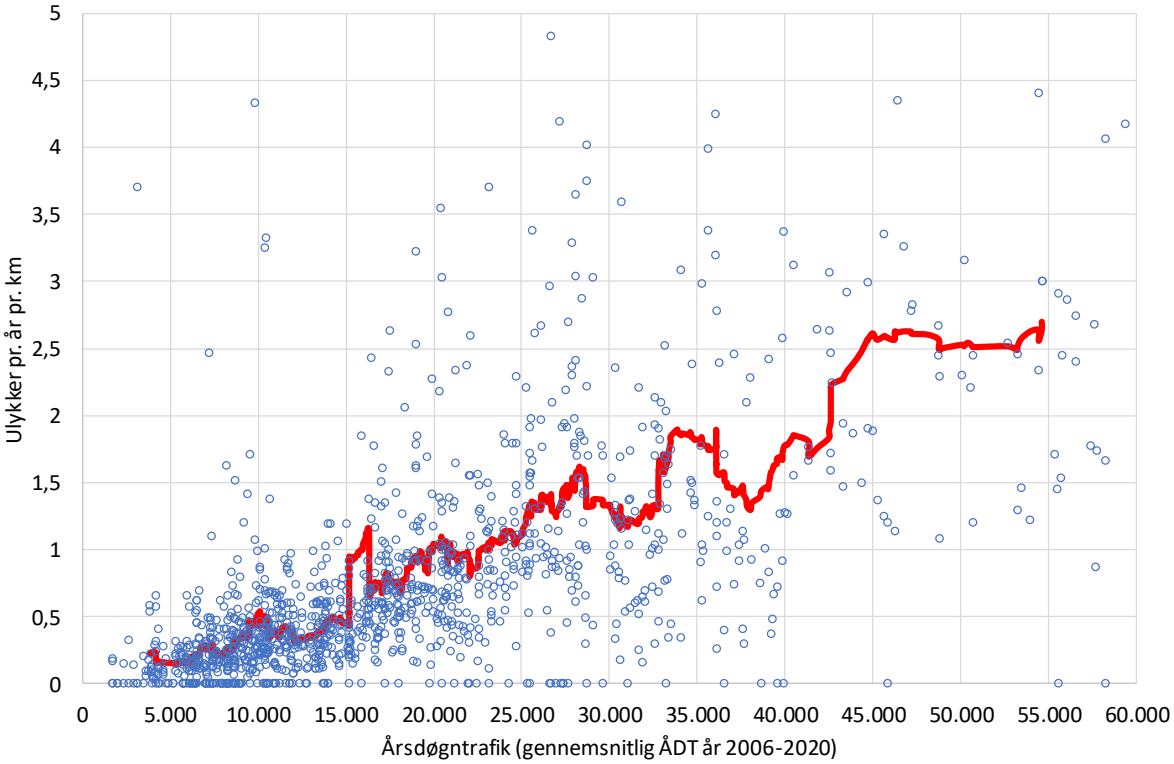
Opdaterede ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorveje

Baseret på data fra 2006-2020 og nyere undersøgelser



Søren Underlien Jensen

Marts 2023

Trafitec
Transformervej 18
2860 Søborg
www.trafitec.dk

Titel: Opdaterede ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorveje

Forfatter(e): Søren Underlien Jensen

Publiceringsdato: Marts 2023

Sprog: Dansk

Antal sider: 133

Rekvirent/finansiel kilde: Vejdirektoratet

Projekt: Trafiksikkerhed på motorveje

Kvalitetssikring: Puk Kristine Andersson

Emneord: Motorvej, rampe, trafiksikkerhed, ulykkesmodel, sikkerhedsfaktor

Resumé:

Rapporten beskriver opdaterede ulykkesmodeller for motorvejsnettet. Med grundmodeller for motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper kan antallet af person- og materielskadeulykker, ekstrauheld samt antallet af dræbte, alvorlige og lette skader beregnes for specifikke varianter af de fem strækningstyper. Modellerne kræver oplysninger om trafikmængde og strækningslængde for, at beregninger kan udføres.

Der er opstillet nye og opdaterede sikkerhedsfaktorer for forskellige ændringer af udformningen og reguleringen af de fem strækningstyper. Ved kombineret brug af grundmodeller og sikkerhedsfaktorer kan antallet af ulykker og personskader estimeres for de fleste eksisterende udformninger og reguleringer af de fem strækningstyper i Danmark.

For øvrige motorvejsflettestrækninger, sideanlæg og øvrige ramper er der opstillet basismodeller, der kan beregne antallet af ulykker og personskader for 10 typer af strækninger. Igen kræves kun oplysninger om trafikmængde og strækningstype og -længde for at udføre beregninger. Der er ikke knyttet sikkerhedsfaktorer til basismodeller.

Samtlige ulykkesmodeller kan anvendes til at beregne ulykker og personskader i perioden 2006-2020. Årsfaktorer muliggør, at beregninger kan udføres for et enkelt år eller en kortere periode.

Title: Updated safety performance functions and crash modification factors for freeways and ramps

Author(s): Søren Underlien Jensen

Report date: March 2023

Language: Danish

No. of pages: 133

Client/financial source: Danish Road Directorate

Project: Road safety on the freeway network

Quality management: Puk Kristine Andersson

Key words: Freeway, ramp, road safety, safety performance function, crash modification factor

Abstract:

The report describes crash models for freeways and ramps. Estimated safety performance functions for freeway, exit diverge, entrance merge segments and exit and entrance ramps can be used to calculate numbers of injury and property-damage-only crashes and numbers of fatalities, severe and slight injuries for specified variants of the five types of segments and ramps. The safety performance functions need AADT and segment length as input in order to complete calculations.

New and updated crash modification factors are estimated for various changes of design and traffic regulation of the five types of segments and ramps. By combined use of safety performance functions and crash modification factors the numbers of crashes and injuries may be calculated for most of the existing designs and regulations of the Danish freeway network.

Basic crash models have been updated for other diverge and merge segments, rest areas and other types of ramps. These models may calculate the numbers of crashes and injuries with data about AADT and segment type and length. There are no crash modification factors linked to basic crash models.

All crash models may be used to estimate crashes and injuries for the period 2006-2020. Year factors enable calculations for single year or short period.

Rapporten kan hentes fra www.trafitec.dk.

Copyright © Trafitec

Ved gengivelse af materiale fra publikationen skal fuldstændig kildeangivelse udføres.

The report can be acquired from www.trafitec.dk.

Copyright © Trafitec

Reprinting material from this publication must include a complete reference to original source.

Indhold

Sammenfatning **5**

1. Indledning **7**
1.1 Modelstrategi og strækningstyper 8
1.2 Datagrundlag 15

2. Ulykkesmodeller **19**
2.1 Motorvejsstrækninger 19
2.1.1 Datagrundlag 19
2.1.2 Basismodeller 24
2.1.3 Faktormodeller 26
2.1.4 Grundmodeller 29
2.2 Frakørselsflettestrækninger 32
2.2.1 Datagrundlag 32
2.2.2 Basismodeller 37
2.2.3 Faktormodeller 39
2.2.4 Grundmodeller 41
2.3 Frakørselsramper 43
2.3.1 Datagrundlag 43
2.3.2 Basismodeller 48
2.3.3 Faktormodeller 50
2.3.4 Grundmodeller 53
2.4 Tilkørselsflettestrækninger 56
2.4.1 Datagrundlag 56
2.4.2 Basismodeller 61
2.4.3 Faktormodeller 63
2.4.4 Grundmodeller 65
2.5 Tilkørselsramper 67
2.5.1 Datagrundlag 67
2.5.2 Basismodeller 72
2.5.3 Faktormodeller 74
2.5.4 Grundmodeller 77
2.6 Andre strækningstyper 80
2.6.1 Motorvejsforgreninger, -sammenløb og -vekselstrækninger 80
2.6.2 Sideanlæg 94
2.6.3 Øvrige ramper 98
2.7 Øvrige ulykkesmodeller 104
2.7.1 Ulykkesmodeller med årsfaktorer 104
2.7.2 Ulykkesmodeller med potentielle sikkerhedsfaktorer 108

3. Sikkerhedsfaktorer **113**
3.1 Antal gennemgående kørespor (opdateret) 114

3.2 Bredde af kørespor (opdateret) 114
3.3 Bredde af nødspor (ny, opdateret) 115
3.4 Brug af nødspor til kørespor (ny, opdateret) 116
3.5 Bredde af indre kantbane (opdateret) 116
3.6 Bredde af midterrabat 117
3.7 Radius på horisontalkurver (opdateret) 117
3.8 Forekomst af kurveafmærkning 119
3.9 Forekomst af vejbelysning (opdateret) 119
3.10 Forekomst af tunnel, sideanlæg, sporbortfald og sportilføjelse 120
3.11 Hastighedsbegrænsning (opdateret) 120
3.12 Variable hastighedstavler (ny) 121
3.13 Rampedosering 121
3.14 Design af rampeanlæg (opdateret) 122

4. IT-værktøj for motorveje 124
4.1 Arket ”Inddata” 124
4.2 Arket ”Anvendte oplysninger” 126
4.3 Arket ”Beregningsark” 126
4.4 Arket ”Resultat 2006-2020” 126
4.5 Arket ”Resultat valgt periode” 127

Referencer 128

Bilag 1. Anvendte ulykkesmodeller 129

Bilag 2. Anvendte årsfaktorer 132

Sammenfatning

Vejdirektoratet har givet Trafitec i opdrag at opdatere ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorvejsnettet, der indgår i rapporten "Uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer og værktøjer for strækninger – Motorvejsnettet", Trafitec, 2015.

De opdaterede ulykkesmodeller er gyldige for perioden 2006-2020, og findes i en oversigtlig form i bilag 1. Ulykkesmodellerne kan estimere et forventet antal af hhv. personskadeulykker, materielskadeulykker, ekstrauheld, dræbte, alvorlige skader og lette skader. Grundmodeller muliggør estimering af ulykker og personskader for en velspecificeret variant af en strækningstype. Basismodeller muliggør estimering af ulykker og personskader for en strækningstype. Der er udarbejdet ulykkesmodeller for følgende 15 strækningstyper:

- Motorvejsstrækninger – grundmodeller – afsnit 2.1.4
- Frakørselsflettestrækninger – grundmodeller – afsnit 2.2.4
- Frakørselsramper – grundmodeller – afsnit 2.3.4
- Tilkørselsflettestrækninger – grundmodeller – afsnit 2.4.4
- Tilkørselsramper – grundmodeller – afsnit 2.5.4
- Øvrige motorvejsflettestrækninger (motorvejsforgreninger, motorvejssammenløb og motorvejsvekselstrækninger) – basismodeller – afsnit 2.6.1
- Sideanlæg – basismodeller – afsnit 2.6.2
- Øvrige ramper (dobbeltrettede ramper, forbindelsesramper, rampeforgreninger, parallelspor, rampesammenløb og rampevekselstrækninger) – basismodeller – afsnit 2.6.3.

Definitionen på de 15 strækningstyper findes i afsnit 1.1.

Der er også udarbejdet årsfaktorer, som muliggør, at der kan estimeres ulykker og personskader i hvert enkelt år eller en kortere periode i årrækken 2006-2020. De anvendte årsfaktorer findes i bilag 2.

For de 5 strækningstyper, hvor der er udarbejdet opdaterede grundmodeller, er der også udarbejdet sikkerhedsfaktorer, hvoraf nogle er nye og andre er opdateret. En sikkerhedsfaktor angiver, hvordan trafiksikkerheden forandres, hvis den velspecificerede variant, som grundmodellen repræsenterer, får en anden udformning eller regulering. I tabellen på næste side ses, hvilke sikkerhedsfaktorer der findes for de enkelte strækningstyper. I tabellen er nye sikkerhedsfaktorer markeret med røde krydser, opdaterede sikkerhedsfaktorer med grønne krydser, og uændrede sikkerhedsfaktorer er markeret med sorte krydser.

De opstillede sikkerhedsfaktorer er detaljeret beskrevet i kapitel 3.

Sikkerhedsfaktor / Type af design og regulering	Motorvejs-strækning	Frakørsels-flette-strækning	Tilkørsels-flette-strækning	Frakørsels-rampe	Tilkørsels-rampe
Antal gennemgående kørespor	X	X	X		
Bredde af kørespor	X	X	X	X	X
Bredde af nødspor	X	X	X	X	X
Brug af nødspor til kørespor	X	X	X		
Bredde af indre kantbane	X	X	X	X	X
Bredde af midterrabat	X	X	X		
Radius på horisontalkurver	X	X	X	X	X
Forekomst af kurveafmærkning	X	X	X		
Forekomst af vejbelysning	X	X	X	X	X
Forekomst af tunnel	X	X	X	X	X
Forekomst af sideanlæg	X				
Forekomst af sporbortfald og sportilføjelse	X	X	X		
Hastighedsbegrænsning	X	X	X		
Variable hastighedstavler	X	X	X		
Rampedosering			X		
Design af rampeanlæg				X	X

De udarbejdede ulykkesmodeller, årsfaktorer og sikkerhedsfaktorer indgår i et IT-værktøj, der er nærmere beskrevet i kapitel 4.

I arbejdet med at opdatere ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorvejsnettet er der indsamlet mange nye data og resultater fra undersøgelser.

I det samlede arbejde er en række nævneværdige resultater udsprunget:

- Tidligere antagelser og overslag for motorvejes og rampers horisontale kurvatur har været korrekte, og brug af tidligere ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer har ikke været forbundet med nævneværdig fejlestimering i den relation.

- Det giver mere pålidelige resultater at bruge ulykkesmodeller, som er baseret på 15 års data, frem for ulykkesmodeller baseret på 8 års data. De udarbejdede årsfaktorer i nærværende rapport er mere pålidelige end årsfaktorer i rapporten fra 2015.

- Ændringer i grundmodeller for fra- og tilkørselsramper har muliggjort opstilling af nye sikkerhedsfaktorer for bredde af nødspor på ramper.

- Nye undersøgelser af brug af nødspor til kørespor og variable hastighedstavler har muliggjort opstilling af nye sikkerhedsfaktorer herfor.

- Trafiksikkerheden på motorvejsforgreninger, motorvejssammenløb og motorvejsvekselstrækninger er detaljeret beskrevet i afsnit 2.6.1.

1. Indledning

Vejdirektoratet har givet Trafitec i opdrag at opdatere ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorvejsnettet, der indgår i rapporten "Uheldsmodeller, sikkerhedsfaktorer og værktøjer for strækninger – Motorvejsnettet", Trafitec, 2015.

Disse ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer kan anvendes til at beskrive trafiksikkerheden på – stort set alle slags – motorveje, hvor man selv vælger design og regulering af motorvejen. Ved brug af værktøjerne kan man således beregne det forventede antal ulykker og personskader – i planlægningsfasen – for en ny motorvej eller en ombygget motorvej med en givet udformning, og på den måde belyse de trafiksikkerhedsmæssige konsekvenser ved alternative designs og reguleringer af motorvejen.

For at kunne anvende en ulykkesmodel til valg af vej- og krydstype er det centralt, at modellen kan beregne et forventet antal ulykker og personskader for en velspecificeret variant af veje og kryds. For motorvejsnettet kunne en velspecificeret variant fx være en motorvejsstrækning med 2 kørespor (i én retning), med nødspor, uden vejbelysning, med 130 km/t hastighedsbegrænsning osv. En ulykkesmodel for en velspecificeret variant er her benævnt *Grundmodel*.

Basismodel	**Faktormodel**	**Grundmodel**
Angiver sammenhænge mellem ulykkes-/personskadetæthed og trafikmængde for en eller flere strækningstyper uanset design og regulering.	Som en basismodel for én strækningstype, men med en eller flere variable for faktorer, der beskriver strækningens design og regulering.	Angiver sammenhænge mellem ulykkes-/personskadetæthed og trafikmængde for en variant med velspecificeret design og regulering af én strækningstype.

Der udarbejdes også andre ulykkesmodeller. En *Basismodel* beskriver sammenhænge mellem ulykkes- og personskadetæthed på den ene side og trafikmængde på den anden side, og er baseret på fx motorvejsstrækninger med forskellig design og regulering. En basismodel kan ikke anvendes til at beregne et forventet antal ulykker og personskader for en velspecificeret variant, men kan i stedet bruges til at udpege sorte pletter. En *Faktormodel* er baseret på de samme data som basismodeller, men derudover indgår uafhængige variable for strækningens design og regulering, som man derved kan estimere betydningen af. Faktormodeller er i denne rapport primært udviklet for at estimere betydningen af horisontale kurver og stigningsforhold.

Ulykkesmodeller i den tidligere rapport var baseret på ulykkes-, trafik- og vejdata for årene 1994-2012. Ulykkesmodeller i nærværende rapport er baseret på data fra perioden 2006-2020. Der er således udført en stor opdatering af data om ulykker, trafik samt udformning og regulering af samtlige danske motorveje. Der er også tilføjet data om nye motorveje åbnet i årene 2012-2019 og om horisontale kurver på motorvejsnettet. Data om udformning og regulering af motorveje er gyldige for

den 01.01.2021, dog for et tidligere årstal, hvis den pågældende motorvej var under ombygning i 2020.

Der er udarbejdet basis- og grundmodeller for motorvejsstrækninger, frakørselsflettestrækninger, frakørselsramper, tilkørselsflettestrækninger og tilkørselsramper. For disse fem strækningstyper er der også udarbejdet faktormodeller med fokus på at belyse de sikkerhedsmæssige virkninger af horisontale kurver på motorvejsnettet samt stigningsforhold på ramper.

For andre strækningstyper er der kun udarbejdet basismodeller. Der er dog udført en særanalyse af øvrige motorvejsflettestrækninger med fokus på forskelle i sikkerhedsniveau for forgreninger, sammenløb og vekselstrækninger afhængig af udformning.

Sikkerhedsfaktor
En sikkerhedsfaktor angiver, hvordan trafiksikkerheden forandres, hvis en vejteknisk foranstaltning implementeres. En sikkerhedsfaktor på 0,8 kan fx angive, at antallet af lette skader falder med 20 %, hvis tiltaget implementeres.

Årsfaktor
En årsfaktor angiver, hvordan trafiksikkerheden er i et givet år ift. gennemsnittet af årene 2006-2020. En årsfaktor på 1,2345 kan fx angive, at antallet af ekstrauheld i det pågældende år er 1,2345 gange højere end gennemsnittet i årene 2006-2020.

Set i lyset af de mange undersøgelser om trafiksikkerhedsmæssige effekter af vejtekniske foranstaltninger, der er udført i de senere år, så har det været relevant at udføre opdatering af en række sikkerhedsfaktorer fx forekomst af vejbelysning. Det er desuden relevant at opstille nye sikkerhedsfaktorer for fx brug af nødspor til kørespor på fra- og tilkørselsflettestrækninger, bredde af nødspor på fra- og tilkørselsramper samt variable hastighedstavler på motorvejsstrækninger og fra- og tilkørselsflettestrækninger.

1.1 Modelstrategi og strækningstyper

Modelstrategien er den samme som i rapporten fra 2015. Det betyder, at der opstilles ulykkesmodeller for flere foruddefinerede strækningstyper, og der benyttes gennemtestede, veldokumenterede og velfungerende funktionsudtryk. Ligesom i 2015 er motorvejen opdelt i de to kørselsretninger, og flettestrækninger behandles som særskilte strækningstyper for hvilke der opstilles ulykkesmodeller. Der estimeres således ikke ”add-on”-ulykkesmodeller.

Der er i nærværende rapport ikke testet eller anvendt nye funktionsudtryk. Nedenfor ses de anvendte funktionsudtryk:

$$UT = a \cdot N^p$$

$$UT = a \cdot N^p \cdot e^{\sum_{i=1}^{n} b_i x_i}$$

hvor UT er ulykkestætheden (antal ulykker pr. km pr. år), a og p er estimerede konstanter, b_i er estimerede konstanter for faktorer (variable) x_i, der beskriver variation i strækningers design og regulering, og N er årsdøgntrafik på strækningen.

Ved estimering af ulykkesmodellen justeres strækningslængde og antal år, så resultatet af modellen er antal ulykker pr. km pr. år. Når man skal beregne et antal forventede ulykker for en given strækning og et givet antal år, skal resultatet af modellen derfor multipliceres med strækningens længde (i km) og antallet af år. Ulykkesmodeller estimeres også med årsfaktorer ($a_{år}$), så man kan få et forventet antal ulykker for et givet år fx 2018 eller en given periode fx 2016-2020.

Data om veje, trafik og ulykker for motorvejsnettet er indsamlet fra vejman.dk og cvf.vd.dk. Til verifikation og præcision af data fx årstal for ombygning, længde af autoværn, forekomst og type af variable tavler, bredde af nødspor mv. er benyttet Google Maps, Google Streetview og arealinformation.miljoeportal.dk.

Der er registreret 3.865 strækninger, der er del af motorvejsnettet. Strækningerne er overordnet beskrevet senere i dette kapitel, og mere detaljeret beskrevet i kapitel 2. I rapporten fra 2015 indgik 3.464 strækninger, så antallet af strækninger er øget med 401.

For de 3.865 strækninger er der fundet trafiktal (årsdøgntrafik) for langt de fleste år i perioden 2006-2020, hvor strækningen har været åben for trafik og ikke under ombygning. Dog mangler der trafiktal for mange sideanlæg i mange år, og ligeså med kommunale motorveje. Nogle få motorveje har ikke trafiktal for år 2020, men her er udviklingen i trafiktal for de samme motorveje for årene 2019-2021 benyttet til at estimere de manglende trafiktal for år 2020. Trafiktallene er overordnet beskrevet senere i dette kapitel, og mere detaljeret beskrevet i kapitel 2.

Der er registreret 29.711 ulykker på de 3.865 strækninger i perioden 2006-2020. Af disse er 29.197 ulykker (98,3 %) automatisk fordelt på strækningerne, mens 514 ulykker er manuelt fordelt. En del af de 29.711 ulykker indgår ikke i ulykkesmodelarbejdet, da de kan være sket fx i eller før motorvejens åbningsår, før eller under et større ombygningsprojekt, i et år uden trafiktal. Ulykkerne er overordnet beskrevet senere i dette kapitel, og mere detaljeret beskrevet i kapitel 2.

Ligesom i rapporten fra 2015 opereres med 15 strækningstyper. Definitionen for 13 af de 15 strækningstyper er uændret. Der er ikke udført indledende analyser, der kan bruges til at ændre definitioner.

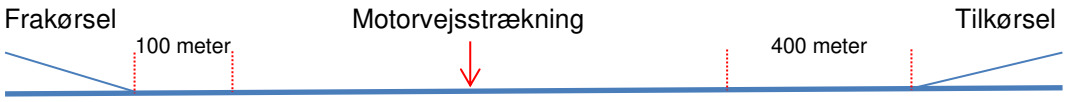
Definitionen på fra- og tilkørselsramper er ændret for at opnå bedre sammenhæng med ulykkesmodeller for kryds i åbent land. I tilfælde af, at fra- eller tilkørselsrampen starter/slutter i et egentligt rampekryds af typerne prioriteret kryds, rundkørsel eller signalreguleret kryds, så starter/slutter den definerede fra- eller tilkørselsrampe 25 m fra det nærmeste krydsningspunkt i rampekrydset (og denne start-/slutkilometrering gælder også for evt. shunts). Det vil fx sige, at en defineret

frakørselsrampe slutter 25 m før slutkilometeringen for rampen, der går ind i rampekrydset. Det gøres uanset, om der på fra- eller tilkørselsrampen er placeret tavler i andre kilometreringer fx E 42 Motorvej, E 44 Motorvej ophører, E 55 Tættere bebygget område el.lign. Den nye definition har ændret udstrækningen af de fleste fra- og tilkørselsramper.

Motorvejsnettet er opdelt i 15 forskellige strækningstyper. Hver strækningstype præsenteres i det følgende med en definition og en beskrivelse af, hvornår det er nødvendigt at opdele eller tilpasse strækningen, så et retvisende antal ulykker og personskader kan beregnes på bedste vis.

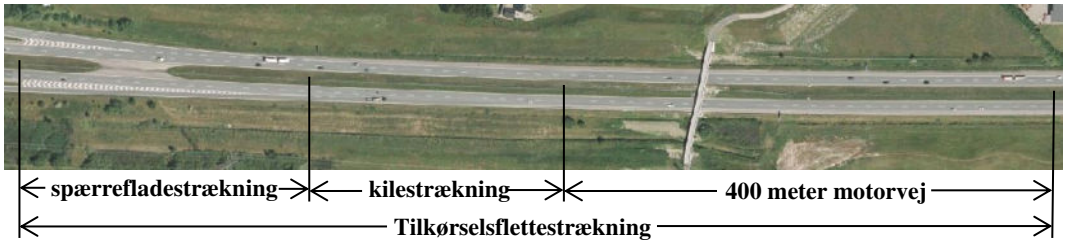
For de fem almindelige strækningstyper - motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper - er der udviklet grundmodeller og opstillet sikkerhedsfaktorer.

Med *motorvejsstrækning* menes én side af motorvejen, altså én køreretning. På en motorvejsstrækning er der ikke forgreninger, sammenløb, til- og frakørsler. Der er mindst 400 meter til en kilestrækning ved en tilkørsel, mindst 100 meter til en kilestrækning ved en frakørsel samt mindst 100 meter til en spærreflade ved en motorvejsforgrening.



En motorvejsstrækning opdeles i delstrækninger, hvis antallet af kørespor ændres. Der bør også ske en opdeling i delstrækninger, hvis kørespor, nødspor, indre kantbane eller midterrabat over et længere stykke antager en væsentlig anderledes bredde. En opdeling er unødvendig, hvis kørespor har en bredde på 3,75 meter eller derover, eller hvis nødspor har en bredde på 3,0 meter eller derover. Strækninger kan opdeles i delstrækninger, hvis vejbelysning påbegyndes eller afsluttes, hvis hastighedsbegrænsningen ændres, eller hvis vejens kurvatur ændres markant.

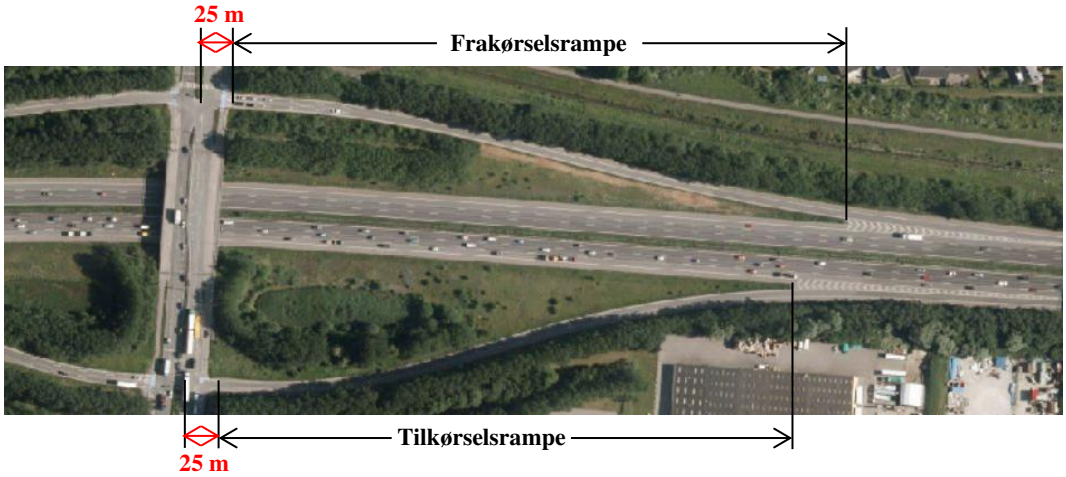
I en *frakørselsflettestrækning* indgår strækningen med spærreflade, kilestrækning og 100 meter motorvej før kilestrækningen. Frakørselsflettestrækningen er også kun én side af motorvejen. De 100 meter motorvej før kilestrækningen indgår i frakørselsflettestrækningen, fordi der er en forhøjet ulykkestæthed dér set ift. motorvejen før dette stykke.



En *tilkørselsflettestrækning* består af en strækning med spærreflade, kilestrækning og 400 meter motorvej efter kilestrækningen. Tilkørselsflettestrækningen udgør kun den ene side af motorvejen. De 400 meter motorvej efter kilestrækningen indgår i tilkørselsflettestrækningen, fordi der er en forhøjet ulykkestæthed dér set ift. motorvejen efter dette stykke.

Hvis der er mindre end 500 meter motorvej mellem kilestrækninger i hhv. en frakørsel og en tilkørsel, så reduceres længden af tilkørselsflettestrækningen indtil, der indgår 100 meter motorvej i frakørselsflettestrækningen.

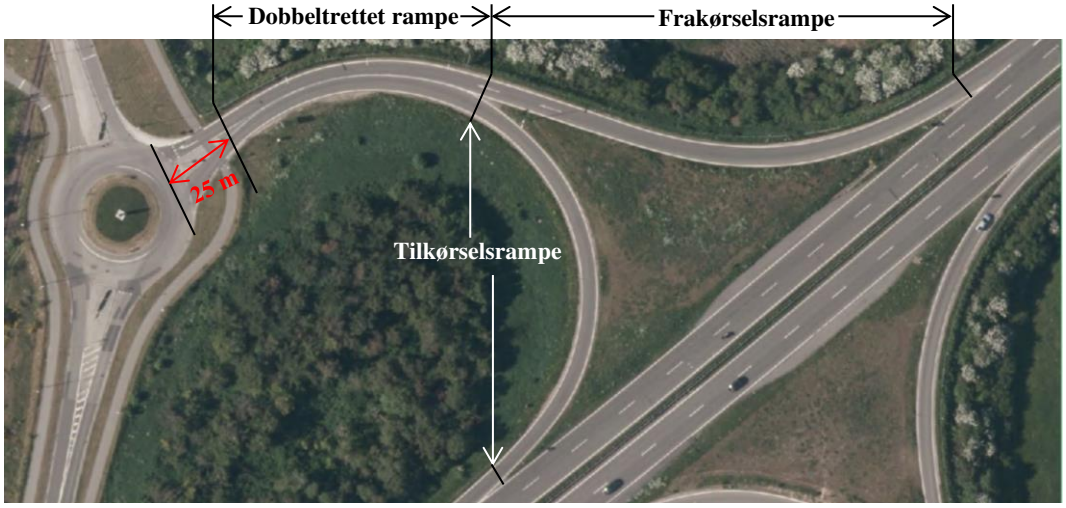
Fra- og tilkørselsflettestrækninger må ikke opdeles i delstrækninger. Hvis bredden af kørespor, nødspor, indre kantbane eller midterrabat varierer på strækningen, så anvendes den gennemsnitlige bredde. Hvis vejbelysning påbegyndes eller afsluttes på strækningen, så angives strækningen til at have vejbelysning. Hvis hastighedsbegrænsningen ændres fra 130 km/t til en lavere hastighedsbegrænsning eller omvendt, så angives strækningen til at have 130 km/t.



En *frakørselsrampe* går fra afslutningen af spærrefladestrækningen på frakørselsflettestrækningen til 25 meter fra krydsningspunktet i rampekrydset, såfremt det er et prioriteret kryds, rundkørsel eller signalreguleret kryds. Hvis frakørselsrampen fletter ind på en anden vej eller fortsætter på en anden vej, der ikke er motorvej, så ophører frakørselsrampen ved en ophørstavle (E 44) eller ved start af en spærreflade ved indfletning på anden vej. På en frakørselsrampe kan der være en forgrening, og her afsluttes begge rampedele i den kilometrering, der er 25 meter fra krydsningspunktet i det "nærmeste" rampekryds.

En *tilkørselsrampe* starter 25 meter efter krydsningspunktet i rampekrydset, hvis det er et prioriteret kryds, rundkørsel eller signalreguleret kryds, og slutter ved starten af spærrefladestrækningen på tilkørselsflettestrækningen. Hvis der ikke er et sådan rampekryds, så starter tilkørselsrampen ved en motorvejstavle (E 42). På en tilkørselsrampe kan der være et sammenløb, og her starter begge rampedele i den kilometrering, der er 25 meter fra krydsningspunktet i det "nærmeste" rampekryds.

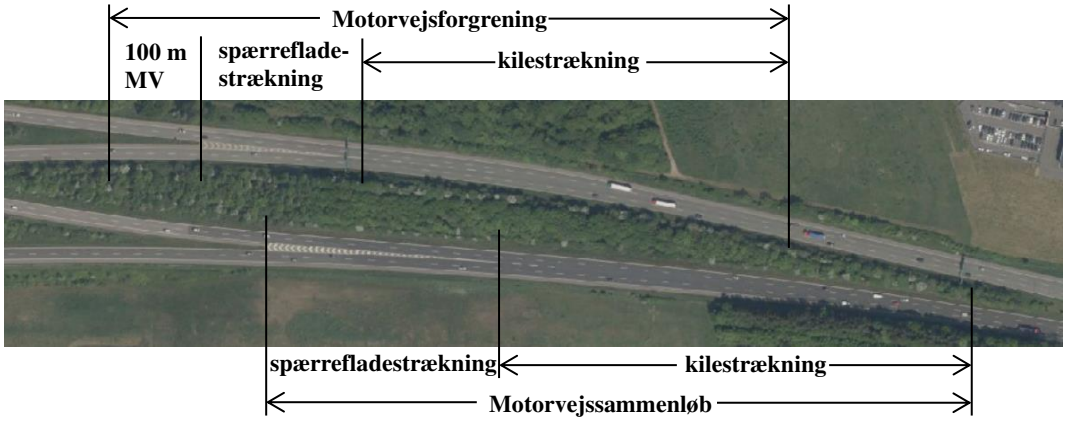
Et særtilfælde er, hvor fra- og tilkørselsrampe løber sammen og danner en vej med trafik i begge retninger og uden midterrabat. Denne vej kaldes for en *dobbeltrettet rampe*, hvis den ene eller begge retninger indgår i motorvejsnettet. På en dobbeltrettet rampe betragtes begge retninger af trafikken som del af motorvejsnettet, selvom én retning af trafikken kun delvist eller slet ikke indgår i motorvejsnettet. I dette tilfælde afsluttes frakørselsrampen og startes tilkørselsrampen 25 meter fra krydsningspunktet i rampekrydset for enden af den dobbeltrettede rampe, eller når rampen ikke længere er en del af motorvejsnettet i begge køreretninger. En dobbeltrettet rampe er ikke en af de fem strækningstyper, hvor der udarbejdes grundmodeller, men er en af flere øvrige ramper.



Fra- og tilkørselsramper må ikke opdeles i delstrækninger. Hvis bredden af kørespor eller indre kantbane varierer på rampen, så anvendes den gennemsnitlige bredde. Hvis vejbelysning påbegyndes eller afsluttes på rampen, så angives rampen til at have belysning. Hvis der findes mere end to horisontalkurver med en radius under 1.000 meter, så er det kun de to kurver med mindste radius, der indgår ved beregning af ulykker og personskader.

For de øvrige ti strækningstyper er der udviklet basismodeller, der for varierende udformninger og reguleringer af hver type af strækning beskriver sammenhænge mellem tætheden af ulykker og personskader på den ene side og trafikmængden på den anden. For øvrige strækningstyper er der ikke udviklet sikkerhedsfaktorer.

I en *motorvejsforgrening* deles en motorvej i to motorveje. Motorvejsforgreningen er kun én side af motorvejen(e). I motorvejsforgreningen indgår evt. en kilestrækning, hvor antallet af kørespor øges. Derudover indgår en spærrefladestrækning og de første 100 meter af de to motorveje efter spærrefladen. De 100 meter motorvej efter spærrefladen indgår i motorvejsforgreningen, fordi der er en forhøjet ulykkestæthed dér set ift. motorvejene efter dette stykke.



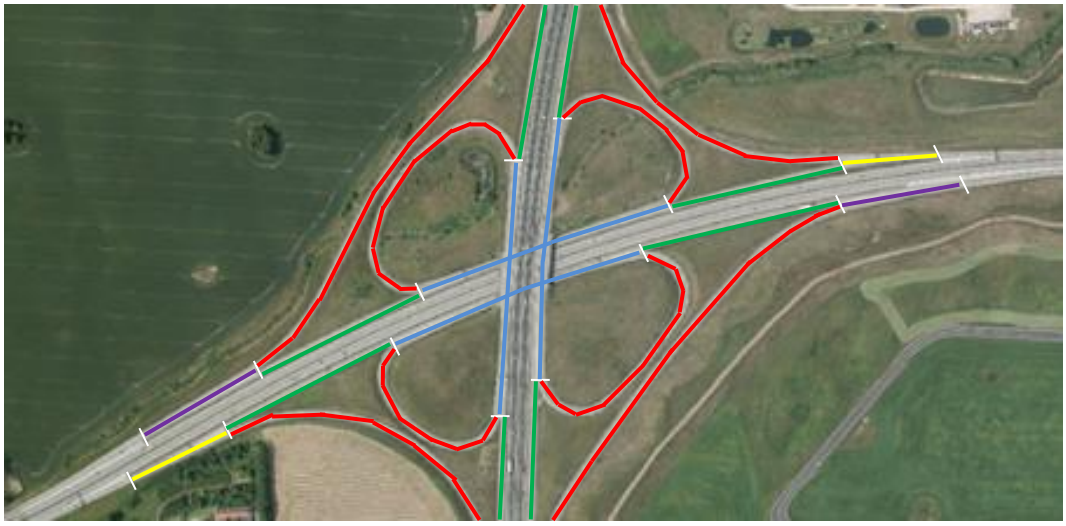
I et *motorvejssammenløb* løber to motorveje sammen til én. Motorvejssammenløbet er kun én side af motorvejen. I motorvejssammenløbet indgår en strækning med spærreflade og evt. en kilestrækning, hvor antallet af kørespor reduceres.

En *motorvejsvekselstrækning*, se figur ovenfor, er en tilkørselsflettestrækning med sportilføjelse efterfulgt af en frakørselsflettestrækning med sporbortfald. Der er således et ekstra kørespor mellem tilkørsel og frakørsel set ift. motorvejen før og

efter vekselstrækningen. Motorvejsvekselstrækningen er kun én side af motorvejen.

Et *sideanlæg* er oftest en rasteplads med eller uden servicestation. I få tilfælde består sideanlægget af et busstoppested. Sideanlægget er oftest koblet direkte på motorvejen med en frakørselsflettestrækning i den ene ende og en tilkørselsflettestrækning i den anden. I få tilfælde er sideanlægget koblet på fra- og tilkørselsramper med rampeforgrening og rampesammenløb i hver ende af sideanlægget. Sideanlæggets længde fastlægges ud fra kilometrering af tilstødende motorvej.

Ud over førnævnte dobbeltrettede ramper findes fem øvrige ramper. Disse fem øvrige ramper er oftest beliggende i motorvejskryds.



En *forbindelsesrampe* (røde linjer i ovenstående figur) forbinder en motorvej med en anden motorvej i et motorvejskryds. En forbindelsesrampe må på en del af strækningen have kun ét kørespor – hvis der er to eller flere kørespor på hele strækningen skal den betragtes som en motorvejsstrækning. Et *parallelspor* (grønne linjer i ovenstående figur) er en rampe med ét kørespor, der forløber parallelt med motorvejen.

I en *rampeforgrening* (gule linjer i figuren på forrige side) deles en rampe i to ramper. Rampeforgreningen består af en kilestrækning og en strækning med spærreflade. I motorvejskryds er rampeforgreninger tit placeret ved frakørselsflettestrækninger. Hvor rampeforgrening og frakørselsflettestrækning overlapper hinanden reduceres længden af rampeforgreningen, så rampeforgreningen først starter ved afslutning af spærrefladen i frakørselsflettestrækningen.

I et *rampesammenløb* (lilla linjer i figuren på forrige side) løber to ramper sammen til én rampe. Rampesammenløb består af en spærrefladestrækning og kilestrækning. I motorvejskryds er rampesammenløb ofte placeret ved tilkørselsflettestrækninger. Hvor rampesammenløb og tilkørselsflettestrækning overlapper hinanden reduceres længden af rampesammenløbet, så det afsluttes ved starten af spærrefladen i tilkørselsflettestrækningen.

En *rampevekselstrækning* (blå linjer i figuren på forrige side) er et rampesammenløb med sportilføjelse efterfulgt af en rampeforgrening med sporbortfald. Der er således et ekstra kørespor mellem sammenløb og forgrening set ift. parallelsporet før og efter rampevekselstrækningen.

1.2 Datagrundlag

Af Tabel 1 ses fordelingen af de 3.865 strækninger på de 15 strækningstyper. Den 1. januar 2021 var der 1.275 km motorvej (begge køreretninger) i Danmark.

Strækningstype	Antal strækninger	Korteste (meter)	Gns. længde (meter)	Længste (meter)	Total længde (meter)
Motorvejsstrækning	1.301	5	1.429	17.207	1.858.883
Frakørselsflettestrækning	586	97	325	1.005	190.214
Tilkørselsflettestrækning	584	79	770	1.206	449.795
Motorvejsvekselstrækning	29	247	875	2.085	25.373
Motorvejsforgrening	28	215	450	944	12.608
Motorvejssammenløb	31	78	447	990	13.844
Frakørselsrampe	497	38	276	812	137.041
Tilkørselsrampe	498	15	276	1.102	137.357
Forbindelsesrampe	78	49	394	1.127	30.751
Parallelspor	42	2	208	485	8.728
Rampevekselstrækning	20	165	328	581	6.557
Rampeforgrening	34	51	125	408	4.262
Rampesammenløb	29	20	155	480	4.495
Dobbeltrettet rampe	18	67	183	306	3.289
Sideanlæg	90	25	507	1.108	45.672
Total	3.865	2	758	17.207	2.928.869

Tabel 1. *Antal og længde af 15 strækningstyper på motorvejsnettet i Danmark pr. 1. januar 2021.*

Data om årsdøgntrafik i årene 2006-2020 er indhentet fra vejman.dk. Trafiktal for 2021 er også indhentet, men kun anvendt til beregning af manglende tal for 2020. Trafikdata er kvalitetssikret ved at undersøge, om trafiktallene op- og nedstrøms på en motorvej er i harmoni.

Strækningstype	Trafiktal, ÅDT 2006				Trafiktal, ÅDT 2020			
	Antal	Lavest	Gns.	Højest	Antal	Lavest	Gns.	Højest
Motorvejsstrækning	1.109	1.603	17.213	50.642	1.301	1.577	19.043	63.907
Frakørselsflettestrækning	497	2.813	18.491	50.120	586	1.997	20.581	63.924
Tilkørselsflettestrækning	492	2.812	18.299	50.737	584	1.934	20.455	63.715
Motorvejsvekselstrækning	29	6.061	26.377	40.162	29	7.139	33.025	52.836
Motorvejsforgrening	24	15.685	32.787	49.899	28	20.316	38.980	62.544
Motorvejssammenløb	28	15.927	32.788	49.899	31	20.781	38.821	62.330
Frakørselsrampe	378	109	2.478	10.385	494	73	2.738	13.335
Tilkørselsrampe	380	99	2.479	9.959	496	73	2.798	13.723
Forbindelsesrampe	61	518	4.107	11.831	78	269	5.606	14.860
Parallelspor	35	100	3.606	9.672	42	100	4.406	13.105
Rampevekselstrækning	17	1.939	7.533	18.786	20	2.692	9.091	25.361
Rampeforgrening	25	1.376	5.834	17.422	34	2.117	8.549	22.139
Rampesammenløb	24	381	5.888	18.911	29	689	8.290	21.383
Dobbeltrettet rampe	16	675	4.259	9.277	18	763	4.734	11.744
Sideanlæg	3	1.787	2.175	2.558	85	47	721	2.938
Total	3.118	99	13.630	50.737	3.855	47	14.593	63.924

Tabel 2. *Antal strækninger af motorvejsnettet med tal for årsdøgntrafik samt lavest, gennemsnitlig og højest årsdøgntrafik (ÅDT) i år 2006 og 2020 opdelt efter strækningstype.*

Af Tabel 2 ses, at der foreligger trafiktal for 3.855 ud af de 3.865 strækninger i år 2020, mens der kun er trafiktal for 3.118 strækninger i år 2006. De færre trafiktal i år 2006 skyldes primært, at der dengang eksisterede færre strækninger, og kun på få af de eksisterende sideanlæg blev trafikken talt. Ved at betragte gns. og højest årsdøgntrafik (ÅDT) kan det uddrages af Tabel 2, at trafikmængderne på motorvejene er steget fra år 2006 frem til år 2020.

I Tabel 3 er politiregistrerede ulykker og personskader i årene 2006-2020 på motorvejsnettet fordelt på de 15 strækningstyper. Der er 29.711 ulykker og 3.878 personskader. Over halvdelen af både ulykkerne og personskaderne er registreret på motorvejsstrækninger.

I Tabel 4 er politiregistrerede ulykker og personskader på motorvejsnettet i år, hvor ulykkesmodeller er gyldige, fordelt efter strækningstype. Her indgår kun 25.244 ulykker og 3.325 personskader.

