

# Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 358



**Tittel**

Dokumentasjon av beregningsmoduler i  
EFFEKT 6.6

**Undertittel**

Dokumentasjon

**Forfatter**

Anders Straume og Dag Bertelsen

**Avdeling**

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

**Seksjon**

Transportplanlegging

**Prosjektnummer****Rapportnummer**

Nr. 358

**Prosjektleder**

Kjell Ottar Sandvik

**Godkjent av**

Anne Ogner

**Emneord**

Beregninger, Prisnivå, Fartsmoell, Drivstoffmodell, Tidskostnader, Kjøretøykostnader

**Sammendrag**

EFFEKT 6.6 er bygget opp av en rekke moduler som bl.a. beregner kjørefart, drivstofforbruk, ulykker, vedlikehold, fergebehov, miljøkonsekvenser og konsekvenser ved stenging av veg utsatt for skred. Rapporten dokumenter metodikk og forutsetninger for disse beregningene og hvordan det hele stilles sammen til en nytte-kostnadsanalyse.

**Title**

Documentation of calculation modules in  
EFFEKT 6.6

**Subtitle**

Documentation

**Author**

Anders Straume and Dag Bertelsen

**Department**

Traffic Safety, Environment and Technology  
Department

**Section**

Transport Planning

**Project number****Report number**

No. 358

**Project manager**

Kjell Ottar Sandvik

**Approved by**

Anne Ogner

**Key words**

Calculations, Price Level, Speed model, Fuel model, Time costs, Vehicle operating costs

**Summary**

EFFEKT 6.6 covers a number of modules which among others calculate driving speed, fuel consumption, accidents, maintenance, needs for ferries, environmental impacts and consequences of the closure of roads caused by avalanches. The report documents the methodology and assumptions for these calculations and how it all is put together into a cost benefit analysis.

# Forord

Statens vegvesen har lang tradisjon i å utføre nytte-kostnadsanalyser i forbindelse med veg- og transportprosjekter. Hovedverktøyet for utførelse av slike analyser er EFFEKT. I EFFEKT blir de prissatte konsekvensene av et veg- og trafikktiltak beregnet og sammenstilt. Denne rapporten dokumenterer metodikk og forutsetninger som er lagt til grunn for beregningene i versjon 6.6 av EFFEKT, og avløser rapporten «Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6» fra 2008. Brukerveiledning for EFFEKT 6.6 er gitt ut som et eget dokument [1].

Beregningsprinsipper og metodikk i EFFEKT 6.6 bygger fullt ut på Statens vegvesens Håndbok V712 Konsekvensanalyser [2].

Videreutvikling av program og ajourføring av brukerveiledning og dokumentasjon er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet av SINTEF Teknologi og samfunn, Transportforskning. På SINTEF har Anders Straume vært prosjektleder, Dag Bertelsen har vært prosjektmedarbeider og Anders Kroksæter har vært ansvarlig for programmeringen. Prosjektleder hos Statens vegvesen har vært Kjell Ottar Sandvik.

Brukerveiledningen er publisert på Statens vegvesens hjemmeside [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no) under Fag/Statens vegvesens rapporter.



# Innhold

<b>FORORD</b> .....	<b>1</b>
<b>INNHold</b> .....	<b>3</b>
<b>1 ØKONOMISKE BEREGNINGER</b> .....	<b>7</b>
1.1 HOVEDPRINSIPPER.....	7
1.2 PRISGRUNNLAG .....	8
1.2.1 Prisenivå for enkeltkostnader .....	8
1.2.2 Prisjustering.....	9
1.3 BEREGNING AV NÅVERDI.....	12
1.3.1 Anleggsperioden.....	12
1.3.2 Analyseperioden.....	14
1.3.3 Etappevis utbygging.....	15
1.4 RESTVERDI.....	16
1.5 SKATTEFAKTOR.....	17
1.6 AVGIFTER.....	18
1.7 RENTEKORREKSJON AV KAPITALKOSTNADER FRA KOLLEKTIVMODULEN .....	19
<b>2 KJØREFART OG FORSINKELSE</b> .....	<b>20</b>
2.1 GRUNNLAG OG HOVEDPRINSIPPER.....	20
2.1.1 Kjørefart.....	20
2.1.2 Forsinkelse.....	21
2.1.3 Grunnlag for fartsmodellen.....	21
2.1.4 Sammenheng med drivstoffmodellen.....	21
2.2 DEL I: BEREGNING AV BASISFART .....	22
2.2.1 Inndeling i delstrekninger .....	22
2.2.2 Trinn 1: Basisfart avhengig av fartsgrense .....	23
2.2.3 Trinn 2: Korreksjon til maksimalfart .....	27
2.3 DEL II: KORREKSJON FOR TRAFIKKMENGDE.....	28
2.3.1 Trinn 1: Kapasitet på strekning.....	28
2.3.2 Trinn 2: Korreksjon for trafikkmengde .....	31
2.3.3 Trinn 3: Endelig kjørefart for hver kjøretøytype .....	33
2.4 DEL III: KONSTANT FART PÅ LENKE .....	34
2.5 DEL IV: BEREGNING AV FORSINKELSE I KRYSS .....	35
2.5.1 Forkjørsregulerte kryss.....	35
2.5.2 Uregulerte kryss.....	36
2.5.3 Signalregulerte kryss.....	36
2.5.4 Rundkjøringer .....	38
2.5.5 Beregning av total kryssforsinkelse.....	38
2.6 DEL V: FORSINKELSE PÅ LENKE.....	39
<b>3 KJØRETØYKOSTNADER</b> .....	<b>40</b>
3.1 HOVEDPRINSIPPER.....	40
3.2 DEL I: BEREGNING AV DRIVSTOFFFORBRUK.....	41
3.2.1 Trinn 1: Basisforbruk på rett, flat veg.....	42
3.2.2 Trinn 2: Korreksjon for stigning .....	43
3.2.3 Trinn 3: Korreksjon for horisontalkurvatur .....	45
3.2.4 Trinn 4: Korreksjon for ujevn kjørefart (akselerasjon og retardasjon) .....	46
3.2.5 Trinn 5: Tillegg for forsinkelse i kryss .....	47
3.2.6 Trinn 6: Drivstoffprognoser.....	47
3.2.7 Samlet drivstoffforbruk.....	48
3.2.8 Totale drivstoffkostnader.....	48
3.3 ANDRE DISTANSEAVHENGIGE KOSTNADER.....	49
3.3.1 Delkostnader .....	49
3.3.2 Totale driftskostnader eksklusiv drivstoff.....	51
3.4 TOTALE KJØRETØYKOSTNADER.....	51
<b>4 TIDSKOSTNADER</b> .....	<b>52</b>
4.1 HOVEDPRINSIPPER.....	52

4.2	DEL I: BEREGNING AV TIDSFORBRUK .....	53
4.2.1	Tidsforbruk langs veglenker.....	53
4.2.2	Tidsforbruk på ferjestrekninger.....	53
4.3	DEL II: FASTSETTING AV ENHETSPRISER .....	54
4.3.1	Passasjerkostnader .....	54
4.3.2	Tidsavhengige driftskostnader .....	57
4.4	DEL III: BEREGNING AV TIDSKOSTNADER .....	59
<b>5</b>	<b>ULYKKER.....</b>	<b>60</b>
5.1	BAKGRUNN .....	60
5.2	FORUTSETNINGER .....	61
5.2.1	Omfang av beregningene .....	61
5.2.2	Materiellskadeulykker .....	61
5.2.3	Lenkelengder.....	61
5.2.4	Vegstandarddata til beregning av normalverdier .....	61
5.2.5	Behandling av ulike fartsgrenser .....	61
5.2.6	Antall kryss.....	62
5.2.7	Antall felt.....	63
5.2.8	Tidsperiode for ulykkesdata fra NVDB .....	63
5.2.9	Fordeling på skadegrader fra NVDB.....	63
5.2.10	Fordeling på ulykkestyper.....	63
5.2.11	Korreksjon for trafikkutvikling og endret trafikk .....	64
5.2.12	Korreksjon for ulykkesutvikling over tid.....	65
5.2.13	Korreksjon for nye veglenker.....	65
5.2.14	Korreksjon ved få skadetilfeller .....	65
5.2.15	Tiltakskatalog .....	66
5.2.16	Beregning av antall ulykker .....	68
5.2.17	Beregning av ulykkesfrekvenser.....	68
5.3	BEREGNINGSPRINSIPP .....	69
5.3.1	Prinsippskisse.....	69
5.3.2	Beregningskomponent .....	69
5.3.3	Beregningsgang.....	69
5.3.4	Ulykkesutvikling over tid.....	69
5.4	MATERIELLSKADEULYKKER .....	74
5.5	SPESIELLE ULYKKESBEREGNINGER .....	75
5.5.1	Kryssulykker.....	75
5.5.2	Ulykker utenfor prosjektområdet.....	75
5.5.3	Antall skadde og drepte.....	75
5.5.4	Kostnadsberegning.....	76
5.5.5	Materiellskadeulykker.....	76
<b>6</b>	<b>DRIFTS- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER .....</b>	<b>78</b>
6.1	HOVEDPRINSIPPER.....	78
6.2	DEL I: GENERELLE VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....	79
6.2.1	Ledelse og generelle kostnader (hovedprosess 0 og 1).....	79
6.2.2	Drenering (prosess 48).....	79
6.2.3	Dekkevedlikehold (hovedprosess 6) .....	79
6.2.4	Vegutstyr og miljøtiltak (hovedprosess 7).....	81
6.2.5	Vinterdrift (hovedprosess 9).....	86
6.3	DEL II: TILLEGGSKOSTNADER .....	92
6.3.1	Vegbelysning (prosess 76.6).....	92
6.3.2	Gang- og sykkelveger.....	92
6.3.3	Fortau.....	92
6.3.4	Støyskjermer (prosess 72.8) .....	93
6.3.5	Tunneler (hovedprosess 3) .....	93
6.3.6	Rehabilitering av tunneler.....	94
6.3.7	Bruer (prosess 87).....	95
6.3.8	Ferjekaier (prosess 88) .....	95
6.3.9	Signalanlegg (prosess 76.4).....	95
6.3.10	Rasteplasser (prosess 79.2) .....	95
6.3.11	Skredinstallasjoner .....	95
6.3.12	Andre tilleggskostnader .....	95

<b>7</b>	<b>STØY OG LUFTFORURENSNING</b>	<b>96</b>
7.1	HOVEDPRINSIPPER	96
7.2	STØY	97
7.2.1	Datatyper	97
7.2.2	Støykostnader	97
7.2.3	Andre støydata	97
7.3	LOKAL LUFTFORURENSNING	98
7.3.1	Datatyper	98
7.3.2	Kostnader ved lokal luftforurensning	98
7.3.3	Presentasjon av andre data for lokal luftforurensning	98
7.4	REGIONAL OG GLOBAL LUFTFORURENSNING	99
7.4.1	Datatyper	99
7.4.2	Kostnader ved regional og global luftforurensning	99
7.4.3	Presentasjon av data for regional og global luftforurensning	99
<b>8</b>	<b>KLIMABEREGNINGER</b>	<b>100</b>
8.1	BAKGRUNN	100
8.2	GENERELT OM GRUNNLAG OG FORUTSETNINGER	100
8.2.1	Omfang	100
8.2.2	Faser	100
8.2.3	Vegelementer	100
8.2.4	Lenkevisе beregninger	101
8.2.5	Avgrensninger	101
8.2.6	Behandling av ulike levetider	101
8.2.7	Årlige mengder	101
8.3	VEG I DAGEN	102
8.3.1	Materialforbruk i forsterkningslag, bærelag og slitelag	102
8.3.2	Jord- og fjellmasser i veglinjen	109
8.3.3	Materialforbruk til bygging av veg i dagen	110
8.3.4	Rekkverk	111
8.3.5	Drenssystemer	112
8.3.6	Drift og vedlikehold	115
8.4	TUNNELER	116
8.4.1	Materialforbruk i overbygning	116
8.4.2	Driving, sprengning og transportarbeid	116
8.4.3	Drift og vedlikehold	118
8.5	BRUER	119
8.5.1	Beregning av brulengde og lengde for veg i dagen	119
8.5.2	Bygging	120
8.5.3	Drift og vedlikehold	121
8.6	FERJER	122
8.6.1	Bygging	122
8.6.2	Drift og vedlikehold	122
8.7	EGNE GRUNNLAGSDATA	124
8.7.1	Mengdedata for masser	124
8.7.2	Transportavstand for masser	124
8.7.3	Drenering	124
8.8	BEREGNINGER I TRANSPORTFASEN	125
8.8.1	Beregninger for kjøretøy	125
8.8.2	Beregninger for andre transportmidler	125
8.9	KOEFFISIENTER FOR ENERGIFORBRUK OG KLIMAGASSUTSLIPP	126
<b>9</b>	<b>FERJEKOSTNADER</b>	<b>128</b>
9.1	HOVEDPRINSIPPER	128
9.2	NØDVENDIG FERJEMATERIELL	129
9.2.1	A: Automatisk valg av ferjetyper	129
9.2.2	B: Manuelt valg av aktuelle ferjetyper	130
9.2.3	C: Egendefinerte ferjer	130
9.3	DRIFTS- OG KAPITALKOSTNADER	131
9.3.1	Drivstofforbruk	131
9.3.2	Driftskostnader	131
9.3.3	Kapitalkostnader	131

9.3.4	Tilskudd til ferjedriften.....	131
9.3.5	Korreksjon for nattavganger.....	132
9.4	TIDSKOSTNADER .....	133
9.4.1	Reisetid med ferjen.....	133
9.4.2	Ventetid.....	133
9.5	ULEMPESKOSTNADER.....	134
9.6	MAKSIMAL KAPASITETSUTNYTTELSE.....	135
<b>10</b>	<b>SKRED OG VEGSTENGNING .....</b>	<b>136</b>
10.1	ULYKKESSRISIKO PÅ SKREDUTSATTE VEGSTREKNINGER .....	136
10.1.1	Sannsynligheten for å bli truffet av et skred.....	136
10.1.2	Ulykker ved primærskred.....	137
10.1.3	Ulykker ved naboskred.....	138
10.1.4	Samlet ulykkesrisiko og -kostnader for primærskred og naboskred .....	140
10.2	ULEMPER FOR TRAFIKANTER SOM UTSETTES FOR UFORBEREDTE VEGSTENGNINGER.....	140
10.2.1	Trafikanter som venter.....	141
10.2.2	Trafikanter som snur.....	141
10.3	NEGATIV NYTTE FOR TRAFIKANTENE MENS VEGEN ER STENGT .....	141
10.4	FUNKSJONSTIDEN FOR ET OMKJØRINGSVEGNETT .....	142
10.5	DRIFT OG VEDLIKEHOLD .....	142
<b>11</b>	<b>NYSKAPT TRAFIKK .....</b>	<b>143</b>
11.1	PÅVIRKEDE TRAFIKKSTRØMMER .....	143
11.2	GENERALISERTE TRANSPORTKOSTNADER .....	143
11.2.1	Transportkostnader innenfor analyseområdet.....	144
11.2.2	Transportkostnader utenfor analyseområdet.....	144
11.2.3	Totale generaliserte kostnader for kjøreruten .....	145
11.3	PRISELASTISITETER FOR PÅVIRKEDE TRAFIKKSTRØMMER .....	146
11.4	STØRRELSEN PÅ NYSKAPT TRAFIKK .....	147
11.5	NYTTE AV NYSKAPT TRAFIKK.....	147
11.6	KOSTNADER UTENFOR ANALYSEOMRÅDET FOR NYSKAPT TRAFIKK .....	148
<b>12</b>	<b>BUSSKOSTNADER.....</b>	<b>150</b>
12.1	HOVEDPRINSIPPER.....	150
12.2	GENERELLE BUSSBEREGNINGER.....	151
12.2.1	Del I: Kjøreferart og forsinkelse .....	151
12.2.2	Del II: Kjøreferartøykostnader.....	151
12.2.3	Del III: Tidskostnader .....	152
12.3	SPESIELLE BUSSBEREGNINGER .....	153
12.3.1	Del I: Kjøreferart og forsinkelse.....	153
12.3.2	Del II: Kjøreferartøykostnader.....	154
12.3.3	Del III: Tidskostnader.....	154
<b>13</b>	<b>TILLATT AKSELLAST .....</b>	<b>156</b>
13.1	HOVEDPRINSIPPER.....	156
13.2	REDUKSJON I TRAFIKKARBEID.....	157
13.2.1	Andel vogntog .....	157
13.2.2	Nyttelast.....	157
13.2.3	Andel som kan nytte oppskrivning .....	157
13.2.4	Turlengde.....	158
13.2.5	Samlet beregning av reduksjon i trafikkarbeid .....	158
13.3	BEREGNING AV ENHETSPRIS .....	159
13.3.1	Årlig kjørelengde .....	159
13.3.2	Tillatt totalvekt.....	159
13.3.3	Beregning av vektet enhetspris .....	160
13.4	BEREGNING AV TOTAL NYTTE .....	161
<b>14</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>162</b>



# 1 Økonomiske beregninger

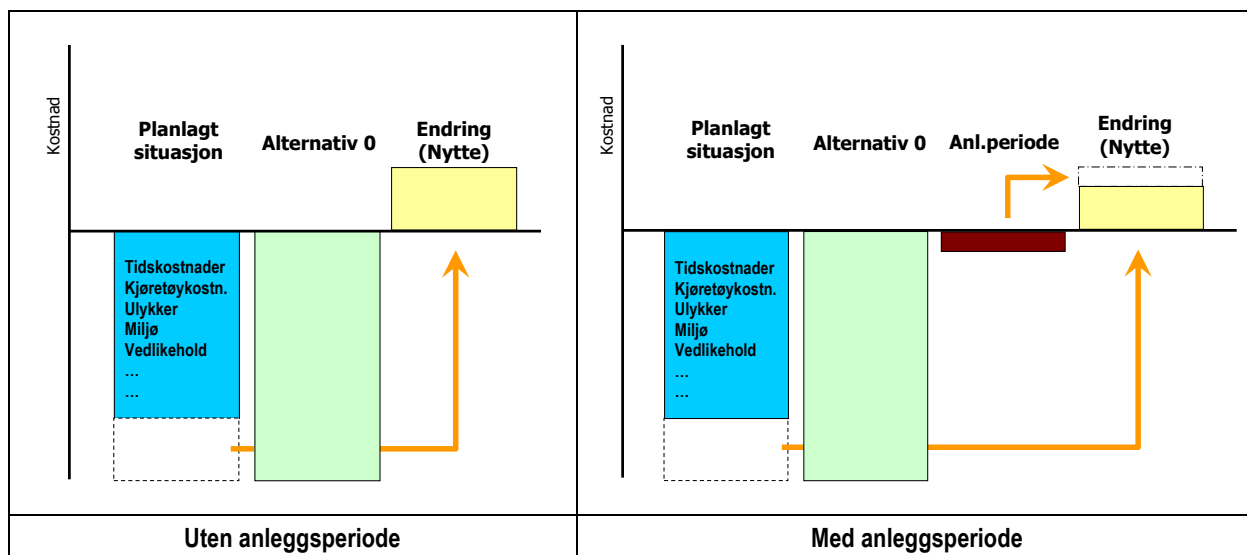
## 1.1 Hovedprinsipper

I EFFEKT beregnes det kostnader for de enkeltkonsekvensene det er gitt inndata for, basert på metodikk som er implementert i gjeldende versjon. Hvis det for noen konsekvenser ikke er gitt tilstrekkelige inndata, slik at det ikke kan gjøres beregning, skrives det ut advarsel eller feilmelding om dette for de kostnadene/lenkene det gjelder. For noen datatyper kan det bli brukt innlagte standardverdier, selv om disse ikke vises i skjermbilder.

De fleste beregningene er basert på samfunnsøkonomiske kostnader. I tillegg blir det også beregnet bruttokostnader (markedspriser inklusiv ulike skatter og avgifter) for aktuelle kostnadskomponenter i de delberegningene dette er aktuelt. Prinsippene for bruttokostnadsberegninger er nærmere beskrevet i [2] og [3]. Netto nytte beregnes som summen av virkninger for hovedaktørene trafikanter og transportbrukere, operatører, det offentlige og samfunnet for øvrig. Kostnadene for de ulike aktørene blir spesifisert, selv om alle skal dekkes over offentlige budsjetter. I noen tilfelle kan også private aktører være interessert i å bidra til finansiering av tiltak.

For trafikkulykker er det ikke utviklet noen bruttokostnadsmetodikk som viser hvordan ulike aktørgrupper blir berørt. Det er de netto samfunnsøkonomiske kostnadene som beregnes.

Det beregnes **totale** kostnader for eksisterende situasjon (0-alternativet) og planlagt situasjon for de aller fleste konsekvenser. Nyten regnes som **endringen** i kostnader mellom planlagt situasjon og alternativ 0 (eksisterende situasjon), jfr. prinsippskisse i Figur 1. Til venstre i figuren er det gjort beregninger uten hensyn til situasjonen i anleggsperioden. Dette er det mest vanlige. Hvis det er valgt å definere et eget vegnett for anleggsperioden (ved spesielle forhold), vil økte kostnader i denne perioden redusere samlet nytte tilsvarende, se høyre del av figuren.



Figur 1: Prinsipp for beregning av nytte

## 1.2 Prisgrunnlag

### 1.2.1 Prisnivå for enkeltkostnader

I EFFEKT 6.6 er det gjort en oppdatering til basis prisenivå 2013 (med noen få unntak) for enhetspriser og annet aktuelt kostnadsgrunnlag, inklusiv indekser for prisomregninger internt i EFFEKT.

Ved beregninger i EFFEKT blir alle priser automatisk omregnet til **felles prisenivå**. Standard felles prisenivå i EFFEKT 6.6 er 2016. Felles prisenivå kan ikke være tidligere enn 2013 (basis prisenivå) og vil normalt ikke være lenger frem i tid enn åpningsåret for en utbyggingsplan.

Det er knyttet et gitt prisenivå (årstall) til hver enkelt delkostnad som brukes i EFFEKT. Dette er gjort på tre måter avhengig av type kostnad, som forklart nedenfor.

