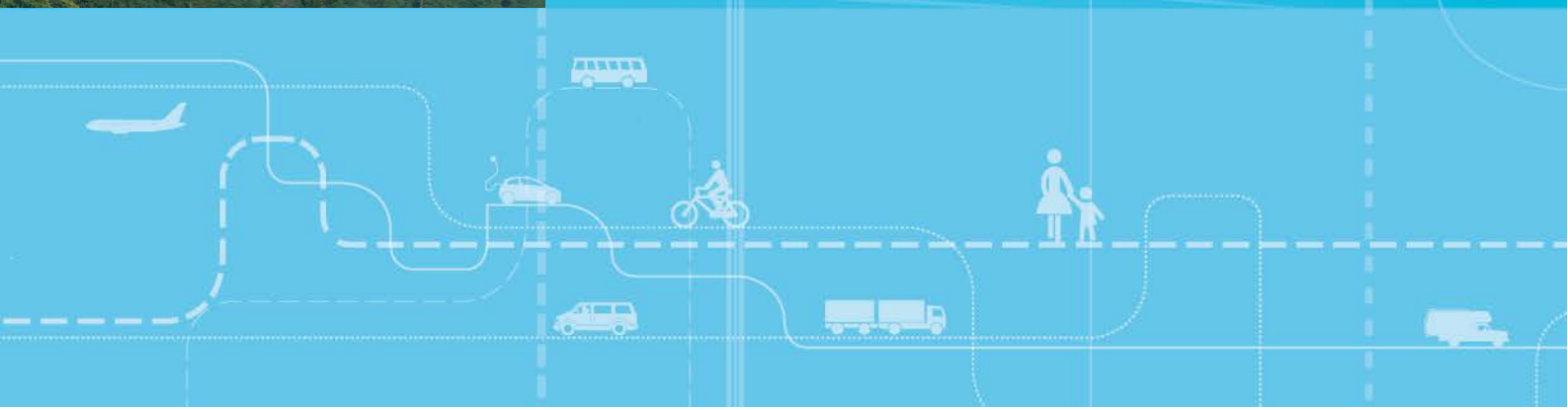


# Verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak





# Verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak

Alena Høye

Bilde på forside: Hermann Hammer

---

**Tittel:** Verktøy for virkningsberegning av ITS-tiltak

**Title:** Evaluation tool for ITS measures

**Forfattere:** Alena Høye

**Author(s):** Alena Høye

**Dato:** 11.2013

**Date:** 11.2013

**TØI rapport:** 1289/2013

**TØI report:** 1289/2013

**Sider** 89

**Pages** 89

**ISBN Elektronisk:** 978-82-480-1480-5

**ISBN Electronic:** 978-82-480-1480-5

**ISSN** 0808-1190

**ISSN** 0808-1190

**Finansieringskilde:** Statens vegvesen Vegdirektoratet

**Financed by:** The Norwegian Public Roads Administration

**Prosjekt:** 3872 - ITS Virkningsberegninger

**Project:** 3872 - ITS Virkningsberegninger

**Prosjektleder:** Alena Høye

**Project manager:** Alena Høye

**Kvalitetsansvarlig:** Rune Elvik

**Quality manager:** Rune Elvik

**Emneord:** Excel-beregning  
Fremkommelighet  
ITS  
Miljø  
Nytte-kostnad  
Trafikksikkerhet

**Key words:** Cost-benefit  
Environment  
Excel  
ITS  
Mobility  
Road safety

**Sammendrag:**

Et verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak er utviklet på oppdrag av Statens vegvesen og inngår i Nord-FoU-prosjektet "Samfunnsøkonomisk evaluering av Intelligente transportsystemer" (SEVITS) hvor de deltakende land er Norge og Sverige. Med verktøyet kan man, uten spesialkompetanse i verken nytte-kostnadsanalyser eller MS Excel, vurdere den samfunnsmessige netto-nyten og nytte-kostnadsforhold av ulike ITS-tiltak som er beskrevet i ITS-håndboken (ITS på veg). Rapporten beskriver beregningsforutsetningene og tiltakene, og inneholder en bruksanvisning, eksempler, oppsummeringer av kunnskapen om tiltakenes virkninger på trafikksikkerhet, fremkommelighet og miljø, samt veiledende verdier for alle tiltakene som kan brukes i Excel-verktøyet. Excel-verktøyet er vedlegg til rapporten.

**Summary:**

A tool for the evaluation of the societal costs and benefits of a number of ITS-measures has been developed on behalf of the Public Roads Administration. The project was a part of SEVITS - Socio economic evaluation of intelligent transport systems. The tool is developed for evaluating measures described in the Norwegian ITS-handbook. The report describes basis of the cost-benefit analyses and the measures, and it contains a user manual, examples, a summary of present knowledge about the effects of the measures on road safety, mobility and the environment, as well as recommended values that can be used in the tool. The Excel-tool is an attachment to the present report.

Language of report: Norwegian

---

*Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.*

*This report is available only in electronic version.*

---

Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

Institute of Transport Economics  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

# Forord

Et verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak er utviklet på oppdrag av Statens vegvesen og inngår i Nord-FoU-prosjektet ”Samfunnsøkonomisk evaluering av Intelligente transportsystemer” (SEVITS) hvor de deltakende land er Norge og Sverige. Verktøyet finnes i to varianter; en norsk variant som er basert på den norske ITS-håndboken, hvor norske verdsetninger og beregningsmåter er lagt til grunn, og en svensk variant som er basert på den svenske ITS-håndboken. Den norske varianten er vedlegg til denne rapporten. Den svenske varianten er ikke offentliggjort. Tiltakene og beregningsforutsetningene i den svenske varianten av verktøyet er beskrevet i et eget arbeidsdokument.

Ved Transportøkonomisk institutt har Alena Høye vært prosjektleder, skrevet rapporten og utviklet verktøyet i MS Excel. Truls Vaa, Rolf Hagman, Marit Killi, Knut Veisten og Rune Elvik har bidratt med bakgrunnsinformasjon om nyttekostnadsanalyser, verdsetninger og tiltakenes virkninger på trafikksikkerhet, framkommelighet og miljø. Rune Elvik har vært ansvarlig for kvalitetssikring.

Prosjektet er finansiert av Statens vegvesen, Vegdirektoratet, ITS seksjonen. Kontaktpersoner i Vegdirektoratet har vært Morten Welde, Anders Godal Holt og Kjell Ottar Sandvik. Kontaktpersoner i Trafikverket har vært Sorin Sima og Carsten Sachse.

Oslo, november 2013  
Transportøkonomisk institutt

*Gunnar Lindberg*  
direktør

*Michael W. J. Sørensen*  
avdelingsleder



## Innhold

### Sammendrag

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Beregning av tiltakenes nettonytte / nyttekostnadsforhold</b> .....	<b>2</b>
2.1	Generelt om nytte-kostnadsanalysene .....	2
2.2	Tiltakenes nytte .....	3
2.2.1	Nytte for trafikk sikkerheten .....	3
2.2.2	Nytte for miljø .....	6
2.2.3	Nytte for fremkommeligheten .....	8
2.2.4	Usikkerhet og relevans av nytte vurderingene .....	10
2.3	Kostnader .....	11
2.4	Nåverdien av tiltakenes nytte og kostnader over hele analyseperioden .....	12
2.5	Indikatorer for tiltakenes lønnsomhet .....	12
2.5.1	Nettonytte .....	13
2.5.2	Nettonytte per budsjettkrone .....	13
2.5.3	Nytte-kostnadsforhold .....	13
2.5.4	Trafikk sikkerhetseffekt per mill. budsjett kroner .....	13
<b>3</b>	<b>Bruksanvisning for Excel-verktøyet</b> .....	<b>14</b>
3.1	For hvilke tiltak kan man bruke Excel-verktøyet? .....	14
3.2	Utfylling av regnearket .....	15
3.3	Resultatvisning .....	16
3.4	Muligheter for å endre beregningsforutsetninger .....	16
<b>4</b>	<b>Oversikt over tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Regneark 1: Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t</b> .....	<b>20</b>
5.1	Beregning av nytten i Excel-verktøyet .....	20
5.2	Eksempler og veiledende verdier .....	24
5.2.1	Oversikt over tiltak .....	24
5.2.2	Variable fartsgrenser .....	25
5.2.3	Variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold .....	29
5.2.4	Variabel fartsgrense med varsling om fotgjengere eller svingende trafikk .....	34
5.2.5	Anbefalt fart og tåkevarsling eller varsling om glatt veg .....	35
5.2.6	Varsling av glatt veg med anbefalt minste avstand til forankjørende .....	37
5.2.7	Fartsgrensepåminnende informasjon / fartsmålingstavler .....	38
5.2.8	Punkt-ATK .....	40
5.2.9	Streknings-ATK .....	43
5.2.10	Tiltak i vegarbeidsområder: Variable fartsgrenser .....	44
5.2.11	Tiltak i vegarbeidsområder: Fartsmålingstavler .....	47
5.2.12	Tiltak i vegarbeidsområder: Anbefalt fart ved vegoppmerking .....	49

<b>6</b>	<b>Regneark 2: Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen .....</b>	<b>51</b>
6.1	Beregning av nytten i Excel-verktøyet.....	51
6.2	Eksempler og veiledende verdier .....	53
6.2.1	Tilfartskontroll .....	53
6.2.2	Variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og personbiler med campingvogn .....	56
<b>7</b>	<b>Regneark 3: Køvarsling med / uten tilleggsinformasjon, reisetidsinformasjon .....</b>	<b>59</b>
7.1	Beregning av nytten i Excel-verktøyet.....	59
7.2	Eksempler og veiledende verdier .....	63
7.2.1	Køvarsling.....	63
7.2.2	Reisetidsinformasjon .....	65
7.2.3	Køvarsling og andre tiltak .....	66
7.2.4	Køvarsling og / eller reisetidsinformasjon i vegarbeidsområder.....	67
<b>8</b>	<b>Regneark 4: Varsel for gang og sykkel ved gangfelt.....</b>	<b>68</b>
8.1	Beregning av nytten i Excel-verktøyet.....	68
8.2	Eksempler og veiledende verdier .....	72
<b>9</b>	<b>Regneark 5: Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss .....</b>	<b>75</b>
9.1	Beregning av nytten i Excel-verktøyet og veiledende verdier.....	75
<b>10</b>	<b>Regneark 6: Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk .....</b>	<b>79</b>
10.1	Eksempler og veiledende verdier .....	79
10.2	Beregning av nytten i Excel-verktøyet og veiledende verdier.....	79
<b>11</b>	<b>Tiltak som ikke er beskrevet i Excel-verktøyet.....</b>	<b>81</b>
11.1	Bølge-, skred- og vindvarsling .....	81
11.2	Operatørstyrt fritekstinformasjon.....	81
11.3	Varsel om kjøring mot kjøreretningen .....	82
11.4	Dynamisk parkeringsinformasjon .....	82
11.5	Innfartsparkering med informasjon.....	83
11.6	Sanntidsinformasjon om ferjetrafikk .....	83
11.7	Dynamisk viltvarsling.....	83
11.8	Dynamisk belysning .....	83
11.9	Signalanlegg .....	84
11.10	Kjørefeltsignaler.....	84
11.11	Reversible kjørefelt.....	84
11.12	Køprising .....	85
11.13	Overvåking og styring av transport av farlig gods.....	85
11.14	Tunnelovervåking og -styring .....	85
11.15	Automatisk kjøretøykontroll.....	85
<b>12</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>86</b>



**Sammendrag:**

# Verktøy for virkningsberegning av ITS-tiltak

TOI rapport 1289/2013  
Forfatter: Alena Høye  
Oslo 2013, 89 sider

---

*Et verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak er utviklet på oppdrag av Statens vegvesen og inngår i Nord-FoU-prosjektet "Samfunnsøkonomisk evaluering av Intelligente transportsystemer" (SEVITS) hvor de deltagende land er Norge og Sverige. Med Excel-verktøyet kan man, uten spesialkompetanse i verken nytte-kostnadsanalyser eller MS Excel, vurdere den samfunnsmessige netto-nytt og nytte-kostnadsforhold av ulike ITS-tiltak som er beskrevet i ITS-håndboken (ITS på veg). Rapporten beskriver beregningsforutsetningene og tiltakene, og inneholder en bruksanvisning, eksempler, oppsummeringer av kunnskapen om tiltakenes virkninger på trafikkikkerhet, fremkommelighet og miljø, samt veiledende verdier for alle tiltakene som kan brukes i Excel-verktøyet. Excel-verktøyet er vedlegg til rapporten.*

## Tiltak

Excel-verktøyet inneholder seks regneark som kan brukes for å beregne den samfunnsøkonomiske nytten av tiltakenes virkninger på trafikkikkerhet, fremkommelighet og miljø og for å gjøre nytte-kostnadsvurderinger for ulike tiltak.

**Regneark 1: Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t.** Med dette regnearket kan virkningene av følgende tiltak vurderes:

- Variable fartsgrenser med informasjon og varsling om hendelser, vær- og kjøreforhold
- Informasjon om vegarbeid: variabel fartsgrense, anbefalt fart og tilbakemelding av fart
- Fartsgrensepåminnende informasjon
- Fartsmålingstavler
- Variable fartsgrenser
- Automatisk trafikkontroll (ATK) - Punkt-ATK
- Automatisk trafikkontroll (ATK) - Streknings-ATK
- Andre tiltak som har en kjent effekt på gjennomsnittsfarten og / eller andelen som kjører over 120 km/t.

Virkningene beregnes ut fra informasjon om vegegenskaper (strekningslengde, trafikkmengde, tungbilandel, normal skadekostnad), gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t.

**Regneark 2: Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen.** Med dette regnearket kan virkningene av følgende tiltak vurderes:

- Tilfartskontroll
- Variable fartsgrenser (hvis man antar at hovedeffekten er at andelen av trafikken som kjører i kø er redusert)
- Andre tiltak som har en kjent effekt på antall ulykker og / eller fartsfordelingen

Virkningene beregnes ut fra informasjon om vegegenskaper (strekningsslengde, trafikkmengde, tungb- og diesebilandel, normal skadekostnad), virkningen på ulykkesrisikoen og fartsfordelingen (andelen som kjører i kø, tett trafikk og fritt flytende trafikk).

**Regneark 3: Køvarsling med eller uten tilleggsinformasjon, reisetidsinformasjon.** Med dette regnearket kan virkningene av følgende tiltak vurderes:

- Køvarsling
- Reisetidsinformasjon eller annen informasjon, enten i kombinasjon med køvarsling eller som eneste tiltak
- Andre tiltak som påvirker fartsfordelingen, antall ulykker med påkjøring bakfra eller hvor det foreligger informasjon om trafikantenes verdsetting

Virkningene beregnes ut fra informasjon om vegegenskaper (strekningsslengde, trafikkmengde, tungbil- og diesebilandel), tiltakets virkning på antall ulykker med påkjøring bakfra og fartsfordelingen (andelene som kjører i kø, tett trafikk og fritt flytende trafikk), samt verdsettingen av informasjon.

**Regneark 4: Varsel for gang og sykkel ved gangfelt.** Med dette regnearket kan virkningene av varsel for gang og sykkel vurderes. Virkningene beregnes ut fra informasjon om vegegenskaper (trafikkmengde, antall kjørefelt, gjennomsnittsfart, antall kryssende fotgjengere og syklist mv.) og tiltakets virkninger på ulykker i gangfeltet og på andelen kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere.

**Regneark 5: Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss.** Med dette regnearket kan virkningene av kollektivtrafikkprioritering i lyskryss vurderes. Virkningene beregnes ut fra informasjon om antall avganger og passasjerer på busser eller trikker, trafikkmengde (øvrige trafikk) og endringer av reisetiden for kollektivtrafikk og annen trafikk.

**Regneark 6: Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk.** Med dette regnearket kan virkningene av sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk vurderes. Virkningene beregnes ut fra informasjon om antall passasjerer som vil ha nytte av tiltaket og passasjerenes verdsetting av informasjonen.

## Nyttekostnadsanalyser

Nyttekostnadsanalyser gjøres automatisk i Excel-verktøyet for å beregne:

- Nettonytten, dvs. tiltakets nytte minus kostnadene over hele analyseperioden
- Nettonytten per budsjettkrone
- Nytte-kostnadsforholdet, dvs. tiltakets (positive) nytte delt på summen av kostnadene og eventuelt negative nyttekomponenter
- Trafikksikkerhetseffekten per mill. kroner, dvs. forventet antall ulykker (eller skadde / drepte) som unngås per mill. kroner tiltakskostnad

Bergningene gjøres ut fra informasjon som må oppgis av brukeren (informasjon om tiltakene, vegegenskaper, tiltakenes virkning mv. og tiltakenes kostnader), antakelser om bl.a. sammenhengen mellom fart og skadestruktur, fart og reisetid, fartsfordeling og utslipp, og verdsettinger av tiltakenes virkning. Generelle beregningsforutsetninger i nyttekostnadsanalysene er følgende:

- Analyseperiodener 10 år, men kan settes til alt mellom 0 og 25 år
- Kalkulasjonsrenten er 4,0%
- Indeksjusteringer av alle tiltakenes virkninger (verdsettingen av virkningene) gjøres automatisk, brukeren må oppgi hvilket år det skal indeksjusteres til
- Realprisjusteringer gjøres ikke

## Bruksanvisning

Generelt sett kan Excel-verktøyet brukes for å besvare to typer spørsmål i to ulike situasjoner:

- Vil tiltaket være lønnsomt under de gitte forutsetningene?
- Hvilke forutsetninger må være oppfylt for at tiltaket skal være lønnsomt?

For å gjøre nyttekostnadsvurderinger må brukeren oppgi følgende beregningsforutsetninger:

- Bakgrunnsinformasjon om vegen og trafikken på vegen (som ÅDT, gjennomsnittsfart, mv.)
- Informasjon om tiltakets kostnader
- Informasjon om tiltakets virkninger på f.eks. ulykker, gjennomsnittsfart, fartsfordeling

For tiltakets virkninger er det, så langt som mulig, oppgitt veiledende verdier som baseres på empiriske studier av tiltakene.

For å tolke resultatene er det viktig å huske at resultatene aldri er bedre enn den informasjonen som legges til grunn og et resultat kan anses som pålitelig kun hvis beregningsforutsetningene er basert på solid kunnskap, helst fra empiriske studier eller observasjoner på den aktuelle vegen. For mange tiltak foreligger det forholdsvis lite og dårlig kunnskap om virkningene på fart, ulykker og lignende og resultatene vil være tilsvarende usikre.



# 1 Innledning

Et verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak er utviklet på oppdrag av Statens vegvesen og inngår i Nord-FoU-prosjektet "Samfunnsøkonomisk evaluering av Intelligente transportsystemer" (SEVITS) hvor de deltakende land er Norge og Sverige.

Formålet med verktøyet er å vurdere den samfunnsmessige netto-nytten av ulike ITS-tiltak som er beskrevet i den norske og svenske ITS-håndboken (ITS på veg / ITS på väg). Verktøyet kan brukes uten spesialkompetanse i verken nytte-kostnadsanalyser eller MS Excel. Med hjelp av verktøyet kan man beregne den samfunnsmessige netto-nytten og andre indikatorer for forholdet mellom tiltakenes nytte og kostnader som forventes ved ulike spesifikasjoner av tiltak under gitte forutsetninger.

Verktøyet finnes i to varianter, én med tiltak fra den norske ITS-håndboken (Statens vegvesen, 2011), hvor norske verdsettinger og beregningsmåter er lagt til grunn og én med tiltak fra den svenske ITS-håndboken (Vägverket, 2009A), hvor svenske verdsettinger og beregningsmåter er lagt til grunn. Denne rapporten beskriver kun tiltakene og beregningsforutsetningene som er med i den norske varianten av verktøyet. Tiltakene og beregningsforutsetningene i den svenske varianten av verktøyet er beskrevet i et eget arbeidsdokument (Høye, 2013).

Forutsetning for at tiltak er tatt med i verktøyet er at det foreligger tilstrekkelig kunnskap om virkninger på trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet / tilgjengelighet samt om verdsettingen av virkningene.

## 2 Beregning av tiltakenes nettonytte / nyttekostnadsforhold

For alle tiltakene som er beskrevet i kapitlene 5 til 10 kan man i Excel-verktøyet gjøre standardiserte beregninger av tiltakenes nettonytte og nytte-kostnadsforhold. Tiltak er kun tatt med dersom det foreligger et minimum av kunnskap for å gjennomføre nytte-kostnadsanalyser, dvs. kunnskap om tiltakets virkninger, samt den økonomiske verdsettingen av virkningene. Kostnadene er ikke lagt inn i verktøyet, men forutsettes lagt inn av brukeren.

### 2.1 Generelt om nytte-kostnadsanalysene

I nytte-kostnadsanalysene beregnes den nytten og de kostnadene tiltak vil medføre, målt i kroner. Hensikten er å få en indikasjon på hvorvidt tiltakets nytte vil være større eller mindre enn kostnadene. For hvert tiltak beregnes

- **Nettonytten**, dvs. tiltakets nytte minus kostnadene over hele analyseperioden
- **Nettonytten per budsjettkrone**
- **Nytte-kostnadsforholdet**, dvs. tiltakets nytte delt på summen av kostnadene
- **Trafikksikkerhetseffekten per mill. kroner**, dvs. forventet antall ulykker (eller skadde / drepte) som unngås per mill. kroner tiltakskostnad

Hvordan disse beregnes er i mer detalj beskrevet i avsnitt 2.2 til 2.5.

**Øvre og nedre grense:** For tiltakenes nytte og indikatorene for forholdet mellom nytte og kostnader oppgis som regel en øvre og nedre grense. Disse er ikke konfidensintervaller i den forstand at de oppgir et intervall hvor den "sanne" effekten ligger med en viss sannsynlighet. Øvre og nedre grense er beregnet ut fra de henholdsvis mest optimistiske og mest pessimistiske antakelsene om tiltakets nytte og verdsetting av nytten. Dette er i noen tilfeller konfidensintervaller, og i andre tilfeller skjønnsmessige anslag av den største og minste mulige forventede nytten.

Grunnleggende forutsetningene i alle nytte-kostnadsberegningene er følgende:

**Analyseperiode:** Analyseperioden er som standard satt til 10 år, men kan endres av brukeren (mellom 0 og 25 år). Det forutsettes at første investering skjer i år 0, mens nytte, drifts- og vedlikeholdskostnader påløper fra og med år 1. Det antas at tiltaket er ferdigstilt og kan tas i bruk i analyseperiodens år 1.

**Kalkulasjonsrenten:** Kalkulasjonsrenten er som standard satt til 4,0% (NOU 2012:16). Kalkulasjonsrenten kan endres av brukeren i arket 'Data-Beregninger'.

**Virkninger på reisemiddelvalg:** Noen av tiltakene kan tenkes å påvirke reisemiddelvalget. F.eks. kan tiltak som bedrer fremkommeligheten for kollektivtrafikken tenkes å øke andelen som reiser kollektivt, mens andelen som reiser med bil reduseres. Slike virkninger er det ikke tatt hensyn til, for det første

fordi det ikke foreligger tilstrekkelig kunnskap, og for det andre fordi virkningene ikke antas å være store for de tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet.

**Forventede endringer av trafikkmengden:** For alle tiltak som påvirker biltrafikken er det mulig å oppgi en forventet årlig trafikkvekst i prosent. For tiltak som påvirker kollektivtrafikk er det mulig å oppgi en årlig passasjervekst i prosent. Hvis man ikke vil ta hensyn til økende trafikk- eller passasjervekst kan denne settes til null.

**Fartsendringer:** Alle fartsendringer er i utgangspunktet inkludert i beregningen av tiltakenes nytte. Siden man kan argumentere at det å kjøre for fort ikke bør betraktes som en samfunnsnytte, er det mulig å ta fremkommelighetseffekten av fartsendringer ut av nytte-kostnadsvurderingene. Økte reisetider som følge av redusert fart vil da ikke inngå i resultatene som negativ samfunnsnytte.

**Indeksjusteringer:** Alle kostnadene og verdsettingene indeksjusteres til det aktuelle året (som må oppgis av brukeren i ark 'Data-beregninger').

**Realprisjusteringer** gjøres ikke.

## 2.2 Tiltakenes nytte

For alle tiltak som er inkludert i verktøyet beregnes hvilken nytte tiltaket forventes å ha på trafiksikkerhet, miljø og fremkommelighet, så langt det foreligger informasjon om den samfunnsøkonomiske effekten (enhetsverdier) av tiltakenes virkninger. De forventede virkningene på ulykker, fart, utslipp, reisetid mv. må oppgis av brukeren. Det er oppgitt veiledende verdier for alle virkningene som ikke beregnes automatisk. Verdsettingen av virkningene er lagt inn i verktøyet og skal normalt ikke endres av brukeren.

### 2.2.1 Nytte for trafiksikkerheten

Den samfunnsøkonomiske nytten av virkningen på trafiksikkerheten beregnes i Excel-verktøyet ut fra den forventede endringen av skadekostnadene. Endringen av skadekostnadene beregnes ut fra virkningen på antall ulykker.

**Endringen av antall ulykker** kan for noen tiltak estimeres basert på empiriske studier av tiltakets virkningen på ulykker. I andre tilfeller kan endringen av antall ulykker estimeres ut fra endringen i gjennomsnittsfarten (se avsnitt nedenfor: Estimerte virkninger på ulykker ut fra fartsendringer). Endringen av antall ulykker er som regel oppgitt i prosent. Den prosentvise endringen av skadekostnadene forutsettes å være den samme som den prosentvise endringen av antall ulykker (eventuelt med hensyn tatt til ulike virkninger på ulike skadegrader).

For å beregne den absolutte endringen av skadekostnadene trenger man i tillegg informasjon om de skadekostnadene som forventes uten tiltak. **Normale skadekostnader** på ulike vegtyper er beskrevet nedenfor i avsnittet Normale skadekostnader. Normale skadekostnader i gangfelt beregnes med en ulykkesmodell for gangfelt som er nærmere beskrevet i kapittel 8.1.

Hvilke **verdsettinger** av personskader og drepte som ligger til grunn for de normale skadekostnadene er oppsummert i det følgende avsnittet.

## Verdsetting av virkningen på personskader

Skadekostnadene som brukes i beregningene er basert på verdsettingen av virkningen på ulykker baseres på verdsettingsstudier i Norge (Veisten et al., 2010).

Ulykkeskostnadene for ulike skadegrader er som vist i tabell 2.1. Verdiene gjelder faktisk inntreffende ulykker (ikke utelukkende politirapporterte ulykker).

Tabell 2.1: Ulykkeskostnader per skadetilfelle etter skadegrad (Veisten et al., 2010).

	Drept	Meget alvorlig skadd	Hardt skadd	Alvorlig skadd	Lettere skadd	Kun materiell skade	Gjennomsnittlig personskade
Norge (2009-kr.)	30 222 842	22 932 943	10 586 741	8 143 647	613 687	29 564	1 152 796

## Normale skadekostnader på ulike vegtyper

Normale skadekostnader for ulike vegtyper foreligger fra Høye et al. (2011; tabell 2.2). Skadekostnadene er basert på verdsettingen av skadetilfeller som er presentert i avsnittet over (Verdsetting av virkningen på personskader).

Tabell 2.2: Gjennomsnittlige skadekostnader per kjøretøykilometer. Beløp i 2010-kroner. Riksveger inklusive Europaveger (Høye et al., 2011).

	Vegtype, fartsgrense og ÅDT	Skadekostnader i kr. per kjøretøykm
Møtefrie veger	Firefelts veg med fartsgrense 90 km/t eller 100 km/t	0,12
	To- eller trefelts veg med midtrekkverk (fartsgrense 80 km/t eller 90 km/t)	0,16
Veger uten midtrekkverk / midtdeler	Fartsgrense 90 km/t (alle ÅDT)	0,45
	Fartsgrense 80 km/t, ÅDT over 8.000	0,49
	Fartsgrense 80 km/t, ÅDT mellom 4.000 og 8.000	0,53
	Fartsgrense 80 km/t, ÅDT mellom 2.000 og 4.000	0,76
	Fartsgrense 80 km/t, ÅDT lavere enn 2.000	0,79
	Fartsgrense 70 km/t (alle ÅDT)	0,48
	Fartsgrense 60 km/t (alle ÅDT)	0,52
	Fartsgrense 50 km/t (alle ÅDT)	0,59

## Relative skadekostnader - Justering av normale skadekostnader ut fra lokale forhold

For å kunne ta hensyn til at skadekostnader kan være høyere (eller lavere) enn normalt er det lagt inn en mulighet i Excel-verktøyet for å justere skadekostnadene med en *relativ skadekostnad*, slik at de bedrer representerer de faktiske skadekostnadene enn de normale. De faktiske skadekostnadene på en vegstrekning kan f.eks. være høyere enn normalt når tiltak brukes på en veg hvor ulykkesrisikoen er høyere enn på andre veger av samme type, eller kun i perioder hvor ulykkesrisikoen er høyere enn normalt (f.eks. i tåke). Skadekostnadene kan være lavere enn normalt f.eks. når tiltak brukes kun når det er kø. Hvis skadekostnadene er f.eks. 20% høyere enn normalt, er de relative skadekostnader 1,2. Hvis skadekostnadene er 10% lavere enn normalt, er de relative skadekostnader 0,9.



## Estimerte virkninger på skadekostnader ut fra fartsendringer med potensmodellen

For noen tiltak er den prosentvise virkningen på antall ulykker beregnet ut fra virkningen på *gjennomsnittsfarten*. Ut fra virkningen på gjennomsnittsfarten kan man, med hjelp av potensmodellen (Elvik, 2009) estimere den forventede virkningen på antall drepte eller skadde personer. Virkningen på antall skadde (eller drepte) beregnes som:

$$\frac{\text{Antall skadde med tiltak}}{\text{Antall skadde uten tiltak}} = \left( \frac{\text{Fart med tiltak}}{\text{Fart uten tiltak}} \right)^{\text{Eksponent}}$$

Eksponenter for ulike skadegrader og ulike trafikkmiljøer (lande-/ motorveger og i byer) er beskrevet i Elvik (2009). I Excel-verktøyet brukes eksponentene for de enkelte skadegradene. Eksponentene er vist i tabell 2.3. Tabell 2.3 viser også hvor store andeler av alle skadde eller drepte som er henholdsvis drept, hardt skadd eller lettere skadd, på lande-/motorveger og i byer.

Tabell 2.3: Eksponenter i potensmodellen og andelene drepte / hardt skadde / lettere skadde på lande-/motorveger og i byer.

			Drepte	Hardt skadde	Lettere skadde
Lande-/motorveg	Eksponent	Beste anslag	4.6	3.5	1.4
		KI nedre	4	0.5	0.5
		KI øvre	5.2	5.5	2.3
By	Eksponent	Beste anslag	3	2	1.1
		KI nedre	-0.5	0.8	0.9
		KI øvre	6.5	3.2	1.3
Lande-/motorveg	Andel		3 %	9 %	89 %
By	Andel		1 %	6 %	94 %

Endringen i skadekostnadene beregnes ut fra den forventede fartsendringen på følgende måte med hjelp av potensmodellen:

- De *normale skadekostnadene* for vegen er bestemt ut fra vegkategorien; brukeren kan justere disse (oppgi en *relativ skadekostnad*) hvis det er grunnlag for å anta at de faktiske skadekostnadene er høyere eller lavere enn normalt.
- Ut fra andelene som blir drept, hardt skadd eller lettere skadd, og skadekostnadene for disse skadegrader (se avsnitt om Verdsetting av virkningen på personskader) beregnes *andelen av skadekostnadene* som oppstår som følge av at personer blir drept / hardt skadd / lettere skadd.
- Med hjelp av potensmodellen beregnes den estimerte prosentvise *endringen av skadekostnadene for hver skadegrad* (det forutsettes at den prosentvise endringen av skadekostnadene for f.eks. drepte er den samme som den prosentvise endringen av antall drepte).
- De estimerte endringene av skadekostnadene for de enkelte skadegradene *summeres* til den totale estimerte endringen av skadekostnadene.
- *Øvre og nedre grense* for de forventede endringene av skadekostnadene beregnes ut fra øvre og nedre grense for den forventede fartsendringen (hvis disse er oppgitt av brukeren) og konfidensintervallene for eksponentene i potensmodellen.