Strækningstype	Ulykker 2006-2020					Personskader 2006-2020			
	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	DR	ALV	LET	Alle
Motorvejsstrækning	1.752	4.892	6.644	10.982	17.626	191	1.088	1.251	2.530
Frakørselsflettestrækning	235	880	1.115	1.894	3.009	24	143	181	348
Tilkørselsflettestrækning	452	1.655	2.107	3.739	5.846	52	277	316	645
Motorvejsvekselstrækning	57	166	223	419	642	2	49	29	80
Motorvejsforgrening	28	120	148	255	403	1	22	14	37
Motorvejssammenløb	38	145	183	337	520	3	25	29	57
Frakørselsrampe	57	191	248	386	634	3	32	32	67
Tilkørselsrampe	23	81	104	220	324	1	15	13	29
Forbindelsesrampe	46	79	125	221	346	1	34	19	54
Parallelspor	0	4	4	4	8	0	0	0	0
Rampevekselstrækning	2	9	11	23	34	0	0	2	2
Rampeforgrening	1	9	10	26	36	0	0	1	1
Rampesammenløb	3	1	4	18	22	0	1	2	3
Dobbeltrettet rampe	3	8	11	10	21	0	2	2	4
Sideanlæg	18	89	107	133	240	2	15	4	21
Total	2.715	8.329	11.044	18.667	29.711	280	1.703	1.895	3.878

Tabel 3. *Politiregistrerede ulykker og personskader på motorvejsnettet i perioden 2006-2020 opdelt efter strækningstype. Note: PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, DR = dræbte, ALV = alvorlige skader og LET = lette skader.*

Strækningstype	Ulykker gyldige år i 2006-20						Personskader gyldige år i 2006-20				
	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
Motorvejsstrækning	1.571	4.404	5.975	9.516	15.491	0,110	165	978	1.131	2.274	0,016
Frakørselsflettestrækning	188	745	933	1.572	2.505	0,150	23	114	141	278	0,017
Tilkørselsflettestrækning	363	1.370	1.733	2.914	4.647	0,124	44	223	252	519	0,014
Motorvejsvekselstrækning	26	107	133	285	418	0,155	2	21	10	33	0,012
Motorvejsforgrening	20	91	111	211	322	0,175	0	18	8	26	0,014
Motorvejssammenløb	29	112	141	262	403	0,208	3	18	17	38	0,020
Frakørselsrampe	51	170	221	340	561	0,364	3	28	28	59	0,038
Tilkørselsrampe	20	73	93	200	293	0,181	1	12	13	26	0,016
Forbindelsesrampe	43	71	114	216	330	0,459	1	33	17	51	0,071
Parallelspor	0	4	4	4	8	0,053	0	0	0	0	0,000
Rampevekselstrækning	2	9	11	22	33	0,130	0	0	2	2	0,008
Rampeforgrening	1	9	10	25	35	0,223	0	0	1	1	0,006
Rampesammenløb	3	1	4	18	22	0,134	0	1	2	3	0,018
Dobbeltrettet rampe	3	8	11	10	21	0,286	0	2	2	4	0,055
Sideanlæg	10	55	65	90	155	1,319	1	8	2	11	0,094
Total	2.330	7.229	9.559	15.685	25.244	0,122	243	1.456	1.626	3.325	0,016

Tabel 4. *Politiregistrerede ulykker og personskader på motorvejsnettet i år, hvor ulykkesmodeller er gyldige, opdelt efter strækningstype. Note: PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens.*

Vedrørende Tabel 4: For den enkelte strækning er der i ulykkesmodellerne kun medtaget hele år (2006-2020), hvis der findes trafiktal for strækningen, og hvis strækningen har været åben for trafik hele året (og ikke under ombygning på noget tidspunkt), og hvis udformningen af strækningen er som fastlagt pr. 1. januar 2021. Nogle få strækninger var under ombygning i 2020, og for disse er det udformningen af strækningen før denne ombygning, der er gyldig. For 2.310 strækninger er alle år i perioden 2006-2020 gyldige, dvs. at disse strækninger har været åben for trafik i alle årene, har ikke været under ombygning i perioden 01.01.2006 – 31.12.2020, og der forefindes trafiktal for hvert år i perioden.

Af Tabel 4 ses ulykkes- og skadesfrekvenser (ulykker og personskader pr. mio. kørte km) for de enkelte strækningstyper. Det ses, at parallelspor er den sikreste strækningstype, mens sideanlæg er den farligste strækningstype.

2. Ulykkesmodeller

I kapitlet er udarbejdet basis-, faktor- og grundmodeller for motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper. For de øvrige dele af motorvejsnettet er der alene udarbejdet basismodeller.

2.1 Motorvejsstrækninger

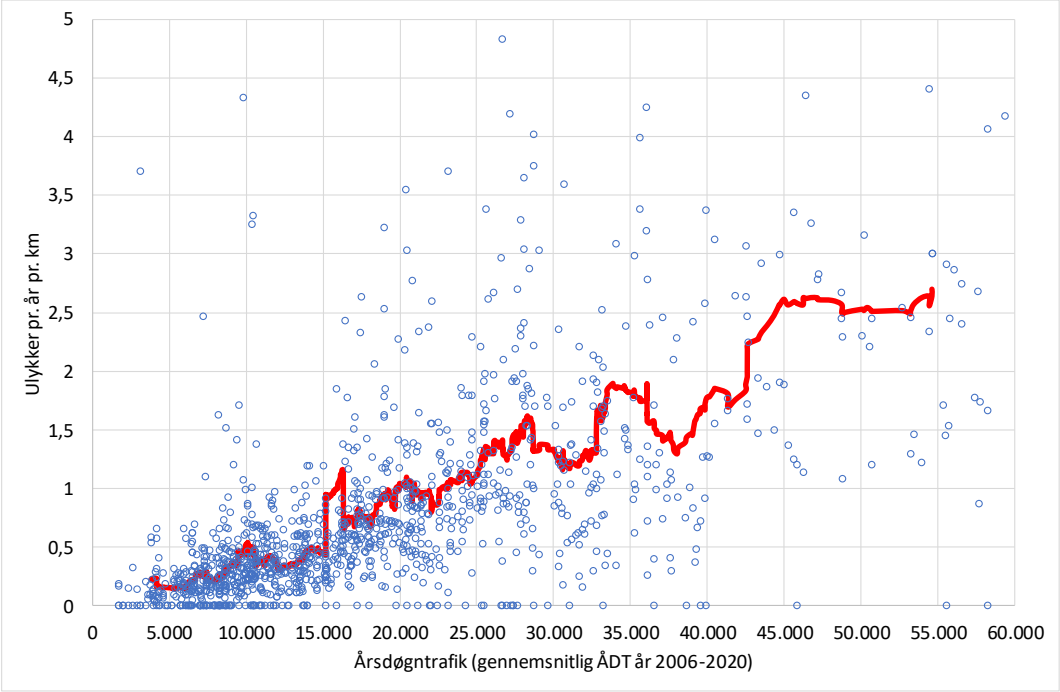
I alt er der registreret 1.301 motorvejsstrækninger (én side af motorvej) med en samlet længde på 1.859 km. I det følgende er udviklet ulykkesmodeller baseret på disse motorvejsstrækninger.

2.1.1 Datagrundlag

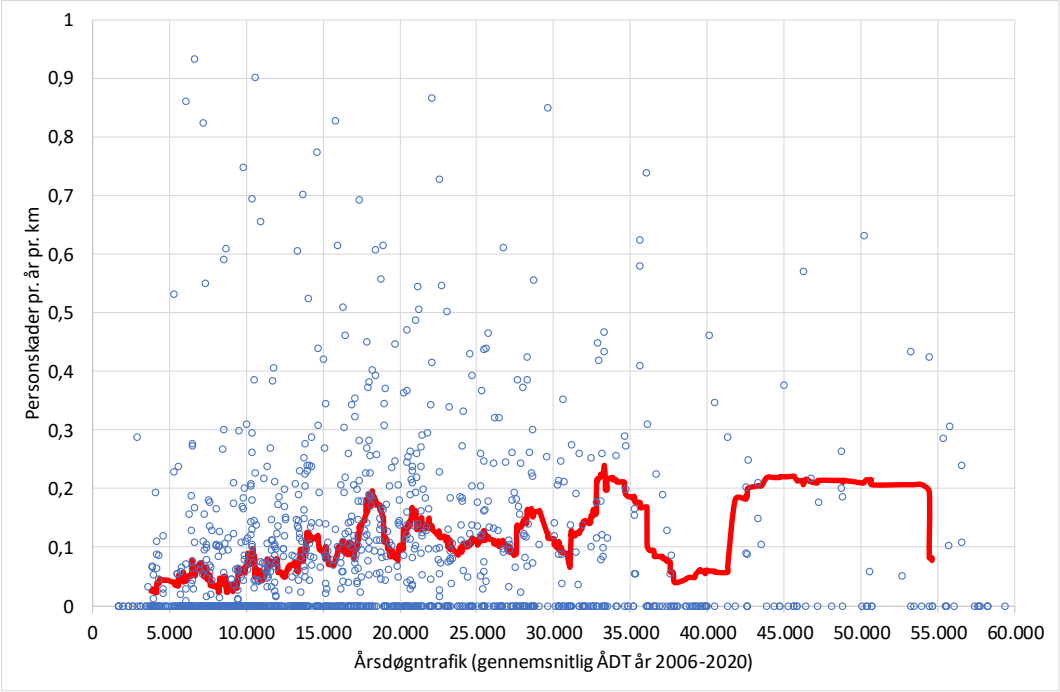
Nogle motorvejsstrækninger er først bygget og åbnet for trafik i løbet af årene 2006-2019, og andre er blevet ombygget i perioden 2006-2020. Derfor findes alle nødvendige data ikke for alle årene for alle 1.301 motorvejsstrækninger. I Tabel 5 ses, hvor mange motorvejsstrækninger der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Det fremgår desuden, at trafiksikkerheden er forbedret i årene 2006-2012.

År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	864	1.325	6.964	141	231	372	457	829	0,119	10	70	125	205	0,029
2007	911	1.380	7.461	152	263	415	489	904	0,121	9	91	134	234	0,031
2008	936	1.422	7.660	127	209	336	451	787	0,103	16	68	98	182	0,024
2009	994	1.480	7.873	123	185	308	487	795	0,101	13	85	93	191	0,024
2010	998	1.487	7.851	109	206	315	544	859	0,109	18	64	98	180	0,023
2011	1.003	1.489	8.067	102	201	303	441	744	0,092	7	61	64	132	0,016
2012	1.022	1.500	8.312	66	205	271	467	738	0,089	4	42	58	104	0,013
2013	1.084	1.579	8.791	78	229	307	508	815	0,093	6	53	50	109	0,012
2014	1.125	1.640	9.473	78	252	330	589	919	0,097	12	52	48	112	0,012
2015	1.165	1.708	10.336	102	285	387	778	1.165	0,113	11	64	70	145	0,014
2016	1.188	1.724	11.000	107	311	418	901	1.319	0,120	16	71	80	167	0,015
2017	1.235	1.767	11.758	96	378	474	950	1.424	0,121	11	67	46	124	0,011
2018	1.260	1.801	12.164	106	435	541	876	1.417	0,116	13	56	72	141	0,012
2019	1.278	1.818	12.402	102	535	637	888	1.525	0,123	10	80	56	146	0,012
2020	1.288	1.829	11.021	82	479	561	690	1.251	0,114	9	54	39	102	0,009
Total	-	-	141.133	1.571	4.404	5.975	9.516	15.491	0,110	165	978	1.131	2.274	0,016

Tabel 5. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 1.301 motorvejsstrækninger i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*



Figur 1. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 1.301 motorvejsstrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*



Figur 2. *Personskadetæthed og trafikmængde for 1.301 motorvejsstrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*

Figur 1 og Figur 2 illustrerer ulykkes- og personskadetæthed set ift. trafikmængden. Der er en forholdsvis tæt og retlinjet relation mellem antal ulykker pr. år pr. km og årsdøgntrafik, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre omtrent en fordobling i ulykkestallet. Relationen mellem antal personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik er svagere, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre ca. 1,6 gange så mange personskader.

I de følgende tabeller fremgår opgørelser af de 1.301 motorvejsstrækninger opdelt efter diverse forhold om udformning og regulering.

Motorvejsstrækninger	Antal kørespor					
	2	2½	3	4	5	I alt
Antal strækninger	1.038	20	197	42	4	1.301
Længde (meter)	1.677.989	6.381	147.646	25.013	1.854	1.858.883
ÅDT, gennemsnit	14.124	25.262	34.271	50.724	62.217	18.675
Trafikarbejde (mio. km)	118.152	405	19.339	2.949	288	141.133
Antal ulykker	12.527	92	2.430	381	61	15.491
Antal personskader	2.045	0	214	15	0	2.274
Ulykkesfrekvens	0,106	0,227	0,126	0,129	0,212	0,110
Skadesfrekvens	0,017	0,000	0,011	0,005	0,000	0,016

Tabel 6. *Motorvejsstrækninger opdelt efter antal kørespor. Note: 2½ kørespor er strækninger med to gennemgående kørespor samt et sporbortfald eller en sportilføjelse. Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 6 viser, at de fleste motorvejsstrækninger har 2 kørespor. Tabellen viser også, at ulykkesfrekvensen synes at stige med antallet af kørespor, mens skadesfrekvensen synes at falde, jo flere kørespor strækningen har. Tabel 7 viser, at ca. 65 % af motorvejsstrækningerne har gennemgående kørespor med en bredde på 3,50 meter og ca. 30 % har en bredde på 3,75 meter. Ulykkesfrekvensen synes at være højere, når køresporsbredden er under 3,50 meter, mens skadesfrekvensen fremtræder uafhængig af køresporsbredden.

Motorvejsstrækninger	Bredde af kørespor (meter)				
	3,25-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75	3,76-4,33
Antal strækninger	34	746	73	434	14
Længde (meter)	27.286	1.202.070	57.677	557.698	14.152
ÅDT, gennemsnit	40.465	17.315	29.610	17.146	28.644
Trafikarbejde (mio. km)	5.035	82.827	7.439	44.108	1.725
Antal ulykker	736	8.687	853	5.011	204
Antal personskader	62	1.509	65	615	23
Ulykkesfrekvens	0,146	0,105	0,115	0,114	0,118
Skadesfrekvens	0,012	0,018	0,009	0,014	0,013

Tabel 7. *Motorvejsstrækninger opdelt efter den gennemsnitlige bredde af gennemgående kørespor. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsstrækninger	Bredde af nødspor (meter)			
	0,30-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-7,00
Antal strækninger	75	35	677	514
Længde (meter)	94.746	23.272	1.064.101	676.764
ÅDT, gennemsnit	14.894	24.952	16.440	21.744
Trafikarbejde (mio. km)	5.130	2.327	79.531	54.145
Antal ulykker	783	305	8.297	6.106
Antal personskader	120	26	1.471	657
Ulykkesfrekvens	0,153	0,131	0,104	0,113
Skadesfrekvens	0,023	0,011	0,018	0,012

Tabel 8. *Motorvejsstrækninger opdelt efter den gennemsnitlige bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Almindeligvis vil man kalde et nødspor på under 1 meter i bredden for en ydre kantbane, men i denne rapport kaldes kantbanen til højre for køresporene altid for et nødspor uanset bredden. Tabel 8 viser, at de fleste motorvejsstrækninger har nødspor, der er 2,50 meter brede eller bredere. De mest almindelige bredder er 3,00 og 3,50 meter. Ulykkesfrekvensen synes at falde, jo bredere nødsporet er, dog standser faldet ved en bredde på ca. 3,0 meter. Skadesfrekvensen synes at være nogenlunde uafhængig af bredden af nødspor, dog er skadesfrekvensen væsentlig højere, når bredden er under 1,00 meter.

Motorvejsstrækninger	Mindste horisontal kurveradius (meter)					
	109-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	97	329	275	164	137	299
Længde (meter)	117.469	527.633	417.646	278.057	235.076	283.002
ÅDT, gennemsnit	18.574	22.604	16.686	16.134	17.396	18.196
Trafikarbejde (mio. km)	11.174	46.646	28.812	17.859	15.870	20.773
Antal ulykker	1.418	5.194	2.876	1.958	1.676	2.369
Antal personskader	190	698	474	298	245	369
Ulykkesfrekvens	0,127	0,111	0,100	0,110	0,106	0,114
Skadesfrekvens	0,017	0,015	0,016	0,017	0,015	0,018

Tabel 9. *Motorvejsstrækninger opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 9 viser, at den mindste horisontal kurveradius på motorvejsstrækningerne er fra 109 meter og op. Det skal dog nævnes, at kurveradier over 100.000 meter og lige strækninger er ”reduceret” til en radius til 100.000 meter. Der synes at være tendens til højere ulykkesfrekvens, når radius er under 1.000 meter.

Tabel 10 viser, at den gennemsnitlige horisontal kurveradius også varierer betydeligt. Ulykkes- og skadesfrekvenser ser ud til at falde frem til en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 3.000-4.000 meter for derefter igen at stige.

Motorvejsstrækninger	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)					
	128-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	28	126	177	143	136	691
Længde (meter)	15.074	71.757	149.660	203.853	253.313	1.165.226
ÅDT, gennemsnit	14.664	21.262	22.421	15.418	18.434	18.129
Trafikarbejde (mio. km)	1.058	6.797	15.425	12.250	21.708	83.895
Antal ulykker	289	793	1.808	1.170	2.226	9.205
Antal personskader	40	88	186	172	388	1.400
Ulykkesfrekvens	0,273	0,117	0,117	0,096	0,103	0,110
Skadesfrekvens	0,038	0,013	0,012	0,014	0,018	0,017

Tabel 10. *Motorvejsstrækninger opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsstrækninger	Hastighedsbegrænsning (km/t)					
	40-80	90	110	120	130	Blandet
Antal strækninger	17	59	593	26	550	56
Længde (meter)	5.732	36.978	659.071	28.147	1.017.955	111.000
ÅDT, gennemsnit	15.023	20.041	23.145	17.542	13.965	17.807
Trafikarbejde (mio. km)	289	3.729	58.110	2.529	67.886	8.590
Antal ulykker	177	556	6.153	217	7.390	998
Antal personskader	9	71	725	46	1.275	148
Ulykkesfrekvens	0,613	0,149	0,106	0,086	0,109	0,116
Skadesfrekvens	0,031	0,019	0,012	0,018	0,019	0,017

Tabel 11. *Motorvejsstrækninger opdelt efter hastighedsbegrænsning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 11 ses, at de fleste motorvejsstrækninger har en hastighedsbegrænsning på 110 eller 130 km/t. En del strækninger har fået ændret hastighedsbegrænsningen i perioden 2006-2020. Hastighedsbegrænsningen i tabellen er registreret pr. 1. januar 2021. Ulykkes- og skadesfrekvenser er lidt lavere på strækninger med 110 km/t set ift. 130 km/t. De højeste ulykkes- og skadesfrekvenser findes på strækninger med 40-80 km/t hastighedsbegrænsning.

Tabel 12 viser, at 199 motorvejsstrækninger har vejbelysning og 87 strækninger har variable tavler. Opgørelsen i Tabel 12 peger på, at strækninger med variable tavler og/eller vejbelysning har en lidt højere ulykkesfrekvens end strækninger uden variable tavler og/eller vejbelysning, mens forskellene i skadesfrekvenser er meget små.

Motorvejsstrækninger	Vejbelysning		Variable tavler	
	Ja/delvist	Nej	Ja	Nej
Antal strækninger	199	1.102	87	1.214
Længde (meter)	134.340	1.724.543	118.311	1.740.572
ÅDT, gennemsnit	27.232	17.130	28.152	17.996
Trafikarbejde (mio. km)	15.193	125.940	11.837	129.296
Antal ulykker	1.945	13.546	1.385	14.106
Antal personskader	201	2.073	175	2.099
Ulykkesfrekvens	0,128	0,108	0,117	0,109
Skadesfrekvens	0,013	0,016	0,015	0,016

Tabel 12. *Motorvejsstrækninger opdelt efter forekomst af vejbelysning og variable tavler. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

2.1.2 Basismodeller

De første ulykkesmodeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår to puljer af motorvejsstrækninger:

Pulje 1 består af 1.031 motorvejsstrækninger, hvilket er strækninger med gyldige data for hele perioden 2013-2020, hvor strækninger kortere end 100 meter og strækninger med sporbortfald og sportilføjelser er udeladt. Strækningerne i pulje 1 har en samlet længde på 1.545 km. Der er på disse strækninger registreret 8.620 ulykker og 945 personskader i perioden 2013-2020.

Pulje 2 består af 1.252 motorvejsstrækninger, hvilket er alle strækninger med gyldige data i mindst 1 år undtaget dem, der er kortere end 100 meter, og strækninger med sporbortfald og sportilføjelse. Strækninger i pulje 2 har en samlet længde på 1.851 km. Der er på disse strækninger registreret 15.359 ulykker og 2.268 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte motorvejsstrækning har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år. Basismodeller for motorvejsstrækninger ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik.

For motorvejsstrækninger er der ikke opstillet basismodeller for eneulykker og flerpartsulykker og ej heller med årsfaktorer.

Basismodeller er estimeret med en negativ binomial (Poisson-gamma) fordeling ved teknikken maximum-likelihood. Der er kun estimeret modeller med konstant spredningsparameter, k. Spredningsparameteren angiver mængden af uforklaret

systematisk variation. Når k er nul, så er der kun tilfældig variation tilbage, da modellen forklarer al systematisk variation.

Modellernes forklaringskraft er udtrykt ved "Elviks indeks". Indekset beregnes ved at sammenstille spredningsparameteren for modellen med spredningsparameteren for de oprindelige data ("model" kun med middelværdi dvs. konstanten a):

$$\text{Andel af systematisk variation forklaret} = R_k^2 = 1 - \frac{k_{model}}{k_{oprindelig}}$$

I Tabel 13 ses basismodeller for de 1.031 motorvejsstrækninger i pulje 1. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 42-68 % og 10-37 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader, idet forklaringskraften er mellem 0,10 og 0,68. Spredningsparameteren, k, er typisk omkring 0,25 for ulykker og ca. 1,00 for personskader. Det betyder, at der kun er et beskedent omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker, mens dette omfang er rimeligt stort i forekomsten af personskader. Konstanten p er under 1 for personskadeulykker og personskader, hvilket betyder at skadesfrekvensen falder med stigende årsdøgntrafik. Derimod er p-værdierne over 1 for materielskadeulykker og ekstrauheld, hvorfor ulykkesfrekvensen for disse ulykker stiger med stigende årsdøgntrafik. Samlet set betyder det, at ulykkerne bliver mindre alvorlige med stigende trafikmængde.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	679	0,055	0,0000260139	0,7904	0,2721	0,42
Materielskadeulykker	2.542	0,206	0,0000027155	1,1541	0,2564	0,61
Ekstrauheld	5.399	0,437	0,0000002187	1,4847	0,3579	0,66
Person- og materielskadeulykker	3.221	0,261	0,0000072831	1,0787	0,2484	0,59
Alle ulykker	8.620	0,697	0,0000016669	1,3278	0,2501	0,68
Dræbte	79	0,006	0,0000012799	0,8778	1,0262	0,27
Alvorlige skader	445	0,036	0,0000098091	0,8451	0,5952	0,37
Lette skader	421	0,034	0,0000241675	0,7482	2,1142	0,10
Dræbte og alvorlige skader	524	0,042	0,0000114640	0,8463	0,5942	0,36
Alle personskader	945	0,076	0,0000346674	0,7941	1,0086	0,21

Tabel 13. *Basismodeller for ulykker og personskader på motorvejsstrækninger i årene 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 1.031 motorvejsstrækninger.*

I Tabel 14 er vist basismodeller for de 1.252 motorvejsstrækninger i pulje 2. Alle estimerede konstanter er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 42-69 % og 9-41 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader, hvilket er en anelse mere end for modellerne i pulje

1 (Tabel 13). Spredningsparameteren, k, er ca. 0,23 for ulykker og ca. 0,76 for personskader, hvilket også er lavere end for pulje 1 modeller, så omfanget af uforklaret systematisk variation i ulykkes- og skadesforekomsten er mindre i modeller i Tabel 14. Konstanten p er lavere i modeller i Tabel 14 end i modeller i Tabel 13, og størrelsen på konstanten p i Tabel 14 harmonerer bedre med andre modeller for motorvejsstrækninger. Samlet set er modeller (for pulje 2 strækninger) i Tabel 14 bedre at anvende end modeller (for pulje 1 strækninger) i Tabel 13.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	1.569	0,067	0,0000893356	0,6842	0,2318	0,42
Materielskadeulykker	4.363	0,187	0,0000062482	1,0635	0,2041	0,65
Ekstrauheld	9.427	0,405	0,0000004424	1,4084	0,3501	0,67
Person- og materielskadeulykker	5.932	0,255	0,0000230204	0,9614	0,1954	0,61
Alle ulykker	15.359	0,659	0,0000045765	1,2224	0,2295	0,69
Dræbte	164	0,007	0,0000019798	0,8427	0,8877	0,31
Alvorlige skader	974	0,042	0,0000204117	0,7859	0,3958	0,40
Lette skader	1.130	0,049	0,0003856656	0,4960	1,3631	0,09
Dræbte og alvorlige skader	1.138	0,049	0,0000230312	0,7892	0,3971	0,41
Alle personskader	2.268	0,097	0,0002078550	0,6323	0,7648	0,20

Tabel 14. *Basismodeller for ulykker og personskader på motorvejsstrækninger i årene 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 1.252 motorvejsstrækninger.*

2.1.3 Faktormodeller

I dette afsnit udvikles faktormodeller for sammenhænge mellem på den ene side ulykkes- og personskadetæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver motorvejsstrækninger. Det primære formål er at undersøge, om den horisontale kurveradius påvirker ulykkes- og personskadetætheden - og hvordan. Et andet formål er at indikere værdier for sikkerhedsfaktorer for følgende forhold: Antal kørespor, bredde af kørespor, nødspor og indre kantbane, vejbelysning, variabel tavle og hastighedsbegrænsning.

Faktormodeller er baseret på data for de 1.252 motorvejsstrækninger i pulje 2 (se afsnit 2.1.2). Faktormodeller estimeres ikke med årsfaktorer. En faktormodel har følgende formeludtryk:

$$UT = a \cdot N^p \cdot e^{\sum_{i=1}^{n} b_i x_i}$$

hvor a og p er estimerede konstanter, N er gennemsnitlig årsdøgntrafik i perioden 2006-2020 og b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i.
I modeludviklingen er faktorerne x_i beskrevet som kontinuer variabel (horisontal kurveradius, antal kørespor, bredde af kørespor, nødspor og indre kantbane) og

som ordinal kategorivariabel (antal kørespor, hastighedsbegrænsning, politikreds, vejbelysning, variabel tavle og tunnel). En kontinuer variabel kan angive fx antal kørespor som hhv. 2, 3, 4 og 5, hvor den matematiske (euklide) afstand mellem 2 og 3 er lige så stor som mellem 4 og 5. En ordinal kategorivariabel kan angive fx antal kørespor som hhv. ”To”, ”Tre”, ”Fire” og ”Fem”, hvor den matematiske afstand mellem kategorierne kan være vidt forskellige.

For horisontal kurveradius er det forsøgt at modellere den reciprokke værdi, hvor variablen er 1746,5 / (horisontal kurveradius i meter). For bredde af kørespor, nødspor og indre kantbane er der forsøgt at modellere den polynomiske værdi (anden grad), idet der formodes at være et optimum for disse bredder.

I første omgang, hvor der indgår årsdøgntrafik og én yderligere variabel, fås følgende resultater:

- *Horisontal kurveradius*: Variabel med reciprok værdi er signifikant (særdeles signifikant), og her er den mindste horisontale kurveradius mest betydende.
- *Antal kørespor*: Ej signifikant hverken som kontinuer eller ordinal variabel.
- *Bredde af kørespor*: Bredden er signifikant i stort omfang. I anden potens dog kun signifikant for materielskadeulykker.
- *Bredde af nødspor*: Bredden er signifikant i stort omfang. I anden potens dog kun signifikant for ekstrauheld.
- *Bredde af indre kantbane*: Bredden er signifikant i stort omfang også i anden potens.
- *Hastighedsbegrænsning*: Er signifikant i stort omfang.
- *Politikreds*: Er signifikant i stort omfang.
- *Vejbelysning*: Ej signifikant.
- *Variable tavler*: Kun lige signifikant for materielskadeulykker.
- *Tunnel*: Er signifikant i stort omfang.

For at simplificere udviklingen af faktormodeller er det valgt at arbejde videre med: a) den mindste horisontale kurveradius som reciprok værdi, b) bredder af kørespor, nødspor og indre kantbane – men ikke i anden potens, og c) hastighedsbegrænsning beskrevet ved tre kategorier – 110, 130 km/t og andre hastigheder. Det fravælges at arbejde videre med antal kørespor, politikreds, vejbelysning, variable tavler og tunnel.

I Tabel 15 ses oddsratio-værdier for de nævnte udvalgte faktorer. Eksempelvis er det estimeret, at en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 500 meter har 1,35 gange flere personskadeulykker pr. km pr. år end en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter. Oddsratio-værdier, der er statistisk signifikante, er markeret med fed tekst på grå baggrund.

Oddsratio-værdier for motorvejsstrækninger	Faktormodel for …									
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
Kurveradius 500 m	**1,35**	**1,26**	**1,80**	**1,31**	**1,62**	**1,65**	**1,62**	1,09	**1,65**	**1,45**
Kurveradius 1000 m	**1,14**	**1,10**	**1,29**	**1,12**	**1,23**	**1,24**	**1,23**	1,04	**1,24**	**1,17**
Kurveradius 2000 m	**1,04**	**1,03**	**1,09**	**1,04**	**1,07**	**1,07**	**1,07**	1,01	**1,07**	**1,05**
Kurveradius 3000 m	**1,01**	**1,01**	**1,03**	**1,01**	**1,02**	**1,02**	**1,02**	1,00	**1,02**	**1,02**
Kurveradius 4000 m	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
Kurveradius 5000 m	**0,99**	**0,99**	**0,98**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	1,00	**0,99**	**0,99**
Køresporbred 3,25 m	1,21	**1,24**	0,86	**1,23**	0,99	0,79	1,15	**1,54**	1,08	1,26
Køresporbred 3,50 m	1,10	**1,11**	0,93	**1,11**	1,00	0,89	1,07	**1,24**	1,04	1,12
Køresporbred 3,75 m	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	1,00	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00
Køresporbred 4,00 m	0,91	**0,90**	1,08	**0,90**	1,00	1,12	0,93	**0,81**	0,96	0,89
Nødsporbred 0,50 m	**1,47**	**1,34**	**1,21**	**1,35**	**1,22**	1,44	1,17	**1,57**	1,19	1,32
Nødsporbred 1,00 m	**1,36**	**1,26**	**1,17**	**1,27**	**1,18**	1,34	1,13	**1,43**	1,15	1,25
Nødsporbred 2,00 m	**1,17**	**1,12**	**1,08**	**1,13**	**1,08**	1,16	1,06	**1,20**	1,07	1,12
Nødsporbred 3,00 m	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00
Indrekantbred 0,50 m	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**
Indrekantbred 1,00 m	**0,87**	1,01	0,98	0,97	0,98	0,81	0,97	**0,83**	0,95	**0,90**
Indrekantbred 1,50 m	**0,76**	1,02	0,95	0,95	0,96	0,66	0,94	**0,68**	0,90	**0,80**
Indrekantbred 2,00 m	**0,66**	1,03	0,93	0,93	0,94	0,54	0,91	**0,56**	0,85	**0,72**
Hast.begr. 130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hast.begr. 110 km/t	**0,73**	**0,87**	**0,89**	**0,83**	**0,87**	**0,63**	**0,81**	**0,57**	**0,78**	**0,66**
Hast.begr. andre	0,94	1,11	0,94	1,06	0,99	1,03	0,87	0,83	0,89	0,86

Tabel 15. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på motorvejsstrækninger, hvor en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter, en køresporsbredde på 3,75 meter, en nødsporsbredde på 3,00 meter, en indre kantbane bredde på 0,50 meter og hastighedsbegrænsning på 130 km/t er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

Ud fra Tabel 15 og den bagvedliggende modeludvikling kan følgende siges om de enkelte faktorer:

Mindste horisontale kurveradius: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo større den horisontale kurveradius er. Det er dog stærkt begrænset, hvor meget bedre trafiksikkerheden bliver, når kurveradius kommer over ca. 3.000 meter. Ulykkes- og skadesfrekvenser begynder at stige voldsomt, når kurveradius kommer under ca. 1.500 meter.

Bredde af kørespor: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere kørespor er, når man ser på de statistisk signifikante oddsratio-værdier. Modeller med køresporsbredden i anden potens som variabel indikerer, at trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere kørespor er, indtil der nås en bredde på ca. 3,50-4,00 meter, hvorefter sikkerheden forværres lidt. Af Tabel 15 ses, at køresporsbredden især påvirker person- og materielskadeulykker og personskader.

Bredde af nødspor (inkl. ydre kantbane): Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødspor er. Modeller med nødsporsbredden i anden potens indikerer, at trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødspor er, indtil der nås en bredde på ca. 2,75-3,25 meter.

Bredde af indre kantbane: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere den indre kantbane er. Modeller med bredden af indre kantbane i anden potens viser meget varierende resultater. Der kan derfor ikke angives en optimal bredde af indre kantbane.

Hastighedsbegrænsning: Trafiksikkerheden er bedre på strækninger med 110 km/t hastighedsbegrænsning end på strækninger med 130 km/t. For eksempel estimeres der at ske ca. 27 % færre personskadeulykker, 13 % færre materielskadeulykker og 11 % færre ekstrauheld pr. kørt km på en 110 km/t strækning ift. en 130 km/t strækning.

2.1.4 Grundmodeller

For motorvejsstrækninger er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse modeller er baseret på motorvejsstrækninger (én side af motorvejen), der har følgende udformning og regulering:

- Mindst 100 meter lang
- 2 kørespor
- Kørespor er mindst 3,50 meter bred
- Ingen sporbortfald og ingen sportilføjelse
- Nødspor inkl. ydre kantbane er mindst 3,00 meter bred
- Indre kantbane er 0,50 meter bred
- Midterautoværn af stål
- Mindste horisontale kurveradius er mindst 1.000 meter
- 110 eller 130 km/t hastighedsbegrænsning
- Ingen variable tavler på strækning
- Ej tunnel på strækning
- Ej vejbelysning på strækning
- Ej kurveafmærkning på strækning
- Ej anbefalet hastighed på strækning.

Der findes 515 motorvejsstrækninger med denne udformning og regulering, hvor der er mindst 1 år med gyldige data. Den samlede længde for disse strækninger er

911.689 meter. Der er registreret 8.228 ulykker og 1.362 personskader på de 515 motorvejsstrækninger i perioden 2006-2020 i år med gyldige data. Årsdøgntrafikken varierer mellem 2.928 og 31.598 med et gennemsnit på 15.494.

Om de 515 motorvejsstrækninger kan nævnes:

- *Antal år med gyldige data* varierer fra 1 til 15 år med gns. på 14,7 år.
- *Strækningslængden* varierer fra 116 til 10.617 meter med gns. på 1.770 meter.
- *Køresporsbredden* varierer fra 3,50 til 3,75 meter med gns. på 3,59 meter.
- *Nødsporsbredden* varierer fra 3,00 til 3,50 meter med gns. på 3,14 meter.
- *Bredde af midterrabat* varierer fra 3,0 til 14,0 meter med gns. på 5,23 meter.
- *Mindste horisontale kurveradius* varierer fra 1.081 meter og op med gns. på 7.930 meter.
- *Gennemsnitlige horisontale kurveradius* varierer fra 1.107 meter og op med gns. på 14.655 meter.
- *Hastighedsbegrænsningen* er 110 km/t på 162 strækninger og 130 km/t på 353 strækninger.

Det er forsøgt at opstille grundmodeller for ulykker opdelt på ene- og flerpartsulykker. Det har dog vist sig bedre ikke at opdele hver ulykkesart i ene- og flerpartsulykker, men alene opdele i ulykkesart.

Det er undersøgt, om faktorer, der fortsat varierer, har relation til forekomsten af ulykker og personskader. Her kan det siges, at strækningslængde, åbningsår, bredde af belagt areal, nødsporsbredde, horisontal kurveradius, autoværn i højre side, overhalingsforbud og afstandsmærker slet ikke har signifikante relationer til hverken ulykkes- eller skadesfrekvenser. Der er en signifikant tendens til, at frekvensen af alle ulykker er lidt lavere ved en køresporsbredde på 3,75 meter end ved 3,50 meters bredde. Der er signifikant tendens til, at frekvensen af materielskadeulykker er lavere, jo bredere midterrabatten er. Der er signifikante relationer mellem politikreds og ulykkes- og skadesfrekvenser. Der er signifikante relationer mellem hastighedsbegrænsning og ulykkes- og skadesfrekvenser.

De udarbejdede grundmodeller fremgår af Tabel 16. I disse modeller indgår årsdøgntrafik og hastighedsbegrænsning som uafhængige variable, hvor 130 km/t er basis (faktor 1,00), mens 110 km/t har en faktor der er lavere, hvilket er angivet i Tabel 17. Alle grundmodeller er statistisk signifikante og forklarer en stor del af den systematiske variation i ulykkes- og skadesforekomsten.

Det anbefales at benytte de gråt markerede grundmodeller i Tabel 16 til beregning af det forventede antal ulykker og personskader på motorvejsstrækninger. For hver beregnet personskade kan der forventes 93/1362 = 0,0683 dræbte, 569/1362 = 0,4178 alvorlige skader og 700/1362 = 0,5140 lette skader.

De anbefalede grundmodeller bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere år.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Sprednings-parameter	Forklarings-kraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	922	0,069	0,0000289315	0,8154	0,1533	0,46
Materielskadeulykker	2.328	0,173	0,0000021121	1,1752	0,1183	0,67
Ekstrauheld	4.978	0,371	0,0000000202	1,7281	0,2306	0,70
Person- og materielskade-ulykker	3.250	0,242	0,0000078747	1,0760	0,1003	0,67
Alle ulykker	8.228	0,613	0,0000005002	1,4532	0,1181	0,76
Dræbte	93	0,007	0,0000000049	1,4711	0,4933	0,45
Alvorlige skader	569	0,042	0,0000027630	1,0042	0,3798	0,38
Lette skader	700	0,052	0,0001405988	0,6297	0,8918	0,16
Dræbte og alvorlige skader	662	0,049	0,0000017119	1,0699	0,3503	0,43
Alle personskader	1.362	0,101	0,0000381456	0,8296	0,5235	0,28

Tabel 16. *Grundmodeller for ulykker og personskader på motorvejsstrækninger med 2 kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 515 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Estimater for hastighedsbegrænsningens betydning for trafiksikkerheden er vist i Tabel 17. Det ses, at estimater fra nærværende grundmodeller i hovedtræk er i harmoni med estimater fra potens- og eksponentialmodeller fra TØI i Norge, dog ikke for materielskadeulykker og lette skader.

Type af ulykke eller personskade	Estimater fra grundmodeller		Estimater fra potens-modeller		Estimater fra eksponentialmodeller fra 2014
	Fra Tabel 16	Fra 2015	Fra 2009	Fra 2014	
Personskadeulykker	-24,8 %	-21,1 %	-8,4 %	-11,0 %	-19,8 %
Materielskadeulykker	-4,6 %	+5,9 %	-7,9 %	-10,0 %	-18,8 %
Ekstrauheld	-9,8 %	-10,3 %	-7,9 %	-10,0 %	-18,8 %
Person- og materielskade-ulykker	-10,4 %	-4,3 %	-8,1 %	-10,4 %	-19,2 %
Alle ulykker	-10,5 %	-8,3 %	-8,0 %	-10,2 %	-19,0 %
Dræbte	-27,7 %	-61,1 %	-22,4 %	-21,7 %	-34,5 %
Alvorlige skader	-16,8 %	-36,9 %	-17,5 %	-18,8 %	-32,7 %
Lette skader	-42,9 %	-23,6 %	-7,4 %	-12,0 %	-16,6 %
Dræbte og alvorlige skader	-18,4 %	-40,3 %	-18,1 %	-19,2 %	-32,9 %
Alle personskader	-32,1 %	-31,3 %	-12,1 %	-15,1 %	-23,8 %

Tabel 17. *Estimater for påvirkning af ulykkes- og skadesfrekvenser ved at reducere hastighedsbegrænsningen fra 130 til 110 km/t beregnet ud fra grundmodeller i Tabel 16 og fra tidligere grundmodeller fra 2015 samt potens- og eksponentialmodeller fra Transportøkonomisk Institutt i Norge.*

2.2 Frakørselsflettestrækninger

I alt er der registreret 586 frakørselsflettestrækninger (én side af motorvej) med en samlet længde på 190.214 meter inklusiv op til en 100 meter lang strækning før hver frakørsel. I det følgende er udviklet ulykkesmodeller baseret på disse frakørselsflettestrækninger.

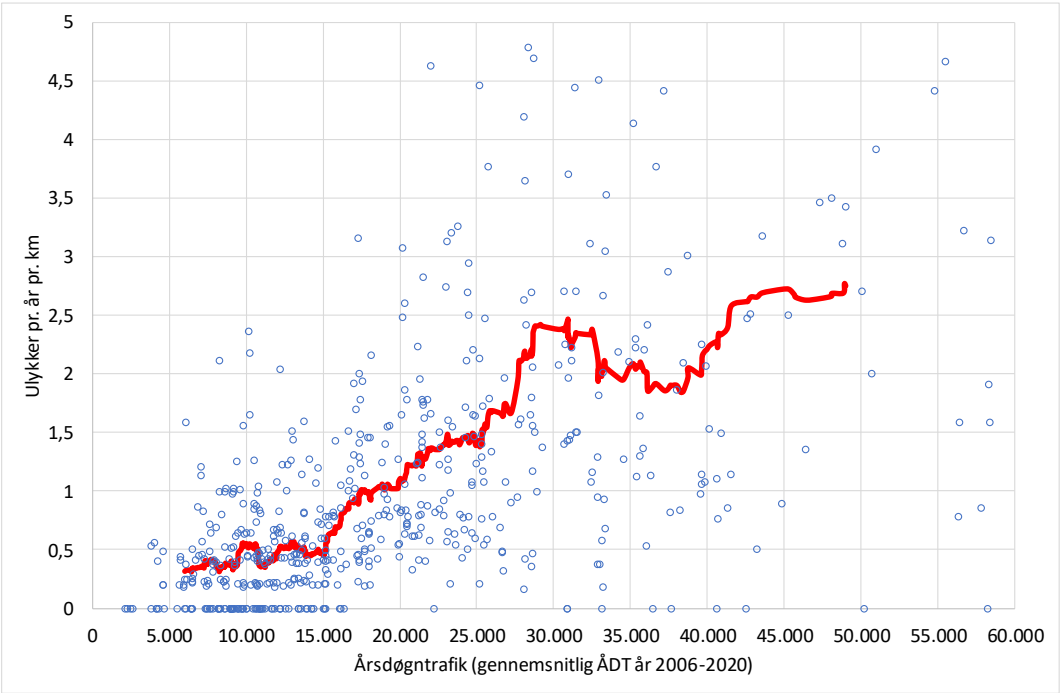
2.2.1 Datagrundlag

Nogle frakørselsflettestrækninger er først bygget i de senere år og andre er blevet ombygget. Derfor findes alle nødvendige data ikke for alle årene – for alle 586 frakørselsflettestrækninger. I Tabel 18 er opgjort, hvor mange frakørselsflettestrækninger der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkesfrekvensen synes at ligge på et rimeligt stabilt uændret niveau gennem hele perioden 2006-2020, mens skadesfrekvensen forekommer at falde i perioden 2006-2012.