#### **Fast prisenivå**

Enhetsprisene er lagt inn med fast prisenivå i programmet (i beregningene brukes 1. juli det gitte årstallet). Disse prisene kan **ikke endres** uten at det gjøres oppdateringer i selve programmet. Det brukes fast prisenivå for følgende kostnader:

- Tidskostnader for bil- og busspassasjerer, egne verdier for lange, mellomlange og korte reiser
- Drivstoffkostnader (kr/liter for bensin og diesel)
- Distanseavhengige kjøretøykostnader unntatt drivstoffkostnader (kr/kjtkm)
- Tidsavhengige driftskostnader for lastebiler, vogntog og busser (generelle beregninger). Gitte standardverdier i kr/kjttime, kan endres av brukeren
- Ulykkeskostnader, materiellskadeulykker. Gitte standardverdier avhengig av fartsgrense
- Vedlikeholdskostnader, generelle kostnader. Prisenivået for tilleggskostnader er det samme som for generelle kostnader. Evt. tilleggskostnader må derfor gis i samme prisenivå
- Distanseavhengige busskostnader ved spesielle bussberegninger (ligninger i gitt prisenivå)
- Ferjekostnader, forhåndsdefinerte ferjer. Investerings- og driftskostnader, billettakster (fra riksregulativet). Ved egendefinerte ferjer må prisenivået for investeringskostnader gis inn
- Bompenginntekter, prosjekttype 2 og 3. Beregnes i transportmodell for gitt prisenivå, inntekter og tilhørende prisenivå overføres til EFFEKT
- Parkeringsinntekter, prosjekttype 2 og 3. Beregnes i transportmodell for gitt prisenivå, inntekter og tilhørende prisenivå overføres til EFFEKT
- Endret tillatt aksellast (ligninger i gitt prisenivå)
- Ulike avgifter (jfr. kapittel 1.6)
- Overførte kostnader fra Trafikantnyttmodulen og Kollektivmodulen

#### **Gitt prisenivå**

Enhetsprisene er lagt inn med gitt prisenivå i programmet (i beregningene brukes 1. juli det gitte årstallet). Prisene og prisenivået **kan endres** av brukeren, men dette bør **ikke gjøres** uten at grunnlaget for endringene er dokumentert. Dette gjelder følgende kostnader:

- Ulykkeskostnader, personskadeulykker. Gitte standardverdier for hver skadegrad, kan endres av brukeren
- Ulykkeskostnader, spesiell behandling av kryssulykker og ulykker utenfor prosjektområdet (nyskapt trafikk). Standardverdi for personskade- og materiellskadeulykker
- Miljøkostnader, støy og global/regional luftforurensning (CO<sub>2</sub>-ekvivalenter og NO<sub>x</sub>). Gitte standardverdier, kan endres av brukeren
- Miljøkostnader, lokal luftforurensning (PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>). Kun aktuelt når prisenivå og kostnader overføres fra VSTØY/VLUFT
- Vedlikeholdskostnader, tilleggskostnader. Gitt prisenivå i bildet kan ikke endres av brukeren
- Ulempeskostnader i ferjesamband. Gitte standardverdier for lette og tunge kjøretøy (kan endres av brukeren)

## Prisnivå gis inn

Prisnivået gis inn direkte i programmet, sammen med kostnaden eller grunnlag/inndata for å beregne kostnaden (i beregningene brukes 1. juli det gitte året). Dette gjelder kostnader som er beregnet ut fra annet grunnlag, utenfor EFFEKT. Da gis kostnadene med tilhørende prisnivå i hvert enkelt tilfelle. Brukeren må gi prisnivå for følgende kostnader:

- Anleggskostnad. Totalkostnad og evt. bidrag til investering (utenom Statens vegvesen)
- Vedlikeholdskostnader, spart dekkekostnad (kun utbedringslenker)
- Miljøkostnader, lokal luftforurensning (PM<sub>10</sub> og NO<sub>2</sub>). Ikke aktuelt når kostnader overføres fra VSTØY/VLUFT
- Ferjekostnader, investeringskostnad for egendefinert ferje
- Bompenger, takster som grunnlag for beregning av inntekter til finansiering av prosjekter (prosjekttype 1-3)
- Bomstasjoner, årlige driftskostnader til bompengeselskaper (alle bomstasjoner i hele prosjektet, og de som bidrar til finansiering)
- Parkering, takster som grunnlag for beregning av inntekter (prosjekttype 1-3)
- Parkering, årlige driftskostnader til parkeringsselskaper (prosjekttype 1-3)
- Vegstengning, kostnader til istandsetting (prosjekttype 1)
- Nyskapt trafikk, direkteutgifter (prosjekttype 1)
- Andre kostnader, gis for forhåndsdefinerte kostnadsgrupper

### 1.2.2 Prisjustering

Ulike kostnadstyper kan ha forskjellig realprisutvikling i analyseperioden. Dette tas det hensyn til i nytte-kostnadsanalysene. Fra versjon 6.41 av EFFEKT ble det etablert forutsetninger og implementert rutiner for realprisutvikling. Det er gjort en del endringer av disse i versjon 6.6.

Det blir som standard beregnet **med realprisjustering**. Det er imidlertid mulig å gjøre beregninger med faste priser (altså uten realprisjustering), som betyr at alle kostnadstyper forutsettes å utvikle seg likt frem til utløpet av analyseperioden.

### Utviklingsbaner

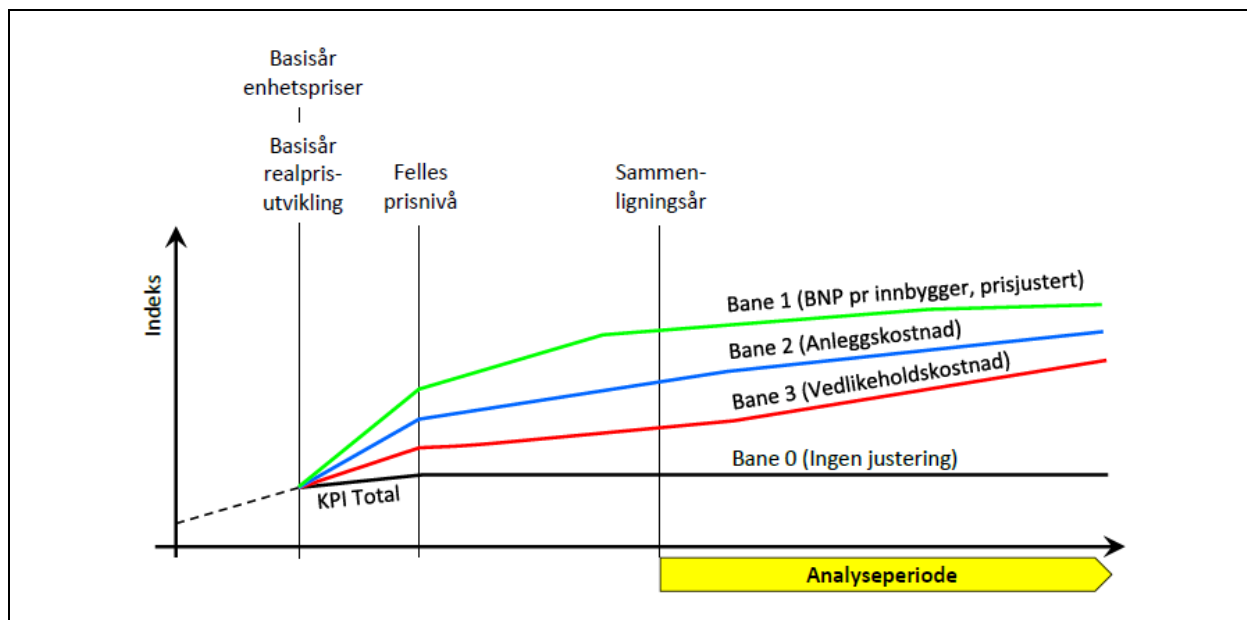
Det gjøres automatisk en prisomregning framover i tid fra det aktuelle basisåret for prisnivå (2013 i versjon 6.6) til gitt felles prisnivå. Fra versjon 6.6 brukes i utgangspunktet **konsumprisindeksen** (KPI Total) som grunnlag for denne omregningen, se Tabell 1.

Tabell 1: Årlig utvikling av Konsumprisindeks (KPI Total), inklusiv prognoser

År	Konsumprisindeks Endring fra forrige år	Kilde
2001	1,030	SSB
2002	1,013	
2003	1,025	
2004	1,004	
2005	1,016	
2006	1,023	
2007	1,008	
2008	1,038	
2009	1,021	
2010	1,025	
2011	1,012	
2012	1,008	
2013	1,021	
2014	1,020	
2015	1,026	SSB Prognose
2016	1,020	
2017	1,017	
2018	1,025	Norges Banks mål (Statsbudsjettet 2014)
Videre pr år	1,025	

Fra siste årstall med faktiske indekser brukes det offisielle prognoser for indeksene. Indeksene for prisomregning oppdateres derfor vanligvis en gang pr år. I Trafikantnyttmodulen brukes også Konsumprisindeksen til prisomregninger. Tidligere ble anleggskostnadsindeksen ved omregning av alle delkostnader, unntatt kostnader til drift og vedlikehold som har egen indeks.

For de kostnadskomponentene som utvikler seg **forskjellig** fra KPI Total er det etablert egne baner for realprisutvikling. Disse banene beskriver avviket mellom vedkommende prisutvikling og KPI Total, se prinsippsskisse i Figur 2.



Figur 2: Prinsipp for utviklingsbaner ved prisjustering

Endring i realpriser gjøres med grunnlag i prognoser for vekst i **bruttonasjonalproduktet** (BNP) per innbygger. I versjon 6.60 er denne basert på Perspektivmeldingen 2013 (når det kommer nye prognoseverdier blir dette implementert i EFFEKT). Det er forutsatt at denne prognoseverdien er prisjustert.

### **Følger utvikling i BNP**

Følgende kostnader forventes å følge utviklingen i BNP, og blir justert med prognoser for dette:

- Tidskostnader for alle reisehensikter og transportmidler
- Endringer i trafikantenes konsumentoverskudd, herunder nyskapt trafikk
- Utrygghetskostnader
- Støy og lokal forurensning
- Ulemper for ferjetrafikanter
- Helsevirkninger for gående og syklende
- Ulykkeskostnader for personskadeulykker

### **Anleggskostnader og drift og vedlikehold**

Utviklingen i anleggskostnader er forutsatt å følge byggekostnadsindeksen for veganlegg. Kostnader til drift og vedlikehold av veger er forutsatt å følge kostnadsindeksen for drift og vedlikehold av veger. Indeksene i versjon 6.60 er vist i Tabell 2. Disse indeksene oppdateres årlig. Statistikk for faktisk utvikling utarbeides av SSB, mens prognoser for framtidig utvikling utarbeides av Finansdepartementet.

De viste indeksene i Tabell 2 er ikke justert for KPI, slik at ved beregning korrigeres disse verdiene med verdiene for KPI i Tabell 1.

Tabell 2: Indekser for anleggs- og drifts- og vedlikeholdskostnader (Vegdirektoratet 2015)

Anlegg																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2000	100,0															
2001	103,1	100,0														
2002	105,4	102,2	100,0													
2003	108,8	105,6	103,3	100,0												
2004	112,9	109,5	107,1	103,7	100,0											
2005	117,4	113,9	111,4	107,8	104,0	100,0										
2006	122,3	118,6	116,1	112,4	108,4	104,2	100,0									
2007	130,0	126,1	123,4	119,5	115,2	110,8	106,3	100,0								
2008	140,7	136,5	133,5	129,3	124,6	119,8	115,0	108,2	100,0							
2009	142,0	137,7	134,7	130,4	125,8	120,9	116,1	109,2	100,9	100,0						
2010	146,5	142,1	139,0	134,6	129,8	124,8	119,8	112,7	104,1	103,2	100,0					
2011	155,1	150,5	147,2	142,5	137,4	132,2	126,8	119,3	110,3	109,3	105,9	100,0				
2012	159,5	154,7	151,4	146,5	141,3	135,9	130,4	122,7	113,4	112,3	108,9	102,8	100,0			
2013	164,1	159,2	155,7	150,8	145,4	139,8	134,2	126,2	116,6	115,6	112,0	105,8	102,9	100,0		
2014	168,0	163,0	159,5	154,4	148,9	143,2	137,4	129,2	119,4	118,4	114,7	108,3	105,4	102,4	100,0	
2015	172,9	167,7	164,1	158,9	153,2	147,3	141,4	133,0	122,9	121,8	118,0	111,5	108,4	105,4	102,9	100,0

Indekser for 2015 er prognoser. Prognoser etter 2015 er satt til 2,9 % pr år

Vedlikehold																
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2000	100,0															
2001	103,0	100,0														
2002	105,1	102,0	100,0													
2003	109,1	105,9	103,8	100,0												
2004	112,2	108,9	106,8	102,9	100,0											
2005	117,0	113,6	111,4	107,3	104,3	100,0										
2006	122,4	118,9	116,5	112,3	109,1	104,6	100,0									
2007	129,3	125,5	123,1	118,5	115,2	110,5	105,6	100,0								
2008	140,8	136,7	134,0	129,1	125,5	120,3	115,0	108,9	100,0							
2009	140,9	136,8	134,1	129,2	125,6	120,4	115,1	109,0	100,1	100,0						
2010	147,1	142,8	140,0	134,9	131,1	125,7	120,2	113,8	104,5	104,4	100,0					
2011	156,8	152,3	149,3	143,8	139,8	134,0	128,1	121,3	111,4	111,3	106,6	100,0				
2012	161,9	157,1	154,1	148,4	144,2	138,3	132,2	125,2	115,0	114,9	110,0	103,2	100,0			
2013	165,6	160,8	157,6	151,8	147,6	141,5	135,3	128,1	117,6	117,5	112,5	105,6	102,3	100,0		
2014	170,0	165,1	161,9	155,9	151,5	145,3	138,9	131,5	120,8	120,7	115,6	108,4	105,1	102,7	100,0	
2015	175,7	170,5	167,2	161,1	156,5	150,1	143,5	135,9	124,8	124,6	119,4	112,0	108,5	106,1	103,3	100,0

Indekser for 2015 er prognoser. Prognoser etter 2015 er satt til 3,3 % pr år

Det er forutsatt at prisnivået i Tabell 2 gjelder pr 1/7 (midt i året), på samme måte som felles prisnivå. Omregningen skjer derfor med hele år.

### Drivstoffkostnader

Drivstoffkostnader for lette og tunge kjøretøy forventes å følge en egen prisutviklingsbane som er basert på disse verdiene [4]:

2010-2015:	3 %
2016-2020:	2 %
2021-2030:	1 %
Etter 2030:	0 %

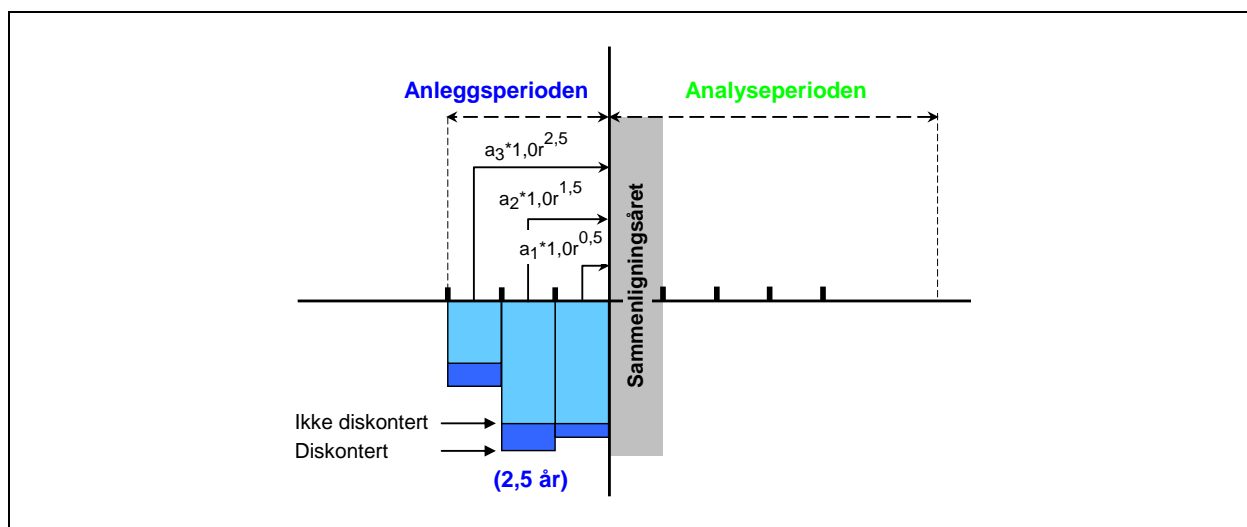
## 1.3 Beregning av nåverdi

Anleggskostnader og kostnader (nytte) i analyseperioden blir omregnet til nåverdi i sammenligningsåret. Dette gjøres fordi alle kostnader for alle prosjekter som skal sammenlignes må regnes i ett og samme sammenligningsår, for at resultatene skal være sammenlignbare.

### 1.3.1 Anleggsperioden

#### Anleggskostnadene

Prinsippet for beregning av nåverdien av anleggskostnadene er vist i Figur 3. Det regnes ut en årlig anleggskostnad, basert på total anleggskostnad og anleggsperiode gitt i bildet **Utbyggingsplaner**.



Figur 3: Diskontering av anleggskostnader ( $a_n$  = årlig kostnad,  $r$  = kalkulasjonsrente)

Det er forutsatt at alle anlegg er ferdige siste året før sammenligningsåret, hvis det ikke er planlagt etappevis utbygging (jfr. 1.3.3). Anleggskostnadene fordeles likt over hvert år i forhold til den gitte anleggsperioden, fra og med året før sammenligningsåret og «bakover» i tid.

Hvis anleggsperioden er ett år eller kortere, blir hele anlegget utført siste år før sammenligningsåret, og hele anleggskostnaden påløper dette året. Kostnaden blir diskontert fira midten av dette året, uansett om anlegget utgjør bare deler av året.

Hvis anleggsperioden er lengre enn ett år, fordeles kostnaden år for år, slik at en eventuell del av et år kommer først i anleggsperioden (hvis anleggsperioden ikke er et helt antall år). Kostnaden blir diskontert fra midten av hvert år, også for en eventuell del av et år først i anleggsperioden.

Kostnadene i anleggsperioden diskonteres slik:

$$\begin{aligned} a_1 * (1+r)^{0,5} & \text{ for siste år før sammenligningsåret} \\ a_2 * (1+r)^{1,5} & \text{ for nest siste år} \\ a_3 * (1+r)^{2,5} & \text{ for tredje siste år} \\ \dots & \\ a_P * (1+r)^{P-0,5} & \text{ for første år i anleggsperioden} \end{aligned}$$

$a_n$  = Anleggskostnad i år n i anleggsperioden, beregnes  
 $r$  = Kalkulasjonsrente, gitt i bildet **Økonomidata** (standard 4,0 %)  
 $P$  = Anleggsperioden, gitt i bildet **Utbyggingsplaner**

Det brukes halve år ved diskonteringen, fordi de årlige anleggskostnadene omregnes fra 1/7 hvert år til 1/1 i sammenligningsåret

De diskonterte anleggskostnadene for hvert år summeres til totale anleggskostnader  $A_d$ , gitt som nåverdi i sammenligningsåret:

$$A_d = a_1 * (1+r)^{0,5} + a_2 * (1+r)^{1,5} + a_3 * (1+r)^{2,5} + \dots + a_P * (1+r)^{P-0,5}$$

### **Eksempel**

Sammenligningsåret er 2022, anleggskostnaden er 500 mill kr i felles prisenivå, og anleggsperioden er gitt til 2,5 år. Da regnes det anleggskostnader før diskontering på 100 mill i 2019 (første år av anleggsperioden), 200 mill i 2020 og 200 mill i 2021 (siste året før sammenligningsåret). Med kalkulasjonsrente på 4,0 % kan nåverdien av anleggskostnaden dermed regnes ut slik:

3. år av anleggsperioden:	$200.000.000 * 1,04^{0,5}$	=	203.960.781 kr
2. år av anleggsperioden:	$200.000.000 * 1,04^{1,5}$	=	212.119.212 kr
1. år av anleggsperioden:	$100.000.000 * 1,04^{2,5}$	=	<u>110.301.990 kr</u>
Nåverdien av anleggskostnaden			526.381.983 kr

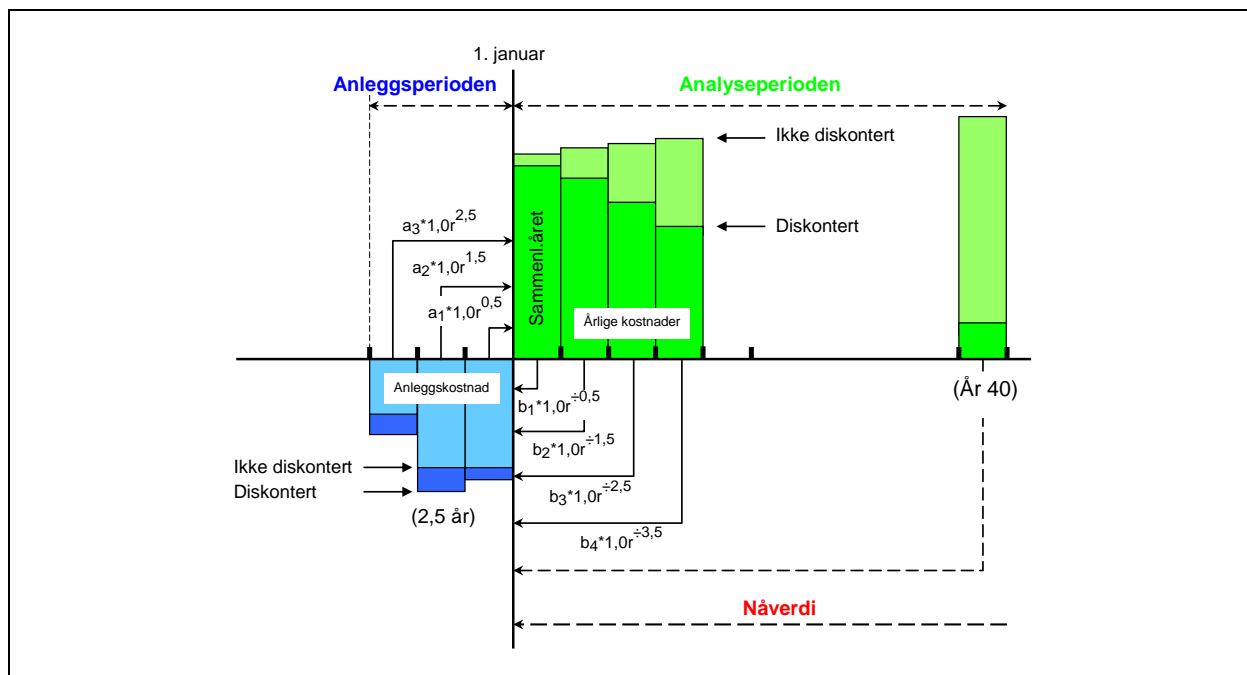
Forenklet sagt ser en at dess lengre et anlegg er i gang, dess mer renter vil det påløpe.

### **Konsekvenser i anleggsperioden**

Hvis det defineres et eget vegnett som gjelder i anleggsperioden (anleggsvegnett), beregnes det kostnader for enkeltkonsekvensene i denne perioden på samme måte som i selve analyseperioden. De årlige kostnadene knyttet til bruk av anleggsvegnettet i anleggsperioden diskonteres på samme måte som anleggskostnadene.

### 1.3.2 Analyseperioden

I analyseperioden beregnes det kostnader hvert år for alle konsekvenser som regnes i kroner. Kostnadene diskonteres fra året de påløper og «ned» til sammenligningsåret, som vist i Figur 4.