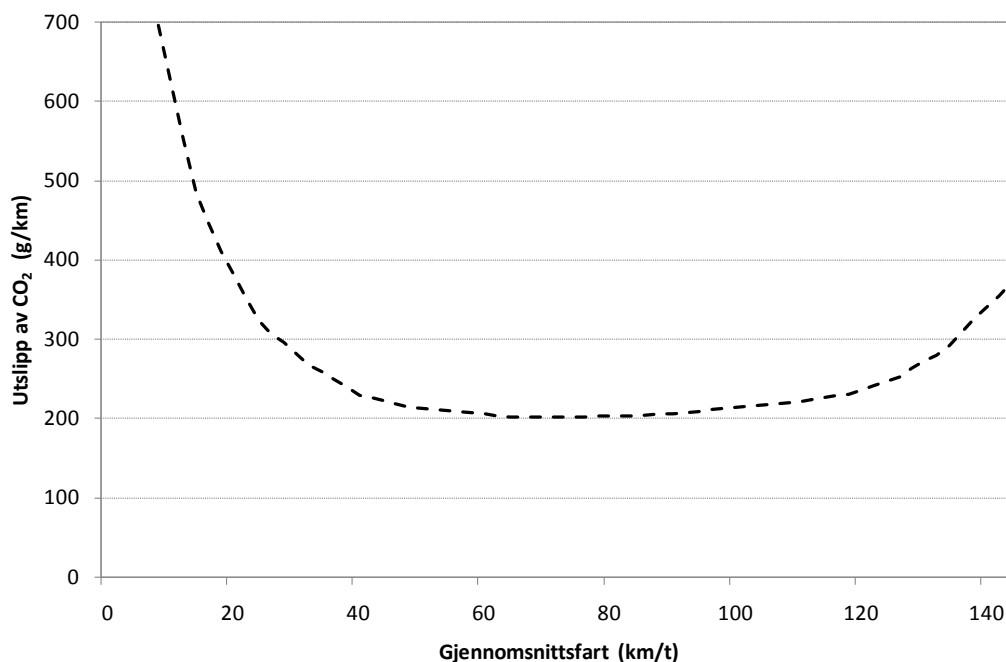
Noen tiltak påvirker i tillegg **fartsvariasjonen**. Fartsvariasjon har sammenheng med ulykkesrisiko, denne er imidlertid vanskeligere å kvantifisere enn sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og antall ulykker. I hvilken grad fartsvariasjon påvirkes er også vanskeligere å tallfeste. Virkninger på fartsvariasjon brukes derfor ikke i beregningen av trafikksikkerhetseffekter.

## 2.2.2 Nytte for miljø

Noen av tiltakene påvirker miljøet ved at fart eller køkjøring blir redusert. Endringer av gjennomsnittsfart og redusert køkjøring medfører endringer i utslipp av bl.a. CO<sub>2</sub>. Basert på endringer i utslipp fra motorkjøretøy, samt verdsettingen av endringene, beregnes miljøeffektene i Excel-verktøyet. Andre miljøeffekter som endringer i støy er svært komplekse (avhengig av kjøretøysammensetning, avstand mellom veg og boliger, antall personer som bor i nærheten av vegen, mv.) og tas derfor ikke med (simuleringsstudien som er beskrevet i Høye et al., 2011 viste at selv sterkt forenklete beregninger av støyvirkninger er svært komplekse og usikre, men gir kun små effekter).

### **Miljøvirkninger av redusert gjennomsnittsfart**

Endringer av gjennomsnittsfarten henger i hovedsak sammen med utslipp av CO<sub>2</sub>. Andre utslipp påvirkes i mindre grad av gjennomsnittsfarten (andre utslipp påvirkes derimot av kjøresituasjonen, se neste avsnitt om miljøvirkninger av endret kjøresituasjon). Sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og CO<sub>2</sub>-utslipp er beskrevet av Barth & Boriboonsomsin (2009) som vist i figur 2.1. Denne sammenhengen gjelder en sammensetning av trafikken av ulike typer kjøretøy. Sammenhengen er forskjellig for ulike typer kjøretøy, men det er ikke funnet resultater som gjør det mulig å beregne virkningen av endringer i gjennomsnittsfarten med denne modellen for ulike typer kjøretøy separat.



Figur 2.1: Sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og utslipp av CO<sub>2</sub> (Barth & Boriboonsomsin, 2009).

Utslipp av CO<sub>2</sub> (og andre utslipp fra motorkjøretøy) ved ulike fartsnivåer er i tillegg avhengige av hvordan det kjøres. Ved konstant fart er utslippene lavere, spesielt ved fart under 30 km/t. Ved en gjennomsnittsfart mellom ca. 60 og 90 km/t derimot er det liten forskjell mellom konstant fart og fart i vanlig trafikk. For tiltakene hvor miljøvirkningene beregnes ut fra virkningen på gjennomsnittsfart er farten som regel omtrent mellom 60 og 90 km/t og endringer i fartsvariasjonen vil derfor ikke ha stor betydning for miljøeffektene.

For å få mest mulig nøyaktige resultater burde man ideelt sett beregne miljøeffekten ut fra endringen i hele fartsfordelingen. For å forenkle beregningene (og spesifisering av forutsetningene som må gjøres av brukeren), estimeres miljøeffektene ut fra andelen som kjører over 120 km/t uten tiltak og den gjennomsnittlige fartsreduksjonen for disse kjøretøyene med tiltak. Det forutsettes at de som kjører over 120 km/t uten tiltak og under 120 km/t med tiltak, kjører i gjennomsnitt 130 km/t uten tiltak og 115 km/t med tiltak. Utslippene av CO<sub>2</sub> i gram per kjøretøykilometer er ifølge figur 2.1 227 g ved 115 km/t, 236 g ved 120 km/t og 273 g ved 130 km/t.

For å ta hensyn til at dette er rent skjønnsmessige anslag er det beregnet en øvre og nedre grense for endringen i utslipp ved å gange den estimerte effekten med henholdsvis 0,75 og 1,25.

### **Miljøvirkninger av endret fartsfordeling**

Tiltak som endrer andelen av trafikken som kjører i kø, tett eller fritt flytende trafikk påvirker utslipp av CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>. Utslippene er avhengige av mange faktorer, bl.a. sammensetningen av kjøretøyparken (typer kjøretøy og produksjonsår), fordelingen av gjennomsnittsfarten og fartsprofilen (hvor mye som bremses og akselereres) med og uten tiltak. Siden det er nesten umulig å beskrive endringen av fartsfordelingen (eller virkningene på utslippene) nøyaktig, er det valgt en forenklet beregningsmåte. Denne tar utgangspunkt i gjennomsnittlige utslipp fra ulike kjøretøytyper i ulike kjøresituasjoner som er beskrevet i Hagman et al. (2011). De tre kjøresituasjonene er køkjøring, tett trafikk i by og fri flyt på landeveg. Gjennomsnittsfarten i disse kjøresituasjonene for ulike typer kjøretøy er vist i tabell 2.4.

Tabell 2.4: Gjennomsnittsbastighet (km/t) for valgte kjøresituasjoner (Hagman et al., 2011).

	Personbil, bensin	Personbil, diesel	Tung lastebil	Bybuss (diesel)
<b>Køkjøring</b>	13	13	13	13
<b>Tett trafikk i by</b>	30	30	29	30
<b>Fri flyt –landevei</b>	74	74	72	59

For hver av disse kjøresituasjonene oppgir Hagman et al. (2011) gjennomsnittlige utslipp av CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub> for ulike typer kjøretøy. Disse finnes oppsummert i tabell 2.5. Verdiene varierer avhengig av kjøretøyenes registreringsår. Det er her valgt verdier som gjelder kjøretøy som er litt nyere enn gjennomsnittet (for å ta hensyn til at nye biler kjøres mer, og at bilparken stadig fornyes).

Tabell 2.5: Utslipp av  $\text{NO}_x$ ,  $\text{NO}_2$ , PM og  $\text{CO}_2$  i forskjellige kjøresituasjoner (Hagman et al., 2011).

		Utslipp (g per km)		
		Kø	Tett / by	Lande-/motorveg
<b><math>\text{NO}_x</math></b>	Personbiler - bensin	0.17	0.09	0.04
	Personbiler - diesel	1.01	0.52	0.34
	Bybuss - diesel	16.44	8.34	5.51
	Lastebil, tung	14.23	8.84	6.50
<b><math>\text{NO}_2</math></b>	Personbiler - bensin	0.01	0.00	0.00
	Personbiler - diesel	0.46	0.24	0.15
	Bybuss - diesel	1.17	0.59	0.39
	Lastebil, tung	1.01	0.63	0.42
<b>PM</b>	Personbiler - bensin	0.00	0.00	0.00
	Personbiler - diesel	0.03	0.02	0.01
	Bybuss - diesel	0.30	0.20	0.11
	Lastebil, tung	0.41	0.22	0.13
<b><math>\text{CO}_2</math></b>	Personbiler - bensin	360.43	209.11	148.90
	Personbiler - diesel	264.23	162.22	115.53
	Bybuss - diesel	1420.87	880.60	640.76
	Lastebil, tung	1556.49	963.25	618.60

Ut fra den antatte endringen av andelen trafikk som kjører f.eks. i tett trafikk istedenfor i kø eller i fritt flytende istedenfor i tett trafikk (som må spesifiseres av brukeren etter nærmere angitte kriterier), beregnes den forventede endringen av utslippene i kg eller tonn.

### Verdsetting av miljøeffektene

Den økonomiske verdsettingen av miljøeffektene beregnes ut fra den forventede endringen av utslippene i kg eller tonn og enhetspriser for utslippene i kr.

Anbefalte kostnader for utslipp av  $\text{CO}_2$ , partikler ( $\text{PM}_{10}$ ) og Nitrogenoxid ( $\text{NO}_x$ ) er hentet fra den norske verdsettingsstudien (Magnussen et al., 2010). For utslipp av  $\text{PM}_{10}$  og  $\text{NO}_x$  varierer de anbefalte kostnadene mellom ulike trafikkmiljøer. De anbefalte enhetskostnadene er sammenfattet i tabell 2.6.

Tabell 2.6: Enhetspriser for utslipp fra motorkjøretøy i Norge (Magnussen et al., 2010) i 2005-kroner.

	$\text{CO}_2$	PM	$\text{SO}_2$	$\text{NO}_x$
Alle områder	210 kr. per tonn			
Storby		3.600 kr. per kg	(ingen verdier)	200 kr. per kg
By		1.640 kr. per kg	(ingen verdier)	100 kr. per kg
Andre områder		440 kr. per kg	(ingen verdier)	50 kr. per kg

### 2.2.3 Nytte for fremkommeligheten

Den samfunnsøkonomiske nytten av virkningen på fremkommeligheten beregnes i Excel-verktøyet ut fra den forventede endringen av reisetiden. Endringen av reisetiden beregnes i regnearkene 1, 2 og 3 (fartsregulerende tiltak og køvarsling) ut fra virkningen på gjennomsnittsfarten. For de øvrige tiltakene er beregningen av nytten for fremkommeligheten nærmere beskrevet i de respektive kapitlene. Verdsettingen er den samme for alle tiltak.

For å kunne beregne endringen av reisetiden ut fra fartsendringen, må brukeren oppgi

- gjennomsnittsfarten uten tiltak og den prosentvise endringen av gjennomsnittsfarten, eller
- fartsfordelingen (tre kjøresituasjoner, se avsnitt 2.2.2 Nytte for miljø) både uten og med tiltak; hvis endringer i fartsfordelingen legges til grunn er den antatte gjennomsnittlige kjørefarten i kø og tett trafikk henholdsvis 13 og 30 km/t. Gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk må oppgis av brukeren.

I tillegg inngår strekningslengden i beregningen.

For å beregne den samfunnsøkonomiske nytten av endringer i reisetiden, beregnes den gjennomsnittlige endringen av reisetiden per kjøretøy (i minutter) og den totale endringen i reisetiden for alle kjøretøy på vegen, delt opp etter kjøretøygrupper (personbiler, rutebusser, tunge kjøretøy i godstransport, og eventuelt fotgjengere og syklist). Denne ganges med **verdsettingen av reisetiden** for de ulike kjøretøytypene eller trafikantgruppene.

### Verdsetting av reisetid

Verdsettingen av endringer i reisetiden for ulike trafikantgrupper og ulike reiser er hentet fra den norske verdsettingsstudien (Halse et al., 2010, Ramjerdi et al., 2010). Gjennomsnittlig belegg på personbil, samt antall reisekilometer på korte og lange reiser med personbil og buss er hentet fra den siste norske reisevaneundersøkelsen (TØI, 2009). Gjennomsnittlig belegg på busser beregnet basert på tall fra SSB (2008-2011). Verdiene som er brukt i Excel-verktøyet er sammenfattet i tabell 2.7.

*Tabell 2.7: Gjennomsnittlig belegg, reisekilometer på korte og lange reiser og verdsetting av reisetid og mindre tid i kø / ventetid for personbiler, busser og tunge kjøretøy i godstransport. 2009-kr. (unntatt tunge kjøretøy: 2010-kr.). Kilder: Halse et al., 2010; Halse et al., 2010; Ramjerdi et al., 2010; TØI, 2009).*

		Reiser		
		< 50 km	> 50 km	Alle
<b>Personbil, reisetid</b>	Belegg	1.52	1.86	
	Andel reisekilometer	0.60	0.40	
	Kr. per time per person	81	157	
	Kr. per time, alle personer i bilen	123	292	<b>142</b>
<b>Buss, reisetid</b>	Belegg	10.63	10.63	
	Andel reisekilometer	0.67	0.33	
	Kr. per time per person	54	70	
	Kr. per time, alle personer på bussen	574	744	<b>631</b>
<b>Tunge kjøretøy (godstr.)</b>	Kr. per time (fører, last og kjøretøy)			<b>588</b>
<b>Fotgjenger, reisetid</b>	Kr. per time			<b>146</b>
<b>Fotgjenger, ventetid</b>	Kr. per time			<b>292</b>
<b>Syklister, reisetid</b>	Kr. per time			<b>130</b>
<b>Syklister, ventetid</b>	Kr. per time			<b>260</b>

I beregningene i Excel-verktøyet er de beregnede verdiene for alle reiser brukt.

Verdsettingen av ventetiden for fotgjengere og syklist er beregnet på samme måte som i Sverige (Trafikverket, 2012), dvs. at tidsverden for ventetid er det dobbelte av tidsverdien for reisetid.

## 2.2.4 Usikkerhet og relevans av nyttevurderingene

For alle ITS-tiltakene som er inkludert i Excel-verktøyet er det oppgitt

- **Usikkerhet:** I hvilken grad de estimerte virkningene på trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet mv. er basert på god kunnskap som er basert på solide empiriske studier.
- **Relevans:** Hvorvidt relevante nyttekomponenter er tatt hensyn til i beregningene.

### Usikkerhet

Usikkerheten oppgis omtrent på samme måte som i Effektkatalogene for trafikksikkerhet (Høye, Elvik & Sørensen 2011; Erke & Elvik 2006). Kunnskapen som ligger til grunn for nyttevurderingene klassifiseres som god, middels, dårlig eller utilstrekkelig:

- **God** betegner resultater som kan anses som god og sikker kunnskap. Virkningen baseres på metodisk solide undersøkelser som har kontrollert for forstyrrende variabler som bl.a. generell ulykkesutvikling, endringer i trafikkmengde og regresjonseffekter. I tillegg er virkningen ikke eller kun i liten grad påvirket av lokale forhold (f.eks. endringer av trafikkmengden i løpet av døgnet), eller så er det mulig å ta hensyn til slike forhold.
- **Middels** betegner resultater baseres stort sett på metodisk solide eller gode undersøkelser som har kontrollert for forstyrrende variabler; effektene kan imidlertid delvis være påvirket enten av regresjonseffekter eller av andre metodiske svakheter. Hvis virkningene i stor grad er påvirket av f.eks. lokale forhold eller endringer av trafikkmengden i løpet av døgnet, regnes kunnskapen også som middels, selv om kunnskapen om virkningen på de prosentvise endringen er god.
- **Dårlig** betyr at det er stor usikkerhet knyttet til tiltakets virkning, enten fordi kunnskapen om virkningen baseres på metodisk svake studier som kan ha systematisk over- eller underestimert virkningen, fordi virkningene er estimert ut fra indirekte indikatorer for virkningene (f.eks. observasjoner av føreratferd som indikator for mulige virkninger på antall ulykker) eller fordi virkningen i så stor grad er avhengig av lokale forhold, at det er usikkert hvorvidt kunnskapen fra empiriske studier kan generaliseres.

### Relevans

Med relevans menes hvorvidt relevante nyttekomponenter er tatt hensyn til i beregningene.

- **God** betyr at *de mest relevante virkningene er inkludert* i beregningene.
- **Middels** betyr at *de mest relevante virkningene trolig er inkludert* i beregningene, men at det finnes virkninger som ikke er inkludert i beregningene, f.eks. at trafikantene setter pris (eller ikke setter pris) på tiltaket. Hvis man antar at slike virkninger ikke i stor grad vil påvirke resultatene av nytte-kostnadsberegningene vurderes relevansen likevel som middels.

- **Dårlig** betyr at det finnes *relevante virkninger som ikke er inkludert* og at resultatene av nytte-kostnadsvurderingene trolig ville være annerledes hvis det hadde vært mulig å inkludere disse virkningene i beregningene.

## 2.3 Kostnader

**Tiltakskostnader.** For å gjøre nytte-kostnadsberegninger må det foreligge informasjon om kostnader for både installasjon og vedlikehold, samt informasjon om levetid og hyppighet av drifts- og vedlikeholdstiltak. Slik informasjon er som regel ikke offentlig tilgjengelig, og det kan være store lokale variasjoner i kostnadene, avhengig av bl.a. den konkrete utformingen av tiltaket (f.eks. hvilke typer variable skilt som skal brukes, hvilke sensorer som må installeres og hva slags kommunikasjonsutstyr som er nødvendig), behov for drift og vedlikehold (avhengig bl.a. av tiltakets utforming, klima og andre lokale forhold), hvorvidt planleggings- og evalueringskostnader skal inkluderes i tiltakskostnadene, samt hvilke tiltak som allerede finnes fra før. Kostnadene er derfor ikke lagt inn i verktøyet men forutsettes lagt inn av brukeren.

Kostnadene som må oppgis er delt inn i

- **Investeringskostnader** som oppstår i år 1; oppstår disse i senere år (f.eks. evaluering), må brukeren selv gange de faktiske kostnadene med annuitetsfaktoren for det året hvor kostnadene oppstår (denne kan beregnes i alle regnearkene)
- **Årlige drifts-/vedlikeholdskostnader.** Dersom drifts- og vedlikeholdskostnader ikke er årlige kostnader må disse omregnes til årlige kostnader for å kunne legges dem inn i regnearket.

For alle tiltakene er det mulig å oppgi investerings- og årlige drifts-/vedlikeholdskostnader for tre elementære bestanddeler av tiltakskostnadene, samt antallet av disse bestanddelene. De tre bestanddelene kan f.eks. være variable skilt, sensorer og kommunikasjonsutstyr, gjennomføringskostnader (førstudie, prosjektledelse, ...).

**Merverdiavgift:** Hvorvidt merverdiavgiften skal inkluderes i kostnadene kan variere fra prosjekt til prosjekt. Også merverdiavgiftssatsene som skal brukes for ulike typer kostnader kan variere. Det er derfor ikke lagt inn noen funksjoner for å beregne merverdiavgift, men det forutsettes at brukeren legger inn kostnadene slik som de skal inkluderes i nytte-kostnadsvurderingene (med eller uten at merverdiavgiften er inkludert i kostnadene).

**Restverdier og reinvesteringer:** Det forutsettes at analyseperioden er lik tiltakenes levetid. Restverdier eller reinvesteringer er derfor ikke tatt med i beregningene. Analyseperioden er som standard satt til 10 år. Hvis man antar at et tiltak har en kortere levetid (f.eks. 5 år), må man sette analyseperioden til f.eks. 5 år.

En alternativ beregningsmåte hvis man vil benytte en analyseperiode som er lenger enn tiltakets levetid er at man under "andre kostnader" legger inn en reinvestering. Hvis tiltakets levetid f.eks. er 5 år og analyseperioden 10 år, kan man legge reinvesteringen inn under "andre kostnader", etter å ha ganget den med annuitetsfaktoren. Annuitetsfaktoren kan beregnes i alle regnearkene for enkelte tiltak eller i regnearket 'Data-beregninger'.

**Skyggepris på offentlige midler:** Alle nytte-kostnadsberegningene gjøres med en skattefaktor (skyggepris på offentlige midler) på 1,2 kr. per budsjettkrone. Denne er lagt inn i beregningene (og kan endres av brukeren i regnearket 'Data-beregninger' ved behov).

## 2.4 Nåverdien av tiltakenes nytte og kostnader over hele analyseperioden

For å kunne sammenligne tiltakenes nytte og kostnader som er generert på ulike tidspunkter gjennom analyseperioden, må man beregne nåverdien av både nytte og kostnader. Dette gjøres ved å gange alle årlige nytte- og kostnadselementene med en annuitetsfaktor som er en funksjon av tiltakenes levetid og kalkulasjonsrenten.

Hvis man antar at nytten av tiltak er den samme i alle år i analyseperioden beregnes **annuitetsfaktoren** som:

$$\text{Annuitetsfaktor} = \frac{1}{(1+r)} + \frac{1}{(1+r)^2} + \dots + \frac{1}{(1+r)^N} = \frac{1}{r} \left[ 1 - \frac{1}{(1+r)^N} \right]$$

hvor

r: kalkulasjonsrente (4,0% eller 0,04)

N: antall år i analyseperioden

Med en kalkulasjonsrente på 4,5% og en analyseperiode på 10 år er annuitetsfaktoren 7,913.

På samme måte beregnes nåverdien av årlige kostnader (årlige kostnader ganges med den samme annuitetsfaktoren).

For å ta hensyn til trafikkvekst i beregningen av nytten benyttes en **trafikkvekstkorrigert annuitetsfaktor** som beregnes som:

$$\text{Trafikkvekstkorrigert annuitetsfaktor} = \frac{1}{(1+r)} * t_1 + \frac{1}{(1+r)^2} * t_2 + \dots + \frac{1}{(1+r)^N} * t_N$$

hvor

r: kalkulasjonsrente (4,5% eller 0,045)

N: antall år i analyseperioden

t<sub>1</sub>,...t<sub>N</sub>: relativ trafikkmengde

Den relative trafikkmengden er satt lik 1 i år 0 og beregnes for alle år i (i = 2, ... N), hvis den forventede årlige økningen eksempelvis er på 3%, som (1 + 0,03)<sup>i</sup>.

**Investeringskostnadene** inngår i nytte-kostnadsanalysene uten omregning fordi analyseperioden antas å være lik tiltakenes levetid. Investeringene gjøres beregningsteknisk i år 0, mens tiltakenes nytte og årlige drifts- og vedlikeholdskostnader påløper fra år 1 til år 10 (ved en 10 års analyseperiode).

## 2.5 Indikatorer for tiltakenes lønnsomhet

Følgende indikatorer for tiltakenes lønnsomhet beregnes i Excel-verktøyet:

- Nettonytte
- Nettonytte per budsjettkrone



- Nytte-kostnadsforhold
- Trafikksikkerhetseffekt per mill. budsjettkroner

### 2.5.1 Nettonytte

Nettonytten viser om nytten ved et tiltak er større eller mindre enn kostnadene. Nettonytten beregnes som:

$$\text{Nettonytte} = \text{Nytte}_{\text{nåverdi}} - \text{Skattefaktor} * \text{Kostnader}_{\text{nåverdi}}$$

Nytte<sub>nåverdi</sub> og Kostnader<sub>nåverdi</sub> er nåverdien av nytte og kostnader og beregnes som summen av alle nyttekomponentene (trafikksikkerhet, fremkommelighet, miljø) og som sum av alle kostnadskomponentene (investerings, drifts-/vedlikeholds- og andre kostnader) som beskrevet ovenfor.

Skattefaktoren er 1,2.

Hvis nettonytten er større enn null, er nytten større enn kostnadene. Nytte-kostnadsforholdet vil da være større enn 1. Hvis nettonytten er mindre enn null, er nytten mindre enn kostnadene og nytte-kostnadsforholdet vil være mindre enn én.

### 2.5.2 Nettonytte per budsjettkrone

Nettonytten per budsjettkrone hvor stor tiltakenes nytte er per budsjettkrone. Den beregnes som:

$$\text{Nettonytte per budsjettkrone} = \frac{\text{Nettonytte}}{\text{Kostnader}_{\text{nåverdi}}}$$

På samme måte som for nettonytten viser en nettonytte per budsjettkrone som er større enn 0 at nytten er større enn kostnadene, mens en verdi som er mindre enn null viser at nytten er mindre enn kostnadene.

### 2.5.3 Nytte-kostnadsforhold

Nytte-kostnadsforholdet viser hvor stor tiltakets nytte er i forhold til kostnadene. Nytte-kostnadsforholdet beregnes som:

$$\text{Nytte-kostnadsforhold} = \frac{\sum \text{Alle nyttekomponenter}_{\text{nåverdi}}}{\sum \text{Alle kostnader}_{\text{nåverdi}}}$$

Hvis nytte-kostnadsforholdet er lik 1 er nytten like stor som kostnadene. Er nytte-kostnadsforholdet større enn én er nytten større enn kostnadene, er det mindre enn én er nytten mindre enn kostnadene. Hvis nytte-kostnadsforholdet er mindre enn null har tiltak negative nyttekomponenter som mer enn oppveier positive nyttekomponenter.

### 2.5.4 Trafikksikkerhetseffekt per mill. budsjettkroner

Trafikksikkerhetseffekten per mill. budsjettkroner viser hvor høye skadekostnader for personskadeulykker som kan unngås per mill. budsjettkroner. Effekten beregnes som:

$$\text{TS-effekt per mill. budsjettkr.} = 1.000.000 \text{ kr.} * \frac{\text{Nytte for TS}_{\text{nåverdi}}}{\text{Kostnader}_{\text{nåverdi}}}$$

## 3 Bruksanvisning for Excel-verktøyet

### 3.1 For hvilke tiltak kan man bruke Excel-verktøyet?

Excel-verktøyet kan brukes for en del av tiltakene som er beskrevet i ITS-håndbøkene fra Norge og Sverige (Statens vegvesen, 2011 og Vägverket, 2009A; se oversikt i kapittel 4). Excel-verktøyet kan også benyttes for andre tiltak som påvirker trafikksikkerhet, miljø eller fremkommelighet på samme måte som disse tiltakene.

Generelt sett kan Excel-verktøyet brukes for å besvare to typer spørsmål i to ulike situasjoner:

- *Vil tiltaket være lønnsomt under de gitte forutsetningene?* (hvis brukeren har kunnskap om kostnader og virkninger)
- *Hvilke forutsetninger må være oppfylt for at tiltaket skal være lønnsomt?* (hvis brukeren har mangelfull kunnskap om kostnadene eller virkningene)

For å besvare spørsmål av den første typen er den viktigste forutsetningen for bruk av Excel-verktøyet er at det foreligger tilstrekkelig kunnskap for å gjøre nytte-kostnadsberegninger.

For alle tiltak må brukeren oppgi følgende beregningsforutsetninger:

- Bakgrunnsinformasjon om *vegen og trafikken* på vegen (som ÅDT, gjennomsnittsfart, mv.)
- Informasjon om tiltakets *kostnader*
- Informasjon om tiltakets *virkninger* på f.eks. ulykker, gjennomsnittsfart, fartsfordeling mv.

Tiltakenes kostnader og virkninger er i stor grad avhengige av lokale forhold og det er derfor ikke lagt inn noen kostnader eller virkninger som brukes automatisk i alle beregningene. For tiltakets *virkninger* er det, så langt som mulig, oppgitt *veiledende verdier* som baseres på empiriske studier av tiltakene.

Dermed har brukeren stor frihet og det er prinsipielt mulig å endre beregningsforutsetningene helt til resultatet "passer". MEN:

**Resultatet er aldri bedre enn den informasjonen som legges til grunn og et resultat kan anses som pålitelig kun hvis beregningsforutsetningene er basert på solid kunnskap, helst fra empiriske studier eller observasjoner på den aktuelle vegen.**

**For mange tiltak foreligger det forholdsvis lite og dårlig kunnskap om virkningene på fart, ulykker og lignende og resultatene vil være tilsvarende usikre.**

## 3.2 Utfylling av regnearket

Nytte-kostnadsvurderinger for ett tiltak i Excel-verktøyet gjøres i følgende skritt:

- (1) **Velg tiltak og regneark:** En oversikt over alle tiltak som kan vurderes i Excel-verktøyet finnes i kapittel 4 og i Excel-verktøyet på ark 'Oversikt over tiltak'. Hvilket regneark som skal brukes for hvilket tiltak går fram av tabellen i kapittel 4 og Excel-verktøyet.
- (2) **Indeksjustering, kostnader og andre beregningsforutsetninger:** For beregninger i Norge skal alle enhetskostnadene (ulykkes-, reisetids- og miljøkostnader) indeksjusteres. Hvilket år det skal indeksjusteres til skrives inn i ark 'Bruksanvisning'.  
Alle tiltakskostnader må oppgis av brukeren. Kostnadene oppgis helst med priser fra det samme året som øvrige priser indeksjusteres til (kostnadene indeksjusteres ikke automatisk).  
Hvis det er behov for å endre diskonteringsrente, skattefaktor, eller andre beregningsforutsetninger så kan disse endres manuelt i regnearket 'Data-beregninger' i kolonnene J-M.
- (3) **Fyll ut regnearket:** Alle oransje cellene MÅ alltid fylles ut av brukeren, de gule cellene kan fylles ut. Dersom det mangler relevant informasjon kommer det en feilmelding under 'Beregning av tiltakets nytte'.  
Generelt er alle cellene merket med farger som følgende:
  - Oransje** celler må alltid fylles ut av brukeren
  - Gule** celler kan fylles ut av brukeren (og må i noen tilfeller fylles ut for å gjøre beregninger for enkelte nyttekomponenter)
  - Grå** celler viser automatisk beregnede verdier
  - Blå** celler viser resultatene
  - Grønne** celler viser veiledende verdier som kan brukes i oransje /gule celler
 For regneark '1 Fartsregulerende tiltak' er det lagt en oversikt i ark '1 Fartsreg. tiltal veiledning' som viser hvilken informasjon som må / ikke må oppgis for ulike typer tiltak som kan vurderes med dette regnearket.
- (4) **Bruk veiledende verdier:** For de fleste tiltak må brukeren oppgi forventede virkninger på f.eks. gjennomsnittsfarten. Veiledende verdier finnes nederst på regnearket i de grønne cellene og (med mer bakgrunnsinformasjon) i rapporten. De veiledende verdiene kan brukes hvis brukeren ikke har annen informasjon om tiltakets virkninger, og kan skjønnsmessig endres slik at de passer best mulig under de aktuelle forholdene.
- (5) **Tolkning av resultatene:** Resultatene av nytte-kostnadsvurderingene vises i blå celler. Resultatene er i stor grad basert på den informasjonen som er oppgitt av brukeren. Det er viktig å huske at et resultat aldri er bedre enn den informasjonen som legges til grunn og et resultat kan anses som pålitelig kun hvis beregningsforutsetningene er basert på solid kunnskap, helst fra empiriske studier eller observasjoner på den aktuelle vegen. For mange tiltak foreligger det forholdsvis lite og dårlig kunnskap om virkningene på fart, ulykker og lignende og resultatene vil være tilsvarende usikre.
- (6) **Utskrift:** Alle regnearkene er utformet slik at de kan skrives ut som de er (i liggende format).

### 3.3 Resultatvisning

Alle regneark har samme oppbygging. Øverst på alle sidene vises tiltakets navn som brukeren selv oppgir.

- På **side 1** kan brukeren legge inn en **beskrivelse av tiltaket** og det vises oversikter over:
  - Hvilke nyttekomponenter som inngår i nyttevurderingen
  - Resultatene: tiltakets nytte (nåverdi; med beste anslag, samt øvre og nedre grense), kostnader (nåverdi) og nytte-kostnadsvurderinger
- På **side 2 (og eventuelt side 3)** vises alle **beregningsforutsetningene** som brukeren har lagt inn.
- På den følgende siden vises alle **resultatene** av alle nyttevurderingene, tiltakets kostnader og resultatene av nytte-kostnadsvurderingene.
- På den følgende siden vises en skjematisk oversikt over **hvordan tiltakets nytte beregnes**.
- På den følgende siden vises en oversikt over vurderingen av **usikkerhet og relevans** knyttet til nyttevurderingen.
- På de siste sidene vises en oversikt over **veiledende verdier** for forventede endringer i gjennomsnittsfart mv. (mer detaljert informasjon om veiledende verdier finnes i rapporten under tiltaksbeskrivelsene i kapittel 5 til 10).

### 3.4 Muligheter for å endre beregningsforutsetninger

Alle beregningsforutsetningene er det prinsipielt mulig å endre manuelt. Kalkulasjonsrenten og skattefaktoren lar seg endre i arket 'Data-beregninger'. For å endre øvrige beregningsforutsetninger, som f.eks. verdsettinger og eksponenter i potensmodellen må man først låse opp arket 'Data-beregningsforutsetninger'.

## 4 Oversikt over tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet

Dette kapitlet gir en oversikt over tiltak og virkningene av tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet. Kun tiltak hvor det foreligger tilstrekkelig kunnskap om de mest vesentlige nyttekomponenter og som er egnet for standardiserte beregninger er tatt med i verktøyet. Tiltak som er beskrevet i ITS-håndbøkene men ikke i Excel-verktøyet er beskrevet i kapittel 11.

Noen av regnearkene i Excel-verktøyet kan brukes for å gjøre nytte-kostnadsvurderinger for flere ulike tiltak fra ITS-håndbøkene. Eksempelvis kan regneark '1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t' brukes for alle tiltak som påvirker gjennomsnittfarten og / eller andelen som kjører over 120 km/t.