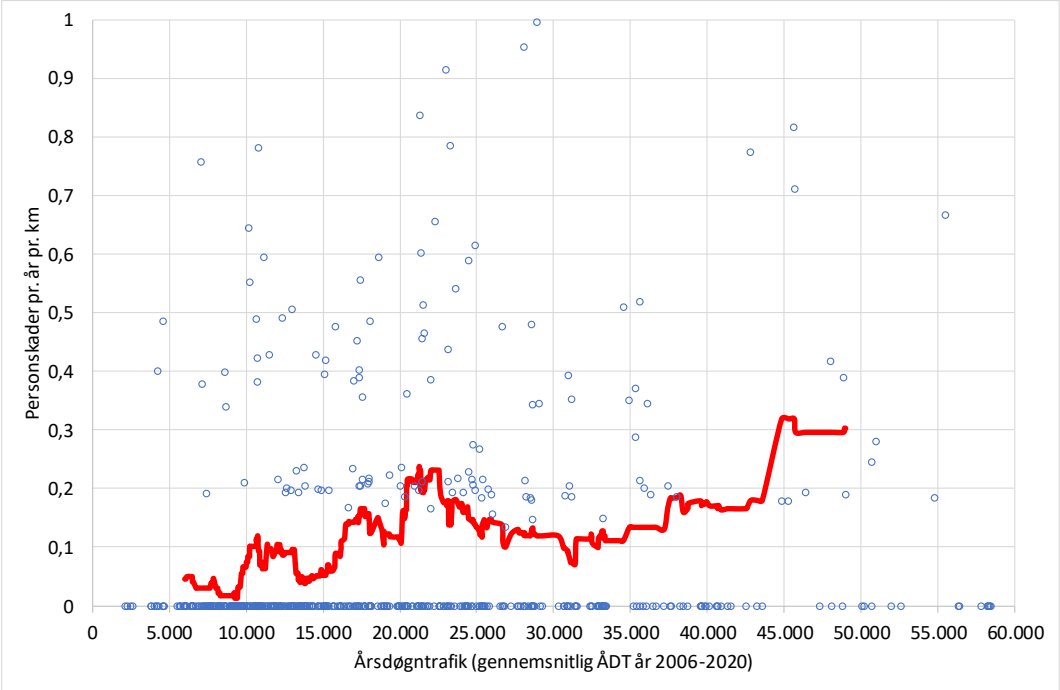
År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	368	118	736	11	30	41	58	99	0,135	1	9	8	18	0,024
2007	387	124	790	20	35	55	62	117	0,148	6	10	15	31	0,039
2008	398	128	809	13	40	53	66	119	0,147	3	5	12	20	0,025
2009	424	136	877	9	18	27	58	85	0,097	1	5	7	13	0,015
2010	426	137	884	9	29	38	77	115	0,130	1	6	7	14	0,016
2011	428	138	914	10	40	50	92	142	0,155	1	11	6	18	0,020
2012	435	140	953	8	39	47	86	133	0,140	1	3	5	9	0,009
2013	470	152	1.041	6	40	46	86	132	0,127	0	4	5	9	0,009
2014	495	160	1.136	12	41	53	118	171	0,151	0	11	7	18	0,016
2015	515	167	1.244	13	46	59	127	186	0,149	1	7	8	16	0,013
2016	528	171	1.356	17	55	72	150	222	0,164	4	7	16	27	0,020
2017	548	177	1.473	13	65	78	145	223	0,151	0	6	13	19	0,013
2018	561	181	1.533	16	94	110	161	271	0,177	2	8	18	28	0,018
2019	572	184	1.577	21	107	128	176	304	0,193	1	15	11	27	0,017
2020	579	187	1.428	10	66	76	110	186	0,130	1	7	3	11	0,008
Total	-	-	16.750	188	745	933	1.572	2.505	0,150	23	114	141	278	0,017

Tabel 18. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 586 frakørselsflettestrækninger i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*

Figur 3 og Figur 4 illustrerer ulykkes- og personskadetæthed set ift. trafikmængden på frakørselsflettestrækninger. Der er en forholdsvis tæt og retlinjet relation mellem antal ulykker og personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik. Således ser det ud til, at en fordobling i trafikmængden omtrent medfører en fordobling i antallet af ulykker og personskader.



Figur 3. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 586 frakørselsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*



Figur 4. *Personskadetæthed og trafikmængde for 586 frakørselsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*

De følgende tabeller indeholder opgørelser for de 586 frakørselsflettestrækninger opdelt efter diverse forhold om udformning og regulering. Det skal nævnes, at der er 25 frakørselsflettestrækninger med sporbortfald, og én strækning med frakørsel på venstre side af motorvejen.

Frakørselsflette-strækninger	Antal gennemgående kørespor på motorvej				
	2	3	4	5	I alt
Antal strækninger	477	90	18	1	586
Længde (meter)	153.524	30.146	6.284	260	190.214
ÅDT, gennemsnit	15.667	37.058	54.158	67.275	20.223
Trafikarbejde (mio. km)	11.583	4.289	859	19	16.750
Antal ulykker	1.709	666	129	1	2.505
Antal personskader	212	51	15	0	278
Ulykkesfrekvens	0,148	0,155	0,150	0,052	0,150
Skadesfrekvens	0,018	0,012	0,017	0,000	0,017

Tabel 19. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter antal gennemgående kørespor på motorvej. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 19 viser, at de fleste frakørselsflettestrækninger har 2 gennemgående kørespor på motorvejen. Tabellen viser også, at ulykkesfrekvensen synes at være upåvirket af antallet af kørespor, mens skadesfrekvensen synes at falde, jo flere kørespor strækningen har.

Tabel 20 viser, at ca. 57 % af frakørselsflettestrækningerne har gennemgående kørespor på motorvejen med en bredde på 3,50 meter og omkring 32 % har en bredde på 3,75 meter. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes at være upåvirket af køresporsbredden.

Frakørselsflette-strækninger	Bredde af kørespor (meter)				
	3,33-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75	3,76-4,33
Antal strækninger	12	338	39	189	8
Længde (meter)	3.662	108.926	13.214	61.750	2.662
ÅDT, gennemsnit	44.417	18.919	31.785	17.919	37.053
Trafikarbejde (mio. km)	795	8.140	1.818	5.443	554
Antal ulykker	117	1.112	295	895	86
Antal personskader	5	149	24	94	6
Ulykkesfrekvens	0,147	0,137	0,162	0,164	0,155
Skadesfrekvens	0,006	0,018	0,013	0,017	0,011

Tabel 20. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af gennemgående kørespor. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 21 ses, at de fleste frakørselsflettestrækninger har nødspor, der er 2,50 meter brede eller bredere. Ulykkesfrekvensen synes at falde, jo bredere nødsporet

er, dog standser faldet ved en bredde på ca. 3,0 meter. Skadesfrekvensen synes at falde, jo bredere nødsporet er.

Frakørselsflette-strækninger	Bredde af nødspor (meter)			
	0,30-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-6,50
Antal strækninger	34	65	297	190
Længde (meter)	9.171	22.183	95.543	63.317
ÅDT, gennemsnit	18.981	22.865	17.833	23.277
Trafikarbejde (mio. km)	916	2.618	7.369	5.847
Antal ulykker	180	513	957	855
Antal personskader	12	56	124	86
Ulykkesfrekvens	0,196	0,196	0,130	0,146
Skadesfrekvens	0,013	0,021	0,017	0,015

Tabel 21. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Frakørselsflette-strækninger	Mindste horisontal kurveradius (meter)					
	99-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	22	118	99	77	61	209
Længde (meter)	6.894	37.142	33.016	25.107	19.379	68.676
ÅDT, gennemsnit	21.665	24.405	20.073	17.854	18.715	19.093
Trafikarbejde (mio. km)	773	3.781	2.765	1.865	1.365	6.201
Antal ulykker	159	536	424	260	199	927
Antal personskader	14	66	39	19	32	108
Ulykkesfrekvens	0,206	0,142	0,153	0,139	0,146	0,149
Skadesfrekvens	0,018	0,017	0,014	0,010	0,023	0,017

Tabel 22. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Frakørselsflette-strækninger	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)					
	134-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	8	63	75	76	52	312
Længde (meter)	1.858	18.964	25.070	24.481	16.412	103.429
ÅDT, gennemsnit	19.271	22.113	21.621	16.430	17.410	20.922
Trafikarbejde (mio. km)	159	1.870	2.251	1.738	1.211	9.522
Antal ulykker	59	256	298	237	168	1.487
Antal personskader	3	30	35	26	18	166
Ulykkesfrekvens	0,371	0,137	0,132	0,136	0,139	0,156
Skadesfrekvens	0,019	0,016	0,016	0,015	0,015	0,017

Tabel 23. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 22 viser, at den mindste horisontal kurveradius på frakørselsflettestrækninger varierer fra 99 meter og op. Både ulykkes- og skadesfrekvenser synes ikke at afhænge af den mindste horisontale kurveradius, dog er ulykkesfrekvensen særlig høj ved små kurveradier under 1.000 meter.

Af Tabel 23 fremgår, at den gennemsnitlige horisontal kurveradius også varierer betydeligt. Ulykkes- og skadesfrekvenser ser ud til at være væsentligt højere ved små kurveradier under 1.000 meter, og lidt højere ved store kurveradier over 5.000 meter – set ift. kurveradier mellem 1.000 og 5.000 meter.

Frakørselsflette-strækninger	Hastighedsbegrænsning (km/t)					
	70-80	90	110	120	130	Blandet
Antal strækninger	6	29	262	13	273	3
Længde (meter)	1.410	7.439	87.100	4.451	88.831	983
ÅDT, gennemsnit	15.497	25.353	25.331	19.481	14.916	20.039
Trafikarbejde (mio. km)	108	946	9.337	400	5.857	102
Antal ulykker	52	153	1.400	47	834	19
Antal personskader	4	11	140	7	115	1
Ulykkesfrekvens	0,481	0,162	0,150	0,117	0,142	0,187
Skadesfrekvens	0,037	0,012	0,015	0,017	0,020	0,010

Tabel 24. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter hastighedsbegrænsning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 24 viser, at de fleste frakørselsflettestrækninger har en hastighedsbegrænsning på 110 eller 130 km/t. De højeste ulykkes- og skadesfrekvenser findes på strækninger med 70-80 km/t hastighedsbegrænsning. Skadesfrekvensen synes at stige fra 90 km/t til 130 km/t.

Frakørselsflette-strækninger	Vejbelysning		Variable tavler	
	Ja/delvist	Nej	Ja	Nej
Antal strækninger	81	505	29	557
Længde (meter)	25.337	164.877	9.550	180.664
ÅDT, gennemsnit	32.239	18.295	33.824	19.514
Trafikarbejde (mio. km)	4.082	12.668	1.439	15.311
Antal ulykker	735	1.770	282	2.223
Antal personskader	55	223	25	253
Ulykkesfrekvens	0,180	0,140	0,196	0,145
Skadesfrekvens	0,013	0,018	0,017	0,017

Tabel 25. *Frakørselsflettestrækninger opdelt efter forekomst af vejbelysning og variable tavler. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 25 viser, at 81 frakørselsflettestrækninger har vejbelysning og 29 strækninger har variable tavler. Af tabellen fremgår, at strækninger med variable tavler og/eller vejbelysning tyder på at have en lidt højere ulykkesfrekvens end

strækninger uden variable tavler og/eller vejbelysning, mens skadesfrekvensen synes at være mindre på strækninger med vejbelysning.

2.2.2 Basismodeller

De første ulykkesmodeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår to puljer af frakørselsflettestrækninger:

Pulje 1 består af 442 frakørselsflettestrækninger, hvilket er strækninger med gyldige data for hele perioden 2013-2020, hvor strækninger med sporbortfald og frakørsel i venstre side er udeladt. Strækningerne i pulje 1 har en samlet længde på 140.961 meter. I perioden 2013-2020 er der registreret 1.244 ulykker og 127 personskader på strækningerne.

Pulje 2 består af 560 frakørselsflettestrækninger, hvilket er alle strækninger med gyldige data i mindst 1 år undtaget dem med sporbortfald og frakørsel i venstre side. Strækninger i pulje 2 har en samlet længde på 180.288 meter. På disse strækninger er der registreret 2.207 ulykker og 257 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte frakørselsflettestrækning har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år. Basismodeller for frakørselsflettestrækninger ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter, og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik i starten af frakørselsflettestrækningen.

For frakørselsflettestrækninger er der ikke opstillet basismodeller for eneulykker og flerpartsulykker og ej heller med årsfaktorer. Desuden indgår årsdøgntrafik på ”frakørselsrampen” ikke som særskilt uafhængig variabel.

I Tabel 26 fremgår basismodeller for de 442 frakørselsflettestrækninger i pulje 1. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modeller for dræbte og lette skader ikke angivet, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 57 % og 17 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader. Spredningsparameteren, k, er ca. 0,4 for ulykker og ca. 2,9 for personskader, hvilket betyder, at der kun er et relativt beskedent omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker, mens dette omfang er meget stort i forekomsten af personskader. Konstanten p er lige under 1 for person- og materielskadeulykker og personskader, hvilket betyder at frekvensen af disse falder lidt med stigende årsdøgntrafik. Derimod er p-værdien meget over 1 for ekstrauheld, så frekvensen for disse ulykker stiger voldsomt med stigende årsdøgntrafik.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	93	0,082	0,0000082475	0,9325	0,5173	0,35
Materielskadeulykker	375	0,333	0,0000561603	0,8803	0,4482	0,40
Ekstrauheld	776	0,688	0,0000001146	1,5667	0,5415	0,61
Person- og materielskadeulykker	468	0,415	0,0000590102	0,8975	0,3586	0,44
Alle ulykker	1.244	1,103	0,0000029637	1,2924	0,3982	0,57
Dræbte	8	0,007	-	-	-	-
Alvorlige skader	51	0,045	0,0000004657	1,1589	0,6220	0,44
Lette skader	68	0,060	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	59	0,052	0,0000000708	1,3598	0,5108	0,58
Alle personskader	127	0,113	0,0000088005	0,9575	2,9360	0,17

Tabel 26. *Basismodeller for ulykker og personskader på frakørselsflettestrækninger i 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 442 frakørselsflettestrækninger.*

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	173	0,079	0,0000783206	0,7044	0,5259	0,22
Materielskadeulykker	663	0,301	0,0000541366	0,8782	0,3176	0,46
Ekstrauheld	1.371	0,623	0,0000003905	1,4401	0,3796	0,65
Person- og materielskadeulykker	836	0,380	0,0000909992	0,8490	0,2921	0,45
Alle ulykker	2.207	1,003	0,0000068914	1,2033	0,2852	0,61
Dræbte	22	0,010	0,0000000907	1,1733	5,8377	0,36
Alvorlige skader	102	0,046	0,0000200456	0,7885	0,9127	0,24
Lette skader	133	0,060	0,0000226511	0,8049	5,4705	0,07
Dræbte og alvorlige skader	124	0,056	0,0000116291	0,8625	1,1465	0,25
Alle personskader	257	0,117	0,0000324763	0,8330	2,6371	0,12

Tabel 27. *Basismodeller for ulykker og personskader på frakørselsflettestrækninger i 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 560 frakørselsflettestrækninger.*

I Tabel 27 ses basismodeller for de 560 frakørselsflettestrækninger i pulje 2. Alle modeller og estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 61 % og 12 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader. Spredningsparameteren, k, er ca. 0,3 for ulykker og ca. 2,6 for personskader, hvilket er lidt lavere end for frakørselsflettestrækninger i pulje 1 (Tabel 26). Det betyder, at der er mindre uforklaret systematisk variation i ulykkes- og skadesforekomsten i modellerne i Tabel 27. Desuden er konstanten p lavere i Tabel 27 end i Tabel 26, og harmonerer bedre med andre ulykkesmodeller for frakørselsflettestrækninger. Samlet set er modeller i Tabel 27 (pulje 2) bedre at anvende end modeller i Tabel 26 (pulje 1).

2.2.3 Faktormodeller

I dette afsnit udvikles faktormodeller for sammenhænge mellem på den ene side ulykkes- og personskadetæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver frakørselsflettestrækninger.

Denne modeludvikling er udført på samme måde som for motorvejsstrækninger. Faktormodeller er baseret på data om de 560 frakørselsflettestrækninger i pulje 2 (se afsnit 2.2.2). Der er benyttet samme formeludtryk som i afsnit 2.1.3. De samme uafhængige variable som i afsnit 2.1.3 har indgået i modeludviklingen af faktormodeller for frakørselsflettestrækninger, dog tilføjet længde af kilestrækning og længde af spærreflade.

I første omgang findes, at den reciprokke værdi af horisontal kurveradius er statistisk signifikant, og ligeså er bredde af kørespor, nødspor og indre kantbane samt hastighedsbegrænsning, dog kun for ulykker – ej for personskader. For at simplificere udviklingen af faktormodeller er det derfor valgt at arbejde videre med: a) den mindste horisontale kurveradius som reciprok værdi, b) bredder af kørespor, nødspor og indre kantbane – men ikke i anden potens, og c) hastighedsbegrænsning beskrevet ved tre kategorier; 110 km/t, 130 km/t og andre hastigheder.

I Tabel 28 er oddsratio-værdier for de nævnte udvalgte faktorer vist. Eksempelvis er det estimeret, at en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 500 meter har 1,45 gange flere personskadeulykker pr. km pr. år end en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter. Oddsratio-værdier, der er statistisk signifikante, er markeret med fed tekst på grå baggrund. Ud fra Tabel 28 og den bagvedliggende modeludvikling kan følgende siges om de enkelte faktorer:

<u>Mindste horisontale kurveradius</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo større den horisontale kurveradius er. Det er dog stærkt begrænset, hvor meget bedre trafiksikkerheden bliver, når kurveradius kommer over ca. 2.000 meter. Ulykkes- og skadesfrekvenser begynder at stige voldsomt, når kurveradius kommer under ca. 1.000 meter.

<u>Bredde af kørespor</u>: Trafiksikkerheden ser ud til at blive bedre og bedre, jo smallere kørespor er, når man ser på de statistisk signifikante oddsratio-værdier. Men sammenhængen mellem bredde af kørespor og trafiksikkerhed er upålidelig for frakørselsflettestrækninger.

<u>Bredde af nødspor (inkl. ydre kantbane)</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødspor er. Men sammenhængen mellem bredde af nødspor og trafiksikkerhed er upålidelig for frakørselsflettestrækninger.

<u>Bredde af indre kantbane</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere den indre kantbane er. Modeller med bredden af indre kantbane i anden potens viser

meget varierende resultater, således at der ikke kan angives en optimal bredde af den indre kantbane.

Hastighedsbegrænsning: Trafiksikkerheden er bedre på strækninger med 110 km/t hastighedsbegrænsning end på strækninger med 130 km/t, men forskellen mellem de to er ikke statistisk signifikant.

Oddsratio-værdier for frakørselsflettestræk-ninger	Faktormodel for …									
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
Kurveradius 500 m	**1,45**	1,23	**1,36**	**1,28**	**1,32**	1,17	1,45	1,44	1,39	1,42
Kurveradius 1000 m	**1,17**	1,09	**1,14**	**1,11**	**1,13**	1,07	1,17	1,17	1,15	1,16
Kurveradius 2000 m	**1,05**	1,03	**1,05**	**1,04**	**1,04**	1,02	1,05	1,05	1,05	1,05
Kurveradius 3000 m	**1,02**	1,01	**1,01**	**1,01**	**1,01**	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02
Kurveradius 4000 m	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kurveradius 5000 m	**0,99**	0,99	**0,99**	**0,99**	**0,99**	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99
Køresporbred 3,25 m	0,78	0,88	**0,70**	0,87	**0,79**	1,98	0,79	1,44	0,93	1,25
Køresporbred 3,50 m	0,88	0,94	**0,84**	0,94	**0,89**	1,41	0,89	1,20	0,96	1,12
Køresporbred 3,75 m	1,00	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Køresporbred 4,00 m	1,13	1,07	**1,19**	1,07	**1,13**	0,71	1,12	0,83	1,04	0,90
Nødsporbred 0,50 m	0,95	0,92	**1,37**	0,93	1,19	1,17	0,97	0,77	1,00	0,86
Nødsporbred 1,00 m	0,96	0,94	**1,29**	0,94	1,15	1,13	0,98	0,81	1,00	0,89
Nødsporbred 2,00 m	0,98	0,97	**1,14**	0,97	1,07	1,06	0,99	0,90	1,00	0,94
Nødsporbred 3,00 m	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Indrekantbred 0,50 m	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Indrekantbred 1,00 m	**0,68**	0,94	**0,87**	**0,89**	**0,89**	0,61	0,80	0,82	0,77	0,80
Indrekantbred 1,50 m	**0,47**	0,89	**0,76**	**0,79**	**0,79**	0,37	0,64	0,68	0,59	0,64
Indrekantbred 2,00 m	**0,32**	0,84	**0,66**	**0,70**	**0,70**	0,23	0,51	0,56	0,46	0,51
Hast.begr. 130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hast.begr. 110 km/t	0,87	0,95	0,87	0,93	0,90	0,55	0,86	1,06	0,81	0,94
Hast.begr. andre	0,70	1,07	0,81	0,98	0,87	0,68	0,38	0,65	0,44	0,53

Tabel 28. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på frakørselsflettestrækninger, hvor en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter, en køresporsbredde på 3,75 meter, en nødsporsbredde på 3,00 meter, en indre kantbane bredde på 0,50 meter og hastighedsbegrænsning på 130 km/t er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

2.2.4 Grundmodeller

For frakørselsflettestrækninger er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse grundmodeller er baseret på frakørselsflettestrækninger, der har følgende udformning og regulering:

- 2 gennemgående kørespor
- Kørespor er mindst 3,50 meter bred
- Ingen sporbortfald og ingen sportilføjelse
- Nødspor inkl. ydre kantbane er mindst 3,00 meter bred
- Indre kantbane er 0,50 meter bred
- Midterautoværn af stål
- Mindste horisontale kurveradius er mindst 1.000 meter
- 110 eller 130 km/t hastighedsbegrænsning
- Ingen variable tavler på strækning
- Ej tunnel på strækning
- Ej vejbelysning på strækning
- Ej kurveafmærkning på strækning
- Ej anbefalet hastighed på strækning.

Der findes 216 frakørselsflettestrækninger med denne udformning og regulering, hvor der er mindst 1 år med gyldige data. Den samlede længde for de strækninger er 69.940 meter. Der er registreret 736 ulykker og 107 personskader på de 216 frakørselsflettestrækninger i perioden 2006-2020 i år med gyldige data. Årsdøgntrafikken varierer mellem 3.783 og 31.191 med et gennemsnit på 15.625.

Om de 216 frakørselsflettestrækninger kan nævnes:

- *Antal år med gyldige data* varierer fra 1 til 15 år med gns. på 14,1 år.
- *Strækningslængden* varierer fra 133 til 1.005 meter med gns. på 324 meter.
- *Køresporsbredden* varierer fra 3,50 til 3,75 meter med gns. på 3,55 meter.
- *Nødsporsbredden* varierer fra 3,00 til 3,50 meter med gns. på 3,08 meter.
- *Bredde af midterrabat* varierer fra 2,7 til 14,0 meter med gns. på 4,80 meter.
- *Mindste horisontale kurveradius* varierer fra 1.005 meter og op med gns. på 9.202 meter.
- *Gennemsnitlige horisontale kurveradius* varierer fra 1.108 meter og op med gns. på 13.272 meter.
- *Hastighedsbegrænsningen* er 110 km/t på 60 strækninger og 130 km/t på 156 strækninger.

Det er forsøgt at opstille grundmodeller for ulykker, hvor ulykker er opdelt på ene- og flerpartsulykker. Det har vist sig bedst – rent modelmæssigt - ikke at opdele ulykker i ene- og flerpartsulykker, men alene opdele efter ulykkesart.

Det er undersøgt, om faktorer, der fortsat varierer, har relation til forekomsten af ulykker og personskader. Her findes, at længde med kilestrækning, længde med

spærreflade, åbningsår, bredde af belagt areal, køresporsbredde, nødsporsbredde, bredde af midterrabat, horisontal kurveradius, hastighedsbegrænsning, autoværn i højre side, overhalingsforbud og afstandsmærker slet ikke har signifikante relationer til hverken ulykkes- eller skadesfrekvenser. Der er en signifikant tendens til, at frekvensen af ekstrauheld er lavere, jo længere den samlede frakørselsflettestrækning er. Der er signifikante relationer mellem politikreds og ulykkes- og skadesfrekvenser, men brug af politikreds som variabel leder til utroværdige parameterestimater.

De udarbejdede grundmodeller er vist i Tabel 29. I disse modeller indgår årsdøgntrafik og hastighedsbegrænsning som uafhængige variable, hvor 130 km/t er basis. Grundmodeller for ulykker er statistisk signifikante og forklarer en stor del af den systematiske variation i ulykkesforekomsten. Grundmodeller for personskader er ikke statistisk signifikante og derfor ikke vist i tabellen. Faktoren hastighedsbegrænsning er ikke statistisk signifikant, og estimater herfor er ikke vist.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	74	0,075	0,0001342214	0,6626	0,2944	0,22
Materielskadeulykker	249	0,253	0,0000155975	1,0014	0,4736	0,37
Ekstrauheld	413	0,420	0,0000000446	1,6613	0,3069	0,62
Person- og materielskadeulykker	323	0,329	0,0000439174	0,9235	0,3431	0,37
Alle ulykker	736	0,749	0,0000027372	1,2968	0,2225	0,57
Dræbte	7	0,007	-	-	-	-
Alvorlige skader	41	0,042	-	-	-	-
Lette skader	59	0,060	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	48	0,049	-	-	-	-
Alle personskader	107	0,109	-	-	-	-

Tabel 29. *Grundmodeller for ulykker og personskader på frakørselsflettestrækninger med 2 gennemgående kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 216 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Det anbefales at benytte de gråt markerede grundmodeller i Tabel 29 til beregning af det forventede antal ulykker på frakørselsflettestrækninger. For hver beregnet personskadeulykke kan der forventes 7/74 = 0,0946 dræbte, 41/74 = 0,5541 alvorlige skader og 59/74 = 0,7973 lette skader.

De anbefalede grundmodeller bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere år.

2.3 Frakørselsramper

Der er registreret 494 frakørselsramper med en samlet længde på 136.558 meter med gyldige data i mindst ét år. 24 af frakørselsramperne har en forgrening, hvor typisk én rampedel fortsætter ind i et rampekryds, mens den anden rampedel fletter ind på den tværgående vej. I det følgende er udviklet ulykkesmodeller baseret på disse frakørselsramper.

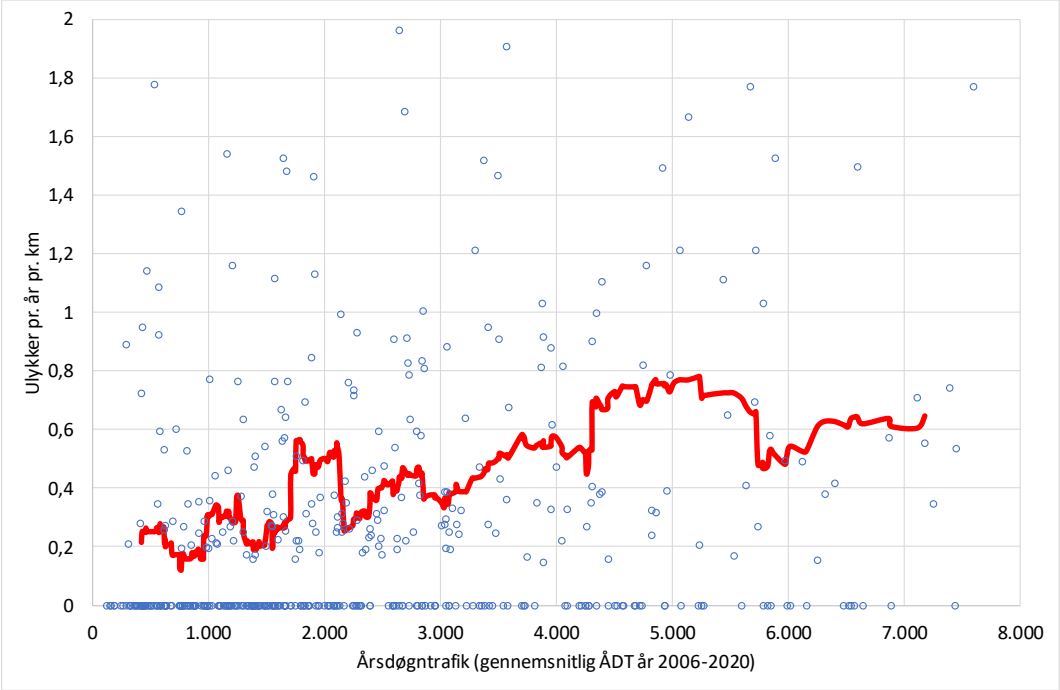
2.3.1 Datagrundlag

Nogle frakørselsramper er først bygget i de senere år og andre er blevet ombygget. Derfor findes der ikke gyldige data for alle årene i perioden 2006-2020 for alle 494 frakørselsramper. Af Tabel 30 fremgår, hvor mange frakørselsramper der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkesfrekvensen synes at stige gennem perioden 2006-2020, mens skadesfrekvensen varierer meget fra år til år pga. meget få personskader pr. år.

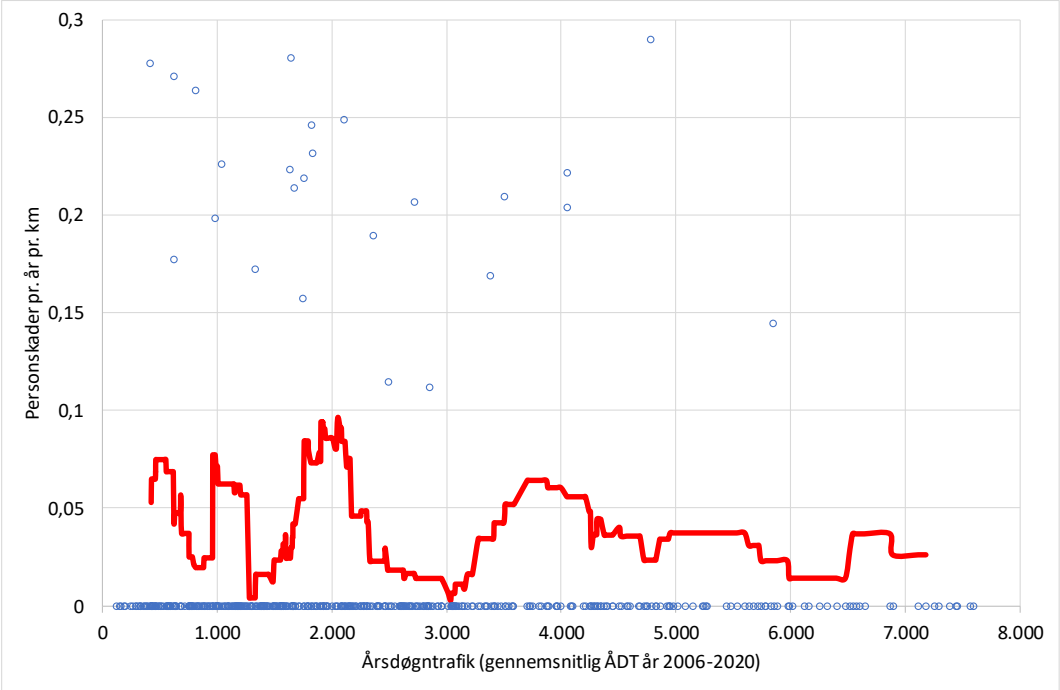
År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	305	81	68	2	6	8	4	12	0,178	0	2	0	2	0,030
2007	320	86	74	3	5	8	14	22	0,298	0	2	1	3	0,041
2008	325	87	75	2	2	4	17	21	0,279	0	0	2	2	0,027
2009	347	93	81	4	6	10	22	32	0,396	0	2	4	6	0,074
2010	354	94	82	1	9	10	25	35	0,429	0	0	1	1	0,012
2011	357	95	84	3	6	9	15	24	0,285	0	2	1	3	0,036
2012	364	97	89	5	11	16	17	33	0,372	1	2	2	5	0,056
2013	395	107	99	2	9	11	11	22	0,222	0	2	1	3	0,030
2014	414	114	110	4	8	12	20	32	0,292	0	4	0	4	0,036
2015	430	117	117	3	11	14	22	36	0,308	0	2	1	3	0,026
2016	435	118	120	5	13	18	38	56	0,467	0	2	4	6	0,050
2017	455	124	132	7	22	29	32	61	0,464	1	4	5	10	0,076
2018	470	130	138	5	14	19	25	44	0,320	0	2	4	6	0,044
2019	482	133	142	4	25	29	37	66	0,464	1	1	2	4	0,028
2020	490	135	134	1	23	24	41	65	0,485	0	1	0	1	0,007
Total	-	-	1.543	51	170	221	340	561	0,364	3	28	28	59	0,038

Tabel 30. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 494 frakørselsramper i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*

I Figur 5 og Figur 6 illustreres ulykkes- og personskadetæthed set ift. trafikmængden på frakørselsramper. Der er en relation mellem antal ulykker pr. år pr. km og årsdøgntrafik, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre omtrent 50 % stigning i antal ulykker. Derimod ser der ikke ud til at være en relation mellem antal personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik.



Figur 5. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 494 frakørselsramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*



Figur 6. *Personskadetæthed og trafikmængde for 494 frakørselsramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*

I det følgende fremgår en række opgørelser for de 494 frakørselsramper opdelt efter diverse forhold om udformning og regulering.

Frakørselsramper	Bredde af kørespor (meter)					
	3,00-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75	3,76-7,00	I alt
Antal strækninger	6	467	3	4	14	494
Længde (meter)	1.591	130.951	749	1.156	2.111	136.558
ÅDT, gennemsnit	3.346	2.625	3.665	5.376	2.570	2.661
Trafikarbejde (mio. km)	30	1.431	14	31	36	1.543
Antal ulykker	10	517	4	8	22	561
Antal personskader	1	57	0	0	1	59
Ulykkesfrekvens	0,332	0,361	0,279	0,256	0,609	0,364
Skadesfrekvens	0,033	0,040	0,000	0,000	0,028	0,038

Tabel 31. *Frakørselsramper opdelt efter gennemsnitlig bredde af det gennemgående kørespor.*
Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.

Tabel 31 viser, at ca. 96 % af frakørselsramperne har et gennemgående kørespor med en bredde på 3,50 meter. Der synes ikke umiddelbart at være en sammenhæng mellem køresporsbredden og ulykkes- og skadesfrekvenser.

Frakørselsramper	Bredde af nødspor (meter)			
	0,30-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-3,65
Antal strækninger	81	18	296	99
Længde (meter)	17.461	3.918	87.177	28.002
ÅDT, gennemsnit	2.840	4.613	2.534	2.541
Trafikarbejde (mio. km)	247	67	1.018	212
Antal ulykker	101	35	369	56
Antal personskader	16	7	32	4
Ulykkesfrekvens	0,409	0,523	0,363	0,265
Skadesfrekvens	0,065	0,105	0,031	0,019

Tabel 32. *Frakørselsramper opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane.*
Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.

Tabel 32 viser, at 84 % af frakørselsramperne har nødspor, der er 2,50 meter brede eller bredere. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes at falde desto bredere nødspor.

Af Tabel 33 ses, at omkring 70 % af frakørselsramperne er del af de traditionelle ruderanlæg, og her er de fleste lige ruderramper, hvilket vil sige, at der kun er én afbøjning væk fra motorvejen i frakørselsflettestrækningen. Typen og formen på frakørselsrampen er af væsentlig betydning for ulykkes- og skadesfrekvenser, idet den sikreste type/form lige ruderramper har frekvenser, der er ca. 4 gange lavere end de farligste, nemlig U-formede sløjferamper og kløverblade, hvor kurven på rampen drejer hhv. 180 og 270 grader.

Frakørselsramper	Type og form af frakørselsrampe						
	Lige ruder	S-formet ruder	S-formet rampe	Sløjfe 180°	Vinkel 45-135°	Kløver 270°	SV-formet flyover
Antal strækninger	197	149	49	44	36	7	12
Længde (meter)	49.342	44.624	15.081	10.727	9.794	2.046	4.944
ÅDT, gennemsnit	2.907	2.065	3.250	2.355	2.977	2.627	3.813
Trafikarbejde (mio. km)	607	397	196	130	120	23	71
Antal ulykker	145	106	87	130	42	21	30
Antal personskader	14	14	8	13	8	1	1
Ulykkesfrekvens	0,239	0,267	0,445	1,002	0,351	0,912	0,425
Skadesfrekvens	0,023	0,035	0,041	0,100	0,067	0,043	0,014

Tabel 33. *Frakørselsramper opdelt efter type og form af frakørselsrampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Frakørselsramper	Mindste horisontal kurveradius (meter)			
	20-99	100-199	200-499	≤ 500
Antal strækninger	129	106	136	123
Længde (meter)	34.648	31.605	37.813	32.492
ÅDT, gennemsnit	2.770	2.286	2.287	3.284
Trafikarbejde (mio. km)	422	315	366	441
Antal ulykker	283	94	86	98
Antal personskader	27	13	10	9
Ulykkesfrekvens	0,671	0,299	0,235	0,222
Skadesfrekvens	0,064	0,041	0,027	0,020

Tabel 34. *Frakørselsramper opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver rampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Frakørselsramper	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)		
	31-199	200-499	≤ 500
Antal strækninger	77	141	276
Længde (meter)	17.107	41.592	77.859
ÅDT, gennemsnit	2.636	2.470	2.766
Trafikarbejde (mio. km)	190	441	912
Antal ulykker	185	176	200
Antal personskader	17	18	24
Ulykkesfrekvens	0,974	0,399	0,219
Skadesfrekvens	0,090	0,041	0,026

Tabel 35. *Frakørselsramper opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver rampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 34 og Tabel 35 viser frakørselsramper opdelt efter hhv. mindste horisontal kurveradius og gennemsnitlig horisontal kurveradius. Man kan af disse tabeller meget klart erfare, at ulykkes- og skadesfrekvenser stiger, jo mindre den

horisontale kurveradius er på frakørselsramper. Tal bag de to tabeller indikerer, at ulykkes- og skadesfrekvenser ophører med at falde, når horisontal kurveradius har nået ca. 500 meter.

Frakørselsramper	Anbefalet hastighed (30-70 km/t)		Kurveafmærkning		Anbefalet hastighed eller kurveafmærkning	
	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal strækninger	58	436	50	444	77	417
Længde (meter)	14.710	121.848	13.503	123.055	19.663	116.895
ÅDT, gennemsnit	2.715	2.654	2.725	2.654	2.700	2.654
Trafikarbejde (mio. km)	178	1.364	184	1.359	254	1.288
Antal ulykker	184	377	133	428	211	350
Antal personskader	16	43	11	48	18	41
Ulykkesfrekvens	1,031	0,276	0,722	0,315	0,829	0,272
Skadesfrekvens	0,090	0,032	0,060	0,035	0,071	0,032

Tabel 36. *Frakørselsramper opdelt efter forekomst af tavler med anbefalet hastighed og kurveafmærkning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 36 ses, at ulykkes- og skadesfrekvenser er markant højere på frakørselsramper, hvor der er tavler med anbefalet hastighed og/eller kurveafmærkning. Det skal dog nævnes, at hvor der er kurveafmærkning, men ikke anbefalet hastighed, er ulykkes- og skadesfrekvenser på niveau med frakørselsramper uden anbefalet hastighed og uden kurveafmærkning. Det vil sige, at det alene er frakørselsramper med anbefalet hastighed, der har en væsentlig forringet trafiksikkerhed formentligt på grund af skarpe kurver.

Frakørselsramper	Hastighedsbegrænsning (km/t)					
	50-80	90	110	120	130	Blandet
Antal strækninger	14	25	217	9	220	9
Længde (meter)	2.938	5.764	56.925	2.660	65.109	3.162
ÅDT, gennemsnit	3.794	3.701	3.441	2.684	1.652	3.840
Trafikarbejde (mio. km)	56	102	830	35	482	38
Antal ulykker	27	33	320	13	160	8
Antal personskader	0	3	39	2	15	0
Ulykkesfrekvens	0,483	0,322	0,386	0,371	0,332	0,211
Skadesfrekvens	0,000	0,029	0,047	0,057	0,031	0,000

Tabel 37. *Frakørselsramper opdelt efter hastighedsbegrænsning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 37 viser, at de fleste frakørselsramper har en hastighedsbegrænsning på 110 eller 130 km/t. Ulykkes- og skadesfrekvenser på frakørselsramper synes ikke at være væsentligt påvirket af hastighedsbegrænsningen.

Frakørselsramper	Stigningsforhold på rampe			Vejbelysning	
	Nedad	I niveau	Opad	Ja/delvist	Nej
Antal strækninger	87	19	388	76	418
Længde (meter)	24.889	4.554	107.115	17.746	118.812
ÅDT, gennemsnit	2.514	3.424	2.657	4.382	2.348
Trafikarbejde (mio. km)	254	77	1.212	371	1.172
Antal ulykker	106	24	431	150	411
Antal personskader	11	5	43	17	42
Ulykkesfrekvens	0,418	0,310	0,356	0,405	0,351
Skadesfrekvens	0,043	0,065	0,035	0,046	0,036

Tabel 38. *Frakørselsramper opdelt efter hhv. stigningsforhold på rampe og forekomst af vejbelysning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 38 ses, at 76 frakørselsramper har vejbelysning og ca. 78 % af frakørselsramperne har en stigning opad mod rampekrydset. Ulykkes- og skadesfrekvenser er højere på ramper med vejbelysning end uden. Ulykkes- og skadesfrekvenser er højere på frakørselsramper, der har et fald nedad mod rampekrydset, end på frakørselsramper med stigning opad mod rampekrydset, hvilket muligvis skyldes, at deceleration er nemmest, når det går opad.

2.3.2 Basismodeller

De første ulykkesmodeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår to puljer af frakørselsramper:

Pulje 1 består af 373 frakørselsramper, hvilket er ramper med gyldige data for hele perioden 2013-2020, hvor ramper kortere end 100 meter er udeladt. Ramper i pulje 1 har en samlet længde på 104.556 meter. På disse ramper er der i perioden 2013-2020 registreret 333 ulykker og 32 personskader.

Pulje 2 består af 475 frakørselsramper, hvilket er alle ramper med gyldige data i mindst 1 år undtaget dem, der er kortere end 100 meter. Ramper i pulje 2 har en samlet længde på 135.168 meter. På disse ramper er der registreret 547 ulykker og 56 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte frakørselsrampe har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år. Basismodeller for frakørselsramper ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik.

For frakørselsramper er der ikke opstillet basismodeller for eneulykker og flerpartsulykker og ej heller med års- eller periodefaktorer. Desuden er der ikke opstillet basismodeller, hvor rampens længde indgår som uafhængig variabel.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	26	0,031	-	-	-	-
Materielskadeulykker	111	0,133	0,0005315039	0,7108	1,3475	0,24
Ekstrauheld	196	0,234	0,0020199147	0,6140	1,1875	0,23
Person- og materielskadeulykker	137	0,164	0,0012988189	0,6267	1,5992	0,18
Alle ulykker	333	0,398	0,0032224930	0,6253	1,2593	0,20
Dræbte	1	0,001	-	-	-	-
Alvorlige skader	16	0,019	-	-	-	-
Lette skader	15	0,018	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	17	0,020	-	-	-	-
Alle personskader	32	0,038	-	-	-	-

Tabel 39. *Basismodeller for ulykker og personskader på frakørselsramper i perioden 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 373 frakørselsramper.*

I Tabel 39 ses basismodeller for de 373 frakørselsramper i pulje 1. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle typer af personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 20 % af den systematiske variation i forekomsten af ulykker. Spredningsparameteren, k, er omkring 1,3 for ulykker, hvilket betyder, at der er et større omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker. Konstanten p er noget under 1 for ulykker, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen falder med stigende årsdøgntrafik.

I Tabel 40 fremgår basismodellerne for de 475 frakørselsramper i pulje 2. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle typer af personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 27 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten, hvilket er noget mere end modeller for frakørselsramper i pulje 1 (Tabel 39). Spredningsparameteren er ca. 1,0 for ulykker, hvilket er lavere end i Tabel 39, så der er mindre uforklaret systematisk variation i ulykkesforekomsten for frakørselsramper i pulje 2. Konstanten p er højere i Tabel 40 end i Tabel 39. Samlet set er modellerne beskrevet i Tabel 40 for frakørselsramper i pulje 2 bedre at anvende end modellerne beskrevet i Tabel 39.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Sprednings-parameter	Forklarings-kraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	48	0,030	-	-	-	-
Materielskadeulykker	169	0,105	0,0002003990	0,8075	0,8933	0,34
Ekstrauheld	330	0,204	0,0005468150	0,7667	1,4192	0,28
Person- og materielskade-ulykker	217	0,134	0,0008402593	0,6590	0,9534	0,26
Alle ulykker	547	0,339	0,0012444893	0,7281	1,0380	0,27
Dræbte	3	0,002	-	-	-	-
Alvorlige skader	26	0,016	-	-	-	-
Lette skader	27	0,017	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	29	0,018	-	-	-	-
Alle personskader	56	0,035	-	-	-	-

Tabel 40. *Basismodeller for ulykker og personskader på frakørselsramper i perioden 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 475 frakørselsramper.*

2.3.3 Faktormodeller

I dette afsnit udvikles faktormodeller for sammenhænge mellem på den ene side ulykkestæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver frakørselsramper. Det primære formål er at undersøge, om den horisontale kurveradius og stigningsforholdene påvirker ulykkestætheden og hvordan. Et andet formål er at indikere værdier for sikkerhedsfaktorer for bredde af kørespor og nødspor, rampelængde, type og form af rampe, anbefalet hastighed, kurveafmærkning, vejbelysning og hastighedsbegrænsning.

Faktormodeller er baseret på data om de 475 frakørselsramper i pulje 2 (se afsnit 2.3.2). Faktormodeller estimeres ikke for personskader og ikke med årsfaktorer.

En faktormodel har følgende formeludtryk:

$$UT = a \cdot N^p \cdot e^{\sum_{i=1}^{n} b_i x_i}$$

hvor a og p er estimerede konstanter, N er gennemsnitlig årsdøgntrafik i perioden 2006-2020 og b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i.

I modeludviklingen er faktorerne x_i beskrevet som kontinuer variabel (horisontal kurveradius, rampelængde, bredde af kørespor og nødspor) og som ordinal kategorivariabel (stigningsforhold, type og form af rampe, anbefalet hastighed, kurveafmærkning, hastighedsbegrænsning, politikreds og vejbelysning).

For horisontal kurveradius er det forsøgt at modellere den reciprokke værdi, hvor variablen er 1746,5 / (horisontal kurveradius i meter). For bredde af kørespor og

nødspor er det forsøgt at modellere den polynomiske værdi (anden grad), idet der formodes at være et optimum for disse bredder.