Figur 4: Diskontering av kostnader i analyseperioden ( $a_n$  = årlig kostnad,  $r$  = kalkulasjonsrente)

Kostnadene i analyseperioden diskonteres slik:

$$b_1 * (1+r)^{-0,5} \quad \text{for første år (sammenligningsåret)}$$

$$b_2 * (1+r)^{-1,5} \quad \text{for andre år}$$

$$b_3 * (1+r)^{-2,5} \quad \text{for tredje år}$$

...

$$b_A * (1+r)^{-(B-0,5)} \quad \text{for siste år i analyseperioden}$$

$b_n$  = Kostnad i år  $n$  i analyseperioden, beregnes for hver konsekvens

$r$  = Kalkulasjonsrente, gitt i bildet Økonomidata (standard 4,0 %)

$B$  = Anleggsperioden, gitt i bildet Økonomidata (standard 40 år)

Det brukes halve år ved diskonteringen, fordi de årlige kostnadene omregnes fra 1/7 hvert år i analyseperioden til 1/1 i sammenligningsåret

Det beregnes årlige kostnader for hver konsekvens. De diskonterte kostnadene **for hver konsekvens** for hvert år summeres til totale kostnader  $K_d$  for analyseperioden, gitt som nåverdi i sammenligningsåret:

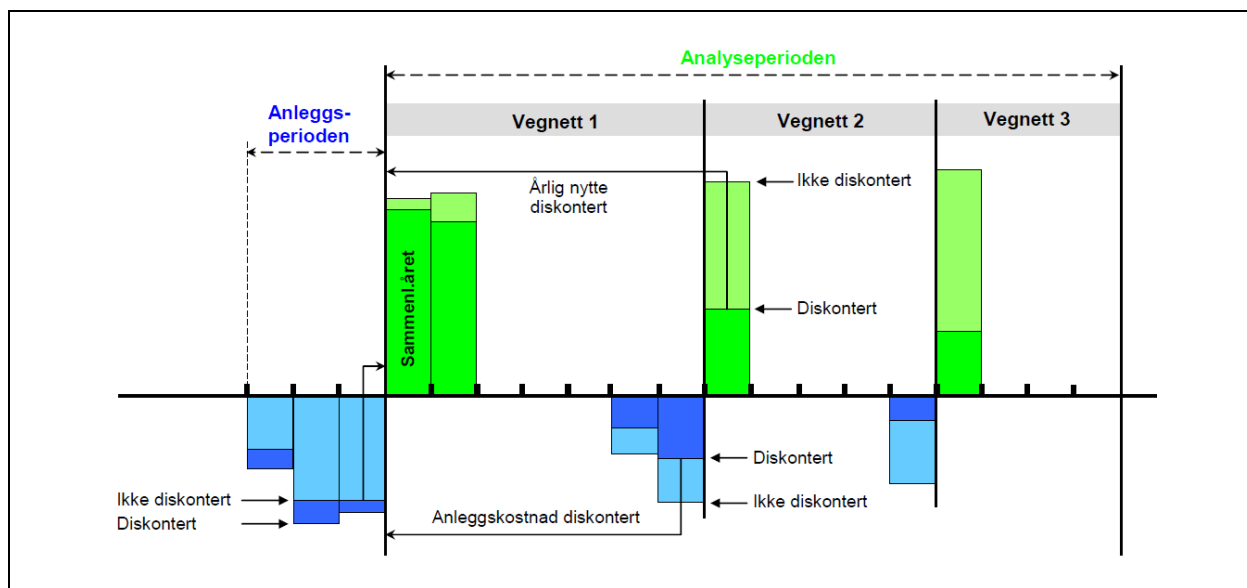
$$K_d = b_1 * (1+r)^{-0,5} + a_2 * (1+r)^{-1,5} + a_3 * (1+r)^{-2,5} + \dots + a_P * (1+r)^{-(P-0,5)}$$

Kostnadene beregnes for eksisterende situasjon (alternativ 0) og for planlagt situasjon for hver konsekvens. Det er endringen (differansen) mellom eksisterende og planlagt situasjon som regnes som nytte for de enkelte konsekvensene.



### 1.3.3 Etappevis utbygging

I en utbyggingsplan kan det defineres flere vegnett som skal være i funksjon i ulike tidsperioder gjennom analyseperioden. På denne måten er det mulig å beregne etappevise utbygginger.



Figur 5: Diskontering ved etappevis utbygging

Her er det forutsatt 3 vegnett (etapper) i utbyggingsplanen for analyseperioden. For hvert vegnett er det gitt et åpningsår i bildet **Utbyggingsplaner**.

#### Kostnader i anleggsperioden

Anleggsperioden for hvert vegnett er forutsatt avsluttet året før åpningsåret for det aktuelle vegnettet. For vegnett 1 vil dette være året før sammenligningsåret. Hvis det er kun ett vegnett (en etappe) i hele analyseperioden, vil alle anleggskostnader påløpe før sammenligningsåret, som forklart i tilknytning til Figur 3 (dette er det mest vanlige).

Det er kun kostnader som påløper før sammenligningsåret som diskonteres opp. For vegnett 2 vil anleggsperioden pågå i de to årene før åpningsåret for dette vegnettet. De årlige anleggskostnadene blir diskontert ned til sammenligningsåret fra året de påløper. Anleggskostnadene for vegnett 3 blir på samme måte diskontert ned fra året før åpningsåret for dette vegnettet (alle kostnadene påløper dette året).

Det kan også være etablert et vegnett i anleggsperioden før sammenligningsåret (anleggsvegnett), for å beregne kostnader for konsekvenser i denne perioden. Kostnadene for disse konsekvensene blir diskontert opp til sammenligningsåret for hvert år i anleggsperioden.

#### Kostnader i analyseperioden

Alle kostnader (inkludert anleggskostnader) som påløper i analyseperioden etter sammenligningsåret blir diskontert ned til sammenligningsåret. Selve diskonteringen ved etappevis utbygging gjøres på samme måte som forklart ovenfor.

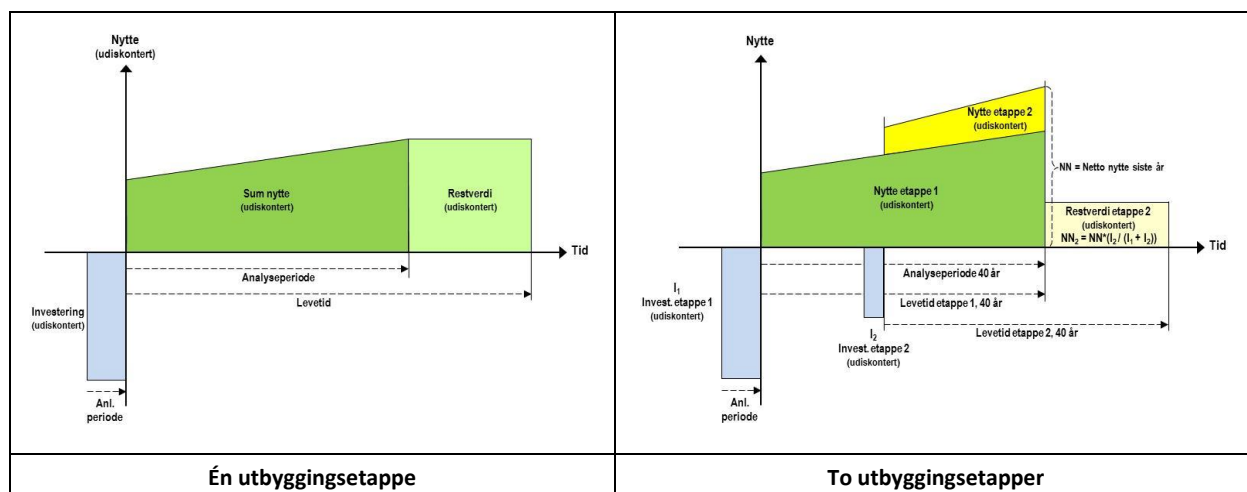
## 1.4 Restverdi

I EFFEKT 6.6 brukes det en standard analyseperiode på 40 år fra åpningsåret for første etappe i en utbyggingsplan, samt en standard levetid på 40 år for alle investeringer. Det er ikke mulig å gjøre beregninger med en levetid som er kortere enn analyseperioden. Når både levetid og analyseperiode er like lange (standard 40 år), og det ikke gjøres nye investeringer i analyseperioden, vil det ikke bli beregnet noen restverdi.

En investering kan imidlertid ha en **restlevetid** ved utløpet av analyseperioden, enten fordi levetiden er lengre enn analyseperioden, eller fordi det er forutsatt en eller flere utbyggingsetapper utover i analyseperioden. Slike investeringer vil ha en nytte og dermed en restverdi ved utløpet av analyseperioden. Restverdi er kun aktuelt for investeringer som antas å ha en restlevetid ved utløpet av analyseperioden.

Prinsippet for beregning av restverdi er basert på metodikken som er skissert i NOU 2012:16 [5], med visse tilpasninger (avklart i Vegdirektoratet). Dette prinsippet er nytt i forhold til tidligere versjoner av EFFEKT 6.

Det tas utgangspunkt i utbyggingsplanens beregnede netto nytte i siste år i analyseperioden, se Figur 6. Dersom denne netto nytten kan tilskrives flere investeringer med ulik restlevetid, blir nytten fordelt på de aktuelle investeringene i henhold til investeringenes størrelse som vist for etappe 2 til høyre i figuren.



Figur 6: Prinsipp for beregning av restverdi i EFFEKT 6.6

Nytten siste år i analyseperioden forutsettes å være konstant over restlevetiden for de aktuelle investeringene (utbyggingsetappene). Nyttet i hvert enkelt år i restlevetiden diskonteres så til sammenligningsåret med gitt kalkulasjonsrente, og summeres sammen med prosjektets øvrige nytte. Det beregnes en *samlet* restverdi for alle nyttekomponentene etter analyseperiodens utløp.

For prosjekter med mer enn én utbyggingsetappe i analyseperioden er restverdiregningen basert på at alle etappene gir et bidrag til netto nytte i siste år av analyseperioden som er proporsjonal med størrelsen på investeringen i de enkelte etappene. Dette er vist til høyre i Figur 6.

I denne omgang beregnes det en samlet restverdi for alle nyttekomponentene etter analyseperiodens utløp. Senere kan det være aktuelt å forfine disse beregningene ved å se på enkelte kostnadstyper som trafikantnytte, ulykkeskostnader og miljøkostnader hver for seg.

## 1.5 Skattefaktor

Det er gjennom Finansdepartementet bestemt at det for alle inn-/utbetalinger over offentlige kasser skal beregnes en ekstra skattekostnad. Dette gjelder også bevilgninger til drift og vedlikehold av veger samt tilskudd til ferjedrift og annen kollektivtransport.

Skattekostnaden beregnes gjennom en såkalt skattefaktor  $F_s$  som er satt til:

$$F_s = 1,2 \quad \text{Standardverdi, gitt i bildet } \mathbf{\text{\O}konomidata}$$

Skattefaktoren er fastsatt av Finansdepartementet og utgjør 20 % av beregnet endring i kostnader eller inntekter over offentlige budsjetter. Alle kostnader over offentlige budsjett blir multiplisert med denne faktoren, som betyr en ekstra skattekostnad på 20 øre pr krone. Dette er en standardverdi som ikke skal endres uten at annet er bestemt.

Gjennom denne skattefaktoren tas det hensyn til at offentlige prosjekter finansieres ved beskatning, og skatteinnkrevningen medfører administrative kostnader. Dessuten fører økte skatter til effektivitetstap, fordi ressursbruken påvirkes av skatteøkning.

## 1.6 Avgifter

Ved beregning av bruttokostnader i EFFEKT 6 er det markedspriser inklusiv ulike skatter og avgifter som legges til grunn. For å kunne beregne netto kostnader ligger det i EFFEKT inne offisielle avgifter på hver enkelt kostnadskomponent som vist i tabell Tabell 3.

Tabell 3: Avgifter som inngår i beregningene (prinsnivå 2013)

Aktør	Kostnadskomponent	Avgiftstype															
		Engangsavgift (kr/km)	Vanlig årsavgift (kr/km)	Vektårsavgift (kr/time)	Vektårsavgift (kr/km)	Omreg.avgift (kr/time)	Omreg.avgift (kr/km)	Ben.savgift (kr/liter)	Autodieselavgift (kr/liter)	CO2-årsavgift, bensin (kr/liter)	CO2-årsavgift, diesel (kr/liter)	Svovelavgift (kr/liter)	Mva investering <sup>1)</sup>	Mva drift og vedlikehold <sup>2)</sup>	Mva på transport	Ordinær mva	
Trafikanter og transportbrukere	Kjøretøykostn. lette, i tjeneste	0,21	0,07				0,02	4,78	3,75	0,91	0,61						
	Kjøretøykostn. lette, utenom tjeneste	0,21	0,07				0,02	4,78	3,75	0,91	0,61					25 %	
	Tidsavhengige driftskostnader, lastebiler			1,38		0,76											
	Tidsavhengige driftskostnader, vogntog			2,31		0,75											
	Tidsavhengige driftskostnader, busser			2,31		1,33											
	Distanseavh. kjøretøykostn., tunge				0,04		0,01		3,75		0,61						
	Billetter koll.reiser, utenom tjeneste															8 %	
	Parkering offentlig, utenom tjeneste																25 %
	Parkering privat, utenom tjeneste																25 %
Operatører	Driftskostnader, busser			2,31	0,04	1,33	0,01		3,75		0,61						
	Driftskostnader, ferjer										0,61	0,08					
	Innkrevingskostnader bomstasjoner												22 %				
	Bompengoverføringer												22 %				
	Private bidrag til bygging m.m.												22 %				
Det offentlige	Investeringskostnader												22 %				
	Drifts- og vedlikeholdskostnader													22 %			
	Inntekt for Det offentlige <sup>3)</sup>	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja

<sup>1)</sup> Mva investering er lik **Mva for investering** i bildet Økonomidata (standardverdi 22 %, kan endres).

<sup>2)</sup> Mva drift og vedlikehold er lik **Mva for drift og vedlikehold** i bildet Økonomidata (standardverdi 22 %, kan endres).

<sup>3)</sup> Alle avgiftene beregnes som kostnader for de aktuelle aktørene og som inntekter for Det offentlige (Statskassen).

## 1.7 Rentekorreksjon av kapitalkostnader fra Kollektivmodulen

I Kollektivmodulen i Cube/RTM blir det beregnet årlige kapitalkostnader for følgende kollektivtransportmidler:

- Buss
- T-bane
- Trikk
- Tog
- Hurtigbåt

Beregningene i Kollektivmodulen er basert på en kalkulasjonsrente på 4,5 %. Levetiden for de aktuelle transportmidlene varierer. Derfor må kapitalkostnadene regnes om i henhold til den kalkulasjonsrenten som brukes i EFFEKT. Formelen for denne omregningen er slik:

$$\text{kapkost}_r = \text{kapkost}_{4,5} * (((1+r)^{(L-1)} * r) / ((1+r)^{(L-0,5)} - (1+r)^{(-0,5)})) / (((1+r_{4,5})^{(L-1)} * r_{4,5}) / ((1+r_{4,5})^{(L-0,5)} - (1+r_{4,5})^{(-0,5)}))$$

- $\text{kapkost}_r$  = Årlig kapitalkostnad for en vilkårlig kalkulasjonsrente  $r$   
 $\text{kapkost}_{4,5}$  = Årlig kapitalkostnad for en kalkulasjonsrente på 4,5 %, dvs.  $r = 0,045$   
 $r$  = Kalkulasjonsrente brukt i EFFEKT (standardverdi 4,0 %). Gjelder for  $r \neq 0$   
 $L$  = Kollektivtransportmidlets levetid

For kalkulasjonsrente  $r = 0$  % er omregningen slik:

$$\text{kapkost}_r = \text{kapkost}_{4,5} / [L * (((1+r_{4,5})^{(L-1)} * r_{4,5}) / ((1+r_{4,5})^{(L-0,5)} - (1+r_{4,5})^{(-0,5)}))]$$

## 2 Kjøreart og forsinkelse

### 2.1 Grunnlag og hovedprinsipper

Det er en (felles) fartsmodell for **1- og 2-felts** veger og en modell for **flerfelts** veger. Flerfelts veger regnes her som veger med **4 og 6 felt**. I dagens fartsmodell er det ikke mulig å beregne kjøreart for 3-felts og eventuelt 5-felts veg direkte.

Modellen er delt inn i følgende hoveddeler:

- I Beregning av basisart (ved «null» trafikk)
- II Korreksjon for trafikkmengde og trafikkvariasjon
- III Konstant art på lenke (alternativ til del I og II)
- IV Beregning av forsinkelse i kryss
- V Forsinkelse på lenke (tillegg eller alternativ til del IV)

Fartsmodellen ble tatt i bruk i tilknytning til versjon 5 av EFFEKT, og er primært utviklet for beregning av art utenfor tettbygd strøk [6] og [7]. Det er en hoveddel for artsgrense 80 km/t og lavere, og en enkel modell for 90 km/t. I tilknytning til versjon 6 av EFFEKT er modellen fra versjon 5 supplert med svært enkle «modeller» for artsgrense 100 km/t og 110 km/t, samt at det er gjort visse tilpassinger av den tidligere modellen for 90 km/t [8].

Denne modellen er en såkalt regresjonsmodell som er utviklet med grunnlag i regresjonsanalyse av registrerte strekningsarter langs ulike strekninger i noen fylker. Strekningene er valgt ut slik at de er mest mulig homogene med hensyn på geometrisk standard og trafikkmengder. De fleste strekningene som ble brukt til registrering hadde en lengde på 3-5 km.

Det er en direkte **sammenheng** mellom fartsmodellen og beregning av **kjøretøystnader** (kapittel 3), da beregnet art brukes direkte som grunnlag for drivstoffberegningene.

#### 2.1.1 Kjøreart

I **del I** beregnes en **basisart**, som er avhengig av sentrale data om **vegstandarden** langs hver lenke. På denne måten tas det hensyn til kontinuerlig variasjon i vegstandard innenfor en lenke, og betydningen dette har for reisetiden i et vegnett. Dette påvirker også kjøretøystnadene kontinuerlig innenfor hver lenke, ved sammenhengen mellom farts- og drivstoffmodellen.

I **del II** blir basisarten fra del I korrigeret for **trafikkmengde** med grunnlag i en sammenheng som beskriver hvordan arten varierer med volum/kapasitet-forholdet. Denne korreksjonen er utviklet ut fra registrerte sammenhenger mellom art og trafikkvolum.

Som grunnlag for korreksjonen for trafikkmengder er det etablert en modell for å beskrive **trafikkvariasjon** over døgnet (året) [9]. Det er brukt 7 ulike variasjonskurver som skal dekke de mest vanlige trafikkvariasjonssituasjonene i et prosjektområde. Trafikkvariasjonen defineres på prosjektnivå, slik at trafikken på alle lenker i alle vegnett innenfor området har samme variasjonsmønster. For hver av variasjonskurvene er det definert ulike **belastningsperioder**. Hver periode utgjør en definert andel av året (døgnet), og hver periode avviker en gitt andel av den totale trafikkmengden. Det er i tillegg mulig å definere en gjennomsnittssituasjon med én belastningsperiode som gjelder i alle situasjoner.

Som et alternativ til artsberegning i del I og II, blir det i **del III** brukt **konstant art** som er gitt i bildet **Vegstandard**. Denne arten er konstant for alle år i analyseperioden, og vil erstatte beregnet art fra del I og II. Artene gis for hver kjøretøytype, slik at det er mulig å gi arten for noen typer, og bruke fartsmodellen for de andre typene. Dette er f.eks aktuelt å bruke ved undersjøiske tunneler, som vanligvis har relativt lange og bratte stigninger.

## 2.1.2 Forsinkelse

I del IV beregnes det **forsinkelse i kryss** med grunnlag i metodikk som er lagt inn i EFFEKT [10]. Kryssforsinkelsen beregnes med grunnlag i data om bl.a krysstype, regulering og geometri, og er basert på metodikk fra vanlig brukte modeller for beregning av avvikling og forsinkelse i kryss.

Spesiell forsinkelse på lenke kan gis manuelt i bildet **Vegstandard** (del V). Denne forsinkelsen regnes i tillegg til forsinkelse som eventuelt er beregnet i del IV.

Den beregnede forsinkelsen inngår i beregning av **tidskostnader og drivstofforbruk**, sammen med beregningene i del I og II (eventuelt III). Forsinkelsen inngår også i beregnet gjennomsnittsfart på en lenke (kan skrives ut i utskriften **Gjennomsnittsfart**).

## 2.1.3 Grunnlag for fartsmodellen

Ved etablering av fartsmodellen ble det i utgangspunktet tatt hensyn til følgende parametere som kan påvirke kjørefarten:

- Fartsgrense
- Horisontalkurvatur
- Stigningsforhold
- Bredder
- Timetrafikk
- Retningsfordeling
- Andel forbikjøringssikt

Horisontalkurvatur, stigning og bredde inngår direkte i ligningene som er etablert i modellen. Fartsgrense behandles ved at det er egne ligninger avhengig av fartsgrense, med ett ligningssett for 80 km/t og lavere og ett for hver av fartsgrensene 90, 100 og 110 km/t. Hensynet til retningsfordeling for 1- og 2-felts veier er løst ved at det beregnes i **hver kjøeretning**. Timetrafikken er ikke med i beregningen av basisfarten, fordi basisfarten representerer fri fart ved «null» trafikk. Korreksjon for ulike trafikkmengder gjøres i del II i beregningene. Forbikjøringssikten er i modellen antatt å ha mindre betydning for basisfarten. Det er dessuten vanskelig å skaffe kontinuerlige data om forbikjøringssikten foreløpig. Et anslag på andel forbikjøringssikt inngår imidlertid ved korreksjon av kapasiteten i del II.

## 2.1.4 Sammenheng med drivstoffmodellen

Fartsmodellen har nær sammenheng med **drivstoffmodellen**, som er grunnlaget for å beregne kjøretøykostnader i EFFEKT, jfr. kapittel 3. Beregnet fart på de enkelte delstrekningene er direkte grunnlag for beregning av drivstofforbruket på de samme delstrekningene. Det er nøyaktig de **samme delstrekningene** som brukes i både farts- og drivstoffmodellen. En del av prinsippene for inndeling i delstrekninger er bestemt av virkemåten for drivstoffmodellen.

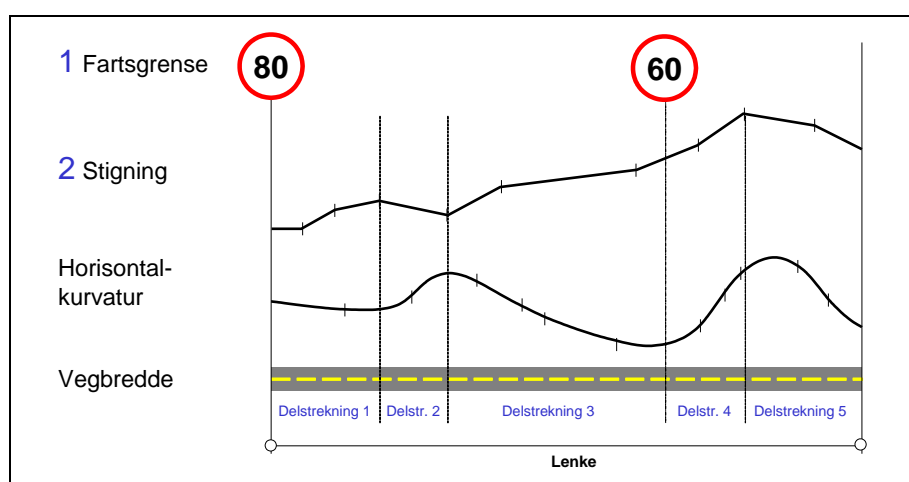
## 2.2 Del I: Beregning av basisfart

Den beregnede basisfarten representerer «fri» kjøring, i den forstand at farten ikke er påvirket av annen trafikk. Basisfarten beregnes ved hjelp av regresjonsligninger for lette og tunge kjøretøy. Korreksjon av basisfarten på grunn av trafikkmengde gjøres i del II.

### 2.2.1 Inndeling i delstrekninger

Beregning av basisfarten skjer i flere trinn innenfor en lenke som er definert i EFFEKT. Lenken blir først automatisk delt inn i flere delstrekninger, avhengig av hvordan fartsgrense og stigningsforhold varierer langs lenken, se Figur 7. Det beregnes fart i hver retning for seg, slik at det kan bli ulik fart i hver kjøretning, avhengig av veggeometrien.