Hvilke tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet og veiledende verdier for tiltakenes virkninger baseres i hovedsak på kunnskap om virkninger av tiltakene fra empiriske studier som er gjort i Norge og Sverige. I tillegg er resultater fra internasjonale studier brukt som supplement. Virkningene er i størst mulig grad basert på empiriske studier av hvordan tiltak påvirker f.eks. ulykker eller fart i virkelig trafikk. Resultater fra simuleringsstudier og estimerte virkninger som er basert på teoretiske vurderinger anses som svært usikre og er ikke lagd til grunn. I hovedsak er følgende kilder brukt:

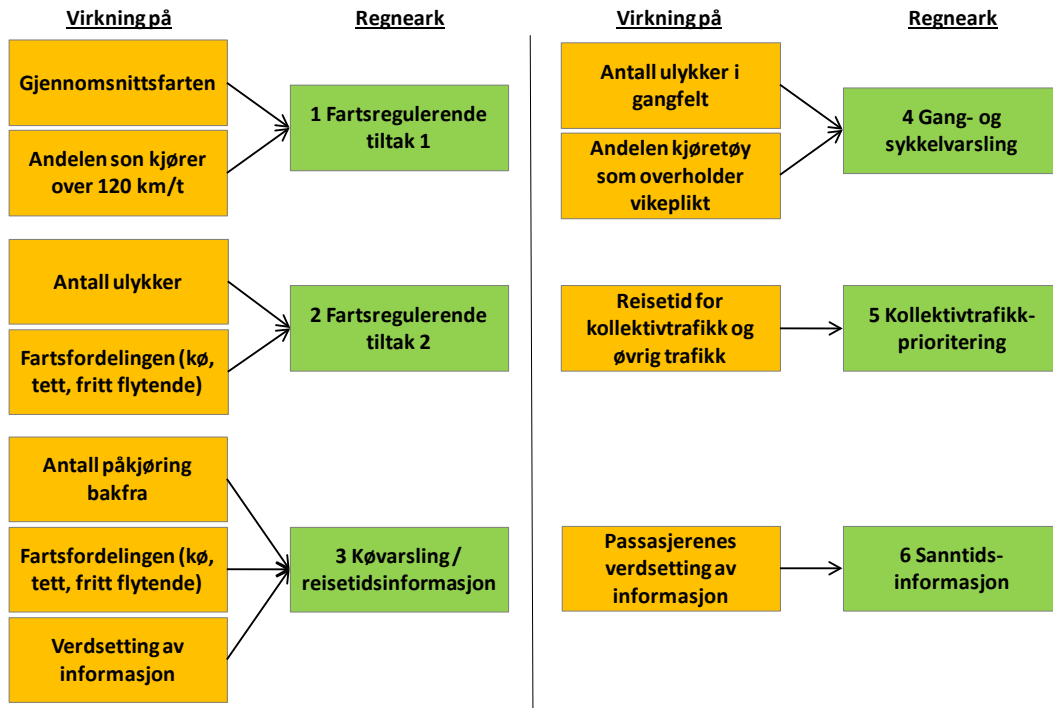
- Trafikksikkerhetshåndboken (Høye et al., 2012)
- Rapporter fra EasyWay prosjektet (<http://www.easyway-its.eu/document-center/open/444/>)
- FHWA Rapport om ITS tiltak (Maccubin et al., 2008)
- I tillegg er det gjort litteratursøk på internett for å finne supplerende informasjon og eksempler på tiltak.

En oversikt over alle tiltak som er beskrevet i Excel-verktøyet, hvilke regneark som skal brukes til hvilke tiltak er vist i tabell 4.1. Figur 4.1 viser hvilke virkninger som er lagd til grunn i beregningen av tiltakenes nytte i de enkelte regnearkene.

De enkelte tiltakene er beskrevet i de følgende kapitlene (ett kapittel per regneark, i hvert kapittel beskrives alle tiltak som kan vurderes med regnearket).

Tabell 4.1: Oversikt over alle tiltak.

	Tiltak	Regneark
<b>5</b>	<b>Tiltak som informerer og varsler trafikantene</b>	
5.1	Køvarsling	3 Køvarsling
5.2	Informasjon og varsling om hendelser, vær- og kjøreforhold	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
5.3	Bølge-, skred- og vindvarsling	-
5.4	Reisetidsinformasjon	3 Køvarsling
5.5	Informasjon om vegarbeid - variabel fartsgrense i vegarbeidsområde - anbefalt fart i vegarbeidsområde - tilbakemelding av fart	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
5.6	Fartsgrensepåminnende informasjon	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
5.7	Fartsmålingstavler	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
5.8	Varsel for gang og sykkel ved gangfelt	4 Varsel for gang og sykkel ved gangfelt
5.9	Varsel om kjøring mot kjøretretningen	-
5.10	Dynamisk parkeringsinformasjon	-
5.11	Innfartsparkering med informasjon	-
5.12	Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk	6 Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk
5.13	Sanntidsinformasjon om ferjetrafikk	-
5.14	Dynamisk viltvarsling	-
5.15	Dynamisk belysning	-
<b>6</b>	<b>Tiltak som styrer trafikken</b>	
6.1	Signalanlegg	-
6.2	Kollektivtrafikkprioritering	5 Kollektivtrafikkprioritering
6.3	Variable fartsgrenser eller	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t 2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen
6.4	Kjørefeltsignaler	-
6.5	Køprising	-
6.6	Tilfartskontroll	2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen
<b>7</b>	<b>Tiltak for å overvåke trafikken</b>	
7.1	Automatisk trafikkontroll (ATK) - Punkt-ATK	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
7.1	Automatisk trafikkontroll (ATK) - Streknings-ATK	1 Fartsreducerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t
7.2	Overvåking og styring av transport av farlig gods	-
7.3	Tunnelovervåking og -styring	-
7.4	Automatisk kjøretøykontroll	-



Figur 4.1: Tiltakenes virkninger som er lagt til grunn i beregningen av nytten for trafikkets sikkerhet, miljø og fremkommelighet i de enkelte regnearkene i Excel-verktøyet.

## 5 Regneark 1: Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart og andelen som kjører over 120 km/t

Fartsregulerende tiltak som kan vurderes med dette regnearket har som formål enten å regulere farten etter aktuelle trafikk- og kjøreforhold eller å øke overholdelsen av fartsgrensen, i hovedsak for å redusere ulykkesrisikoen. Til forskjell fra regneark '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen' legges endringer av gjennomsnittsfarten til grunn for beregningen av virkningen på både trafikksikkerhet og fremkommelighet. Tiltak som bedrer fremkommeligheten vil derfor alltid medføre dårlige trafikksikkerhet og omvendt (hvis ikke én av virkningene tas ut av beregningene, slik at virkningen settes til null).

Virkningen av slike tiltak på trafikksikkerhet, miljø og fremkommeligheten kan beregnes på samme måte for ulike tiltak og både på vanlige veier og i vegarbeidsområder. Regnearket fartsregulerende tiltak i Excel-verktøyet kan brukes for følgende tiltak (med kapittel-nr. i den norske ITS-håndboken i parentes):

- **Variable fartsgrenser med informasjon og varsling om hendelser, vær- og kjøreforhold** (kap. 5.2)
- **Informasjon om vegarbeid** (kap. 5.5): variabel fartsgrense, anbefalt fart og tilbakemelding av fart.
- **Fartsgrensepåminnende informasjon** (kap. 5.6)
- **Fartsmålingstavler** (kap. 5.7)
- **Variable fartsgrenser** (kap. 6.3)
- **Automatisk trafikkontroll (ATK) - Punkt-ATK** (kap. 7.1)
- **Automatisk trafikkontroll (ATK) - Streknings-ATK** (kap. 7.1)
- **Andre tiltak** som har en kjent effekt på gjennomsnittsfarten og / eller andelen som kjører over 120 km/t.

Regnearket kan prinsipielt også brukes for andre tiltak som påvirker gjennomsnittsfarten og / eller andelen som kjører over 120 km/t.

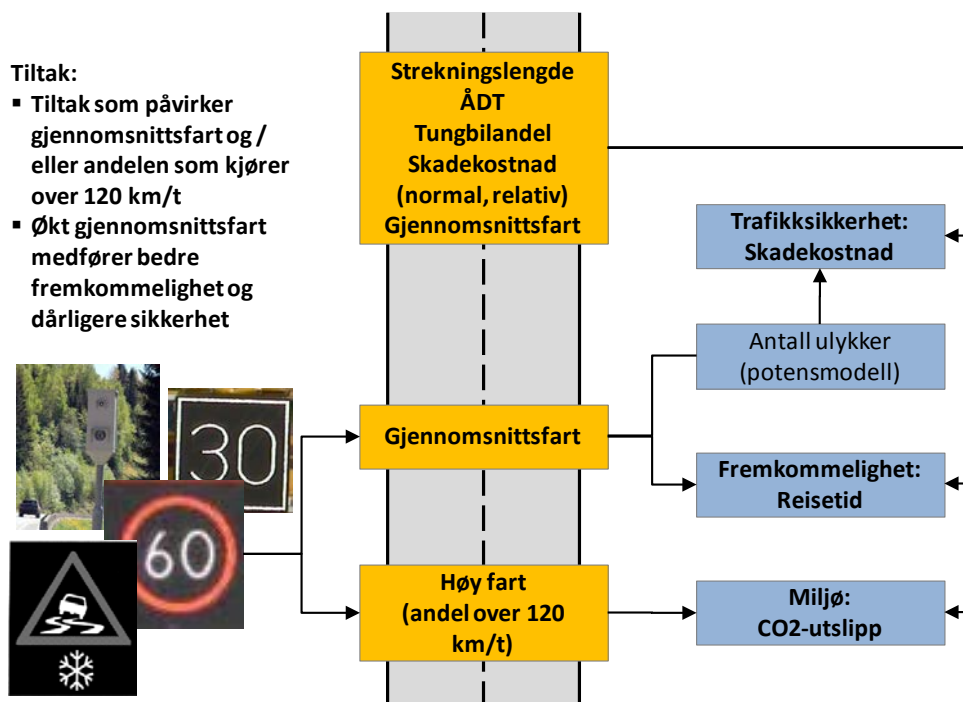
### 5.1 Beregning av nytten i Excel-verktøyet

Den samfunnsøkonomiske nytten for *trafikksikkerhet* og *fremkommelighet* beregnes i Excel-verktøyet basert på tiltakets virkning på gjennomsnittsfarten. Virkningen på *miljøet* beregnes ut fra reduksjonen av andelen som kjører over 120



km/t. Hvordan den samfunnsøkonomiske nytten beregnes i Excel-verktøyet er skjematisk vist i figur 5.1. Beregningene er i mer detalj beskrevet i det følgende.

**Enheten for analysen** er en strekning av en definert lengde hvor farten skal reduseres, enten med variable skilt eller ATK. Tiltaket gjelder alle kjørefeltene i begge kjøreretningene på hele strekningen. Hvis skiltene / fotoboksene kun skal settes opp i én kjøreretning må trafikkmengden (ÅDT) deles på 2.



Figur 5.1: Beregning av den samfunnsøkonomiske nytten av variable fartsgrenser (skjematisk).

### Informasjon som må oppgis av brukeren

Brukeren må oppgi en del grunnleggende informasjon om strekningen og informasjon som brukes i beregningen av tiltakets nytte. I det følgende gis en oversikt over egenskaper ved strekningen og virkninger av tiltak som må oppgis av brukeren. Eksempler og veiledende verdier gis i kapittel 5.2.

**Strekningslengden:** Lengden av strekningen hvor tiltaket påvirker trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet er som regel hele strekningen hvor tiltaket (f.eks. den reduserte fartsgrensen) gjelder. For punkttiltak (fartsgrensepåminnende informasjon, fartsvisningstavler og punkt-ATK) må strekningslengden defineres av brukeren etter gitte veiledende verdier. Veiledende verdier er basert på resultater fra studier som viser på hvor lange strekninger slike tiltak kan forventes å påvirke farten.

**Relative skadekostnader:** Den samfunnsøkonomiske nytten for trafikksikkerheten avhenger av virkningen på gjennomsnittsfarten og av skadekostnadene på strekningen uten tiltak. Skadekostnadene kan estimeres ut fra generelle vegegenskaper (normal skadekostnad). For å ta hensyn til at variable fartsgrenser som regel vises i situasjoner hvor ulykkesrisikoen (og dermed skadekostnadene) er høyere enn normalt, eller at ATK som regel installeres på veger med mange ulykker, kan brukeren oppgi den relative skadekostnaden på strekningen (uten tiltak). Eksempelvis

har ulykkesrisikoen vist seg å være høyere i vegarbeidsområder, i tåke, på glatt veg, mv., enn ellers.

**Virkingen på gjennomsnittsfarten:** Hvordan gjennomsnittsfarten påvirkes varierer mellom tiltakene og er også for hvert tiltak i stor grad avhengig av både gjennomsnittsfarten før tiltaket installeres og tiltakets utforming (f.eks. hvilken fartsgrense som vises under hvilke forhold). Den forventede endringen av gjennomsnittsfarten må brukeren derfor oppgi selv i Excel-verktøyet.

**Andelen som kjører over 120 km/t:** Det samme som for gjennomsnittsfarten gjelder også for andelen som kjører over 120 km/t.

### Tre varianter av tiltaket

**Variable skilt** kan vise forskjellig informasjon under ulike forhold. Derfor er det i Excel-verktøyet mulig å definere tre forskjellige varianter av informasjon som kan vises, benevnt som A, B og C. Eksempelvis kan variable skilt på en veg som vanligvis ville ha fartsgrense 90 km/t brukes for å vise følgende informasjon:

Tiltak A	Fartsgrense 100 km/t (istedenfor 90 km/t med permanent fartsgrense)
Tiltak B (valgfri)	Fartsgrense 70 km/t på glatt veg, sammen med varsling av glatt veg
Tiltak C (valgfri)	Fartsgrense 50 km/t i tett tåke, sammen med tåkevarsling

Hvor ofte de tre tiltaksvariantene skal brukes og nytten kan være forskjellig. For hver av de tre tiltaksvariantene A, B og C må brukeren spesifisere:

- andelen av trafikken (gjennom hele året) som kjører på strekningen mens hver av de tre tiltaksvariantene er i bruk (summen av andelen vil i eksempelet være 100 prosent, summen kan også være mindre enn 100)
- gjennomsnittsfarten på strekningen i hver av de tre situasjonene uten tiltak,
- relative skadekostnader i hver av de tre situasjonene uten tiltak og
- den forventede (relative) fartsendringen med hver av de tre tiltaksvariantene.
- For tiltak A må alltid alle de nevnte faktorene være spesifisert (ellers finnes ingen tiltak). B og C er valgfrie og må ikke spesifiseres.

Hvis tiltaket ikke er aktivt hele tiden forutsettes at skadekostnader, fartsgrense og gjennomsnittsfart er uendret i forhold til situasjonen uten variable fartsgrenser når tiltaket ikke er aktiv (den vanlige fartsgrensen kan likevel vises på skiltene).

For **ATK og tilbakemelding av fart / fartsgrensepåminnende informasjon** er det trolig ikke nødvendig å spesifisere tre varianter av tiltaket og det er følgelig kun tiltaksvariant A som skal spesifiseres. Alle virkningene for tiltak B og C skal settes til "Nei" under "Nyttekomponenter som inngår i beregningene".

### Valg av nyttekomponenter som skal inngå i nytte-kostnadsvurderingene

I noen situasjoner kan det være ønskelig å utelate enkelte nytte-komponenter fra analysene, f.eks. når

- **fremkommelighetseffekten** skyldes at en redusert andel kjører over fartsgrensen. Kjøring over fartsgrensen anses som regel ikke som en samfunnsnytte og økt reisetid som følge av at færre kjører for fort kan man følgelig heller ikke anse som en samfunnskostnad (Veisten et al., 2013). Fremkommelighetseffekten skal i slike situasjoner derfor tas ut av beregningene ved å velge "Nei" under Fremkommelighet.

- **miljøeffektene** anses som ubetydelige, f.eks. fordi det uansett kun er en svært liten andel som kjører over 120 km/t eller fordi tiltaket ikke antas å påvirke denne andelen nevneverdig. Dette er som regel tilfellet for variable fartsgrenser og andre variable skilt. ATK kan derimot forventes å redusere andelen som kjører over 120 km/t.

Eksempelvis kan tiltaksvarianter og nyttekomponenter som skal inngå i analysene velges som følgende for variable fartsgrenser:

	<u>T.sikkerhet</u>	<u>Miljø</u>	<u>Fremkomm.</u>	<u>Kommentarer</u>
Tiltak A	Ja	Nei	Ja	Fartsgrense 100 km/t (istedenfor 90 km/t med permanent fartsgrense)
Tiltak B	Ja	Nei	Nei	Fartsgrense 70 km/t på glatt veg (reduisert fart anses ikke som negativ samfunnsnytte)
Tiltak C	Ja	Nei	Nei	Fartsgrense 50 km/t i tett tåke (reduisert fart anses ikke som negativ samfunnsnytte)

Uten bruk av variable fartsgrenser hadde fartsgrensen og dermed gjennomsnittsfarten i eksempelet vært lavere enn med variable fartsgrenser. Derfor tar man fremkommelighetseffekten med i beregningene. Trafikksikkerhetseffekten tas også med fordi økt gjennomsnittsfart medfører økt ulykkesrisiko. For den reduserte fartsgrensen på glatt veg og i tåke derimot tas fremkommelighetseffekten ut av beregningene ("Nei") fordi man mener at reduksjonen av gjennomsnittsfarten ikke kan anses om en negativ samfunnsnytte. Miljøeffekten er i eksempelet tatt ut av beregningen fordi man antar at andelen som kjører over 120 km/t ikke vil endre seg merkbart.

### **Nytten for trafiksikkerhet**

Virkingen på ulykkeskostnadene beregnes med hjelp av **potensmodellen** (Elvik, 2009; se avsnitt 2.2.1) ut fra:

- skadepkostnadene på strekningen uten tiltak (brukeren må oppgi både normale skadepkostnader og relative skadepkostnader)
- den antatte virkingen på gjennomsnittsfarten som også må oppgis av brukeren
- sammenhengen mellom fartsendringen og endringen av antall drepte / hardt skadde / lettere skadde

### **Nytten for miljøet**

Den samfunnsøkonomiske nytten for miljøet kan beregnes ut fra andelene som kjører **over 120 km/t** med og uten tiltak (se avsnitt 2.2.2). Disse andelene må spesifiseres av brukeren. Nyten for miljøet er i hovedsak relevant for ATK.

Andelen som kjører i kø forutsettes ikke å bli påvirket av tiltakene. Miljøvirkninger av redusert køkjøring er derfor ikke tatt hensyn til i Excel-verktøyet.

Redusert gjennomsnittsfart reduserer utslipp av CO<sub>2</sub> men økt nedbremsing og akselerering øker utslipp av CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub> og NO<sub>2</sub>. Disse to effektene oppveier hverandre i det minste delvis (Hagman & Maqsood, 2011). Det er lagd til grunn at de to effektene oppveier hverandre og at endringen av gjennomsnittsfarten i sum ikke har noen miljøeffekt.

### **Nytten for fremkommelighet mv.**

Nytten for fremkommeligheten beregnes ut fra endringen av reisetiden som følger av den antatte endringen i gjennomsnittsfarten som beskrevet i avsnitt 2.2.3 Nytte for fremkommeligheten.

Hvis man antar at et tiltak endrer fartsfordelingen slik at andelene som kjører i kø, tett og fritt flytende trafikk endrer seg, og hvis man har grunnlag for å anslå den forventede virkningen på fartsfordelingen, kan **regnearket '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen'** benyttes. I dette regnearket estimeres virkningen på miljø og fremkommelighet ut fra endringen i fartsfordelingen (kø, tett trafikk eller fritt flytende trafikk).

## 5.2 Eksempler og veiledende verdier

Tiltak som kan vurderes med regneark '1 Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart and andelen som kjører over 120 km/t' er ulike tiltak som påvirker gjennomsnittsfarten og / eller andelen som kjører over 120 km/t. Tiltakene kan brukes på vanlig veg eller i vegarbeidsområde.

Som beskrevet i avsnitt 5.1 medfører øknings av gjennomsnittsfarten i dette regnearket alltid bedre fremkommelighet og dårligere trafikksikkerhet. Det er mulig å ta en av virkningene ut av beregningene (f.eks. hvis man antar at redusert gjennomsnittsfart medfører bedre sikkerhet, og man ikke vil betrakte økt reisetid som en negativ samfunnsnytte).

Hvis man antar at tiltaket fører til økt gjennomsnittsfart (f.eks. fordi det vil være mindre kø) og dermed til bedre fremkommelighet, samtidig som man antar at antall ulykker går ned, kan man bruke regneark **'2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen'**. Dette gjelder bl.a. variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy / personbiler med campingvogn og variable fartsgrenser på veger med en trafikkmengde nær kapasiteten.

### 5.2.1 Oversikt over tiltak

I det følgende gis en oversikt over hvilke typer tiltak som det er mulig å vurdere med regneark '1 Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart and andelen som kjører over 120 km/t'. Konkrete eksempler og veiledende verdier er beskrevet i de følgende avsnittene.

#### **Variable fartsgrenser eller anbefalt fart med eller uten tilleggsinformasjon**

**Variable fartsgrenser** kan brukes for å vise en fartsgrense som er tilpasset etter aktuelle forhold som vegarbeid, hendelser, trafikkmengde, vær- eller føreforhold. Istedenfor variable fartsgrenser kan man også beregne virkningen av variable skilt med **anbefalt fart** hvis man har et grunnlag for å estimere virkningen på fart. Anbefalt fart kan brukes når det av ulike grunner ikke er ønskelig eller lovlig mulig å sette ned fartsgrensen (se eksempel anbefalt fart ved vegoppmerking i Sverige).

Variable skilt med fartsgrense (eller anbefalt fart) kan suppleres med andre variable skilt som f.eks. varsler om vanskelige kjøreforhold (glatt veg eller tåke), forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy, kø, vegarbeid, kryssende trafikk eller andre forhold.

## **Fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler**

Fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler har felles at informasjon vises kun til førere som kjører over fartsgrensen. Det kan være fartsgrensen på et variabelt fartsgrenseskilt, eller en informasjonstavle med tekst av typen "du kjører for fort, senk farten", samt eventuelt den målte farten.

## **Punkt- og streknings-ATK**

ATK har som formål å øke overholdelsen av fartsgrensen. Med **punkt-ATK** måles farten ved én fotoboks og gjennomsnittsfarten reduseres på en viss strekningslengde både før og etter fotoboksen. **Streknings-ATK** består av to fotobokser som måler gjennomsnittsfarten mellom fotoboksene. Formålet er å øke overholdelsen av fartsgrensen på en lengre strekning enn det er mulig med punkt-ATK. Streknings-ATK brukes i Norge, ikke i Sverige.

## **Tiltak i vegarbeidsområder**

Prinsipielt kan alle tiltak som er beskrevet i dette kapitlet også brukes i vegarbeidsområder. Forskjellen i nytte-kostnadsvurderingene er at tiltak i vegarbeidsområder som regel kun er i bruk i en forholdsvis kort periode (som regel under 10 år). I standardoppsettet gjøres nytte-kostnadsvurderinger derfor kun for den perioden hvor tiltaket skal være i bruk i ett vegarbeidsområde (ikke for anskaffelsen av utstyr som skal brukes i flere vegarbeidsområder).

### **5.2.2 Variable fartsgrenser**

Variable fartsgrenser kan brukes både med og uten tilleggsinformasjon, f.eks. når den viste fartsgrensen endres som en funksjon av trafikkmengden. Et eksempel er vist i figur 5.2. Den aktuelle fartsgrensen kan tilpasses aktuelle forhold som bl.a. trafikk, kjøreforhold, siktforhold, luftforurensning, vegarbeid, mv.. Dermed kan fartsgrensen settes lavere enn den permanente fartsgrensen på vegen. Fartsgrensen kan også settes høyere enn den permanente fartsgrensen, f.eks. i perioder med gode kjøreforhold, lite luftforurensning, eller ingen vegarbeid.



Figur 5.2: Variabel fartsgrense (uten tilleggsinformasjon) (Statens vegvesen, 2011).

Et annet eksempel er vist i figur 5.3. Figuren viser variable fartsgrenser som brukes bl.a. i Tyskland på motorveger. Skiltene kan brukes til mange ulike formål, enten for å øke trafikksikkerheten eller for å forbedre fremkommeligheten og å øke vegens

kapasitet. Fartsgrensen kan bl.a. reduseres avhengig av aktuelle kjøreforhold (se avsnitt 5.2.4), det er mulig å innføre forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy når trafikkmengden og andelen tunge kjøretøy er høy (se avsnitt 6.2.3), å stenge enkelte kjørefelt, eller å åpne vegskulderen for trafikk (som vist i figur 5.3). Et lignende system ble evaluert i EasyWay prosjektet (EasyWay, 2011), hvor det ble funnet en nedgang av både antall ulykker og skadekostnader per kjøretøykilometer på omtrent 30%. Dette baseres imidlertid på enkle før-og-etter målinger. I en evaluering av et annet lignende system som ble evaluert i EasyWay prosjektet "Dynamic speed control in the area of Barcelona" ble det funnet en reduksjon av ulykkeskostnadene på 26% og en reduksjon av miljøkostnader (utslipp av CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> og PM) på 14%. Her var variable fartsgrenser installert i et større området, og den generelle fartsgrensen var satt ned fra 120 km/t til 80 km/t. I tillegg hadde trafikkmengden gått ned i evalueringsperioden.



Figur 5.3: Variable fartsgrenser på motorveg i Tyskland (Bayerisches Staatsministerium des Inneren, 2012).

Et tredje eksempel vises i figur 5.4. Variable fartsgrenser brukes på noen motorveier i Østerrike med stor trafikkmengde (ÅDT 70.000) og forholdsvis store andeler godstransport. De variable fartsgrensene brukes for å sette ned fartsgrensen i perioder med mye luftforurensing eller støy. Dermed er det også mulig å sette fartsgrensen opp ellers, slik at man unngå unødvendige reduksjoner av fremkommeligheten (EasyWay: Noise and pollution driven traffic management in Austria; <http://www.salzburg24.at/ab-montag-flexibles-tempo-auf-der-a10/news-20081114-11424136>). Slike fartsgrenser kan redusere utslipp når gjennomsnittsfarten reduseres til omtrent 100 km/t. Videre reduksjoner av gjennomsnittsfarten forventes ikke å ha noen store miljøeffekter. Dette betyr at tiltaket som regel ikke vil være meningsfylt som miljøtiltak når de aller fleste uansett ikke kjører fortere enn 100 km/t. Miljøeffektene beregnes i Excel-verktøyet ut fra endringen av andelen som kjører over 120 km/t. Virkningen på miljøet avhenger, i tillegg til andelen som kjører fort uten tiltak, av den aktuelle vær-situasjonen, spesielt av vindstyrke og -retning. Endringene av gjennomsnittsfarten vil også påvirke både trafikksikkerheten og fremkommeligheten.



Figur 5.4: Variable fartsgrenser med redusert fart i perioder med mye luftforurensing eller støy i Østerrike (EasyWay).

### **Strekningsslengde**

Strekningsslengden er hele strekningen hvor fartsgrensen gjelder (alternativt, hvor man antar at tiltaket påvirker farten).

### **Relative skadekostnader**

Det må vurderes for den aktuelle strekningen hvorvidt skadekostnadene er høyere eller lavere enn normalt. Veiledende verdier som gjelder under spesifikke forhold (glatt veg, tåke, vegarbeid) er oppgitt i eksemplene nedenfor.

For å kunne estimere de relative skadekostnadene i situasjoner med redusert gjennomsnittsfart er det i Excel-verktøyet lagd en **skadekostnadskalkulator**. Denne beregner relative skadekostnader ut fra den generelle sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og skadekostnader (potensmodellen). Brukeren må oppgi gjennomsnittsfarten på vegen i en normalsituasjon og gjennomsnittsfarten i den situasjonen hvor tiltaket skal være aktiv (f.eks. 30 km/t når det er tett trafikk eller 13 km/t når det er kø).

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense - relative skadekostnader:** kan beregnes med skadekostnadskalkulatoren i Excel-verktøyet.

### **Virkning på gjennomsnittsfarten**

Ut fra den generelle sammenhengen mellom endringer av fartsgrense og endringer av gjennomsnittsfarten kan man ifølge Elvik et al. (2009) beregne den forventede endringen i gjennomsnittsfarten (y) som en funksjon av endringen i fartsgrensen (x), hvor x og y er endringene i km/t:

$$y = -0.0058x^2 + 0.2781x - 0.2343.$$

Basert på denne sammenhengen er det i Excel-verktøyet (under Veiledende verdier på ark '1 Fartsregulerende tiltak') lagd en **fartskalkulator** som beregner den forventede endringen av gjennomsnittsfarten ut fra gjennomsnittsfarten uten tiltak og endringen av fartsgrensen. Funksjonen gjelder faste fartsgrenser. Variable fartsgrenser har vist seg å ha større effekt på gjennomsnittsfarten enn faste

fartsgrenser. Derfor er det i tillegg lagt inn en mulighet for å foreta en skjønnsmessig justering ved å beregne gjennomsnittsfarten med variabel fartsgrense slik at den ligger midt mellom fartsgrensen og fartsendringen som er estimert for faste fartsgrenser.

Med hjelp av fartskalkulatoren kan man beregne den forventede fartsendringen, både med og uten justering for variable fartsgrenser. Disse fartsendringene kan brukes hvis ingen annen informasjon om forventet endring av gjennomsnittsfarten foreligger. Verdier kan skjønnsmessig justeres, f.eks. etter funn fra nye studier eller fartsmålinger. Hvis det totale antall ulykker reduseres med 30% eller mer (vist under Beregning av tiltakets nytte) er den estimerte reduksjonen av gjennomsnittsfarten trolig overestimert.

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense - virkning på gjennomsnittsfarten:**  
kan beregnes med fartskalkulatoren i Excel-verktøyet.

**OBS: Rimelige og konsistente fartsgrenser?** Variable fartsgrenser har som regel større virkning på gjennomsnittsfarten enn permanente fartsgrenser. Dette forutsetter at fartsgrensene anses som rimelige under de aktuelle forhold, og konsistente i hele vegnettet. Hvis variable fartsgrenseskilt viser en fartsgrense som de fleste anser som urimelig kan man ikke forvente noen stor nedgang av gjennomsnittsfarten (hvis fartsgrensen på en 80-veg for eksempel settes ned til 40 km/t når det regner litt). Variable fartsgrenser kan føre til en økning av gjennomsnittsfarten hvis den viste fartsgrensen er høyere enn de fleste kjører (uten variabel fartsgrense).

**OBS: Hva er nullsituasjonen?** Brukeren må vurdere hvilken situasjon som skal være "nullsituasjonen" eller referansesituasjonen, dvs. hvilken fartsgrense som skal gjelde uten tiltak. Prinsipielt er det mulig at man sammenligner tiltaket med en situasjon hvor fartsgrensen er

- (A) permanent "høy" (f.eks. 100 km/t), og at fartsgrensen med tiltak settes ned (f.eks. til 90, 80 eller 60 km/t) i perioder med f.eks. mye luftforurensing, vanskelige kjøreforhold eller lignende; eller
- (B) permanent "lav" (f.eks. 80 km/t), og at fartsgrensen med tiltak settes opp (f.eks. til 100 km/t) i perioder med lite luftforurensing, gode kjøreforhold, etc.

Det er ikke mulig i Excel-verktøyet å velge mellom perioder med lite og mye luftforurensning, men det er mulig å utelate miljøeffektene fra beregningene hvis man velger (B). Med B vil tiltaket føre til økt fart, og dermed muligens også til en økning av andelen som kjører over 120 km/t.

### **Virkning på andelen som kjører over 120 km/t**

Hvis fartsgrensen og gjennomsnittsfarten uten variable fartsgrenser er høye, kan andelen som kjører over 120 km/t gå ned. Det er ikke funnet noe empirisk grunnlag for å gi veiledende verdier. Også her må brukeren velge hvilken situasjon man skal sammenligne tiltaket med (se ovenfor under Virkning på gjennomsnittsfarten).

Når fartsgrensen og gjennomsnittsfarten i utgangspunktet er lave (f.eks. 70 eller 80 km/t), har variable fartsgrenser trolig ingen stor virkning på andelen som kjører over 120 km/t. Da er det ikke nødvendig å oppgi hvilke andeler som kjører over 120 km/t og miljøeffektene kan tas ut av beregningene.



## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Variable fartsgrenser	Middels	(ingen virkning)	Middels	Middels

**Kunnskapsstatus trafikksikkerhet og fremkommelighet.** Virkningene på trafikksikkerhet og fremkommelighet er beregnet ut fra den forventende endringen av gjennomsnittsfarten. Denne beregnes ut fra den generelle sammenhengen mellom fartsgrenseendringer og fartsendringer, med en skjønnsmessig justering for at variable fartsgrenser som regel har større effekt på farten enn permanente fartsgrenser. Kunnskapen anses som *middels*.