I første omgang, hvor der indgår årsdøgntrafik og en yderligere variabel, fås følgende resultater:

- *Horisontal kurveradius*: Variabel med reciprok værdi er særdeles signifikant, og den gennemsnitlige horisontale kurveradius er den mest betydende.
- *Stigningsforhold*: Ej signifikant.
- *Bredde af kørespor*: Ej signifikant, heller ikke i anden potens.
- *Bredde af nødspor*: Er signifikant i stort omfang, også til dels i anden potens.
- *Rampelængde*: Er signifikant i stort omfang.
- *Type og form af rampe*: Er signifikant i stort omfang.
- *Anbefalet hastighed*: Er signifikant i stort omfang.
- *Kurveafmærkning*: Er signifikant i stort omfang.
- *Hastighedsbegrænsning*: Ej signifikant.
- *Politikreds*: Ej signifikant.
- *Vejbelysning*: Ej signifikant.

Horisontal kurveradius, type og form af rampe, anbefalet hastighed og kurveafmærkning repræsenterer i en vis udstrækning de samme forhold ved frakørselsramperne, nemlig rampens kurvatur. For at udelukke én eller flere af de faktorer, så er der i anden omgang opstillet modeller med årsdøgntrafik og disse fire faktorer for rampens kurvatur. Det viser sig, at kun horisontal kurveradius og anbefalet hastighed er statistisk signifikant.

For at simplificere udviklingen af faktormodeller er det valgt at arbejde videre med: a) den gennemsnitlige horisontale kurveradius som reciprok værdi, b) bredde af nødspor, c) rampelængde, og d) anbefalet hastighed.

I Tabel 41 er oddsratio-værdier vist for de nævnte udvalgte faktorer, fx er det estimeret, at en frakørselsrampe med en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 100 meter har 1,72 gange flere personskadeulykker pr. km pr. år end en frakørselsrampe med en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.000 meter. Oddsratioværdier, der er statistisk signifikante, er markeret med fed tekst på grå baggrund.

Ud fra Tabel 41 og den bagvedliggende modeludvikling kan følgende konstateres om de enkelte faktorer:

<u>Gennemsnitlig horisontal kurveradius</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo større den horisontale kurveradius er. Det er stærkt begrænset, hvor meget bedre trafiksikkerheden bliver, når kurveradius kommer over ca. 800 meter. Ulykkesfrekvenser begynder at stige voldsomt, når kurveradius kommer under ca. 300 meter.

Oddsratio-værdier for frakørselsramper	Faktormodel for …				
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker
Kurveradius 100 m	1,72	**1,59**	**2,10**	**1,64**	**1,91**
Kurveradius 200 m	1,27	**1,23**	**1,39**	**1,25**	**1,33**
Kurveradius 400 m	1,09	**1,08**	**1,13**	**1,09**	**1,11**
Kurveradius 700 m	1,03	**1,02**	**1,04**	**1,02**	**1,03**
Kurveradius 1000 m	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Kurveradius 2000 m	0,97	**0,97**	**0,96**	**0,97**	**0,96**
Nødsporbred 0,50 m	**1,99**	0,86	1,21	1,12	1,23
Nødsporbred 1,00 m	**1,73**	0,89	1,16	1,10	1,18
Nødsporbred 2,00 m	**1,32**	0,94	1,08	1,05	1,08
Nødsporbred 3,00 m	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00
Rampelængde 150 m	1,33	**1,62**	1,36	**1,56**	**1,45**
Rampelængde 250 m	1,18	**1,34**	1,20	**1,31**	**1,25**
Rampelængde 400 m	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
Rampelængde 600 m	0,80	**0,68**	0,78	**0,70**	**0,74**
Med anbefal hast.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Uden anbefal hast.	0,57	**0,49**	**0,42**	**0,52**	**0,46**

Tabel 41. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på frakørselsramper, hvor en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.000 meter, en nødsporsbredde på 3,00 meter, en rampelængde på 400 meter og med anbefalet hastighed er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

Bredde af nødspor (inkl. ydre kantbane): Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødspor er. Sammenhængen mellem bredde af nødspor og trafiksikkerhed er dog upålidelig for frakørselsramper.

Rampelængde: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo længere frakørselsrampen er. Rampens længde er her defineret fra slut på frakørselsflettestrækning til 25 m fra nærmeste krydspunkt i rampekryds.

Anbefalet hastighed: Ulykkesfrekvensen er ca. halvt så stor på frakørselsramper uden anbefalet hastighed end med anbefalet hastighed – vel at bemærke, når den horisontale kurveradius er ens. Det tyder på, at tavler med anbefalet hastighed ikke bør opsættes på frakørselsramper.

Af hensyn til opstilling af sikkerhedsfaktorer for frakørselsramper er der udarbejdet modeller alene med årsdøgntrafik samt type og form af rampe som variable, og her er oddsratio-værdier for type og form af rampe vist i Tabel 42. Af tabellen

ses, at trafiksikkerheden for lige og S-formede ruderramper er ca. den samme, mens ulykkesfrekvensen er ca. dobbelt så stor på andre S-formede ramper (i S- og B-anlæg) og ca. fire gange så stor på U-formede sløjferamper. Disse oddsratio-værdier harmonerer ganske godt med tidligere fundne værdier.

Oddsratio-værdier for frakørselsramper	Faktormodel for …				
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker
Lige ruderrampe (ret skråramp e)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S-formet ruderrampe (kurvet skråramp e)	1,28	0,94	0,98	0,99	0,98
S-formet rampe (mere kurvet skråramp e)	1,18	1,34	**2,74**	1,30	**2,09**
Sløjferampe (U-formet sløjferampe)	**4,47**	**3,27**	**4,87**	**3,47**	**4,15**
SV-formet flyoverrampe	0,90	1,11	**3,72**	1,06	**2,56**
Vinkelformet rampe (45-135 grader)	**2,76**	0,96	1,24	1,31	1,28
Bladformet kløverrampe (270 grader)	2,40	3,04	**5,61**	**3,27**	**4,85**

Tabel 42. *Parameterestimater for faktoren type og form af rampe opgjort som oddsratio-værdier på frakørselsramper, hvor lige ruderrampe er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

2.3.4 Grundmodeller

Der er i det følgende udarbejdet grundmodeller for frakørselsramper. Der er ikke udført grundmodeller for personskader, kun for ulykker. Disse grundmodeller er baseret på frakørselsramper, som har følgende udformning og regulering:

- Rampen er mindst 100 meter lang
- Ét gennemgående kørespor som mindst er 3,50 meter bred
- Nødspor inkl. ydre kantbane er mindst 3,00 meter bred
- Indre kantbane er 0,50 meter bred
- 110 eller 130 km/t hastighedsbegrænsning
- Ingen variable tavler på rampe
- Ej tunnel på rampe
- Ej vejbelysning på rampe.

Det er fundet unødvendigt at frasortere frakørselsramper med forgreninger.

Der findes 304 frakørselsramper med denne udformning og regulering, hvor der er mindst 1 år med gyldige data. Den samlede længde for disse ramper er 87.824 meter. I perioden 2006-2020 er der registreret 267 ulykker og 24 personskader på de

304 frakørselsramper i perioden 2006-2020 i år med gyldige data. Årsdøgntrafikken varierer mellem 118 og 10.517 med et gennemsnit på 2.180.

Om de 304 frakørselsramper kan nævnes:

- *Antal år med gyldige data* varierer fra 1 til 15 år med gns. på 11,1 år.
- *Rampelængden* varierer fra 102 til 812 meter med gns. på 289 meter.
- *Køresporsbredden* varierer fra 3,50 til 3,80 meter med gns. på 3,502 meter.
- *Nødsporsbredden* varierer fra 3,00 til 3,50 meter med gns. på 3,14 meter.
- *Mindste horisontale kurveradius* varierer fra 30 til 34.987 meter med gns. på 516 meter.
- *Gennemsnitlige horisontale kurveradius* varierer fra 40 til 65.693 meter med gns. på 1.257 meter.
- *Hastighedsbegrænsningen* er 110 og 130 km/t på hhv. 114 og 190 ramper.
- 10 ramper har *forgrening*. 23 ramper har *kurveafmærkning*. 26 ramper har en *anbefalet hastighed*.
- *Stigningsforholdene* er således at 249 ramper går opad i kørselsretningen, 52 ramper går nedad, mens 3 ramper er i niveau – flade.
- *Type og form af rampe* er: 113 lige ruderramper, 126 S-formede ruderramper, 24 andre S-formede ramper, 20 sløjferamper, 7 SV-formede flyoverramper, 11 vinkelformede ramper og 3 bladformede kløverramper.

Medianværdierne for den mindste og gennemsnitlige horisontale kurveradius er hhv. 496 og 1.197 meter på lige ruderramper, hhv. 180 og 548 meter på S-formede ruderramper, hhv. 111 og 374 meter på andre S-formede ramper, hhv. 49 og 89 meter på sløjferamper, hhv. 86 og 376 meter på SV-formede flyoverramper, hhv. 148 og 317 meter på vinkelformede ramper og hhv. 58 og 67 meter på bladformede kløverramper. Det vil sige, at ramperne ”typisk” ser sådan ud.

Det er undersøgt, om faktorer, der fortsat varierer, har relation til forekomsten af ulykker. Her findes, at rampelængde, åbningsår, bredde af belagt areal, køresporsbredde, nødsporsbredde, stigningsforhold, hastighedsbegrænsning, autoværn i højre side og politikreds ikke har signifikante relationer til ulykkesfrekvenser. Der er signifikante relationer, hvor ulykkesfrekvensen stiger, jo mindre den horisontale kurveradius er (gennemsnitlig kurveradius har størst betydning). Der er signifikante relationer mellem forgreninger og ulykkesfrekvens på frakørselsramper, hvilket skyldes, at forgreninger forekommer på få sløjfe- og kløverramper med mange ulykker. Der er signifikante relationer mellem ulykkesfrekvens og kurveafmærkning, anbefalet hastighed samt type og form af rampe.

Når gennemsnitlig horisontal kurveradius indgår i modellerne, så er faktorerne rampelængde, forgrening, type og form af rampe, kurveafmærkning og anbefalet hastighed ikke statistisk signifikante. Dog er anbefalet hastighed næsten signifikant – og forekomsten af en tavle med anbefalet hastighed anslås på baggrund af yderligere modellering at øge ulykkesfrekvensen med omkring 30 %, idet der er taget højde for alle aspekter ved frakørselsrampernes kurvatur.

De udarbejdede grundmodeller er vist i Tabel 43. I disse modeller indgår årsdøgntrafik og gennemsnitlig horisontal kurveradius (reciprok værdi: 1746,5 / radius i meter) som uafhængige variable. Grundmodeller for ulykker er statistisk signifikante og forklarer en stor del af den systematiske variation i ulykkesforekomsten – på nær for personskadeulykker. Faktoren horisontal kurveradius er altid signifikant.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Sprednings-parameter	Forklarings-kraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	b_1	k	R_k^2
Personskadeulykker	23	0,024	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	85	0,087	0,0000563307	0,9115	0,0697	0,3527	0,78
Ekstrauheld	159	0,163	0,0003930004	0,7133	0,0953	0,7762	0,67
Person- og materielskadeulykker	108	0,111	0,0002140117	0,7721	0,0686	0,4717	0,69
Alle ulykker	267	0,274	0,0006292197	0,7317	0,0849	0,6456	0,63
Dræbte	1	0,001	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	15	0,015	-	-	-	-	-
Lette skader	8	0,008	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	16	0,016	-	-	-	-	-
Alle personskader	24	0,025	-	-	-	-	-

Tabel 43. *Grundmodeller for ulykker på frakørselsramper med ét 3,5-3,8 meter bredt gennemgående kørespor, 3,0-3,5 meter bredt nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, uden variable tavler, uden tunnel og uden vejbelysning. Baseret på 304 ramper med data fra perioden 2006-2020.*

Det anbefales at benytte de med gråt markerede grundmodeller i Tabel 43 til beregning af det forventede antal ulykker på frakørselsramper. For hver beregnet person- og materielskadeulykke kan der forventes 23/108 = 0,2130 personskadeulykker, 85/108 = 0,7870 materielskadeulykker, 1/108 = 0,0093 dræbte, 15/108 = 0,1389 alvorlige skader og 8/108 = 0,0741 lette skader. De anbefalede grundmodeller bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker for ét eller flere givne år.

Den gennemsnitlige horisontale kurveradius er opgjort ud fra koordinater for fikspunkter på rampen, hvor kurveradius ændrer sig. En anden måde er at angive kurveradius for hver 10 eller 20 meter (lige stykker angives til 100.000 meter), og så tage et gennemsnit. En tredje måde er at opgøre den vinkel, som rampen gennemkører, og så beregne den gennemsnitlige radius ud fra vinkel og rampelængde.

Når medianværdien for gennemsnitlig horisontal kurveradius for de forskellige rampedesign benyttes, så fås, at ulykkestætheden er 16 % (sikkerhedsfaktor 1,16) højere på S-formede ruderramper ift. lige ruderramper (sikkerhedsfaktor 1,00), mens sikkerhedsfaktoren er 1,31 på andre S-formede ramper, 4,68 på sløjferamper, 1,31 på SV-formede flyoverramper, 1,41 på vinkelformede ramper og 8,08 på bladformede kløverramper. Disse sikkerhedsfaktorer harmonerer ikke helt med tidligere estimerede sikkerhedsfaktorer for rampedesign, og bør ikke anvendes.

2.4 Tilkørselsflettestrækninger

I alt er der registreret 584 tilkørselsflettestrækninger (én side af motorvej) med en samlet længde på 449.795 meter inklusiv op til en 400 meter lang strækning efter hver tilkørsel. I det følgende er udviklet ulykkesmodeller baseret på disse tilkørselsflettestrækninger.

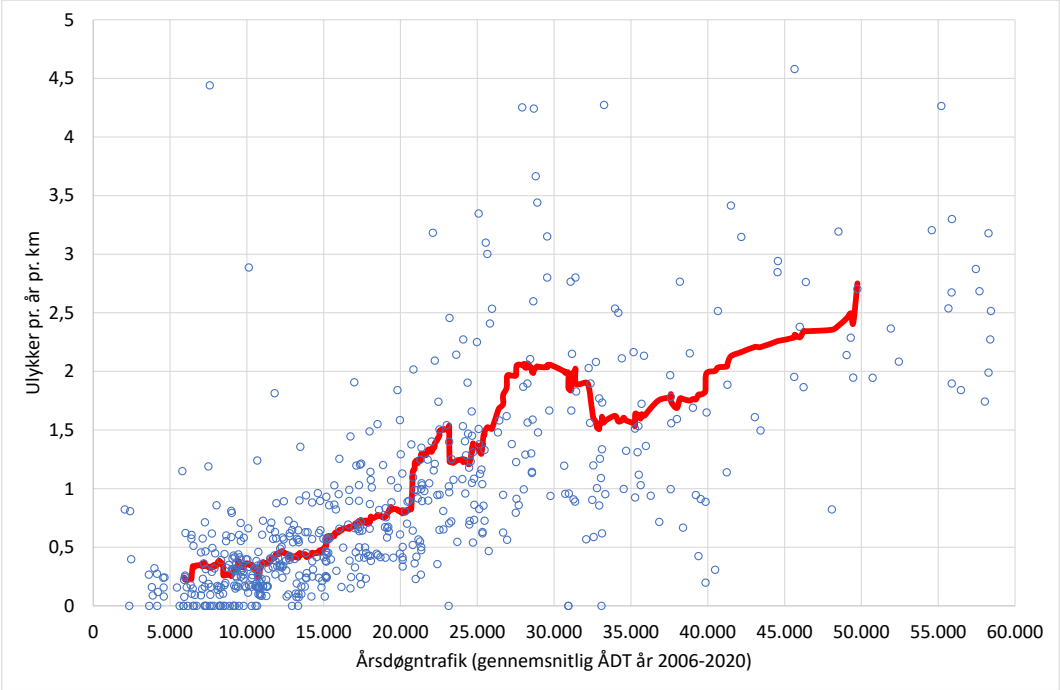
2.4.1 Datagrundlag

Nogle tilkørselsflettestrækninger er først bygget i de senere år og andre er blevet ombygget. Derfor findes alle nødvendige data for alle årene og for alle 584 tilkørselsflettestrækninger ikke. I Tabel 44 er opgjort, hvor mange tilkørselsflettestrækninger der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes at falde fra 2006 frem til 2011, hvorefter ulykkesfrekvensen atter begynder at stige, mens skadefrekvensen ligger på et uændret niveau i 2012-2020.

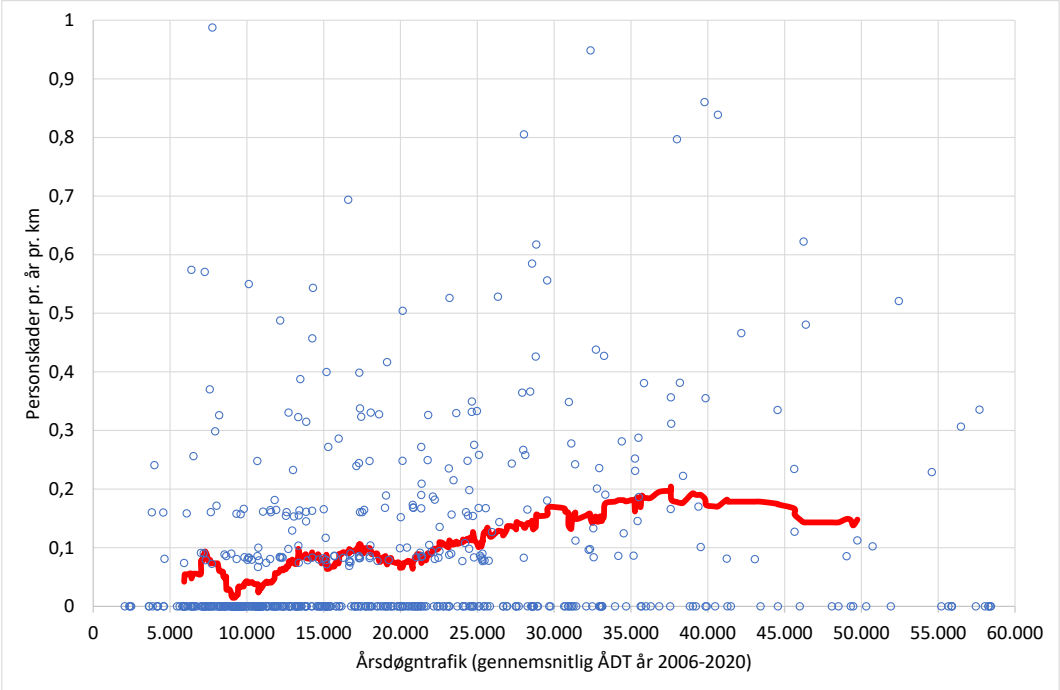
År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	365	277	1.634	31	69	100	120	220	0,135	5	15	29	49	0,030
2007	387	295	1.771	33	64	97	132	229	0,129	1	21	34	56	0,032
2008	399	304	1.820	27	52	79	130	209	0,115	4	12	20	36	0,020
2009	423	322	1.936	26	63	89	141	230	0,119	6	17	18	41	0,021
2010	424	323	1.948	20	47	67	143	210	0,108	3	13	16	32	0,016
2011	429	327	2.027	19	56	75	113	188	0,093	1	12	12	25	0,012
2012	437	332	2.122	22	76	98	140	238	0,112	3	14	15	32	0,015
2013	470	358	2.321	11	68	79	179	258	0,111	0	13	5	18	0,008
2014	494	377	2.536	16	62	78	193	271	0,107	1	10	6	17	0,007
2015	513	393	2.765	26	84	110	208	318	0,115	3	12	25	40	0,014
2016	526	402	3.015	29	101	130	251	381	0,126	5	14	16	35	0,012
2017	547	419	3.302	18	125	143	291	434	0,131	2	8	14	24	0,007
2018	561	431	3.472	34	148	182	326	508	0,146	5	25	16	46	0,013
2019	571	440	3.597	28	176	204	290	494	0,137	1	18	20	39	0,011
2020	576	445	3.223	23	179	202	257	459	0,142	4	19	6	29	0,009
Total	-	-	37.491	363	1.370	1.733	2.914	4.647	0,124	44	223	252	519	0,014

Tabel 44. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 584 tilkørselsflettestrækninger i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*

I Figur 7 og Figur 8 illustreres ulykkes- og personskadetæthed som funktion af trafikmængden på tilkørselsflettestrækninger. Der er en forholdsvis tæt og retlinjet relation mellem antal ulykker og personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre omtrent en fordobling i antallet af ulykker og personskader.



Figur 7. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 584 tilkørselsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*



Figur 8. *Personskadetæthed og trafikmængde for 584 tilkørselsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*

De følgende tabeller indeholder opgørelser for de 584 tilkørselsflettestrækninger opdelt efter diverse forhold om udformning og regulering. Det skal nævnes, at der er 19 tilkørselsflettestrækninger med sportilføjelse. Tre tilkørselsflettestrækninger har ubetinget vigepligt på tilkørslen, hvilket betyder, at fletteregelen ikke gælder på disse steder.

Tilkørselsflette-strækninger	Antal gennemgående kørespor på motorvej				
	2	3	4	5	I alt
Antal strækninger	476	88	19	1	584
Længde (meter)	370.631	63.898	14.441	825	449.795
ÅDT, gennemsnit	15.454	37.090	54.924	67.537	20.088
Trafikarbejde (mio. km)	26.685	9.049	1.696	61	37.491
Antal ulykker	3.231	1.134	242	40	4.647
Antal personskader	395	113	9	2	519
Ulykkesfrekvens	0,121	0,125	0,143	0,656	0,124
Skadesfrekvens	0,015	0,012	0,005	0,033	0,014

Tabel 45. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter antal gennemgående kørespor på motorvej. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 45 viser, at de fleste tilkørselsflettestrækninger har 2 gennemgående kørespor på motorvejen. Tabellen viser også, at ulykkesfrekvensen synes at stige jo flere kørespor der er, mens skadesfrekvensen synes upåvirket af antal kørespor.

Tabel 46 viser, at 59 % af tilkørselsflettestrækningerne har gennemgående kørespor på motorvejen med en bredde på 3,50 meter og omkring 31 % har en bredde på 3,75 meter. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes lidt overraskende at stige med køresporsbredden.

Tilkørselsflette-strækninger	Bredde af kørespor (meter)				
	3,33-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75	3,76-4,33
Antal strækninger	16	338	40	183	7
Længde (meter)	10.910	264.640	28.327	141.318	4.600
ÅDT, gennemsnit	46.484	18.783	30.948	17.467	29.202
Trafikarbejde (mio. km)	2.253	19.265	3.728	11.471	774
Antal ulykker	234	2.272	536	1.468	137
Antal personskader	11	286	68	132	22
Ulykkesfrekvens	0,104	0,118	0,144	0,128	0,177
Skadesfrekvens	0,005	0,015	0,018	0,012	0,028

Tabel 46. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af gennemgående kørespor. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 47 ses, at de fleste tilkørselsflettestrækninger har nødspor, der er 2,50 meter brede eller bredere. Ulykkesfrekvensen synes at falde, jo bredere nødsporet

er, dog synes faldet at standse ved en bredde på ca. 3,0 meter. Skadesfrekvensen synes at falde, jo bredere nødsporet er.

Tilkørselsflette-strækninger	Bredde af nødspor (meter)			
	0,30-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-5,00
Antal strækninger	29	69	291	195
Længde (meter)	17.251	47.628	229.232	155.684
ÅDT, gennemsnit	18.056	22.009	17.766	23.174
Trafikarbejde (mio. km)	1.402	5.531	17.525	13.033
Antal ulykker	282	830	1952	1.583
Antal personskader	31	71	273	144
Ulykkesfrekvens	0,201	0,150	0,111	0,121
Skadesfrekvens	0,022	0,013	0,016	0,011

Tabel 47. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tilkørselsflette-strækninger	Mindste horisontal kurveradius (meter)					
	113-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	32	142	104	80	63	163
Længde (meter)	18.656	108.649	80.535	64.302	51.035	126.618
ÅDT, gennemsnit	24.041	24.723	18.306	17.044	18.202	18.633
Trafikarbejde (mio. km)	2.139	10.727	6.138	4.739	3.545	10.203
Antal ulykker	387	1.306	708	511	410	1.325
Antal personskader	39	100	82	94	36	168
Ulykkesfrekvens	0,181	0,122	0,115	0,108	0,116	0,130
Skadesfrekvens	0,018	0,009	0,013	0,020	0,010	0,016

Tabel 48. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tilkørselsflette-strækninger	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)					
	168-999	1.000-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	13	42	73	69	66	321
Længde (meter)	5.599	29.085	56.582	54.960	51.893	251.676
ÅDT, gennemsnit	23.960	22.775	24.272	18.344	16.618	19.716
Trafikarbejde (mio. km)	590	2.869	5.162	4.121	3.724	21.024
Antal ulykker	173	342	604	477	403	2.648
Antal personskader	20	26	50	65	61	297
Ulykkesfrekvens	0,293	0,119	0,117	0,116	0,108	0,126
Skadesfrekvens	0,034	0,009	0,010	0,016	0,016	0,014

Tabel 49. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 48 fremgår, at den mindste horisontal kurveradius på frakørselsflette-strækninger varierer fra 113 meter og op. Både ulykkes- og skadesfrekvenser synes ikke at afhænge af den mindste horisontale kurveradius, dog er ulykkesfrekvensen særlig høj ved små kurveradier under 1.000 meter.

Tabel 49 viser, at den gennemsnitlige horisontal kurveradius også varierer betydeligt. Ulykkes- og skadesfrekvenser ser ud til at være markant højere ved små kurveradier under 1.000 meter.

Tilkørselsflette-strækninger	Hastighedsbegrænsning (km/t)					
	70-80	90	110	120	130	Blandet
Antal strækninger	3	25	249	12	276	19
Længde (meter)	890	12.491	187.049	9.674	227.530	12.161
ÅDT, gennemsnit	17.202	25.407	25.309	22.269	14.917	18.847
Trafikarbejde (mio. km)	48	1.475	19.017	915	14.905	1.131
Antal ulykker	41	304	2.296	91	1.772	143
Antal personskader	4	26	232	13	229	15
Ulykkesfrekvens	0,853	0,206	0,121	0,099	0,119	0,126
Skadesfrekvens	0,083	0,018	0,012	0,014	0,015	0,013

Tabel 50. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter hastighedsbegrænsning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 50 ses, at de fleste tilkørselsflettestrækninger har en hastighedsbegrænsning på 110 eller 130 km/t. De højeste ulykkes- og skadesfrekvenser findes på strækninger med 70-90 km/t hastighedsbegrænsning. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes at være nogenlunde ens på strækninger med 110-130 km/t.

Tilkørselsflette-strækninger	Vejbelysning		Variable tavler	
	Ja/delvist	Nej	Ja	Nej
Antal strækninger	78	506	45	539
Længde (meter)	47.397	402.398	28.826	420.969
ÅDT, gennemsnit	32.766	18.133	33.371	18.979
Trafikarbejde (mio. km)	7.504	29.987	4.087	33.404
Antal ulykker	1.058	3.589	624	4.023
Antal personskader	107	412	56	463
Ulykkesfrekvens	0,141	0,120	0,153	0,120
Skadesfrekvens	0,014	0,014	0,014	0,014

Tabel 51. *Tilkørselsflettestrækninger opdelt efter forekomst af vejbelysning og variable tavler. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 51 viser, at 78 tilkørselsflettestrækninger har vejbelysning og 45 strækninger har variable tavler. Værdierne i tabellen tyder på, at strækninger med variable tavler og/eller vejbelysning har en lidt højere ulykkesfrekvens end strækninger uden variable tavler og/eller vejbelysning, mens skadesfrekvenser er ens.

2.4.2 Basismodeller

De første ulykkesmodeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår to puljer af tilkørselsflettestrækninger:

Pulje 1 består af 445 tilkørselsflettestrækninger, som er strækninger med gyldige data for hele perioden 2013-2020, hvor strækninger med sportilføjelser og strækninger med ubetinget vigepligt på tilkørselsrampe er udeladt. Strækningerne i pulje 1 har en samlet længde på 344.382 meter. Der er på disse strækninger registreret 2.446 ulykker og 212 personskader i årene 2013-2020.

Pulje 2 består af 562 tilkørselsflettestrækninger, hvilket er alle strækninger med gyldige data i mindst 1 år undtaget dem med sportilføjelser og strækninger med ubetinget vigepligt på tilkørselsrampe. Strækninger i pulje 2 har en samlet længde på 437.660 meter. Der er på disse strækninger registreret 4.443 ulykker og 497 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte tilkørselsflettestrækning har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år.

Basismodeller for tilkørselsflettestrækninger ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik til sidst på tilkørselsflettestrækningen.

For tilkørselsflettestrækninger er der ikke opstillet basismodeller for eneulykker og flerpartsulykker og ej heller med årsfaktorer. Desuden indgår årsdøgntrafik på ”tilkørselsrampen” heller ikke som særskilt uafhængig variabel.

I Tabel 52 ses basismodeller for de 445 tilkørselsflettestrækninger i pulje 1. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellen for lette skader ikke vist, da den ikke er statistisk signifikant. Af tabellen fremgår, at årsdøgntrafikken kan forklare 65 % og 12 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader. Spredningsparameteren, k, er ca. 0,3 for ulykker og ca. 2,4 for personskader, hvilket betyder, at der kun er et beskedent omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker, mens dette omfang er meget stort i forekomsten af personskader. Konstanten p er lige under 1 for personskadeulykker og personskader, hvilket betyder, at frekvensen af disse falder lidt med stigende årsdøgntrafik. Derimod er p-værdien over 1 for både materielskadeulykker og ekstrauheld, så frekvensen for disse ulykker stiger med stigende årsdøgntrafik.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	157	0,057	0,0000513267	0,7142	0,8282	0,21
Materielskadeulykker	760	0,276	0,0000056138	1,0939	0,3180	0,53
Ekstrauheld	1.529	0,555	0,0000000537	1,6259	0,4062	0,66
Person- og materielskadeulykker	917	0,333	0,0000134021	1,0258	0,3101	0,50
Alle ulykker	2.446	0,888	0,0000010355	1,3792	0,2972	0,65
Dræbte	19	0,007	0,0000000511	1,1944	1,0390	0,32
Alvorlige skader	96	0,035	0,0000013130	1,0320	1,7662	0,32
Lette skader	97	0,035	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	115	0,042	0,0000009887	1,0785	1,6534	0,33
Alle personskader	212	0,077	0,0000857564	0,6924	2,4307	0,12

Tabel 52. *Basismodeller for ulykker og personskader på tilkørselsflettestrækninger i 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 445 tilkørselsflettestrækninger.*

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	346	0,065	0,0000715367	0,6960	0,2594	0,39
Materielskadeulykker	1.306	0,243	0,0000069006	1,0661	0,2566	0,58
Ekstrauheld	2.791	0,520	0,0000001709	1,5105	0,3355	0,70
Person- og materielskadeulykker	1.652	0,308	0,0000194845	0,9852	0,2472	0,56
Alle ulykker	4.443	0,828	0,0000023267	1,2972	0,2428	0,70
Dræbte	42	0,008	0,0000000400	1,2351	3,8760	0,26
Alvorlige skader	213	0,040	0,0000057254	0,9015	0,6938	0,36
Lette skader	242	0,045	0,0008344815	0,4072	1,9223	0,06
Dræbte og alvorlige skader	255	0,048	0,0000042500	0,9492	0,7666	0,36
Alle personskader	497	0,093	0,0001178498	0,6797	1,2009	0,17

Tabel 53. *Basismodeller for ulykker og personskader på tilkørselsflettestrækninger i 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 562 tilkørselsflettestrækninger.*

I Tabel 53 er basismodeller for de 562 tilkørselsflettestrækninger i pulje 2 angivet. Alle estimerede konstanter er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 70 % og 17 % af den systematiske variation i forekomsten af hhv. ulykker og personskader, hvilket er en anelse mere end for modellerne i pulje 1, der fremgår af Tabel 52. Spredningsparameteren er ca. 0,24 for ulykker og ca. 1,2 for personskader, hvilket er lavere end for pulje 1 modeller, så omfanget af uforklaret systematisk variation i ulykkes- og skadesforekomsten er mindre i modeller i Tabel 53. Konstanten p er lavere i modeller i Tabel 53 end i modeller i Tabel 52, og harmonerer bedre med andre modeller for tilkørselsflettestrækninger. Samlet set er modeller i Tabel 53 bedre at anvende end modeller i Tabel 52.

2.4.3 Faktormodeller

I dette afsnit udvikles faktormodeller for sammenhænge mellem på den ene side ulykkes- og personskadetæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver tilkørselsflettestrækninger.

Denne modeludvikling er udført på samme måde som for motorvejsstrækninger. Faktormodeller er baseret på data om de 562 tilkørselsflettestrækninger i pulje 2 (se afsnit 2.4.2). Der er benyttet samme formeludtryk som i afsnit 2.1.3. De samme uafhængige variable som i afsnit 2.1.3 har indgået i modeludviklingen af faktormodeller for tilkørselsflettestrækninger, dog tilføjet længde af kilestrækning og længde af spærreflade.

I første omgang findes, at den reciprokke værdi af horisontal kurveradius er statistisk signifikant, og ligeså er bredde af kørespor, nødspor og indre kantbane samt hastighedsbegrænsning, dog kun for ulykker men også for personskader ved indre kantbane. For at simplificere udviklingen af faktormodeller er det derfor valgt at arbejde videre med: a) den mindste horisontale kurveradius som reciprok værdi, b) bredder af kørespor, nødspor og indre kantbane – men ikke i anden potens, og c) hastighedsbegrænsning beskrevet ved tre kategorier – 110 km/t, 130 km/t og andre hastigheder.

I Tabel 54 ses oddsratio-værdier for de nævnte udvalgte faktorer. Eksempelvis er det estimeret, at en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 500 meter har 1,37 gange flere personskadeulykker pr. km pr. år end en strækning med en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter. Oddsratio-værdier, der er statistisk signifikante, er markeret med fed tekst på grå baggrund.

Ud fra Tabel 54 og den bagvedliggende modeludvikling kan følgende siges om de enkelte faktorer:

<u>Mindste horisontale kurveradius</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo større den horisontale kurveradius er. Det er dog stærkt begrænset, hvor meget bedre trafiksikkerheden bliver, når kurveradius kommer over ca. 2.000 meter. Ulykkes- og skadesfrekvenser begynder at stige voldsomt, når kurveradius kommer under ca. 1.000 meter.

<u>Bredde af kørespor</u>: Trafiksikkerheden ser ud til at blive bedre og bedre, jo smallere kørespor er, når man ser på den ene statistiske signifikante oddsratio-værdi. Men sammenhængen mellem bredde af kørespor og trafiksikkerhed er upålidelig for tilkørselsflettestrækninger.

<u>Bredde af nødspor (inkl. ydre kantbane)</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødsporet er.

Bredde af indre kantbane: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere den indre kantbane er.

Hastighedsbegrænsning: Trafiksikkerheden er bedre på strækninger med 110 km/t hastighedsbegrænsning end på strækninger med 130 km/t, men forskellen mellem de to er ikke statistisk signifikant.

Oddsratio-værdier for tilkørselsflettestræk-ninger	Faktormodel for …									
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
Kurveradius 500 m	**1,37**	**1,35**	**1,42**	**1,36**	**1,40**	0,53	1,25	1,22	1,17	1,22
Kurveradius 1000 m	**1,14**	**1,14**	**1,16**	**1,14**	**1,16**	0,76	1,10	1,09	1,07	1,09
Kurveradius 2000 m	**1,05**	**1,04**	**1,05**	**1,04**	**1,05**	0,91	1,03	1,03	1,02	1,03
Kurveradius 3000 m	**1,02**	**1,01**	**1,02**	**1,01**	**1,02**	0,97	1,01	1,01	1,01	1,01
Kurveradius 4000 m	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Kurveradius 5000 m	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	1,02	0,99	0,99	1,00	0,99
Køresporbred 3,25 m	1,17	1,08	**0,70**	1,13	0,87	2,02	1,10	1,24	1,26	1,32
Køresporbred 3,50 m	1,08	1,04	**0,84**	1,06	0,93	1,42	1,05	1,11	1,12	1,15
Køresporbred 3,75 m	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Køresporbred 4,00 m	0,92	0,96	**1,20**	0,94	1,07	0,70	0,95	0,90	0,89	0,87
Nødsporbred 0,50 m	1,25	**1,32**	**1,31**	**1,28**	**1,28**	1,54	0,92	1,46	1,01	1,18
Nødsporbred 1,00 m	1,19	**1,25**	**1,24**	**1,22**	**1,21**	1,41	0,93	1,36	1,01	1,14
Nødsporbred 2,00 m	1,09	**1,12**	**1,12**	**1,10**	**1,10**	1,19	0,97	1,16	1,00	1,07
Nødsporbred 3,00 m	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Indrekantbred 0,50 m	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Indrekantbred 1,00 m	**0,62**	0,93	1,01	**0,87**	0,96	0,53	**0,66**	**0,54**	**0,64**	**0,59**
Indrekantbred 1,50 m	**0,39**	0,87	1,01	**0,75**	0,92	0,28	**0,44**	**0,29**	**0,41**	**0,35**
Indrekantbred 2,00 m	**0,24**	0,81	1,02	**0,65**	0,88	0,15	**0,29**	**0,16**	**0,27**	**0,20**
Hast.begr. 130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hast.begr. 110 km/t	0,94	0,93	**0,84**	0,94	0,89	0,77	1,06	0,86	0,99	0,94
Hast.begr. andre	1,07	1,15	1,00	1,14	1,04	1,04	1,10	0,98	1,11	1,07

Tabel 54. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på tilkørselsflettestrækninger, hvor en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter, en køresporsbredde på 3,75 meter, en nødsporsbredde på 3,00 meter, en indre kantbane bredde på 0,50 meter og hastighedsbegrænsning på 130 km/t er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

2.4.4 Grundmodeller

For tilkørselsflettestrækninger er der i det følgende udarbejdet grundmodeller. Disse grundmodeller er baseret på tilkørselsflettestrækninger, der har følgende udformning og regulering:

- 2 gennemgående kørespor
- Kørespor er mindst 3,50 meter bred
- Ingen sporbortfald og ingen sportilføjelse, og ingen vigepligt ved tilkørsel
- Nødspor inkl. ydre kantbane er mindst 3,00 meter bred
- Indre kantbane er 0,50 meter bred
- Midterautoværn af stål
- Mindste horisontale kurveradius er mindst 1.000 meter
- 110 eller 130 km/t hastighedsbegrænsning
- Ingen variable tavler på strækning
- Ej tunnel på strækning
- Ej vejbelysning på strækning
- Ej kurveafmærkning på strækning
- Ej anbefalet hastighed på strækning.

Der findes 210 tilkørselsflettestrækninger med denne udformning og regulering, hvor der er mindst 1 år med gyldige data. Den samlede længde for disse strækninger er 171.994 meter. Der er registreret 1.584 ulykker og 228 personskader på de 210 tilkørselsflettestrækninger i perioden 2006-2020 – i år med gyldige data. Årsdøgntrafikken varierer mellem 3.639 og 28.831 med et gennemsnit på 15.397.

Om de 210 tilkørselsflettestrækninger kan nævnes:

- *Antal år med gyldige data* varierer fra 1 til 15 år med gns. på 14,2 år.
- *Strækningslængden* varierer fra 243 til 1.206 meter med gns. på 819 meter.
- *Køresporsbredden* varierer fra 3,50 til 3,75 meter med gns. på 3,55 meter.
- *Nødsporsbredden* varierer fra 3,00 til 3,50 meter med gns. på 3,10 meter.
- *Bredde af midterrabat* varierer fra 3,0 til 13,4 meter med gns. på 4,71 meter.
- *Mindste horisontale kurveradius* varierer fra 1.075 meter og op med gns. på 6.292 meter.
- *Gennemsnitlige horisontale kurveradius* varierer fra 1.347 meter og op med gns. på 12.902 meter.
- *Hastighedsbegrænsningen* er 110 km/t på 50 strækninger og 130 km/t på 160 strækninger.

Det er forsøgt at opstille grundmodeller for ulykker, hvor de er opdelt på ene- og flerpartsulykker. Det har her vist sig, at det er bedst – rent modelmæssigt - ikke at opdele ulykker i ene- og flerpartsulykker, men alene opdele efter ulykkesart.

Det er undersøgt, om faktorer, der fortsat varierer, har relation til forekomsten af ulykker og personskader. Her findes, at ingen af faktorerne har signifikante

relationer til ulykkes- eller skadesfrekvenser, og faktorerne er strækningslængde, længde med kilestrækning, længde med spærreflade, åbningsår, bredde af belagt areal, køresporsbredde, nødsporsbredde, bredde af midterrabat, horisontal kurveradius, hastighedsbegrænsning, politikreds, autoværn i højre side, overhalingsforbud og afstandsmærker.

De udarbejdede grundmodeller er vist i Tabel 55. I disse modeller indgår årsdøgntrafik og hastighedsbegrænsning som uafhængige variable, hvor 130 km/t er basis. Grundmodeller for ulykker er statistisk signifikante og forklarer en stor del af den systematiske variation i ulykkesforekomsten. Grundmodeller for nogen personskader er ikke statistisk signifikante, og derfor ikke vist i tabellen. Faktoren hastighedsbegrænsning er ikke statistisk signifikant, og estimater herfor er ikke vist.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	153	0,063	0,0007334142	0,4690	0,1014	0,33
Materielskadeulykker	509	0,208	0,0000001720	1,4491	0,1401	0,70
Ekstrauheld	922	0,377	0,0000000081	1,8230	0,2984	0,67
Person- og materielskadeulykker	662	0,271	0,0000032829	1,1749	0,1558	0,61
Alle ulykker	1.584	0,648	0,0000003087	1,5073	0,1932	0,69
Dræbte	21	0,009	0,0000000001	1,8758	4,4150	0,37
Alvorlige skader	90	0,037	-	-	-	-
Lette skader	117	0,048	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	111	0,045	0,0000970339	0,6410	0,8555	0,15
Alle personskader	228	0,093	-	-	-	-

Tabel 55. *Grundmodeller for ulykker og personskader på tilkørselsflettestrækninger med 2 gennemgående kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 210 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Det anbefales at benytte de med gråt markerede grundmodeller i Tabel 55 til beregning af det forventede antal ulykker på tilkørselsflettestrækninger. For hver beregnet personskadeulykke kan der forventes 21/153 = 0,1373 dræbte, 90/153 = 0,5882 alvorlige skader og 117/153 = 0,7647 lette skader.

De anbefalede grundmodeller bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere givne år.

2.5 Tilkørselsramper

Der er registreret 496 tilkørselsramper med en samlet længde på 137.176 meter med gyldige data i mindst ét år. 21 af tilkørselsramperne har et sammenløb, hvor typisk en rampedel starter fra et rampekryds, mens den anden rampedel er en shunt, der kører uden om rampekrydset og fletter ind på tilkørselsrampen. I det følgende er udviklet ulykkesmodeller baseret på disse tilkørselsramper.

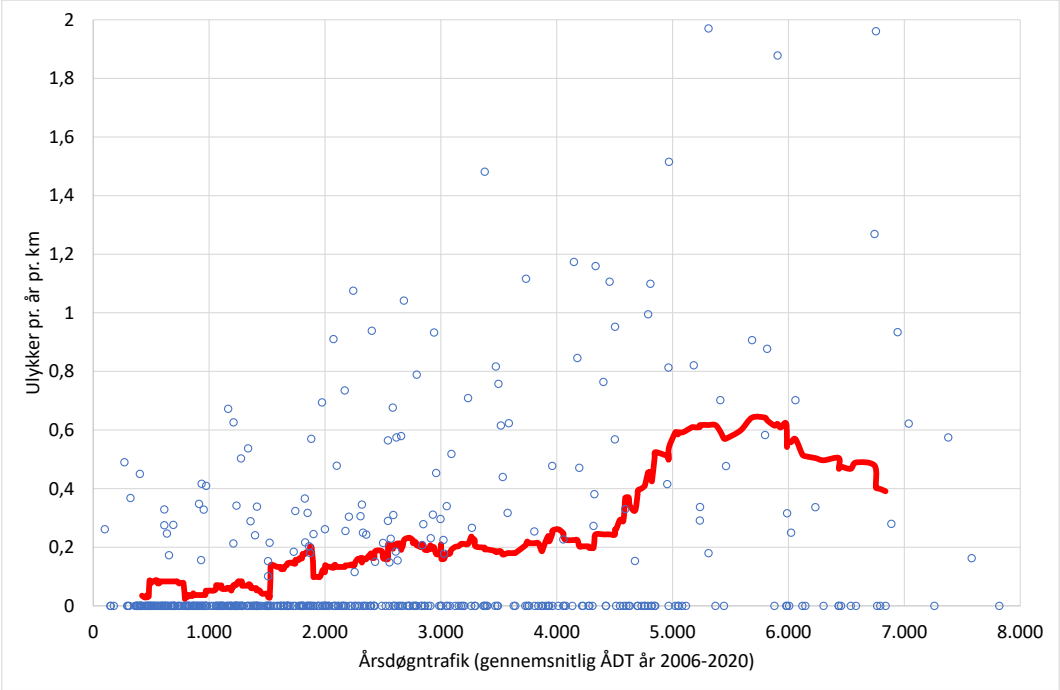
2.5.1 Datagrundlag

Nogle tilkørselsramper er først bygget i de senere år, og andre er blevet ombygget. Derfor findes der ikke gyldige data for alle årene i perioden 2006-2020 for alle 496 tilkørselsramper. I Tabel 56 er opgjort, hvor mange tilkørselsramper der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkes- og skadesfrekvenser varierer meget fra år til år, da der kun er registreret få ulykker og personskader pr. år.