Fartsgrense og stigningsforhold er de to hovedkriteriene for inndeling i delstrekninger innenfor en lenke. Innenfor hver delstrekning blir det deretter tatt hensyn til horisontalkurvatur og bredde.



Figur 7: Prinsipp for inndeling i delstrekninger ved beregning av basisfart

#### **Kriterium 1: Fartsgrense**

Først tas det hensyn til fartsgrensen. Hvis fartsgrensen varierer innenfor en lenke, blir lenken delt opp i delstrekninger, slik at det er samme fartsgrense innenfor en delstrekning.

Basisfarten for alle delstrekninger med fartsgrense 80 km/t eller lavere beregnes i utgangspunktet med den samme fartsmodellen. Når den endelige basisfarten er beregnet i del I, tas det (for fartsgrense lavere enn 80 km/t) hensyn til den virkelige fartsgrensen på delstrekningen.

#### **Kriterium 2: Stigningsforhold**

Når delstrekninger på grunn av fartsgrensen er bestemt, tas det utgangspunkt i stigningsforholdene langs lenken. Programmet definerer delstrekninger mellom laveste og høyeste punkt (eller omvendt) lokalt innenfor en strekning med samme fartsgrense, som vist i Figur 7. Innenfor en delstrekning blir det tatt hensyn til variasjonen i stigning, slik data er definert i bildet **Kurvatur**.

Når inndelingen på grunn av fartsgrense og stigning er utført, beregnes basisfarten innenfor hver delstrekning med grunnlag i fartsmodellen. Lenkens gjennomsnittlige kjørefart for lette, tunge og busser (ved generelle bussberegninger) beregnes til slutt.

#### **Horisontalkurvatur**

Med grunnlag i fartsmodellens oppbygging er det ikke nødvendig med oppdeling i delstrekninger på grunn av variasjon i kurvaturen langs en lenke. Det gjøres en **lengdevektet** horisontalkurvekorreksjon innenfor hver delstrekning som er bestemt gjennom kriterium 1 og 2. Korreksjonen er avhengig av kurvelengder med tilhørende radier innenfor delstrekningen.



### **Vegbredde**

Det gis en **gjennomsnittlig** vegbredde innenfor hver lenke, slik at bredden ikke er noe kriterium for inndeling i delstrekninger innenfor de enkelte lenkene.

Bredden bør imidlertid være et kriterium for å gjøre selve lenkeinndelingen. Hvis det er stor variasjon i vegbredde fra en vegstrekning til en annen, bør det etableres lenkedeler (f.eks ved tydelige «sprang» i breddestandard). Dette er særlig aktuelt for vegbredder i området 5,0 - 6,2 meter (jfr. nedenfor). Det må dessuten defineres lenkedeler der det er en endring i antall felt.

## **2.2.2 Trinn 1: Basisfart avhengig av fartsgrense**

### **1- og 2-felts veger**

Modellen for 1- og 2-felts veger er sammensatt av en modell for **smale** veger og en for «vanlige» **2-felts** veger. I grunnlaget for etablering av ligningene er det brukt dekkebredde. Ligningene for smale veger gjelder for strekninger med dekkebredde 5,0 m eller smalere, mens modellen for vanlige 2-felts veger gjelder for dekkebredde 6,2 m eller bredere. Ved bredder mellom 5,0 og 6,2 m beregnes det fart ved hjelp av begge ligningene, og endelig fart beregnes med «bidrag» fra begge, avhengig av bredden.

Ved beregningen gjøres det en omregning fra vegbredde til dekkebredde, basert på en sammenheng mellom registrerte veg- og dekkebredder langs strekninger i noen fylker:

$$\begin{aligned} B_d &= (B_v + 0,18)/1,1 \\ B_d &= \text{Dekkebredde, inklusiv asfaltert skulder} \\ B_v &= \text{Vegbredde (skulderkant - skulderkant)} \end{aligned}$$

Følgende ligninger brukes i modellen for smale veger og 2-felts veger:

#### **Fartsgrense 80 km/t og lavere**

$$\begin{aligned} \text{Smale veger: } V_l &= SF_l \cdot (196,8 \cdot HKF + 11,5 \cdot B_d - 190,9) \\ V_t &= 0,88 \cdot V_l \\ \text{2-felts veger: } V_l &= 143,1 \cdot HKF + 80,4 \cdot SF_l + 1,75 \cdot B_d - 155,6 \\ V_t &= 138,8 \cdot HKF + 75,1 \cdot SF_t + 1,81 \cdot B_d - 151,6 \end{aligned}$$

#### **Fartsgrense 90 km/t**

Smale veger: Det anses ikke realistisk med fartsgrense 90 km/t på smale veger (smalere enn 6,2 m).

$$\begin{aligned} \text{2-felts veger: } V_l &= 91,9 \cdot HKF \cdot SF_l \\ V_t &= 84,6 \cdot HKF \cdot SF_t \end{aligned}$$

### **Flerfelts veger**

Modellen for flerfelts veger gjelder for veger med **4 og 6 felt**. Følgende ligninger brukes i modellen:

#### **Fartsgrense 80 km/t og lavere**

$$\begin{aligned} V_l &= 87,3 \cdot HKF \cdot SF_l \\ V_t &= 82,1 \cdot HKF \cdot SF_t \end{aligned}$$

#### **Fartsgrense 90 km/t**

$$\begin{aligned} V_l &= 96,2 \cdot HKF \cdot SF_l \\ V_t &= 85,0 \cdot HKF \cdot SF_t \end{aligned}$$

HKF = Horisontalkurvefaktor, beregnes (lik for lette og tunge kjøretøy)

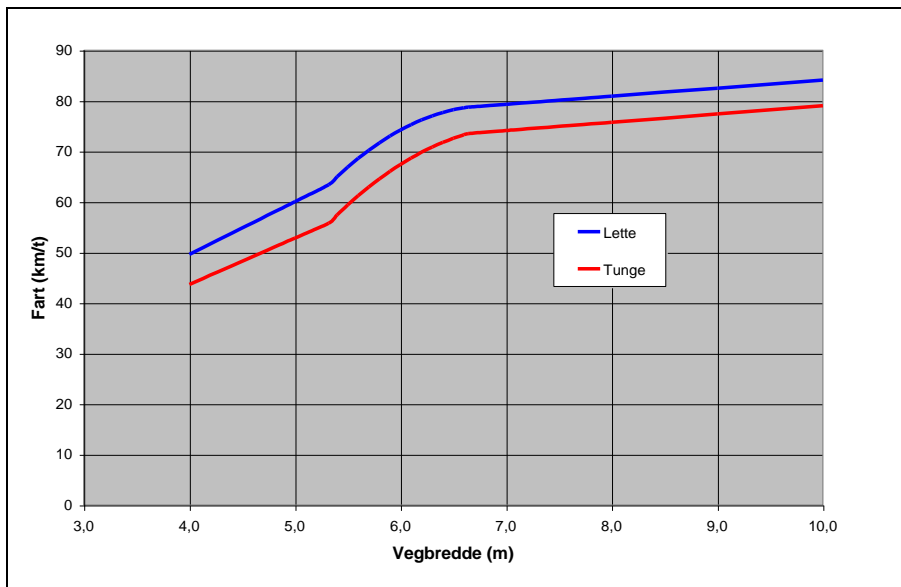
SF<sub>l</sub> = Stigningsfaktor for lette biler, beregnes

SF<sub>t</sub> = Stigningsfaktor for tunge biler, beregnes

B<sub>d</sub> = Gjennomsnittlig dekkebredde, omregnet fra vegbredde gitt i **Vegstandard**

På strekninger med fartsgrense lavere enn 80 km/t beregnes farten med ligningene for 80 km/t. Ved korreksjoner i trinn 2 tas det hensyn til den aktuelle fartsgrensen på strekningen (30 - 70 km/t).

Farten for 1- og 2-felts veger for et tilfelle ned rett, flat veg er vist i Figur 8 (ingen korreksjon for horisontalkurvatur og stigning).



Figur 8: Basisfart ved rett flat veg for 1- og 2-felts veger (fartsgrense 80 km/t, HKF = 1, SF = 1)

#### **Fartsgrense 100 km/t**

Det er laget en enkel «modell» for basisfarten ved fartsgrense 100 km/t, basert på målt gjennomsnittsfart for noen strekninger [8]:

$$\begin{aligned}V_l &= 103,1 \text{ km/t} \\V_t &= 86,2 \text{ km/t}\end{aligned}$$

Slike veger har høy geometrisk standard, og det er antatt at vegbredden (i praksis kjørefeltbredden) ikke har noen innvirkning på farten.

For tunge kjøretøy er det gjort en korreksjon av farten på grunn av såkalte **hastighetsbegrensere** («fartssperre») som nå er påbudt montert for lastebiler, vogntog og busser over visse totalvekter.

#### **Fartsgrense 110 km/t**

Det diskuteres å øke fartsgrensen fra 100 til 110 km/t langs noen strekninger. Det er derfor lagt inn mulighet til å bruke fartsgrense 110 km/t, for å ha et visst grunnlag for å vurdere virkninger av eventuelle slike tiltak. Den enkle «modellen» er basert på farten for 100 km/t og tidligere erfaringer for hvor mye farten i gjennomsnitt vil øke ved en fartsgrenseendring på 10 km/t. Dette gir følgende enkle «modell» for fartsgrense 110 km/t [8]:

$$\begin{aligned}V_l &= 107,2 \text{ km/t} \\V_t &= 87,0 \text{ km/t}\end{aligned}$$

Det er som for fartsgrense 100 km/t gjort en korreksjon av farten for tunge kjøretøy på grunn av fartsbegrensere.

## Korreksjon for horisontalkurvatur (HKF)

Farten korrigeres for horisontalkurvatur ved hjelp av horisontalkurvefaktoren. Det brukes **samme faktor** for lette kjøretøy, tunge kjøretøy og busser. Faktoren beregnes på følgende måte:

### Fartsgrense 80 km/t og lavere

$$\text{HKF} = 1,245 - 3,945 \cdot R^{-0,468}$$

$$\text{HKF} = 1$$

$$R < 380 \text{ m}$$

$$R \geq 380 \text{ m (ingen korreksjon)}$$

### Fartsgrense 90 km/t

$$\text{HKF} = 0,841$$

$$\text{HKF} = 0,7143 + 0,000635 \cdot R$$

$$\text{HKF} = 1$$

$$R < 200 \text{ m}$$

$$200 \text{ m} \leq R < 450 \text{ m}$$

$$R \geq 450 \text{ m (ingen korreksjon)}$$

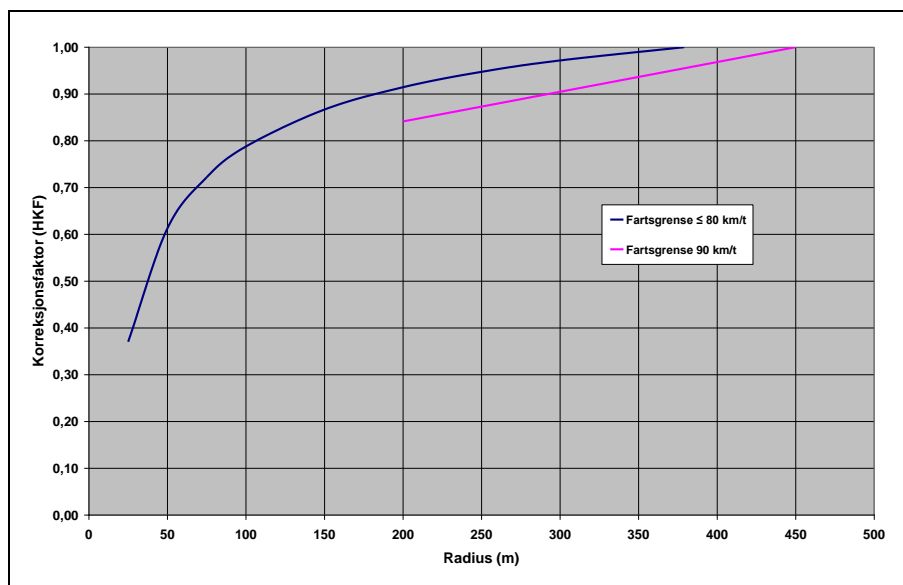
### Fartsgrense 100 og 110 km/t

Det er ingen korreksjon for horisontalkurvatur for disse fartsgrensene. Slike strekninger har høy og ensartet geometrisk standard. Det er derfor forutsatt at kjørefarten i svært liten grad vil være påvirket av horisontalkurvaturen.

Horisontalkurvefaktoren HKF er framstilt i Figur 9. Det brukes samme faktor for alle typer vegger (1 felts veg, 2 felts veg, flerfelts veg).

R er radius for hver enkeltkurve som er gitt langs lenken. HKF er en samlet **lengdevektet** faktor innenfor hver delstrekning som beregnes. Det er vanligvis flere enkeltkurver innenfor en delstrekning. Den vektete faktoren er beregnet med grunnlag i korreksjonsfaktoren for hver enkeltkurve.

Lengden på enkeltkurven er **hele** kurvelengden gitt i bildet **Kurvatur**, eller **en del** av kurven ved start/slutt av delstrekning eller lenke (når kurven passerer delstrekning eller lenkedele). Hvis det er gitt klotoider i kurvaturdata, blir klotoiden «omgjort» til tre eller to kurver, avhengig av klotoidens lengde (klotoider er mest aktuelt ved bruk/innlesing av data fra såkalt 10-tabell). Det beregnes en radius midt på hver av klotoidedelene. Denne radiusen representerer kurvaturen for den aktuelle klotoidedelen.



Figur 9: Korreksjonsfaktor for horisontalkurvatur (HKF)

## Korreksjon for stigning (SF)

Korreksjonen for stigningsforhold gjøres ved hjelp av stigningsfaktoren. Stigningsfaktoren beregnes for hver delstrekning som er definert etter kriterium 1 og 2, jfr. Figur 2.1. Faktoren beregnes etter en forenklet modell, med egne faktorer for **lette og tunge** kjøretøy. Det er også gjennomført regresjonsanalyser med en detaljert stigningsfaktor der strekningene ble delt opp i enkeltstigninger. Dette ga ingen vesentlig høyere forklaringsgrad (basert på data fra modellgrunnlaget), og ligningene for forenklet modell nedenfor brukes.

Korreksjonsfaktor for stigning beregnes på følgende måte, og er framstilt i Figur 10:

### Fartsgrense 80 km/t og lavere

$$\begin{aligned} SF_l &= 1,086 - 0,029 \cdot S && \text{for } S \geq 3 \%, \quad SF_l = 1 \text{ når } S < 3 \% \text{ (også } < 0 \%) \\ SF_t &= 1,096 - 0,048 \cdot S && \text{for } S \geq 2 \%, \quad SF_t = 1 \text{ når } S < 2 \% \text{ (også } < 0 \%) \end{aligned}$$

### Fartsgrense 90 km/t

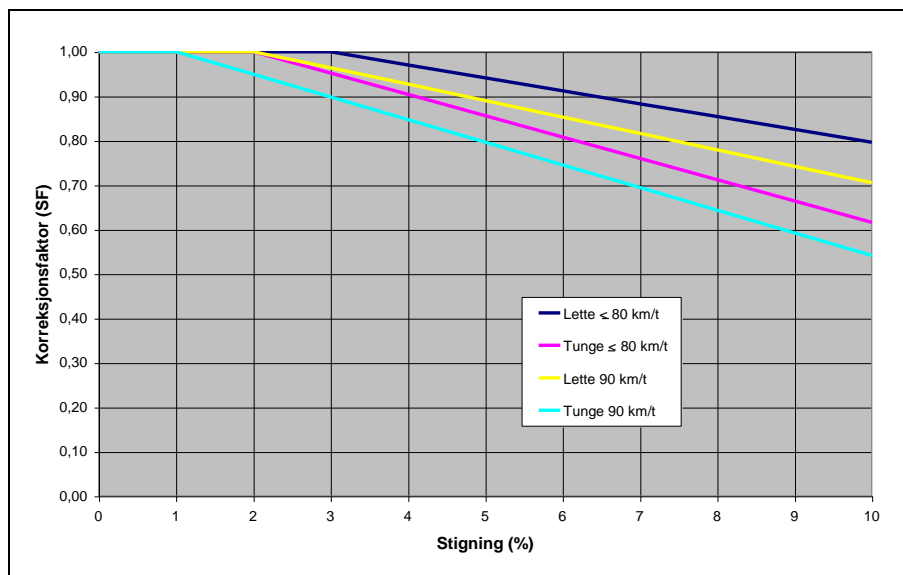
$$\begin{aligned} SF_l &= 1,0773 - 0,0386 \cdot S && \text{for } S \geq 2 \%, \quad SF_l = 1 \text{ når } S < 2 \% \text{ (også } < 0 \%) \\ SF_t &= 1,0490 - 0,0490 \cdot S && \text{for } S \geq 1 \%, \quad SF_t = 1 \text{ når } S < 1 \% \text{ (også } < 0 \%) \end{aligned}$$

### Fartsgrense 100 og 110 km/t

Det er ikke forutsatt noen korreksjon for stigning for disse fartsgrensene, som for horisontalkurvatur. Med den høye standarden slike strekninger vil få er det forutsatt at kjørefarten i liten grad vil være påvirket av stigningsforholdene.

S er verdien for hver enkeltstigning som er gitt langs lenken i bildet **Kurvatur**. SF er en **lengdevektet** faktor innenfor hver delstrekning som beregnes. Det er vanligvis flere enkeltstigninger innenfor en delstrekning. Den vektete faktoren er beregnet ut fra korreksjonsfaktoren for hver enkeltstigning.

Det er viktig å være klar over at kjøring i **nedoverbakke gir ingen korreksjon** på farten, uansett stigningsforhold (fall). Dette fordi resultatene fra registreringene ikke ga noen signifikant sammenheng med verdien for stigning.



Figur 10: Korreksjonsfaktorer for stigning (SF)

I metodikken er det til en viss grad tatt hensyn til **samvirket** mellom horisontalkurvatur og stigning, slik at det ikke gjøres «dobbel» korreksjon når det er horisontalkurver og stigning samtidig. Det tas hensyn til dette ved at horisontalkurvefaktoren og stigningsfaktoren for hver delstrekning blir sammenlignet. Hvis  $HKF < SF$ , settes  $SF = 1$ , som betyr at det ikke korrigeres for stigning. Ellers korrigeres det for horisontalkurvatur og stigning hver for seg.

### Korreksjon for grusdekke

Etter at det er korrigert for horisontalkurvatur og stigning, blir det tatt et visst hensyn til dekketypens innvirkning på beregnet fart (dekketype er definert som **Fast** eller **Grus**). Det er ingen fartskorreksjon avhengig av type fast dekke.

På lenker med grusdekke blir den beregnede farten **reduisert med 4 %**. Denne reduksjonen er basert på bl.a svenske undersøkelser.

*Eksempel:* Hvis beregnet fart etter korreksjon for horisontalkurvatur og stigning er lik 70 km/t, blir farten på grusdekke redusert til 67,2 km/t. Hvis utgangsfarten er 50 km/t, blir farten på grusdekke lik 48,0 km/t.

### 2.2.3 Trinn 2: Korreksjon til maksimalfart

Når basisfarten for hver delstrekning er beregnet, blir resultatet sammenlignet med faste maksimalverdier for fart, avhengig av fartsgrense i Tabell 4. Dette gjelder for fartsgrense lavere enn 80 km/t.

Tabell 4: Maksimal basisfart ved fartsgrenser < 80 km/t

Fartsgrense (km/t)	Fartsmodell		
	Smale veger	2-felts veger	Flerfelts veger
110	Som beregnet	Som beregnet	Som beregnet
100	Som beregnet	Som beregnet	Som beregnet
90	Som beregnet	Som beregnet	Som beregnet
80	Som beregnet	Som beregnet	Som beregnet
70	59	68,7	71,4
60	54	62,1	66,6
50	45	51,0	54,0
40	40	40	Uaktuelt
30	30	30	Uaktuelt

Ved fartsgrense fra 80 til 110 km/t brukes den beregnede basisfarten direkte. Hvis beregnet fart på strekninger med fartsgrense 70 - 30 km/t er større enn de faste verdiene i Tabell 4, brukes maksimalfarten i denne tabellen videre. Hvis beregnet fart er mindre enn disse verdiene, brukes den beregnede basisfarten.

Maksimal basisfart for fartsgrense 30 og 40 km/t er ikke etablert med grunnlag i data fra fartsmodellen. Her er det gjort en forenkling ved å sette maksimalfarten lik skiltet fart.

Maksimalfartene i Tabell 4 gjelder både lette, tunge og busser. Den endelige basisfarten beregnes gjennom trinn 1 og 2 foran. Denne farten er grunnlaget for korreksjon for trafikkmengde i del II.

## 2.3 Del II: Korreksjon for trafikkmengde

Den beregnede basisfarten fra del I blir i del II korrigeret for trafikkmengde på hver lenke. Det er flere trinn i del II, som grunnlag for å beregne den endelige strekningsfarten.

Hvis det er definert **kollektivfelt** langs en lenke, blir det ikke korrigeret for trafikkmengde ved beregning av bussenes kjørefart, slik at bussene kjører «uhindret» av annen trafikk. Langs kollektivfelt er farten for bussene lik basisfarten for busser. Farten for busser regnes som for tunge biler (unntatt ved konstant fart i del III).

### 2.3.1 Trinn 1: Kapasitet på strekning

Kapasiteten på en strekning er et nødvendig grunnlag for trafikkmengdekorreksjonen. Det er egne kapasitetsberegninger for 2-felts veier og flerfelts veier.

#### 1- og 2-felts veier

Kapasiteten for 2-felts veier beregnes generelt etter følgende formel, som også brukes for smale veier:

$$K_2 = 1400 \cdot F_r \cdot F_n \cdot F_e \cdot F_t$$

1400 = Maks. kapasitet pr kjøreretning

$F_r$  = Korreksjonsfaktor for retningsfordeling

$F_n$  = Korreksjonsfaktor for kjørefeltbredde og skulderbredde

$F_e$  = Korreksjonsfaktor for tunge kjøretøy

$F_s$  = Korreksjonsfaktor for stigningsforhold og forbikjøringsikt

Korreksjonsfaktor for retningsfordeling er vist i Tabell 5. I programmet er det etablert en ligning som beskriver disse tabelldata med god tilnærming.

Tabell 5: Korreksjonsfaktor for retningsfordeling for 1- og 2-felts veier

Retningsfordeling %	50/50	60/40	70/30	80/20	90/10	100/0
Korreksjon	1,00	0,94	0,89	0,83	0,75	0,71

Korreksjonsfaktor for **kjørefeltbredde og skulderbredde** er vist i Tabell 6. Det er forutsatt lik skulderbredde på begge sider av vegen. I programmet er det etablert en ligning som beskriver disse tabelldata med god tilnærming. Kjørefeltbredden regnes ut med grunnlag i gitt vegbredde og skulderbredde i bildet  
**Vegstandard:**

1-felt:  $B_k = B_v - 2 \cdot B_s$

2-felt:  $B_k = (B_v - 2 \cdot B_s) / 2$

$B_k$  = Kjørefeltbredde

$B_v$  = Vegbredde

$B_s$  = Skulderbredde

Tabell 6: Korreksjonsfaktor for kjørefelt- og skulderbredde for 1- og 2-felts veier

Kjørefeltbredde (m)	Skulderbredde (lik begge sider)			
	1,5 m	1,0 m	0,5 m	0,0 m
3,50	1,00	0,97	0,93	0,88
3,25	0,94	0,92	0,88	0,82
3,00	0,87	0,85	0,81	0,75
2,75	0,76	0,74	0,70	0,66

Ved fastsetting av korreksjonsfaktor for hvordan **tunge kjøretøy** virker inn på kapasiteten, beregnes det en korreksjonsfaktor  $F_e$ :

$$F_e = 100/[100 + A_l \cdot (E_l \div 1) + A_v \cdot (E_v \div 1) + A_b \cdot (E_b \div 1)]$$

$A_l$  = Andel lastebiler av trafikk i belastningsperioder  
 $A_v$  = Andel vogntog av trafikk i belastningsperioder  
 $A_b$  = Andel busser av trafikk i belastningsperioder  
 $E_l$  = Ekvivalensfaktor for lastebiler, hentes fra Tabell 7  
 $E_v$  = Ekvivalensfaktor for vogntog, hentes fra Tabell 7  
 $E_b$  = Ekvivalensfaktor for busser, hentes fra Tabell 7

Andelen av lastebiler og vogntog beregnes med grunnlag i inndata for fordeling mellom lastebil og vogntog i bildet **Generelle data**. Ekvivalensfaktorene for hver kjøretøytype hentes fra Tabell 7. Klassifiseringen av lenkens stigningsforhold langs veglinjen er gitt som egen datatype i bildet **Vegstandard**.