**Kunnskapsstatus for virkningen på miljøet.** Variable fartsgrenser kan påvirke miljøet, men har trolig liten eller ingen virkning på andelen som kjører over 120 km/t.

**Relevans: Middels.** De viktigste virkningene av tiltaket inngår trolig i beregningene. Mulige virkninger som ikke inngår i beregningen av tiltakets nytte er:

- Miljøeffekter av endringer av gjennomsnittsfarten under 100 km/t; slike endringer har som regel kun liten effekt på utslipp
- Virkninger på støy
- At nedsatt fartsgrense i noen tilfeller kan forbedre fremkommeligheten (hvis tiltaket fører til en reduksjon av andelen som kjører i kø, kan regneark '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen' benyttes)

### 5.2.3 Variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold

Variable fartsgrenser kan brukes for å redusere fartsgrensen under vanskelige kjøreforhold. Med variable fartsgrenser er det også mulig å sette fartsgrensen høyere enn den hadde vært med en permanent fartsgrense under gode kjøreforhold for å unngå unødvendige negative reisetidseffekter, og lavere under dårlige kjøreforhold for å oppnå en bedre tilpasning av kjørefarten til de aktuelle forholdene. Dette ble gjort i forsøk i Sverige som er beskrevet i Vägverket (2008, se figur 5.5).



Figur 5.5: Variable fartsgrenser som reguleres avhengig av vær- og kjøreforhold (Vägverket, 2008).

I tillegg til variable fartsgrenser kan fareskilt vise hvorfor fartsgrensen er satt ned (når den er satt ned). Fare for tåke og glatt veg varsles i Norge med fareskiltet for henholdsvis "trafikal hendelse" og "Unormalt glatt veg"(figur 5.6).



Figur 5.6: Fareskilt for trafikal hendelse (benyttes for tåkevarsling) og unormalt glatt veg (Statens vegvesen).

En oversikt over en rekke studier av variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold finnes i Trafikksikkerhetshåndboken (kapittel 3.20). De fleste studier viser at variable fartsgrenseskilt med nedsatt fartsgrense kan redusere kjørefarten både i tåke og på glatt veg. Noen generelle funn er følgende:

- Tilleggsinformasjon om hvorfor fartsgrensen er satt ned øker overholdelsen av fartsgrensen når denne er satt ned med variable skilt.
- Variable fartsgrenser kan føre til økt gjennomsnittsfart når den viste fartsgrensen er høyere enn gjennomsnittsfarten uten variabel fartsgrense. Forklaringen er trolig at førere tolker variable fartsgrenser slik at det er trygt å kjører like fort som den viste fartsgrensen, selv om den er høyere enn hva de ellers hadde kjørt.
- Hvis fartsgrensen settes ned kun der og når det er nødvendig, øker tilliten og overholdelsen av fartsgrensen, samtidig som man unngår unødvendige reduksjoner av fremkommeligheten. Hvis fartsgrensen på den andre siden ikke er tilpasset de aktuelle kjøreforholdene (f.eks. langt lavere enn hva de fleste anser som rimelig), reduseres tilliten og dermed overholdelsen av fartsgrensen.

Variable fartsgrenser som viser redusert fartsgrense på *glatt veg* kan forbedre sikkerheten på flere måter. For det første reduseres gjennomsnittsfarten, noe som medfører redusert ulykkesrisiko. For det andre har vinterdrift (salting) vist seg å ha større virkning på ulykkesrisikoen ved lave fartsgrenser enn ved høye fartsgrenser (Bjørnskau, 2011). Forklaringen er at farten på saltede veger er høyere ved høyere enn ved lavere fartsgrense. Fartsøkningen kan dermed helt eller delvis "spise opp" virkningen av bedret friksjon. Hvis fartsgrensen settes ned med variable skilt kan en slik fartsøkning trolig forhindres. For det tredje kan førere advares om glatt veg og man kan dermed unngå at førere blir overrasket når vegen er glatt. Studier av sammenhengen mellom vinterføre og ulykkesrisiko har vist at ulykkesrisikoen øker på glatt veg, og at risikoøkningen er større jo sjeldnere vegen er glatt. Dette fordi førere ikke i like stor grad regner med glatt veg når den sjeldent er glatt og dermed i mindre grad tilpasser atferden. Følgelig har variable fartsgrenser med varsling om glatt veg trolig størst effekt (i de periodene hvor vegen er glatt) når vegen sjeldent er glatt, og mindre effekt jo oftere vegen er glatt. Dette kan være et paradoks når man skal vurdere hvor man skal sette opp variable fartsgrenser med varsling om glatt veg. Noen studier tyder på at det totalt sett er mest ugunstige for trafikksikkerheten når en veg er glatt omtrent 2 til 30% av tiden om vinteren (Bjørnskau, 2011).

En tilleggseffekt av variable fartsgrenser kan være at saltforbruket kan reduseres fordi sikkerheten i mindre grad vil bli negativt påvirket av at vegen er glatt av og til.

### Tre varianter av tiltaket

I Excel-verktøyet er det mulig å spesifisere tre varianter av tiltaket for å ta hensyn til at variable skilt kan vise ulike fartsgrenser (eller annen informasjon). Eksempelvis kan de tre tiltaksvariantene spesifiseres som følgende (se eksempel i avsnitt 5.1 under Valg av nyttekomponenter):

	<i>T.sikkerhet</i>	<i>Miljø</i>	<i>Fremkomm.</i>	<i>Kommentarer</i>
Tiltak A	Ja	Nei	Ja	Fartsgrense 100 km/t (istedenfor 90 km/t med permanent fartsgrense)
Tiltak B	Ja	Nei	Nei	Fartsgrense 70 km/t på glatt veg (reduisert fart anses ikke som negativ samfunnsnytte)
Tiltak C	Ja	Nei	Nei	Fartsgrense 50 km/t i tett tåke (reduisert fart anses ikke som negativ samfunnsnytte)

### Strekningslengde

Strekningslengden er hele strekningen hvor fartsgrensen gjelder (alternativt, hvor man antar at tiltaket påvirker farten).

### Relative skadekostnader

**Variabel fartsgrense med tåkevarsling:** Ifølge Al-Ghamdi (2007) er det i ulykker i tåke omtrent fire ganger så mange drepte og seks ganger så mange skadde som i andre ulykker. De gjennomsnittlige skadekostnader i Norge og Sverige vil da være omtrent 4,7 ganger så høy i tåke som ellers.

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense med tåkevarsling - relativ skadekostnad: 4,7 i tåke.**

**Variabel fartsgrense med varsling av glatt veg:** Ulykkesrisikoen på glatt veg er høyere enn på tørr bar veg. Risikoøkningen er større jo sjeldnere vegen er glatt og størst for de minst alvorlige ulykkene. På en veg som sjelden er glatt forventer bilister i mindre grad at vegen kan være glatt, dermed tilpasses atferden i mindre grad og bilistene blir mer overrasket når vegen er glatt. Elvik (2006) har estimert en funksjon som beskriver sammenhengen mellom hvor ofte en veg er glatt og den relative ulykkesrisikoen. At ulykkene er mindre alvorlige på glatt veg skyldes redusert fart. Qiu og Nixon (2008) viste i en meta-analyse av et stort antall studier at vinterføre (snø / is) øker risikoen for ulykker med alle skadegrader (inkludert materiellskadeulykker) med 84%, risikoen for personskadeulykker med 75% og risikoen for dødsulykker med 9%. Basert på disse resultatene viser tabell 5.1 den anslåtte relative ulykkesrisikoen og relative skadekostnader, avhengig av hvor stor andel av kjøretøykilometerne som kjøres på vegen når denne er glatt. Den relative skadekostnaden er beregnet som halvparten av den relative ulykkesrisikoen (skadekostnadene vil øke i mindre grad enn ulykkesrisikoen fordi risikoøkningen er størst for de minst alvorlige ulykkene); denne kan i Excel-regnearket benyttes som relativ skadekostnad.

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense med varsel av glatt veg - relativ skadekostnad: etter følgende tabell, avhengig av hvor ofte vegen er glatt.**

Tabell 5.1: Sammenhengen mellom hvor ofte en veg er glatt, relativ ulykkesrisiko og relativ skadekostnad. Kilde relativ ulykkesrisiko: Elvik (2006).

Andel kjøretøy-kilometer på glatt veg	Relativ ulykkesrisiko	Relativ skadekostnad
5 %	11,6	5,80
10 %	7,5	3,75
15 %	5,8	2,90
20 %	4,8	2,40
25 %	4,2	2,10
30 %	3,7	1,85
35 %	3,4	1,70
40 %	3,1	1,55
45 %	2,9	1,45
50 %	2,7	1,35
55 %	2,5	1,25
60 %	2,4	1,20
65 %	2,3	1,15
70 %	2,2	1,10

### Virkningen på gjennomsnittsfarten

Virkningen på gjennomsnittsfarten kan oppgis med hjelp av *fartskalkulatoren* i Excel-verktøyet (se avsnitt 5.2.2). Med fartskalkulatoren kan man beregne den forventede endringen av gjennomsnittsfarten ut fra endringen av fartsgrensen og den generelle sammenhengen mellom fartsgrensendringer og fartsendringer. Det er viktig å ta hensyn til at gjennomsnittsfarten kan være lavere enn normalt (ved den aktuelle fartsgrensen uten tiltak), f.eks. når vegen er glatt eller i tåke. Fartskalkulatoren vil i slike tilfeller kunne overestimere virkningen på gjennomsnittsfarten.

**Nedsatt fartsgrense på variabelt skilt med tåkevarsling** førte i én studie (Al-Ghamdi, 2007) til en reduksjon av gjennomsnittsfarten på 8,2% i tåke. Fartsgrensen var i denne studien satt ned til 40 km/t når sikt lengden var under 200 m. Andre studier har ikke funnet noen virkning på gjennomsnittsfarten, eller til og med en økning av gjennomsnittsfarten (Trafikksikkerhetshåndboken, kapittel 3.20). For anbefalt fart med tåkevarsling fant Perrin et al. (2002) ingen endring av gjennomsnittsfarten, men en reduksjon av fartsvariasjonen (se avsnitt 5.1.2).

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense (40 km/t) i tåke med sikt lengde under 200 m - virkning på gjennomsnittsfart: mellom 0% og -8%.**

For **variabel fartsgrense med (variabelt) fareskilt for glatt veg** har Rämä (2001) funnet en reduksjon av gjennomsnittsfarten på 2,5 km/t når fartsgrensen er satt ned fra 100 til 80 km/t med variable skilt. Fartsreduksjonen er beregnet i forhold til fartsendringen på en veg med fast fartsgrense på 100 km/t under dårlige kjøreforhold (glatt veg). At fartsreduksjonen virker liten i forhold til endringen av fartsgrensen skyldes at de fleste uansett reduserer farten under dårlige kjøreforhold.

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense (80 km/t) på veg med fartsgrense 100 km/t under vanskelige kjøreforhold - virkning på gjennomsnittsfart: - 2,5%.**

For **variable skilt med nedsatt fartsgrense under vanskelige kjøreforhold** (lav friksjon) har Vägverket (2008) undersøkt virkningen på gjennomsnittsfarten. Fartsgrense og gjennomsnittsfart med og uten tiltak, samt målte fartsendringer og fartsendringer som er predikert med fartskalkulatoren (uten justering for større virkning av variable skilt) er vist i tabell 5.2. Resultatene viser for fartsgrenser på 80 km/t og høyere at de observerte fartsendringene for personbiler stemmer forholdsvis

godt overens med endringene som er predikert med farts kalkulatoren (uten justering for at variable fartsgrenser som regel har større virkning på farten enn faste fartsgrenser). For lastebiler er de observerte fartsendringene langt mindre enn de predikerte. For fartsgrense 60 km/t er fartsendringene også langt mindre enn de predikerte. Resultatene viser også at gjennomsnittsfarten uten variable fartsgrenser i noen grad er tilpasset kjøreforholdene, men at farten med variable fartsgrenser er redusert, men likevel langt over fartsgrensen.

Tabell 5.2: Virkninger av variable skilt med nedsatt fartsgrense under vanskelige kjøreforhold på gjennomsnittsfarten; empiriske resultater (Vägverket, 2008) og fartsendringer som er predikert med farts kalkulatoren.

Fartsgrense		Gjennomsnittsfart		Empirisk		Farts kalkulator	
Uten	Med	Uten	Med	Fartsending (km/t)	Fartsending (%)	Fartsending (km/t)	Fartsending (%)
<b>Personbiler</b>							
110	120	109,6	111,9	2,3	2,1 %	2,0	1,8 %
110	110	108,7	108,5	-0,2	-0,2 %	0,0	0,0 %
110	100	107,2	105,1	-2,1	-1,9 %	-3,6	-3,4 %
110	80	105,8	90,8	-15,1	-14,2 %	-13,8	-13,0 %
110	60	94,9	81,4	-13,5	-14,2 %	-28,6	-30,2 %
<b>Lastebiler</b>							
110	120	90,4	90,4	0,0	0,0 %	2,0	2,2 %
110	110	89,5	90,4	0,9	1,0 %	0,0	0,0 %
110	100	89,0	89,3	0,3	0,3 %	-3,6	-4,1 %
110	80	88,7	83,3	-5,5	-6,2 %	-13,8	-15,6 %
110	60	85,2	76,4	-8,8	-10,4 %	-28,6	-33,6 %

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense under vanskelige kjøreforhold - virkning på gjennomsnittsfart:** Farts kalkulatoren kan brukes (uten justering for større effekt av variable fartsgrenser); det anbefales å nedjustere fartsendringen noe. Ved store reduksjoner av fartsgrensen anbefales en halvering av den predikerte prosentvise fartsendringen.

Virkingen av tiltaket (eventuelt av de tre tiltaksvariantene) på gjennomsnittsfarten må oppgis i forhold til gjennomsnittsfarten uten tiltak. Hvis fartsgrensene settes som vist i eksempelet under "Tre varianter av tiltaket" kan gjennomsnittsfarten uten tiltak og endringen av gjennomsnittsfarten med tiltak eksempelvis angis som følgende:

#### Fart

Gjennomsnittsfart (A)	92	Km/t	
Gjennomsnittsfart (B)	79	Km/t	
Gjennomsnittsfart (C)	65	Km/t	
	<b>Beste anslag</b>	<b>Nedre gr.</b>	<b>Øvre gr.</b>
Fartsending A	5	2	10
Fartsending B	-2	-1	-4
Fartsending C	-4	-1	-8

#### Virkingen på andelen som kjører over 120 km/t

Virkingen på andelen som kjører over 120 km/t er trolig svært liten, i hovedsak fordi andelen som kjører over 120 km/t som regel er svært liten når det er tett tåke

eller når vegen er glatt. Miljøeffekten kan tas ut av beregningene hvis man antar at andelen som kjører over 120 km/t er svært liten eller uendret.

### Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold	Middels	(ingen virkning)	Middels	Middels

**Virkingen på trafikksikkerheten:** Virkingen beregnes ut fra skadekostnadene på vegen og virkingen på gjennomsnittsfarten. De normale skadekostnadene kan justeres etter lokale forhold, avhengig av hvilken informasjon brukeren har tilgjengelig. For glatt veg foreligger informasjon fra empiriske studier om hvordan ulykkesrisikoen endrer seg som funksjon av hvor ofte en veg er glatt. Ellers finnes det lite eller ingen informasjon fra empiriske studier som kan legges til grunn for å justere normale skadekostnader. Virkingen på gjennomsnittsfarten er i stor grad avhengige av lokale forhold, av hvilke variable fartsgrenser og eventuelt hvilken tilleggsinformasjon som vises, og av hvorvidt gjennomsnittsfarten (uten variable fartsgrenser) er tilpasset de aktuelle kjøreforholdene. Kunnskapen anses som middels.

**Virkingen på miljø:** Variable fartsgrenser har trolig ingen eller kun små miljøeffekter som følger av en endret andel som kjører over 120 km/t. I tåke og under vanskelige kjøreforhold er andelen som kjører over 120 km/t sannsynligvis uansett liten.

**Virkingen på fremkommelighet:** Virkingen beregnes ut fra virkingen på gjennomsnittsfarten, samt gjennomsnittsfarten uten tiltak. Det gjelder det samme som under Virkingen på trafikksikkerheten og følgelig anses kunnskapen som middels.

**Relevans:** Variable fartsgrenser som reduserer gjennomsnittsfarten kan ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. Eksempelvis kan utslipp og støy være noe redusert. Virkingen er imidlertid trolig ikke stor. Tiltaket forventes heller ikke å ha noen stor virkning på andelen som kjører veldig fort eller på køkjøring (eller generelt på hvor mye som akselereres og bremses). Ved varsling om glatt veg kan saltforbruket muligens reduseres, noe som vil ha positive miljøeffekter. Relevansen anses som middels.

#### 5.2.4 Variabel fartsgrense med varsling om fotgjengere eller svingende trafikk

Variable fartsgrenser kan brukes i kombinasjon med varsling av bl.a. fotgjengere eller svingende trafikk som figur 5.7 viser. Det er ikke funnet resultater fra empiriske studier av hvordan slike fartsgrenser påvirker fart eller ulykker og det finnes ikke grunnlag for å oppgi veiledende verdier.



Figur 5.7: Variabel fartsgrænse med tilleggsinformasjon, her gående / svingende trafikk (Vägverket, 2008).

### 5.2.5 Anbefalt fart og tåkevarsling eller varsling om glatt veg

Variable skilt med **tåkevarsling** og anbefalt fart ble evaluert i en amerikansk studie av Perrin et al. (2002). Skiltet viste kun tåkevarsling (ingen anbefalt fart) ved en sikt lengde mellom 200 og 250 m, og vekselvis "DENSE FOG" og "ADVISE XX MPH" ved sikt lengder under 200 m. Den høyeste anbefalte farten var 50 mph (80 km/t) ved sikt lengder mellom 150 og 200 m, den laveste anbefalte farten var 25 mph (40 km/t) ved sikt lengder under 60 m. Resultatene viser en reduksjon av fartsvariasjonen, som forklares med at de som ellers (uten variabelt skilt) kjører saktest i tåke (under den anbefalte farten), kjører fortere, mens en del andre førere reduserer farten. Det ble ikke funnet noen reduksjon av gjennomsnittsfarten og denne var fortsatt høyere enn den anbefalte farten. Den største effekten på fartsvariasjonen ble funnet i middels tett tåke; i den tetteste tåken og ved fri sikt ble det ikke funnet noen endring av fartsvariasjonen. Dette forklares med at førere opplever størst usikkerhet om fartsvalget i middels tett tåke og at variable skilt med anbefalt fart reduserer denne usikkerheten. Reduksjoner av fartsvariasjonen anses som positivt for sikkerheten; virkningen på antall ulykker ble ikke undersøkt.



Figur 5.8: Variabelt skilt som kan vise tåkevarsling og anbefalt fart i tåke (Perrin et al., 2002).

Variable skilt med varsling av **glatt veg** og anbefalt fart er beskrevet i Vägverket (2008, figur 5.8). Det ble observert reduksjoner av gjennomsnittsfarten på omtrent 10%. Øvrige virkninger er ikke rapportert.



Figur 5.8: Anbefalt fart og varsling av glatt veg (Vägverket, 2008).

### **Strekningsslengde**

Strekningsslengden er hele strekningen hvor den anbefalte farten gjelder (alternativt, hvor man antar at tiltaket påvirker farten).

### **Relative skadekostnader**

Se avsnitt 5.2.4 Variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold.

### **Virkingen på gjennomsnittsfarten**

Det ble ikke funnet noen virkning på gjennomsnittsfarten for anbefalt fart og tåkevarsling. For anbefalt fart og varsling av glatt veg ble det funnet en reduksjon av gjennomsnittsfarten på omtrent 10%. Resultatene er basert på kun to enkelte studier og må betraktes som meget usikre. Hvis man har grunnlag for å anta at gjennomsnittsfarten vil gå ned, kan man beregne trafikkikkerhetseffekten ut fra denne virkingen på gjennomsnittsfarten.

### **Virkingen på andelen som kjører over 120 km/t**

Tiltaket har trolig ingen eller liten virkning av andelen som kjører over 120 km/t (andelen er trolig liten i tett tåke også uten tåkevarsling og anbefalt fart). Miljøeffekten kan tas ut av beregningene hvis man antar at andelen som kjører over 120 km/t er svært liten eller uendret.

### **Virking på antall ulykker? ⇒ Regneark '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen'**

Hvis man antar at tiltaket påvirker antall ulykker, uavhengig av virkingen på gjennomsnittsfarten, kan man benytte regneark '**2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen**'. Der kan man oppgi en forventet virkning på antall ulykker i de periodene hvor tiltaket skal være aktivt (hvor tåkevarsling og anbefalt fart) vises. Det foreligger imidlertid ikke empirisk grunnlag for å oppgi veiledende verdier.



## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Anbefalt fart og tåkevarsling eller varsling om glatt veg	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	Middels

**Virkingen på trafikksikkerheten:** Det foreligger kun to studier som har undersøkt virkninger på gjennomsnittsfarten. Resultatene må anses som usikre og kan ikke uten videre generaliseres. Kunnskapen anses derfor som dårlig.

**Virkingen på miljø:** Tiltaket har trolig ingen virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkingen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkingen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som dårlig.

**Relevans:** Anbefalt fart som reduserer gjennomsnittsfarten kan ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. F.eks. kan utslipp og støy være noe redusert. Virkingen er imidlertid trolig ikke stor. Ved varsling om glatt veg kan saltforbruket muligens reduseres, noe som vil ha positive miljøeffekter. Relevansen anses som middels.

### 5.2.6 Varsling av glatt veg med anbefalt minste avstand til forankjørende

Varsling av glatt veg med en anbefalt minste avstand til forankjørende er evaluert av Rämä & Kulmala (2000). Resultatene viser at gjennomsnittsfarten gikk ned med ca. 1 km/t og at andelen med korte avstander til forankjørende var redusert. Tiltaket er ikke beskrevet i ITS-håndboken, og er heller ikke kombinert med en variabel fartsgrense, men siden det påvirker sikkerhet og fremkommelighet på prinsipielt den samme måten som de øvrige tiltakene som er beskrevet i dette kapitlet, kan det vurderes i Excel-verktøyet på samme måte som disse. Virkingen på trafikksikkerheten beregnes kun ut fra fartsendringen, virkninger av økte avstander til forankjørende er det ikke mulig å tatt hensyn til.



Figur 5.9: Varsling av glatt veg (uten variabel fartsgrense) (Rämä & Kulmala, 2000).

#### Strekningsslengde

Strekningsslengden gjelder hele strekningen hvor tiltaket antas å påvirke farten.

#### Relative skadekostnader

Se avsnitt 5.2.4 Variable fartsgrenser med varsling av tåke eller vanskelige kjøreforhold.

## Virkingen på gjennomsnittsfarten

Rämä & Kulmala (2000) har funnet en reduksjon av gjennomsnittsfarten på ca. 1 km/t og en redusert andel med korte avstander til forankjørende når variable skilt viser varsling av glatt veg og en anbefalt minste avstand til forankjørende.

**Veiledende verdi for variable skilt med varsling av glatt veg og anbefalt minste avstand til forankjørende 200 m - virkning på gjennomsnittsfart: -1%.**

## Virkingen på andelen som kjører over 120 km/t

Informasjon og varsling om hendelser, vær- og kjøreforhold antas ikke å påvirke andelen som kjører over 120 km/t i nevneverdig grad. Miljøeffekten kan tas ut av beregningene hvis man antar at andelen som kjører over 120 km/t er svært liten eller uendret.

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Varsling av glatt veg med anbefalt minste avstand til forankjørende	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	Middels

**Virkingen på trafikksikkerheten:** Det foreligger kun én studie som har undersøkt virkninger på gjennomsnittsfarten. Resultatet må anses som usikkert og kan ikke uten videre generaliseres. Kunnskapen anses derfor som **dårlig**.

**Virkingen på miljø:** Tiltaket har trolig ingen virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkningen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkningen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som **dårlig**.

**Relevans:** Det er ikke mulig å ta hensyn til sikkerhetseffekter av at færre kjører med kort avstand til forankjørende. Relevansen anses derfor som **dårlig**.

### 5.2.7 Fartsgrensepåminnende informasjon / fartsmålingstavler

Både fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler gir informasjon til førere som kjører over fartsgrensen og har som formål å redusere andelen som kjører over fartsgrensen:

- **Fartsgrensepåminnende informasjon** viser den aktuelle (faste) fartsgrensen på variable fartsgrenseskilt for kjøretøy som kjører over fartsgrensen. Tiltaket brukes som regel i mindre tettsteder, men kan også brukes på strekninger med ulykkesbelastede kurver og vanskelige siktforhold.
- **Fartsmålingstavler** viser den aktuelle kjørefarten til kjøretøy som kjører litt over fartsgrensen og "Over [fartsgrense]" (f.eks. "Over 80") for kjøretøy som kjører mye over fartsgrensen.

Eksempler er vist i figur 5.10. For begge tiltakene foreligger kun lite informasjon om hvordan sikkerhet, miljø og fremkommelighet påvirkes.



Figur 5.10: Fartsgrensepåminnende informasjon (t.v.), fartsmålingstavle (t.h.) (Statens vegvesen, 2011; Vägverket, 2009A).

### Strekningsslengde

Det anbefales å sette strekningsslengden til 1 km. Dette er basert på resultater for punkt-ATK som har vist at gjennomsnittsfarten påvirkes på en 3 km lang strekning (Ragnøy, 2011). Det antas at fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler har både mindre og mindre langvarig effekt enn punkt-ATK. Anbefalingen baseres på en rent skjønsmessig vurdering og det kan brukes andre verdier dersom en ny skjønsmessig vurdering tilsier at det er mer korrekt.

**Veiledende verdi for fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler - strekningsslengde: 1 km.**

### Relative skadestnader

Det må vurderes for den aktuelle strekningen hvorvidt skadestnadene er høyere eller lavere enn normalt.

### Virninger på gjennomsnittsfarten

For fartsgrensepåminnende informasjon ble det i en norsk studie observert fartsreduksjoner på 7 km/t eller mellom 10 og 15% (ITS på veg). Winnett og Wheeler (2002) fant en gjennomsnittlig reduksjonen av gjennomsnittsfarten på 11%. Det antas at begge tiltakene påvirker fart i mindre grad enn punkt-ATK. For punkt-ATK ble det funnet en gjennomsnittlig fartsreduksjon på 3,5% på en 3 km lang strekning.

Ut fra disse resultatene antas at fartsgrensepåminnende informasjon eller fartsmålingstavler reduserer gjennomsnittsfarten med 3% på en 1 km lang strekning (dette er forenlig med de observerte 10 til 15% fartsreduksjon hvis man antar at dette er fartsreduksjonen rett ved skiltet).

**Veiledende verdi for fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler - virkning på gjennomsnittsfart: -3%.**

For fartsmålingstavler er det i Trafikksikkerhetshåndboken beskrevet noen eldre studier som har undersøkt virkningen på antall ulykker. Disse har imidlertid ikke kontrollert for verken regresjonseffekter eller andre forstyrrende variabler (ikke pålitelige resultater). To studier av fartsmålingstavler (supplert med økt fartskontroll)

viste at fartsmålingstavlene ikke har stor effekt på gjennomsnittsfarten, men fører til at flere overholdt fartsgrensen, at virkningen er lokalt begrenset, og at den avtar over tid.

### **Virkninger på andelen som kjører over 120 km/t**

Tiltaket har trolig ingen eller liten virkning av andelen som kjører over 120 km/t. Miljøeffekten kan tas ut av beregningene hvis man antar at andelen som kjører over 120 km/t er svært liten eller uendret.

### **Usikkerhet og relevans**

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Fartsgrensepåminnende informasjon / fartsmålingstavler	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	Middels

**Virkingen på trafikksikkerheten:** Det foreligger kun få studier av virkninger på gjennomsnittsfarten og de veiledende verdiene for strekningslengde og virkning på gjennomsnittsfarten er basert på en del skjønsmessige vurderinger. Kunnskapen anses derfor som dårlig.

**Virkingen på miljø:** Tiltaket har trolig ingen eller kun liten virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkingen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkingen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som dårlig.

**Relevans:** De viktigste virkningene av tiltaket er tatt hensyn til i beregningene, med ett eventuelt unntak av miljøeffektene av en endring av andelen som kjører over 120 km/t. Redusert gjennomsnittsfart kan også påvirke miljøet, men slike effekter er kun små når gjennomsnittsfarten er under 100 km/t. Relevansen anses derfor som middels.

## **5.2.8 Punkt-ATK**

Med punkt-ATK måles farten av alle kjøretøy som passerer et målepunkt og det tas bilder av kjøretøy som kjører for fort. Den målte gjennomsnittsfarten og bildene av kjøretøy som kjørte for fort slettes ikke, men kan brukes til å botelegge føreren (eller eieren) av kjøretøyene.



Figur 5.11: Punkt-ATK; kamera (fotoboks) og skilt for forhåndsvarsling i Norge (t.v.) og Sverige (t.h.). Kilde. Statens vegvesen, 2011; Trafikverket.

I Norge er det i mars 2013 installert 339 fotobokser for punkt-ATK. På de fleste strekningene med punkt-ATK er det installert to fotobokser, på noen strekninger er det flere (opp til 12 fotobokser per strekning). Kriterier for hvor punkt-ATK kan settes opp, er definert ut fra trafikkenes gjennomsnittsfart og skadekostnadene på strekningen (Statens vegvesen og Politiet, 2009).

### Relative skadekostnader

Det må vurderes for den aktuelle strekningen hvorvidt skadekostnadene er høyere eller lavere enn normalt.

### Strekningsslengde og virkninger på gjennomsnittsfarten

Virkninger av punkt-ATK på gjennomsnittsfarten og ulykker er undersøkt i flere studier, både i Norge, Sverige og andre land. Tabell 5.3 gir en oversikt over resultatene. Endringene av gjennomsnittsfart eller antall ulykker / drepte / skadde i grå celler med fet tekst er resultatene fra de enkelte studiene, i de øvrige cellene vises endringene som er beregnet med hjelp av potensmodellen ut fra det resultatet som foreligger.

Tabell 5.3: Oversikt over virkninger av punkt-ATK på gjennomsnittsfart og antall ulykker / drepte / skadde som ble funnet i ulike studier.

	Fartsgrense og strekningsslengde	Virkning på				
		Fart	Alle	Drepte	Hardt skadde	Lett skadde
Høye (2011), internasjonale studier	Uspesifisert	-7,6 %	<b>-16 %</b>	-31 %	-24 %	-11 %
Ragnøy (2011), Norge	70/80 km/t; ca. 3 km	<b>-3,5 %</b>	-8 %	-15 %	-12 %	-5 %
Larsson & Bruede (2010), Sverige	Alle fartsgr.; ca. 5,4 km	-5,2 %	-11 %	<b>-22 %</b>	-17 %	-7 %
	Alle fartsgr.; ca. 5,4 km	-9,5 %	-20 %	-37 %	<b>-30 %</b>	-13 %
Vägverket (2009B), Sverige	50 / 70 km/t; ved fotoboks	<b>-12,4 %</b>	-25 %	-45 %	-37 %	-17 %
	90 km/t; ved fotoboks	<b>-7,1 %</b>	-15 %	-29 %	-23 %	-10 %
	50 km/t mellom fotoboksene	<b>-0,2 %</b>	0 %	-1 %	-1 %	0 %
	70 km/t mellom fotoboksene	<b>-5,0 %</b>	-11 %	-21 %	-17 %	-7 %
	90 km/t mellom fotoboksene	<b>-3,6 %</b>	-8 %	-16 %	-12 %	-5 %

Resultatet av Høye et al. (2012) er basert på flere internasjonale studier og er kontrollert for publikasjonsskjevhet. Virkningen gjelder trolig kun ved fotoboksene. Strekningslengden hvor antall ulykker påvirkes er ikke oppgitt i alle studiene.

Resultatet fra Norge (Ragnøy, 2011; reduksjon av gjennomsnittsfarten med 3,5%) er den gjennomsnittlige virkningen på fart på hele strekningen (3 km); rett ved fotoboksen er fartsreduksjonen større.

Resultatene fra den svenske studien (som er publisert i rapportene Larsson & Bruede, 2006 og Vägverket, 2009B) gjelder henholdsvis den gjennomsnittlige virkningen på ulykker på strekninger med punkt-ATK, hvor den gjennomsnittlige strekningslengden er 5,4 km per fotoboks (per retning) og virkningen rett ved og mellom fotoboksene.

De estimerte virkningene på gjennomsnittsfarten varierer mellom studiene og det anbefales å velge en fartsreduksjon som virker rimelig i forhold til tallene i tabellen under de gitte forutsetningene.

Det har vist seg at virkningen på gjennomsnittsfarten er størst ved kameraene og mindre mellom kameraene, og at virkningen er jo større desto flere som har kjørt mye for fort før kameraene er satt opp. Virkningen er også forskjellig for ulike typer kjøretøy; personbiler reduserer gjennomsnittsfarten noe mer enn tunge kjøretøy (Vägverket, 2009B). Dette er det imidlertid ikke mulig å ta hensyn til i Excel-verktøyet. Den forventede virkningen på gjennomsnittsfarten er så usikker at man ikke kan forvente at den estimerte virkningen på skadestnadene blir mer presis av å ta hensyn til ulike virkninger på ulike typer kjøretøy.