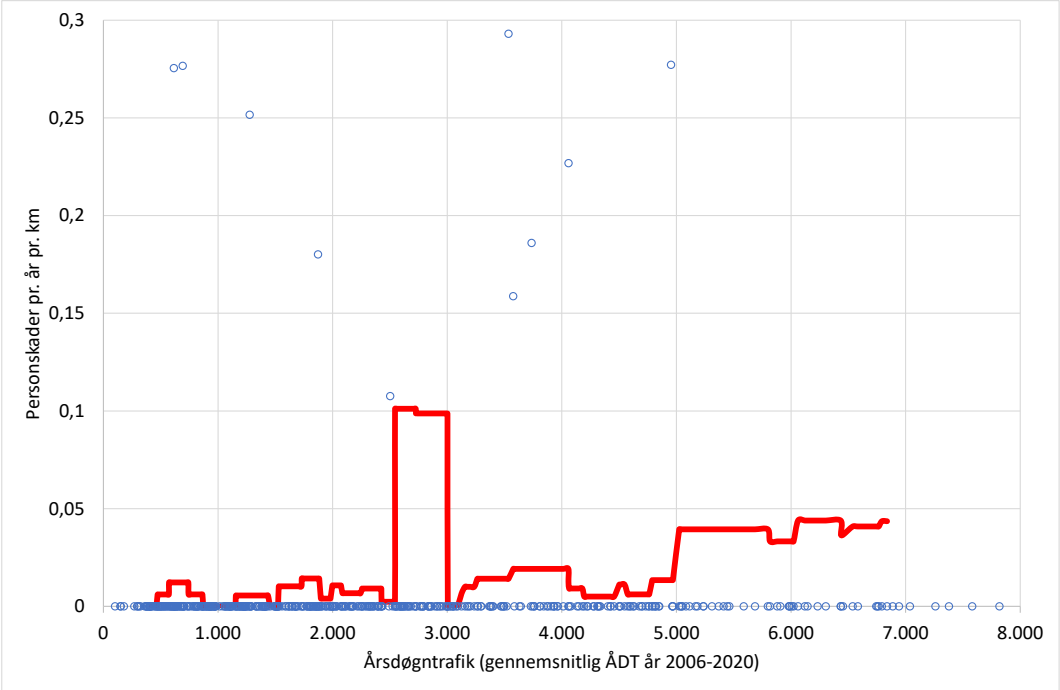
År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	309	85	72	0	2	2	6	8	0,111	0	0	0	0	0,000
2007	325	89	78	1	6	7	9	16	0,204	0	1	1	2	0,025
2008	330	90	80	3	4	7	10	17	0,212	0	1	2	3	0,037
2009	353	96	84	2	4	6	9	15	0,178	0	1	2	3	0,036
2010	360	98	85	2	4	6	17	23	0,271	0	1	2	3	0,035
2011	363	98	88	0	6	6	8	14	0,160	0	0	0	0	0,000
2012	369	100	92	0	2	2	8	10	0,109	0	0	0	0	0,000
2013	400	110	106	0	4	4	14	18	0,170	0	0	0	0	0,000
2014	419	116	116	1	2	3	8	11	0,095	0	0	2	2	0,017
2015	434	120	123	0	5	5	18	23	0,187	0	0	0	0	0,000
2016	440	121	127	2	4	6	19	25	0,197	1	1	0	2	0,016
2017	460	127	139	1	3	4	11	15	0,108	0	1	0	1	0,007
2018	473	131	144	3	4	7	16	23	0,160	0	2	1	3	0,021
2019	484	133	146	3	10	13	26	39	0,267	0	2	2	4	0,027
2020	491	135	138	2	13	15	21	36	0,262	0	2	1	3	0,022
Total	-	-	1.618	20	73	93	200	293	0,181	1	12	13	26	0,016

Tabel 56. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 496 tilkørselsramper i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*

I Figur 9 og Figur 10 ses ulykkes- og personskadetæthed afbilledet ift. trafikmængden på tilkørselsramper. Der er rimeligt klare relationer mellem antal ulykker og personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre omtrent en fordobling i antallet af ulykker og personskader.



Figur 9. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 496 tilkørselsramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*



Figur 10. *Personskadetæthed og trafikmængde for 496 tilkørselsramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 45 observationer.*

I det følgende fremgår opgørelser for de 496 tilkørselsramper opdelt efter diverse forhold om udformning og regulering.

Tilkørselsramper	Bredde af kørespor (meter)					
	2,80-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75	3,76-4,85	I alt
Antal strækninger	7	475	5	2	7	496
Længde (meter)	2.205	131.300	1.342	528	1.801	137.176
ÅDT, gennemsnit	4.035	2.625	3.265	4.219	4.805	2.689
Trafikarbejde (mio. km)	50	1.480	23	5	60	1.618
Antal ulykker	13	263	4	2	11	293
Antal personskader	0	22	0	0	4	26
Ulykkesfrekvens	0,258	0,178	0,175	0,398	0,182	0,181
Skadesfrekvens	0,000	0,015	0,000	0,000	0,066	0,016

Tabel 57. *Tilkørselsramper opdelt efter gennemsnitlig bredde af det gennemgående kørespor. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 57 viser, at ca. 96 % af tilkørselsramperne har et gennemgående kørespor med en bredde på 3,50 meter. Der synes ikke umiddelbart at være en sammenhæng mellem køresporsbredden og ulykkes- og skadesfrekvenser.

Tilkørselsramper	Bredde af nødspor (meter)			
	0,20-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-5,90
Antal strækninger	81	15	291	109
Længde (meter)	19.898	4.365	84.547	28.366
ÅDT, gennemsnit	2.897	4.787	2.546	2.627
Trafikarbejde (mio. km)	296	129	960	232
Antal ulykker	72	30	153	38
Antal personskader	9	6	11	0
Ulykkesfrekvens	0,243	0,232	0,159	0,163
Skadesfrekvens	0,030	0,046	0,011	0,000

Tabel 58. *Tilkørselsramper opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 58 viser, at 82 % af tilkørselsramperne har nødspor, der er 2,50 meter brede eller bredere. Ulykkes- og skadesfrekvenser synes at falde desto bredere nødspor.

Tabel 59 viser, at omkring 70 % af tilkørselsramperne er del af de traditionelle ruderanlæg, og her er de fleste lige ruderramper, dvs., at der kun er en afbøjning ind på motorvejen i tilkørselsflettestrækningen. Typen og formen på tilkørselsrampen er af stor betydning for ulykkes- og skadesfrekvenser, idet den sikreste type/form ruderramper har frekvenser, der er 2-4 gange lavere end de farligste, nemlig sløjferamper, vinkelformede ramper, kløverblade og flyoverramper med SV-form.

Tilkørselsramper	Type og form af tilkørselsrampe						
	Lige ruder	S-formet ruder	S-formet rampe	Sløjfe 180°	Vinkel 45-135°	Kløver 270°	SV-formet flyover
Antal strækninger	234	113	39	50	39	6	15
Længde (meter)	57.783	33.361	13.224	12.933	10.836	2.087	6.952
ÅDT, gennemsnit	2.733	2.526	2.691	2.509	2.439	4.265	3.846
Trafikarbejde (mio. km)	662	396	156	139	120	28	117
Antal ulykker	66	42	31	67	45	11	31
Antal personskader	6	3	2	4	9	0	2
Ulykkesfrekvens	0,100	0,106	0,199	0,482	0,374	0,390	0,265
Skadesfrekvens	0,009	0,008	0,013	0,029	0,075	0,000	0,017

Tabel 59. *Tilkørselsramper opdelt efter type og form af tilkørselsrampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tilkørselsramper	Mindste horisontal kurveradius (meter)			
	10-99	100-199	200-499	500-16.965
Antal strækninger	140	82	117	157
Længde (meter)	37.581	26.241	33.180	40.174
ÅDT, gennemsnit	2.796	2.264	2.653	2.843
Trafikarbejde (mio. km)	466	261	392	499
Antal ulykker	142	42	58	51
Antal personskader	13	3	5	5
Ulykkesfrekvens	0,304	0,161	0,148	0,102
Skadesfrekvens	0,028	0,012	0,013	0,010

Tabel 60. *Tilkørselsramper opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver rampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tilkørselsramper	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)		
	33-199	200-499	500-53.209
Antal strækninger	69	117	310
Længde (meter)	14.748	35.014	87.414
ÅDT, gennemsnit	2.751	2.776	2.642
Trafikarbejde (mio. km)	176	415	1.028
Antal ulykker	70	106	117
Antal personskader	8	7	11
Ulykkesfrekvens	0,399	0,256	0,114
Skadesfrekvens	0,046	0,017	0,011

Tabel 61. *Tilkørselsramper opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver rampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 60 og Tabel 61 viser tilkørselsramper opdelt efter hhv. mindste horisontal kurveradius og gennemsnitlig horisontal kurveradius. Man kan af disse tabeller

erfare, at ulykkes- og skadesfrekvenser stiger, jo mindre den horisontale kurveradius er på tilkørselsramper.

Tilkørselsramper	Anbefalet hastighed (40-70 km/t)		Kurveafmærkning		Anbefalet hastighed eller kurveafmærkning	
	Ja	Nej	Ja	Nej	Ja	Nej
Antal strækninger	10	486	25	471	30	466
Længde (meter)	3.273	133.903	6.436	130.740	8.348	128.828
ÅDT, gennemsnit	2.626	2.690	2.650	2.691	2.798	2.682
Trafikarbejde (mio. km)	50	1.568	68	1.550	107	1.511
Antal ulykker	19	274	35	258	52	241
Antal personskader	0	26	3	23	3	23
Ulykkesfrekvens	0,377	0,175	0,516	0,166	0,486	0,159
Skadesfrekvens	0,000	0,017	0,044	0,015	0,028	0,015

Tabel 62. *Tilkørselsramper opdelt efter forekomst af tavler med anbefalet hastighed og kurveafmærkning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 62 ses, at ulykkesfrekvenser er højere på tilkørselsramper, hvor der er tavler med anbefalet hastighed eller kurveafmærkning. Det skal dog nævnes, at hvor der både er kurveafmærkning og anbefalet hastighed, er ulykkesfrekvenser på niveau med tilkørselsramper uden anbefalet hastighed og kurveafmærkning. Det vil sige, at det alene er tilkørselsramper med anbefalet hastighed *eller* kurveafmærkning, der har en forringet trafiksikkerhed formentligt på grund af skarpe kurver.

Tilkørselsramper	Hastighedsbegrænsning (km/t)				
	70-80	90	110	130	Blandet
Antal strækninger	7	8	28	450	3
Længde (meter)	1.826	1.854	9.828	122.508	1.160
ÅDT, gennemsnit	3.466	3.781	3.996	2.560	5.090
Trafikarbejde (mio. km)	31	28	181	1.346	32
Antal ulykker	6	4	35	240	8
Antal personskader	0	1	4	21	0
Ulykkesfrekvens	0,195	0,142	0,194	0,178	0,247
Skadesfrekvens	0,000	0,036	0,022	0,016	0,000

Tabel 63. *Tilkørselsramper opdelt efter hastighedsbegrænsning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 63 viser, at de fleste tilkørselsramper har en hastighedsbegrænsning på 130 km/t, hvilket skyldes, at der ikke er en tavle med lokal hastighedsbegrænsning på rampen. Ulykkes- og skadesfrekvenser på tilkørselsramper synes ikke at være væsentligt påvirket af hastighedsbegrænsningen.

Tilkørselsramper	Stigningsforhold på rampe			Vejbelysning	
	Nedad	I niveau	Opad	Ja/delvist	Nej
Antal strækninger	388	20	88	82	414
Længde (meter)	106.640	3.370	27.166	18.694	118.482
ÅDT, gennemsnit	2.672	2.805	2.737	4.590	2.312
Trafikarbejde (mio. km)	1.227	47	344	432	1.186
Antal ulykker	214	19	60	103	190
Antal personskader	17	5	4	11	15
Ulykkesfrekvens	0,174	0,402	0,174	0,238	0,160
Skadesfrekvens	0,014	0,106	0,012	0,025	0,013

Tabel 64. *Tilkørselsramper opdelt efter hhv. stigningsforhold på rampe og forekomst af vejbelysning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 64 viser, at 82 tilkørselsramper har vejbelysning og ca. 78 % af tilkørselsramperne kører nedad (har et fald) fra rampekrydset mod tilkørslen til motorvejen. Ulykkes- og skadesfrekvenser er højere på ramper med vejbelysning end uden. Ulykkes- og skadesfrekvenser er nogenlunde de samme på tilkørselsramper, om de har en stigning eller et fald fra rampekrydset frem mod tilkørslen, mens tilkørselsramper i niveau med motorvejen har højere ulykkes- og skadesfrekvenser.

2.5.2 Basismodeller

De første ulykkesmodeller, der udvikles, er basismodeller. Her indgår to puljer af tilkørselsramper:

Pulje 1 består af 374 tilkørselsramper, hvilket er ramper med gyldige data for hele perioden 2013-2020, men ramper kortere end 100 meter og ramper med vigepligt ved tilkørsel til motorvej er udeladt. Ramperne i pulje 1 har en samlet længde på 106.252 meter. På disse tilkørselsramper er der registreret 155 ulykker og 14 personskader i perioden 2013-2020.

Pulje 2 består af 475 tilkørselsramper, hvilket er alle ramper med gyldige data for mindst 1 år undtaget dem, der er kortere end 100 meter, og ramper med vigepligt ved tilkørsel til motorvej. Ramper i pulje 2 har en samlet længde på 135.414 meter. På ramperne i pulje 2 er der registreret 271 ulykker og 21 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte tilkørselsrampe har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år. Basismodeller for tilkørselsramper ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik.

For tilkørselsramper er der ikke opstillet basismodeller for eneulykker og flerpartsulykker og ej heller med års- eller periodefaktorer. Desuden er der ikke opstillet basismodeller, hvor rampens længde indgår som uafhængig variabel.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	11	0,013	-	-	-	-
Materielskadeulykker	39	0,046	0,0011432274	0,4735	1,3029	0,15
Ekstrauheld	105	0,124	0,0000611978	0,9619	1,9693	0,33
Person- og materielskadeulykker	50	0,059	0,0018649892	0,4426	1,1502	0,19
Alle ulykker	155	0,182	0,0004875586	0,7529	1,5990	0,30
Dræbte	1	0,001	-	-	-	-
Alvorlige skader	7	0,008	-	-	-	-
Lette skader	6	0,007	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	8	0,009	-	-	-	-
Alle personskader	14	0,016	-	-	-	-

Tabel 65. *Basismodeller for ulykker og personskader på tilkørselsramper i perioden 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 374 tilkørselsramper.*

I Tabel 65 ses basismodeller for de 374 tilkørselsramper i pulje 1. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle typer af personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 30 % af den systematiske variation i forekomsten af ulykker. Spredningsparameteren, k, er omkring 1,6 for ulykker, hvilket betyder, at der er et større omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker. Konstanten p er noget under 1 for ulykker, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen falder med stigende årsdøgntrafik.

Tabel 66 viser basismodeller for 475 tilkørselsramper i pulje 2. Alle estimerede konstanter i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for dræbte og alvorlige skader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 39 % og 36 % af den systematiske variation i hhv. ulykkes- og skadesforekomsten, hvilket er mere end modellerne for ramper i pulje 1 (Tabel 65). Spredningsparameteren er ca. 1,35 for ulykker, hvilket er lavere end i Tabel 65, så der er mindre uforklaret systematisk variation i ulykkesforekomsten. Konstanten p er højere for ramper i pulje 2 (Tabel 66) end for ramper i pulje 1 (Tabel 65), og p-værdier i Tabel 66 harmonerer bedre med andre ulykkesmodeller for tilkørselsramper. Samlet set er modeller i Tabel 66 bedre at anvende end modeller i Tabel 65.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	17	0,010	0,0000237792	0,7771	0,3262	0,69
Materielskadeulykker	71	0,044	0,0001610332	0,7188	1,6647	0,26
Ekstrauheld	183	0,112	0,0000250109	1,0671	1,5939	0,40
Person- og materielskadeulykker	88	0,054	0,0002014640	0,7162	1,1084	0,33
Alle ulykker	271	0,166	0,0001064112	0,9361	1,3490	0,39
Dræbte	1	0,001	-	-	-	-
Alvorlige skader	10	0,006	-	-	-	-
Lette skader	10	0,006	0,0000000113	1,6328	3,5511	0,60
Dræbte og alvorlige skader	11	0,007	-	-	-	-
Alle personskader	21	0,013	0,0000134303	0,8675	5,3967	0,36

Tabel 66. *Basismodeller for ulykker og personskader på tilkørselsramper i perioden 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 475 tilkørselsramper.*

2.5.3 Faktormodeller

I dette afsnit udvikles faktormodeller for sammenhænge mellem på den ene side ulykkestæthed og på den anden side årsdøgntrafik og op til flere andre uafhængige faktorer (variable), der beskriver tilkørselsramper. Det primære formål er at undersøge, om den horisontale kurveradius og stigningsforholdene påvirker ulykkestætheden og hvordan. Et andet formål er at indikere værdier for sikkerhedsfaktorer for bredde af kørespor og nødspor, rampelængde, type og form af rampe, anbefalet hastighed, kurveafmærkning, vejbelysning og hastighedsbegrænsning.

Faktormodeller er baseret på data om de 475 tilkørselsramper i pulje 2 (se afsnit 2.5.2). Faktormodeller estimeres ikke for personskader og ikke med årsfaktorer.

En faktormodel har følgende formeludtryk:

$$UT = a \cdot N^p \cdot e^{\sum_{i=1}^{n} b_i x_i}$$

hvor a og p er estimerede konstanter, N er gennemsnitlig årsdøgntrafik i perioden 2006-2020 og b_i er estimerede konstanter for faktorerne (variablene) x_i.

I modeludviklingen er faktorerne x_i beskrevet som kontinuer variabel (horisontal kurveradius, rampelængde, bredde af kørespor og nødspor) og som ordinal kategorivariabel (stigningsforhold, type og form af rampe, anbefalet hastighed, kurveafmærkning, hastighedsbegrænsning, politikreds og vejbelysning).

For horisontal kurveradius er det forsøgt at modellere den reciprokke værdi, hvor variablen er 1746,5 / (horisontal kurveradius i meter). For bredde af kørespor og

nødspor er det forsøgt at modellere den polynomiske værdi (anden grad), idet der formodes at være et optimum for disse bredder.

I første omgang, hvor der indgår årsdøgntrafik og en yderligere variabel, fås følgende resultater:

- *Horisontal kurveradius*: Variabel med reciprok værdi er særdeles signifikant, og den gennemsnitlige horisontale kurveradius er den mest betydende.
- *Stigningsforhold*: Ej signifikant.
- *Bredde af kørespor*: Ej signifikant, heller ikke i anden potens.
- *Bredde af nødspor*: Delvis signifikant også i anden potens.
- *Rampelængde*: Ej signifikant.
- *Type og form af rampe*: Er signifikant i stort omfang.
- *Anbefalet hastighed*: Er signifikant i stort omfang.
- *Kurveafmærkning*: Er signifikant i stort omfang.
- *Hastighedsbegrænsning*: Ej signifikant.
- *Politikreds*: Delvis signifikant.
- *Vejbelysning*: Ej signifikant.

Horisontal kurveradius, type og form af rampe, anbefalet hastighed og kurveafmærkning repræsenterer til dels de samme forhold ved tilkørselsramperne, nemlig rampens kurvatur. For at udelukke en eller flere af disse faktorer, så er der i anden omgang opstillet modeller med årsdøgntrafik og de fire faktorer for rampens kurvatur. Her viser det sig, at kun type og form af rampe er statistisk signifikant, dvs., at når type og form af tilkørselsrampen er angivet, så har horisontal kurveradius, anbefalet hastighed og kurveafmærkning ikke signifikant betydning for ulykkesfrekvensen. Fjernes type og form af rampe fra modellen, så har kun gennemsnitlig horisontal kurveradius signifikant betydning for ulykkesfrekvensen, dog er både anbefalet hastighed og kurveafmærkning næsten signifikant.

For dernæst at simplificere udviklingen af faktormodeller er det valgt at arbejde videre med: a) bredde af nødspor og b) type og form af rampe.

I Tabel 67 ses oddsratio-værdier for de nævnte udvalgte faktorer. Eksempelvis er det estimeret, at en tilkørselsrampe med et nødspor inkl. ydre kantbane på 0,50 meter har 1,49 gange flere ulykker pr. km pr. år end en tilkørselsrampe med et nødspor på 3,00 meter. Oddsratio-værdier, der er statistisk signifikante, er markeret med fed tekst og på grå baggrund. Ud fra Tabel 67 og den bagvedliggende modeludvikling kan følgende siges om de enkelte faktorer:

<u>Bredde af nødspor (inkl. ydre kantbane)</u>: Trafiksikkerheden bliver bedre og bedre, jo bredere nødspor er. Det er dog uvist, om der er en optimal bredde af nødsporet.

<u>Type og form af rampe</u>: Trafiksikkerheden på lige og S-formede ruderramper er omtrent den samme, mens ulykkesfrekvensen er knap dobbelt så stor på andre S-formede ramper, knap fem gange så stor på sløjferamper, omkring tre gange så

stor på SV-formede flyoverramper og vinkelformede ramper samt knap syv gange så stor på bladformede kløverramper.

Oddsratio-værdier for tilkørselsramper	Faktormodel for …				
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker
Nødsporbred 0,50 m	**3,48**	1,70	1,27	**1,96**	**1,49**
Nødsporbred 1,00 m	**2,71**	1,53	1,21	**1,71**	**1,37**
Nødsporbred 2,00 m	**1,65**	1,24	1,10	**1,31**	**1,17**
Nødsporbred 3,00 m	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	**1,00**
Lige ruderrampe (ret skråramp e)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S-formet ruderrampe (kurvet skråramp e)	1,06	0,94	1,27	0,94	1,12
S-formet rampe (mere kurvet skråramp e)	0,77	1,84	1,90	1,56	1,77
Sløjferampe (U-formet sløjferampe)	1,89	**5,43**	**4,64**	**4,41**	**4,76**
SV-formet flyoverrampe	0,88	2,68	**3,75**	2,21	**3,28**
Vinkelformet rampe (45-135 grader)	3,34	**3,71**	**2,92**	**3,63**	**2,95**
Bladformet kløverrampe (270 grader)	0,72	4,00	**9,16**	2,93	**6,77**

Tabel 67. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på tilkørselsramper, hvor en nødsporsbredde på 3,00 meter og en lige ruderrampe er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

Oddsratio-værdier for tilkørselsramper	Faktormodel for …				
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker
Lige ruderrampe (ret skråramp e)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
S-formet ruderrampe (kurvet skråramp e)	0,82	0,85	1,24	0,84	1,07
S-formet rampe (mere kurvet skråramp e)	0,73	1,85	1,88	1,55	1,76
Sløjferampe (U-formet sløjferampe)	1,65	**5,10**	**4,45**	**4,14**	**4,46**
SV-formet flyoverrampe	1,02	2,79	**3,75**	2,32	**3,27**
Vinkelformet rampe (45-135 grader)	**3,70**	**3,92**	**3,10**	**3,92**	**3,23**
Bladformet kløverrampe (270 grader)	0,77	3,79	**9,42**	2,76	**6,92**

Tabel 68. *Parameterestimater for faktoren type og form af rampe opgjort som oddsratio-værdier på tilkørselsramper, hvor lige ruderrampe er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

Af hensyn til udarbejdelse af sikkerhedsfaktorer for tilkørselsramper er modeller kun med årsdøgntrafik og type og form af rampe som variable udarbejdet, og her er oddsratio-værdier for type og form af rampe vist i Tabel 68. Af tabellen ses, at trafiksikkerheden på lige og S-formede ruderramper er omtrent den samme, mens ulykkesfrekvensen er knap dobbelt så stor på andre S-formede ramper og godt fire gange så stor på sløjferamper. Disse oddsratio-værdier harmonerer ganske godt med tidligere fundne værdier.

2.5.4 Grundmodeller

Der er i det følgende udarbejdet grundmodeller for tilkørselsramper. Der er ikke udført grundmodeller for personskader, kun for ulykker. Disse grundmodeller er baseret på tilkørselsramper, som har følgende udformning og regulering:

- Rampen er mindst 100 meter lang
- Ét gennemgående kørespor som mindst er 3,50 meter bred
- Nødspor inkl. ydre kantbane er mindst 3,00 meter bred
- Indre kantbane er 0,50 meter bred
- 110 eller 130 km/t hastighedsbegrænsning
- Ej ubetinget vigepligt på rampe ved tilkørsel til motorvej
- Ingen variable tavler på rampe
- Ej tunnel på rampe
- Ej vejbelysning på rampe.

Det er fundet unødvendigt at frasortere tilkørselsramper med sammenløb.

Der findes 320 tilkørselsramper med denne udformning og regulering, hvor der er mindst 1 år med gyldige data. Den samlede længde for disse ramper er 91.561 meter. Der er registreret 103 ulykker og 9 personskader på de 320 tilkørselsramper i perioden 2006-2020 i år med gyldige data. Årsdøgntrafikken varierer mellem 148 og 9.808 med et gennemsnit på 2.198.

Om de 320 tilkørselsramper kan nævnes:

- *Antal år med gyldige data* varierer fra 1 til 15 år med gns. på 11,3 år.
- *Rampelængden* varierer fra 105 til 1.102 meter med gns. på 286 meter.
- *Køresporsbredden* varierer fra 3,50 til 3,90 meter med gns. på 3,503 meter.
- *Nødsporsbredden* varierer fra 3,00 til 3,50 meter med gns. på 3,14 meter.
- *Mindste horisontale kurveradius* varierer fra 35 til 5.485 meter med gns. på 435 meter.
- *Gennemsnitlige horisontale kurveradius* varierer fra 54 til 22.733 meter med gns. på 1.169 meter.
- *Hastighedsbegrænsningen* er 110 og 130 km/t på hhv. 12 og 308 ramper.
- 9 ramper har *sammenløb*. 17 ramper har *kurveafmærkning*. 7 ramper har en *anbefalet hastighed*.

- *Stigningsforholdene* er, således at 59 ramper går opad (stigning) i kørselsretningen, 257 ramper går nedad (fald), mens 4 ramper er i niveau – flade.
- *Type og form af rampe* er: 149 lige ruderramper, 90 S-formede ruderramper, 23 andre S-formede ramper, 31 sløjferamper, 6 SV-formede flyoverramper, 18 vinkelformede ramper og 3 bladformede kløverramper.

Medianværdierne for den mindste og gennemsnitlige horisontale kurveradius er hhv. 523 og 1.129 meter på lige ruderramper, hhv. 163 og 591 meter på S-formede ruderramper, hhv. 117 og 353 meter på andre S-formede ramper, hhv. 46 og 77 meter på sløjferamper, hhv. 198 og 387 meter på SV-formede flyoverramper, hhv. 167 og 668 meter på vinkelformede ramper og hhv. 52 og 238 meter på bladformede kløverramper. Det vil sige, at ramper "typisk" ser sådan ud.

Det er undersøgt, om faktorer, der fortsat varierer, har relation til forekomsten af ulykker. Her findes, at rampelængde, åbningsår, bredde af belagt areal, kørespors-bredde, nødsporsbredde, sammenløb, stigningsforhold, hastighedsbegrænsning, autoværn i højre side og politikreds ikke har signifikante relationer til ulykkesfrekvenser. Der er en signifikant relation, hvor ulykkesfrekvensen stiger, jo mindre den horisontale kurveradius er (gennemsnitlig kurveradius synes at have størst betydning). Der er signifikante relationer mellem ulykkesfrekvens og kurveafmærkning, anbefalet hastighed samt type og form af rampe.

Når gennemsnitlig horisontal kurveradius indgår i modellerne, så er faktorerne type og form af rampe, kurveafmærkning og anbefalet hastighed ikke statistisk signifikante i de fleste tilfælde. Dog er de tre faktorer signifikante for ekstrauheld, men så er gennemsnitlig horisontal kurveradius ikke signifikant og får et modsat fortegn. Disse tre faktorer – type og form af rampe, kurveafmærkning og anbefalet hastighed – udelades derfor af grundmodeller.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	b_1	k	R_k^2
Personskadeulykker	7	0,007	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	25	0,024	0,0002810747	0,5298	0,0755	0,3683	0,54
Ekstrauheld	71	0,069	0,0000436198	0,9544	0,0137	1,2840	0,32
Person- og materielskadeulykker	32	0,031	0,0009205769	0,4153	0,0674	0,0015	0,28
Alle ulykker	103	0,100	0,0001704191	0,8087	0,0431	1,1575	0,30
Dræbte	0	0,000	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	5	0,005	-	-	-	-	-
Lette skader	4	0,004	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	5	0,005	-	-	-	-	-
Alle personskader	9	0,009	-	-	-	-	-

Tabel 69. *Grundmodeller for ulykker på tilkørselsramper med ét 3,5-3,9 meter bredt gennemgående kørespor, 3,0-3,5 meter bredt nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, uden variable tavler, uden tunnel og uden vejbelysning. Baseret på 320 ramper med data fra perioden 2006-2020.*

De udarbejdede grundmodeller er vist i Tabel 69. I disse modeller indgår årsdøgntrafik og gennemsnitlig horisontal kurveradius (reciprok værdi: 1746,5 / radius i meter) som uafhængige variable. Grundmodeller for ulykker er statistisk signifikante og forklarer en stor del af den systematiske variation i ulykkesforekomsten på nær for personskadeulykker. Faktoren horisontal kurveradius er ikke signifikant for ekstrauheld.

Til beregning af det forventede antal ulykker på tilkørselsramper anbefales det at benytte grundmodellen markeret med gråt i Tabel 69. For hver beregnet ulykke kan forventes 7/103 = 0,0680 personskadeulykker, 25/103 = 0,2427 materielskadeulykker, 71/103 = 0,6893 ekstrauheld, 0/103 = 0,0000 dræbte, 5/103 = 0,0485 alvorlige skader og 4/103 = 0,0388 lette skader.

Den anbefalede grundmodel bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker for ét eller flere givne år.

Når medianværdien for gennemsnitlig horisontal kurveradius for de forskellige rampedesign benyttes, så fås, at ulykkestætheden er 6 % (sikkerhedsfaktor 1,06) højere på S-formede ruderramper ift. lige ruderramper (sikkerhedsfaktor 1,00), mens sikkerhedsfaktoren er 1,16 på andre S-formede ramper, 2,49 på sløjferamper, 1,14 på SV-formede flyoverramper, 1,05 på vinkelformede ramper og 1,28 på bladformede kløverramper. Disse sikkerhedsfaktorer harmonerer ikke med tidligere estimerede sikkerhedsfaktorer for rampedesign, da der ikke er taget højde for placeringen af kurver på rampen.

Sammenholdes betydningen af gennemsnitlig horisontal kurveradius for ulykkestætheden på tilkørselsramper med frakørselsramper (afsnit 2.3.4), så ses det meget tydeligt, at kurveradius er af langt større betydning for ulykkestætheden på frakørselsramper end på tilkørselsramper. Det skyldes, at hastigheden på køretøjer er langt større i starten af frakørselsrampen end i starten af tilkørselsrampen.

Den benyttede grundmodel for tilkørselsramper har lige ruderramper som basis, og derfor er der indsat en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.129 meter i den anbefalede model i Tabel 69. Den benyttede grundmodel for alle ulykker ser derfor således ud:

$$UT = 0{,}0001821688 \cdot N^{0{,}8087}$$

hvor N er gennemsnitlig årsdøgntrafik i perioden 2006-2020 på tilkørselsrampen.

2.6 Andre strækningstyper

I dette afsnit udarbejdes basismodeller for alle de øvrige dele af motorvejsnettet: Øvrige motorvejsflettestrækninger (-forgreninger, -sammenløb og -vekselstrækninger), sideanlæg og øvrige ramper (forbindelsesramper, parallelspor osv.).

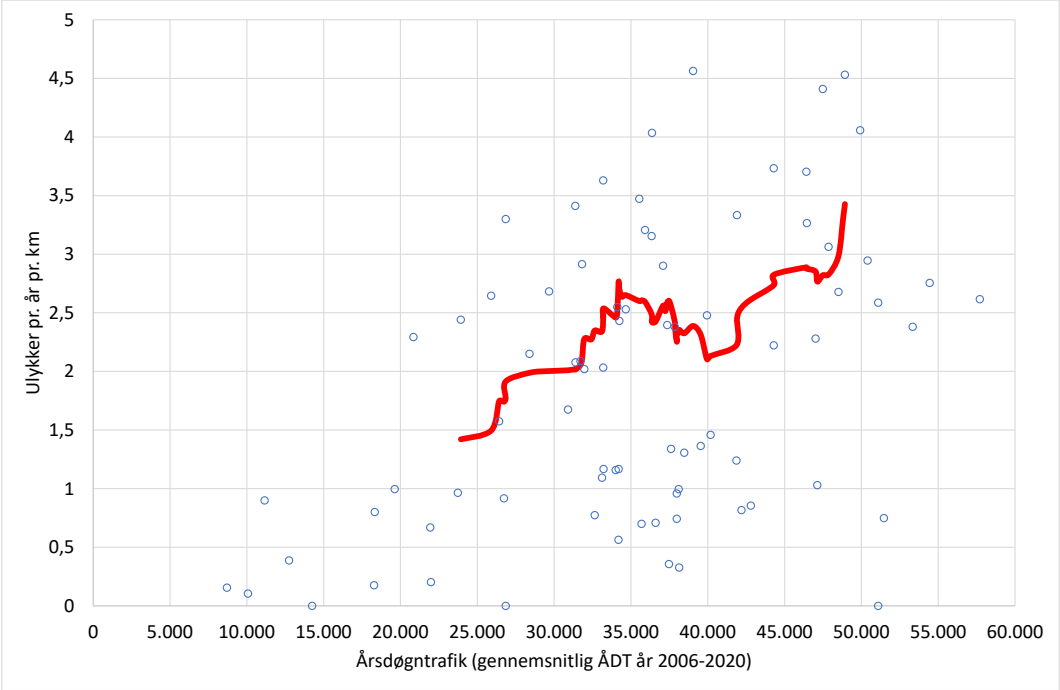
For øvrige motorvejsflettestrækninger udføres detaljerede analyser for at beskrive forskelle i trafiksikkerheden mellem forskellige undertyper af fx motorvejsforgreninger.

2.6.1 Motorvejsforgreninger, -sammenløb og -vekselstrækninger

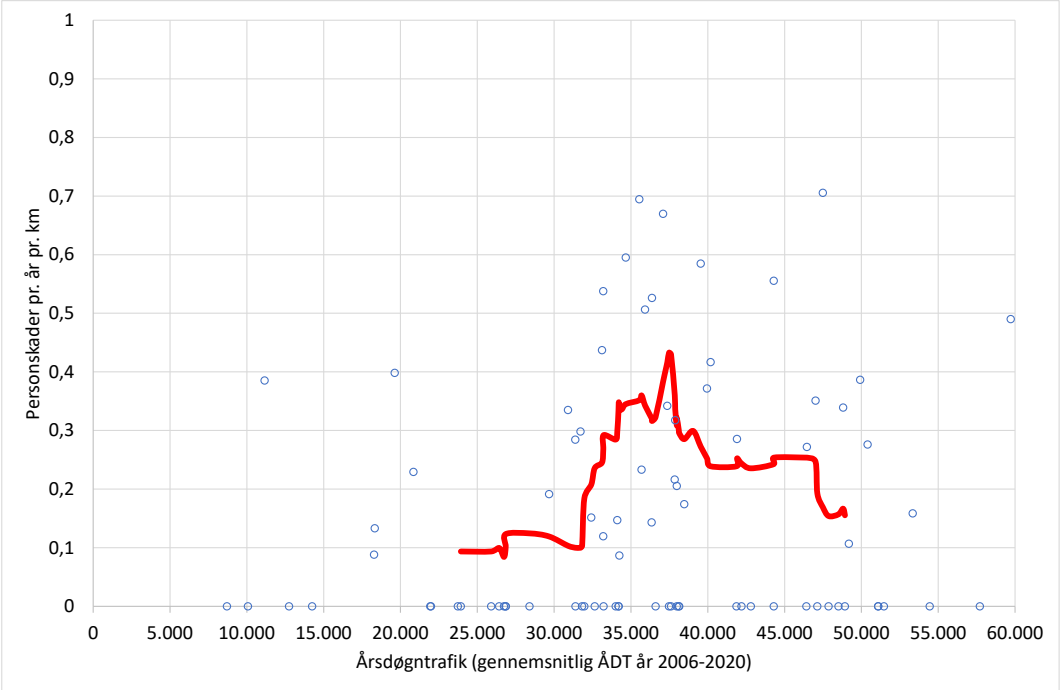
Der er i alt registreret 28 motorvejsforgreninger, 31 motorvejssammenløb og 29 motorvejsvekselstrækninger (én side af motorvej) med en samlet længde på 51.825 meter inklusiv op til en 100 meter lang strækning efter hver forgrening. I det følgende er udviklet basismodeller baseret på disse strækninger. Nogle strækninger er først bygget i de senere år og andre er blevet ombygget. Derfor findes der ikke gyldige data for alle årene i perioden 2006-2020 for de i alt 88 strækninger. I Tabel 70 er opgjort, hvor mange strækninger der forefindes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkesfrekvenser ser ud til at være noget højere i årene 2016-2020 ift. tidligere år. Skadesfrekvenser varierer meget fra år til år, men der synes at være en tendens til et fald i skadefrekvenser gennem hele perioden 2006-2020.

År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	40	18	204	5	15	20	14	34	0,167	0	3	4	7	0,034
2007	44	20	212	7	10	17	19	36	0,169	1	5	3	9	0,042
2008	44	20	216	4	10	14	15	29	0,134	0	2	2	4	0,019
2009	51	24	260	6	11	17	29	46	0,177	1	3	4	8	0,031
2010	51	24	261	2	12	14	29	43	0,165	0	1	1	2	0,008
2011	51	24	270	4	13	17	20	37	0,137	0	6	1	7	0,026
2012	57	28	320	4	11	15	36	51	0,159	0	4	2	6	0,019
2013	60	30	359	6	11	17	40	57	0,159	2	2	5	9	0,025
2014	67	37	457	2	19	21	46	67	0,147	0	0	3	3	0,007
2015	73	43	556	6	20	26	64	90	0,162	0	7	1	8	0,014
2016	77	46	606	5	19	24	82	106	0,175	0	4	3	7	0,012
2017	82	49	666	10	25	35	79	114	0,171	0	7	3	10	0,015
2018	84	49	700	5	47	52	108	160	0,229	0	5	0	5	0,007
2019	86	51	725	6	44	50	102	152	0,210	1	5	1	7	0,010
2020	88	52	664	3	43	46	75	121	0,182	0	3	2	5	0,008
Total	-	-	6.476	75	310	385	758	1.143	0,176	5	57	35	97	0,015

Tabel 70. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 88 øvrige motorvejsflettestrækninger i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*



Figur 11. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 88 øvrige motorvejsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*



Figur 12. *Personskadetæthed og trafikmængde for 88 øvrige motorvejsflettestrækninger. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*

Figur 11 og Figur 12 illustrerer ulykkes- og personskadetæthed set ift. trafikmængden på øvrige motorvejsflettestrækninger. Der er forholdsvis klare relationer mellem antal ulykker og personskader pr. år pr. km og årsdøgntrafik, hvor en fordobling i trafikmængden ser ud til at medføre omtrent en fordobling i antallet af ulykker og personskader.

I de følgende tabeller ses opgørelser af de 88 øvrige motorvejsflettestrækninger opdelt efter type (forgrening, sammenløb og vekselstrækning) og diverse forhold om udformning og regulering.

Øvrige motorvejsflette-strækninger	Type af flettestrækning			
	Forgrening	Sammenløb	Vekselstrækning	I alt
Antal strækninger	28	31	29	88
Længde (meter)	12.608	13.844	25.373	51.825
ÅDT, gennemsnit	38.327	38.239	32.682	36.436
Trafikarbejde (mio. km)	1.841	1.935	2.700	6.476
Antal ulykker	322	403	418	1.143
Antal personskader	26	38	33	97
Ulykkesfrekvens	0,175	0,208	0,155	0,176
Skadesfrekvens	0,014	0,020	0,012	0,015

Tabel 71. *Øvrige motorvejsflettestrækninger opdelt efter type af flettestrækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 71 viser, at blandt øvrige motorvejsflettestrækninger har sammenløbene de højeste ulykkes- og skadesfrekvenser, mens vekselstrækninger har de laveste.

Motorvejsforgreninger	Antal kørespor før og efter forgrening (i kørselsretning)					
	2 → 4	3 → 4	3 → 5	4 → 4	4 → 5	5 → 5
Antal strækninger	2	17	2	2	4	1
Længde (meter)	1.444	7.631	900	505	1.786	342
ÅDT, gennemsnit	18.305	35.348	48.378	46.479	46.467	60.062
Trafikarbejde (mio. km)	126	1.113	140	71	302	90
Antal ulykker	8	200	21	7	48	38
Antal personskader	2	16	2	0	5	1
Ulykkesfrekvens	0,064	0,180	0,151	0,099	0,159	0,422
Skadesfrekvens	0,016	0,014	0,014	0,000	0,017	0,011

Tabel 72. *Motorvejsforgreninger opdelt efter antallet af kørespor før og efter forgreningen. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsforgreninger

I Tabel 72-Tabel 78 er vist en række forhold relateret til motorvejsforgreninger. Tabel 72 viser, at 17 forgreninger har 3 kørespor på motorvejsstrækningen før forgreningen, og 4 kørespor på de to motorvejsstrækninger efter forgreningen.

Tabellen kan indikere, at forgreninger med 2 eller 4 kørespor før forgreningen og 4 kørespor efter forgreningen har bedre trafiksikkerhed end andre forgreninger, mens ulykkesfrekvensen på den ene forgrening med 5 kørespor før og efter forgreningen er højere end på de øvrige typer af forgreninger.

Den gennemsnitlige bredde af kørespor (målt ved start af forgrening) varierer ikke meget på forgreninger, nemlig kun mellem 3,43-3,75 meter, og der ses ikke nogen relation mellem køresporsbredde og trafiksikkerheden. Bredden af nødspor (den gennemsnitlige bredde af nødspor inkl. ydre kantbane af den højre beliggende motorvej i hele forgreningens længde) varierer mellem 1,05-3,50 meter, se Tabel 73. Her ser det ud til, at ulykkes- og skadesfrekvenser falder, jo bredere nødsporet er.

Motorvejsforgreninger	Bredde af nødspor (meter)		
	1,05-2,49	2,50-3,00	3,01-3,50
Antal strækninger	2	11	15
Længde (meter)	566	4.788	7.254
ÅDT, gennemsnit	32.945	35.894	40.829
Trafikarbejde (mio. km)	42	590	1.209
Antal ulykker	14	123	185
Antal personskader	2	11	13
Ulykkesfrekvens	0,329	0,209	0,153
Skadesfrekvens	0,047	0,019	0,011

Tabel 73. *Motorvejsforgreninger opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 74, Tabel 75 og Tabel 76 er forgreningerne opdelt efter længden af forgreningens delstrækninger og forgreningens samlede længde. Af disse tabeller ses, at trafiksikkerheden på motorvejsforgreninger synes at blive bedre, jo længere kilestrækningen er, jo længere spærrefladen er og jo længere forgreningens samlede længde er.