Tabell 7: Ekvivalensverdier for tunge biler og busser for 1- og 2-felts veger

Stigningsforhold	Ekvivalensfaktor			
	Lastebil	Vogntog	60% last/40% vtog *)	Buss
Flatt	1,6	2,4	1,9	1,6
Flatt/Kupert	2,2	4,8	3,2	2,2
Kupert	2,9	7,1	4,6	2,9
Kupert/Bratt	4,7	12,3	7,7	4,7
Bratt	6,5	17,5	10,9	6,5

\*) Verdi ved standard fordeling 60% lastebil/40 % vogntog

Til slutt korrigeres det for vegens stigningsforhold i forhold til andel forbikjøringssikt, som vist i Tabell 8. I programmet er det etablert en ligning for hver stigningsklasse som beskriver disse tabelldata med god tilnærming. Data om stigningsforhold og andel forbikjøringssikt er gitt som egne datatyper i bildet **Vegstandard**.

Tabell 8: Korreksjon for stigningsforhold og andel forbikjøringssikt for 1- og 2-felts veger

Andel forbi- kjøringssikt	Terrengtype				
	Flatt	Flatt/Kupert	Kupert	Kupert/Bratt	Bratt
100	1,00	0,99	0,97	0,94	0,91
80	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87
60	1,00	0,96	0,92	0,88	0,84
40	1,00	0,95	0,91	0,87	0,82
20	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80
0	1,00	0,95	0,90	0,84	0,78

Med grunnlag i ligningen og korreksjonene foran, beregnes kapasiteten for 2-felts veg. Beregningene gjelder begge kjøreretninger, men det tas hensyn til retningsfordeling av trafikken (omtalt foran).

## Flerfelts veger

Kapasiteten  $K_f$  for flerfelts veger beregnes generelt etter følgende formel:

$$K_f = 2000 \cdot n \cdot F_{sn} \cdot F_n \cdot F_e \cdot F_m$$

$2000$  = Maks. kapasitet pr kjørefelt  
 $n$  = Antall kjørefelt  
 $F_{sn}$  = Korreksjonsfaktor for servicenivå  
 $F_n$  = Korreksjonsfaktor for kjørefeltbredde (og avstand til sidehinder)  
 $F_e$  = Korreksjonsfaktor for tunge kjøretøy  
 $F_m$  = Korreksjonsfaktor for standardklasse (utbyggingsgrad)

I den opprinnelige kapasitetsformelen er det også mulig å korrigere for såkalt uvant trafikantpopulasjon. Det er valgt å ikke ta hensyn til dette i denne kapasitetsberegningen.

Det beregnes samlet kapasitet i hver kjøreretning, fordi farten regnes i hver retning. Det betyr at **antall felt** settes til 2 og 3 felt ved flerfelts veger med henholdsvis 4 og 6 felt.

Ved korreksjon for **servicenivå** regnes vegens kapasitet å tilsvare volumet ved såkalt servicenivå E. Tidligere var dette knyttet til dimensjonerende fart. Fra versjon 6.40 er det brukt **fartsgrense** som grunnlag. Selv om dimensjonerende fart og fartsgrense ikke er det samme, er det vurdert at det ikke vil gi endringer av særlig betydning å bruke fartsgrense i stedet for dimensjonerende fart for å bestemme korreksjonsfaktoren for servicenivå. Hvis fartsgrensen varierer innenfor en lenke, gjøres det beregning for hver delstrekning med samme fartsgrense. Det brukes følgende korreksjonsfaktorer  $F_{sn}$  for servicenivå:

$$\begin{aligned} \text{Fartsgrense} \leq 80 \text{ km/t} & : F_{sn} = 0,95 \\ \text{Fartsgrense} \geq 90 \text{ km/t} & : F_{sn} = 1,0 \end{aligned}$$

Korreksjonen for **kjørefeltbredde** og avstand til sidehinder gjøres med grunnlag i Tabell 9. Denne korreksjonen er basert på at det er sidehinder på en side av kjørebanelen. Det er i grunnlaget også korreksjon for variabel avstand til sidehinder. Her er det valgt å bruke fast avstand lik 1,5 m til sidehinder.

Tabell 9: Korreksjonsfaktor for kjørefeltbredde for flerfelts veger

Kjørefeltbredde (m)	Med midtdeler	Uten midtdeler
3,50	1,00	1,00
3,25	0,97	0,95
3,00	0,91	0,89
2,75	0,81	0,77

Ved fastsetting av korreksjonsfaktor for hvordan **tunge kjøretøy** virker inn på kapasiteten, beregnes det en korreksjonsfaktor  $F_e$ , på samme måte som forklart for 1-og 2-felts veger foran.

Ekvivalensfaktorene for hver kjøretøytype hentes fra Tabell 10. Klassifiseringen av lenkens stigningsforhold er gitt som egen datatype i bildet **Vegstandard**.

Tabell 10: Ekvivalensfaktorer for tunge biler og busser for flerfelts veger

Stigningsforhold	Ekvivalensfaktor			
	Lastebil	Vogntog	60% last/40% vtog *)	Buss
Flatt	1,5	1,9	1,7	1,5
Flatt/Kupert	2,3	3,5	2,8	2,3
Kupert	3,0	5,0	3,8	3,0
Kupert/Bratt	3,5	8,5	5,5	3,5
Bratt	4,0	12,0	7,2	4,0

\*) Verdi ved standard fordeling 60% lastebil/40% vogntog



Til slutt korrigeres det for **standardklasse** som beskriver områdetypen vegen går gjennom. Korreksjonen gjøres med faktoren  $F_m$  som vist i Tabell 11. Begrepet standardklasse er ikke lenger i bruk. Fra versjon 6.40 er det brukt **fartsgrense** som grunnlag for å knytte korreksjonsfaktoren til områdetype.

Tabell 11: Korreksjon for standardklasse for flerfelts veier

Fartsgrense	Områdetype	Med midtdeler	Uten midtdeler
$\geq 65$ km/t	1 Utenfor tettbygd strøk	1,00	0,95
$< 65$ km/t	2 og 3 Middels tett og tett bebyggelse	0,95	0,80

Med grunnlag i kapasitetsligningen og korreksjonene foran, beregnes kapasiteten for flerfelts veier.

### 2.3.2 Trinn 2: Korreksjon for trafikkmengde

Ved korreksjonen for trafikkmengde blir trafikken delt inn i såkalte **belastningsperioder** over året. Det er forhåndsdefinert ulike belastningsperioder avhengig av variasjonskurve som velges i bildet **Trafikksammensetning**. De definerte belastningsperiodene er vist i Tabell 12.

Variasjonskurvene er i utgangspunktet etablert for vegtyper, i samsvar med definisjonene i Håndbok V713 Trafikkberegninger [11]. I EFFEKT er det forutsatt at trafikkdata gis på prosjektnivå (på grunn av konsistenskrav), slik at alle vegnett har samme variasjonsmønster. Dette har gjort det nødvendig å omdefinere variasjonskurvene fra å gjelde vegtype til å gjelde områdetype.

Tabell 12: Data for definerte belastningsperioder

Variasjonskurve	Belastningsperiode			
	Beskrivelse	Uker av året	Dager	Tidspunkt
<b>M0</b>	Gjennomsnittssituasjonen	Alle	Alle	Alle
<b>M1 – M5</b>	Morgenrush	Alle	Hverdager	06-09
	Formiddag	«	«	09-15
	Ettermiddagsrush	«	«	15-18
	Kveld/Natt	«	Alle	18-06
	Helg	«	Lørdag-Søndag	06-18
<b>M6 – M7</b>	Hverdag, høst/vinter/vår	1-21, 35-52	Mandag-Torsdag	09-21
	Hverdag, sommer	22-34	Mandag-Torsdag	09-21
	Helgedag, høst/vinter/vår	1-21, 35-52	Fredag-Søndag	09-21
	Helgedag, sommer	22-34	Fredag-Søndag	09-21
	Natt	Alle	Alle	21-09
<b>M8</b>	Egendefinert, maks. 5 perioder	Gir antall timer pr år for hver periode		

For hver belastningsperiode er det definert hvor stor andel av totaltrafikken som avvikes i den aktuelle perioden, og hvor stor del av døgnet (året) hver periode utgjør (vises i bildet **Trafikksammensetning**). Dette er grunnlag for å beregne **volum/kapasitet**-forholdet ( $v/c$ ), som er nødvendig for å korrigere farten avhengig av trafikkmengden.

Innenfor hver belastningsperiode deles trafikken igjen inn i **belastningsklasser**. Belastningsklassen er en inndeling av trafikken i forhold til gjennomsnittlig trafikkbelastning. Hvis belastningen i en klasse f.eks er 250 %, betyr det at trafikkmengden i den aktuelle klassen er 2,5 ganger gjennomsnittlig trafikkbelastning.

Det er lagt til grunn visse **forutsetninger**, avhengig av trafikkmengde i forhold til kapasitetsgrensen:

- Hvis trafikkmengden innenfor en belastningsperiode aldri overstiger kapasitetsgrensen, behandles trafikken innenfor perioden med **én** belastningsklasse for variasjonskurve M1-M4, og med **fire** belastningsklasser for M5-M7.
- Dersom trafikkmengden innenfor en belastningsperiode overstiger kapasitetsgrensen i perioder, må det innføres **én ekstra** belastningsklasse.
- Farten for den delen av trafikken som avvikles i tidsperioder med kapasitetsoverskridelse settes lik 2/3 av farten ved kapasitetsgrensen.

Den **gjennomsnittlige strekningsfarten** for hver belastningsklasse beregnes med grunnlag i følgende ligning (i dette trinnet i beregningene brukes det gjennomsnittsfart for lette og tunge kjøretøy):

$$V = V_B - 10 \cdot V_B / V_K \cdot \text{VOL} / K - (V_B - V_K - 10 \cdot V_B / V_K) \cdot (\text{VOL} / K)^6$$

$V_B$  = Basisfarten beregnet i del I. Dette er farten ved «null» trafikk

$V_K$  = Farten ved kapasitetsgrensen:

=  $60 - 0,5 \cdot (80 - V_B)$  når  $50 \leq V_B \leq 80$  km/t

= 60 km/t når  $V_B > 80$  km/t

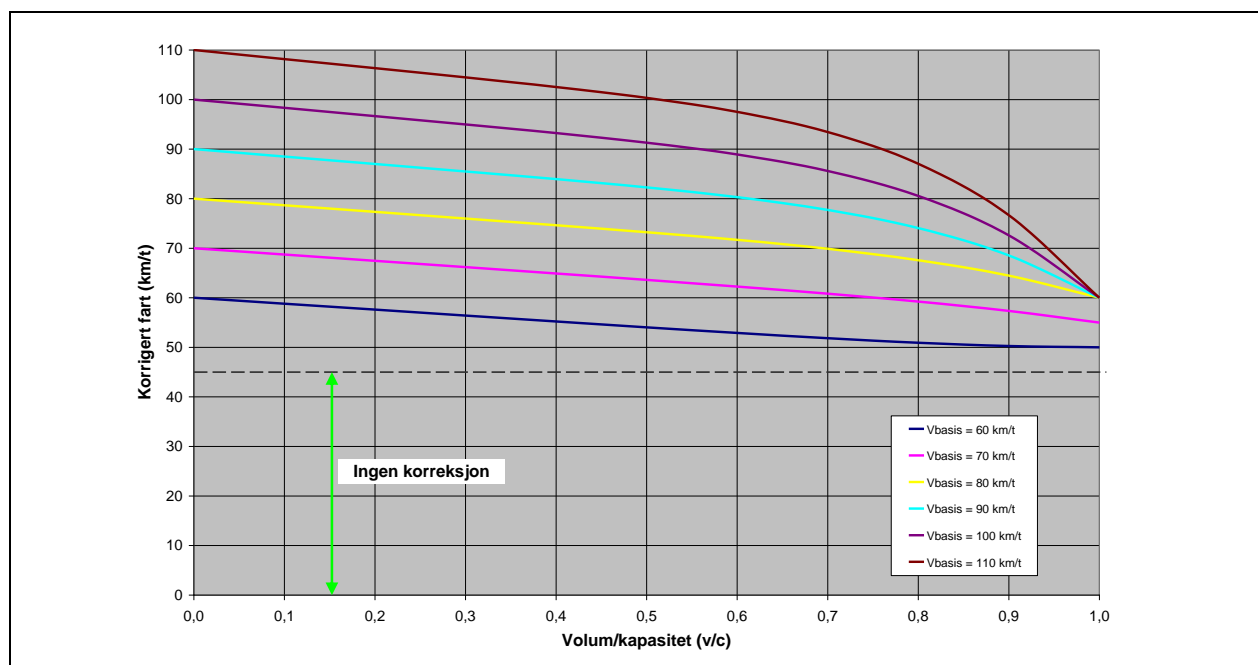
= 45 km/t når  $V_B < 50$  km/t

$\text{VOL}$  = Trafikkvolumet

$K$  = Beregnet strekningskapasitet

Denne sammenhengen er etablert med grunnlag i registrerte fart/volum-kurver for hvordan farten varierer i **én retning**, avhengig av trafikkvolum. Ligningen brukes for alle typer veier (1, 2, 4, 6 felt).

Den trafikkmengdeavhengige korreksjonen av basisfarten er vist i Figur 11. Ved basisfart lavere enn 45 km/t korrigeres **ikke** farten for trafikkmengde. For trafikk som avvikles i tidsperioder med overskridelse av kapasitetsgrensen, settes farten lik 2/3 av farten ved kapasitetsgrensen.



Figur 11: Fartskorreksjon avhengig av trafikkmengde (v/c-forhold)

Strekningsfarten for trafikk som avvikles i de ulike belastningsklassene vektes etter volumet i hver av klassene, og gjennomsnittsfarten for belastningsperioden beregnes.

Den resulterende gjennomsnittsfarten for hver belastningsperiode gjelder for **hele trafikkstrømmen** (sum lette, tunge og busser ved generelle beregninger). Det gjøres til slutt en «oppsplitting» av farten for hver kjøretøytype for å finne den endelige farten.

### 2.3.3 Trinn 3: Endelig kjørefart for hver kjøretøytype

Forholdet mellom farten for tunge og lette kjøretøy vil nærme seg 1 (lik fart) når volum/kapasitetforholdet øker. Ved «null» trafikk har en kommet fram til standard forholdstall for gjennomsnittsfart tunge/lette gitt i Tabell 13.

Tabell 13: Forhold gjennomsnittsfart tunge /gjennomsnittsfart lette kjøretøy ved «null» trafikk

Fartsgrense	1- og 2-felts veger	4- og 6-felts veger
70	0,97	0,96
60	0,98	0,97
50	0,99	0,98
40	1,00	0,99
30	1,00	1,00

Dette er forholdstall som kun blir brukt hvis basisfarten er kommet fram på grunnlag av korreksjon til **maksimal basisfart** som vist i Tabell 4. Hvis basisfarten derimot er basert på de **beregnete** verdiene, brukes forholdet mellom de beregnede **basisfartene** for lette og tunge, for å finne den endelige (trafikkmengdekorrigerte) farten for lette og tunge kjøretøy.

For 1- og 2-felts veger øker faktoren fra funnet forholdstall til verdi lik 1 ved  $VOL/K = 0,6$ . For flerfelts veger økes verdien fra tabellverdien til verdi lik 1 ved  $VOL/K = 1$ . Dette er grenseverdier anslått med grunnlag i gjennomførte registreringer.

Det resulterende forholdstallet ( $\leq 1$ ) brukes til å «splitte» den beregnede gjennomsnittsfarten fra trinn 2, i en fart for lette og en fart for tunge/busser for hver belastningsperiode. Dette er den **endelige farten** som brukes ved beregning av tidsforbruk og tidskostnader.

## 2.4 Del III: Konstant fart på lenke

Det er mulig å gi **konstant** fart på en lenke. Farten gis for hver kjøretøytype i bildet **Vegstandard**.

Hvis det er gitt konstant fart, vil denne **overstyre** fartsmodellen på den aktuelle lenken. Det betyr at det for den aktuelle kjøretøytypen ikke beregnes fart kontinuerlig langs lenkene etter metodikken i del I og II. Den konstante farten blir brukt i alle situasjoner:

- Uavhengig av variasjon i vegstandard (fartsgrense, stigning, horisontalkurvatur, bredde)
- Ingen korleksjon for trafikkmengde (brukes i alle belastningsperioder)
- Konstant i alle år i analyseperioden

## 2.5 Del IV: Beregning av forsinkelse i kryss

Det blir automatisk beregnet kryssforsinkelse for de kryssene det er gitt data for i bildet **Kryssutforming**, og kun for disse. Dette er data som gis inn manuelt i EFFEKT.

Forsinkelser i kryss inngår i det totale tidsforbruket for kjøretøyene, i tillegg til kjøretid på strekninger som er beregnet med grunnlag i fartsmodellen i del I og II (og eventuelt del III). Beregning av kryssforsinkelse ble etablert i versjon 5 av EFFEKT og er basert på en forenkling av anerkjente metoder. Metodikken for beregning av kryssforsinkelse er i detalj beskrevet i [10].

Det beregnes gjennomsnittlig forsinkelse pr kjøretøy for kjøretøyene som passerer krysset. Kjøretøyene er fordelt på belastningsperiodene som er definert i tilknytning til trafikkvariasjonskurve M0 -M7 (jfr. kapittel 2.3).

Krysstypen er gitt i tilknytning til definisjonen av **knutepunkt**. Det er laget metodikk for tre krysstyper:

- T-kryss
- X-kryss
- Rundkjøring (R)

For T-og X-Kryss er det i tillegg ulike reguleringsformer (forkjørregulert, uregulert, signalregulert). Trafikkmengder og svingebevegelser finnes av trafikkbeskrivelsen for lenkene.

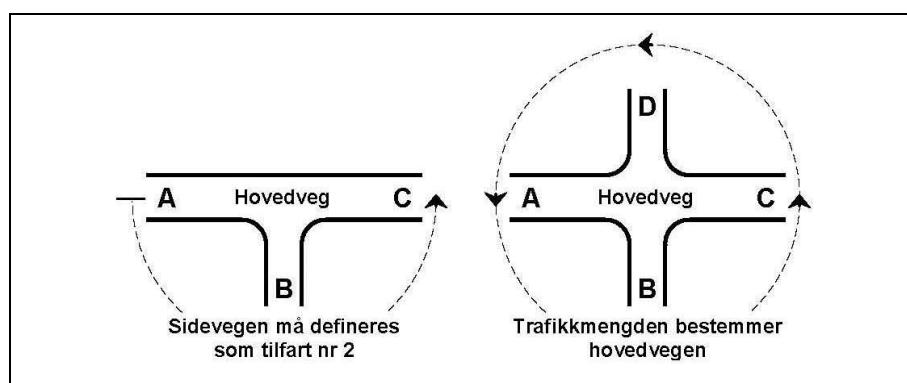
### 2.5.1 Forkjørregulerte kryss

Metoden for beregning av forkjørregulerte kryss er en forenkling av gjeldende metode for beregning av trafikkavvikling i slike kryss (tidligere Håndbok 127 Kapasitet i kryss). Figur 12 viser framgangsmåten for fastsetting av hovedveg i T- og X-kryss.

I T-kryss er sidevegen definert som tilfart nr 2. I X-kryss er hovedvegen bestemt av vegen som har størst trafikkmengde.

For hver svingebevegelse finnes følgende nødvendige data, basert på gitte forutsetninger i metodikken:

- Ordensklasse (for å angi rekkefølge for beregningene)
- Forkjørberettiget 1. ordens trafikk (MF)
- Reduksjonsfaktor på grunn av kø i 2. og 3. ordens strømmer (PK)
- Kritisk tidsluke (tkr)



Figur 12: Fastsetting av hovedveg i T- og X-kryss

## Beregning av kapasitet

Det beregnes først en **utgangskapasitet**  $K_0$  etter følgende formel:

$$K_0 = k_1 * k_2 * MF * e^{-m * tkr} / (1 - e^{-0,6 * m * tkr})$$

$k_1$  = Korreksjon for geometriske forhold:

God geometri :  $k_1 = 1,2$

Middels geometri :  $k_1 = 1,0$

Dårlig geometri :  $k_1 = 0,8$

$k_2$  = Korreksjon for tungtrafikk:

$k_2 = 1,1 - T$ , der T er andel tungtrafikk ( $k_2$  settes aldri mindre enn 0,8)

$m$  = Trafikkintensitet,  $m = M/3600$ , der M er volum for aktuell tilfart

Utgangskapasiteten korrigeres så for kødannelse i overordnede strømmer:

$$K = K_0 * PK$$

Kapasitetsberegningen for de ulike strømmene gjøres i rekkefølge, slik at de med høyest prioritet beregnes først. Til slutt finnes kapasiteten K for hvert enkelt kjørefelt.

## Beregning av forsinkelse

For kjørefelt med 1. ordens strømmer settes forsinkelsen lik 0. For andre kjørefelt beregnes forsinkelsen f (sek/kjt/døgn) etter følgende formler (K–M kan betraktes som kapasitetsreserve):

$$f = 3600 / (K - M) \quad \text{for } (K - M) > 60 \text{ kjt/t}$$
$$f = 120 - (K - M) \quad \text{for } (K - M) < 60 \text{ kjt/t}$$

K = Kapasitet for kjørefeltet

M = Volum for kjørefeltet

### 2.5.2 Uregulerte kryss

Det er ingen spesiell metode for beregning av kapasitet og avvikling i uregulerte (høyreregulerte) kryss. I praksis fungerer ofte slike kryss som om en veg naturlig har større prioritet enn den andre. I denne sammenheng er det derfor valgt å betrakte uregulerte kryss som en variant av forkjørsregulerte kryss.

#### Endringer i forhold til forkjørsregulerte kryss

Det er vanligvis bare ett kjørefelt i hver tilfart i slike kryss. «Hovedvegen» finnes ut fra trafikkmengden på hver tilfart. Det beregnes en prioritet ut fra forholdet mellom trafikkmengden på kryssende trafikstrømmer. Prioriteten gjenspeiler hvor stor andel av trafikken som «oppfører» seg som om den har forkjørsrett. I beregningene finnes det en gjennomsnittlig forsinkelse på hver tilfart ut fra metoden for forkjørsregulert kryss.