**Veiledende verdi for punkt-ATK - virkning på gjennomsnittsfart og strekingslengden hvor gjennomsnittsfarten påvirkes: estimeres ut fra tallene i tabell 5.3.**

### **Virkning på andelen som kjører over 120 km/t**

Punkt-ATK reduserer andelen som kjører over fartsgrensen og vil derfor trolig også redusere andelen som kjører over 120 km/t. Det er ikke funnet studier som kan legges til grunn for anbefalinger av reduksjonen av andelen som kjører over 120 km/t. Vägverket (2009B) fant en reduksjon av 85-persentilen av fart fra 97,7 til 88,2 km/t ved fotoboksene på veier med fartsgrense 90 km/t. Det betyr at 15% kjørte over 97,7 km/t; det er ikke oppgitt hvor mange av disse som kjørte 120 km/t eller fortere.

Brukeren må oppgi andelen som kjører fort uten tiltak, helst basert på fartsmålinger på den aktuelle strekningen. Andelen med tiltak må estimeres skjønnsmessig så lenge det ikke foreligger mer konkret informasjon.

Hvis man ikke har godt nok grunnlag for å anslå endringen av andelen som kjører over 120 km/t, skal det ikke legges inn noen virkning på andelen som kjører over 120 km/t og miljøeffekten må da tas ut av beregningene (miljøeffekten beregnes ut fra endring av andelen som kjører over 120 km/t).

**Veiledende verdi for punkt-ATK - virkning på andelen som kjører over 120 km/t: (ingen veiledende verdi).**

### **Usikkerhet og relevans**

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Punkt-ATK	God	Dårlig	Dårlig	God

**Virkningen på trafikksikkerhet:** Virkningen beregnes ut fra skadestnadene og virkningen på gjennomsnittsfarten. Det foreligger flere studier av virkningen både på ulykker og på gjennomsnittsfarten (brukeren må oppgi den forventede endringen av gjennomsnittsfarten, men hvis man tar utgangspunkt i virkningen på ulykker kan denne enkelt omregnes til en virkning på gjennomsnittsfarten). Resultatene er forholdsvis konsistente, men virkningen vil i noen grad være avhengige av lokale forhold (f.eks. av andelen som kjører over eller mye over fartsgrensen uten tiltak). Brukeren må selv velge hvilken resultater som er mest relevante for det aktuelle tiltaket. Kunnskapen anses som **god**.

**Virkningen på miljø:** Det foreligger ikke empirisk grunnlag for å oppgi veiledende verdier for virkningen på andelen som kjører over 120 km/t. Kunnskapen er **dårlig**.

**Virkningen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkningen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som **middels**.

**Relevans:** Redusert gjennomsnittsfart med tiltaket kan ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. Nedbremsing og akselerering rett før og etter fotoboksen kan også ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. Disse effektene er imidlertid trolig små og kan (delvis) oppveie hverandre. Relevansen anses som ***middels***.

### 5.2.9 Streknings-ATK

I Norge var streknings-ATK i mars 2011 installert på 14 strekninger med fartsgrense 70 eller 80 km/t, og en lengde på mellom 2,6 og 10,5 km. Med streknings-ATK måles gjennomsnittsfarten for alle kjøretøy på en strekning mellom to fotobokser (figur 5.12 viser forvarslingen for streknings-ATK som er satt opp før den første fotoboksen). Fotoboksene tar bilder av alle kjøretøy, samtidig som farten i to målepunkter rett ved fotoboksene måles. Kjøretøy med for høy gjennomsnittsfart mellom målepunktene kan bli bøtelagt. Måleresultatene og bildene av alle andre kjøretøy slettes. Kriterier for hvor streknings-ATK kan settes opp, er definert ut fra trafikkenes gjennomsnittsfart og skadekostnadene på strekningen (Statens vegvesen og Politiet, 2009).



Figur 5.12. Streknings-ATK (Ragnøy, 2011).

#### **Relative skadekostnader**

Det må vurderes for den aktuelle strekningen hvorvidt skadekostnadene er høyere eller lavere enn normalt.

#### **Strekningslengden**

Strekningslengden er hele strekningen fra den første til den andre fotoboksen.

#### **Virkninger på gjennomsnittsfarten**

I en evaluering av streknings-ATK på to strekninger i Norge (hvor det ikke tidligere var punkt-AKT) ble det funnet en gjennomsnittlig fartsreduksjon på 11% (Ragnøy, 2011). Dette gjelder strekninger med fartsgrense 80 km/t. Virkningen varierer imidlertid mellom strekningene.

**Veiledende verdi for streknings-ATK - virkning på gjennomsnittsfart: -11%.**

## Virkning på andelen som kjører over 120 km/t

Det er ikke funnet studier som kan legges til grunn for anbefalinger for andelen som kjører over 120 km/t med og uten streknings-ATK. Andelen som kjører fort uten tiltak baseres helst på fartsmålinger på den aktuelle strekningen. Andelen med tiltak må estimeres skjønnsmessig så lenge det ikke foreligger mer konkret informasjon.

Hvis man ikke har godt nok grunnlag for å anslå endringen av andelen som kjører over 120 km/t skal det ikke legges inn noen virkning på andelen som kjører over 120 km/t og miljøeffekten må da tas ut av beregningene (miljøeffekten beregnes ellers ut fra andelen som kjører over 120 km/t).

**Veiledende verdi for streknings-ATK - virkning på andelen som kjører over 120 km/t: (ingen veiledende verdi).**

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Streknings-ATK	Middels	Dårlig	Middels	Middels

**Virkningen på trafikksikkerheten.** Det foreligger kun én empirisk studie fra Norge som er brukt som grunnlag for veiledende verdier. Virkningen varierer mellom ulike strekninger, slik at det er vanskelig å predikere fartsendringen. Kunnskapen anses som *middels*.

**Virkningen på miljø.** Det foreligger ikke empirisk grunnlag for å oppgi veiledende verdier for virkningen på andelen som kjører over 120 km/t. Kunnskapen er *dårlig*.

**Virkningen på fremkommelighet.** Det gjelder det samme som for virkningen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som *middels*.

**Relevans:** Redusert gjennomsnittsfart med tiltaket kan ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. Nedbremsing og akselerering rett før og etter fotoboksen kan også ha miljøeffekter som ikke er tatt hensyn til i beregningene. Disse effektene er imidlertid trolig små og kan (delvis) oppveie hverandre. Relevansen anses som *middels*.

### 5.2.10 Tiltak i vegarbeidsområder: Variable fartsgrenser

Variable fartsgrenser kan brukes i vegarbeidsområder hvor det er et varierende behov for å sette ned fartsgrensen. Dermed kan man unngå å redusere fartsgrensen permanent i hele vegarbeidsområdet og negative fremkommelighetseffekter av unødvendig redusert fartsgrense. I tillegg vil overholdelsen av fartsgrensen trolig være større enn med en permanent redusert fartsgrense.

Riffkin et al. (2008) har undersøkt virkningen av to variable fartsgrenseskilt, hvorav ett var satt opp før et vegarbeidsområde og det andre i vegarbeidsområdet. Fartsgrensen var 121 km/t før det første variable skiltet og 105 eller 89 km/t rett før og i vegarbeidsområdet. Resultatene viser at gjennomsnittsfarten i alle situasjonene var omtrent ved fartsgrensen. Fudala & Fontaine (2010) har også undersøkt virkningen av variable fartsgrenser i vegarbeidsområder (figur 5.13). Her var i tillegg bøtesatsene økt, noe som er mulig i en del delstater i USA for å øke andelen som overholder fartsgrensen. Resultatene viser at variable fartsgrenser fører til en generell forbedring av trafikkflyten, dvs. at fremkommeligheten i tett trafikk var forbedret og



at andelen som skiftet kjørefelt var redusert. Slike effekter kan tenkes å redusere ulykkesrisikoen, men er for uspesifikke for å kunne inkludere dem i beregningene i Excel-verktøyet. Andre eksempler på variable fartsgrenser i vegarbeidsområder er beskrevet av Outcalt (2009).



Figur 5.13: Variabel fartsgrense i vegarbeidsområde i USA (Fudala & Fontaine, 2010).

### **Generelle beregningsforutsetninger: Analyseperiode, kostnader og andel av ÅDT med tiltak**

Tiltak i vegarbeidsområder brukes som regel kun i korte perioder (under ett år). I slike situasjoner kan det likevel gjøres nytte-kostnadsvurderinger med Excel-verktøyet ved å gjøre noen tilpasninger av analyseperioden, kostnadene og andelen av ÅDT:

- **Analyseperioden** må settes til den andelen av ett år som tiltaket skal være i bruk (f.eks. 0,25 hvis tiltaket skal brukes i tre måneder).
- Under **Kostnader** oppgis alle kostnader som installasjons- (investerings-) kostnader.
- Under **Andel av ÅDT** oppgis (for hver tiltaksvariant) hvilken andel av all trafikk i analyseperioden som vil kjøre på strekningen mens tiltaket er aktivt. Hvis for eksempel tiltak A brukes for 30% av all trafikk i de tre månedene hvor tiltaket er i drift (analyseperiode = 0,25 år) oppgis 30%. Andelen skal med andre ord ikke omregnes til andelen av all trafikk gjennom hele året.

Nytten for trafikksikkerhet og fremkommelighet vil da beregnes for den perioden hvor tiltaket er i drift.

Kostnadene inngår i nytte-kostnadsvurderingene uten diskontering når analyseperioden er på ett år eller mindre (kostnadene påløper kun i det samme året hvor tiltaket er i drift). Hvis man vil ta hensyn til at utstyret må innkjøpes og at det vil være i bruk i flere år og i flere vegarbeidsområder, må brukeren selv vurdere hvilken andel av de totale kostnadene som skal knyttes til det aktuelle tiltaket i det aktuelle vegarbeidsområdet.

### **Relative skadekostnader**

Vegarbeidsområder har som regel høyere ulykkesrisiko enn veger uten vegarbeid. Tabell 5.4 viser den relative personskaderisikoen i vegarbeidsområder under ulike forhold. Tallene er hentet fra Trafikksikkerhetshåndboken og baseres på studien til Srinivasan et al. (2011). Resultatene er konsistente med resultater fra en rekke andre studier. Generelt varierer imidlertid risikoen mye mellom ulike vegarbeidsområder og

tallene i tabell 5.4 kan ikke uten videre generaliseres til alle vegarbeidsområder. F.eks. er risikoøkningen som regel større ved større vegarbeider enn ved mindre vegarbeider, og risikoen avtar som regel over tid.

Tabell 5.4: Relativ personskaderisiko i vegarbeidsområder (personskaderisiko på samme veg uten vegarbeid = 1) (Srinivasan et al., 2011).

	Dag	Natt
Kjørefelt stengt	1,46	1,42
Ingen kjørefelt stengt	1,17	1,41
Ikke pågående vegarbeid	1,02	1,11

### Virknninger på gjennomsnittsfarten

Variable fartsgrenser i vegarbeidsområder har vist seg å føre til at gjennomsnittsfarten går ned. Virkningen er imidlertid i så stor grad avhengig av lokale forhold at det ikke er mulig å oppgi noen veiledende verdier. Hvis man ikke har annen informasjon som kan legges til grunn, kan den forventede fartsendringen estimeres med fartskalkulatoren (se avsnitt 5.2.2).

**Veiledende verdi for variable fartsgrenser i vegarbeidsområder - virkningen på gjennomsnittsfarten:** (bruk fartskalkulator i Excel-verktøyet).

### Virkning på andelen som kjører over 120 km/t

Det er ikke funnet empirisk grunnlag for å oppgi veiledende verdier for endring av andelen som kjører over 120 km/t. Andelen er imidlertid trolig liten i de fleste vegarbeidsområdene, slik at miljøeffekten kan tas ut av beregningene uten at dette vil påvirke resultatene i stor grad.

### Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Tiltak i vegarbeidsområder: Variable fartsgrenser	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	God

**Virkingen på trafikksikkerheten:** For relative skadekostnader foreligger resultater fra noen studier, det kan imidlertid være store lokale variasjoner. Den mulige virkingen på gjennomsnittsfarten kan estimeres med fartskalkulatoren, hvorvidt resultatene kan brukes i vegarbeidsområder er imidlertid usikkert. I tillegg er virkingen i stor grad avhengig av lokale forhold. Kunnskapen anses som **dårlig**.

**Virkingen på miljø:** Tiltaket har trolig ingen eller kun liten virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkingen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkingen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som **dårlig**.

**Relevans:** Hvis tiltak i vegarbeidsområder reduserer køkjøring er dette ikke mulig å ta hensyn til (da er det imidlertid mulig å benytte regnearket for køvarsling). Andelen som kjører over 120 km/t antas ikke å være påvirket av tiltak i vegarbeidsområder, fordi farten som regel er noe redusert, også uten tiltak. Miljøeffekter av redusert gjennomsnittsfart tas ikke hensyn til, men disse er trolig ikke store. Tiltak i vegarbeidsområder reduserer i mange tilfeller fartsvariasjonen, og det antas som regel

at dette medfører positive sikkerhetseffekter. Slike effekter er det ikke mulig å ta hensyn til. Relevansen anses som middels.

### 5.2.11 Tiltak i vegarbeidsområder: Fartsmålingstavler

Fartsmålingstavler i eller før vegarbeidsområder er blitt undersøkt i et forholdsvis stort antall studier. Budskapene som vises til førere som kjører over fartsgrensen varierer. Noen ganger vises den aktuelle kjørefarten (og fartsgrenseinformasjon), andre ganger vises ulike budskaper av typen "du kjører for fort, senk farten". Et eksempel er vist i figur 5.14.



Figur 5.14: Fartsmålingstavle i vegarbeidsområde (Pesti & McCoy, 2001).

Basert på en rekke studier fra USA er det i Trafikksikkerhetshåndboken beregnet en gjennomsnittlig fartsreduksjon på 7% (mellom 2% og 18% fartsreduksjon). Andelen som kjører over fartsgrensen kan være redusert med opp til 60%.

Fartsreduksjoner ble som regel observert på en strekning nedstrøms for det variable skiltet, men opprettholdes som regel ikke gjennom hele vegarbeidsområdet.

Fartsreduksjonen er som regel noe mindre for tunge kjøretøy enn for personbiler, muligens fordi disse uansett reduserer farten i vegarbeidsområder mer enn personbiler.

Fartsmålingstavler kan være kombinert med **automatisk fartskontroll** som f.eks. i studien til Benekohal et al. (2010; figur 5.15). Fartsvisningstavlen viser farten som er målt 400-800 meter oppstrøms for skiltet, mens farten som er målt ca. 45m oppstrøms brukes til fartskontroll. Dermed har førerne en mulighet for å redusere farten og unngå å bli tatt i fartskontrollen. Virkningen på gjennomsnittsfarten er trolig større enn virkningen av fartsmålingstavler alene; og virkningen vil være større jo større andelen som kjører over fartsgrensen er uten tiltaket. I tillegg er andelen som kjører over 120 km/t trolig redusert (hvis det er en betydelig andel som kjører så fort). I studien til Benekohal et al. (2010) var andelen som kjørte over 65 mph (105 km/t) når fartsgrensen var 55 mph (89 km/t) redusert med omtrent 80%. Andelen som kjørte over 120 km/t ble trolig enda mer redusert.



Figur 5.15: Fartsmålingstavle med automatisk fartskontroll i vegarbeidsområde (Benkøhal et al., 2010).

### **Generelle beregningsforutsetninger: Analyseperiode, kostnader og andel av ÅDT med tiltak**

Se avsnitt 5.2.10.

#### **Strekningsslengde**

Det anbefales å sette strekningsslengden til 1 km (se avsnitt 5.2.7), eller lengden av strekningen i vegarbeidsområdet nedstrøms for skiltet hvis denne er kortere enn 1 km.

**Veiledende verdi for fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler - strekningsslengde: 1 km.**

#### **Relative skadepåkostnader**

Relative skadepåkostnader i vegarbeidsområder er beskrevet i avsnitt 5.2.10.

#### **Virkinger på gjennomsnittsfarten**

Basert på de empiriske studiene som er oppsummert i Trafikksikkerhetshåndboken anslås reduksjonen av gjennomsnittsfarten til 7% (nedre grense -2%, øvre grense -18%). Virkingen er trolig større hvis tiltaket er kombinert med automatisk fartskontroll.

**Veiledende verdi for fartsgrensepåminnende informasjon og fartsmålingstavler - virkning på gjennomsnittsfart: 7% (nedre grense -2%, øvre grense -18%).**

#### **Virkinger på andelen som kjører over 120 km/t**

Det er ikke funnet empirisk grunnlag for å oppgi veiledende verdier for endring av andelen som kjører over 120 km/t. Andelen er imidlertid trolig liten i de fleste vegarbeidsområdene, slik at miljøeffekten kan tas ut av beregningene uten at dette vil påvirke resultatene i stor grad.

Hvis det er en betydelig andel som kjører over 120 km/t og hvis fartsmålingstavler er kombinert med fartskontroll, er andelen som kjører over 120 km/t trolig redusert; reduksjonen kan være så stor som -85%.

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Tiltak i vegarbeidsområder: Fartsmålingstavler	Middels	(ingen virkning)	Middels	Middels

**Virkingen på trafikksikkerheten.** Den estimerte virkingen på gjennomsnittsfarten er basert på en rekke empiriske studier; de veiledende verdiene for strekningslengde og relative skadekostnader derimot er basert på skjønsmessige vurderinger. Kunnskapen anses derfor som middels.

**Virkingen på miljø.** Tiltaket har trolig ingen eller kun liten virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkingen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet.** Det gjelder det samme som for virkingen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som middels.

**Relevans:** De viktigste virkningene av tiltaket er tatt hensyn til i beregningene, med ett eventuelt unntak av miljøeffektene av en endring av andelen som kjører over 120 km/t. Redusert gjennomsnittsfart kan også påvirke miljøet, men slike effekter er kun små når gjennomsnittsfarten er under 100 km/t. Relevansen anses derfor som middels.

### 5.2.12 Tiltak i vegarbeidsområder: Anbefalt fart ved vegoppmerking

Anbefalt fart brukes i Sverige mens det pågår vegoppmerking (Vägverket, 2006; figur 5.16). Et variabelt skilt med anbefalt fart er montert på et kjøretøy som brukes for å installere vegoppmerking. Den anbefalte farten var 30 km/h, mens fartsgrensen var mellom 70 km/t og 110 km/t. Anbefalt fart brukes fordi skiltforskriften ikke tillater bevegelige fartsgrenseskilt.



Figur 5.16: Anbefalt fart mens vegoppmerking pågår (Vägverket, 2006).

### Generelle beregningsforutsetninger: Analyseperiode, kostnader og andel av ÅDT med tiltak

Se avsnitt 5.2.10.

### Strekningsslengden

Som strekningsslengde må man oppgi lengden av strekningen hvor tiltaket påvirker farten. Hvis tiltaket påvirker farten på 100 m veg før skiltet og 200 m etter skiltet, må man oppgi 300 m, selv om den totale strekningen hvor tiltaket brukes kan være mange km lang.

### Relative skadekostnader

Relative skadekostnader er trolig høyere enn normalt. Det er usikkert hvorvidt de relative skadekostnadene som er oppgitt i avsnitt 5.2.12 Tiltak i vegarbeidsområder kan benyttes.

### Virkning på gjennomsnittsfarten

For anbefalt fart ved vegoppmerking i Sverige ble det funnet en reduksjon av gjennomsnittsfarten på 29% (fra 76 km/t til 54 km/t) på brede veier (over 10 m) og på 9% (fra 45 km/t til 41 km/t) på smale veier (under 10 m). Reduksjonen av andelen som kjører over 70 km/t var enda større. Høy fart ved forbikjøring av slike kjøretøy er ofte et problem.

**Veiledende verdi for anbefalt fart (30 km/t) ved vegarbeider på veg med fartsgrense 70 km/t - virkningen på gjennomsnittsfarten: -29% på brede veier; -9% på smale veier.**

### Virkning på andelen som kjører over 120 km/t

Tiltaket har trolig ingen stor virkning på andelen som kjører over 120 km/t.

### Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Tiltak i vegarbeidsområder: Anbefalt fart ved vegoppmerking	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	God

**Virkingen på trafikksikkerheten:** Virkingen er i stor grad avhengig av lokale forhold. Kunnskapen anses som dårlig.

**Virkingen på miljø:** Tiltaket har trolig ingen eller kun liten virkning på andelen som kjører over 120 km/t, som er grunnlag for å beregne virkingen på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Det gjelder det samme som for virkingen for trafikksikkerheten, kunnskapen anses som dårlig.

**Relevans:** De viktigste virkningene av tiltaket er trolig tatt hensyn til i beregningene. Relevansen anses derfor som god.

## 6 Regneark 2: Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen

Tiltak som kan vurderes med dette regnearket har som formål enten å regulere trafikken som kjører inn på en hovedveg fra en påkjøringsrampe (tilfartskontroll), eller å regulere farten etter aktuelle trafikk- og kjøreforhold (variable fartsgrenser eller anbefalt fart), i hovedsak for å forbedre *fremkommeligheten* eller for å oppnå positive *miljøeffekter*. Til forskjell fra regneark '1 Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart and andelen som kjører over 120 km/t' beregnes trafikksikkerhetseffekten uavhengig av endringer av gjennomsnittsfarten.

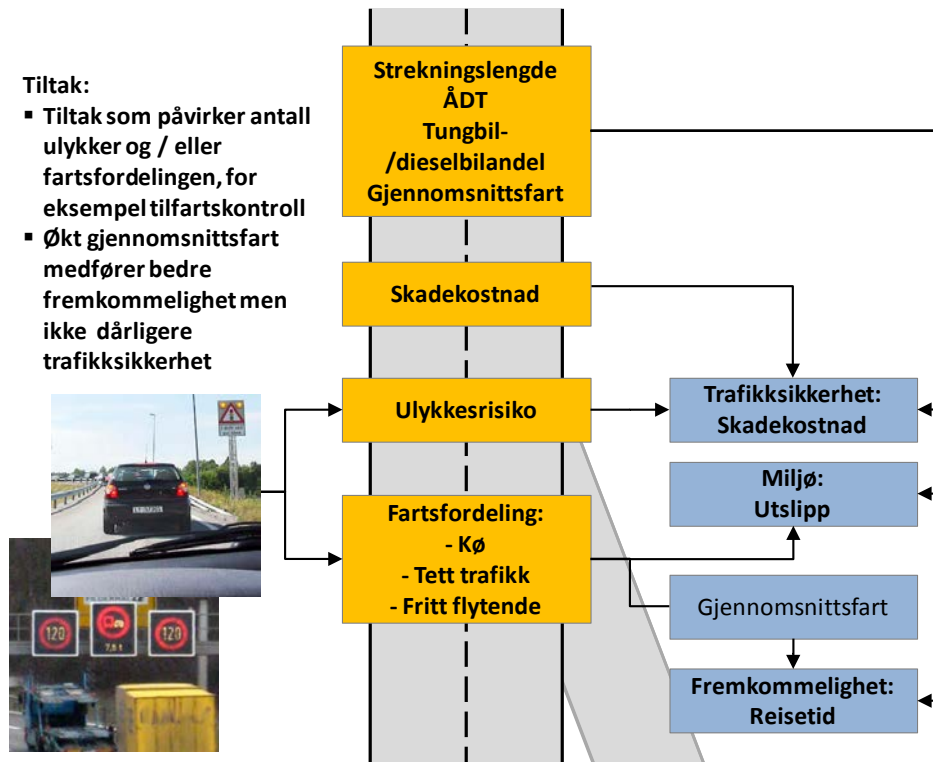
Virkingen av slike tiltak på trafikksikkerhet, miljø og fremkommeligheten kan beregnes på samme måte for ulike tiltak. Regnearket '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen' i Excel-verktøyet kan brukes for følgende tiltak:

- *Tilfartskontroll* (kapittel 6.6 i den norske ITS-håndboken)
- *Variable fartsgrenser* (kap. 6.3 i den norske ITS-håndboken), hvis man antar at hovedeffekten er at andelen av trafikken som kjører i kø er redusert.
- *Andre tiltak* som har en kjent effekt på antall ulykker og / eller fartsfordelingen.

### 6.1 Beregning av nytten i Excel-verktøyet

Den samfunnsøkonomiske nytten for *trafikksikkerhet* beregnes i Excel-verktøyet ut fra tiltakets antatte virkning på antall ulykker. Virkningene på *fremkommelighet* og *miljø* beregnes ut fra tiltakets virkning på fartsfordelingen, dvs. på andelene som kjører i kø, tett trafikk og fritt flytende trafikk på motor-/hovedvegen, samt gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk. Hvordan den samfunnsøkonomiske nytten beregnes i Excel-verktøyet er skjematisk vist i figur 6.1. Beregningene er i mer detalj beskrevet i det følgende.

*Enheten for analysen* er enten en strekning som er regulert med variable fartsgrenser eller annen informasjon på variable skilt, eller en strekning på en motorveg (eller annen hovedveg) med en påkjøringsrampe som er regulert med tilfartskontroll.



Figur 6.1: Beregning av den samfunnsøkonomiske nytten av variable fartsgrenser (skjematiske).

### Informasjon som må oppgis av brukeren

Brukeren må oppgi en del grunnleggende informasjon om strekningen og informasjon som brukes i beregningen av tiltakets nytte. I det følgende gis en oversikt over egenskaper ved strekningen og virkninger av tiltak som må oppgis av brukeren. Eksempler og veiledende verdier gis i kapittel 6.2.

**Strekningslengden:** Lengden av strekningen hvor tiltaket påvirker trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet.

**Relative skadekostnader:** Den samfunnsøkonomiske nytten for trafikksikkerheten er, i tillegg til virkningen på gjennomsnittsfarten, også avhengig av skadekostnadene på strekningen uten tiltak. Disse kan estimeres ut fra generelle vegegenskaper (normal skadekostnad). I tillegg er det mulig å oppgi den relative skadekostnaden på strekningen uten tiltak.

**Virkingen på antall ulykker:** Virkingen på trafikksikkerheten beregnes ut fra virkingen på antall ulykker.

**Virkingen på fartsfordelingen:** Endringer av fartsfordelingen brukes til å beregne virkningene på miljø og fremkommelighet. Hvordan fartsfordelingen påvirkes varierer mellom tiltakene og er også for hvert tiltak i stor grad avhengig av både gjennomsnittsfarten før tiltaket installeres og tiltakets utforming (f.eks. hvordan visning av variable fartsgrenser eller tilfartskontroll er programmert). Det er mulig å oppgi endringer av andelene som kjører i kø og i tett trafikk, samt endringer av gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk.



### **Tre varianter av tiltaket**

Det er mulig å spesifisere tre varianter av tiltaket (A, B og C), dvs. at tiltaket kan brukes på tre ulike steder eller på tre ulike måter på ulike tidspunkter (se avsnitt 6.1 under Tre varianter av tiltaket).

### **Nytten for trafiksikkerhet**

Nytten for trafiksikkerheten beregnes ut fra den prosentvise endringen av det totale antall ulykker, som må oppgis av brukeren. For å beregne virkningen på skadekostnadene tas det i tillegg hensyn til trafikkmengden og gjennomsnittlige skadekostnader per million kjøretøykilometer.

### **Nytten for miljøet**

Nytten for miljøet beregnes ut fra endringene i fartsfordelingen (andelene som kjører i kø, tett trafikk og fritt flytende trafikk, samt gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk, se avsnitt 2.2.2).

### **Nytten for fremkommelighet mv.**

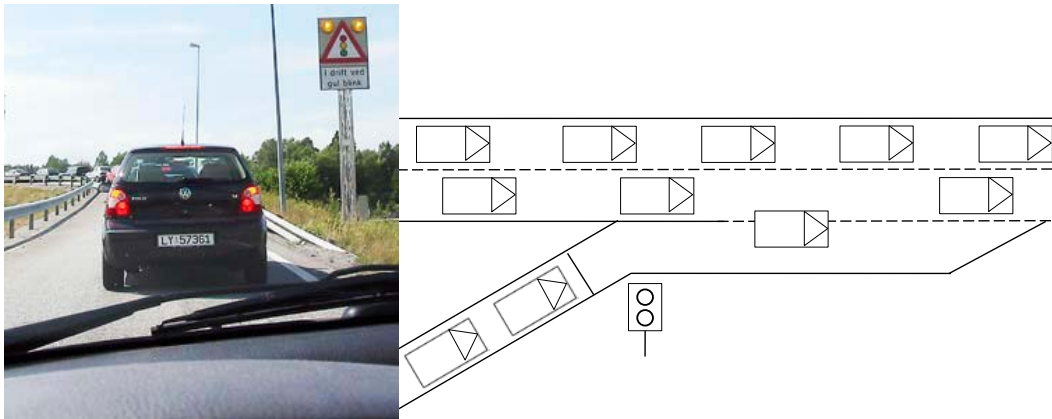
Nytten for fremkommeligheten beregnes ut fra endringene i fartsfordelingen (se avsnitt 2.2.3).

## **6.2 Eksempler og veiledende verdier**

### **6.2.1 Tilfartskontroll**

Med tilfartskontroll reguleres antall kjøretøy som slippes inn på motorvegen (eller en annen hovedveg) fra en påkjøringsrampe ved hjelp av signalanlegg (figur 6.2). Dermed blir det en jevnere flyt på motorvegen og færre må skifte kjørefelt for å slippe kjøretøy fra påkjøringsrampen inn på motorvegen. Systemet kan programmeres på ulike måter, bl.a. tidsstyrt (med faste tider når systemet er slått på og faste intervaller for å slippe trafikken inn på motorvegen) eller trafikkstyrt (systemet regulerer avhengig av den aktuelle trafikksituasjonen). Trafikkstyrt tilfartskontroll har større virkninger på trafikkavviklingen (og dermed på fremkommeligheten og trolig også på sikkerheten) enn tidsstyrt. Det foreligger imidlertid foreløpig ikke nok kunnskap for å kunne skille mellom ulike varianter av tilfartskontroll i beregningene i Excel-verktøyet.

Tilfartskontroll har i mange studier vist seg å redusere reisetiden på hovedvegen, samtidig som kapasiteten øker. Ventetiden på påkjøringsrampen kan øke, men denne økningen mer enn oppveies av reisetidsreduksjonen på hovedvegen. På korte reiser kan det i noen tilfeller (avhengig av vegnettet) likevel være mulig å spare reisetid ved å kjøre en annen veg. De fleste studier har ikke funnet noen signifikant omfordeling av trafikken i vegnettet som følge av at tilfartskontroll ble installert. I et forsøksprosjekt i Norge har det vist seg at forsinkelsene ble redusert på hovedvegen, uten at dette medførte økte forsinkelser på den underordnede (tilfartskontrollerte) vegen (Statens vegvesen, 2011).



Figur 6.2: Tilfartskontroll (ITS på veg / Høye, 2010).

### Tre mulige varianter av tiltaket

Det anbefales i utgangspunktet at ***kun tiltaksvariant A*** spesifiseres og at B og C tas ut av nytte-kostnadsberegningene. Dette fordi det ikke foreligger tilstrekkelig informasjon for å spesifisere f.eks. virkninger av ulike programmeringsalgoritmer eller om i hvilken grad virkningen av tilfartskontroll ved tre ramper (som ligger rett etter hverandre) er større enn summen av virkningene hvis tilfartskontroll er installert ved tre ramper ulike steder i vegnettet.

Tiltak ***B og C kan spesifiseres*** hvis man har konkret informasjon som tilsier f.eks. at virkningen på fartsfordelingen er forskjellig i ulike perioder eller hvis man ønsker å beregne virkningen av tilfartskontroll ved flere ramper. Dermed er det mulig å ta hensyn til

- enten at tilfartskontroll installeres ved tre påkjøringsramper til en motor- eller annen hovedveg (under forutsetning av vegtypen er den samme ved alle tre rampene); dette er trolig mest aktuelt dersom tilfartskontroll skal installere på tre ramper som ligger rett etter hverandre på den samme motor-/hovedvegen;
- eller at det brukes ulike programmeringsalgoritmer i ulike perioder (f.eks. avhengig av trafikkmengden) ved én påkjøringsrampe. Dette forutsetter imidlertid at det foreligger tilstrekkelig kunnskap om virkningene på fartsfordelingene i de tre situasjonene.

### Strekningsslengde

Strekningen hvor tiltaket påvirker fart, miljø og fremkommelighet kan f.eks. settes lik lengden på sammenflettingsfeltet (eller f.eks. 500 m lenger hvis sammenflettingsfeltet er veldig kort).

### Relative skadeposter

For å kunne ta hensyn til at skadeposter i situasjoner med mye tett trafikk eller kø som regel er lavere enn normalt, er det i Excel-verktøyet lagd en skadeposterkalkulator som beregner relative skadeposter ut fra den generelle sammenhengen mellom gjennomsnittsfart og skadeposter (potensmodellen). Brukeren må oppgi gjennomsnittsfarten på vegen i en normalsituasjon (for all trafikk gjennom hele året) og fartsfordelingen når tiltaket skal være aktiv.