Motorvejsforgreninger	Længde af kilestrækning (meter)			
	0	73-149	150-249	250-550
Antal strækninger	3	7	8	10
Længde (meter)	847	2.179	3.277	6.305
ÅDT, gennemsnit	51.007	41.476	35.648	34.462
Trafikarbejde (mio. km)	161	349	557	773
Antal ulykker	45	70	104	103
Antal personskader	1	3	14	8
Ulykkesfrekvens	0,280	0,200	0,187	0,133
Skadesfrekvens	0,006	0,009	0,025	0,010

Tabel 74. *Motorvejsforgreninger opdelt efter længde af kilestrækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsforgreninger	Længde af fuldt optrukken linje (meter)		Længde af spærreflade (meter)			
	0	80-170	30-74	75-99	100-149	150-266
Antal strækninger	25	3	4	6	9	9
Længde (meter)	10.712	1.896	1.072	2.311	4.177	5.048
ÅDT, gennemsnit	38.468	37.151	40.543	36.084	40.656	36.509
Trafikarbejde (mio. km)	1.565	276	235	327	644	636
Antal ulykker	272	50	61	84	105	72
Antal personskader	20	6	5	7	12	2
Ulykkesfrekvens	0,174	0,181	0,260	0,257	0,163	0,113
Skadesfrekvens	0,013	0,022	0,021	0,021	0,019	0,003

Tabel 75. *Motorvejsforgreninger opdelt efter længde på hhv. fuldt optrukken linje og spærreflade. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsforgreninger	Samlet længde af forgrening (meter)			
	215-299	300-399	400-599	600-944
Antal strækninger	6	9	6	7
Længde (meter)	1.485	3.237	2.892	4.994
ÅDT, gennemsnit	43.332	40.556	32.308	36.332
Trafikarbejde (mio. km)	258	538	425	621
Antal ulykker	71	116	81	54
Antal personskader	7	7	5	7
Ulykkesfrekvens	0,275	0,216	0,191	0,087
Skadesfrekvens	0,027	0,013	0,012	0,011

Tabel 76. *Motorvejsforgreninger opdelt efter samlet længde af forgrening inkl. en op til 100 meter lang strækning efter spærrefladen. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsforgreninger	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)				
	1.139-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	5.000-54.130
Antal strækninger	8	7	6	2	5
Længde (meter)	3.944	2.785	2.889	1.058	1.932
ÅDT, gennemsnit	41.253	38.585	34.744	33.754	39.415
Trafikarbejde (mio. km)	559	534	343	64	341
Antal ulykker	75	95	59	5	88
Antal personskader	3	11	6	1	5
Ulykkesfrekvens	0,134	0,178	0,172	0,078	0,258
Skadesfrekvens	0,005	0,021	0,018	0,016	0,015

Tabel 77. *Motorvejsforgreninger opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Af Tabel 77 fremgår, at den gennemsnitlige horisontale kurveradius i forgreninger (for det gennemgående vejnummer) varierer betydeligt. Ulykkes- og

skadesfrekvenser ser ikke ud til at være påvirket af den gennemsnitlige horisontale kurveradius. Det samme kan siges om den mindste horisontale kurveradius.

Motorvejsforgreninger	Hastighedsbegrænsning (km/t)				Vejbelysning	
	90	110	120	Blandet	Ja/delvist	Nej
Antal strækninger	5	21	1	1	16	12
Længde (meter)	1.638	10.207	500	263	6.180	6.428
ÅDT, gennemsnit	36.066	39.784	18.329	39.045	41.144	34.572
Trafikarbejde (mio. km)	264	1.508	50	19	1.157	684
Antal ulykker	72	238	6	6	219	103
Antal personskader	5	18	1	2	18	8
Ulykkesfrekvens	0,273	0,158	0,120	0,320	0,189	0,151
Skadesfrekvens	0,019	0,012	0,020	0,107	0,016	0,012

Tabel 78. *Motorvejsforgreninger opdelt efter hastighedsbegrænsning og forekomst af vejbelysning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 78 viser, at de fleste motorvejsforgreninger har en hastighedsbegrænsning på 90 eller 110 km/t. Ulykkes- og skadesfrekvenser er højere på forgreninger med 90 km/t hastighedsbegrænsning end med 110 km/t, dog er forgreninger med 90 km/t væsentligt kortere (samlet længde) end forgreninger med 110 km/t. Tabel 78 viser også, at ulykkes- og skadesfrekvenser er lidt højere på forgreninger med vejbelysning end uden vejbelysning, som dog har en større samlet længde. I øvrigt har 2 forgreninger variable tavler, og her er der lavere ulykkes- og skadesfrekvenser end på de andre forgreninger.

Samlet set tyder opgørelserne af motorvejsforgreninger på, at bredden af nødspor og længden af hhv. kilestrækning og spærreflade påvirker trafiksikkerheden på motorvejsforgreninger. Jo bredere nødspor samt jo længere kilestrækninger og spærreflader desto bedre bliver trafiksikkerheden.

Motorvejssammenløb

I Tabel 79-Tabel 85 ses opgørelser over en række forhold vedrørende motorvejssammenløb. Tabel 79 viser, at 19 sammenløb har 4 kørespor på de to motorvejsstrækninger før sammenløbet, og 3 kørespor på motorvejsstrækningen efter sammenløbet. Tabellen kan indikere, at sammenløb med 4 kørespor både før og efter sammenløbet har bedre trafiksikkerhed end andre sammenløb.

Den gennemsnitlige bredde af kørespor (målt ved slut af sammenløb) varierer ikke meget, nemlig kun mellem 3,43-3,75 meter, og der ses ikke nogen relation mellem køresporsbredde og trafiksikkerhed. Bredden af nødspor (den gennemsnitlige bredde af nødspor inkl. ydre kantbane af den højre beliggende motorvej i hele sammenløbets længde) varierer mellem 0,5-3,5 meter, se Tabel 80. Her ser det også ud til, at ulykkes- og skadesfrekvenser heller ikke har en nævneværdig relation til trafiksikkerheden.

Motorvejssammenløb	Antal kørespor før og efter sammenløb (i kørselsretning)					
	4 → 2	4 → 3	5 → 3	4 → 4	5 → 4	5 → 5
Antal strækninger	2	19	1	5	3	1
Længde (meter)	1.460	8.953	885	656	1.720	170
ÅDT, gennemsnit	20.229	34.927	60.445	44.743	45.815	59.717
Trafikarbejde (mio. km)	105	1.226	176	103	281	44
Antal ulykker	20	267	51	13	41	11
Antal personskader	5	25	0	1	6	1
Ulykkesfrekvens	0,190	0,218	0,290	0,127	0,146	0,247
Skadesfrekvens	0,048	0,020	0,000	0,010	0,021	0,022

Tabel 79. *Motorvejssammenløb opdelt efter antallet af kørespor før og efter sammenløbet. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejssammenløb	Bredde af nødspor (meter)			
	0,50-0,99	1,00-2,49	2,50-3,00	3,01-3,50
Antal strækninger	4	1	12	14
Længde (meter)	1.320	132	6.650	5.742
ÅDT, gennemsnit	31.355	34.414	34.040	44.078
Trafikarbejde (mio. km)	143	25	680	1.087
Antal ulykker	27	13	136	227
Antal personskader	4	4	10	20
Ulykkesfrekvens	0,189	0,523	0,200	0,209
Skadesfrekvens	0,028	0,161	0,015	0,018

Tabel 80. *Motorvejssammenløb opdelt efter gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejssammenløb	Længde af spærreflade (meter)			Længde af fuldt optrukken linje (meter)	
	10-99	100-199	200-640	0	78-220
Antal strækninger	8	14	9	29	2
Længde (meter)	2.550	5.524	5.770	12.650	1.194
ÅDT, gennemsnit	34.708	41.096	36.933	39.011	27.031
Trafikarbejde (mio. km)	405	804	727	1.798	137
Antal ulykker	82	188	133	383	20
Antal personskader	14	14	10	37	1
Ulykkesfrekvens	0,203	0,234	0,183	0,213	0,146
Skadesfrekvens	0,035	0,017	0,014	0,021	0,007

Tabel 81. *Motorvejssammenløb opdelt efter længde på hhv. spærreflade og fuldt optrukken linje. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 81, Tabel 82 og Tabel 83 er sammenløbene opdelt efter længden af sammenløbets delstrækninger og sammenløbets samlede længde. Af disse tabeller ses,

at trafiksikkerheden på motorvejsforgreninger synes at blive bedre, jo længere sammenløbets samlede længde er.

Motorvejssammenløb	Længde af kilestrækning (meter)			
	0	92-249	250-349	350-780
Antal strækninger	7	7	8	9
Længde (meter)	1.466	2.036	3.795	6.547
ÅDT, gennemsnit	45.789	36.298	39.577	32.685
Trafikarbejde (mio. km)	208	386	697	645
Antal ulykker	37	80	166	120
Antal personskader	5	14	7	12
Ulykkesfrekvens	0,178	0,207	0,238	0,186
Skadesfrekvens	0,024	0,036	0,010	0,019

Tabel 82. *Motorvejssammenløb opdelt efter længde af kilestrækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejssammenløb	Samlet længde af sammenløb (meter)			
	78-199	200-399	400-599	600-990
Antal strækninger	6	8	9	8
Længde (meter)	723	2.430	4.336	6.355
ÅDT, gennemsnit	46.874	40.410	32.540	36.002
Trafikarbejde (mio. km)	153	501	695	586
Antal ulykker	36	117	140	110
Antal personskader	6	12	11	9
Ulykkesfrekvens	0,235	0,233	0,202	0,188
Skadesfrekvens	0,039	0,024	0,016	0,015

Tabel 83. *Motorvejssammenløb opdelt efter samlet længde af sammenløbet. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 84 viser, at den gennemsnitlige horisontale kurveradius i sammenløb (for det gennemgående vejnummer) varierer betydeligt. Ulykkes- og skadesfrekvenser ser ikke ud til at være påvirket af den gennemsnitlige horisontale kurveradius. Det samme kan siges om den mindste horisontale kurveradius.

Tabel 85 viser, at de fleste motorvejssammenløb har en hastighedsbegrænsning på 90 eller 110 km/t. Ulykkes- og skadesfrekvenser er højere på sammenløb med 90 km/t hastighedsbegrænsning end med 110 km/t, dog er sammenløb med 90 km/t væsentligt kortere (samlet længde) end sammenløb med 110 km/t. Tabel 85 viser også, at ulykkes- og skadesfrekvenser er lidt højere på sammenløb uden vejbelysning end med vejbelysning. I øvrigt har 6 sammenløb variable tavler, og her er ulykkes- og skadesfrekvenser omtrent de samme som på andre sammenløb.

Motorvejssammenløb	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)				
	1.061-1.999	2.000-2.999	3.000-3.999	4.000-4.999	≤ 5.000
Antal strækninger	7	10	3	1	9
Længde (meter)	2.572	4.841	1.765	447	4.014
ÅDT, gennemsnit	36.590	41.335	35.790	31.715	38.886
Trafikarbejde (mio. km)	294	805	165	78	578
Antal ulykker	55	187	16	14	131
Antal personskader	8	19	0	2	9
Ulykkesfrekvens	0,187	0,232	0,097	0,180	0,227
Skadesfrekvens	0,027	0,024	0,000	0,026	0,016

Tabel 84. *Motorvejssammenløb opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejssammenløb	Hastighedsbegrænsning (km/t)				Vejbelysning	
	90	110	120	Blandet	Ja/delvist	Nej
Antal strækninger	5	24	1	1	18	13
Længde (meter)	1.121	11.554	623	546	6.609	7.235
ÅDT, gennemsnit	38.907	39.502	20.841	21.982	40.905	34.546
Trafikarbejde (mio. km)	230	1.633	33	39	1.240	695
Antal ulykker	77	315	10	1	221	182
Antal personskader	9	28	1	0	21	17
Ulykkesfrekvens	0,335	0,193	0,301	0,025	0,178	0,262
Skadesfrekvens	0,039	0,017	0,030	0,000	0,017	0,024

Tabel 85. *Motorvejssammenløb opdelt efter hastighedsbegrænsning og forekomst af vejbelysning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Samlet set tyder opgørelserne for motorvejssammenløb på, at den samlede længde og forekomst af vejbelysning påvirker trafiksikkerheden lidt på sammenløbene. Jo længere sammenløb og tilstedeværelse af vejbelysning desto bedre bliver trafiksikkerheden.

Motorvejsvekselstrækninger

I Tabel 86-Tabel 91 fremgår en række forhold relateret til motorvejsvekselstrækninger. Tabel 86 viser, at 16 vekselstrækninger har 2 kørespor (og ét vekselspor) på motorvejen, og 13 vekselstrækninger har 3 kørespor. Tabellen indikerer, at vekselstrækninger med 3 kørespor (og ét vekselspor) har bedre trafiksikkerhed end strækninger med 2 kørespor. Tabellen viser samtidig vekselstrækningerne opdelt efter den gennemsnitlige bredde af kørespor. Det fremgår, at en kørespors-bredde på 3,50 meter forekommer sikrere end 3,75 meter.

Motorvejsvekselstrækninger	Antal kørespor		Bredde af kørespor (meter)			
	2	3	3,33-3,49	3,50	3,51-3,74	3,75
Antal strækninger	16	13	3	16	3	7
Længde (meter)	13.698	11.675	1.427	16.237	2.975	4.734
ÅDT, gennemsnit	24.946	42.202	39.397	33.446	36.098	26.593
Trafikarbejde (mio. km)	1.212	1.488	306	1.545	429	420
Antal ulykker	231	187	29	213	99	77
Antal personskader	19	14	7	15	4	7
Ulykkesfrekvens	0,191	0,126	0,095	0,138	0,231	0,183
Skadesfrekvens	0,016	0,009	0,023	0,010	0,009	0,017

Tabel 86. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter antal kørespor på motorvejen (ej vekselspor) og gennemsnitlig bredde kørespor. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Bredden af nødspor (gennemsnitlig bredde af nødspor inkl. ydre kantbane til højre for vekselsporet) varierer mellem 0,5-3,5 meter. Der synes ikke at være nævneværdige relationer mellem nødsporsbredden og trafiksikkerheden, se Tabel 86.

Motorvejsvekselstrækninger	Længde af spærreflade ved tilkørsel (meter)			Længde af fuldt optrukken linje ved tilkørsel (meter)	
	0-99	100-199	200-320	0	40-120
Antal strækninger	12	6	11	24	5
Længde (meter)	6.145	6.082	13.146	21.613	3.760
ÅDT, gennemsnit	35.310	28.584	32.050	34.356	24.647
Trafikarbejde (mio. km)	876	741	1.084	2.378	322
Antal ulykker	128	101	189	388	30
Antal personskader	13	6	14	31	2
Ulykkesfrekvens	0,146	0,136	0,174	0,163	0,093
Skadesfrekvens	0,015	0,008	0,013	0,013	0,006

Tabel 87. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter længde på hhv. spærreflade og fuldt optrukken linje ved tilkørsel. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 87-Tabel 90 er vekselstrækningerne opdelt efter længden af strækningens delstrækninger og samlede længde. Af disse tabeller ses, at skadesfrekvensen på motorvejsvekselstrækninger altid forekommer højest ved de korteste længder. Derimod synes der ikke at være en relation mellem længde og ulykkesfrekvens, dog er ulykkesfrekvensen lavere, hvis der er fuldt optrukken linje hhv. ved til- og frakørsel.

Motorvejsvekselstrækninger	Længde af kilestrækning (meter)			
	112-199	200-299	300-499	500-1.620
Antal strækninger	4	8	7	10
Længde (meter)	1.264	4.019	4.923	15.167
ÅDT, gennemsnit	29.475	28.999	39.457	32.168
Trafikarbejde (mio. km)	209	357	689	1.445
Antal ulykker	27	42	148	201
Antal personskader	5	6	7	15
Ulykkesfrekvens	0,129	0,118	0,215	0,139
Skadesfrekvens	0,024	0,017	0,010	0,010

Tabel 88. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter længde af kilestrækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsvekselstrækninger	Længde af fuldt optrukken linje ved frakørsel (meter)		Længde af spærreflade ved frakørsel (meter)		
	0	40-147	25-99	100-149	150-302
Antal strækninger	25	4	9	11	9
Længde (meter)	21.521	3.852	5.469	9.027	10.877
ÅDT, gennemsnit	32.177	35.836	35.292	29.561	33.884
Trafikarbejde (mio. km)	2.140	561	806	902	992
Antal ulykker	368	50	117	153	148
Antal personskader	31	2	11	10	12
Ulykkesfrekvens	0,172	0,089	0,145	0,170	0,149
Skadesfrekvens	0,014	0,004	0,014	0,011	0,012

Tabel 89. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter længde på hhv. fuldt optrukken linje og spærreflade ved frakørsel. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Motorvejsvekselstrækninger	Samlet længde af vekselstrækning (meter)			
	247-399	400-599	600-999	1.000-2.085
Antal strækninger	6	6	8	9
Længde (meter)	2.037	3.016	5.918	14.402
ÅDT, gennemsnit	29.953	34.418	34.791	31.468
Trafikarbejde (mio. km)	290	263	863	1.284
Antal ulykker	47	26	159	186
Antal personskader	8	3	9	13
Ulykkesfrekvens	0,162	0,099	0,184	0,145
Skadesfrekvens	0,028	0,011	0,010	0,010

Tabel 90. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter samlet længde af vekselstrækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Opgørelser af hhv. den mindste og gennemsnitlige horisontale kurveradius viser, at kurveradierne ikke ser ud til at påvirke ulykkes- og skadesfrekvenser. Den

mindste og gennemsnitlige horisontale kurveradius varierer hhv. fra 966 meter og op og 1.468 meter og op.

Motorvejsvekselstrækninger	Hastighedsbegrænsning (km/t)				Vejbelysning	
	60-80	90	110	Blandet	Ja/delvist	Nej
Antal strækninger	3	2	22	2	14	15
Længde (meter)	1.451	700	21.152	2.070	8.282	17.091
ÅDT, gennemsnit	36.344	30.692	32.703	28.944	39.354	26.454
Trafikarbejde (mio. km)	80	135	2.257	229	1.386	1.314
Antal ulykker	13	7	331	67	259	159
Antal personskader	3	0	29	1	20	13
Ulykkesfrekvens	0,163	0,052	0,147	0,292	0,187	0,121
Skadesfrekvens	0,038	0,000	0,013	0,004	0,014	0,010

Tabel 91. *Motorvejsvekselstrækninger opdelt efter hastighedsbegrænsning og forekomst af vejbelysning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 91 viser, at de fleste motorvejsvekselstrækninger har en hastighedsbegrænsning på 110 km/t. Det er vanskeligt at vurdere om ulykkes- og skadesfrekvenser påvirkes af hastighedsbegrænsningen på vekselstrækninger. Tabellen viser også, at ulykkes- og skadesfrekvenser er lidt højere på vekselstrækninger med vejbelysning end uden vejbelysning. I øvrigt har 5 vekselstrækninger variable tavler, og her er ulykkesfrekvenser lidt højere end på andre vekselstrækninger.

Samlet set tyder opgørelserne af motorvejsvekselstrækningerne på, at strækninger med 3 kørespor og et vekselspor er væsentligt sikrere end strækninger med kun 2 kørespor og et vekselspor. Desuden synes en køresporsbredde på 3,50 meter at være optimal. Korte vekselstrækninger har en højere skadesfrekvens end lange, og forekomst af fuldt optrukne linjer mellem kørespor og vekselspor er til gavn for trafiksikkerheden. Tilstedeværelse af vejbelysning og variable tavler på vekselstrækninger ser ikke ud til at forbedre trafiksikkerheden.

Basismodeller

I det følgende udvikles ulykkesmodeller – basismodeller – for øvrige motorvejsflettestrækninger. Her indgår to puljer af øvrige motorvejsflettestrækninger:

Pulje 1 består af 60 strækninger (20 motorvejsforgreninger, 23 motorvejssammenløb og 17 motorvejsvekselstrækninger), hvilket er strækninger med gyldige data for hele perioden 2013-2020. Strækningerne i pulje 1 har en samlet længde på 30.105 meter. På strækningerne er der registreret 653 ulykker og 34 personskader i perioden 2013-2020.

Pulje 2 består af 88 strækninger (28 motorvejsforgreninger, 31 motorvejssammenløb og 29 motorvejsvekselstrækninger), hvilket er alle strækninger med gyldige data i mindst 1 år. Strækninger i pulje 2 har en samlet længde på 51.825 meter. På

strækningerne er der registreret 1.143 ulykker og 97 personskader i årene 2006-2020 i de år, hvor den enkelte øvrige motorvejsflettestrækning har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år.

Basismodeller for øvrige motorvejsflettestrækninger ser således ud:

$$UT = a \cdot b_{strækningstype} \cdot N^p$$

hvor a, b og p er estimerede konstanter, og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik.

For øvrige motorvejsflettestrækninger er der ikke opstillet basismodeller for ene-ulykker og flerpartsulykker og ej heller med års- eller periodefaktorer.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	26	0,108	-	-	-	-
Materielskadeulykker	161	0,668	0,0000002418	1,4120	0,5117	0,38
Ekstrauheld	466	1,935	0,0000000117	1,7910	0,4701	0,49
Person- og materielskade-ulykker	187	0,776	0,0000007278	1,3223	0,4250	0,40
Alle ulykker	653	2,711	0,0000000689	1,6586	0,4216	0,49
Dræbte	2	0,008	-	-	-	-
Alvorlige skader	18	0,075	0,0000000424	1,3644	0,0002	0,39
Lette skader	14	0,058	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	20	0,083	0,0000000438	1,3736	0,3616	0,42
Alle personskader	34	0,141	-	-	-	-

Tabel 92. *Basismodeller for ulykker og personskader på øvrige motorvejsflettestrækninger i årene 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 60 øvrige motorvejsflettestrækninger.*

I Tabel 92 ses basismodeller for de 60 øvrige motorvejsflettestrækninger i pulje 1. Konstanten b er ikke statistisk signifikant i en eneste model og derfor ikke medtaget i tabellen. Alle andre estimerede konstanter vist i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker, dræbte, lette skader og alle personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante.

Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 49 % af den systematiske variation i forekomsten af ulykker. Spredningsparameteren, k, er omkring 0,4 for ulykker, hvilket betyder, at der er et mindre omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker. Konstanten p er langt over 1 for ulykker, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen stiger voldsomt med stigende årsdøgntrafik.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	75	0,133	0,0000662682	0,7392	0,1230	0,49
Materielskadeulykker	310	0,551	0,0000006987	1,3110	0,3512	0,38
Ekstrauheld	758	1,348	0,0000000513	1,6373	0,3614	0,46
Person- og materielskadeulykker	385	0,685	0,0000028965	1,1970	0,3105	0,38
Alle ulykker	1.143	2,032	0,0000003784	1,4897	0,3241	0,43
Dræbte	5	0,009	-	-	-	-
Alvorlige skader	57	0,101	0,0000223474	0,8172	0,2052	0,40
Lette skader	35	0,062	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	62	0,110	-	-	-	-
Alle personskader	97	0,172	-	-	-	-

Tabel 93. *Basismodeller for ulykker og personskader på øvrige motorvejsflettestrækninger i årene 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 88 øvrige motorvejsflettestrækninger.*

I Tabel 93 ses basismodeller for de 88 øvrige motorvejsflettestrækninger i pulje 2. Konstanten b er ikke statistisk signifikant i en eneste model og derfor ikke medtaget i tabellen. Alle andre estimerede konstanter vist i tabellen er statistisk signifikante, dog er modeller for dræbte, lette skader, dræbte og alvorlige skader samt alle personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante.

Af Tabel 93 fremgår, at årsdøgntrafikken kan forklare 43 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten, hvilket er mindre end for strækninger i pulje 1 (Tabel 92). Spredningsparameteren er ca. 0,32 for ulykker i Tabel 93, hvilket er mindre end i Tabel 92, hvorfor modellerne for pulje 2 strækninger har mindre uforklaret systematisk variation i ulykkesforekomsten. Konstanten p er lavere i Tabel 93 end i Tabel 92, og harmonerer bedre med andre modeller for øvrige motorvejsflettestrækninger. Samlet set er modeller beskrevet for strækninger i pulje 2 (Tabel 93) bedre at bruge end modeller for strækninger i pulje 1 (Tabel 92).

Det anbefales at benytte de med gråt markerede modeller i Tabel 93 til beregning af det forventede antal ulykker og personskader på øvrige motorvejsflettestrækninger. For hver beregnet personskadeulykke kan der forventes 5/75 = 0,0667 dræbte, 57/75 = 0,7600 alvorlige skader og 35/75 = 0,4667 lette skader.

De anbefalede modeller bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere givne år.

2.6.2 Sideanlæg

Der er registreret 85 sideanlæg med en samlet længde på 44.834 meter med gyldige data i mindst ét år. Sideanlæggets længde er antaget at være den samme som motorvejsstrækningen, der ligger umiddelbart ved siden af sideanlægget, altså fra slut på spærrefladen på frakørselsflettestrækningen før sideanlægget til start på spærrefladen på tilkørselsflettestrækningen efter sideanlægget.

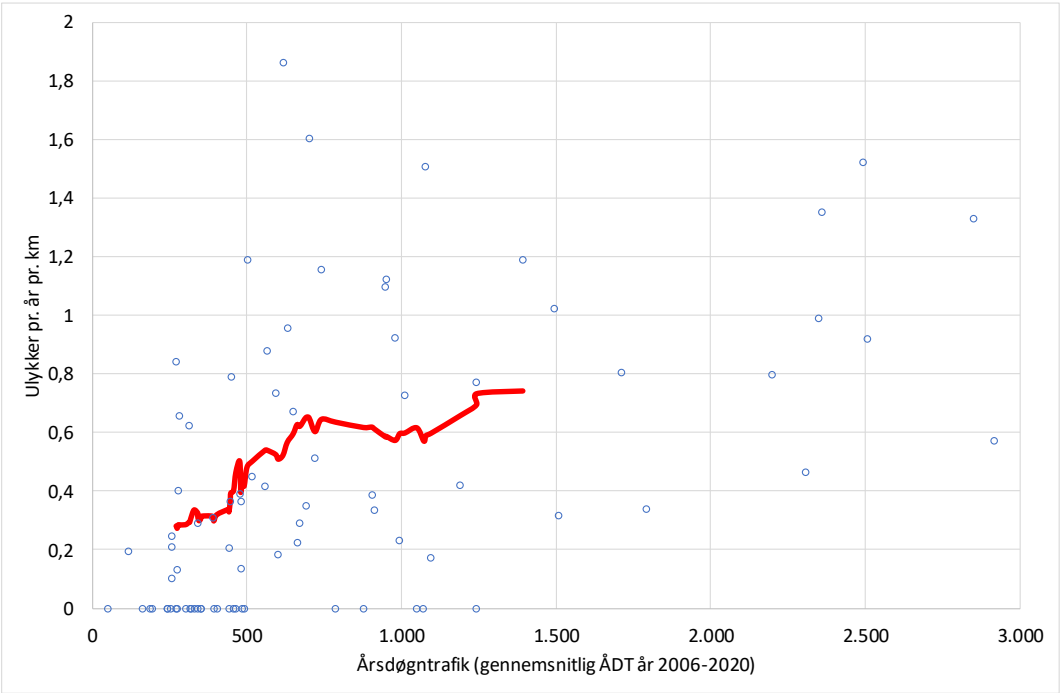
Nogle sideanlæg er først bygget i de senere år, andre er blevet ombygget, og det varierer meget, hvor mange år der findes trafiktal for sideanlæggene. Derfor findes der ikke gyldige data for alle årene i perioden 2006-2020 for alle 85 sideanlæg.

I Tabel 94 er opgjort, hvor mange sideanlæg der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkes- og skadesfrekvenser varierer meget fra år til år, da der kun er registreret få ulykker og personskader pr. år, dog ser ulykkesfrekvensen ud til at være rimelig stabil gennem hele perioden.

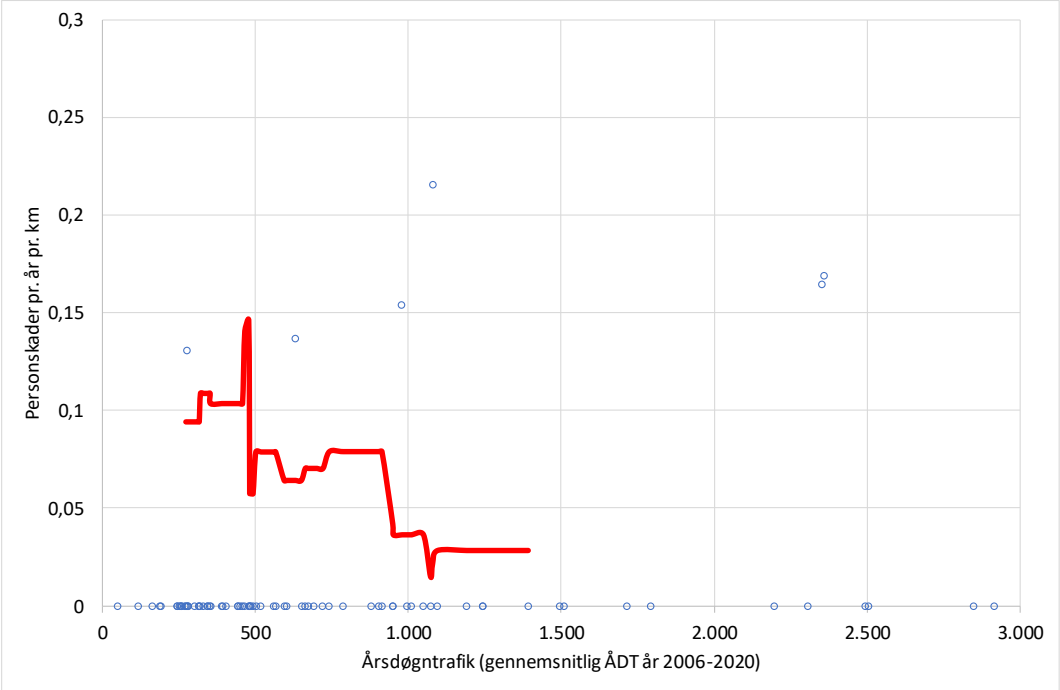
År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	3	2	1	1	0	1	0	1	0,850	0	1	0	1	0,850
2007	3	2	1	0	2	2	0	2	1,832	0	0	0	0	0,000
2008	5	3	1	1	0	1	0	1	0,968	0	1	0	1	0,968
2009	25	13	5	0	3	3	2	5	1,057	0	0	0	0	0,000
2010	29	14	5	0	5	5	1	6	1,180	0	0	0	0	0,000
2011	31	16	5	2	1	3	4	7	1,315	0	0	2	2	0,376
2012	45	23	7	1	6	7	5	12	1,641	0	1	0	1	0,137
2013	50	25	8	0	4	4	6	10	1,277	0	0	0	0	0,000
2014	55	29	9	1	1	2	3	5	0,557	0	1	0	1	0,111
2015	58	31	10	0	3	3	7	10	1,051	0	0	0	0	0,000
2016	82	42	13	1	4	5	11	16	1,221	0	2	0	2	0,153
2017	82	42	13	1	6	7	16	23	1,714	0	1	0	1	0,075
2018	82	42	14	1	3	4	13	17	1,255	0	1	0	1	0,074
2019	83	44	14	1	12	13	14	27	1,999	1	0	0	1	0,074
2020	83	44	12	0	5	5	8	13	1,097	0	0	0	0	0,000
Total	-	-	118	10	55	65	90	155	1,319	1	8	2	11	0,094

Tabel 94. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 85 sideanlæg i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*

I Figur 13 og Figur 14 er ulykkes- og personskadetæthed afbilledet ift. trafikmængden på sideanlæg. Det ser ud til, at antallet af ulykker pr. år pr. km øges med ca. 60-70 %, når årsdøgntrafikken fordobles, mens antallet af personskader pr. år pr. km falder, når årsdøgntrafikken øges.



Figur 13. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 85 sideanlæg. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*



Figur 14. *Personskadetæthed og trafikmængde for 85 sideanlæg. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*

Sideanlæg	Længde (meter)				
	71-299	300-549	550-699	700-1.108	I alt
Antal strækninger	18	24	20	23	85
Længde (meter)	3.125	11.191	12.238	18.280	44.834
ÅDT, gennemsnit	427	925	788	933	789
Trafikarbejde (mio. km)	4	39	28	46	118
Antal ulykker	17	58	36	44	155
Antal personskader	4	5	2	0	11
Ulykkesfrekvens	4,099	1,492	1,270	0,954	1,319
Skadesfrekvens	0,964	0,129	0,071	0,000	0,094

Tabel 95. *Sideanlæg opdelt efter længde. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 95 er sideanlæggene opdelt efter længde, som varierer mellem 71 og 1,108 meter. Det ses, at ulykkes- og skadesfrekvenser falder, jo længere sideanlægget er.

I det følgende udvikles ulykkesmodeller – basismodeller – for sideanlæg. Her indgår to puljer af sideanlæg:

Pulje 1 består af 48 sideanlæg, hvilket er sideanlæg med gyldige data for alle år i perioden 2013-2020, hvor sideanlæg kortere end 100 meter er udeladt. Sideanlæg i pulje 1 har en samlet længde på 23.834 meter. Der er på disse sideanlæg registreret 73 ulykker og 2 personskader i perioden 2013-2020.

Pulje 2 består af 82 sideanlæg, hvilket er alle sideanlæg undtaget dem, der er kortere end 100 meter. Sideanlæg i pulje 2 har en samlet længde på 44.583 meter. På disse sideanlæg er der registreret 155 ulykker og 11 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor det enkelte sideanlæg har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år.

Basismodeller for sideanlæg ser således ud:

$$UT = a \cdot N^p \cdot e^{bx}$$

hvor a, b og p er estimerede konstanter, N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik på sideanlægget og x er længden (i km) af sideanlægget.

For sideanlæg er der ikke opstillet basismodeller for ene- og flerpartsulykker og ej heller med års- eller periodefaktorer.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	b	k	R_k^2
Personskadeulykker	2	0,010	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	18	0,094	0,0000898382	1,0411	-	0,8427	0,52
Ekstrauheld	53	0,278	0,0031135242	0,8379	-1,9894	0,1694	0,78
Person- og materielskadeulykker	20	0,105	0,0001061561	1,0349	-	0,6056	0,55
Alle ulykker	73	0,383	0,0029466098	0,8722	-1,7192	0,1231	0,82
Dræbte	0	0,000	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	2	0,010	-	-	-	-	-
Lette skader	0	0,000	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	2	0,010	-	-	-	-	-
Alle personskader	2	0,010	-	-	-	-	-

Tabel 96. *Basismodeller for ulykker og personskader på sideanlæg i 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 48 sideanlæg.*

I Tabel 96 ses basismodeller for de 48 sideanlæg i pulje 1. Konstanten b er ikke statistisk signifikant i modeller for materielskadeulykker og person- og materielskadeulykker og derfor ikke medtaget i tabellen for disse modeller. Alle andre estimerede konstanter vist i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle slags personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante.

Tabel 96 viser, at årsdøgntrafikken og sideanlæggets længde kan forklare 82 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten. Spredningsparameteren, k, er omkring 0,1 for ulykker, hvilket betyder, at der kun er et meget lille omfang af uforklaret systematisk variation i forekomsten af ulykker. Konstanten p er omkring 1 for ulykker, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen er nogenlunde den samme uanset årsdøgntrafik. Konstanten b er negativ, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen falder, jo længere sideanlægget er.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	b	k	R_k^2
Personskadeulykker	10	0,026	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	55	0,144	0,0000932152	1,0858	-	0,0006	1,00
Ekstrauheld	90	0,236	0,0059373047	0,7126	-1,7968	0,1438	0,76
Person- og materielskadeulykker	65	0,171	0,0006682154	0,9899	-1,9235	0,0003	1,00
Alle ulykker	155	0,407	0,0049325460	0,8214	-1,8312	0,0920	0,87
Dræbte	1	0,003	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	8	0,021	-	-	-	-	-
Lette skader	2	0,005	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	9	0,024	-	-	-	-	-
Alle personskader	11	0,029	-	-	-	-	-

Tabel 97. *Basismodeller for ulykker og personskader på sideanlæg i 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 82 sideanlæg.*

Af Tabel 97 fremgår basismodeller for de 82 sideanlæg i pulje 2. Konstanten b er ikke statistisk signifikant i modeller for materielskadeulykker og derfor ikke medtaget i tabellen for den model. Alle andre estimerede konstanter vist i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle slags personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante.

Tabel 97 viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 87 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten, hvilket er lidt mere end for sideanlæg i pulje 1 (Tabel 96). Spredningsparameteren er ca. 0,1 for ulykker, hvilket er omtrent det samme som i Tabel 96. Konstanten p er lavere i Tabel 97 end i Tabel 96, og harmonerer bedre med andre ulykkesmodeller for sideanlæg. Samlet set er modeller for sideanlæg i pulje 2 (Tabel 97) bedre at anvende end modeller for sideanlæg i pulje 2 (Tabel 96).

Det anbefales at benytte den med gråt markerede model i Tabel 97 til beregning af det forventede antal ulykker og personskader på sideanlæg. For hver beregnet ulykke kan der forventes 10/155 = 0,0645 personskadeulykker, 55/155 = 0,3548 materielskadeulykker, 90/155 = 0,5806 ekstrauheld, 1/155 = 0,0065 dræbte, 8/155 = 0,0516 alvorlige skader og 2/155 = 0,0129 lette skader.

Den anbefalede model bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere givne år.

2.6.3 Øvrige ramper

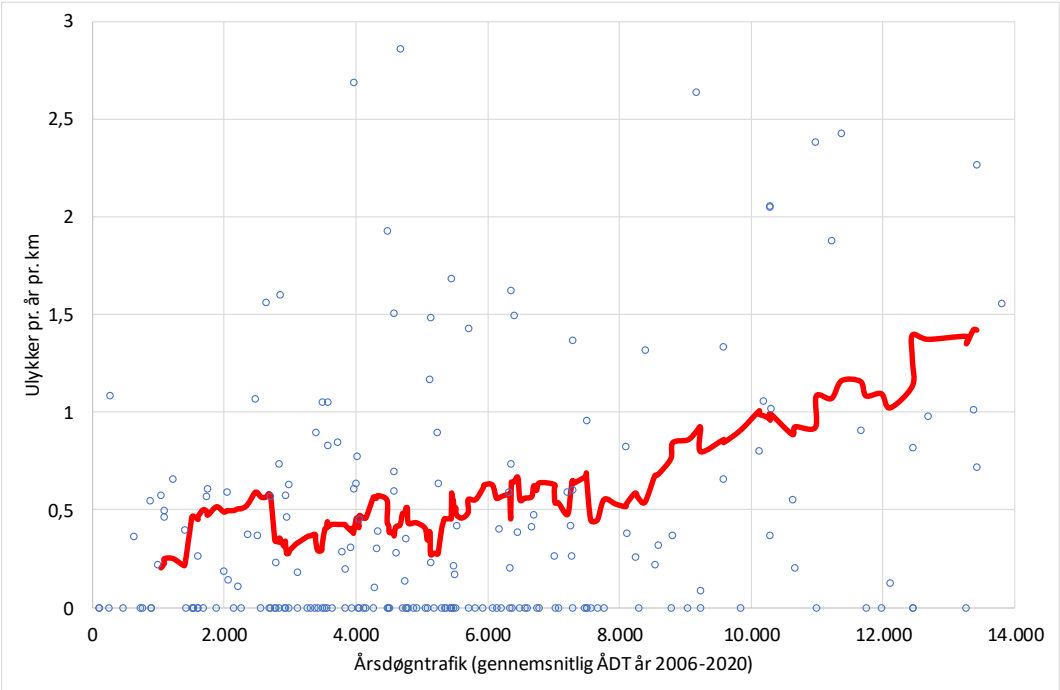
Øvrige ramper udgøres af forbindelsesramper, rampeforgreninger, rampesammenløb, rampevekselstrækninger og parallelspor i motorvejskryds samt dobbeltrettede ramper, hvor en frakørselsrampe og en tilkørselsrampe løber sammen i en vej uden midterrabat med dobbeltrettet.

Der er i alt registreret 221 øvrige ramper med en samlet længde på 58.082 meter med gyldige data i mindst ét år. Nogle øvrige ramper er først bygget i de senere år og andre er blevet ombygget. Derfor findes der ikke gyldige data for alle årene i perioden 2006-2020 for alle 221 øvrige ramper. I Tabel 98 ses antallet af øvrige ramper, der findes data for i de enkelte år i 2006-2020. Ulykkes- og skadesfrekvenser varierer meget fra år til år, da der kun er registreret få ulykker og meget få personskader pr. år.

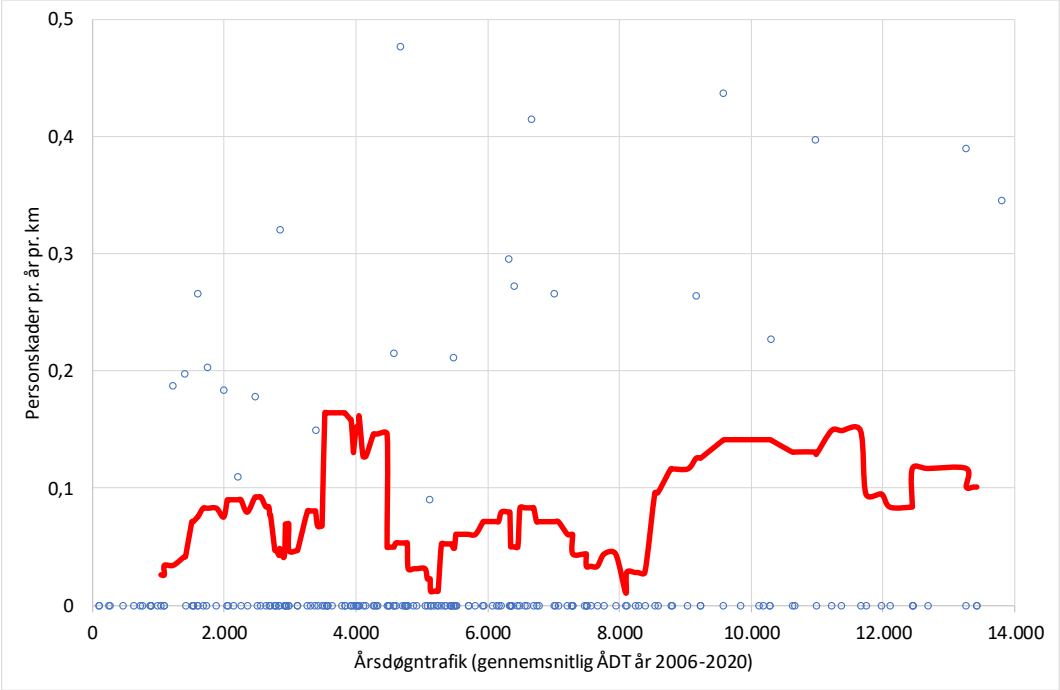
Figur 15 og Figur 16 illustrerer ulykkes- og personskadetæthed set ift. trafikmængden på øvrige ramper. Det ser ud til, at antallet af ulykker pr. år pr. km stiger ca. 50 %, når årsdøgntrafikken fordobles, mens antallet af personskader pr. år pr. km stiger ca. 20 %, når årsdøgntrafikken fordobles.

År	Strækninger			Ulykker						Personskader				
	Antal	Km	TA	PU	MU	PU + MU	EU	Alle	UF	DR	ALV	LET	Alle	SF
2006	93	22	45	2	0	2	5	7	0,156	0	1	2	3	0,067
2007	141	38	62	3	5	8	4	12	0,194	0	2	4	6	0,097
2008	141	38	66	4	7	11	14	25	0,380	0	4	0	4	0,061
2009	173	44	79	5	6	11	21	32	0,403	0	4	1	5	0,063
2010	175	45	81	3	2	5	15	20	0,247	0	2	2	4	0,049
2011	185	48	93	2	6	8	21	29	0,312	1	0	1	2	0,021
2012	185	48	97	3	7	10	19	29	0,298	0	3	0	3	0,031
2013	204	53	106	0	5	5	21	26	0,246	0	0	0	0	0,000
2014	204	53	112	6	8	14	24	38	0,340	0	5	1	6	0,054
2015	205	53	117	3	5	8	25	33	0,283	0	2	1	3	0,026
2016	216	56	125	5	10	15	22	37	0,296	0	3	3	6	0,048
2017	217	57	130	4	7	11	24	35	0,269	0	2	4	6	0,046
2018	220	58	138	3	9	12	20	32	0,233	0	3	0	3	0,022
2019	220	58	140	3	9	12	21	33	0,235	0	3	0	3	0,021
2020	221	58	126	6	16	22	39	61	0,484	0	2	5	7	0,055
Total	-	-	1.517	52	102	154	295	449	0,296	1	36	24	61	0,040

Tabel 98. *Politiregistrerede ulykker og personskader på 221 øvrige ramper i perioden 2006-2020 opdelt efter år. Note: TA = trafikarbejde mio. kørte km, PU = personskadeulykker, MU = materielskadeulykker, EU = ekstrauheld, UF = ulykkesfrekvens (ulykker pr. mio. kørte km), DR = dræbte, ALV = alvorlige skader, LET = lette skader og SF = skadesfrekvens (personskader pr. mio. kørte km).*



Figur 15. *Ulykkestæthed og trafikmængde for 221 øvrige ramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*



Figur 16. *Personskadetæthed og trafikmængde for 221 øvrige ramper. Den røde linje angiver et bevægeligt gennemsnit for 25 observationer.*

Øvrige ramper	Type af øvrig rampe						
	Dobbelt-rettet	Forbin-delse	Forgre-ning	Parallel-spor	Sammen-løb	Veksel	I alt
Antal strækninger	18	78	34	42	29	20	221
Længde (meter)	3.289	30.751	4.262	8.728	4.495	6.557	58.082
ÅDT, gennemsnit	4.525	5.273	8.076	4.178	7.819	8.571	6.068
Trafikarbejde (mio. km)	73	718	157	150	164	254	1.517
Antal ulykker	21	330	35	8	22	33	449
Antal personskader	4	51	1	0	3	2	61
Ulykkesfrekvens	0,286	0,459	0,223	0,053	0,134	0,130	0,296
Skadesfrekvens	0,055	0,071	0,006	0,000	0,018	0,008	0,040

Tabel 99. *Øvrige ramper opdelt efter type af øvrig rampe. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I Tabel 99 er øvrige ramper opdelt efter type. Det ses, at ulykkes- og skadesfrekvenser er størst for forbindelsesramper og mindst for parallelspor.