### 2.5.3 Signalregulerte kryss

Beregningen av signalregulerte kryss gjøres etter en forenkling av den såkalte Websters metode. I beregningen blir det brukt et enkelt signalprogram med bare to faser. Det antas et metningsvolum S' som vist i Tabell 14.

Tabell 14: Metningsvolum i signalregulerte kryss

Geometri	Effektivitet		
	Dårlig	Middels	God
Dårlig	1400	1600	1800
Middels	1500	1700	1900
God	1600	1800	2000

Metningsvolumet blir så korrigert for andel tungtrafikk (T) og antall felt i tilfarten (n):

$$\begin{aligned} S &= (1-T) \cdot S' \cdot n & T < 0,3 \\ S &= 0,7 \cdot S' \cdot n & T > 0,3 \end{aligned}$$

For hver fase finnes en relativ belastning y:

$$\begin{aligned} y_1 &= M_1/S_1 & M_1 &= \text{Volum i tilfart 1} \\ y_2 &= M_2/S_2 & M_2 &= \text{Volum i tilfart 2} \end{aligned}$$

Det settes så en total relativ belastning Y:

$$Y = y_1 + y_2$$

Det antas 4 sekunder tapt tid pr omløp, og omløpstiden C finnes som:

$$C = 11/(1-Y) \quad 11 = 1,5 \cdot \text{Tapt tid} + 5$$

Deretter kan grøntidene finnes:

$$\begin{aligned} g_1 &= y_1/Y \cdot (C-4) \\ g_2 &= y_2/Y \cdot (C-4) \end{aligned}$$

### Beregning av kapasitet

Kapasiteten K i signalregulert kryss beregnes slik:

$$K = S \cdot (g/C)$$

### Beregning av forsinkelse

Forsinkelsen beregnes etter Websters formel:

$$\begin{aligned} f' &= [C \cdot (1-\lambda)^2] / [2 \cdot (1-\lambda \cdot x)] + x^2 / [2 \cdot m \cdot (1-x)] - 0,65 \cdot (C/m^2)^{1/3} \cdot x^{2+5\lambda} \\ C &= \text{Omløpstid} \\ \lambda &= \text{Andel av omløpet med grønt signal } (\lambda = g/C) \\ x &= \text{Metningsgrad } (x = M/(\lambda \cdot S)) \\ m &= \text{Trafikkintensitet } (m = M/3600) \end{aligned}$$

For å unngå svært høye forsinkelser og en meget ustabil modell når en nærmer seg kapasitetsgrensen, beregnes det endelig forsinkelse for hver tilfart slik:

$$\begin{aligned} f &= f' & (K-M) > 60 \text{ kjt/t} \\ &= f'_{60} + (60 - (K-M)) & (K-M) < 60 \text{ kjt/t} \\ f'_{60} &= \text{Forsinkelsen dersom M settes slik at } (K-M) = 60 \end{aligned}$$

## 2.5.4 Rundkjøringer

For rundkjøringer brukes det en metode som er basert på engelske erfaringer. Metoden er noe tilpasset norske forhold, og er en forenkling av gjeldende norske metode.

Det er ikke nødvendig å definere noen hovedveg for en rundkjøring, men rekkefølgen av armene må defineres.

Først beregnes forkjørsberettiget sirkulerende trafikk foran hver tilfart med grunnlag i tabell gitt i metodikken.

### Beregning av kapasitet

En tilfarts kapasitet varierer lineært med forkjørsberettiget sirkulerende trafikk. Denne lineære sammenhengen bestemmes av faktorene  $K_{\max}$  og  $g$ , gitt i Tabell 15.

Tabell 15: Kapasitetsdata for rundkjøringer

	Type							
	Mini		Liten		Middels		Stor	
Geometri	$K_{\max}$	$g$	$K_{\max}$	$g$	$K_{\max}$	$g$	$K_{\max}$	$g$
Dårlig	1000	0,50	1200	0,54	1400	0,58	1600	0,61
Middels	1200	0,54	1400	0,58	1600	0,61	1800	0,63
God	1400	0,58	1600	0,61	1800	0,63	2000	0,65

Kapasiteten for hver tilfart bestemmes ut fra følgende formel:

$$K = K_{\max} - g \cdot \text{MFS}$$

$K_{\max}$  = Maksimal kapasitet, dvs. ved ingen sirkulerende trafikk

$g$  = Gradient for lineær sammenheng

MFS = Volum for forkjørsberettiget sirkulerende trafikk

### Beregning av forsinkelse

Forsinkelsen beregnes som for forkjørsregulerte kryss.

## 2.5.5 Beregning av total kryssforsinkelse

Kryssforsinkelsen beregnes kun for T-kryss, X-kryss og rundkjøringer, og kun for de det er gitt inndata for i bildet **Kryssutforming**. Dersom kryssene er definert i bildet **Knutepunkt**, men det ikke er gitt flere data om de enkelte kryssene, blir det ikke beregnet forsinkelse.

Forsinkelsen beregnes i formlene foran i sek/kjt/døgn. Den totale kryssforsinkelsen er summen av forsinkelsen for hvert kjørefelt for hver tilfart for hvert kryss det er gitt data for. Det beregnes forsinkelse for hvert år i analyseperioden, avhengig av trafikkmengden i hvert enkelt år. Til slutt blir forsinkelsen summert for alle år i hele analyseperioden.



## 2.6 Del V: Forsinkelse på lenke

Det er mulig å gi inn konstant forsinkelse på en lenke (i bildet **Vegstandard**). Denne forsinkelsen er lik for alle kjøretøytyper.

Hvis det er gitt forsinkelse, vil denne regnes **i tillegg** til eventuell forsinkelse som automatisk beregnes i kryss det er gitt kryssdata for (del IV). Forsinkelsen gis i sek/kjt/døgn og regnes **konstant** over alle år i hele analyseperioden.

Total lenkeforsinkelse  $F_l$  pr år regnes dermed ut på følgende måte for hver kjøretøytype:

$$F_l = f_l \cdot \text{ÅDT} \cdot 365$$

$f_l$  = Forsinkelse på lenke, gitt i bildet **Vegstandard**

ÅDT = Årsdøgntrafikk for aktuell kjøretøytype (lette, tunge, busser)

365 = Antall dager i året

Det beregnes forsinkelse for hvert år i analyseperioden, avhengig av trafikkmengden i hvert enkelt år. Til slutt summeres forsinkelsen for alle år i hele analyseperioden. Den beregnede forsinkelsen inngår i beregning av tidskostnader. Forsinkelsen spesifiseres på hver kjøretøytype, fordi det er egne timepriser avhengig av kjøretøytype.

## 3 Kjøretøykostnader

### 3.1 Hovedprinsipper

Hovedprinsippene for beregning av kjøretøykostnader er basert på metodikken som ble etablert i versjon 5 av EFFEKT [12] og [13]. Det er gjort noen justeringer og utvidelser. Dette er primært knyttet til oppsplitting i separate beregninger for bensin- og dieseldrevne lette kjøretøy, oppsplitting i separate beregninger for lastebil og vogntog, samt nye drivstoffprognoser.

Følgende delkostnader inngår i de samfunnsøkonomiske beregningene av kjøretøyenes driftskostnader:

- Drivstoff
- Dekk og olje
- Reparasjon og service
- Kapitalkostnader (lette biler)
- Avskrivninger (tunge biler)

Dette er de **distanseavhengige** driftskostnadene, som regnes ut med grunnlag i hvor langt de enkelte kjøretøyene beregningsmessig kjører. I tillegg kommer de tidsavhengige driftskostnadene. Disse regnes kun for tunge biler, og inngår i beregningen av tidskostnader (kapittel 4).

Det gjøres egne beregninger for lette biler, lastebiler, vogntog og busser. Det som tidligere ble regnet samlet som tunge biler er nå oppdelt med separate beregninger for lastebiler og vogntog. Det er lagt inn en landsgjennomsnittlig fordeling på 60 % lastebiler og 40 % vogntog (standardverdi, kan endres). For busser regnes drivstofforbruket med grunnlag i drivstofforbruket for lastebil, med en viss korreksjon. Dette regnes som en akseptabel tilnærming i denne sammenhengen.

I modellen er det gjort en inndeling i to hoveddeler:

- I Beregning av kjøretøyenes drivstoffkostnader ( $K_{DR1}$ )
- II Beregning av andre distanseavhengige driftskostnader ( $K_{DR2}$ )

**Drivstofforbruket** beregnes kontinuerlig innenfor hver lenke, avhengig av vegstandard, beregnet fart og trafikkbelastning ( $v/c$ -forhold) på strekningene. Disse beregningene gjøres for hver kjøretøytype, for hver delstrekning, for hver trafikkbelastningsperiode for hvert år i analyseperioden. Det er direkte sammenheng med **fartsmodellen** (kapittel 2), ved at beregnet fart brukes kontinuerlig som grunnlag for beregning av drivstofforbruket på hver lenke.

De **andre distanseavhengige** kostnadene beregnes med grunnlag i trafikkarbeidet (utkjørt lengde, kjøretøykilometer) for hver kjøretøytype, for hvert år i analyseperioden. Det gjøres i tillegg en viss korreksjon for vegdekkenes jevnhet.

## 3.2 Del I: Beregning av drivstofforbruk

### Generelt

Drivstofforbruk og -kostnader regnes som del I av kjøretøyenes driftskostnader. Forbruket beregnes i drivstoffmodellen. Drivstoffkostnadene beregnes med grunnlag i beregnet forbruk pr kjøretøytype, trafikkarbeidet og enhetsprisen for bensin og diesel.

Drivstoffmodellen har nær sammenheng med fartsmodellen (kapittel 2). Beregnet fart på delstrekninger innenfor en lenke inngår både ved fastsetting av basisforbruket og ved korreksjoner for vertikal- og horisontalkurvatur og stigningsforhold. Noen viktige forhold ved drivstoffmodellen:

- Modellen er utformet slik at det er mulig å endre de kjøretøytekniske parametrene, og på den måten «revidere» tallene, hvis dette skulle bli aktuelt i senere versjoner.
- Drivstoffberegningen er avhengig av vegdekkets tilstand, beskrevet med den såkalte IRI-verdien. Det er til en viss grad tatt hensyn til dekketilstandens endring i løpet av analyseperioden.
- Det tas utgangspunkt i trafikkbelastningen på vegen (volum/kapasitet), slik at det er mulig å bruke samme modell både i og utenom tettbygde strøk (stor og liten trafikk).
- Det er en egen metodikk for å korrigere (øke) drivstofforbruket på grunn av ujevn kjørefart, avhengig av trafikkbelastningen.
- Det er lagt inn prognoser for utvikling av drivstofforbruket gjennom analyseperioden.

### Hovedtrinn i beregningene

Selve beregningsgangen for drivstofforbruk er inndelt i 6 trinn, som oppsummert i dette kapitlet. Hovedtrekkene i beregningene er slik:

- Med grunnlag i beregnet fart beregnes det i trinn 1 et basisforbruk på enhetlige delstrekninger for hver kjøretøytype, avhengig av farten og dekkets jevnhet.
- Basisforbruket korrigeres deretter for hver kjøretøytype for stigningsforhold (trinn 2), for horisontalkurvatur (trinn 3) og for trafikkbelastningen (v/c-forholdet, trinn 4).
- Hvis det beregnes forsinkelser i kryss i vegnettet, beregnes det deretter et tillegg i drivstofforbruket på grunn av forsinkelsene (trinn 5).
- Til slutt korrigeres forbruket år for år, med grunnlag i en prognose basert på endringer i bilparkens sammensetning og teknisk utvikling (trinn 6).

Beregningene i trinn 1-3 er basert på jevn kjøring, mens det i trinn 4 korrigeres for ujevn kjøring (akselerasjon/retardasjon) avhengig av trafikkmengden i forhold til lenkens beregnede kapasitet.

### Beregning av delstrekninger

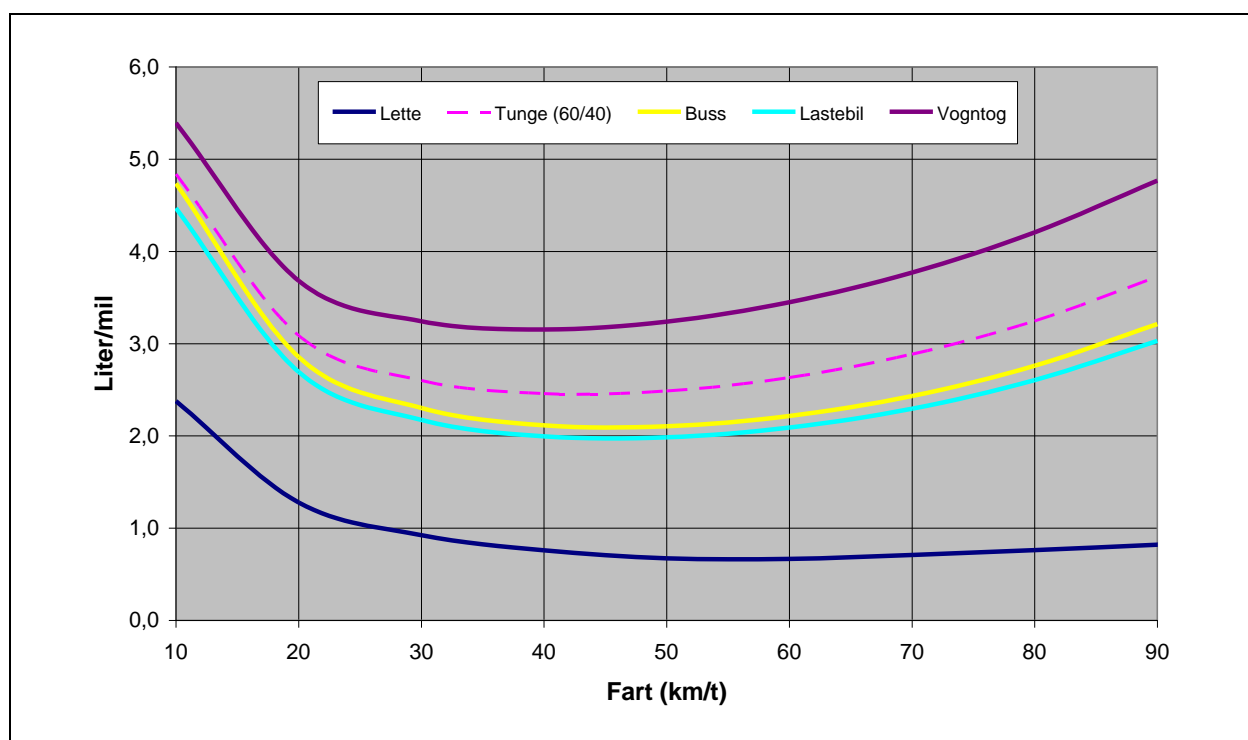
Drivstoffmodellen bruker nøyaktig de samme delstrekningene som de som brukes i fartsmodellen. Prinsippet for inndeling i delstrekninger er forklart i kapittel 2.2.1. Drivstofforbruket beregnes for hver delstrekning inne på en lenke, og beregningen gjøres i begge kjøreretninger. Dette betyr at det tas hensyn til vegens linjeføring (horisontalkurvatur og stigning) og variasjonen i denne.

### 3.2.1 Trinn 1: Basisforbruk på rett, flat veg

Det beregnes først et basisforbruk DF<sub>flat</sub> for rett, flat veg, avhengig av data om beregnet **kjørefart** og **jevnhet** (IRI). Beregningene gjøres på en og en delstrekning innenfor en lenke, for hver kjøretretning, for hver trafikkbelastningsperiode for hvert år i analyseperioden. Det gjøres separate beregninger for lette biler, lastebiler, vogntog og busser. For busser brukes forbruket for lastebiler, korrigert med en konstant faktor på 1,06.

Basisforbruket er vist samlet for alle kjøretøytyper i Figur 13. I modellen er det etablert egne ligninger for hver kjøretøytype. Forbruket er her vist i liter/mil, for å ha best «føling» med tallene.

Fra versjon 6 ble det for lette biler gjort en oppdeling i drivstoffkostnader for **bensin** og **diesel** (kun bensin tidligere). Som en forenkling beregnes imidlertid selve **forbruket** for dieseldrevne biler i denne omgang på samme måte som for bensindrevne biler. Det vil senere være aktuelt å lage en egen drivstoffmodell for dieseldrevne lette biler.



Figur 13: Basisforbruk i l/mil for rett, flat veg

#### Kjørefart

Kjørefarten er den beregnede gjennomsnittsfarten på hver delstrekning der det beregnes drivstofforbruk. Dette er samme delstrekningene som er bestemt i fartsmodellen, jfr. kapittel 2.2.1. Det er en fart for lette og en for alle typer tunge biler. Farten for busser som inngår i generelle kollektivberegninger settes lik farten for tunge biler. Ved spesielle bussberegninger (egne bussruter) beregnes tids- og kjøretøykostnader etter et eget beregningsopplegg, se kapittel 12.3. Hvis det er gitt **konstant** fart på en lenke (i bildet **Vegstandard**), er det denne farten som brukes som grunnlag for beregning av basisforbruket.

#### Jevnhet

Vegens langsgående jevnhet påvirker drivstofforbruket til en viss grad, fordi kjøretøyet blir påført krefter på grunn av ekstra vertikale akselerasjoner. Jevnheten beskrives i drivstoffmodellen med en såkalt IRI-verdi som er vanlig brukt i Statens vegvesen (IRI = International Roughness Index). I beregningene innvirker jevnheten på drivstofforbruket gjennom en koeffisient for rullemotstand. Det er en koeffisient for lette og en felles for alle typer tunge biler (inkludert buss).

I tilknytning til vanlige effektberegninger forutsettes det at Vedlikeholdsstandarden i Statens vegvesen følges, som et gjennomsnitt for hele analyseperioden. Her er det definert en utløsende standard (IRI-verdi) avhengig av ÅDT og vegfunksjon, som vist i Tabell 16.

Tabell 16: Utløsende standard for langsgående jevnhet for fast dekke (fra Håndbok 111, 2003)

ÅDT	IRI (mm/m)	
	Stamveger	Øvrige veger
≤ 300	5,0	7,0
301 – 1500	5,0	6,0
1501 – 5000	4,5	5,1
> 5000	4,0	4,6

Dekketypen gis enten som fast eller grus (i bildet **Vegstandard**). Tabell 16 brukes kun for faste dekker. For et nylagt fast dekke regnes IRI = 2,0. Aktuell IRI-verdi for en strekning med fast dekke er satt til **middelverdien** mellom utløsende standard og initialverdien 2,0 (f.eks blir IRI-verdi ved ÅDT 1500–5000 på stamveger lik 3,25). For grusdekker regnes det i modellen med konstant IRI = 7,0.

### Andre parametere

Det er flere andre parametere som inngår i beregningene av basisforbruket:

- Kjøretøyenes totalvekt
- Frontareal
- Luftens tetthet
- Luftmotstandskoeffisient
- Omdreiningstall for motoren
- Regresjonskoeffisienter
- Justeringsfaktorer

Disse parametrene er konstante for hver kjøretøytype, med unntak av omdreiningstall for lette biler ved fart > 55 km/t.

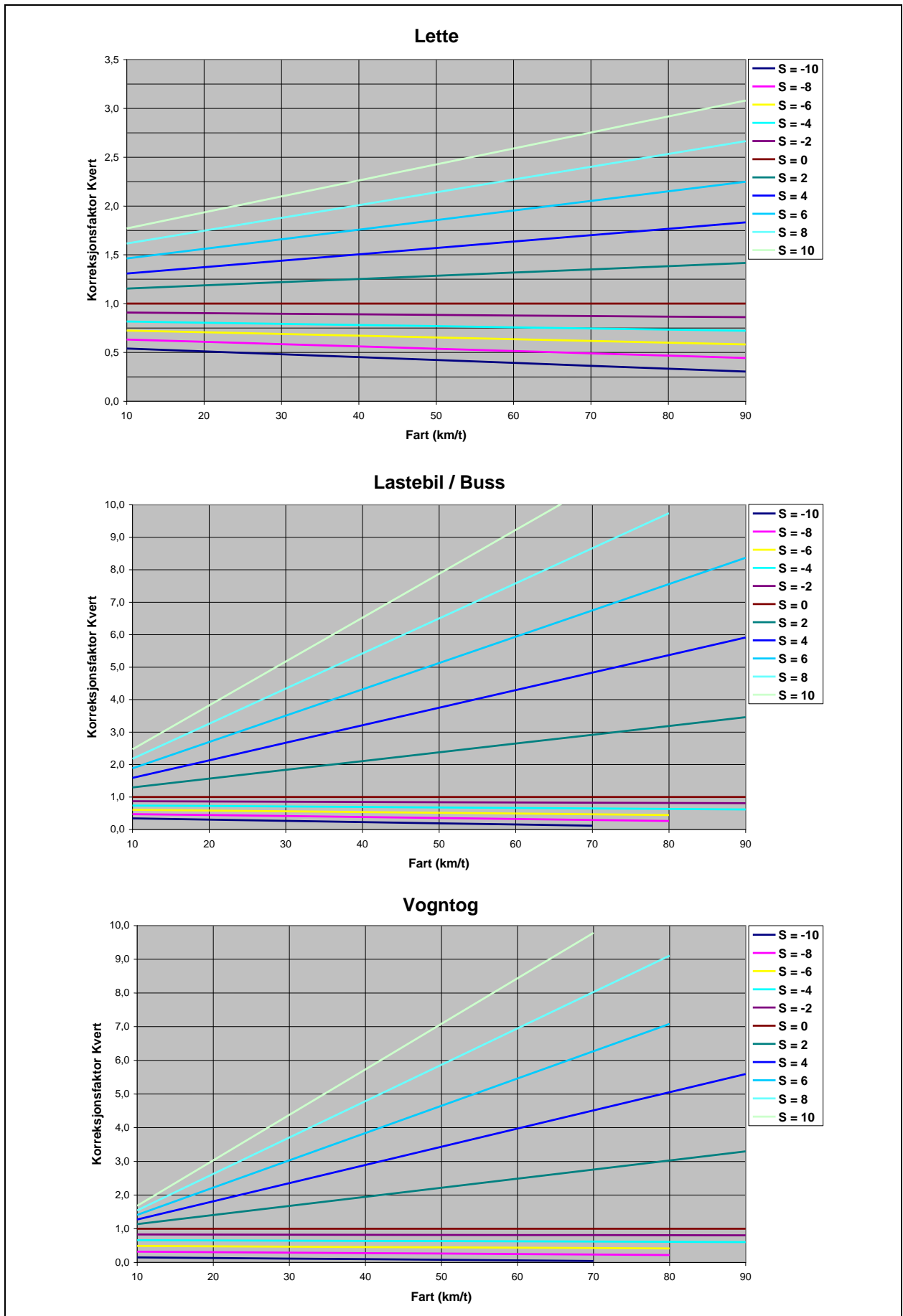
### 3.2.2 Trinn 2: Korreksjon for stigning

Basisforbruket ved kjøring på rett, flat veg korrigeres deretter for vegens stigningsforhold (vertikal-kurvatur). Korreksjonen er avhengig av gjennomsnittlig kjørefart i stigningen og stigningen for hver delstrekning som beregnes.

Det beregnes egne korreksjonsfaktorer  $K_{\text{vert}}$  for positiv og negativ stigning (oppover og nedover), for lett bil, lastebil/buss og vogntog, se Figur 14. Drivstofforbruket  $DF_{\text{vert}}$  i stigninger beregnes med grunnlag i basisforbruket  $DF_{\text{flat}}$  og den aktuelle korreksjonsfaktoren for hver delstrekning:

$$DF_{\text{vert}} = DF_{\text{flat}} * K_{\text{vert}}$$

Korreksjonen for buss er forutsatt som for lastebil.