**Veiledende verdi for variabel fartsgrense - relative skadekostnader:** kan beregnes med skadekostnadskulatoren i Excel-verktøyet.

### ***Virkning på antall ulykker***

Tilfartskontroll har vist seg å redusere antall ulykker på den delen av motorvegen hvor tilfartskontroll er installert på en påkjøringsrampe. Derimot ble det funnet økninger av antall ulykker på påkjøringsrampen i noen studier. Den sammenlagte virkningen på antall ulykker (på motorveg og påkjøringsrampen) som er beskrevet i Trafikksikkerhåndboken basert på flere studier er en reduksjon på 18% (konfidensintervall [+7; -37]). Resultatet er ikke statistisk signifikant, men trolig ikke systematisk påvirket av metodiske svakheter og konsistent mellom en rekke ulike studier. Det er mulig for brukeren å endre disse verdiene hvis det foreligger kunnskap som gir et grunnlag for å sette andre verdier.

Virkningen av tilfartskontroll på antall ulykker er sammensatt av endringer av antall ulykker på motorvegen og på påkjøringsrampen, men det foreligger ikke informasjon om normale ulykkestall på ramper (som hadde vært nødvendig for å kunne ta hensyn til ulykker på ramper).

**Veiledende verdi for tilfartskontroll - antall ulykker:** -18% (nedre / øvre grense: [+7; -37])

### ***Virkning på fartsfordelingen***

I Excel-verktøyet må fartsfordelingen (andelene som kjører i kø og i tett trafikk, samt gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk) oppgis, både uten og med tilfartskontroll for de periodene hvor tilfartskontroll skal være aktiv. Den prosentvise endringen av gjennomsnittsfarten som følger av den oppgitte fartsfordelingen vises under 'Beregning av tiltakets nytte'.

Fartsfordelingen uten tilfartskontroll som brukeren må oppgi baseres helst på fartsmålinger ved aktuelle påkjøringsramper. Fartsfordelingen skal oppgis kun for perioder hvor tilfartskontroll skal være aktiv. Derfor vil andelene som kjører i kø eller tett trafikk trolig være store (avhengig av hvordan tilfartskontrollen skal programmeres).

Fartsfordelingen med tilfartskontroll må estimeres ut fra erfaringer ved andre ramper eller skjønnsmessig. I flere studier ble det funnet økninger av gjennomsnittsfarten på omtrent 10%. Virkningen på gjennomsnittsfarten varierer imidlertid mye mellom enkelte påkjøringsramper. I en studie i Frankrike (Haj Salem & Boukhniifer Gretia, 2009) økte gjennomsnittsfart i morgenrushet med 13,6% (mellom 2,9 og 22,5% ved de enkelte rampene) og gjennomsnittsfart i ettermiddagsrushet økte med 9,4% (mellom en reduksjon på 2,8% og en økning på 17,0% ved de enkelte rampene). Andelen av trafikken som kjører i under 30 km/t (som er definert som "køkjøring" i Excel-verktøyet) i periodene med tett trafikk var redusert med opp til 50%. I en studie i England (Stockway et al., 2008) økte gjennomsnittsfarten ved tre påkjøringsramper med henholdsvis 2,8%, 10,2% og 20,3% i rushtiden. Resultatene fra disse studiene er lagd til grunn for de veiledende verdiene.

**Veiledende verdi for tilfartskontroll - fartsfordeling:** reduksjon av andelen som kjører i kø med mellom 10 og 40%, omtrent uendret andel som kjører i tett trafikk; mellom 5 og 15% økning av gjennomsnittsfarten (virkningen på gjennomsnittsfarten beregnes i Excel-verktøyet ut fra endringene i andelen som kjører i kø eller tett trafikk og gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk).

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Tilfartskontroll	Middels	Dårlig	Dårlig	Middels

**Virkingen på trafikksikkerhet:** Virkingen beregnes ut fra den antatte endringen av antall ulykker på motorvegen. Denne er basert på flere empiriske studier og trolig ikke eller kun i liten grad påvirket av metodiske svakheter. Antall ulykker kan imidlertid endre seg både på motorvegen (nedgang) og på rampen (økning). Dette er det ikke mulig å ta hensyn til fordi det ikke foreligger kunnskap om normale skadekostnader på påkjøringsrampet. Kunnskapen anses derfor som *middels*.

**Virkingen på miljøet:** Miljøeffektene beregnes basert ut fra en ganske unøyaktig tilnærming til endringen av fartsfordelingen, basert på et svakt empirisk grunnlag, og gjennomsnittlige utslipp av noen typer utslipp. Det er mulig å ta hensyn til bl.a. andelen tunge kjøretøy og andelen personbiler med dieselmotor, men ikke til fordelingen av kjøretøyenes alder (som har sammenheng med utslippene). Fartsfordelingene med og uten tiltak er stort sett basert på skjønnsmessige vurderinger som må gjøres av brukeren. Kunnskapen anses derfor som *dårlig*.

**Virkingen på fremkommelighet (reisetid):** Virkingen på fremkommeligheten (reisetid) er estimert ut fra antatte endringer i fartsfordelingen, som er basert på et ganske svakt empirisk grunnlag. Andelene og gjennomsnittsfarten uten tiltak kan eventuelt være basert på lokale trafikk- og fartsmålinger (avhengig av hvilken informasjon som er tilgjengelig for brukeren), men andelene og farten med tiltak må være skjønnsmessige vurderinger som må gjøres av brukeren. Kunnskapen anses derfor som *dårlig*.

**Relevans:** Beregningene i Excel-verktøyet tar ikke hensyn til at tilfartskontroll kan medføre forsinkelser på påkjøringsrampen og påvirke fordelingen av trafikken i vegnettet, at fremkommeligheten kan være forbedret på en lengre strekning på motor-/hovedvegen og at virkingen på reisetiden er forskjellig på korte og lange reiser. Hvorvidt slike effekter finnes er imidlertid i stor grad avhengig av lokale forhold. Relevansen anses derfor som *middels*.

### 6.2.2 Variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og personbiler med campingvogn

Noen studier i EasyWay prosjektet beskriver variable fartsgrenser som er kombinert med et forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy (over 7,5t eller over 12t) og for personbiler med campingtilhenger ("Line control on the corridor Stuttgart-Adegerloch-Aichtal" i Tyskland og "Dynamic traffic management on the "Autoroute du Soleil" i Frankrike). Forbikjøringsforbudet gjelder permanent i den franske studien, mens det kan vises ved behov på et variabelt skilt som er montert mellom de variable fartsgrenseskiltene (figur 6.3).

Både variable fartsgrenser og forbikjøringsforbudet for tunge kjøretøy og personbiler med campingvogn benyttes i hovedsak for å harmonisere trafikkavviklingen og dermed for å forbedre fremkommeligheten.

Resultater fra den tyske studien tyder på at oppgraderinger av systemet som førte til mer konsistent visning av informasjon forbedret trafikkavviklingen.

Gjennomsnittsfarten var generelt nærmere fartsgrensen og fartsvariasjonen var redusert. Mer konkrete resultater av evalueringen er ikke funnet.



Figur 6.3: Variable fartsgrenseskilt med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy på veien B27 i Tyskland (EasyWay).

I den franske studien ble det funnet en reduksjon av antall ulykker på 25% (-33% i rushtiden), en reduksjon av køer med 30%, en økning av gjennomsnittsfarten i rushtiden på 9% og en reduksjon av CO<sub>2</sub>-utslipp på 9%. Det er imidlertid ikke funnet noe dokumentasjon på resultatene og de må derfor anses som meget usikre.

### Strekningsslengde

Strekningsslengden er hele strekningen hvor fartsgrensen og forbikjøringsforbudet for tunge kjøretøy og campingvogner gjelder (alternativt, hvor man antar at tiltaket påvirker farten).

### Relative skadekostnader

Relative skadekostnader beregnes som beskrevet under 6.2.1 Tilfartskontroll.

### Virkning på antall ulykker

Det foreligger kun et meget usikkert resultat om virkningen på antall ulykker (-25% totalt; -33% i rushtiden) fra én studie som ikke har dokumentert hvordan virkningen er beregnet. Siden virkningen er svært usikker anbefales å bruke virkningen i rushtiden som et maksimumsanslag, ingen virkning som et minimumsanslag og en reduksjon på 10% som et "beste anslag".

**Veiledende verdi for variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og campingvogn - virkningen på antall ulykker: -10% (nedre grense 0%; øvre grense -33%).**

### Virkning på fartsfordelingen

Når *variable fartsgrenser* viser en redusert fartsgrense i tett trafikk, kan gjennomsnittsfarten øke og andelen som kjører i kø kan være redusert.

*Forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og personbiler med campingvogn* medfører trolig at gjennomsnittsfarten vil være enda høyere enn med variable fartsgrenser alene. Dette forutsetter imidlertid at det er en forholdsvis stor andel tung

trafikk på vegen, og at det (uten tiltak) er mange forbikjøringer med tunge kjøretøy som bremser ned øvrig trafikk. I den franske studien i EasyWay prosjektet ble det funnet en reduksjon av køer med 30% og en økning av gjennomsnittsfarten i rushtiden på 9%. Dette gjelder variable fartsgrenser og forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy, sammenlignet med en situasjon uten verken variable fartsgrenser eller forbikjøringsforbud.

**Veiledende verdi for variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og campingvogn - virkning på fartsfordelingen:** andelen som kjører i kø -30%; gjennomsnittsfarten i rushtiden +9% (virkningen på gjennomsnittsfarten beregnes automatisk ut fra endringene i fartsfordelingen og vises under Beregning av tiltakets nytte).

### Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
<b>Variable fartsgrenser med forbikjøringsforbud for tunge kjøretøy og personbiler med campingvogn</b>	Dårlig	Dårlig	Dårlig	God

**Virkningen på trafikksikkerhet:** Virkningen beregnes ut fra den antatte endringen av antall ulykker. Denne er svært usikker og kunnskapen anses derfor som *dårlig*.

**Virkningen på miljø og fremkommelighet:** Miljø- og fremkommelighetseffektene er beregnet ut fra antatte endringer i fartsfordelingen. Det foreligger kun resultater fra én studie som må anses som svært usikre. Kunnskapen anses derfor som *dårlig*.

**Relevans:** De mest relevante virkningene er trolig inkludert i beregningene. Relevansen anses derfor som *god*.

## 7 Regneark 3: Køvarsling med / uten tilleggsinformasjon, reisetidsinformasjon

Regnearket er i hovedsak ment for køvarsling, med eller uten tilleggsinformasjon (f.eks. reisetidsinformasjon) og kan også brukes for reisetidsinformasjon alene. Virkningene beregnes på omtrent samme måte som i regneark '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen', men virkningen på antall ulykker gjelder kun ulykker med påkjøring bakfra. I tillegg er det mulig å inkludere trafikantenes verdsetting av informasjon i beregningene.

Regnearket kan brukes for følgende tiltak:

- **Køvarsling** (kap. 5.1 i den norske ITS-håndboken)
- **Reisetidsinformasjon** (kap. 5.4 i den norske ITS-håndboken) eller annen informasjon, enten i kombinasjon med køvarsling eller som eneste tiltak.
- **Andre tiltak** som påvirker fartsfordelingen, antall ulykker med påkjøring bakfra eller hvor det foreligger informasjon om trafikantenes verdsetting.

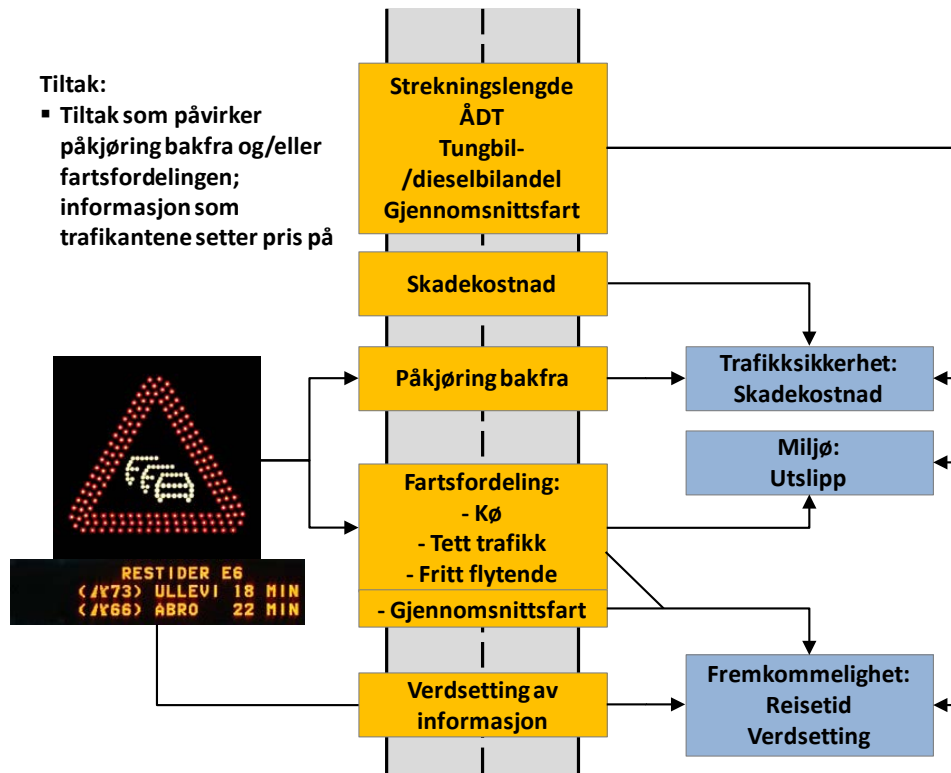
Køvarsling har som formål å redusere ulykker med påkjøring bakfra i tett trafikk og mens en kø bygger seg opp. I tillegg kan køvarsling ha positive virkninger på miljø og fremkommeligheten hvis trafikkflyten blir jevnere, slik at det tar noe lengre tid før køen bygger seg opp og en lavere andel av trafikken kjører i kø.

Reisetidsinformasjon har ingen (kjente) virkninger på sikkerhet, miljø eller fremkommelighet, men mange trafikanter setter pris på slik informasjon og dette er det mulig å ta hensyn til i nytte-kostnadsvurderingene.

### 7.1 Beregning av nytten i Excel-verktøyet

Den samfunnsøkonomiske nytten for **trafikksikkerhet** beregnes i Excel-verktøyet ut fra tiltakets virkning på antall ulykker med påkjøring bakfra. Virkningen på **fremkommelighet** og **miljø** beregnes ut fra tiltakets virkning på fartsfordelingen, dvs. på andelene som kjører i kø, tett trafikk og fritt flytende trafikk. Trafikantenes **verdsetting** av tilleggsinformasjon (reisetidsinformasjon) beregnes ut fra antakelser om betalingsvilligheten for den viste informasjonen. Hvordan den samfunnsøkonomiske nytten beregnes i Excel-verktøyet er skjematisk vist i figur 7.1. Beregningene er i mer detalj beskrevet i de følgende avsnittene.

**Enheten for analysen** er en strekning med ett eller flere variable skilt med køvarsling (og / eller reisetids- eller annen informasjon). Strekningen hvor tiltaket påvirker fart, miljø og fremkommelighet er definert fra det første skiltet til 500 m nedstrøms for det siste skiltet (antall skilt og strekningslengden må oppgis av brukeren. Hvis skiltene kun skal settes opp i én kjøreretning må trafikkmengden (ÅDT) deles på 2.



Figur 7.1: Beregning av den samfunnsøkonomiske nytten av variable fartsgrenser (skjematiske).

Regnearket kan prinsipielt også benyttes for *andre tiltak* som

- reduserer antall ulykker med påkjøring bakfra
- påvirker fartsfordelingen (andelene som kjører i kø, tett og fritt flytende trafikk)
- verdsettes av trafikantene med et kjent beløp i kroner per reise.

### Informasjon som må oppgis av brukeren

Brukeren må oppgi en del grunnleggende informasjon om strekningen og i tillegg informasjon som brukes i beregningen av tiltakets nytte. For følgende egenskaper ved strekningen og virkninger av tiltak gis i de følgende avsnitt med eksempler på tiltak veiledende verdier.

**Strekningslengden:** Lengden av strekningen hvor tiltaket påvirker trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet.

**Virkingen på antall ulykker med påkjøring bakfra:** Køvarsling har vist seg å redusere antall ulykker med påkjøring bakfra.

**Virkingen på fartsfordelingen:** Hvordan fartsfordelingen er avhengig av både fartsfordelingen uten tiltak og tiltakets utforming (f.eks. hvordan køvarslingen er programmert). Det er mulig å oppgi endringer av andelene som kjører i kø og i tett trafikk, samt endringer av gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk.

**Trafikantenes verdsetting av informasjon:** For reisetidsinformasjon (som kan vises sammen med køvarsling eller som eneste tiltak) foreligger empiriske resultater som kan gi en indikasjon på betalingsvilligheten for slik informasjon.



### Tre varianter av tiltaket

Variable skilt kan vise forskjellig informasjon under ulike forhold. Derfor er det i Excel-verktøyet mulig å definere tre forskjellige varianter av bruken av tiltaket, benevnt som A, B og C. Eksempelvis kan køvarsling være kombinert med ulike former for tilleggsinformasjon som vises i ulike situasjoner:

- A. Ingen tilleggsinformasjon
- B. Reisetidsinformasjon
- C. Tåkevarsling

Køvarsling kan også kombineres med bl.a. variable fartsgrenser, informasjon om reisetider eller anbefalte alternative ruter. Det er imidlertid kun meningsfylt å oppgi tiltaksvarianter (informasjon som skal vises) hvor man har et grunnlag for å anslå virkningen på antall ulykker med påkjøring bakfra og/eller fartsfordelingen (de tre kjøresituasjonene).

Når tiltaket ikke er aktivt (ingen køvarsling / visning av reisetidsinformasjon) forutsettes at skadekostnader og fartsfordelingen er uendret i forhold til situasjonen uten tiltak (den vanlige fartsgrensen kan likevel vises på skiltene).

### Valg av nyttekomponenter som skal inngå i nytte-kostnadsvurderingene

I utgangspunktet inngår alle nyttekomponenter, både trafikksikkerhets-, miljø- og fremkommelighetseffekter, samt trafikantenes verdsetting av informasjon for tiltak A i nytte-kostnadsvurderingene. I noen situasjoner kan det imidlertid være ønskelig å utelate enkelte nytte-komponenter fra analysene, f.eks. når

- køvarsling skal vises alene (uten reisetidsinformasjon) må trafikantenes verdsetting av informasjon tas ut av analysene
- reisetidsinformasjon er det eneste tiltaket (uten køvarsling) må virkningene på trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet (reisetid) tas ut av analysene
- virkningene på miljø og fremkommelighet anses som for usikre fordi det ikke foreligger grunnlag for å anslå endringene i fartsfordelingen; i så fall må disse nyttekomponentene tas ut av analysene

### Nytten for trafikksikkerhet

For å beregne nytten for trafikksikkerhet må brukeren oppgi normale skadekostnader på vegen og den forventede reduksjonen av antall ulykker med påkjøring bakfra. Nytteten for trafikksikkerheten (virkningen på skadekostnadene) beregnes som følgende:

**(1) Estimering av den relative ulykkesrisikoen på vegen når køvarslingen vises:** Når andelen som kjører i kø er større enn null (definert av brukeren), settes ulykkesrisikoen (antall ulykker per million kjøretøykilometer) på vegen til 80% av den normale ulykkesrisikoen. Dette anslaget er basert på flere studier av sammenhengen mellom trafikkmengde (i forhold til vegens kapasitet) og ulykkesrisiko. Chang et al. (2000), Martin (2002) og Zhou og Sisiopiku (1997) fant en U-formet sammenheng mellom trafikkmengde og ulykkesrisiko. Den laveste ulykkesrisikoen ble funnet når trafikkmengden er omtrent 60% av vegens kapasitet. Da er ulykkesrisikoen mellom 20 og 50% av ulykkesrisikoen ved liten trafikk. Når trafikkmengden er lik vegens kapasitet er ulykkesrisikoen mellom 40 og 70% av ulykkesrisikoen ved liten trafikk.

Andre studier fant ingen sammenheng mellom trafikkmengden (i forhold til vegens kapasitet) og ulykkesrisiko (Noland og Quddus, 2005; Wang, Quddus og Ison, 2009).

**(2) Estimering av skadekostnader i ulykker med påkjøring bakfra på vegen når køvarslingen vises:** Disse avhenger av de normale skadekostnadene, andelen ulykker med påkjøring bakfra og skadekostnadene i ulykker med påkjøring bakfra. For dette tiltaket oppgis ingen relative skadekostnader. Skadekostnadene beregnes istedenfor ut fra andelen ulykker med påkjøring bakfra.

**Andelen ulykker med påkjøring** bakfra av alle ulykker antas å være

- 10% når andelen som kjører i kø er null
- 60% når andelen som kjører i kø er større enn null

Dette er skjønnsmessige anslag. Andelen ulykker med påkjøring bakfra av alle ulykker på strekninger med fartsgrense 70 km/t eller høyere i Norge er omtrent 16% (norsk ulykkesstatistikk, 2006-2011).

**Skadekostnader i ulykker med påkjøring bakfra** er omtrent en tredjedel (36%) av skadekostnadene i andre ulykker ifølge norsk ulykkesstatistikk (2006-2011; gjelder ulykker på strekninger med fartsgrense 70 km/t eller høyere; ulykker i kryss, ved avkjørsler mv. er utelatt).

Ut fra disse forutsetningene kan man regne ut at 88% av ulykkene skjer når det ikke er kø, mens 12% av ulykkene skjer i perioder hvor en del av trafikken på den aktuelle strekningen kjører i kø.

Andelen av de normale skadekostnadene som oppstår i forbindelse med påkjøring bakfra ulykker (når man ikke justerer de normale skadekostnadene for redusert ulykkesrisiko i kø) er 0,216 når andelen som kjører i kø er større enn null og 0,036 når andelen som kjører i kø er null.

Skal man justere de normale skadekostnadene for å ta hensyn til redusert antall ulykker når en del av trafikken kjører i kø, må man multiplisere 0,216 med 0,8 (skadekostnader i kø var satt til 80% av de normale skadekostnadene) og 0,0359 med 1,5 (antar man at skadekostnader i kø er lavere enn normal må følgelig skadekostnadene uten kø være noe høyere enn normal).

**Andelen av de normale skadekostnadene som oppstår i forbindelse med påkjøring bakfra ulykker** når man justerer de normale skadekostnadene for redusert ulykkesrisiko i kø er følgelig:

- 0,0365 når andelen som kjører i kø er null
- 0,172 når andelen som kjører i kø er større enn null

Det er disse skadekostnadene som legges til grunn for å beregne reduksjonen av skadekostnader som følge av reduksjonen av antall ulykker med påkjøring bakfra. Når andelen ulykker med påkjøring bakfra antas å være redusert med 24% forutsettes at også skadekostnadene som oppstår i forbindelse med påkjøring bakfra reduseres med 24%.

### **Nytten for miljøet**

Den samfunnsøkonomiske nytten for miljøet beregnes ut fra endringene i fartsfordelingen (se avsnitt 2.2.2) i de periodene hvor køvarsling vises.

For å beregne nytten for miljøet må brukeren oppgi hvilken andel av trafikken som kjører i hver av de tre kjøresituasjonene og gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk, både med og uten tiltak i de periodene hvor køvarslingen skal vises.

### **Nytten for fremkommelighet (reisetid)**

Den samfunnsøkonomiske nytten av køvarsling for fremkommeligheten (reisetid) er beregnet ut fra de forventede endringer i fartsfordelingen som beskrevet i avsnitt 2.2.3.

### **Trafikantenes verdsetting av informasjon**

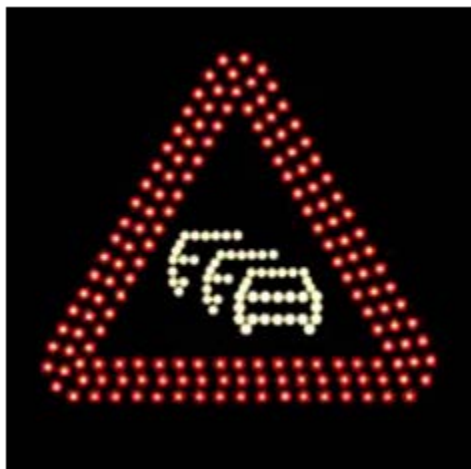
En del studier har vist at trafikantene flest setter pris på aktuell informasjon om f.eks. reisetider, forsinkelser, mulige omkjøringsveger og lignende. Det foreligger imidlertid svært lite informasjon om hvordan slik informasjon verdsettes. Verdsettingen er avhengig bl.a. av strekningens lengde, hvor vanlige og hvor store forsinkelsene er, hvilke omkjøringsmuligheter som finnes og i hvilken grad disse er kjent og benyttes ved (store) forsinkelser.

## **7.2 Eksempler og veiledende verdier**

### **7.2.1 Køvarsling**

Med køvarsling vises et variabelt skilt med fareskilt for kø (figur 7.2). Det er som regel satt opp flere slike skilt på en lengre strekning, slik at køvarslingen kan vises på de deler av strekningen som ligger rett oppstrøms for en kø som er under oppbygging. Køvarsling brukes som regel på motorveger.

Virkingen av køvarslingen er i stor grad avhengig av hvordan kriteriene er definert for når køvarslingen vil være slått på. Virkningene av køvarsling er størst når trafikkmengden er nær vegens kapasitet og mens køen bygger seg opp. I fritt flytende trafikk er køvarsling ikke hensiktsmessig og kan ha utilsiktede virkninger (f.eks. redusert tillit til informasjon på variable skilt). I saktegående kø har køvarsling ingen effekt fordi alle kjører (eller står) allerede i kø.



Figur 7.2: Variabelt trafikkskilt med køvarsling (Statens vegvesen, 2011).

## **Reduksjonen av antall ulykker med påkjøring bakfra**

Ifølge Trafikksikkerhåndboken reduserer køvarsling antall ulykker med påkjøring bakfra med 24% (-37; -10). Dette gjelder hvis køvarsling er det eneste tiltak, uten ruteanbefaling eller nedsatt fartsgrense. Resultatet er basert på to studier fra 1992 og 1995.

**Veiledende verdi for køvarsling:** -24% ulykker med påkjøring bakfra (øvre / nedre grense [-37; -10]).

## **Virkning på fartsfordelingen**

Køvarsling kan føre til jevnere fart i perioder med tett trafikk, noe som kan føre til reduserte utslipp av enkelte typer avgasser fra motorkjøretøy. Endringer av fartsfordelingen brukes i beregningen av nytten for miljø og fremkommelighet.

Fartsfordelingen uten køvarsling er avhengige av hvordan køvarslingen er programmert. Køvarsling vises som regel i tett trafikk når køer begynner å bygge seg opp. Andelen som kjører i fritt flytende trafikk med køvarsling er følgelig trolig liten.

Det er ikke funnet empiriske studier som kan gi et grunnlag for å gi anbefalinger eller veiledende verdier for endringer av fartsfordelingen med køvarsling. Det finnes imidlertid noen studier (Tveit et al., 2007) som viser at køvarsling kan forbedre trafikkflyten og føre til at køene bygger seg opp saktere enn uten køvarsling. En nederlandsk studie viste at andelen av trafikken som kjører i kø er redusert med 23% (Rijkswaterstaat, 1994; sitert etter Tveit et al., 2007). Køvarsling var installert i hele motorvegnettet rundt Amsterdam og man kan ikke utelukke at effekten skyldes (delvis) en omfordeling av trafikken i vegnettet. Likevel kan andelen som kjører i kø være noe redusert med køvarsling også på en enkel vegstrekning med køvarsling.

Det **anbefales at summen av andelen som kjører i kø og i tett trafikk er den samme med og uten tiltak**. Andelen av trafikken som kjører i fritt flytende trafikk er trolig uendret, gjennomsnittsfarten i fritt flytende trafikk kan gå noe ned (Tveit et al., 2007). Det anbefales at det gjøres konservative estimeringer av reduksjonen av andelen som kjører i kø (at andelen ikke er mye lavere med enn uten tiltak).

Det er også en mulighet å gjøre **nytte-kostnadsvurderingene både med og uten nytte for miljø og fremkommelighet** (dette kan gjøres ved å sette disse til "Ja" eller "Nei" under 'Nyttekomponenter som inngår i beregningen av nytten').

**Veiledende verdi for køvarsling:** Andelen i fritt flytende trafikk bør være den samme med og uten tiltak. Andelen som kjører i kø kan f.eks. være redusert med 3%, mens andelen som kjører i tett trafikk øker med 3%.

## **Trafikantenes verdsetting av informasjon**

Køvarsling kan være kombinert med reisetidsinformasjon. Veiledende verdier for reisetidsinformasjon finnes i avsnitt 7.2.2 om reisetidsinformasjon. Om trafikantenes verdsetting av køvarsling eller annen informasjon foreligger ingen empiriske resultater som kan brukes som grunnlag for veiledende verdier.

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Køvarsling	Middels	Dårlig	Dårlig	God

**Virkningen på trafikksikkerhet:** Virkningen på påkjøring bakfra ulykker er basert på kun to eldre studier. De estimerte skadekostnadene på strekningen uten tiltak er basert på en rekke skjønsmessige vurderinger som er svært vanskelige å validere. Kunnskapen anses som middels.

**Virkningen på miljøet og fremkommelighet (reisetid):** Virkningene på miljø og fremkommelighet beregnes basert ut fra antatte endringer i fartsfordelingen. Beregningene er forholdsvis usikre (se avsnitt 2.2.2). I tillegg mangler empirisk grunnlag for å estimere hvorvidt fartsfordelingen vi endre seg med køvarsling. Kunnskapen anses derfor som dårlig.

**Relevans:** De mest relevante virkningene er trolig inkludert i beregningene, relevansen anses derfor som god.

### 7.2.2 Reisetidsinformasjon

Reisetidsinformasjon viser den beregnede reisetiden, som regel fram til ett eller flere steder (f.eks. avkjøringer) nedstrøms på vegen (figur 7.3). Reisetiden beregnes ut fra informasjon som blir registrert fra kjøretøy som kjører på den aktuelle strekningen (f.eks. nummerregistrering eller AutoPASS brikker). Reisetidsinformasjon kan føre til at noen førere endrer rutevalget, slike virkninger er det imidlertid ikke mulig å ta hensyn til i Excel-verktøyet.

Trafikantene setter som regel pris på reisetidsinformasjon, bl.a. fordi slik informasjon kan gjøre kjøreturen mer forutsigbar og fordi man kan ha mulighet for å endre rutevalget (selv om det som regel langt fra er alle som kunne spare reisetid ved å endre rutevalget som faktisk kjører en annen veg enn planlagt).

Reisetidsinformasjon antas ikke å ha noen virkning på trafikksikkerhet, miljø eller fremkommelighet (utover de effektene som kan følge av at noen endrer rutevalg).



Figur 7.3: Eksempler på variable opplysningstavler med reisetidsinformasjon (Statens vegvesen, 2011; Vägverket, 2009A).

### **Virkning på antall ulykker med påkjøring bakfra**

Det antas ingen virkning av reisetidsinformasjon på antall ulykker med påkjøring bakfra.

### **Virkning på fartsfordelingen**

Reisetidsinformasjon antas ikke å påvirke fartsfordelingen.

### **Trafikantenes verdsetting av reisetidsinformasjon**

En evaluering av AutoPASS reisetidssystemet på E18 vest for Oslo konkluderte med at nytten av reisetidsinformasjonssystemet er 2,12 kr. per reise med bil fra eller til jobb og 2,83 kr. per reise for yrkestrafikk (Thorenfeldt et al., 2013). Anslagene kan ikke uten videre overføres til andre reisetidssystemer og det er en del metodiske svakheter ved studien (bl.a. urealistiske forutsetninger om hvor mange som vil endre reiserute ved forsinkelser). Anslagene bør derfor betraktes som teoretiske maksimumsanslag. En eldre norsk studie (Killi & Samstad, 2002) viste at betalingsvilligheten for trafikkenes gjennomsnittsfart, samt informasjon om gjennomsnittsfarten er avtagende eller økende er 3,2 kr. per reise (gjelder informasjon om hele reiseruten mellom hjem og jobb, og kun for arbeidsreiser). En dansk studie som ble publisert i 2013 har estimert betalingsvilligheten for ulike typer trafikkinformasjon under ulike forhold. Resultatene er tilgjengelige i COWI (2013).

**Veiledende verdi for reisetidsinformasjon:** Anslaget fra Thorenfeldt et al. (2013) på 2,12 kr. for reiser med bil fra eller til jobb og 2,83 kr. per reise for yrkestrafikk kan ev. brukes som teoretiske maksimumsanslag. Begge anslagene er 2012-kr. og indeksjusteres i beregningene.