Det skal nævnes, at rampeforgreninger, parallelspor, rampesammenløb og rampevekselstrækninger ofte er forholdsvis lige ramper, mens dobbeltrettede ramper og især forbindelsesramper ofte har horisontale kurver, der evt. er skarpe. Type og form af øvrige ramper er ikke systematisk registreret, som det ellers er udført for fra- og tilkørselsramper. Derimod er den mindste og gennemsnitlige horisontale kurveradius registreret systematisk for øvrige ramper.

Øvrige ramper	Mindste horisontal kurveradius (meter)			
	26-199	200-999	1.000-2.999	≤ 3.000
Antal strækninger	70	47	61	43
Længde (meter)	23.546	12.499	13.559	8.478
ÅDT, gennemsnit	4.832	6.821	6.951	6.004
Trafikarbejde (mio. km)	525	358	435	198
Antal ulykker	290	76	56	27
Antal personskader	37	16	4	4
Ulykkesfrekvens	0,552	0,212	0,129	0,137
Skadesfrekvens	0,070	0,045	0,009	0,020

Tabel 100. *Øvrige ramper opdelt efter mindste horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

Tabel 100 viser, at den mindste horisontal kurveradius på de øvrige ramper varierer fra 26 meter og op. Det ser ud til, at ulykkes- og skadesfrekvenser falder med stigende kurveradius, indtil den er omkring 1.000 meter.

I Tabel 101 ses, at den gennemsnitlige horisontal kurveradius også varierer betydeligt. Ulykkes- og skadesfrekvenser ser også her ud til at falde frem til en gennemsnitlig horisontal kurveradius på ca. 1.000 meter for derefter at være stabil.

Øvrige ramper	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)			
	56-199	200-999	1.000-2.999	≤ 3.000
Antal strækninger	35	61	60	65
Længde (meter)	9.578	20.020	13.561	14.923
ÅDT, gennemsnit	4.484	6.187	6.610	6.307
Trafikarbejde (mio. km)	194	532	413	376
Antal ulykker	134	206	57	52
Antal personskader	12	36	9	4
Ulykkesfrekvens	0,689	0,387	0,138	0,138
Skadesfrekvens	0,062	0,068	0,022	0,011

Tabel 101. *Øvrige ramper opdelt efter gennemsnitlig horisontal kurveradius på hver strækning. Note: Ulykkes- og skadesfrekvens er hhv. antal ulykker og personskader pr. mio. kørte km.*

I det følgende udvikles ulykkesmodeller – basismodeller – for øvrige ramper. Her indgår to puljer af øvrige ramper:

Pulje 1 består af 172 øvrige ramper (14 dobbeltrettede ramper, 70 forbindelsesramper, 19 rampeforgreninger, 31 parallelspor, 20 rampesammenløb og 18 rampevekselstrækninger), hvilket er ramper med gyldige data for alle år i hele perioden 2013-2020, hvor ramper kortere end 100 meter er udeladt. Ramperne i pulje 1 har en samlet længde på 50.834 meter. På disse ramper i pulje 1 er der registreret 273 ulykker og 31 personskader i perioden 2013-2020.

Pulje 2 består af 187 øvrige ramper (16 dobbeltrettede ramper, 77 forbindelses-ramper, 22 rampeforgreninger, 32 parallelspor, 20 rampesammenløb og 20 rampe-vekselstrækninger), hvilket er alle ramper undtaget dem, der er kortere end 100 meter. Ramper i pulje 2 har en samlet længde på 55.776 meter. På disse ramper er der registreret 436 ulykker og 58 personskader i perioden 2006-2020 i de år, hvor den enkelte rampe har gyldige data.

Basismodeller udvikles med antal år og strækningslængde som offset (justerings-) variable, så den modellerede ulykkestæthed (UT) er ulykker pr. km pr. år. Basis-modeller for øvrige ramper ser således ud:

$$UT = a \cdot b_{rampetype} \cdot N^p$$

hvor a, b og p er estimerede konstanter og N er den gennemsnitlige årsdøgntrafik.

For øvrige ramper er der ikke opstillet basismodeller for ene- og flerpartsulykker og ej heller med års- eller periodefaktorer.

Type af ulykke eller per-sonskade	Rampetype	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Spredning-sparameter	Forklarings-kraft
		Total	Pr. km pr. år	a	p	b	k	R_k^2
Personskadeulykker	Alle	27	0,066	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	Alle	66	0,162	-	-	-	-	-
Ekstrauheld	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	180	0,443	0,0003967517	0,6864	1,0000 4,6941 2,4513 0,5802 2,1546 1,6933	1,2290	0,41
Person- og materielskade-ulykker	Alle	93	0,229	-	-	-	-	-
Alle ulykker	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	273	0,671	0,0040291897	0,5695	1,0000 1,9429 0,9289 0,2300 0,6365 0,7861	0,6940	0,44
Dræbte	Alle	0	0,000	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	Alle	19	0,047	-	-	-	-	-
Lette skader	Alle	12	0,030	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	Alle	19	0,047	-	-	-	-	-
Alle personskader	Alle	31	0,076	-	-	-	-	-

Tabel 102. *Basismodeller for ulykker og personskader på øvrige ramper i perioden 2013-2020. Baseret på pulje 1 med 172 øvrige ramper.*

I Tabel 102 ses basismodeller for de 172 øvrige ramper i pulje 1. Kun modeller for ekstrauheld og alle ulykker er statistisk signifikante, og her er både konstanten for årsdøgntrafik og rampetype signifikante. Tal for andre modeller er ikke vist.

Tabel 102 viser, at årsdøgntrafikken og rampetype kan forklare 44 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten. Spredningsparameteren, k, er omkring 0,7 for ulykker, så der er et større omfang af uforklaret systematisk variation i ulykkesforekomsten. Konstanten p er noget under 1 for ulykker, hvilket betyder, at ulykkesfrekvensen falder med stigende årsdøgntrafik. Af konstanten b ses, at forbindelsesramper har den højeste ulykkesfrekvens. Ulykkesfrekvensen på forbindelsesramper er ca. 8-9 gange højere end på parallelspor, der har den laveste ulykkesfrekvens blandt øvrige ramper.

Type af ulykke eller personskade	Rampetype	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter			Spredningsparameter	Forklaringskraft
		Total	Pr. km pr. år	a	p	b	k	R_k^2
Personskadeulykker	Alle	49	0,069	-	-	-	-	-
Materielskadeulykker	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	102	0,144	0,0046862621	0,4497	1,0000 0,9441 0,8148 0,2196 0,0770 0,4107	0,2324	0,48
Ekstrauheld	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	285	0,403	0,0007614394	1,0981	1,0000 2,9985 1,6108 0,2278 1,2188 0,8364	1,0645	0,45
Person- og materielskadeulykker	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	151	0,213	0,0046018357	0,4883	1,0000 1,1513 0,5666 0,1635 0,1670 0,3608	0,4843	0,46
Alle ulykker	Dobbeltrettet Forbindelses Forgrening Parallelspor Sammenløb Veksel	436	0,616	0,0026679791	0,6172	1,0000 1,9993 0,9925 0,1960 0,6236 0,5611	0,6568	0,49
Dræbte	Alle	1	0,001	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	Alle	35	0,049	-	-	-	-	-
Lette skader	Alle	22	0,031	-	-	-	-	-
Dræbte og alvorlige skader	Alle	36	0,051	-	-	-	-	-
Alle personskader	Alle	58	0,082	-	-	-	-	-

Tabel 103. *Basismodeller for ulykker og personskader på øvrige ramper i perioden 2006-2020. Baseret på pulje 2 med 187 øvrige ramper.*

I Tabel 103 ses basismodeller for de 187 øvrige ramper i pulje 2. Alle estimerede konstanter vist i tabellen er statistisk signifikante, dog er modellerne for personskadeulykker og alle slags personskader ikke vist, da de ikke er statistisk signifikante. Tabellen viser, at årsdøgntrafikken kan forklare 49 % af den systematiske variation i ulykkesforekomsten, hvilket er lidt mere end i Tabel 102. Spredningsparameteren er ca. 0,7 for ulykker, hvilket er ca. det samme som i Tabel 102. Konstanterne p og b i Tabel 103 harmonerer bedre med andre ulykkesmodeller for øvrige ramper end modellerne i Tabel 102. Samlet set er modeller for øvrige ramper i pulje 2 (Tabel 103) bedre at anvende end modeller for øvrige ramper i pulje 1 (Tabel 102).

Det anbefales at benytte den med gråt markerede model i Tabel 103 til beregning af det forventede antal ulykker og personskader på øvrige ramper. For hver beregnet ulykke kan der forventes 49/436 = 0,1124 personskadeulykker, 102/436 = 0,2339 materielskadeulykker, 285/436 = 0,6537 ekstrauheld, 1/436 = 0,0023 dræbte, 35/436 = 0,0803 alvorlige skader og 22/436 = 0,0505 lette skader.

Den anbefalede model bør benyttes sammen med årsfaktorer (afsnit 2.7), så der kan beregnes et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere givne år.

2.7 Øvrige ulykkesmodeller

I nærværende afsnit udarbejdes to typer af ulykkesmodeller. Den ene type er ulykkesmodeller med årsfaktorer, hvorved det muliggøres at beregne et forventet antal ulykker og personskader for ét eller flere givne år i perioden 2006-2020. Den anden type er faktormodeller, hvor flere strækningstyper indgår. Formålet med faktormodellerne er at opnå mere præcise estimater for faktorers betydning for trafiksikkerheden fx betydningen af antal og bredde af kørespor.

2.7.1 Ulykkesmodeller med årsfaktorer

I de foregående afsnit med ulykkesmodeller har det kun været muligt at estimere årsfaktorer for motorvejsstrækninger og tilkørselsflettestrækninger, men det er fravalgt at præsentere de ulykkesmodeller med årsfaktorer. Det er i stedet valgt at udarbejde to sæt af ulykkesmodeller med årsfaktorer på tværs af strækningstyper:

- Sæt A består af strækninger af motorveje benævnt som ”pulje 2” under basismodeller, dvs. 1.252 motorvejsstrækninger, 560 frakørselsflettestrækninger, 562 tilkørselsflettestrækninger og 88 øvrige motorvejsflettestrækninger.
- Sæt B består af ramper og sideanlæg igen benævnt som ”pulje 2” under basismodeller, dvs. 475 frakørselsramper, 475 tilkørselsramper, 82 sideanlæg og 187 øvrige ramper.

Når ulykkesmodeller med årsfaktorer estimeres, så indgår én strækning som fx 15 observationer med ulykkes- og trafikdata for hvert af de 15 år i årene 2006-2020.

Der fås efterfølgende et sæt af årsfaktorer, som efter en justering kan ganges på fx grundmodellens beregnede forventede antal ulykker og personskader, og derved fås et forventet antal ulykker og personskader i et enkelt givet år fx 2016 eller flere givne år fx 2018-2020.

Ulykkesmodeller med årsfaktorer udarbejdes ud fra følgende funktionsudtryk:

$$UT_t = a \cdot a_t \cdot N_t^p$$

hvor a og p er estimerede konstanter, a_t er et sæt af estimerede konstanter for år t, og N_t er årsdøgntrafikken i år t. Modellerne udvikles med strækningslængde som offset (justerings-) variabel.

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Sprednings-parameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	2.163	0,069	0,0001065294	0,7214	0,2032	0,53
Materielskadeulykker	6.642	0,213	0,0000048793	1,1024	0,4590	0,59
Ekstrauheld	14.347	0,460	0,0000001756	1,5062	0,4736	0,69
Person- og materiel-skadeulykker	8.805	0,283	0,0000181468	1,0122	0,3823	0,55
Alle ulykker	23.152	0,743	0,0000021966	1,3103	0,3422	0,68
Dræbte	233	0,007	0,0000008556	0,9705	11,3122	0,29
Alvorlige skader	1.346	0,043	0,0000142291	0,8589	3,4095	0,22
Lette skader	1.540	0,049	0,0004940173	0,5508	8,2169	0,18
Dræbte og alvorlige skader	1.579	0,051	0,0000139091	0,8784	3,7425	0,22
Alle personskader	3.119	0,100	0,0001490513	0,7277	5,4171	0,17

Type af ulykke eller personskade	Estimerede årsfaktorer														
	a2006	a2007	a2008	a2009	a2010	a2011	a2012	a2013	a2014	a2015	a2016	a2017	a2018	a2019	a2020
Personskadeulykker	1,0000	1,0892	0,9982	0,7753	0,6623	0,6248	0,4438	0,4303	0,4213	0,5388	0,5424	0,4376	0,5114	0,4651	0,3892
Materielskadeulykker	1,0000	0,9914	0,8426	0,7118	0,7428	0,7843	0,7881	0,7703	0,7615	0,7976	0,8198	0,9292	1,0682	1,2824	1,2766
Ekstrauheld	1,0000	1,0056	0,9281	0,9360	1,0649	0,8224	0,8788	0,9023	0,9546	1,0715	1,1397	1,1017	1,0234	0,9862	0,9081
Person- og materiel-skadeulykker	1,0000	1,0310	0,8428	0,7356	0,7134	0,7281	0,6675	0,6502	0,6421	0,7072	0,7253	0,7607	0,8758	1,0036	0,9709
Alle ulykker	1,0000	1,0190	0,8950	0,8470	0,9063	0,7845	0,7885	0,7924	0,8180	0,9134	0,9654	0,9569	0,9595	0,9951	0,9348
Dræbte	1,0000	1,0533	1,2269	1,1099	1,0526	0,4682	0,3983	0,3659	0,5505	0,5753	0,9094	0,4340	0,6317	0,4206	0,4449
Alvorlige skader	1,0000	1,2797	0,8305	1,0407	0,8143	0,8448	0,5609	0,5770	0,5506	0,6233	0,6359	0,5151	0,5648	0,6446	0,5255
Lette skader	1,0000	1,1424	0,7688	0,6080	0,6607	0,4071	0,3535	0,3214	0,3062	0,4357	0,4338	0,3089	0,4107	0,3083	0,1779
Dræbte og alvorlige skader	1,0000	1,2524	0,8829	1,0472	0,8494	0,7855	0,5364	0,5409	0,5488	0,6135	0,6794	0,4989	0,5706	0,6070	0,5137
Alle personskader	1,0000	1,1969	0,8131	0,7779	0,7509	0,5601	0,4279	0,4078	0,4104	0,5105	0,5358	0,3867	0,4738	0,4320	0,3158

Tabel 104. *Basismodeller for ulykker og personskader med årsfaktorer på motorveje i perioden 2006-2020, hvor 2006 er basisår. Baseret på sæt A med 2.462 strækninger.*

I Tabel 104 ses de estimerede basismodeller med årsfaktorer for motorvej sæt A. Alle modeller er særdeles statistisk signifikante. I Tabel 104 er år 2006 sat til at være basisår, så her er de estimerede årsfaktorer altid 1,0000. Grundmodeller og basismodeller for motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt øvrige motorvejsflettestrækninger i afsnit 2.1-2.6 gælder for et gennemsnitligt år i perioden 2006-2020. Derfor skal estimerede årsfaktorer fra Tabel 104 justeres for, at de kan bruges til at beregne det forventede antal ulykker og personskader i et enkelt eller flere år fx på motorvejsstrækninger. Denne justering sker ved at gange et korrektionstal på de estimerede årsfaktorer fra Tabel 104. Korrektionstallet findes ud fra følgende formel:

$$Korrektionstal = \frac{(Ulykker\ 2006)/(Trafikarbejde\ 2006)}{(Ulykker\ 2006-2020)/(Trafikarbejde\ 2006-2020)} \cdot \frac{(Gns.Årsdøgntrafik^{p}_{2006-2020})/(Gns.Årsdøgntrafik_{2006-2020})}{(Gns.Årsdøgntrafik^{p}_{2006})/(Gns.Årsdøgntrafik_{2006})}$$

Der beregnes ét korrektionstal for hver ulykkesart og skadesgrad. I Tabel 105 er vist de brugbare årsfaktorer for motorveje, hvor korrektionstal er ganget på de estimerede årsfaktorer fra Tabel 104. De årsfaktorer, som anbefales anvendt, er markeret med gråt i Tabel 105.

Type af ulykke eller personskade	Justerede årsfaktorer														
	a2006	a2007	a2008	a2009	a2010	a2011	a2012	a2013	a2014	a2015	a2016	a2017	a2018	a2019	a2020
Personskadeulykker	1,7061	1,8583	1,7031	1,3227	1,1299	1,0660	0,7571	0,7342	0,7188	0,9192	0,9253	0,7465	0,8726	0,7935	0,6641
Materielskadeulykker	1,0809	1,0717	0,9107	0,7694	0,8029	0,8477	0,8519	0,8326	0,8231	0,8622	0,8861	1,0044	1,1547	1,3862	1,3799
Ekstrauheld	1,0208	1,0266	0,9474	0,9554	1,0871	0,8395	0,8971	0,9211	0,9744	1,0938	1,1634	1,1247	1,0447	1,0067	0,9270
Person- og materiel-skadeulykker	1,2436	1,2821	1,0481	0,9148	0,8872	0,9055	0,8300	0,8086	0,7985	0,8794	0,9019	0,9460	1,0891	1,2481	1,2074
Alle ulykker	1,1095	1,1306	0,9930	0,9397	1,0056	0,8704	0,8748	0,8792	0,9076	1,0135	1,0711	1,0617	1,0646	1,1041	1,0372
Dræbte	1,3484	1,4203	1,6543	1,4966	1,4193	0,6313	0,5371	0,4934	0,7423	0,7757	1,2263	0,5851	0,8517	0,5671	0,6000
Alvorlige skader	1,4498	1,8554	1,2041	1,5089	1,1806	1,2248	0,8132	0,8365	0,7983	0,9037	0,9219	0,7468	0,8189	0,9345	0,7618
Lette skader	2,0860	2,3831	1,6037	1,2684	1,3781	0,8493	0,7375	0,6704	0,6387	0,9090	0,9048	0,6444	0,8566	0,6431	0,3712
Dræbte og alvorlige skader	1,4359	1,7984	1,2678	1,5036	1,2197	1,1279	0,7702	0,7766	0,7880	0,8809	0,9755	0,7164	0,8193	0,8716	0,7376
Alle personskader	1,7703	2,1188	1,4393	1,3771	1,3293	0,9915	0,7574	0,7220	0,7266	0,9037	0,9484	0,6845	0,8387	0,7647	0,5590

Tabel 105. *Justerede og brugbare årsfaktorer for motorveje (sæt A) for perioden 2006-2020.*

Det kan være hensigtsmæssigt at benytte årsfaktorer. Hvis man fx skal anslå et forventet antal ulykker og personskader for en fremtidig motorvej, så vil det være mere troværdigt at tage udgangspunkt i årene 2016-2020 frem for hele perioden 2006-2020. Det samme er tilfældet, hvis man fx ønsker at forhåndsvurdere den sikkerhedsmæssige effekt af en større ombygning af en motorvej eller et tilslutningsanlæg. Årsfaktorer kan indgå i evalueringer af tidligere udførte ombygninger af motorvejsnettet, når der skal tages højde for regressionseffekter.

Årsfaktorer fra Tabel 105 ganges på resultater fra grund- og basismodeller for at få et antal ulykker og personskader for et eller flere givne år. Her er et beregningseksempel:

Årsfaktorer beregningseksempel:
En 3,435 km lang motorvejsstrækning med 17.000 i årsdøgntrafik ønskes ombygget. Strækningen har i dag samme udformning og regulering, som de motorvejsstrækninger, der har udgjort grundlaget for grundmodellerne. Der ønskes beregnet et forventet antal personskadeulykker for årene 2016-2020. Derfor bruges grundmodellen for personskadeulykker fra Tabel 16 og årsfaktorer for personskadeulykker fra Tabel 105 i beregningerne:

Personskadeulykker 2016: $3{,}435 \times 0{,}00002893149 \times 17.000^{0{,}8154} \times 0{,}9253 = 0{,}2589$
Personskadeulykker 2017: $3{,}435 \times 0{,}00002893149 \times 17.000^{0{,}8154} \times 0{,}7465 = 0{,}2089$
Personskadeulykker 2018: $3{,}435 \times 0{,}00002893149 \times 17.000^{0{,}8154} \times 0{,}8726 = 0{,}2441$
Personskadeulykker 2019: $3{,}435 \times 0{,}00002893149 \times 17.000^{0{,}8154} \times 0{,}7935 = 0{,}2220$
Personskadeulykker 2020: $3{,}435 \times 0{,}00002893149 \times 17.000^{0{,}8154} \times 0{,}6641 = 0{,}1858$

Personskadeulykker 2016-2020: $0{,}2589 + 0{,}2089 + 0{,}2441 + 0{,}2220 + 0{,}1858 = 1{,}1197$

Type af ulykke eller personskade	Antal ulykker og personskader		Estimerede konstanter		Sprednings-parameter	Forklaringskraft
	Total	Pr. km pr. år	a	p	k	R_k^2
Personskadeulykker	124	0,028	0,0007138498	0,4711	3,7936	0,33
Materielskadeulykker	397	0,090	0,0010067983	0,4876	1,2396	0,34
Ekstrauheld	888	0,202	0,0004151876	0,6738	2,3821	0,35
Person- og materiel-skadeulykker	521	0,118	0,0016795322	0,4846	1,7200	0,28
Alle ulykker	1.409	0,320	0,0013966203	0,6025	1,8758	0,32
Dræbte	6	0,001	-	-	-	-
Alvorlige skader	79	0,018	0,0005006466	0,4893	12,0337	0,31
Lette skader	61	0,014	0,0000834386	0,6256	76,3359	0,31
Dræbte og alvorlige skader	85	0,019	0,0009011129	0,4141	14,5138	0,25
Alle personskader	146	0,033	0,0008985753	0,4652	29,8507	0,24

Type af ulykke eller personskade	Estimerede årsfaktorer														
	a2006	a2007	a2008	a2009	a2010	a2011	a2012	a2013	a2014	a2015	a2016	a2017	a2018	a2019	a2020
Personskadeulykker	1,0000	1,2153	1,6570	1,5248	0,7424	0,9968	1,0870	0,2491	1,0284	0,6584	1,1741	1,3019	1,1674	1,0439	0,7834
Materielskadeulykker	1,0000	1,8302	1,3721	1,7880	1,8597	1,6949	2,2177	1,6940	1,3640	1,6649	2,0280	2,3180	1,8080	3,2676	3,4122
Ekstrauheld	1,0000	1,4730	2,2923	2,6154	2,7354	2,2692	2,1278	2,1039	2,1201	2,6180	3,2077	2,6814	2,2078	2,8814	3,3096
Person- og materiel-skadeulykker	1,0000	1,5820	1,4729	1,6770	1,4217	1,4197	1,7763	1,1380	1,2270	1,2746	1,6916	1,9291	1,5618	2,3996	2,4023
Alle ulykker	1,0000	1,5127	1,8806	2,1602	2,1018	1,8537	1,9554	1,6502	1,6896	1,9834	2,4881	2,3329	1,9098	2,6427	2,8783
Dræbte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	1,0000	1,0866	1,2021	1,1382	0,5394	0,3549	0,8027	0,3119	1,1471	0,5306	0,9337	1,0162	0,9651	0,6909	0,6031
Lette skader	1,0000	2,5403	1,5339	2,5292	1,1829	1,5129	0,7992	0,3303	0,3924	0,5472	1,5825	1,6844	1,2257	0,9012	1,2838
Dræbte og alvorlige skader	1,0000	1,0937	1,2012	1,1446	0,5406	0,5187	0,9773	0,3156	1,1589	0,5373	1,0991	1,1750	0,9822	0,9551	0,6091
Alle personskader	1,0000	1,6047	1,2531	1,5772	0,7090	0,8058	0,8916	0,3309	0,8816	0,5201	1,3309	1,4356	1,0911	0,9529	0,8314

Tabel 106. *Basismodeller for ulykker og personskader med årsfaktorer på ramper og sideanlæg i perioden 2006-2020, hvor 2006 er basisår. Baseret på sæt B med 1.219 ramper og sideanlæg.*

I Tabel 106 ses de estimerede basismodeller med årsfaktorer for ramper og sideanlæg i sæt B. Modellerne er statistisk signifikante på nær modellen for dræbte, som derfor ikke er vist. Ligesom for modeller for motorveje skal de estimerede årsfaktorer for ramper og sideanlæg justeres. De justerede og brugbare årsfaktorer for ramper og sideanlæg er vist i Tabel 107. De årsfaktorer, der anbefales anvendt, er markeret med gråt i tabellen.

Type af ulykke eller personskade	Justerede årsfaktorer														
	a2006	a2007	a2008	a2009	a2010	a2011	a2012	a2013	a2014	a2015	a2016	a2017	a2018	a2019	a2020
Personskadeulykker	0,9851	1,1972	1,6323	1,5020	0,7313	0,9819	1,0708	0,2454	1,0130	0,6486	1,1566	1,2824	1,1500	1,0283	0,7718
Materielskadeulykker	0,4931	0,9024	0,6766	0,8816	0,9170	0,8357	1,0935	0,8353	0,6725	0,8209	1,0000	1,1430	0,8915	1,6112	1,6825
Ekstrauheld	0,4210	0,6201	0,9650	1,1011	1,1516	0,9553	0,8958	0,8857	0,8925	1,1021	1,3504	1,1288	0,9294	1,2130	1,3933
Person- og materiel-skadeulykker	0,6104	0,9656	0,8990	1,0236	0,8678	0,8665	1,0842	0,6946	0,7489	0,7780	1,0325	1,1775	0,9533	1,4647	1,4663
Alle ulykker	0,4918	0,7439	0,9249	1,0624	1,0337	0,9117	0,9617	0,8116	0,8309	0,9754	1,2236	1,1473	0,9392	1,2997	1,4155
Dræbte	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alvorlige skader	1,2392	1,3465	1,4897	1,4105	0,6684	0,4397	0,9946	0,3865	1,4215	0,6575	1,1570	1,2593	1,1959	0,8562	0,7474
Lette skader	0,8133	2,0659	1,2474	2,0569	0,9620	1,2303	0,6499	0,2686	0,3191	0,4450	1,2870	1,3698	0,9968	0,7329	1,0440
Dræbte og alvorlige skader	1,1432	1,2503	1,3732	1,3085	0,6180	0,5929	1,1172	0,3608	1,3248	0,6143	1,2565	1,3433	1,1228	1,0919	0,6963
Alle personskader	1,0034	1,6101	1,2573	1,5825	0,7114	0,8085	0,8946	0,3320	0,8846	0,5219	1,3354	1,4404	1,0948	0,9562	0,8342

Tabel 107. *Justerede og brugbare årsfaktorer for ramper og sideanlæg (sæt B) for perioden 2006-2020.*

2.7.2 Ulykkesmodeller med potentielle sikkerhedsfaktorer

I de foregående afsnit med ulykkesmodeller har det været vanskeligt – og ikke særlig pålideligt – at estimere betydningen af diverse faktorer fx antal kørespor, bredde af nødspor og hastighedsbegrænsning. I nærværende afsnit ønskes en bedre og mere pålidelig estimering af den trafiksikkerhedsmæssige betydning af følgende forhold:

- Motorveje:
  - Antal kørespor
  - Bredde af kørespor
  - Bredde af nødspor
  - Bredde af indre kantbane
  - Radius på horisontale kurver
  - Hastighedsbegrænsning

- Ramper:
  - Bredde af kørespor
  - Bredde af nødspor
  - Bredde af indre kantbane

Det er vurderet, at datagrundlaget ikke er fuldt ud egnet til at kunne estimere den trafiksikkerhedsmæssige betydning af følgende forhold: Brug af nødspor til kørespor, bredde af midterrabat, forekomst af kurveafmærkning, forekomst af vejbelysning, forekomst af tunnel og forekomst af variable tavler. Eksempelvis er antallet af strækninger med tunnel for få til at estimere betydningen af tunnel, og betydning af vejbelysning kan kun opgøres, hvis ulykker, personskader og trafiktal er opdelt efter lysforhold, altså dagslys, tusmørke og mørke.

Til estimering af den sikkerhedsmæssige betydning af de nævnte forhold benyttes de to datasæt fra afsnit 2.7.1; sæt A og sæt B. Dog udelades sideanlæg fra sæt B, og ulykker, personskader og trafik opdeles ikke efter årstal.

For sæt A findes, at de testede forhold ofte er statistisk signifikante, se Tabel 108. Nogle gange er også variable, hvor bredden er sat i anden potens statistisk signifikante, dog er disse variable i anden potens udeladt, hvis der opstår vanskeligheder ved estimering af breddens betydning.

Der findes følgende hovedtræk i resultater:

- Trafiksikkerheden på motorveje med to kørespor i en køreretning er omtrent den samme som motorveje med tre eller fire kørespor. Motorveje med fem kørespor synes at have en væsentlig dårligere trafiksikkerhed, men her er antallet af observationer beskedent.
- Trafiksikkerheden synes at blive bedre, jo bredere kørespor er, dog ser det ud til, at en optimal sikkerhed findes ved en bredde på ca. 3,75-3,85 meter, idet sikkerheden typisk forværres, når køresporsbredden overstiger ca. 3,85 meter.
- Trafiksikkerheden bliver bedre, jo bredere nødsporet er, dog forbedres sikkerheden typisk ikke yderligere, når bredden overstiger ca. 3,00 meter.
- Trafiksikkerheden bliver bedre, jo bredere indre kantbane er, dog forværres sikkerheden, hvis indre kantbane er bredere end ca. 1,50-1,70 meter. Der ser ud til at være en optimal bredde af indre kantbane på ca. 1,50-1,70 meter.
- Trafiksikkerheden forbedres, når mindste horisontal kurveradius øges, dog er denne forbedring minimal, når kurveradius overstiger ca. 3.000 meter.
- Trafiksikkerheden på motorveje med 110 km/t hastighedsbegrænsning er langt bedre end med 130 km/t, idet antallet af personskader er ca. 24 % lavere, antallet af personskadeulykker er ca. 20 % lavere, og antallet af ulykker kun med materielle skader er ca. 13 % lavere.

For modeller for ramper (sæt B undtaget sideanlæg) er alle variable testet i modeller kun med årsdøgntrafik og én anden variabel. Det viser sig, at bredden af kørespor og indre kantbane på intet tidspunkt er statistisk signifikant, hvilket skyldes en meget begrænset variation i disse bredder, som næsten altid er 3,50 meter og 0,50 meter. Forhold som rampelængde, belysning og variable tavler er heller ikke statistisk signikant. Derimod er bredde af nødspor, horisontal kurveradius, anbefalet hastighed, kurveafmærkning, hastighedsbegrænsning og rampetype næsten

altid statistisk signifikant. Bredde af nødspor i anden potens er ikke på noget tidspunkt statistisk signifikant.

Oddsratio-værdier for motorveje	Faktormodel for …									
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
To kørespor	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tre kørespor	1,03	1,01	0,93	1,03	0,98	0,93	1,00	0,94	1,00	1,03
Fire kørespor	0,95	0,82	0,97	0,87	0,97	0,43	0,64	1,46	0,61	0,96
Fem kørespor	1,44	1,33	**2,50**	1,46	**2,34**	0,00	1,61	0,98	1,38	1,49
Køresporbred 3,25 m	1,12	1,25	**0,84**	1,21	0,95	1,10	1,09	1,42	1,08	1,21
Køresporbred 3,50 m	1,06	1,07	**0,92**	1,06	0,98	1,05	1,04	1,19	1,04	1,10
Køresporbred 3,75 m	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Køresporbred 4,00 m	0,95	1,04	**1,09**	1,00	1,02	0,95	0,96	0,84	0,96	0,91
Nødsporbred 0,50 m	1,32	1,31	**1,63**	1,28	**1,45**	1,41	1,17	**1,43**	1,17	1,18
Nødsporbred 1,00 m	1,27	1,25	**1,37**	1,23	**1,29**	1,31	1,12	**1,33**	1,13	1,16
Nødsporbred 2,00 m	1,14	1,13	**1,09**	1,12	**1,09**	1,15	1,04	**1,15**	1,06	1,09
Nødsporbred 3,00 m	1,00	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	1,00	1,00
Nødsporbred 4,00 m	0,85	0,87	**1,07**	0,87	**1,00**	0,87	0,99	**0,87**	0,96	0,88
Indrekantbred 0,50 m	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
Indrekantbred 1,00 m	**0,72**	0,96	**0,92**	**0,89**	**0,90**	0,82	**0,78**	0,75	**0,78**	**0,73**
Indrekantbred 1,50 m	**0,64**	0,96	**0,89**	**0,86**	**0,87**	0,67	**0,75**	0,60	**0,73**	**0,65**
Indrekantbred 2,00 m	**0,68**	0,99	**0,91**	**0,90**	**0,90**	0,55	**0,88**	0,52	**0,84**	**0,70**
Kurveradius 500 m	**1,35**	**1,25**	**1,64**	**1,29**	**1,50**	1,42	**1,43**	1,19	**1,44**	**1,36**
Kurveradius 1000 m	**1,14**	**1,10**	**1,24**	**1,11**	**1,19**	1,16	**1,17**	1,08	**1,17**	**1,14**
Kurveradius 2000 m	**1,04**	**1,03**	**1,07**	**1,04**	**1,06**	1,05	**1,05**	1,02	**1,05**	**1,04**
Kurveradius 3000 m	**1,01**	**1,01**	**1,02**	**1,01**	**1,02**	1,02	**1,02**	1,01	**1,02**	**1,01**
Kurveradius 4000 m	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	1,00	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
Kurveradius 5000 m	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	**0,99**	0,99	**0,99**	1,00	**0,99**	**0,99**
Hast.begr. 130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Hast.begr. 110 km/t	**0,80**	**0,90**	**0,85**	**0,88**	**0,87**	**0,68**	0,87	**0,69**	**0,84**	**0,76**
Hast.begr. andre	0,96	**1,14**	0,91	1,09	0,98	0,92	0,92	0,86	0,93	0,90

Tabel 108. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på 2.462 strækninger af motorvej (sæt A), hvor to kørespor, en køresporsbredde på 3,75 meter, en nødsporsbredde på 3,00 meter, en indre kantbane bredde på 0,50 meter, en mindste horisontal kurveradius på 4.000 meter og hastighedsbegrænsning på 130 km/t er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

De optimale ulykkesmodeller for ramper til belysning af betydningen af bredden af nødspor er modeller bestående af følgende uafhængige variable; årsdøgntrafik,

bredde af nødspor, reciprok gennemsnitlig horisontal kurveradius, hastighedsbegrænsning og rampetype.

Oddsratio-værdier for ramper	Faktormodel for …									
	Personskadeulykker	Materielskadeulykker	Ekstrauheld	Person- og materiel-skadeulykker	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Dræbte og alvorlige skader	Alle personskader
Nødsporbred 0,50 m	**2,38**	1,13	1,24	**1,44**	**1,35**	-	**1,93**	**3,51**	**2,17**	**2,78**
Nødsporbred 1,00 m	**2,00**	1,10	1,19	**1,34**	**1,27**	-	**1,69**	**2,73**	**1,86**	**2,27**
Nødsporbred 2,00 m	**1,41**	1,05	1,09	**1,16**	**1,13**	-	**1,30**	**1,65**	**1,36**	**1,51**
Nødsporbred 3,00 m	**1,00**	1,00	1,00	**1,00**	**1,00**	-	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**
Nødsporbred 4,00 m	**0,71**	0,95	0,92	**0,87**	**0,89**	-	**0,77**	**0,60**	**0,73**	**0,66**
Kurveradius 50 m	**2,57**	**5,13**	**8,42**	**4,62**	**7,06**	-	**3,64**	1,21	**4,61**	**2,89**
Kurveradius 100 m	**1,57**	**2,17**	**2,74**	**2,06**	**2,52**	-	**1,84**	1,09	**2,06**	**1,65**
Kurveradius 200 m	**1,22**	**1,41**	**1,57**	**1,38**	**1,51**	-	**1,31**	1,04	**1,38**	**1,25**
Kurveradius 500 m	**1,05**	**1,09**	**1,12**	**1,08**	**1,11**	-	**1,07**	1,01	**1,08**	**1,06**
Kurveradius 1000 m	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	**1,00**	-	**1,00**	1,00	**1,00**	**1,00**
Kurveradius 2000 m	**0,98**	**0,96**	**0,95**	**0,96**	**0,95**	-	**0,97**	1,00	**0,96**	**0,97**
Hast.begr. 130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Hast.begr. 110 km/t	**2,29**	**1,47**	1,16	**1,61**	**1,28**	-	1,83	**2,73**	1,74	**2,11**
Hast.begr. andre	1,47	**1,80**	1,26	**1,71**	**1,41**	-	0,91	2,15	0,84	1,35
Frakørselsramper	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	1,00
Tilkørselsramper	**0,49**	**0,50**	**0,58**	**0,49**	**0,54**	-	0,48	0,49	0,47	**0,48**
Dobbeltrettet rampe	1,31	0,80	0,40	0,83	0,54	-	2,22	1,05	1,93	1,31
Forbindelsesrampe	**3,33**	0,90	**1,49**	1,29	**1,43**	-	**5,29**	2,22	**5,27**	**3,47**
Rampeforgrening	0,00	0,89	1,17	0,81	0,99	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Parallelspor	0,00	**0,29**	**0,19**	**0,26**	**0,22**	-	0,00	0,00	0,00	0,00
Rampesammenløb	1,11	**0,09**	0,94	**0,24**	0,66	-	1,09	0,98	1,04	0,89
Rampevekselstrækn.	0,70	0,46	0,63	0,51	0,56	-	0,00	0,94	0,00	0,61

Tabel 109. *Parameterestimater for faktorer opgjort som oddsratio-værdier på 1.137 ramper (sæt B undtaget sideanlæg), hvor en nødsporsbredde på 3,00 meter, en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.000 meter, en hastighedsbegrænsning på 130 km/t og frakørselsramper er basis (oddsratio-værdi = 1,00). Oddsratio-værdier markeret med gråt og fed, er statistisk signifikante.*

I Tabel 109 ses oddsratio-værdier for nødsporsbredde, kurveradius, hastighedsbegrænsning og rampetype. Modellen for dræbte er ikke statistisk signifikant og derfor er oddsratio-værdier ikke vist. Det kan ellers ses af tabellen, at de testede forhold ofte er statistisk signifikante. Det anbefales at betragte oddsratio-værdier for ”alle ulykker”, da antallet af personskader og person- og materielskadeulykker er begrænset, og oddsratio-værdier herfor er forbundet med store konfidensintervaller.

Der findes følgende hovedtræk i resultater for ramper baseret på Tabel 109:

- Trafiksikkerheden bliver bedre, jo bredere nødsporet er på rampen. Det anslås, at antallet af ulykker falder med ca. 10-15 %, når nødsporets bredde øges med 1 meter. Det er uvist, om trafiksikkerheden fortsat forbedres, når nødsporets bredde overstiger 3 meter.
- Trafiksikkerheden forbedres, når gennemsnitlig horisontal kurveradius øges, dog er denne forbedring minimal, når kurveradius overstiger ca. 2.000 meter.
- Trafiksikkerheden på ramper med 110 km/t hastighedsbegrænsning er noget dårligere end med 130 km/t, idet antallet af ulykker er ca. 28 % højere.
- Trafiksikkerheden er ca. dobbelt så god på tilkørselsramper end på frakørsels-ramper, idet der sker ca. 46 % færre ulykker på tilkørselsramper. Den bedste trafiksikkerhed synes at være på parallelspor, mens forbindelsesramper har den dårligste trafiksikkerhed af alle rampetyperne.

3. Sikkerhedsfaktorer

Der er opstillet sikkerhedsfaktorer, der er knyttet til og kan bruges i relation til grundmodellerne. Ved at anvende grundmodeller i kombination med sikkerhedsfaktorer kan et forventet antal ulykker og personskader beregnes for en stor andel af det eksisterende motorvejsnet med den variation i vejudformning og regulering, der findes. I forbindelse med planlægning og projektering af nye motorveje og ombygning af eksisterende motorveje kan sikkerhedsfaktorer også anvendes til at beregne det forventede antal af ulykker og personskader for motorvejsnet med alternative vejudformninger og reguleringer.

I forhold til rapporten fra 2015 om ulykkesmodeller og sikkerhedsfaktorer for motorvejsnettet er en række sikkerhedsfaktorer blevet opdateret (markeret med grønt i Tabel 110), og i det følgende præsenteres både opdaterede og uændrede sikkerhedsfaktorer. Der er desuden kommet nye sikkerhedsfaktorer til, og de omhandler bredde af nødspor på ramper, brug af nødspor til kørespor på flettestrækninger samt variable hastighedstavler på motorveje. Disse nye sikkerhedsfaktorer er markeret med rødt i Tabel 110.

Sikkerhedsfaktorer, der præsenteres i nærværende kapitel, er knyttet til følgende designforhold og grundmodeller:

Sikkerhedsfaktor / Type af design og regulering	Motorvejs-strækning	Frakørsels-flette-strækning	Tilkørsels-flette-strækning	Frakørsels-rampe	Tilkørsels-rampe
Antal gennemgående kørespor	X	X	X		
Bredde af kørespor	X	X	X	X	X
Bredde af nødspor	X	X	X	X	X
Brug af nødspor til kørespor	X	X	X		
Bredde af indre kantbane	X	X	X	X	X
Bredde af midterrabat	X	X	X		
Radius på horisontalkurver	X	X	X	X	X
Forekomst af kurveafmærkning	X	X	X		
Forekomst af vejbelysning	X	X	X	X	X
Forekomst af tunnel	X	X	X	X	X
Forekomst af sideanlæg	X				
Forekomst af sporbortfald og sportilføjelse	X	X	X		
Hastighedsbegrænsning	X	X	X		
Variable hastighedstavler	X	X	X		
Rampedosering			X		
Design af rampeanlæg				X	X

Tabel 110. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for motorvejsnettet.*

En sikkerhedsfaktor ganges på resultatet fra en grundmodel, og derved ændres det forventede antal ulykker og personskader. Det er samtidig angivet, hvordan der i det medfølgende IT-værktøj er taget højde for – eller kan tages højde for – specielle tilfælde i relation til sikkerhedsfaktorer.

3.1 Antal gennemgående kørespor (opdateret)

Høye (2021a) angiver i et systematisk litteraturstudie, at flere kørespor på motorveje resulterer i flere ulykker ved samme trafikmængde. Høye kan ikke angive en sammenlagt effekt af et ekstra kørespor ud fra de seks studier, der indgår. Blandt disse seks studier indgår ikke det måske største studie af trafiksikkerhed på motorveje, der blev udført af Bonneson et al. (2012), som finder, at trafiksikkerheden generelt forbedres, jo flere kørespor der er på motorvejsstrækninger og motorvejsflettestrækninger, dog øges antallet af eneulykker på motorvejsstrækninger, jo flere kørespor der er. I nærværende rapport afsnit 2.7.2 ses, at trafiksikkerheden på motorveje med 2, 3 og 4 kørespor i én køreretning er nogenlunde ens, mens motorveje med 5 kørespor har højere ulykkes- og skadesfrekvenser.

Disse nye oplysninger sammenholdt med tidligere resultater medfører, at sikkerhedsfaktorer for antal kørespor opdateres til følgende:

Sikkerhedsfaktorer for antal kørespor	Antal kørespor			
	2 kørespor	3 kørespor	4 kørespor	5+ kørespor
Ulykker og personskader	1,00	1,00	1,00	1,10

Tabel 111. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for antallet af gennemgående kørespor på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger (én side af motorvej).*

Ved meget brede motorveje benyttes nogle gange i udlandet en opdeling med en skillerabat med autoværn mellem fx 2 + 3 kørespor eller 3 + 3 kørespor i samme køreretning. Det er muligt, at dette fjerner eller mindsker den stigning i ulykker, der ofte forekommer ved udvidelser til 5 eller 6 kørespor i én køreretning.

3.2 Bredde af kørespor (opdateret)

Bonneson et al. (2012) finder, at antallet af ulykker og personskader falder med hhv. 3,8 % og 4,7 %, når køresporsbredden på hhv. motorveje og ramper øges med 0,30 meter, men kun frem til en bredde på 3,96 meter hvorefter sikkerheden er uændret. Høye (2021b) finder, at antallet af ulykker og personskader falder, når køresporsbredden øges på veje med en årsdøgntrafik over 1.500, mens nogle resultater indikerer en optimal køresporsbredde på ca. 3,75 meter. Andre resultater viser, at en samlet øgning af kørespors- og nødsporsbredde på 0,30 meter giver et fald på ca. 6 % i antallet af ulykker.

Resultaterne i afsnit 2.7.2 indikerer et fald i personskadeulykker på ca. 6 %, når køresporsbredden øges med 0,25 meter. For materielskadeulykker er der en optimal bredde på ca. 3,75-3,85 meter, mens der for ekstrauheld er en stigning i ulykker på ca. 8 %, når køresporsbredden øges med 0,25 meter.

I grundmodeller er køresporsbredden i gennemsnit 3,59 meter for motorvejsstrækninger, 3,55 meter for fra- og tilkørselsflettestrækninger og 3,50 meter for fra- og tilkørselsramper.