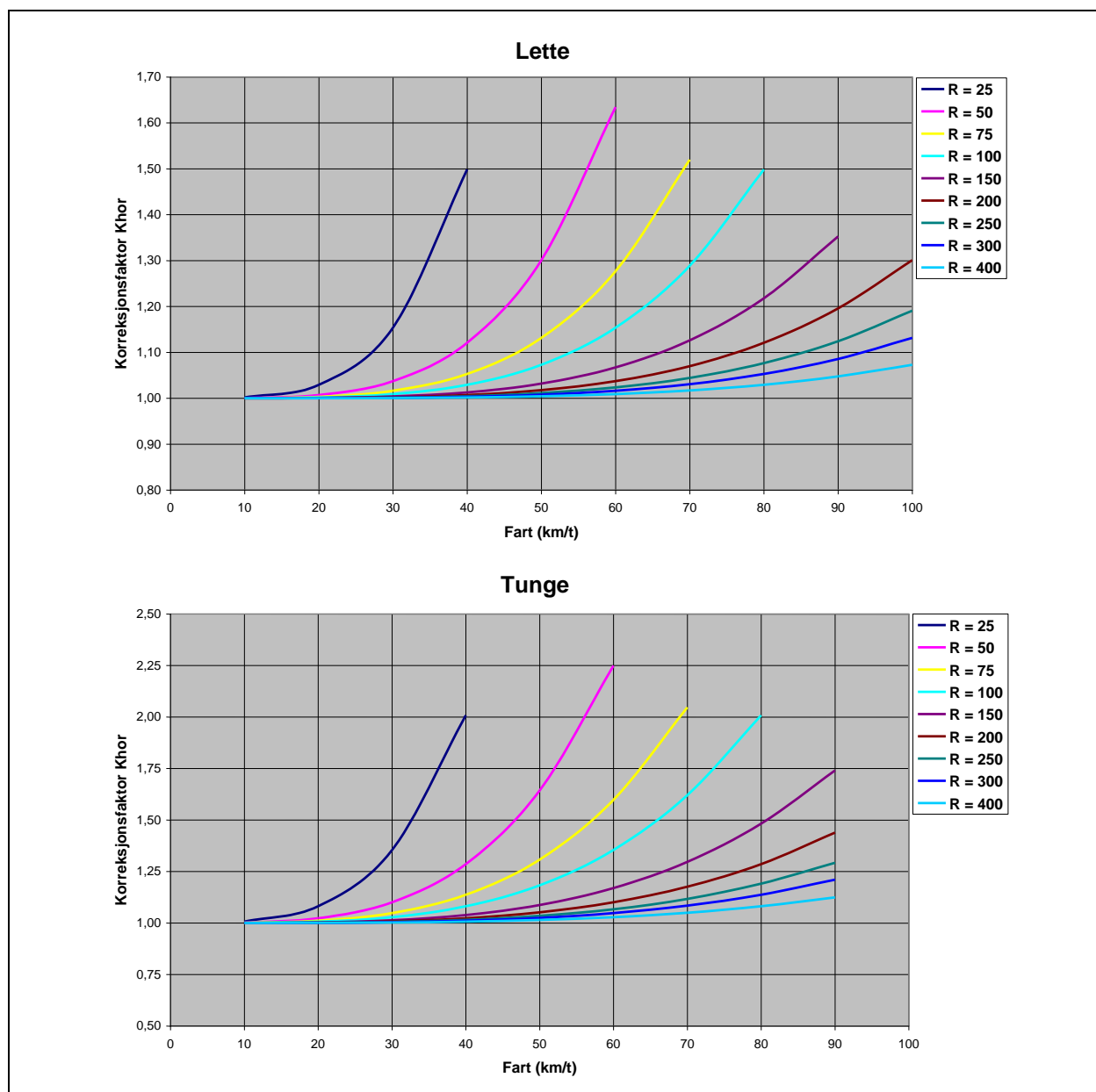
Figur 14: Korreksjon av drivstofforbruk avhengig av stigningsforhold

### 3.2.3 Trinn 3: Korreksjon for horisontalkurvatur

Etter at det er korrigert for stigning beregnes det en korreksjonsfaktor  $K_{hor}$  for horisontalkurvatur. Det beregnes en faktor for lette og en felles for alle typer tunge biler. Korreksjonen er avhengig av beregnet kjørefart i kurvene og kurvenes radius. Denne korreksjonen gjøres for den samme delstrekningen som det ble gjort stigningskorreksjon for i trinn 2.

Innenfor hver delstrekning beregnes det en lengdevektet korreksjonsfaktor, avhengig av hvordan horisontalkurvaturen (linjeføringen) varierer inne på delstrekningen. Det kan være flere horisontalkurver på en og samme delstrekning som beregnes i trinn 2.

Figur 15 viser korreksjonsfaktoren avhengig av fart og radius for lette og tunge biler (én felles for lastebil, vogntog og buss).



Figur 15: Korreksjon av drivstofforbruk avhengig av horisontalradius

## Totalt forbruk ved jevn kjøring

I trinn 1-3 beregnes det et totalt drivstofforbruk  $DF_{\text{jevn}}$  ved jevn kjøring:

$$DF_{\text{jevn}} = DF_{\text{flat}} * K_{\text{vert}} * K_{\text{hor}}$$

Totalforbruket beregnes med grunnlag i basisforbruket  $DF_{\text{flat}}$  som korrigeres med  $K_{\text{vert}}$  og  $K_{\text{hor}}$  for å ta hensyn til vertikal- og horisontalkurvaturen. Det totale forbruket er summen av forbruket på hver delstrekning langs alle lenker i vegnettet som beregnes.

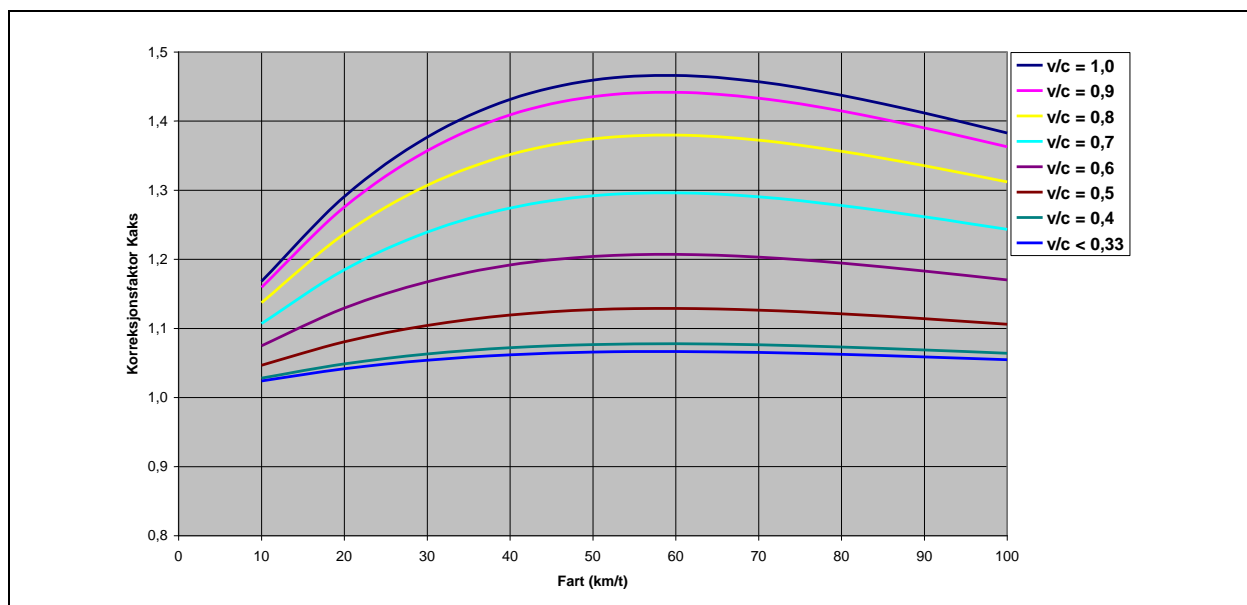
### 3.2.4 Trinn 4: Korreksjon for ujevn kjørefart (akselerasjon og retardasjon)

Etter at det er korrigert for stigning og horisontalkurvatur og beregnet totalt forbruk, gjøres det en korreksjon for ujevn kjørefart. Ujevn kjøring forekommer både på grunn av geometriske endringer langs vegen og på grunn av avhengigheten til andre kjøretøy på vegen (graden av trafikkbelastning).

Fartsendringer måles generelt som akselerasjoner. Den statistiske variasjonen av disse akselerasjonene er kalt akselerasjonsstøy, og beregnes som standardavviket for akselerasjonene. Den totale akselerasjonsstøyen består av:

- Naturlig akselerasjonsstøy : Fartsendringer pga. horisontalkurvatur og stigning
- Trafikkrelatert akselerasjonsstøy : Fartsendringer pga. interaksjon mellom kjøretøy på vegen

Det beregnes en felles korreksjonsfaktor  $K_{\text{aks}}$  for alle typer biler, avhengig av kjørefart og såkalt effektiv akselerasjon. Her inngår forholdet mellom volum og beregnet kapasitet på strekningen ( $v/c$ -forholdet). Faktoren basert på farten og  $v/c$ -forholdet er vist i Figur 16. Det er ingen direkte kopling til den fysiske utformingen (vegstandarddata) for vegen.



Figur 16: Korreksjon for ujevn kjøring avhengig av fart og volum/kapasitet (felles for alle kjøretøy)

Med grunnlag i denne faktoren kan det beregnes et totalt drivstofforbruk  $DF$  for hver kjøretøytype:

$$DF = DF_{\text{jevn}} * K_{\text{aks}}$$



### 3.2.5 Trinn 5: Tillegg for forsinkelse i kryss

Når drivstofforbruket på strekninger er beregnet, beregnes det et **tillegg** i forbruket i kryss ( $DF_{\text{kryss}}$ ). Dette tillegget regnes ut med grunnlag i den tiden kjøretøyet er beregnet å være forsinket (stå i ro) i et kryss.

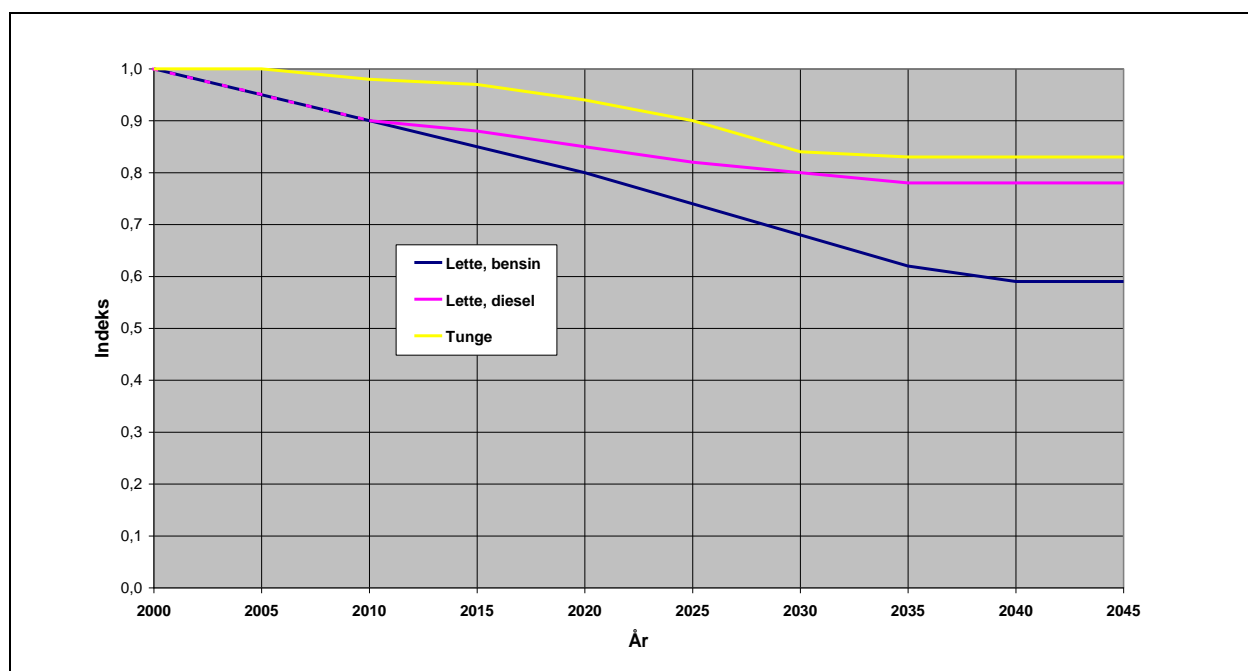
Beregningene gjøres kun for kryss der det gjøres egne forsinkelsesberegninger. Det beregnes derfor ikke tillegg i drivstofforbruk for kryss det ikke er gitt data for i bildet **Kryssutforming** (krysstype T, X, R) og for type P (punkt). Det gjøres heller ikke beregninger for kryss (knutepunkt) som er overført fra transportmodell (type M).

Tillegget i drivstofforbruk beregnes med grunnlag i forbruk pr time for kjøretøy på kjøring på **tomgang**. Det er forutsatt følgende (konstante) forbruk for de ulike kjøretøytypene:

Lette	: 1,044 liter/time
Lastebil	: 1,220 liter/time
Vogntog	: 1,350 liter/time
Busser	: 1,220 liter/time

### 3.2.6 Trinn 6: Drivstoffprognoser

I trinn 1-5 er det beregnet et totalt drivstofforbruk med grunnlag i den etablerte metodikken. Det er antatt at selve drivstofforbruket pr kjøretøy vil reduseres med tiden, bl.a på grunn av teknologisk utvikling av bilmotorer og av bilenes konstruksjon (utforming, vekt). For å ta hensyn til dette er det derfor lagt inn **prognoser** for drivstoffutviklingen, som vist i Figur 17 (basert på data fra [14]).



Figur 17: Drivstoffprognoser for lette og tunge biler [14]

Ved de årlige beregningene av drivstofforbruket blir det totale forbruket beregnet i trinn 1-5 korrigert med en prognosefaktor  $K_{\text{prog}}$  for lette bensindrevne biler, lette dieseldrevne biler og for alle tunge biler (dieseldrevne).

Etter det siste årstallet for beregnet prognose er det i denne omgang antatt samme indeks, henholdsvis 2040 for lette bensindrevne biler og 2035 for dieseldrevne biler (både lette og tunge).

### 3.2.7 Samlet drivstofforbruk

Det gjøres til slutt en samlet årlig beregning av drivstofforbruket for hver kjøretøytype, med grunnlag i basisberegninger, korreksjoner og tillegg i trinn 1-6 i beregningsmodellen:

$$DF_{\text{tot}} = (DF_{\text{flat}} * K_{\text{vert}} * K_{\text{hor}} * K_{\text{aks}} + DF_{\text{kryss}}) * K_{\text{prog}}$$

Det totale drivstofforbruket for hele analyseperioden finnes ved å summere det årlige forbruket for hvert år i perioden for hver kjøretøytype.

### 3.2.8 Totale drivstoffkostnader

Med grunnlag i det beregnede drivstofforbruket, beregnes det til slutt drivstoffkostnader for lette biler, tunge biler (sum for lastebil og vogntog) og busser. Kostnadene er basert på følgende enhetspriser (eksklusiv avgifter, prisenivå 2013):

- Lette biler, bensin : 6,10 kr/liter
- Lette biler, diesel : 6,19 kr/liter
- Tunge biler, diesel : 6,19 kr/liter

Med grunnlag i alle delberegningene foran blir drivstoffkostnadene som utgjør del I av kjøretøyenes driftskostnader ( $K_{DR1}$ ) beregnet. De resterende distanseavhengige driftskostnadene eksklusiv drivstoff utgjør del II ( $K_{DR2}$ ), og er omtalt i kapittel 3.3.

### 3.3 Andre distanseavhengige kostnader

#### 3.3.1 Delkostnader

De resterende distanseavhengige driftskostnadene beregnes samlet som del II, og omfatter følgende delkostnader:

- Olje
- Dekk
- Reparasjon og service (korrigeres med faktoren  $K_{rep}$ )
- Kapitalkostnader
- Avskrivning

Grunnlaget for enhetspriser og forutsetninger for fastsetting av prisene er dokumentert i [15]. Disse kostnadene er samlet i Tabell 17. De resterende distanseavhengige driftskostnadene beregnes med grunnlag i disse enhetsprisene og trafikkarbeidet (utkjørt distanse) for hver kjøretøytype.

Tabell 17: Distanseavhengige samfunnsøkonomiske kostnader i kr/km (prisnivå 2013, eks. avgifter)

Delkostnad	Lett bil	Lastebil	Vogntog	Tunge 60/40	Buss
Drivstoff, bensin	0,44				
Drivstoff, diesel	0,32	1,92	2,22	2,04	2,09
Olje	0,06	0,09	0,11	0,10	0,07
Dekk	0,11	0,55	0,95	0,71	0,39
Reparasjon og service	0,83	1,45	2,19	1,75	3,31
Kapitalkostnad (rente 4%)	0,35				
Avskrivning		0,39	0,68	0,51	0,75
Sum, inkl. bensin $K_{rep}=1$	1,79				
Sum, inkl. diesel $K_{rep}=1$	1,67	4,40	6,15	5,11	6,61
Sum, vektet 60/40 $K_{rep}=1$	1,74				

#### Drivstoff

De landsgjennomsnittlige drivstoffkostnadene øverst i tabellen brukes **ikke**, fordi det gjøres detaljerte drivstoffberegninger for hver lenke (avhengig av vegstandard, kjørefart, trafikkbeltastning) i del I av beregningene av kjøretøykostnader. Det er kostnadene for lett bil, lastebil, vogntog og buss som brukes. Kolonnen for tunge (skravert) viser kostnadene ved standard fordeling 60/40 mellom lastebil og vogntog. Kostnadene for busser brukes bare i de generelle bussberegningene. I spesielle bussberegninger brukes eget grunnlag for driftskostnader (kapittel 12.3.2).

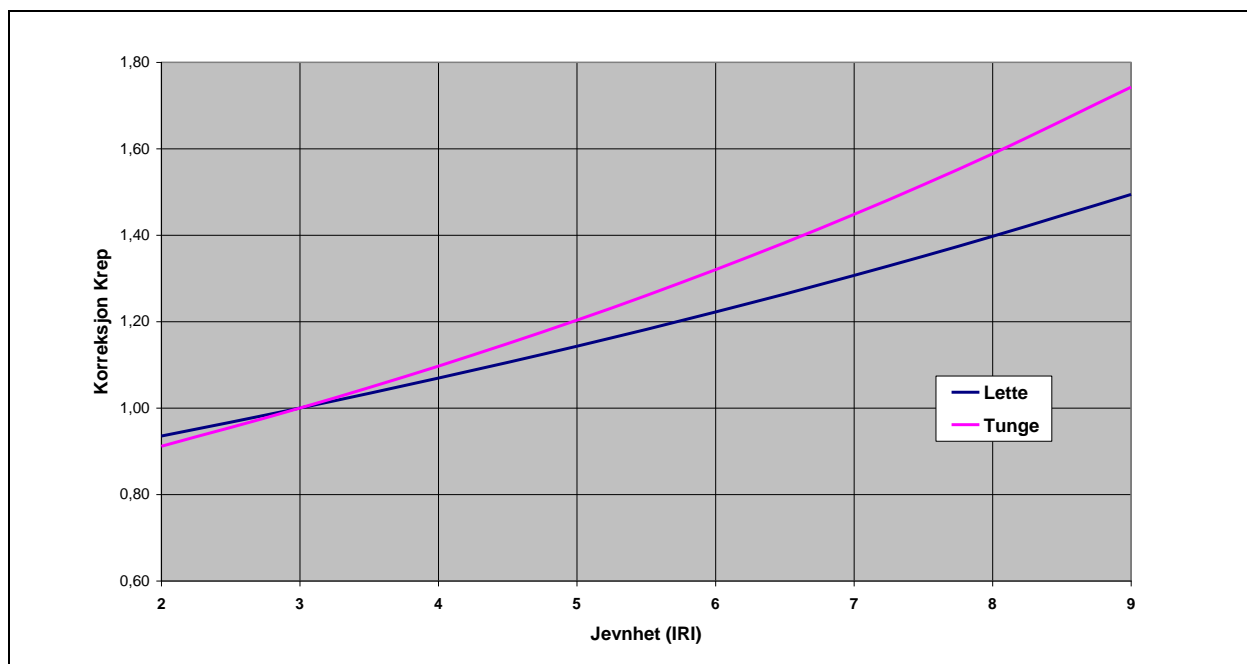
For oversiktens skyld er det i nederste linje summert kostnader inklusiv drivstoff og uten noen korreksjon for dekkejevnhet ( $K_{rep} = 1$ ). Disse kostnadene brukes altså ikke i EFFEKT.

#### Olje og dekk

Kostnadene til olje og dekk for kjøretøy regnes på samme måte som i versjon 5 av EFFEKT (men justert for prisstigning). Det kan senere være aktuelt å gå nærmere inn på beregningsgrunnlaget for dette.

### Korrigering av reparasjon og service for dekkejevnhet

Prinsippet for beregning av kostnader til reparasjon og service er det samme som i versjon 5. De faste kostnadene (kr/km) blir korrigert noe på grunn av vegens **jevnhet**. Det brukes egne korreksjonsfaktorer  $K_{rep}$  for lette og tunge biler for å ta hensyn til jevnhetens innvirkning på kostnadene. Denne faktoren beregnes med grunnlag i IRI-verdien, og den aktuelle IRI-verdien bestemmes på samme måte som ved beregning av drivstofforbruk. Basiskostnaden for reparasjon og service er gitt i Tabell 17 for hver kjøretøytype. Denne multipliseres med  $K_{rep}$  for lette og tunge biler. Et eksempel på faktorer er framstilt for lette og tunge biler i Figur 18. Her er det forutsatt at et «gjennomsnittlig» fast dekke har  $IRI = 3,0$ , slik at faktoren er satt lik 1,0 ved denne verdien. Det brukes samme faktor for alle typer tunge biler, inklusiv busser.



Figur 18: Eksempel på korreksjon av reparasjons- og servicekostnader avhengig av dekkets jevnhet (IRI)

### Kapital- og avskrivningskostnader

Prinsippet for å beregne kapital- og avskrivningskostnader er det samme som ble lagt til grunn i versjon 5 av EFFEKT (det kan være aktuelt å endre på dette senere).

For **lette** biler brukes begrepet kapitalkostnader. Beregningen er basert på en marginalbetragtning, samtidig som det er tatt hensyn til rentekostnadene. Det er kun den distanseavhengige kostnaden som brukes for lette biler i de samfunnsøkonomiske beregningene.

For **tunge** biler regnes det avskrivningskostnader. De årlige gjennomsnittlige kostnadene er fordelt med 25 % på distanseavhengige og 75 % på tidsavhengige kostnader. De tidsavhengige avskrivningene og rentekostnadene inngår i beregningen av tidsavhengige kjørekostnader for tunge biler (kapittel 4.3.2).