### **Usikkerhet og relevans**

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Reisetidsinformasjon	(ingen virkning)	(ingen virkning)	Dårlig	God

**Virkningen på trafikksikkerhet, miljø og fremkommelighet (reisetider):** (ingen virkning).

**Virkningen på fremkommelighet mv. (verdsetting av informasjon):** Det er kun funnet én studie som har forsøkt å tallfeste trafikantenes verdsetting av reisetidsinformasjon. Studien er metodisk forholdsvis svak og resultatene er i stor grad avhengig av en rekke lokale forhold og kan derfor ikke uten videre overføres til andre veger. Den estimerte verdsettingen er trolig overestimert. Kunnskapen anses derfor som **dårlig**.

**Relevans:** De mest relevante virkningene er trolig inkludert i beregningene, relevansen anses derfor som **god**.

### **7.2.3 Køvarsling og andre tiltak**

I tillegg til køvarsling vises ofte tilleggsinformasjon på variable teksttavler. Dette kan være reisetidsinformasjon (se ovenfor) eller informasjon om en **anbefalt alternativ rute**. For køvarsling med alternative ruter er virkningene komplekse og i stor grad

avhengige av lokale forhold. Eksempelvis kan slik informasjon påvirke rutevalget, og dermed vil både trafikksikkerheten, miljø og fremkommeligheten i hele vegnettet bli påvirket. Slike effekter er det ikke mulig å beregne i Excel-verktøyet. Her er det kun tatt hensyn til lokale effekter på antall ulykker og fartsfordelingen på den strekningen hvor skiltene er satt opp.

Køvarsling kan kombineres med **nedsett fartsgrense** på variabelt skilt. Virkningen av variable fartsgrenser kan vurderes med regneark '1 Fartsregulerende tiltak med virkning på gjennomsnittsfart and andelen som kjører over 120 km/t ' hvis man antar at virkningen i hovedsak er endringer av gjennomsnittsfarten og med regneark '2 Fartsregulerende tiltak med virkning på ulykkesrisiko og fartsfordelingen ' hvis man antar at virkningen i hovedsak er en endring av fartsfordelingen og at antall ulykker kan gå ned selv om gjennomsnittsfarten går opp. Det er ikke funnet empiriske studier som kan legges til grunn for veiledende verdier for virkningen av køvarsling i kombinasjon med variable fartsgrenser.

#### **7.2.4 Køvarsling og / eller reisetidsinformasjon i vegarbeidsområder**

Både køvarsling og reisetidsinformasjon kan brukes i vegarbeidsområder og dette er det mulig å ta hensyn til i Excel-verktøyet. For informasjon om generelle beregningsforutsetninger henvises til avsnitt 5.2.11 Tiltak i vegarbeidsområder. De samme tilpassningene må gjøres for køvarsling. For virkningen på antall ulykker med påkjøring bakfra, virkningen på fartsfordelingen og trafikantenes verdsetting av informasjon kan de samme veiledende verdiene som for henholdsvis køvarsling og reisetidsinformasjon brukes.

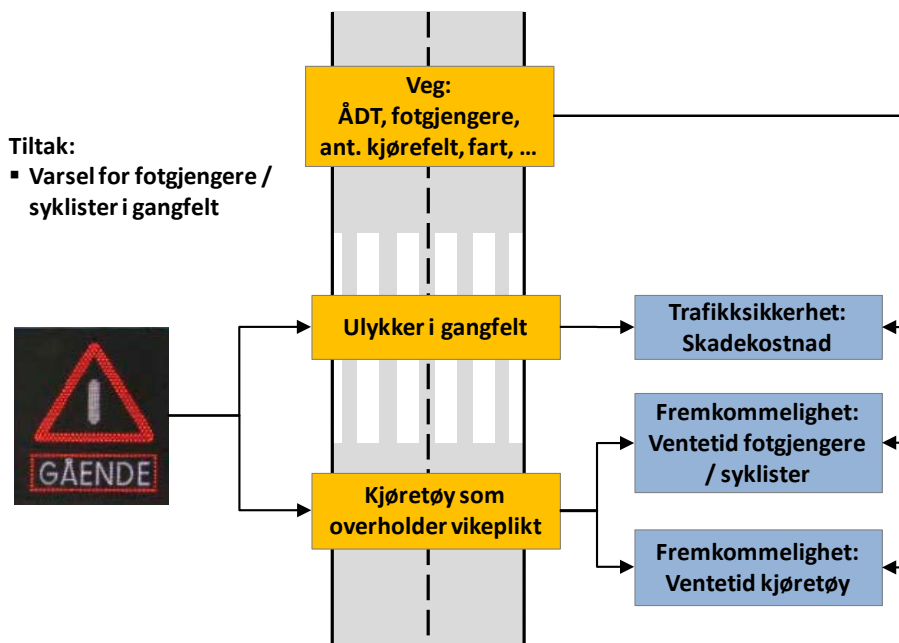
## 8 Regneark 4: Varsel for gang og sykkel ved gangfelt

Varsel for gang og sykkel ved gangfelt (kapittel 5.8 i den norske ITS-håndboken) har som formål å gjøre det tryggere å krysse gangfeltet ved å varsle bilister om at det befinner seg fotgjengere eller syklistere i gangfeltet.

### 8.1 Beregning av nytten i Excel-verktøyet

Den samfunnsøkonomiske nytten for *trafiksikkerhet* beregnes i Excel-verktøyet ut fra tiltakets virkning på antall ulykker i gangfeltet. Virkningen på *fremkommelighet* beregnes ut fra tiltakets virkning på andelen kjøretøy som overholder vikeplikten overfor fotgjengere og eventuelt syklistere i gangfelt uten og med tiltak. Hvordan den samfunnsøkonomiske nytten beregnes i Excel-verktøyet er skjematisk vist i figur 8.1. Beregningene er i mer detalj beskrevet i det følgende.

*Enheten* for analysene er ett gangfelt med varsel for gang og sykkel i begge kjøreretningene.



Figur 8.1: Beregning av den samfunnsøkonomiske nytten av varsel for gang og sykkel ved gangfelt (skjematisk).

For *syklistere som krysser gangfeltet* må brukeren selv velge om

(A) syklistere skal behandles på lik linje med fotgjengere eller



- (B) om tiltaket ikke antas å ha noen virkning på verken kryssende syklistere eller på bilister mens syklistere krysser.

Hvis (A) syklistere skal behandles på lik linje med fotgjengere må brukeren oppgi både antall fotgjengere og antall syklistere som krysser gangfeltet. Begge slås sammen i beregningen av nytten for trafikksikkerheten (antall fotgjengere og syklistere vil da benyttes for å beregne det normale antall ulykker i gangfeltet) og fremkommeligheten (reduerte vetetider for fotgjengere og syklistere og økt reisetid for kjøretøy på vegen når fotgjengere eller syklistere krysser gangfeltet). Strengt tatt burde syklistene og fotgjengere inngå i beregningene hver for seg fordi begge trolig har ulike virkninger både på det normale ulykkestalle, skadegraden i ulykker og på vente- og reisetider. Det foreligger imidlertid for lite informasjon for å kunne lage egne beregninger for fotgjengere og syklistere. Verdsettingen av ventetiden er forskjellig for fotgjengere og syklistere og dette er tatt hensyn til i beregningene.

Hvis man antar (B) at tiltaket ikke har noen virkning på verken kryssende syklistere eller på bilister mens syklistere krysser, oppgis kun antall kryssende fotgjengere, og antall kryssende syklistere settes lik null (selv om det i praksis kan være syklistere som krysser gangfeltet).

Kjøretøy har ikke vikeplikt for syklistere i gangfelt i Norge, men tiltaket vil ifølge ITS-håndboken likevel varsle om kryssende syklistere. Det finnes derfor ikke noe entydig svar på om syklistere skal tas hensyn til eller ikke. Man kunne argumentere

- at syklistere skal tas med i analysene fordi tiltaket varsler om syklistere og man forventer at de fleste bilister vil la syklistere krysse (noe som ofte uansett er tilfelle, trolig bl.a. fordi vikepliktsreglene er lite kjent)
- at syklistere ikke skal tas med i analysene fordi bilister ikke har vikeplikt for syklistere og at virkningen på overholdelsen av (den ikke-eksisterende) vikeplikten uansett vil være liten.

### **Nytten for trafikksikkerhet**

Nytten for trafikksikkerheten vurderes ut fra de estimerte skadekostnadene i gangfeltet uten tiltaket og den estimerte reduksjonen av antall fotgjengerulykker med tiltaket.

**Normale ulykkestall** i gangfelt estimeres med hjelp av modellen som er utviklet av Elvik, Sørensen og Nævestad (2013) ut fra trafikkmengden, antall fotgjengere som krysser gangfeltet, antall vegarmer i kryss, antall kjørefelt, andelen fotgjengere som krysser utenfor gangfeltet, gjennomsnittsfarten på vegen og om gangfeltkriteriene er oppfylt eller ikke. Modellen ble utviklet med ulykkesdata fra 159 gangfelt i Oslo som ble inspisert på grunn av mange ulykker, høy fartsgrense eller henvendelser fra offentligheten. Ulykkestallene i disse gangfeltene er følgelig trolig høyere enn ulykkestall i gjennomsnittlige gangfelt. Det estimerte normale antall ulykker beregnes derfor i Excel-verktøyet ved å gange det beregnede antall ulykker med 0,5.

Hvis gangfeltet hvor varsel for gang og sykkel skal installeres har et forventet antall ulykker som er høyere enn normalt, eller hvis gangfeltet allerede er utstyrt med andre supplerende tiltak, kan det normale ulykkestallet justeres ved å oppgi et **relativt antall ulykker** som er større eller mindre enn én. Hvis gangfeltet eksempelvis har en refuge eller hvis gangfeltet er opphøyd, kan man anta at ulykkestallet i utgangspunktet er lavere enn normalt (for begge tiltakene ble det i Trafikksikkerhetshåndboken funnet en reduksjon av antall ulykker på 40%) og det relative antall ulykker kan oppgis som f.eks. 0,6.

I beregningen av de trafikkmengde-korrigerede annuitetsfaktoren er det tatt hensyn til at det estimerte normale antall ulykker ikke øker lineært med trafikkmengden og antall fotgjengere ved å beregne hvor mye antall ulykker vil endre seg ved de antatte prosentvise endringene av trafikkmengden og antall fotgjengere over tid, ut fra koeffisientene for trafikkmengde og antall fotgjengere i ulykkesmodellen.

**Skadekostnader per ulykke i gangfelt** er beregnet basert på fordelingen av skadegradene i ulykkene som ligger til grunn for analysen av Elvik, Sørensen og Nævestad (2013) og gjennomsnittlige skadekostnader for de respektive skadegradene i Norge / Sverige. Skadekostnadene gjelder alle ulykker i gangfelt og omfatter skader på alle personer som er innblandet i ulykkene (ikke kun fotgjengere). At skadegraden i et gjennomsnittlig gangfelt trolig er lavere enn i gangfeltene i denne studien er det tatt hensyn til ved å gange det beregnede antall ulykker med 0,5 (se ovenfor).

Den prosentvise **reduksjonen av antall ulykker i gangfelt** må oppgis av brukeren.

### **Nytten for miljøet**

Tiltaket antas ikke å ha noen betydelige miljøeffekter.

### **Nytten for fremkommelighet**

Tiltaket bedrer trolig fremkommeligheten for fotgjengere (og eventuelt syklister) som krysser vegen i gangfelt, men fører til økte ventetider for motorkjøretøy. Det foreligger ikke empiriske resultater av virkningen av tiltaket på ventetider, verken for fotgjengere, syklister eller kjøretøy. I Excel-verktøyet er virkningen på ventetider for fotgjengere (og eventuelt syklister) og motorkjøretøy derfor beregnet ut fra andelen kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere (og eventuelt syklister) uten og med tiltaket. I tillegg inngår vegbredden (antall kjørefelt), trafikkmengden, antall fotgjengere (eventuelt også antall syklister) og verdsettingen av reisetid for motorkjøretøy og verdsettingen av ventetid for fotgjengere (og eventuelt syklister) i beregningen av nytten for fremkommeligheten.

**Andelen kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere (og eventuelt syklister) i gangfelt** uten og med tiltaket må oppgis av brukeren. Andelen som overholder vikeplikten uten tiltak baseres ideelt sett på observasjoner i det aktuelle gangfeltet. Andelen med tiltak må anslås skjønnsmessig. Siden dette vil være et ganske upresist anslag beregnes det en øvre og nedre grense for andelen som overholder vikeplikten med tiltak ved å henholdsvis trekke fra og legge til halvparten av differansen mellom andelen uten og med tiltak (med et maksimum på 100 prosent).

Når kjøretøy ikke overholder vikeplikten for fotgjengere i gangfelt er dette ulovlig, og man kan derfor argumentere at ventetider for kjøretøy ved gangfeltet ikke skal inngå i en samfunnsøkonomisk vurdering. Selv om endringen av ventetidene for kjøretøy i utgangspunktet inngår i nytte-kostnadsvurderingene, er det mulig å gjøre beregningene uten å ta hensyn til økte ventetider for kjøretøy. Dette gjøres ved å sette fremkommelighetseffekten under "Nyttekomponenter som inngår i beregningen av nytten" til "Nei".

Den samfunnsmessige **nyttens for fremkommeligheten for kjøretøy** er beregnet ut fra den samlede ventetiden for alle kjøretøy uten og med tiltak og verdsettingen av reisetiden. Den samlede ventetiden for alle kjøretøy er beregnet ut fra den gjennomsnittlige ventetiden for alle kjøretøy uten og med tiltak og trafikkmengden. Den **gjennomsnittlige ventetiden for kjøretøy** (uten / med tiltak) beregnes ut fra:

- (A) den gjennomsnittlige ventetiden for de kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere (og eventuelt syklist) og
- (B) andelen av alle kjøretøy som kommer til gangfelter når det er kryssende fotgjengere (eller eventuelt syklist) i gangfeltet.

(A) er satt til halvparten av den gjennomsnittlige krysningstiden per fotgjenger (når kjøretøy kommer til gangfelt mens en fotgjenger krysser vil denne noen ganger nettopp ha begynt å krysse og andre ganger ha krysset nesten helt ferdig og halvparten av krysningstiden antas derfor å være den gjennomsnittlige ventetiden). Den gjennomsnittlige krysningstiden beregnes ut fra vegbredden (antall kjørefelt ganget med en antatt kjørefeltbredde på 3 m) og en gangfart på 1,2 meter per sekund. Syklist har ingen "egen" krysningstid, og det er ukjent hvordan tiltaket påvirker syklistenes ventetid.

(B) beregnes ut fra andelen av alle kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere (og eventuelt syklist) og andelen av alle kjøretøy som kommer til gangfelter når det er kryssende fotgjengere (eller eventuelt syklist) i gangfeltet. Sistnevnte beregnes ut fra antallet kjøretøyet per sekund (basert på trafikkmengden og antakelse av at denne er fordelt over 18 timer i døgnet), gjennomsnittlige krysningstid (se ovenfor) og antall ganger fotgjengere (eller eventuelt syklist) krysser. Det er i tillegg tatt hensyn til at fotgjengere (og eventuelt syklist) ikke alltid krysser én om gangen (antall ganger fotgjengere / syklist som krysser er derfor litt lavere enn antall fotgjengere, justeringen er rent skjønsmessig, og har større effekt jo større antall fotgjengere er).

Den samfunnsmessige **nyten for fremkommeligheten for fotgjengere (og eventuelt syklist)** er beregnet ut fra den samlede ventetiden for alle fotgjengere (og eventuelt syklist) uten og med tiltak og verdsettingen av ventetiden. Verdsettingen av ventetiden er noe forskjellig for fotgjengere og syklist og for hver trafikantgruppe brukes de verdiene som er oppgitt i Ramjerdi et al. (2010). Den samlede ventetiden for alle fotgjengere og syklist er beregnet ut fra den gjennomsnittlige ventetiden per fotgjenger / syklist og antall fotgjengere / syklist.

Den **gjennomsnittlige ventetiden per fotgjenger / syklist** (uten og med tiltak) beregnes ut fra:

- (A) den gjennomsnittlige ventetiden per fotgjenger / syklist som må vente og
- (B) andelen av alle fotgjengere / syklist som må vente.

Beregningen av den gjennomsnittlige ventetiden gjøres for fotgjengere og syklist samlet, det vil si at begge trafikantgruppene behandles som om ventetidene hadde vært de samme.

(A) er satt til halvparten av den gjennomsnittlige krysningstiden per fotgjenger. Alle fotgjengere som vil krysse gangfeltet når et kjøretøy befinner seg innenfor en avstand fra gangfeltet som tilsvarer krysningstiden, må vente hvis ikke kjøretøyet overholder vikeplikten. Den gjennomsnittlige krysningstiden beregnes ut fra vegbredden (antall kjørefelt ganget med en antatt kjørefeltbredde på 3 m) og en gangfart på 1,2 meter per sekund.

(B) beregnes ut fra andelen av alle kjøretøy som respekterer vikeplikten for fotgjenger i gangfelt og andelen av alle fotgjengerne som kommer til gangfeltet når en bil kommer. Det sistnevnte beregnes som sannsynlighet for at en bil befinner seg innenfor en avstand fra gangfeltet som tilsvarer krysningstiden på et hvilket som helst tidspunkt. Dette er krysningstiden i sekunder ganget med antall biler, delt på det

totale antall sekunder i de 18 timene i døgnet hvor det er forutsatt at mesteparten av trafikken avvikles.

I beregningen av de trafikkmengde-korrigerede annuitetsfaktorene er det tatt hensyn til endringene av både trafikkmengden og antall fotgjengere / syklister over tid.

## 8.2 Eksempler og veiledende verdier

Med gang- og sykkelvarsling ved gangfelt aktiviseres enten variable skilt eller blinklys på faste gangfeltskilt når fotgjengere eller syklister krysser gangfeltet (figur 8.2). Fotgjengere og syklister detekteres med hjelp av bevegelsessensorer eller varmedetektorer. Skiltene / blinklysene er aktivisert i en forhåndsbestemt tidsperiode eller så lenge det er fotgjengere eller syklister i gangfeltet. Tiltaket kan suppleres med belysning som slås på når fotgjengere eller syklister krysser vegen i gangfeltet. Varsel for gang og sykkel er installert noen steder i Norge og Sverige (Statens vegvesen, 2011, Vägverket, 2009A) og det er gjort en evalueringsstudie i Sverige (Anund & Söderström, 2010).

I Norge har trafikk på vegen absolutt vikeplikt for fotgjengere i gangfelt, uten at det stilles noen som helst krav til fotgjengere. Kjøretøy har ikke vikeplikt for syklister i gangfelt. Syklister som vil krysse gangfelt må enten gå av sykkelen og trille sykkelen over gangfeltet eller vente til det ikke kommer biler. I praksis er det imidlertid slik at både syklister og bilister ofte forutsetter at bilene likevel skal gi syklistene forkjørsrett, noe som kan føre til konflikter. Det er ikke funnet evalueringsstudier av varsel for gang og sykkel fra Norge.



Figur 8.2: Varsel for gang og sykkel (ITS på veg).

### **Relativt antall ulykker i gangfelt**

Det normale antall ulykker i gangfelt estimeres i Excel-verktøyet ut fra vegegenskaper, trafikkmengde og antall kryssende fotgjengere. Ved å oppgi et relativt antall ulykker som er større enn 1 (f.eks. 1,5) kan man ta hensyn til at ulykkestallet er høyere enn normalt (f.eks. 50% høyere). Det forutsettes at dette ikke er et tilfeldig høyt ulykkestall i ett eller noen få år, men at det er noe ved gangfeltet som gjør at det forventede ulykkestallet (på lang sikt) er høyere enn normalt.

Hvis gangfeltet er utstyrt med andre supplerende tiltak skal det normale ulykkestallet nedjusteres ved å oppgi et relativt ulykkestall som er mindre enn 1. Refuge og

opphøyd gangfelt har vist seg å redusere ulykker i gangfelt med omtrent 40% og man kan da oppgi et relativt ulykkestall på 0,6.

Ulykkesmodellen er utviklet i gangfelt med unormalt mange ulykker i Norge. Det estimerte normale antall ulykker er derfor skjønnsmessig nedjustert. Det er ikke kjent hvorvidt normale ulykkestall er forskjellig i Norge og i Sverige og det antas for enkelhetens skyld at beregningene gjelder begge land.

**Veiledende verdi for varsel for gang og sykkel ved gangfelt - relativt antall ulykker i gangfelt:** større enn 1 hvis det forventede antall ulykker er høyere enn normalt og mindre enn 1 hvis det forventede antall ulykker er mindre enn normalt (f.eks. 0,6 hvis gangfeltet er opphøyd eller har refuge).

### ***Virkingen på antall ulykker i gangfelt***

Det er ikke funnet empiriske studier av hvordan gang- og sykkelvarsling i gangfelt påvirker antall ulykker, men noen studier har vist at tiltaket reduserer både fart og konflikter mellom biler og fotgjengere i gangfelt, og at andelen biler som overholder vikeplikten overfor fotgjengere øker.

En evalueringsstudie fra Sverige (Anund & Söderström, 2010) viste at gjennomsnittsfarten var redusert med 2,2% i gangfelt med gang- og sykkelvarsling når det var fotgjengere / syklist i gangfeltet og at bilister oftere respekterer vikeplikten for fotgjengere. Dette tilsvarer ifølge potensmodellen en reduksjon av antall ulykker på 3,1% (det er imidlertid ikke helt korrekt å bruke potensmodellen fordi de fleste ulykker i gangfelt er fotgjengerulykker, og potensmodellen gjelder alle typer ulykker og tar heller ikke hensyn til andre atferdsendringer som økt overholdelse av vikeplikt). En annen svensk studie viste at antall konflikter mellom bilister og fotgjengere i gangfelt var redusert, til tross for djervere oppførsel blant fotgjengerne (Vägverket, 2009A). Ifølge Sagberg & Sørensen (2012) anslår SINTEF at et slikt tiltak kan gi en reduksjon av antall personskadeulykker i gangfelt på mellom 5 og 10% som følge av økt synlighet og oppmerksomhet. Virkingen på ulykker er imidlertid ikke undersøkt empirisk og anslaget må derfor betraktes som svært usikkert. Ut fra disse resultatene kan man anslå den forventede virkingen på antall ulykker ut fra de aktuelle forholdene i gangfeltet til en reduksjon på 5%, men nedre og øvre grense på henholdsvis -3% og -10%. Det finnes ikke grunnlag for å si noe om hvorvidt vikepliktsregler i gangfelt påvirker tiltakets virkning på antall ulykker i gangfelt.

**Veiledende verdi for varsel for gang og sykkel ved gangfelt - virkingen på antall ulykker i gangfelt:** -5% (nedre / øvre grense [-3%; -10%]).

### ***Andelen kjøretøy som overholder vikeplikten for fotgjengere i gangfelt***

Det foreligger ingen empiriske resultater som kan benyttes som grunnlag for veiledende verdier. Andelen uten tiltak oppgis helst basert på observasjoner ved det aktuelle gangfeltet. Andelen øker trolig med tiltaket, hvor mye må estimeres skjønnsmessig. Som et forslag kan man anta at andelen øker med 10%.

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Varsel for gang og sykkel ved gangfelt	Dårlig	(ingen virkning)	Dårlig	Middels

**Virkingen på trafikksikkerhet:** De normale skadekostnadene i gangfelt er estimert ut fra skjønsmessig justerte gjennomsnittsverdier for et antall gangfelt med unormalt mange ulykker i Oslo. Det foreligger nesten ingen kunnskap om virkingen på antall ulykker. De anbefalte verdiene for den forventede ulykkesreduksjonen er skjønsmessige anslag som er basert på studier av trafikantatferd. Kunnskapen anses derfor som dårlig.

**Virkingen på miljøet:** Det er ikke antatt noen virkninger på miljøet.

**Virkingen på fremkommelighet:** Virkingen på fremkommeligheten er beregnet ut fra antatte gjennomsnittsverdier av fotgjengernes krysningstid og det er forutsatt at alle trafikantene oppfører seg etter et standardisert mønster. Dette er gjort fordi det ikke foreligger mer konkrete empiriske resultater som det hadde vært mulig å bruke i standardiserte beregninger. Videre inngår den forventede økningen av antall kjøretøy som overholder vikeplikten i beregningene, uten at det finnes noe empirisk grunnlag for å estimere økningen. Kunnskapen anses derfor som dårlig.

**Relevans:** De mest relevante virkningene er trolig inkludert i beregningene (selv om de er basert på dårlig kunnskap). Virkninger som ikke er inkludert i beregningene er økt trygghetsfølelse blant fotgjengere og syklister og økt forutsigbarhet for bilister (Anund & Söderström, 2010). Det antas imidlertid at disse virkningene ikke i stor grad ville påvirke resultatene av nytte-kostnadsvurderingene og relevansen anses derfor som middels.

## 9 Regneark 5: Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss

Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss (kapittel 6.3 i den svenske ITS-håndboken) har som formål å forbedre fremkommeligheten for kollektivtransport i lyskryss. Dermed kan man oppnå reisetidsbesparelser, samt bedre punktlighet for kollektivtrafikk. Til gjengjeld vil det oppstå forsinkelser for annen trafikk.

Med kollektivtrafikkprioritering får busser og trikker automatisk grønt lys når de ankommer krysset (figur 9.1). Et slikt system understøttes av sanntidsinformasjonssystem med kjøretøydata, radiokommunikasjon, trafikantinformasjon og trafikkstyring (Statens vegvesen, 2011).

Kollektivtrafikkprioritering i lys er bl.a. brukt i Trondheim og i Linköping (Vägverket, 2009A; Statens vegvesen, 2011). I Trondheim er kollektivtrafikkprioritering kombinert med et sanntidsinformasjonssystem. Dette har vist seg å øke fremkommeligheten for bussene og å redusere ventetiden for passasjerene (Welde et al., 2011). En evalueringsstudie fra USA viste at bussprioritering i 27 kryss på en 12,9 km lang strekning førte til reisetidsbesparelser for busser på mellom 3 og 6% (Ahn, 2006). Virkningen var størst i perioder med lite køer. I perioder med tett trafikk og mye kø kunne virkningen være negativ. Generelt er imidlertid virkningen i stor grad avhengig av bl.a. sammensetning av trafikken, trafikkmengden og om signalanleggene i tillegg er trafikkstyrt slik at fasevekslingen også tar hensyn til øvrig trafikk (Dion & Rakha, 2005).



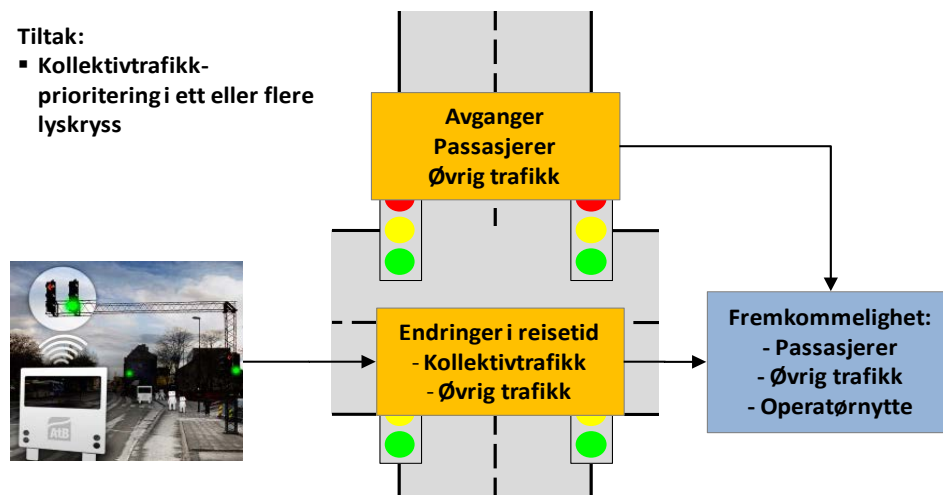
Figur 9.1: Signalprioritering i lyskryss (Miljøpakken.no / Trondheim kommune).

### 9.1 Beregning av nytten i Excel-verktøyet og veiledende verdier

Den samfunnsøkonomiske nytten av kollektivtrafikkprioritering i lyskryss beregnes i Excel-verktøyet ut fra endringen i reisetiden for passasjerer på busser eller trikker,

samt for øvrig trafikk, og operatørnyttene (skjematisk illustrert i figur 9.2). Det er ikke tatt hensyn til eventuelle endringer i reismiddelfordelingen, men det er mulig å ta hensyn til endringer av antall passasjerer og endringen av trafikkmengden for øvrig over tid.

Bergningene gjøres prinsipielt på samme måte som i Fearnley et al. (2010), med unntak av at det er mulig å oppgi en forventet årlig passasjervekst, en forventet årlig trafikkevekst og andelen tung trafikk. Verdsettingen av reisetiden for biler er også justert slik at de samme verdsettningene benyttes som for de øvrige tiltakene i Excel-verktøyet (det foreligger nå nyere verdsettninger fra den norske verdsettingsstudien).



Figur 9.2. Beregningen av den samfunnsøkonomiske nytten av kollektivtrafikkprioritering i lyskryss.

Kollektivtrafikkprioritering antas ikke å ha noen virkning på trafiksikkerhet eller miljø. Nyttekomponentene som inngår i analysen er endringene i reisetid for passasjerer på busser eller trikker som prioriteres, endringer i reisetiden for øvrig trafikk (denne nytten vil som regel være negativ) og operatørnyttene som følge av spart reisetid per avgang.

**Enheten for analysen** er kollektivtrafikkprioritering i ett eller flere lyskryss.

**Kostnadene** for tiltaket varierer fra sted til sted og avhenger av hva som finnes fra før (f.eks. sanntidsinformasjonssystem, styreskap, detektorer mv.).

### Beregning av passasjernytten

For å beregne passasjernytten må brukeren oppgi:

- Det **årlige antall passasjerer** som forventes å kjøre gjennom det aktuelle krysset (eller de aktuelle kryssene - i det følgende er det for enkelhetens skyld skrevet om kryss i ettall) og som får nytte av kollektivtrafikkprioriteringen; antallet gjelder det første året tiltaket skal være i drift
- Den forventede **årlige passasjerveksten** (denne kan settes til null hvis man ikke forventer noen endring i antall passasjerer)
- **Verdsettingen av reisetiden** for passasjerer på kollektivtrafikk. Denne er ifølge Fearnley et al. (2010) 0,90 kr. per minutt og indeksjusteres i Excel-verktøyet



I tillegg inngår tidsbesparelsen for passasjerene i beregningen av passasjernytten. Hvordan tidsbesparelsen per avgang beregnes er beskrevet i det følgende avsnitt (Beregning av operatørnytt).

### **Beregning av operatørnytt**

Operatører av kollektivtransport kan ha nytte av tiltaket ved at reisetiden per buss eller trikk reduseres. For å beregne nytten for operatørene må brukeren oppgi:

- Det **årlige antall avganger (busser / trikker)** som kjører gjennom krysset og som får nytte av kollektivtrafikkprioriteringen; antallet kan trolig enklest beregnes ved å bruke rutetabeller
- **Tidsbesparelsen per avgang**; denne er som standard satt til 20 sekunder (Fearnley et al., 2010; kan endres av brukeren)
- **Operatørkostnaden per avgang per minutt**, denne er ifølge Fearnley et al. (2010) 6,4077 kr. og indeksjusteres i Excel-verktøyet

Operatørnytt beregnes av Excel-verktøyet ut fra tidsbesparelsen og operatørkostnaden for alle avganger (busser / trikker) som kjører gjennom krysset.

Det er ikke lagt inn noen automatisk justering av **antall avganger** med økende passasjervekst (det finnes ikke noen standardisert måte å beregne endringen av antall avganger som funksjon av passasjerveksten). Hvis man vil ta hensyn til at økende passasjervekst medfører en økning av antall avganger kan man f.eks. oppgi det forventede gjennomsnittlige antall avganger i hele analyseperioden (hvis man f.eks. forventer at antall avganger vil øke fra 100 i det første året til 120 i det siste året av analyseperioden, kan man oppgi antall avganger som 110).

### **Beregning av nytten for øvrig trafikk**

For å beregne nytten for øvrig trafikk må brukeren oppgi

- Antall biler som forsinkes ved hver avgang (buss eller trikk) som får prioritet gjennom krysset
- Forsinkelsen per bil som forsinkes på grunn av kollektivtrafikkprioriteringen

I tillegg kan tungbilandelen og en forventet årlig trafikkvekst oppgis (valgfri).

For å forenkle beregningene for brukeren er det lagt inn en **kjøretøy- og forsinkelseskalkulator** i Excel-verktøyet under Veiledende verdier.

**Antall biler som forsinkes** ved hver avgang (buss eller trikk) som får prioritet gjennom krysset skal være et gjennomsnitt per år og gjelde alle armene inn i krysset. Det finnes to muligheter for å estimere antallet:

- trafikkteLLinger
- en forenklet beregning ut fra trafikkmengden på de kryssende vegene

Beregningen ut fra trafikkmengden på alle kryssende vegene kan gjøres etter Fearnley et al. (2010) ved å multiplisere det *gjennomsnittlige antall kjøretøy* (uten busser / trikker som får kollektivtrafikkprioritering) som kjører gjennom krysset per sekund med den *forventede forsinkelsen per kjøretøy*. Det gjennomsnittlige antall kjøretøy (uten busser / trikker som får kollektivtrafikkprioritering) som kjører gjennom krysset per sekund kan beregnes ved å dele den samlede trafikkmengden på alle kryssende vegene på antall sekunder per døgn (i den delen av døgnet hvor mesteparten av trafikken avvikes - dette antas å være 18 timer). Antallet beregnes følgelig som  $(\text{ÅDT1} + \text{ÅDT2}) / (18 * 60 * 60)$ .