Det anslås, at antallet af ulykker og personskader falder med ca. 3 % på motorveje og ca. 4 % på ramper, når bredden af kørespor øges med 0,25 meter, indtil der nås en bredde på ca. 3,75 meter. Derfor benyttes følgende sikkerhedsfaktorer for køresporsbredde:

Sikkerhedsfaktorer for køresporsbredde	Bredde af kørespor (meter)					
	2,75	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00
Ulykker og personskader – Motorvejsstrækninger	1,10	1,07	1,04	1,01	0,98	0,98
Ulykker og personskader – Flettestrækninger	1,10	1,07	1,04	1,01	0,98	0,98
Ulykker og personskader – Ramper	1,12	1,08	1,04	1,00	0,96	0,96

Tabel 112. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for køresporsbredde på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper.*

3.3 Bredde af nødspor (ny, opdateret)

Afsnit 2.7.2 i nærværende rapport viser, at trafiksikkerheden forbedres jo bredere nødsporet er indtil der nås en bredde på ca. 3,0 meter. Virkningen af nødsporsbredden er næsten den samme på motorveje og ramper, dog er virkningen større på personskadeulykker på ramper end på motorveje, mens virkningen på ulykker kun med materielle skader er mindre på ramper end på motorveje. Samlet set fås i hovedtræk, at antallet af ulykker falder med ca. 3,0 % hver gang nødsporets bredde øges med 0,25 meter.

Høye (2021b) finder en ulykkesnedgang på 3,7 % ved en øgning af nødsporets bredde med 0,30 meter. Det svarer til et fald på ca. 3,0 % ved en øgning på 0,25 meter. Høye kan ikke påvise, at nødsporsbredden og ulykkers alvorlighed er relateret.

Bonneson et al. (2012) finder, at en øgning af nødsporsbredden med 0,30 meter giver et fald i personskadeulykker på ca. 5,5 % og et fald i materielskadeulykker og ekstrauheld på ca. 2,6 % på ramper. På motorveje påvirker nødsporsbredden kun antallet af eneulykker ifølge Bonneson et al., hvor en øgning af nødsporsbredden med 0,3 meter giver et fald i personskadeulykker på ca. 9,4 % og et fald i materielskadeulykker og ekstrauheld på ca. 8,9 %.

Det anslås, at en øgning af nødsporsbredden med 0,25 meter giver et fald på 3,0 % på både motorveje og ramper, indtil der nås en bredde på 3,0 meter. Grundmodeller i kapitel 2 er baseret på strækninger med nødspor med en bredde på mindst 3,00 meter og med en gennemsnitlig bredde på mellem 3,08 og 3,14 meter. De anvendte sikkerhedsfaktorer ser derfor således ud:

Sikkerhedsfaktorer for nødsporsbredde	Bredde af nødspor inklusiv ydre kantbane (meter)						
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0 og bredere
Ulykker og personskader	1,43	1,34	1,27	1,19	1,13	1,06	1,00

Tabel 113. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for bredde af nødspor på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper.*

3.4 Brug af nødspor til kørespor (ny, opdateret)

En række europæiske før-efter evalueringer viser, at brug af nødspor til kørespor ved høje trafikmængder reducerer antallet af ulykker med ca. 20-30 % og antallet af personskader med ca. 40-55 % i de perioder, hvor nødspor fungerer som kørespor. Flere amerikanske studier forklarer, at disse reduktioner sker, fordi ulykkesfrekvensen stiger markant, når antallet af køretøjer pr. kørespor overstiger ca. 1.250 pr. time.

Det vurderes, at kørsel i nødspor på motorveje er en sikkerhedsmæssig gevinst ved høje belastningsgrader på over ca. 1.350-1.400 køretøjer pr. kørespor pr. time, og at den sikkerhedsmæssige gevinst bliver stadig mindre jo flere kørespor motorvejsstrækningen har. Nyere studier efterviser disse forhold, og angiver desuden, at kørsel i nødspor er gunstig på flettestrækninger (CEDR, 2021; Choi et al., 2019). Der fås følgende sikkerhedsfaktorer:

Sikkerhedsfaktorer for brug af nødspor	Antal kørespor på motorvej (én køreretning)			
	2 kørespor	3 kørespor	4 kørespor	5+ kørespor
Personskadeulykker og personskader	0,60	0,70	0,76	0,80
Materielskadeulykker og ekstrauheld	0,80	0,85	0,88	0,90

Tabel 114. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for brug af nødspor på motorvejsstrækninger og fra- og tilkørselsflettestrækninger med mere end 1.350-1.400 køretøjer pr. kørespor pr. time. Sikkerhedsfaktor gælder kun for tidsrum, hvor nødspor er åben for trafik, og opgøres ud fra påvirket andel af samlet trafik.*

3.5 Bredde af indre kantbane (opdateret)

I Danmark er indre kantbane oftest 0,5 meter bred både på motorveje og ramper. I afsnit 2.7.2 findes meget klart, at en bredere indre kantbane giver en bedre trafiksikkerhed, indtil bredden er ca. 1,5-1,7 meter, hvorefter sikkerheden ikke bliver

bedre eller decideret forværres. Tallene tyder på, at faldet i ulykker er ca. 5 % for hver gang indre kantbane udvides med 0,25 meter indtil en bredde på 1,50 meter.

Bonneson et al. (2012) finder, at ulykker og personskader falder med ca. 1,6 % for hver gang indre kantbane udvides med 0,30 meter på motorveje, mens faldet er ca. 5,5 % for personskadeulykker på ramper og ca. 2,6 % for ulykker kun med materielle skader på ramper.

Følgende sikkerhedsfaktorer for indre kantbane på motorveje og ramper foreslås:

Sikkerhedsfaktorer for bredde af indre kantbane	Bredde af indre kantbane (meter)								
	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00 og bredere
Ulykker og personskader	1,08	1,04	1,00	0,96	0,92	0,90	0,87	0,89	0,90

Tabel 115. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for bredde af indre kantbane på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper.*

3.6 Bredde af midterrabat

Et systematisk litteraturstudie viser, at antallet af ulykker falder med ca. 1,80 %, når bredden af midterrabatten øges med 1 meter på motorveje (Høye, 2021b). Bonneson et al. (2012) viser, at antallet af ulykker falder med ca. 1 %, når bredden af midterrabatten udvides med 1 meter, mens antallet af personskader falder med ca. 0,3 % på motorveje. Danske studier tyder på, at antallet af ulykker falder med ca. 0,7 %, mens antallet af personskader stiger med ca. 0,2 % for hver meter midterrabatten bliver bredere på motorveje. Midterrabat på motorvejsstrækninger og fra- og tilkørselsflettestrækninger i grundmodeller er i gennemsnit 5 meter. Der arbejdes med følgende sikkerhedsfaktorer for bredde af midterrabat:

Sikkerhedsfaktorer for bredde af midterrabat	Bredde af midterrabat (meter)					
	2,0	3,0	4,0	5,0	8,0	11,0 +
Materielskadeulykker og ekstrauheld	1,03	1,02	1,01	1,00	0,97	0,94

Tabel 116. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for bredde af midterrabat på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger.*

Placering og type af autoværn i midterrabat har betydning for trafiksikkerheden. For sikkerhedsfaktorer for bredde af indre kantbane og midterrabat er udgangspunktet; to enkeltsidet stålautoværn i midterrabat placeret ved indre kantbaner.

3.7 Radius på horisontalkurver (opdateret)

En lang række undersøgelser viser, at antallet af ulykker og personskader falder, jo større radius er på en horisontalkurve. Der er taget udgangspunkt i en amerikansk model for sikkerhedsfaktorer for horisontal kurveradius, der udelukkende er

baseret på motorveje, og som harmonerer med resultaterne i kapitel 2 samt andre undersøgelser af horisontal kurveradius på motorveje. Modellen angiver, at sikkerhedsfaktoren for horisontale kurver på motorveje er lig med $e^{0,1096 \cdot CD}$, hvor CD = 1746,5 / kurveradius i meter. Den model gælder kun for kurver med radius på 300 meter eller mere. Konstanten på 0,1096 passer fint med den konstant, som estimeres for ulykker på motorvejsstrækninger og fra- og tilkørselsflettestrækninger, når der modelleres for gennemsnitlig horisontal kurveradius.

Medianværdier for mindste og gennemsnitlig horisontal kurveradius for motorvejsstrækninger og fra- og tilkørselsflettestrækninger i grundmodeller er hhv. 3.638 og 5.967 meter. Der er ikke større forskelle i medianværdier strækningstyperne i mellem. Det anslås, at motorveje, der indgår i grundmodellerne, har et sikkerhedsniveau, der svarer til en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 4.000 meter, hvorfor den anvendte sikkerhedsfaktor er $e^{0,1096 \cdot CD} / e^{0,1096 \cdot 1746,5/4000}$.

Der foreslås følgende sikkerhedsfaktor for gennemsnitlig horisontal kurveradius på motorveje:

Sikkerhedsfaktor for horisontalkurver	Gennemsnitlig horisontal kurveradius (meter)							
	300	500	800	1.000	1.500	2.000	3.000	≥ 4.000
Ulykker og personskader	1,80	1,40	1,21	1,15	1,08	1,05	1,02	1,00

Tabel 117. *Anvendt sikkerhedsfaktor for gennemsnitlig horisontal kurveradius på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger.*

Ved brug af IT-værktøj til beregning af forventede ulykker og personskader på motorveje skal man kun indtaste én gennemsnitlig horisontal kurveradius pr. strækning, hvis den er under 4.000 meter.

Horisontale kurver på ramper påvirker også sikkerheden. Her viser undersøgelser, at gennemsnitshastigheden på køretøjer ved start af kurven er af stor betydning for, hvor meget kurven påvirker sikkerheden. Derfor har kurver på frakørselsramper større betydning for sikkerheden end tilsvarende kurver på tilkørselsramper.

Der tages udgangspunkt i en amerikansk model for sikkerhedsfaktorer for kurveradius, der er baseret på ramper ved motorveje, og som harmonerer med kapitel 2 og andre undersøgelser af kurver. Der bruges følgende model for sikkerhedsfaktorer for kurver på fra- og tilkørselsramper:

$$\text{Sikkerhedsfaktor} = 1 + a \cdot \frac{1000}{32,2} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{V_{ent,i}}{R_i} \right)^2 \cdot P_{c,i} \right]$$

hvor a er en konstant (1,545 for personskadeulykker og 1,961 for materielskadeulykker og ekstrauheld), $V_{ent,i}$ er gennemsnitshastigheden (fod/sekund) ved start af kurven i, R_i er radius (fod) af kurve i og $P_{c,i}$ er kurvelængden/rampelængden. Kun

horisontale kurver med en radius på under 1.000 meter på rampen må indgå. Kurver på krydshjørner i rampekryds må ikke indgå.

I grundmodeller for fra- og tilkørselsramper indgår den gennemsnitlige horisontale kurveradius. Ved brug af IT-værktøj til beregning af forventede ulykker og personskader på ramper er lige ramper i ruderanlæg basis (sikkerhedsfaktor 1,00). På fra- og tilkørselsramper er medianværdier for gennemsnitlig horisontal kurveradius hhv. 1.197 og 1.129 meter, og disse er udgangspunktet for kurvaturen på ramper (sikkerhedsfaktor 1,00).

Når IT-værktøjet bruges til beregning af forventede ulykker og personskader på ramper, kan der indtastes op til to horisontale kurveradier, kurvelængder og gennemsnitshastigheder ved start af kurve, hvis kurveradius er under 1.000 meter. Dette kan gøres for de to kurver med mindste kurveradius på fra- og tilkørselsramper. Alternativt kan man indtaste design af rampeanlæg.

3.8 Forekomst af kurveafmærkning

Flere studier viser, at etablering af kurveafmærkning reducerer antallet af ulykker i kurver. Kurveafmærkning er baggrunds- og pilafmærkning evt. suppleret med advarselstavle, tavle med anbefalet hastighed, maling af autoværn og sekventielle blinklys. Studier af kurveafmærkning på motorveje er dog få, men viser, at kurveafmærkning kun påvirker ulykkestallet i skarpe kurver. Der er stadig ikke grundlag for at opstille sikkerhedsfaktorer for kurveafmærkning på ramper.

Der arbejdes med følgende sikkerhedsfaktorer for kurveafmærkning på motorveje:

Sikkerhedsfaktorer for kurveafmærkning	Radius 0-300 meter	Radius 301-600 meter	Ej kurve-afmærkning
Personskadeulykker og personskader	0,50	0,75	1,00
Materielskadeulykker og ekstrauheld	0,60	0,80	1,00

Tabel 118. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for kurveafmærkning hhv. for kurver med en radius på 0-300 meter og 301-600 meter på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger. I kurveafmærkningen indgår baggrunds- og pilafmærkning og evt. advarselstavle og anbefalet hastighed.*

3.9 Forekomst af vejbelysning (opdateret)

En række undersøgelser viser, at anlæg af vejbelysning på motorveje og ramper medfører fald i ulykker og personskader i mørke på mellem 5 og 58 %. Et nyere systematisk litteraturstudie viser, at anlæg af vejbelysning på alle slags veje under ét medfører et fald i ulykker i mørke på 16 %, et lidt større fald i personskader i mørke på 21 % og et endnu større fald i dræbte og meget alvorlige skader på 49 % (Høye, 2021c).

Der foreslås følgende opdaterede sikkerhedsfaktorer for vejbelysning, hvor der er taget højde for, hvordan ulykker og personskader fordeler sig efter lysforhold og belysning på motorveje og ramper i Danmark:

Sikkerhedsfaktorer for vejbelysning	Ulykke			Personskade		
	Personskade	Materielskade	Ekstra	Dræbt	Alvorlig skade	Let skade
Med vejbelysning	0,93	0,95	0,95	0,74	0,92	0,95
Uden vejbelysning	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 119. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for vejbelysning på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger samt fra- og tilkørselsramper.*

3.10 Forekomst af tunnel, sideanlæg, sporbortfald og sportilføjelse

Der er ikke fundet grundlag for at ændre sikkerhedsfaktorer for tunnel, sideanlæg, sporbortfald og sportilføjelse. Derfor anvendes sikkerhedsfaktorer for motorveje og ramper både i *tunnel* og i dagslys på 1,00, altså ingen sikkerhedsforskel. Der foreslås sikkerhedsfaktorer for motorvejsstrækninger både før og efter *sideanlæg* på 1,00, altså ingen sikkerhedsforskel. Der arbejdes med sikkerhedsfaktorer for motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger med og uden *sporbortfald* eller *sportilføjelser* på 1,00, altså ingen sikkerhedsforskel.

3.11 Hastighedsbegrænsning (opdateret)

Både danske og udenlandske undersøgelser har opgjort signifikante forskelle i ulykkes- og personskadetætheder på sammenlignelige motorveje med en hastighedsbegrænsning på hhv. 110 og 130 km/t. Nærværende rapports afsnit 2.1.4 og 2.7.2 samt Elvik (2019) har givet anledning til en mindre justering af sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning.

Det er fortsat kun muligt at estimere pålidelige sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsninger på 110 og 130 km/t på motorveje. Der er således ikke grundlag for sikkerhedsfaktorer på ramper eller sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsninger under 110 km/t.

Der foreslås følgende sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning:

Sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning	Personskade-ulykker	Materielskade-ulykker	Ekstra-uheld	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader
110 km/t	0,80	0,90	0,90	0,70	0,73	0,80
130 km/t	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 120. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for hastighedsbegrænsning på motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger.*

3.12 Variable hastighedstavler (ny)

Variable tavler anvendes til adskillige formål på motorveje rundt om i verden. Når variable tavler bruges til at ændre hastighedsgrænser, er det ofte for at harmonisere hastigheden. Variable hastighedstavler anvendes også på danske motorveje til at reducere hastigheden ved tæt tåge, høje vindstyrker, glat føre, vejarbejde mv.

Høye (2022) finder i et systematisk litteraturstudie, at variable hastighedstavler til hastighedsharmonisering reducerer antallet af ulykker med 16 %, og de samme tavler reducerer antallet af ulykker med 22 % i relation til varsling af dårlige vejrforhold. Faldet i ulykker forekommer højere ved varsling af tåge. Disse resultater gælder også motorveje, men der er ikke fundet studier af variable hastighedstavler på ramper. Variable hastighedstavler forebygger især bagendekollisioner.

Grundmodeller for motorveje og ramper er baseret på strækninger uden variable tavler. Der arbejdes med følgende sikkerhedsfaktorer for variable hastighedstavler på motorveje:

Sikkerhedsfaktorer for variable hastighedstavler	Personskade-ulykker	Materielskade-ulykker	Ekstra-uheld	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader
Med variable tavler	0,85	0,80	0,80	0,85	0,85	0,85
Uden variable tavler	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabel 121. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for variable hastighedstavler motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger.*

3.13 Rampedosering

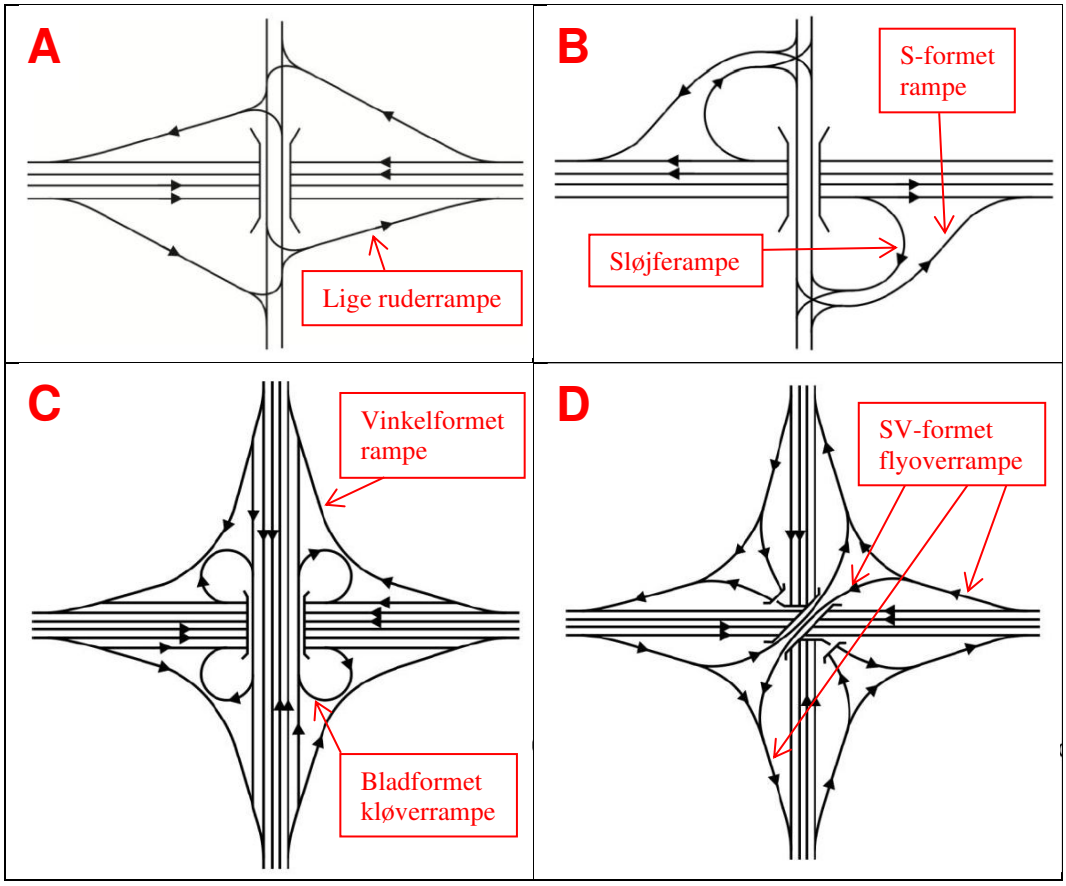
Undersøgelser viser, at rampedoseringer ved tilkørsler til motorvej giver et fald i antallet af ulykker på tilkørselsflettestrækninger. Disse fald sker alene i de tidsrum, at rampedoseringen er aktiv. Der er ikke fundet undersøgelser, der kan dokumentere den optimale placering af rampedoseringens signalanlæg og stoplinje. Der er ikke fundet grundlag for at opdatere tidligere opstillede sikkerhedsfaktorer for rampedosering, og derfor foreslås følgende sikkerhedsfaktor for rampedosering:

Sikkerhedsfaktor for rampedosering	Tilkørselsflettestrækninger
Ulykker og personskader	0,65

Tabel 122. *Anvendt sikkerhedsfaktor for rampedosering etableret på tilkørselsrampe, hvor sikkerhedsfaktor gælder for den efterfølgende tilkørselsflettestrækning i tidsrum, hvor rampedoseringen er aktiv.*

3.14 Design af rampeanlæg (opdateret)

Ramper ved motorveje kan være udformet på mange måder. I Figur 17 er vist nogle af de mest almindelige design af ramper.



Figur 17. *Fire typer af toplanskryds. A: Ruderanlæg med rette skråramper (lige ruderrampe), B: S-anlæg med kurvede skråramper (S-formet rampe) og u-formede sløjferamper (sløjferampe), C: Kløverbladsanlæg med kløverramper (bladformet kløverrampe) og direkte tangentramper (vinkelformet rampe), og D: Malteserkorsanlæg med direkte og indirekte tangentramper (SV-formet flyoverrampe).*

Sikkerhedsfaktorer for design af rampeanlæg	Frakørselsramper	Tilkørselsramper
Lige ruderrampe (ret skråramper)	1,00	1,00
S-formet ruderrampe (kurvet skråramper)	0,98	1,07
S-formet rampe (mere kurvet skråramper)	2,09	1,76
Sløjferampe (u-formet sløjferampe)	4,15	4,46
SV-formet flyoverrampe	2,56	3,27
Vinkelformet rampe (45-135 grader)	1,28	3,23
Bladformet kløverrampe	4,85	6,92

Tabel 123. *Anvendte sikkerhedsfaktorer for ulykker og personskader på fra- og tilkørselsramper afhængig af design af rampeanlæg.*

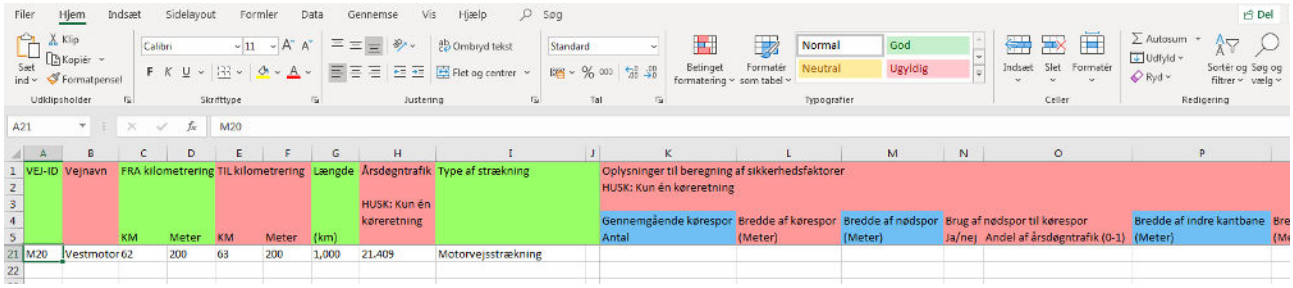
Ud fra de danske undersøgelser er der estimeret sikkerhedsfaktorer for design af rampeanlæg for hhv. fra- og tilkørselsramper, se Tabel 123. Disse sikkerhedsfaktorer harmonerer fint med udenlandske studier, og harmonerer også fint med modellen for kurver på ramper, der er vist i afsnit 3.7.

4. IT-værktøj for motorveje

IT-værktøjet er et EXCEL-regneark, hvori ulykkesmodellerne fra bilag 1, sikkerhedsfaktorerne fra kapitel 3 og årsfaktorerne fra bilag 2 er indbygget.

4.1 Arket ”Inddata”

IT-værktøjet kan beregne det forventede antal ulykker og personskader på strækninger på et motorvejsnet, når data om strækningernes længde, årsdøgntrafik og type indtastes. Disse data indtastes i arket ”Inddata”. I det ark kan også indtastes oplysninger om VEJ-ID og vejnavn. Strækningens længde beregnes, hvis man indtaster oplysninger om FRA og TIL kilometrering. Man kan også vælge at indtaste længden i kolonne G ”Længde” i km. En gennemsnitlig årsdøgntrafik for én køreretning indtastes for det eller de år, som der ønskes en beregning af ulykker og personskader for. **Husk at det er årsdøgntrafikken for strækningen, altså kun den ene side af motorvejen – én køreretning.** Type af strækning vælges via rullemenuen med 15 forskellige strækningstyper.



Figur 18. Fra arket "Inddata" fra IT-værktøjet.

I arket ”Inddata” kan der også indtastes oplysninger, der anvendes til beregning af sikkerhedsfaktorer. I Tabel 124 ses de indtastede værdier, som accepteres af IT-værktøjet, og hvilke startværdier IT-værktøjet anvender, hvis der *ikke* indtastes værdier.

I det følgende knyttes der kommentarer til flere af de oplysninger, der anvendes til beregning af sikkerhedsfaktorer:

- ***Brug af nødspor***: Der skal angives den andel af årsdøgntrafikken, for hvilken brug af nødspor er aktiv, og hvor trafikmængden samtidig er over 1.350 køretøjer pr. kørespor pr. time, når den samlede trafik i kørselsretningen fordeles på de permanente kørespor.

- ***Horisontale kurver på ramper***: Hvis der indtastes kurvelængder længere end rampelængden, vil IT-værktøjet automatisk reducere kurvelængden til

rampelængden. Hvis der ikke indtastes oplysninger om gennemsnitshastigheden ved start af kurven på ramper, vil IT-værktøjet automatisk indsætte hastigheder, der er almindelige på ramper. Det vil for første kurve være 95 km/t på frakørselsramper og 45 km/t på tilkørselsramper, og for anden kurve 60 km/t på frakørselsramper og 80 km/t på tilkørselsramper. Disse automatisk indsatte hastigheder kan dog være væsentligt forskellige fra de gennemsnitshastigheder, der reelt køres med – eller vil blive kørt med – på rampen. Hvis der indtastes oplysninger om kurver på ramper, så bruges ikke sikkerhedsfaktorer i relation til valgte design af rampeanlæg.

- ***Kurveafmærkning:*** Der vil kun ske en påvirkning af sikkerhedsfaktoren for kurveafmærkning, hvis der er indtastet gennemsnitlig horisontal kurveradius på motorvejsstrækning eller til- eller frakørselsflettestrækning med en radius på maksimalt 1.000 meter. Det kan vælges, om kurveafmærkningen er for en horisontal kurve med en mindste kurveradius på 0-300 eller 301-600 meter.

- ***Hastighedsbegrænsning:*** Hvis en strækning har eller skal have en hastighedsbegrænsning lavere end 110 km/t, så anbefales ikke at vælge hastighedsbegrænsning i den indbyggede rullemenu, hvilket reelt medfører, at startværdien (130 km/t) er valgt.

- ***Rampedosering:*** Der skal angives den andel af årsdøgntrafikken på tilkørselsflettestrækning, for hvilken rampedoseringen er aktiv.

Kolonne	Accepterede værdier	Startværdi
Gennemgående kørespor – antal (heltal)	1 ≤ antal ≤ 20	2
Bredde af kørespor – (meter)	1,5 ≤ bredde ≤ 11	3,50
Bredde af nødspor – (meter)	0 ≤ bredde ≤ 11	3,00
Brug af nødspor til kørespor – Ja/nej	Rullemenu (Ja, Nej)	Nej
Brug af nødspor til kørespor – Andel af årsdøgntrafik	0 ≤ andel ≤ 1	0,00
Bredde af indre kantbane – (meter)	0 ≤ bredde ≤ 11	0,50
Bredde af midterrabat – (meter)	0 ≤ bredde ≤ 101	5,00
Gennemsnitlig horisontal kurveradius på motorvej – (meter)	10 ≤ radius ≤ 4.000	4.000
Kurveafmærkning	Rullemenu (flere valgmuligheder)	Nej
Vejbelysning – Ja/nej	Rullemenu (Ja, Nej)	Nej
Hastighedsbegrænsning – (km/t)	Rullemenu (110, 130)	130
Variable hastighedstavler – Ja/nej	Rullemenu (Ja, Nej)	Nej
Rampedosering – Ja/nej	Rullemenu (Ja, Nej)	Nej
Rampedosering – Andel af årsdøgntrafik	0 ≤ andel ≤ 1	0,00
Design af rampeanlæg	Rullemenu (flere valgmuligheder)	Lige ruderrampe
Horisontalkurve på rampe – Radius – (meter)	10 ≤ radius ≤ 1.000	Lige
Horisontalkurve på rampe – Kurvelængde – (meter)	0 ≤ kurvelængde ≤ rampelængde	Rampelængde, 0
Horisontalkurve på rampe – Gns. hastighed ved start af kurve – (km/t)	4 ≤ hastighed ≤ 200	95, 45 – 60, 80

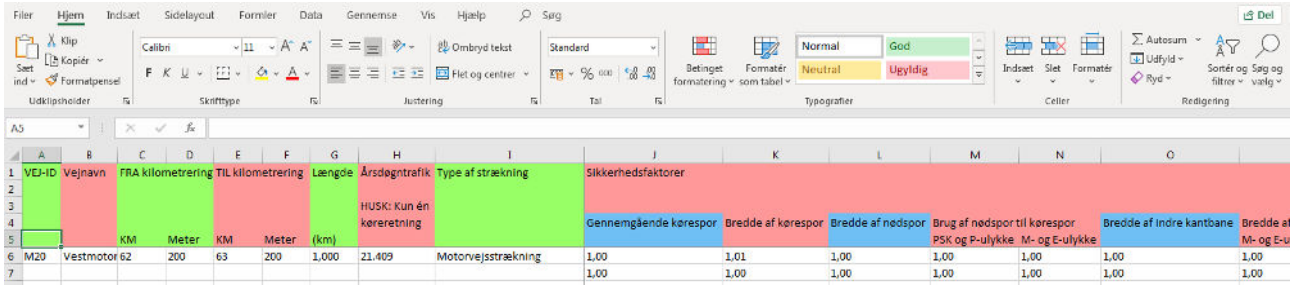
Tabel 124. *Accepterede værdier og startværdier i IT-værktøjet.*

4.2 Arket ”Anvendte oplysninger”

I arket ”Anvendte oplysninger” findes de oplysninger, som IT-værktøjet bruger ved beregning af ulykker og personskader. Hvis der ikke angives oplysninger til beregning af sikkerhedsfaktorer i arket ”Inddata”, så indsætter IT-værktøjet automatisk den vejudformning og regulering, der er udgangspunkt for grundmodeller. Hvis der er angivet en strækningstype, hvor basismodeller anvendes til beregning af ulykker og personskader, så er oplysninger til beregning af sikkerhedsfaktorer altid irrelevante. Indtastes oplysninger om øvrige motorvejsstrækninger, sideanlæg eller øvrige ramper bruges de ikke til beregning af sikkerhedsfaktorer.

4.3 Arket ”Beregningsark”

I arket ”Beregningsark” fremgår beregnede sikkerhedsfaktorer, som IT-værktøjet benytter. I dette ark anvendes flere forkortelser, hvor PSK står for personskader, P-ulykker er personskadeulykker, M-ulykker er materielskadeulykker og E-uheld er ekstrauheld.



VEJ-ID	Vejnavn	FRA kilometrering		TIL kilometrering		Længde	Årsdøgntrafik	Type af strækning	Sikkerhedsfaktorer						
							HUSK: Kun én køreretning		Gennemgående kørespor	Bredde af kørespor	Bredde af nødspor	Brug af nødspor til kørespor		Bredde af indre kantbane	Bredde af
		KM	Meter	KM	Meter	(km)						PSK og P-ulykke	M- og E-ulykke		M- og E-u
M20	Vestmotor	62	200	63	200	1,000	21.409	Motorvejsstrækning	1,00	1,01	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
									1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figur 19. *Fra arket ”Beregningsark” fra IT-værktøjet.*

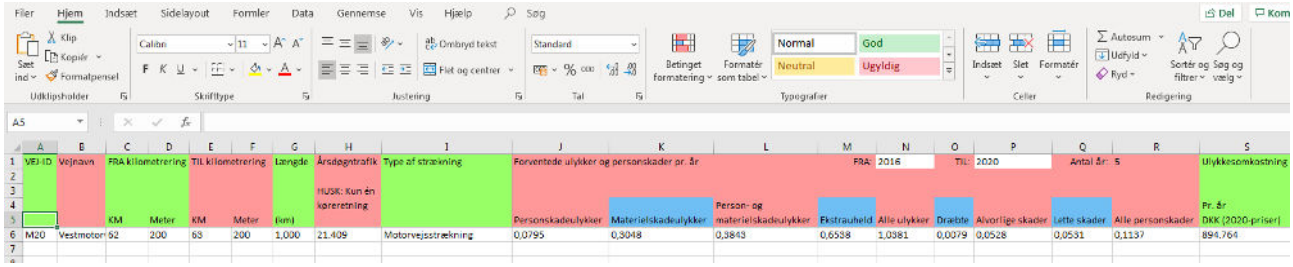
Yderst til højre i arket findes resultaterne af beregninger af antallet af ulykker og personskader, når de relevante grundmodeller eller basismodeller anvendes. Man kan altså her se antallet af ulykker og personskader pr. år i perioden 2006-2020, når sikkerhedsfaktorer ikke er anvendt i beregningerne.

4.4 Arket ”Resultat 2006-2020”

I arket ”Resultat 2006-2020” er angivet beregnede antal ulykker og personskader pr. år, hvor sikkerhedsfaktorer er anvendt. I dette ark er den beregnede ulykkesomkostning i 2020-priser tillige angivet. Det er ikke muligt at indtaste oplysninger i de tre ark ”Anvendte oplysninger”, ”Beregningsark” og ”Resultat 2006-2020”.

4.5 Arket ”Resultat valgt periode”

I arket ”Resultat valgt periode” kan man vælge det år, som perioden man ønsker at beregne ulykker og personskader for, skal starte og slutte i. Valg af år foretages i rullemenuen i første række, kolonne N og P. Arket giver så det beregnede antal ulykker og personskader pr. år for det ønskede år eller periode, hvor sikkerheds-faktorer er anvendt. Dette ark angiver også den beregnede ulykkesomkostning i 2020-priser.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	VEJ ID	Vejnavn	FRA kilometrering		TIL kilometrering		Længde	Årsdøgntrafik	Type af strækning	Forventede ulykker og personskader pr. år			FRA:	2016	TIL:	2020	Antal år:	5	Ulykkesomkostning
2																			
3								HUSK: Kun én køreretning											
4												Person- og							Pr. år
5			KM	Meter	KM	Meter	(km)			Personskadeulykker	Materielskadeulykker	materielskadeulykker	Ekstrauheld	Alle ulykker	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader	Alle personskader	DKK (2020-priser)
6	M20	Vestmotor	62	200	63	200	1,000	21.409	Motorvejsstrækning	0,0795	0,3048	0,3843	0,6538	1,0381	0,0079	0,0528	0,0531	0,1137	894.764
7																			

Figur 20. *Fra arket ”Resultat valgt periode” fra IT-værktøjet.*

Referencer

Bonneson, J. A., Geedipally, S., Pratt, M. P. og D. Lord (2012): *Safety prediction methodology and analysis tool for freeways and interchanges*. National Cooperative Highway Research Program, final report project 17-45, USA.

CEDR (2021): *Hard Shoulder Running, Fact Sheet v2.0*. Conference of European Directors of Roads, Working Group Traffic and Network Management, Belgien.

Choi, J., Tay, R., Kim, S., Jeong, S., Kim, J. og T-Y. Heo (2019): *Safety Effects of Freeway Hard Shoulder Running*. Journal of Applied Sciences, https://doi.org/10.3390/app9173614.

Elvik, R. (2019): *3.11 Fartsgrenser, Trafikksikkerhetshåndboken*. Transportøkonomisk Institutt, Norge, https://www.tshandbok.no.

Høye, A. (2021a): *1.11 Utbedring av vegers tverrprofil, Trafikksikkerhetshåndboken*. Transportøkonomisk Institutt, Norge, https://www.tshandbok.no.

Høye, A. (2021b): *Vegens geometriske tverrsnittselementer og betydning for trafikksikkerheten*. Transportøkonomisk Institutt, TØI rapport 1831/2021, Norge.

Høye, A. (2021c): *1.18 Vegbelysning, Trafikksikkerhetshåndboken*. Transportøkonomisk Institutt, Norge, https://www.tshandbok.no.

Høye, A. (2022): *3.20 Variable trafikkskilt, Trafikksikkerhetshåndboken*. Transportøkonomisk Institutt, Norge, https://www.tshandbok.no.

Bilag 1. Anvendte ulykkesmodeller

I dette bilag er vist ulykkesmodeller, som er anbefalet og anvendt i IT-værktøjet.

Motorvejsstrækninger – grundmodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00002893149	0,8154
Materielskadeulykker	0,00000211214	1,1752
Ekstrauheld	0,00000002016	1,7281
Dræbte	0,00000260466	0,8296
Alvorlige skader	0,00001593601	0,8296
Lette skader	0,00001960494	0,8296

Tabel 125. *Grundmodeller for ulykker og personskader på* ***motorvejsstrækninger*** *med 2 kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 515 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Frakørselsflettestrækninger – grundmodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00013422138	0,6626
Materielskadeulykker	0,00001559750	1,0014
Ekstrauheld	0,00000004460	1,6613
Dræbte	0,00001269662	0,6626
Alvorlige skader	0,00007436590	0,6626
Lette skader	0,00010701435	0,6626

Tabel 126. *Grundmodeller for ulykker og personskader på* ***frakørselsflettestrækninger*** *med 2 gennemgående kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 216 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Frakørselsramper – grundmodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00005037745	0,7721
Materielskadeulykker	0,00018617755	0,7721
Ekstrauheld	0,00045160848	0,7133
Dræbte	0,00000219032	0,7721
Alvorlige skader	0,00003285486	0,7721
Lette skader	0,00001752259	0,7721

Tabel 127. *Grundmodeller for ulykker og personskader på* ***frakørselsramper*** *med ét 3,5-3,8 meter bredt gennemgående kørespor, 3,0-3,5 meter bredt nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning og af typen lige ruderrampe med en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.197 meter. Baseret på 304 ramper med data fra perioden 2006-2020.*

Tilkørselsflettestrækninger – grundmodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00073341416	0,4690
Materielskadeulykker	0,00000017201	1,4491
Ekstrauheld	0,00000000811	1,8230
Dræbte	0,00010066469	0,4690
Alvorlige skader	0,00043142009	0,4690
Lette skader	0,00056084612	0,4690

Tabel 128. *Grundmodeller for ulykker og personskader på* ***tilkørselsflettestrækninger*** *med 2 gennemgående kørespor á 3,5-3,75 meter bredde, 3-3,5 meter brede nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, midterautoværn af stål, horisontal kurveradius på over 1.000 meter, 130 km/t hastighedsbegrænsning, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning, uden kurveafmærkning og uden anbefalet hastighed. Baseret på 210 strækninger med data fra perioden 2006-2020.*

Tilkørselsramper – grundmodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00001238021	0,8087
Materielskadeulykker	0,00004421505	0,8087
Ekstrauheld	0,00012557074	0,8087
Dræbte	0,00000000000	0,8087
Alvorlige skader	0,00000884301	0,8087
Lette skader	0,00000707441	0,8087

Tabel 129. *Grundmodeller for ulykker på* ***tilkørselsramper*** *med ét 3,5-3,9 meter bredt gennemgående kørespor, 3,0-3,5 meter bredt nødspor, 0,5 meter bred indre kantbane, uden variable tavler, uden tunnel, uden vejbelysning og af typen lige ruderrampe med en gennemsnitlig horisontal kurveradius på 1.129 meter. Baseret på 320 ramper med data fra perioden 2006-2020.*

<u>Øvrige motorvejsflettestrækninger</u> – basismodeller – $UT = a \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter	
	a	p
Personskadeulykker	0,00006626823	0,7392
Materielskadeulykker	0,00000069873	1,3110
Ekstrauheld	0,00000005128	1,6373
Dræbte	0,00000441788	0,7392
Alvorlige skader	0,00005036385	0,7392
Lette skader	0,00003092517	0,7392

Tabel 130. *Basismodeller for ulykker og personskader på* ***øvrige motorvejsflettestrækninger****. Baseret på 88 øvrige motorvejsflettestrækninger med data fra perioden 2006-2020.*

<u>Sideanlæg</u> – basismodeller – $UT = a \cdot N^p \cdot e^{bx}$: x er længden af sideanlæg i km

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter		
	a	p	b
Personskadeulykker	0,00031822877	0,8214	-1,8312
Materielskadeulykker	0,00175025825	0,8214	-1,8312
Ekstrauheld	0,00286405895	0,8214	-1,8312
Dræbte	0,00003182288	0,8214	-1,8312
Alvorlige skader	0,00025458302	0,8214	-1,8312
Lette skader	0,00006364575	0,8214	-1,8312

Tabel 131. *Basismodeller for ulykker og personskader på* ***sideanlæg****. Baseret på 82 sideanlæg med data fra perioden 2006-2020.*

<u>Øvrige ramper</u> – basismodeller – $UT = a \cdot b_{rampetype} \cdot N^p$:

Type af ulykke eller personskade	Estimerede konstanter		
	a	p	$b_{rampetype}$
Personskadeulykker	0,00029984168	0,6172	Dobbeltrettet rampe: 1,0000
Materielskadeulykker	0,00062416024	0,6172	Forbindelsesrampe: 1,9993
Ekstrauheld	0,00174397714	0,6172	Rampeforgrening: 0,9925
Dræbte	0,00000611922	0,6172	Parallelspor: 0,1960
Alvorlige skader	0,00021417263	0,6172	Rampesammenløb: 0,6236
Lette skader	0,00013462280	0,6172	Rampevekselstrækning: 0,5611

Tabel 132. *Basismodeller for ulykker og personskader på* ***øvrige ramper****. Baseret på 187 øvrige ramper med data fra perioden 2006-2020.*

Bilag 2. Anvendte årsfaktorer

I dette bilag er vist de årsfaktorer, som er anbefalet og anvendt i IT-værktøjet.

Årsfaktorer for motorveje – motorvejsstrækninger, fra- og tilkørselsflettestrækninger og øvrige motorvejsflettestrækninger:

Årsfaktor for år	Person-skadeulykker	Materiel-skadeulykker	Ekstrauheld	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader
2006	1,7061	1,0809	1,0208	1,3484	1,4498	2,0860
2007	1,8583	1,0717	1,0266	1,4203	1,8554	2,3831
2008	1,7031	0,9107	0,9474	1,6543	1,2041	1,6037
2009	1,3227	0,7694	0,9554	1,4966	1,5089	1,2684
2010	1,1299	0,8029	1,0871	1,4193	1,1806	1,3781
2011	1,0660	0,8477	0,8395	0,6313	1,2248	0,8493
2012	0,7571	0,8519	0,8971	0,5371	0,8132	0,7375
2013	0,7342	0,8326	0,9211	0,4934	0,8365	0,6704
2014	0,7188	0,8231	0,9744	0,7423	0,7983	0,6387
2015	0,9192	0,8622	1,0938	0,7757	0,9037	0,9090
2016	0,9253	0,8861	1,1634	1,2263	0,9219	0,9048
2017	0,7465	1,0044	1,1247	0,5851	0,7468	0,6444
2018	0,8726	1,1547	1,0447	0,8517	0,8189	0,8566
2019	0,7935	1,3862	1,0067	0,5671	0,9345	0,6431
2020	0,6641	1,3799	0,9270	0,6000	0,7618	0,3712

Tabel 133. *Anvendte årsfaktorer for motorveje for perioden 2006-2020.*

<u>Årsfaktorer for ramper og sideanlæg</u> – fra- og tilkørselsramper, sideanlæg og øvrige ramper:

Årsfaktor for år	Person-skadeulykker	Materiel-skadeulykker	Ekstrauheld	Dræbte	Alvorlige skader	Lette skader
2006	0,9851	0,4931	0,4210	1,0034	1,0034	1,0034
2007	1,1972	0,9024	0,6201	1,6101	1,6101	1,6101
2008	1,6323	0,6766	0,9650	1,2573	1,2573	1,2573
2009	1,5020	0,8816	1,1011	1,5825	1,5825	1,5825
2010	0,7313	0,9170	1,1516	0,7114	0,7114	0,7114
2011	0,9819	0,8357	0,9553	0,8085	0,8085	0,8085
2012	1,0708	1,0935	0,8958	0,8946	0,8946	0,8946
2013	0,2454	0,8353	0,8857	0,3320	0,3320	0,3320
2014	1,0130	0,6725	0,8925	0,8846	0,8846	0,8846
2015	0,6486	0,8209	1,1021	0,5219	0,5219	0,5219
2016	1,1566	1,0000	1,3504	1,3354	1,3354	1,3354
2017	1,2824	1,1430	1,1288	1,4404	1,4404	1,4404
2018	1,1500	0,8915	0,9294	1,0948	1,0948	1,0948
2019	1,0283	1,6112	1,2130	0,9562	0,9562	0,9562
2020	0,7718	1,6825	1,3933	0,8342	0,8342	0,8342

Tabel 134. *Anvendte årsfaktorer for ramper og sideanlæg for perioden 2006-2020.*