Den gjennomsnittlige **forsinkelsen per kjøretøy som forsinkes** av kollektivtrafikkprioriteringen avhenger av lokale forhold og av hvordan signalanlegget programmeres. Forsinkelsen per bil må oppgis som halvparten av den maksimale forsinkelsen (noen biler får hele forsinkelsen, mens andre ikke får noen forsinkelse). Hvis lyskrysset holder igjen øvrig trafikk med 16 sekunder hver gang kollektivtransporten prioriteres, er den gjennomsnittlige forsinkelsen per forsinket bil 8 sekunder. Den forsinkelsen som må oppgis gjelder kun de kjøretøyene som forsinkes av kollektivtrafikkprioriteringen (ikke alle kjøretøy som kjører gjennom krysset).

### Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Kollektivtrafikkprioritering i lyskryss	(ingen virkning)	(ingen virkning)	Dårlig	Middels

**Virkingen på fremkommelighet - nytte for passasjerer, operatører av kollektivtrafikk og annen trafikk** er beregnet ut fra endringene av reisetiden for kollektiv- og annen trafikk. Disse er beregnet på en standardisert måte ut fra trafikkmengden (antall busser / trikker med kollektivprioritering og øvrig trafikk). Det er uvisst hvorvidt disse beregningene gir et realistisk bilde av virkingen i ekte trafikk og kunnskapen anses derfor som **dårlig**.

**Relevans**<sup>FK</sup> Kollektivtrafikkprioritering kan (på lang sikt) medføre eller bidra til en omfordeling av reisemiddelvalget. En slik virkning vil trolig ikke være stor hvis kollektivtrafikkprioritering installeres kun i ett eller noen enkelte kryss. Kollektivtrafikkprioritering vil imidlertid trolig installeres i et større antall kryss slik at fremkommeligheten forbedres på den største delen av f.eks. noen busslinjer. Relevansen anses som **middels**.

## 10 Regneark 6: Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk

Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk (kapittel 5.12 i den norske ITS-håndboken) gir passasjerer informasjon om ventetiden til neste avgang på holdeplasser. Slike informasjonssystemer forutsetter at det eksisterer tekniske systemer som har kontroll på hvert enkelt kjøretøy, hvor de befinner seg i forhold til planlagt rute og avgangstid. Systemene skal også kunne gi prognoser om ankomsttider på holdeplasser.

Informasjonen kan i tillegg gjøres tilgjengelig på internett og mobile plattformer. Slike tiltaksvarianter er det imidlertid ikke tatt hensyn til i Excel-verktøyet. Sanntidsinformasjonssystemer kan kobles til tiltak for prioritering av kollektivtrafikk (se Regneark 5 Kollektivprioritering i kryss).

### 10.1 Eksempler og veiledende verdier

Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk omfatter elektroniske informasjonstavler på holdeplasser som vist på figur 10.1. Informasjon på internett eller mobile plattformer, samt kobling til tiltak for prioritering av kollektivtrafikk er ikke inkludert.

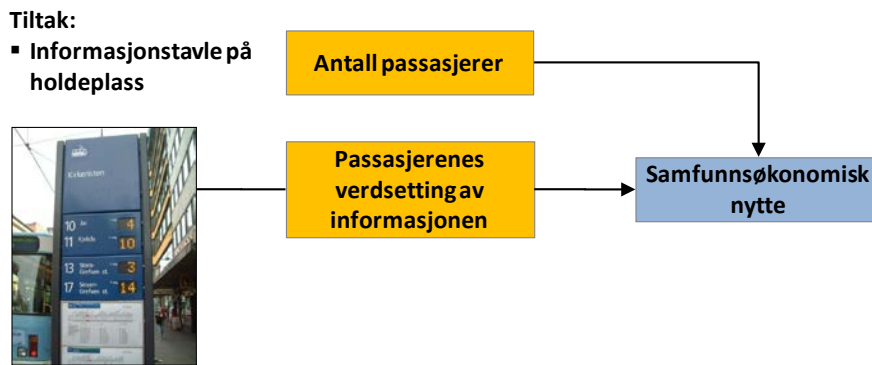


Figur 10.1: Eksempel på sanntidsinformasjon på Kirkeristen trikkeholdeplass i Oslo. Kilde: Fearnley et al. (2010).

### 10.2 Beregning av nytten i Excel-verktøyet og veiledende verdier

Den samfunnsøkonomiske nytten av sanntidsinformasjon for kollektivtrafikk beregnes i Excel-verktøyet ut fra passasjernytten, dvs. hvordan passasjerene verdsetter informasjonen (skjematisk illustrert i figur 10.2). Beregningene gjøres på

samme måte som i Fearnley et al. (2010), med unntak av at det er mulig å oppgi en forventet årlig passasjervekst.



Figur 10.2: Beregningen av den samfunnsøkonomiske nytten av sanntidsinformasjon på holdeplasser.

Sanntidsinformasjon antas ikke å ha noen virkning på trafikksikkerhet, miljø eller fremkommelighet. Den eneste nyttekomponenten som inngår i analysen er således **passasjerenes verdsetting av informasjonen**. Sanntidsinformasjon medfører bl.a. redusert usikkerhet og stress knyttet til forsinkelser og mer effektiv bruk av ventetiden. Ifølge Fearnley et al. (2009) er betalingsvilligheten 4,05 kr. per kollektivreise for sanntidsinformasjon på holdeplassen.

**Enheten for analysen** er et system med sanntidsinformasjon som installeres på et antall holdeplasser. Brukeren må oppgi antall skilt og antall utstyrsenheter som installeres henholdsvis på holdeplasser og i busser / trikker. Hvis det må investeres i sentralutstyr må dette også spesifiseres av brukeren.

**Kostnadene** for tiltaket omfatter kostnader for elektronisk informasjonstavle på holdeplass, utstyr om bord i kjøretøyet og sentralutstyr. Avhengig av hva som allerede er på plass, må én, to eller alle tre komponentene etableres. Disse komponentene har ulik kostnad, levetid og årlige drifts/vedlikeholdskostnader, og må derfor beregnes hver for seg og summeres (dette gjøres på samme måte som i Fearnley et al., 2010).

**Verdsettingen av informasjonen** er som standard satt til 4,05 kr. per passasjer (Fearnley et al., 2010). Verdsettingen indeksjusteres i Excel-verktøyet.

**Analyseperioden** er, til forskjell fra øvrige tiltak i Excel-verktøyet, satt til 25 år (se Fearnley et al., 2010; det er likevel mulig å definere en kortere analyseperiode).

## Usikkerhet og relevans

	Usikkerhet: Kunnskapsstatus			Relevans
	Trafikksikkerhet	Miljø	Fremkommelighet	
Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk	(ingen virkning)	(ingen virkning)	God	God

**Virkingen på fremkommelighet:** Tiltakets nytte omfatter passasjerenes verdsetting av informasjonen. Kunnskapen anses som god.

**Relevans:** Andre virkninger av tiltaket er ikke kjent, relevansen anses derfor som god.

# 11 Tiltak som ikke er beskrevet i Excel-verktøyet

En del av tiltakene i ITS-håndbøkene er ikke inkludert i Excel-verktøyet fordi det mangler informasjon om tiltakenes virkninger eller fordi virkningene er komplekse og i så stor grad avhengige av lokale forhold at standardiserte beregninger ville gi et misvisende bilde av tiltakenes samfunnsøkonomiske nytte. Disse tiltakene, samt andre tiltak som ikke er inkludert i ITS-håndbøkene, er beskrevet i følgende med begrunnelser for hvorfor tiltakene ikke er tatt med i Excel-verktøyet.

## 11.1 Bølge-, skred- og vindvarsling

Variable skilt, eventuelt i tillegg bom, som stenger veg for gjennomkjøring ved fare for bølger, skred eller vind kan redusere faren for ulykker som skjer som følge av bølger, skred eller vind. Virkningen og kostnadene av slike tiltak er i stor grad avhengige av lokale forhold (bl.a. hyppighet og skadepotensial ved bølger, skred eller vind) og tiltakenes utforming (bl.a. hvordan faren for bølger / skred / vind vurderes, hvilke kriterier som settes for når vegen skal stenges, hvilke omkjøringsmuligheter som finnes ved stengt veg) og hvor pålitelige varslene er. Tiltaket anses generelt ikke som egnet for standardiserte nyttekostnadsvurderinger.

## 11.2 Operatørstyrt fritekstinformasjon

Operatørstyrt fritekstinformasjon beskrives kun i den svenske, ikke i den norske ITS-håndboken. Med operatørstyrt fritekstinformasjon kan trafikantene varsles om aktuelle trafikkforhold og uforutsette hendelser. Formålet er i hovedsak å bedre trafikkavviklingen, enten ved at trafikantene varsles om uforutsette hendelser (f.eks. ulykker), slik at flere ulykker (f.eks. påkjøring bakfra) unngås.

Hvis det foreligger kunnskap om *trafikantenes verdsetting* av informasjon, kan *regneark '3 Køvarsling'* brukes. Her er det mulig å beregne den samfunnsøkonomiske nytten ved å gi informasjon om f.eks. reisetider til trafikantene, ut fra hvordan disse verdsetter informasjonen i seg selv (virkninger av bl.a. spart reisetid eller miljøeffekter av at noen kjører omveger er det ikke mulig å beregne i Excel-verktøyet).

Hvis informasjonen antas å påvirke antallet ulykker med påkjøring bakfra (f.eks. hendelsesvarsling), kan også *regneark '3 Køvarsling'* benyttes, forutsatt at det foreligger kunnskap om virkningen på slike ulykker. Tiltaket må da behandles i regnearket som om det var køvarsling.

Selv om det finnes et stort antall studier av ulike former for variable teksttavler (fritekstinformasjon), foreligger det lite kunnskap om virkningen på reisetid eller ulykker. Forklaringen er at de fleste studier er enten simuleringsstudier,

spørreundersøkelser eller trafikktellinger / -observasjoner. Simuleringsstudier kan gi en indikasjon på hvordan tiltak kan virke, men viser ikke hvordan de faktisk virker. Spørreundersøkelser viser ofte at trafikanter setter pris på informasjon (likevel er studier av betalingsvilligheten nesten helt fraværende), og kan gi en indikasjon på hvordan informasjon kan påvirke kjøreatferd eller rutevalg. Hvordan kjøreatferd eller rutevalg påvirkes i praksis kan imidlertid være svært forskjellig fra hva trafikantene oppgir. Observasjonsstudier kan i noen tilfeller gi et mer presist bilde av hvordan kjøreatferd i praksis påvirkes enn spørreundersøkelser, og dermed i hvilken retning f.eks. trafikksikkerheten kan påvirkes. Likevel er resultatene for lite presise for å kunne trekke konklusjoner om f.eks. prosentvise endringer av antall ulykker.

Et annet problem med å beregne virkninger av operatorstyrt fritekstinformasjon er at slike teksttavler ofte påvirker trafikken ikke bare på den strekningen hvor teksttavlene er satt opp, men også på andre strekninger. Dette gjelder særlig når det vises informasjon om hendelser eller forsinkelser, eventuelt sammen med informasjon om anbefalte alternative ruter. I slike tilfeller kan det være misvisende, f.eks. å beregne virkningen av økt gjennomsnittsfart på den vegen hvor teksttavlen er satt opp, uten å ta hensyn til virkninger på andre veger. På andre veger kan fremkommeligheten bli dårligere, og det kan bli flere ulykker fordi en større andel av trafikken avvikles på veger med lavere standard og dermed høyere ulykkesrisiko og fordi en del av trafikken kjører flere kilometer enn den ellers hadde gjort.

Det finnes med andre ord et stort potensial for mer forskning på dette området, og spesielt for studier av hvordan ulykker, miljø, reisetider etc. påvirkes i praksis.

### 11.3 Varsel om kjøring mot kjøreretningen

Det er ikke funnet studier av hvordan tiltak mot kjøring mot kjøreretningen påvirker antall ulykker. For å estimere virkningene på antall ulykker måtte man ha informasjon om hvor mange som på et gitt sted (f.eks. en avkjøringsrampe) i gjennomsnitt kjører inn på (motor-)vegen mot kjøreretningen, hvor mange ulykker disse i gjennomsnitt forårsaker, hvor alvorlige disse ulykkene er i gjennomsnitt, og i hvilken grad tiltaket reduserer antall kjøretøy som kjører mot kjøreretningen. Siden det ikke er funnet informasjon om annet enn hvor alvorlige ulykker med kjøring mot kjøreretningen i gjennomsnitt er, er det ikke mulig å gjennomføre nytte-kostnads beregninger for slike tiltak.

Her mangler det i hovedsak informasjon (og forskning) om hvordan tiltak mot kjøring mot kjøreretningen påvirker kjøring mot kjøreretningen. Hvor mange ulykker som forårsakes av dem som kjører mot kjøreretningen vil i stor grad være avhengig av lokale forhold og vanskelig å anslå presist på grunn av det (tross alt) lave antallet slike tilfeller.

### 11.4 Dynamisk parkeringsinformasjon

Dynamisk parkeringsinformasjon viser bilister hvor det finnes ledige parkeringsplasser og kan dermed redusere letetraffikk. Tiltakets utforming (antall skilt og antall parkeringsplasser) og virkninger (omfang av letetraffikk og forsinkelser denne medfører, samt mulig reduksjon av letetraffikken) er i så stor grad avhengige av

lokale forhold at tiltaket ikke anses som egnet for standardiserte nyttekostnadsberegninger.

## 11.5 Innfartsparkering med informasjon

Innfartsparkering med informasjon gir bilister som skal kjøre inn i sentrum mulighet for å parkere bilen utenfor sentrum og fortsette reisen med kollektivtransport. Formålet er i hovedsak å redusere biltrafikk i sentrumsområdet og å bedre trafikkavviklingen i sentrum. Dette kan påvirke både antall ulykker, fremkommeligheten og miljøet i sentrumsområder. Tiltakets utforming (antall parkeringsplasser, informasjon om kollektivtrafikk) og virkninger er imidlertid i så stor grad avhengige av lokale forhold (f.eks. mulighet for kollektivtransport, reisetider med bil og kollektivtransport, parkeringsmuligheter i sentrum) at tiltaket ikke anses som egnet for standardiserte nyttekostnadsberegninger.

## 11.6 Sanntidsinformasjon om ferjetrafikk

Sanntidsinformasjon om ferjetrafikk gir aktuell informasjon om bl.a. avgangstider, reisetider og eventuelle forsinkelser for ferjer. Informasjonen kan gis ved holdeplassene og på internett eller mobile plattformer. Siden det ikke er funnet informasjon om virkninger på trafikksikkerhet, miljø, fremkommelighet eller trafikantenes verdsetting av informasjonen er det ikke mulig å gjøre nyttekostnadsvurderinger.

Hvis det foreligger informasjon om trafikantenes verdsetting av slik informasjon kan *regneark 6 Sanntidsinformasjon for kollektivtrafikk* benyttes. Sanntidsinformasjon om ferjetrafikk må da behandles som om det var Sanntidsinformasjon om kollektivtrafikk.

## 11.7 Dynamisk viltvarsling

Med dynamisk viltvarsling kan trafikanter varsles om viltfare når det befinner seg vilt (f.eks. elg eller hjort) i nærheten av vegen eller i tilrettelagte viltkryssinger. Det foreligger for lite informasjon om virkningen av slike tiltak på antall ulykker. Virkningen er bl.a. avhengig av hvor nøyaktig systemet klarer å detektere vilt, hvor ofte det er vilt i nærheten av vegen, og hvilke kryssingsmuligheter som finnes. Det vurderes derfor ikke som hensiktsmessig å gjøre standardiserte nyttekostnadsberegninger.

## 11.8 Dynamisk belysning

Med dynamisk belysning menes vegbelysning som kan justeres etter behov, dvs. at lysnivået reguleres avhengig av f.eks. trafikkmengde, vegarbeid, ulykker og vær. For å evaluere virkningen må følgelig konstant belysning brukes som referanse. Tiltaket har i hovedsak som formål å spare strøm. Trafikksikkerheten vil ikke påvirkes hvis lyset

slås av kun når det ikke er trafikk. Miljøeffekter av redusert strømforbruk anses som ubetydelige. Det gjøres derfor ingen nytte-kostnadsberegninger.

## 11.9 Signalanlegg

"Trafikkstyring av et nettverk av signalanlegg i sanntid" kan føre til forbedringer av trafikkavviklingen sikkerheten og miljøet, i hovedsak ved at slike systemer reduserer andelen som må stopp på rødt lys. Virkningene av tiltaket er i stor grad avhengige av bl.a. trafikkmengden, avviklingsproblemer, veg- og kryssutformingen, hvordan systemet er programmert med videre. Virkningene som ble funnet i empiriske studier (Maccubin et al., 2008) er svært forskjellige mellom ulike studier. Det anses derfor ikke som realistisk å gjøre standardiserte NK-beregninger.

I Sverige kan slike beregninger gjøres med programmet capcal (Trivector, 2013).

## 11.10 Kjøre feltsignaler

Kjøre feltsignaler er kun beskrevet i den norske ITS-håndboken. Den svenske ITS-håndboken beskriver derimot reversible kjøre felt.

Formålet med kjøre feltsignaler er å stenge kjøre felt eller tunnellop ved ulykker, andre hendelser eller vegarbeid, uten at personer trenger å være ute langs vegene.

Kjøre feltsignaler er ofte kombinert med variable fartsgrenser.

Nytte og kostnader er i stor grad avhengige av hva man bruker som referanse (manuell dirigering av trafikken eller ingen stegning av kjøre felt), i hvilke situasjoner kjøre felt stenges, om det i tillegg er satt opp variable fartsgrenser, mv. Studier av virkningen på trafiksikkerhet, fremkommelighet eller miljø er ikke funnet. Ifølge ITS på veg fører kjøre feltsignaler til en ulykkesreduksjon på omtrent 25%. Det er ikke spesifisert om dette gjelder all trafikk eller kun i perioder hvor ett eller flere kjøre felt er stengt, og det er heller ikke spesifisert om dette kjelder kjøre feltsignaler som eneste tiltak eller kjøre feltsignaler i kombinasjon med variable fartsgrenser. Det er derfor ikke gjort nytte-kostnadsberegninger.

## 11.11 Reversible kjøre felt

Reversible kjøre felt er kun beskrevet i den svenske, ikke i den norske ITS-håndboken. Reversible kjøre felt har i hovedsak som formål å øke kapasiteten på veger med en skjev retningsfordeling av rushtrafikken og er et alternativ til utvidelse av vegen med ett eller flere kjøre felt. Reversible kjøre felt er til enhver tid bare åpent for trafikk i én retning (eller stengt i begge retninger), f.eks. inn mot byen om morgenen og ut av byen om ettermiddagen. Tillatt kjøre retning i et reversibelt kjøre felt angis som regel med overhengende lyssignaler (grønn pil for trafikk i den tillatte kjøre retningen, rødt X for trafikk i motsatt kjøre retning).

Virkningene og kostnadene er i stor grad avhengig av vegens og tiltakets utforming (f.eks. antall kjøre felt og kjøre feltbredde, midtdeler / midtrekkverk, fartsgrense, vegkryss, flyttbar fysisk skille mellom kjøre retningen) og i tillegg av hva som brukes



som referansesituasjon (ingen tiltak eller utvidelse av vegen med økt antall kjørefelt). Tiltaket anses derfor ikke som egnet for standardiserte nyttekostnadsberegninger.

## 11.12 Køprising

Køprising har i hovedsak som formål å endre reisemiddelvalg og fordelingen av (bil-)reiser i løpet av døgnet / uken, og dermed forbedre trafikkforholdene i områder og perioder med mye trafikk, køer og forsinkelser. Slike virkninger er både komplekse og avhengige av lokale forhold og det samme gjelder kostnadene. Tiltaket anses derfor ikke som egnet for standardiserte nytte-kostnadsberegninger.

## 11.13 Overvåking og styring av transport av farlig gods

Formålet med et system for overvåking og styring av farlig gods er å påvirke når og hvor kjøretøy med farlig gods kan kjøre og å redusere konsekvensene ved eventuelle ulykker. Det kan brukes ulike tiltak, fra enkel skilting eller manuell overvåking til mer automatiserte systemer, samt kjøretøybaserte tiltak (f.eks. for å sende informasjon om kjøretøyenes last og posisjon, fortløpende eller ved en ulykke, f.eks. til VTS eller nødetatene). Tiltaket forventes i hovedsak å påvirke trafikkikkerheten. Siden risikoen for ulykker med farlig gods er svært liten og avhengig av både lokale forhold og hvilke typer farlig gods det er snakk om, vil anslag på forventede endringer i skadeomfanger på en gitt strekning være svært usikre. I tillegg finnes det mange varianter av tiltaket som trolig har ulike virkninger på trafikkikkerheten. Tiltaket anses derfor ikke som egnet for standardiserte nytte-kostnadsberegninger.

## 11.14 Tunnelovervåking og -styring

Det finnes mange ulike tiltak som kan bidra til å øke sikkerheten i tunneler og virkningene er i stor grad avhengige av hvilke tiltak som settes inn, samt av lokale forhold. Tiltaket anses derfor ikke som egnet for standardiserte nytte-kostnadsberegninger.

## 11.15 Automatisk kjøretøykontroll

Automatisk kjøretøykontroll brukes for å velge ut kjøretøy til manuell kontroll. Med et slikt system kan man f.eks. velge ut kjøretøy med heftelser (automatisk lesing av kjennemerker og oppslag i registre) eller overlastede kjøretøy (måling av vekt, lengde etc. i fart). Tiltaket kan i prinsippet brukes til kontroll av både lette og tunge kjøretøy. Tiltaket er hittil ikke brukt i Norge. Tiltaket påvirker først og fremst fremkommeligheten. Denne virkningen er imidlertid hittil ikke undersøkt og avhengig av bl.a. forsinkelser ved vanlig kontroll. Trafikkikkerheten kan kun påvirkes indirekte, ved å gjøre kontrollene mer effektive, slik at flere kjøretøy som er overlastet kan velges ut for kontroll. Eventuelle tekniske feil og mangler som merdfører økt ulykkesrisiko vil man derimot ikke kunne finne med automatisk kontroll. Siden virkningen er usikre og hittil ikke undersøkt anses tiltaket ikke som egnet for standardiserte nytte-kostnadsberegninger.

## 12 Referanser

- Ahn, K. (2006). Final contract report transit signal priority project - phase ii field evaluation results. Report VTRC 06-CR. Virginia Transportation Research Council. Charlottesville, Virginia.
- Al-Ghamdi, A. S. (2007). Experimental evaluation of fog warning system. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1065-1072.
- Anund, A. & Söderström, B. (2010). Utvärdering av effekten av förstärkt information vid övergångsställe (fivö). VTI-notat 16-2010. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut.
- Barth, M. & Boriboonsomsin, K. (2009). Traffic congestion and greenhouse gases. *Access*, 35, 2-9.
- Bayerisches Staatsministerium des Inneren, (2012). Streckenbeeinflussungsanlage mit temporärer Seitenstreifenfreigabe. München: Autobahndirektion Südbayern.
- Benekohal, R. F., Hajbabaie, A., Medina, J. C., Wang, M. & Chitturi, M. V. (2010). Speed photo-radar enforcement evaluation in Illinois work zones. Urbana, IL: Illinois Center for Transportation.
- Berg, S. (2005). Kriterier ATK. Bildspel 2005-01-14. Borlänge.
- Chang, L.-Y. (2005). Analysis of freeway accident frequencies: Negative binomial regression versus artificial neural network. *Safety Science*, 43(8), 541-557.
- Dion, F. & Rakha, H. (2005). Integration of transit signal priority within adaptive traffic signal control systems. Paper presented at the 84th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC.
- Elvik, R. & Sørensen, M.W.J. (2013). Factors influencing safety in a sample of marked pedestrian crossings selected for safety inspections in the city of Oslo. Arbeidsdokument, TØI.
- Elvik, R. (2006) Laws of accident causation. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 742-747.
- Elvik, R. (2009). The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new estimates. TØI-Rapport 1034/2009. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. Bingley, UK: Emerald.
- Elvik, R., Sørensen, M. W. J., & Nævestad, T.-O. (2013). Factors influencing safety in a sample of marked pedestrian crossings selected for safety inspections in the city of Oslo. *Accident Analysis & Prevention*, 59(0), 64-70.
- Erke, A. & Elvik, R. (2006). Effektkatalog for trafikksikkerhetstiltak (Road safety measures: A catalogue of estimated effects). TØI-Rapport 851/2006. Oslo: Transportøkonomisk institutt.

- Fearnley, N., Hauge, K. E. & Killi, M. (2010). Veileder: Nyttekostnadsanalyse av enklere kollektivtransporttiltak. Revidert 2010. TØI-Rapport 1121/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Fudala, N. J. & Fontaine, M. D. (2010). Work zone variable speed limit systems: Effectiveness and system design issues. Report FHWA/VTRC 10-R20. Virginia Transportation Research Council. Charlottesville, Virginia.
- Hagman, R. & Maqsood, T. (2011). Speed limit and speed control and how it affects greenhouse gas emissions. CEDR task group 17, Mitigation of Climate Change. Annual Report 2011, Chapter 9 Traffic Management.
- Hagman, R., Gjerstad, K.I., Amundsen, A.H. (2011). NO<sub>2</sub>-utslipp fra kjøretøyparken i norske storbyer. TØI-Rapport 1168/2011. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Halse, A.H., Samstad, H., Killi, M., Flügel, S. & Ramjerdi, F. (2010). Verdsetting av framføringstid og pålitelighet i godstransport. TØI-Rapport 1083/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A. (2013). Verktøy for virkningsberegninger av ITS-tiltak i Sverige. TØI-Arbeidsdokument 50482. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A., Elvik, R., Sørensen, M.W.J. & Vaa, T. (2012). Trafikksikkerhetshåndboken. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A., Elvik, R. & Sørensen, M. W. J. (2011). Trafikksikkerhetsvirkninger av tiltak. TØI Rapport 1157/2011. Oslo. Transportøkonomisk institutt.
- Høye, A., Sørensen, M. W. J., Elvik, R., Akhtar, J., Nævestad, T.-O. & Vaa, T. (2011). Evaluering av friteksttavler i Trondheim. TØI-Rapport 1153/2011. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Killi, M. & Samstad, H. (2002). Trafikanter verdsetting av informasjon med utgangspunkt i arbeidsreiser. TØI Rapport 620/2002. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Larsson, J. & Brüde, U. (2010). Trafiksikkerhetseffekt av hastighetskameror etablerede 2006. Analys av personskador 2007–2008. VTI Rapport 696.
- Maccubbin, R. P., Staples, B. L., Kabir, F., Lowrance, C. F., Mercer, M. R., Philips, B. H. & Gordon, S. R. (2008). Intelligent transportation systems - benefits, costs, deployment, and lessons learned. Report FHWA-JPO-08-032. Noblis, Washington, DC.
- Magnussen, K., Navrud, S. & Martin, O. S. (2010). Den norske verdsettingsstudien. Verdsetting av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Luftforurensning. TØI Rapport 1053d/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Martin, J.-L. (2002). Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 619-629.
- Noland, R. B. & Quddus, M. A. (2005). Congestion and safety: A spatial analysis of London. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 39(7-9), 737-754.
- NOU (2012). Samfunnsøkonomiske analyser. Norges offentlige utredninger 2012:16.
- Outcalt, W. (2009). Work zone speed control. Report CDOT-2009-3. Colorado Department of Transportation.

- Perrin, J., Martin, P. T. & Coleman, B. (2002). Testing the adverse visibility information system evaluation (advise) - safer driving in fog. National Research Council (U.S.). Transportation Research Board. Meeting (81st : 2002 : Washington, D.C.).
- Pesti, G. & McCoy, P. T. (2001). Lon-term effectiveness of speed monitoring displays in work zones on rural interstate highways (pp. 21-32). Paper No. 01-2789. Transportation Research Board 80th Annual Meeting January 7-11, 2001 Washington, D.C.
- Qiu, L., & Nixon, W. A. (2008). Effect of adverse weather on traffic crashes. Systematic review and meta-analysis. *Transportation Research Record*, 2055, 139-146.
- Ragnøy, A. (2011). Streknings-ATK. VD Rapport nr. 1. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. .
- Ramjerdi, F., Flügel, S., Samstad, H. & Killi, M. (2010). Den norske verdsettingsstudien: Tid. TØI rapport 1053B/2010. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Riffkin, M., McMurtry, T., Heath, S. & Saito, M. (2008). Variable speed limit signs - effects on speed and speed variation in work zones. Report No. UT-08.01. Prepared For: Utah Department of Transportation Research and Innovation Division.
- Rijkswaterstaat Noord-Holland Adviesdienst Verkeer en Vervoer (1994). Preliminary report on the evaluation of the 3rd phase of the RIA project. Juni 1994.
- Rämä, P. & Kulmala, R. (2000). Effects of variable message signs for slippery road conditions on driving speed and headways. *Transportation Research Part F*, 3, 85-94.
- Rämä, P., Raitio, J., Anttila, V. & Schirokoff, A. (2001). Effects of weather controlled speed limits on driver behaviour on a two-lane road. Proceedings of Traffic safety on three continents, International Conference. Moscow 19-21 September 2001: TRB, CSIR, VTI.
- Sagberg, F. & Sørensen, M. W. J. (2012). Trafikksikkerhet i gater. TØI-Rapport 1229/2012. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Statens vegvesen & Politiet (2009). Retningslinjer for valg av steder og strekninger for automatisk trafikkontroll (ATK). Dok nr W 105 D03 41A rev4 . 22/06 2009. Statens vegvesen, Vegdirektoratet & Politiet, Politidirektoratet.
- Statens vegvesen (2011). ITS på veg.
- Thorenfeldt, U. K., Kummeneje, A.-M. & Bertelsen, D. (2013). Evaluering av autopass reisetidssystem. Rapport SINTEF A23885. Trondheim. SINTEF.
- Trafikverket (2012). Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.
- Trafikverket (2012). Effektsamband för transportsystemet. Samhällsekonomiska analyser i transportsektorn. Rapport, Version 2012-08-31.
- Trivector (2013). Capcal  
[http://www.trivector.se/trivectorforetagen/trivector\\_traffic/produkter\\_tjanster/programvara\\_och\\_verktyg/capcal/](http://www.trivector.se/trivectorforetagen/trivector_traffic/produkter_tjanster/programvara_och_verktyg/capcal/)

- Tveit, Ø., Wahl, R., Samstad, H., Gripsrud, M., Killi, M. & Bang, B. (2007). Trafikale virkninger og nytte av its. Rapport STF50 A3817. SINTEF.
- TØI (2009). Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2009. Oslo: Transportøkonomisk institutt.
- Veisten, K., Flügel, S. & Elvik, R. (2010). Den norske verdsettingsstudien - Verdien av statistiske liv og beregning av ulykkesens samfunnskostnader. TØI-Rapport 1053C/2010. Oslo. Transportøkonomisk institutt.
- Veisten, K., Stefan, C., & Winkelbauer, M. (2013). Standing in cost-benefit analysis of road safety measures: A case of speed enforcement vs. Speed change. *Transport Policy*, 30, 269-274.
- Vägverket. (2006). Projekt säkrare arbetsplatser. Delrapport för 2004-2005. Publikation 2006:20. Stockholm: Vägverket.
- Vägverket. (2008). Variabel hastighet, väderstyrd väg - tillämpningsrapport. Publikation 2008:14. Vägverket.
- Vägverket (2008). Variabel hastighet - en lysande ide. Resultatrapport. Publikation 2008:77. Stockholm: Vägverket.
- Vägverket (2009A). ITS på väg. En handledning i processen att införa vägnära ITS-lösningar med exempel på genomförda tillämpningar. Vägverket, Publikation 2009:75.
- Vägverket. (2009B). Effekter på hastighet och trafiksäkerhet med automatisk trafiksäkerhetskontroll. Publikation 2009:9. Stockholm: Vägverket.
- Wang, C., Quddus, M. A. & Ison, S. G. (2009). Impact of traffic congestion on road accidents: A spatial analysis of the m25 motorway in England. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 798-808.
- Welde, M., Foss, T. & Tveit, Ø. (2011). Evaluating the impacts of real time passenger information and bus signal priority in Trondheim. 18th ITS World Congress, Orlando, Florida.
- Winnett, M.A. & Wheeler, A.H. (2003). Vehicle-activated signs – a large-scale evaluation. TRL Report 548. TRL Limited. United Kingdom.
- Zhou, M. & Sisiopiku, V. (1997). On the relationship between volume to capacity ratios and accident rates. *Transportation Research Record*, 1581, 47-52.

## Transportøkonomisk institutt (TØI)

### Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside [www.toi.no](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://www.ciens.no)). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

#### Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt  
Gautstadalléen 21  
NO-0349 Oslo

22 57 38 00  
[toi@toi.no](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)