### 3.3.2 Totale driftskostnader eksklusiv drivstoff

De totale driftskostnadene  $K_{DR2}$  eksklusiv drivstoff beregnes for hver kjøretøytype med grunnlag i følgende ligninger, basert på Tabell 17 (prinsnivå 2013, eksklusiv avgifter):

$$K_{DR2lett} = 0,06 + 0,11 + 0,83 \cdot K_{rep,l} + 0,35 = 0,52 + 0,83 \cdot K_{rep,l}$$

$$K_{DR2lastebil} = 0,09 + 0,55 + 1,45 \cdot K_{rep,t} + 0,39 = 1,03 + 1,45 \cdot K_{rep,t}$$

$$K_{DR2vogntog} = 0,11 + 0,95 + 2,19 \cdot K_{rep,t} + 0,68 = 1,74 + 2,19 \cdot K_{rep,t}$$

$$K_{DR2buss} = 0,07 + 0,39 + 3,31 \cdot K_{rep,t} + 0,75 = 1,21 + 3,31 \cdot K_{rep,t}$$

### 3.4 Totale kjøretøykostnader

De totale kjøretøykostnadene beregnes til slutt som summen av drivstoffkostnader og andre distanse-avhengige driftskostnader:

$$K_{DR} = K_{DR1} + K_{DR2}$$

## 4 Tidskostnader

### 4.1 Hovedprinsipper

Beregningene som er omtalt her gjelder når tidskostnadene beregnes **internt** i EFFEKT (prosjekttype 1, 2 og 4). Når tidskostnadene regnes som en del av **trafikanntytten** ved bruk av transportmodell (prosjekttype 3), blir kostnadene beregnet i Trafikanntyttemodulen i transportmodellen Cube/RTM [16].

Tidskostnadene beregnes med grunnlag i beregnet tidsforbruk (reisetid), slik at de for veglenker er direkte avhengig av fart og forsinkelse som beregnes i tilknytning til fartsmodellen.

I EFFEKT 5 var gjennomsnittlig industriarbeiderlønn «nøkkelen» til enhetsprisene som ble brukt ved beregning av tidskostnader. I versjon 6 ble det etablert et nytt prinsipp, der det ble lagt til grunn tidsverdier (enhetspriser) for **hver reisehensikt**, med egne priser for korte (< 100 km) og lange (>100 km) reiser. I versjon 6.60 er det en tredeling av enhetsprisene, med egne priser for korte (< 70 km), mellomlange (70 – 200 km) og lange (> 200 km) reiser. Dette er basert på tilpasninger i forhold til NTM6 (Nasjonal Transportmodell versjon 6), jfr. [17].

Følgende delkostnader inngår i beregningen av tidskostnadene:

- Passasjerkostnader i lette biler
- Passasjerkostnader i busser
- Passasjerkostnader på ferjer (bilpassasjerer med ferje)
- Tidsavhengige driftskostnader for tunge biler (lastebiler og vogntog)
- Tidsavhengige driftskostnader for busser (ved generelle bussberegninger)

I tillegg regnes det med passasjerkostnader og tidsavhengige driftskostnader i forbindelse med **nyskapt trafikk** (kun for prosjekttype 1).

Beregningen av tidskostnader er delt i tre hoveddeler:

- I Beregning av tidsforbruk
- II Fastsetting av enhetspriser
- III Beregning av tidskostnader

**Tidsforbruket** beregnes med grunnlag i beregnet fart på strekning (fartsmodellen), forsinkelse i kryss, og eventuelt gitt fart og gitt forsinkelse på lenke. I tillegg beregnes reisetid og ventetid i ferjesamband. Beregningene gjøres for hver kjøretøytype, for hver delstrekning, for hver trafikkbelastningsperiode, for hvert år i analyseperioden.

**Tidsverdiene** fastsettes med grunnlag i fordeling på reisehensikter (andeler) og personbelegg for hver reisehensikt. Beregningene gjøres for hver reisehensikt, for hver belastningsperiode, for hvert år i analyseperioden.

**Tidskostnadene** regnes til slutt ut med grunnlag i det beregnede tidsforbruket og de aktuelle tidsverdiene for hver reisehensikt og kjøretøytype, basert på tidsverdi pr passasjer.

## 4.2 Del I: Beregning av tidsforbruk

### 4.2.1 Tidsforbruk langs veglenker

Tidsforbruket (reisetiden) langs veglenker er sammensatt av fartsavhengig tidsforbruk på lenke samt eventuell forsinkelse i kryss og på lenke.

#### *Fartsmodellen*

På vanlige veglenker beregnes tidsforbruket med grunnlag i **fartsmodellen**, avhengig av vegstandard og trafikkmengde (kapittel 2). Det beregnes gjennomsnittlig strekningsfart for hver veglenke for hver **kjøretøytype**. Strekningsfarten for **busser** regnes på samme måte for generelle og spesielle bussberegninger. Langs lenker **uten kollektivfelt** får bussene samme fart som andre tunge kjøretøy, der det korrigeres for trafikkmengde. Langs lenker **med kollektivfelt** beregnes farten for bussene ved fri kjøring (ingen korreksjon for trafikkmengde, slik at bussene «kjører» uhindret).

#### *Fart fra VDF-kurver*

Hvis det er overført såkalte VDF-kurver fra en transportmodell (prosjekttipe 2 og 3), er det utformingen av den aktuelle kurven som brukes for hver lenke som bestemmer farten langs lenken.

#### *Konstant fart*

Hvis det er gitt konstant fart på lenke, beregnes tidsforbruket med grunnlag i denne. Den gitte farten **erstattet** fartsmodellen. Det er egne farter for hver kjøretøytype, slik at tidsforbruket kan beregnes med fartsmodellen for noen typer, og med konstant fart for de andre typene. Dersom det er gitt konstant fart for busser, og det samtidig er lagt inn kollektivfelt, blir den konstante farten brukt langs kollektivfeltet.

Den konstante farten brukes langs hele lenken, i alle situasjoner i alle år. Det betyr at tidsforbruket kun er avhengig av **veglengden** ved bruk av konstant fart.

#### *Forsinkelse i kryss*

Kryssforsinkelsen regnes for alle T-kryss, X-kryss og rundkjøringer det er gitt egne data for i bildet **Kryssutforming**. Forsinkelsen er avhengig av krysstype, reguleringsform (T og X), kryssutforming samt trafikkmengde og svingebevegelser langs de kryssende vegene. Alle kjøretøytyper får beregnet samme forsinkelse. Det regnes også samme forsinkelse for busser langs kollektivfelt.

#### *Forsinkelse på lenke*

Hvis det er gitt forsinkelse på lenke, vil denne regnes i tillegg til eventuell forsinkelse som automatisk beregnes i kryss. Forsinkelsen er lik for alle kjøretøytyper (inkludert busser ved generelle og spesielle beregninger), og regnes konstant over alle år. Det beregnes forsinkelse spesifisert på hver kjøretøytype for hvert år i analyseperioden, fordi det er ulik enhetspris for de enkelte kjøretøytypene.

### 4.2.2 Tidsforbruk på ferjestrekninger

Tidsforbruket på ferjestrekninger er sammensatt av tre deler:

- Overfartstid med ferjen (mellom ferjeleiene/terminalene i hver ende av sambandet)
- Terminaltid
- Ventetid ved ferjeleiet (enhetspris korrigerert med faktor 1,2)

Metodikken for å beregne reisetid i ferjesamband er forklart i kapittel 9. Reisetider (sum av overfartstid og terminaltid) og ventetider i ferjesamband regnes likt for alle kjøretøytyper. Det er kun ferjetyper (bestemmes i ferjemodulen) som påvirker reisetiden med ferjen. Beregningene gjøres for hvert år i analyseperioden, avhengig av trafikkmengde og ferjetype.

## 4.3 Del II: Fastsetting av enhetspriser

Enhetspriser for tidsforbruk er delt i to deler:

- Passasjerkostnader (lette biler og busser)
- Tidsavhengige driftskostnader (tunge biler og busser)

I de samfunnsøkonomiske beregningene er det for **lette** biler kun passasjerkostnader som inngår i timeprisen. For **tunge** biler er det kun tidsavhengige driftskostnader, mens det for **busser** er både passasjerkostnader og tidsavhengige driftskostnader.

### 4.3.1 Passasjerkostnader

Ved beregning av enhetspriser for tidsforbruk brukes det følgende grunnlag:

- Reisehensiktsandeler           Korte reiser
- «                           Mellomlange reiser
- «                           Lange reiser
- Personbelegg i kjøretøy       Korte reiser
- «                           Mellomlange reiser
- «                           Lange reiser
- Andel mellomlange reiser    Av totalt antall reiser
- Andel lange reiser             Av totalt antall reiser

Det brukes en inndeling i følgende reisehensikter som grunnlag for beregning av enhetspris i kr/time:

- Tjenestereise
- Til/fra arbeid
- Fritid

Denne inndelingen brukes for lette biler, busser og i ferjesamband. Det er forutsatt at alle tunge biler kjører i arbeid (tjenestereise).

#### **Enhetspriser**

Enhetspriser (kr/person/time) for spart reisetid avhengig av transportmiddel, reisehensikt og turlengde er vist i Tabell 18.

Tabell 18: Enhetspriser for spart reisetid (kr/person/time, prisenivå 2013) [15]

Turlengde	Reisehensikt	Lette	Buss	Gående	Syklende	Tog	Fly
<b>Korte reiser</b> L ≤ 70 km	Tjeneste	444	444	170	152	444	
	Til/fra arbeid	99	69	170	152	69	
	Fritid	84	63	170	152	63	
<b>Mellomlange reiser</b> 70 < L ≤ 200 km	Tjeneste	444	444			444	
	Til/fra arbeid	215	93			195	
	Fritid	167	78			124	
<b>Lange reiser</b> L > 200 km	Tjeneste	444	444			444	520
	Til/fra arbeid	215	93			195	336
	Fritid	167	96			95	210

Ved innføring av tre intervall for turlengde ble det i grunnlaget (januar 2015, ref. [17]) brukt samme verdier for mellomlange og lange reiser. Dette er verdiene som tidligere ble brukt for lange reiser (den gang lengre enn 100 km). Det vil være nødvendig med nye undersøkelser for å kunne ha et grunnlag for verdier for turlengder i tre intervall.



### Reisehensiktsandeler og personbelegg

Standardverdier for reisehensiktsandel og personbelegg avhengig av transportmiddel og turlengde er vist i Tabell 19.

Tabell 19: Reisehensiktsandeler og personbelegg for gjennomsnittssituasjonen (var.kurve M0) [2, 17]

Turlengde	Reisehensikt	Lette		Buss *)
		Andel	Belegg	Andel
Korte reiser L ≤ 70 km	Tjeneste	0,17	1,30	0,02
	Til/fra arbeid	0,24	1,20	0,33
	Fritid	0,59	1,85	0,65
Mellomlange reiser 70 < L ≤ 200 km	Tjeneste	0,17	1,57	0,13
	Til/fra arbeid	0,24	1,27	0,05
	Fritid	0,59	2,44	0,82
Lange reiser L > 200 km	Tjeneste	0,17	1,57	0,13
	Til/fra arbeid	0,24	1,27	0,05
	Fritid	0,59	2,44	0,82

\*) Gjennomsnitt. I EFFEKT brukes egen fordeling pr belastningsperiode

Tidskostnader beregnes med én timepris for hver av de ulike kjøretøypene. I etterkant fordeles disse kostnadene på reisehensikter, gjennom en vekting i forhold til reisehensiktsandeler og tidsverdier.

Reisehensiktsandelene i Tabell 19 gjelder for **gjennomsnittssituasjonen** og brukes i variasjonskurve M0 med én belastningsperiode. For variasjonskurve M1-M5 og M6-M7 er det lagt inn reisehensiktsandeler som vist i Tabell 20 (tidspunktene for kurvene er forklart i Tabell 2.9). Disse er de samme som ble brukt i versjon 5 av EFFEKT. For variasjonskurve M8 legges som standard inn andeler ut fra variasjonskurve det tas utgangspunkt i, men brukeren kan endre disse andelene.

Tabell 20: Reisehensiktsandeler for variasjonskurve M1-M7, lette biler [9]

Variasjonskurve M1 – M5					
Reisehensikt	Morgenrush	Formiddag	Etterm.rush	Kveld/Natt	Helg
Tjenestereise	0,05	0,25	0,05	0,05	0,00
Til/fra arbeid	0,75	0,15	0,40	0,15	0,05
Fritid	0,20	0,60	0,55	0,80	0,95
Variasjonskurve M6 – M7					
Reisehensikt	Hverdag høst/vinter/vår	Hverdag sommer	Helgedag høst/vinter/vår	Helgedag sommer	Natt
Tjenestereise	0,15	0,05	0,00	0,00	0,05
Til/fra arbeid	0,20	0,10	0,05	0,05	0,55
Fritid	0,65	0,85	0,95	0,95	0,40

Prisen pr kjøretøytime varierer avhengig av **variasjonskurve** for trafikken. Enhetsprisen pr **belastningsperiode** for aktuell variasjonskurve vises i bildet **Trafikksammensetning**. Denne er beregnet med grunnlag i timepris (avhengig av andel lange og mellomlange reiser) samt andel og personbelegg pr reisehensikt. Prisene pr reisehensikt vektes deretter til en enhetspris for belastningsperioden med grunnlag i reisehensiktsandelene.

For å finne den **totale** enhetsprisen (kr/kjøretøytime) for lette biler, må enhetspris pr belastningsperiode vektes med grunnlag i andelen hver belastningsperiode utgjør, og deretter summeres.

Enhetsprisen for lette biler for variasjonskurve M0 (gjennomsnittssituasjonen) og ved 0 % andel lange og 0 % mellomlange reiser er 218,32 kr/time (prisnivå 2013). Denne vises direkte i bildet, da det er kun en belastningsperiode.

### Busser, generelle beregninger

I de generelle bussberegningene er det brukt standardverdier for enhetspriser og reisehensiktsandeler som vist under buss i Tabell 18 og Tabell 19. Som for lette biler gjelder reisehensiktsandelene for **gjennomsnittssituasjonen** og brukes i variasjonskurve M0 med én belastningsperiode.

For variasjonskurve M1-M5 og M6-M7 er det lagt inn reisehensiktsandeler som vist i Tabell 21 (tidspunktene for kurvene er forklart i Tabell 12). Disse er de samme som ble brukt i versjon 5 av EFFEKT. For variasjonskurve M8, se foran.

Tabell 21: Reisehensiktsandeler for variasjonskurve M1-M7, generelle bussberegninger

Variasjonskurve M1 – M5					
Reisehensikt	Morgenrush	Formiddag	Etterm.rush	Kveld/Natt	Helg
Tjenestereise	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Til/fra arbeid	0,65	0,15	0,35	0,15	0,05
Fritid	0,35	0,85	0,65	0,85	0,95

Variasjonskurve M6 – M7					
Reisehensikt	Hverdag høst/vinter/vår	Hverdag sommer	Helgedag høst/vinter/vår	Helgedag sommer	Natt
Tjenestereise	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Til/fra arbeid	0,20	0,10	0,05	0,05	0,50
Fritid	0,80	0,90	0,95	0,95	0,50

Det er forutsatt et gjennomsnittlig **belegg på 12 passasjerer** pr buss (belegget er uendret fra versjon 5). Fastsettingen av enhetspris for generelle bussberegninger gjøres ellers som for lette biler.

Totale passasjerkostnader for generelle busser for variasjonskurve M0 (gjennomsnittssituasjonen) og ved 0 % andel lange og 0 % andel mellomlange reiser er 871,20 kr/time (prisnivå 2013). I tillegg kommer de tidsavhengige driftskostnadene for busser som inngår i generelle beregninger, se kapittel 4.3.2.

### Busser, spesielle beregninger

I de spesielle bussberegningene er det etablert egne verdier for reisehensiktsandeler og passasjerbelegg, avhengig av vogngruppe og lokalisering. De forutsatte standardverdiene er vist i Tabell 22 og, og er de samme som ble brukt i versjon 5 av EFFEKT.

Tabell 22: Gjennomsnittlige reisehensiktsandeler ved spesielle bussberegninger [18]

Reisehensikt	Vogngruppe				
	1	2	3	4	5
Tjenestereise	0,00	0,00	0,02	0,04	0,04
Til/fra arbeid	0,25	0,35	0,45	0,50	0,50
Fritid	0,75	0,65	0,53	0,46	0,46

Tabell 23: Gjennomsnittlig passasjerbelegg ved spesielle bussberegninger [18]

Lokalisering	Vogngruppe				
	1	2	3	4	5
Byer > 50.000 innbyggere	5	8	11	15	26
Byer 20-50.000 innbyggere	4	7	9	12	22
Øvrige områder	4	6	8	10	20

Den aktuelle timeprisen for passasjerkostnader vises i bildet **Spesiell busstrafikk**. I tillegg kommer de tidsavhengige driftskostnadene, se kapittel 4.3.2.

### Ferjer

Selve **reisetiden** i ferjesamband omfatter overfartstid og terminaltid, se kapittel 9.4. Tidskostnadene for reisetiden for passasjerer i bil og buss som reiser med ferje beregnes på samme måte som for «vanlige» reiser i bil eller buss.

Det brukes også samme grunnlag for å beregne tidskostnader ved **ventetid** i ferjesamband. Det brukes i tillegg en **faktor på 1,2** for å vekte denne ventetiden i forhold til «vanlig» tidsforbruk.

For prosjekttype 3 kan det også regnes med «rene» ferjepassasjerer som reiser uavhengig av kjøretøy. Tidskostnadene for disse beregnes i Trafikantnyttmodulen i aktuell transportmodell, og overføres til EFFEKT.

## 4.3.2 Tidsavhengige driftskostnader

Ved beregning av tidsavhengige driftskostnader er det brukt samme beregningsprinsipp og forutsetninger som i versjon 5. Det er kommentert en del svakheter ved denne framgangsmåten som gjør at beregningsopplegget sannsynligvis bør revideres på sikt [14].

### Lette biler

I de samfunnsøkonomiske beregningene regnes det **ikke** tidsavhengige driftskostnader for lette biler.

### Tunge biler

Følgende delkostnader inngår i de tidsavhengige driftskostnader for tunge biler (lastebil og vogntog):

- Lønn inklusiv sosiale utgifter til sjåfør (og eventuell hjelpesmann)
- Administrasjonskostnader (andel)
- Kapitalkostnader (andel)
- Garasjekostnader

For kapitalkostnadene regnes rentekostnadene og 75 % av avskrivningene som **tidsavhengige** driftskostnader, mens 25 % regnes som distanseavhengige. Dette er uendret i forhold til versjon 5. Det tas også hensyn til ulike avgifter ved å eie et kjøretøy, og det er valgt å regne med 75 % av avgiftene som tidsavhengige. De distanseavhengige driftskostnadene er omtalt under beregning av kjøretøykostnader (kapittel 3.3).

De beregnende tidsavhengige driftskostnadene er vist i Tabell 24. Dette er grunnlaget for de totale tidskostnadene for tunge biler, da det ikke regnes passasjerkostnader for disse.

Tabell 24: Tidsavhengige driftskostnader for tunge kjøretøy (kr/kjttime, prisenivå 2013)

Kostnad	Lastebil	Vogntog	Tunge <sup>1)</sup>	Buss
Renter og avskrivning (tidsavh. del)	42,17	118,91	72,87	53,23
Lønn	415,89	415,89	415,89	314,27
Administrasjon	109,13	122,77	114,59	62,76
Garasje	2,42	3,97	3,04	<sup>2)</sup>
Sum eks. avgifter (samfunnsøkonomisk)	570	662	606	430
Vektårsavgift	1,38	2,31	1,75	2,31
Omregistreringsavgift	0,76	0,75	0,76	1,33
Sum avgifter (tidsavh. del)	2,14	3,06	2,51	3,64
Sum inkl. avgifter (privatøkonomisk)	572	665	609	434

<sup>1)</sup> Standard fordeling, 60% lastebil/40 % vogntog

<sup>2)</sup> Garasjekostnad for busser er inkludert i administrasjonskostnadene

Dette gir en tidsavhengig driftskostnad inklusiv avgifter på 572 kr/time for lastebil og 665 kr/time for vogntog (prisnivå 2013). I beregningene brukes kostnadene for lastebil og vogntog hver for seg, og vektas basert på gitt andel vogntog i bildet **Generelle data**. Kostnadene i kolonnen for Tunge (skravert) er basert på et standard forhold mellom lastebil og vogntog på 60/40.

### ***Busser, generelle beregninger***

De tidsavhengige driftskostnadene for busser ved generelle beregninger dekker de samme kostnadene som ved tunge biler (ovenfor), se Tabell 24.

Standardverdi for tidsavhengige driftskostnader inklusiv avgifter er 434 kr/time (prisnivå 2013). Ved beregning av totale tidskostnader for generelle busser kommer denne timeprisen i **tillegg** til passasjer-kostnadene.

### ***Busser, spesielle beregninger***

Driftskostnadene for busser ved spesielle beregninger er basert på det såkalte Busskost-systemet (utviklet av AsplanViak.), og er uendret siden versjon 5 av EFFEKT. Busskost er ikke lenger i bruk. I EFFEKT er det kun gjort en indeksbasert oppdatering av prisgrunnlaget til prisnivå 2013.

I disse kostnadene inngår **både** tidsavhengige og distanseavhengige driftskostnader (de tidsavhengige driftskostnadene er ikke spesifisert for seg i Busskost-grunnlaget for EFFEKT, jfr. kapittel 12.3). Det er dermed de totale driftskostnadene som regnes ut med grunnlag i bussenes gjennomsnittlige framføringsfart langs bussrutene.

### ***Ferjer***

Det vil også være en tidsavhengig del av ferjekostnadene. Denne er imidlertid ikke spesifisert, slik at de tidsavhengige kostnadene inngår i de samlede ferjekostnadene (kapittel 9).

## 4.4 Del III: Beregning av tidskostnader

De endelige tidskostnadene regnes ut med grunnlag i beregnet tidsforbruk fra del I og timepriser fra del II. Det beregnes kostnader for hver kjøretøytype for hver trafikkbelastningsperiode, for hver lenke, for hvert år i analyseperioden.

Det totale tidsforbruket i timer for et gitt årstall skrives ut for hver kjøretøytype i utskriften **Enhetsresultater**. De totale tidskostnadene for hele analyseperioden spesifisert på trafikantkategorier og reisehensikter skrives ut i utskriften **Tidskostnader**, mens de totale tidskostnadene inngår i utskriftene **Oversikt og Totale kostnader**.

# 5 Ulykker

## 5.1 Bakgrunn

I ulykkesmodulen i EFFEKT 5 var ulykkesfrekvenser og prinsipper med såkalt frekvensmetode og virkningsmetode sentralt. I EFFEKT 6 ble det gjort noe videreutvikling og tilpassing, samtidig som en del av prinsippene og datagrunnlaget i verktøyet TS-EFFEKT ble lagt inn. Ved implementering av dagens modul (i versjon 6.3, ref. [19]) ble det etablert beregningsprinsipper der en frigjorde seg fra tidligere løsninger med bruk av ulykkesfrekvenser. Det ble også gjort en enda nærmere tilpassing til datagrunnlag og metodikk i TS-EFFEKT, for å ha et mest mulig felles beregningsopplegg for de delene av ulykkesanalysene som er aktuelle i EFFEKT.

Sentrale inndata til beregning av normale og forventede skadetall er:

- Registrerte ulykkesdata (for en gitt tidsperiode)
- Vegstandarddata
- ÅDT

Beregningen av ulykker er delt i tre hoveddeler:

- Personskadeulykker
- Materiellskadeulykker
- Spesielle ulykkesberegninger

Metodikken for beregning av materiellskadeulykker var ny i versjon 6. Spesielle ulykkesberegninger er uendret fra versjon 5. Dette gjelder separate ulykkesberegninger i kryss og beregninger utenfor prosjektområdet ved nyskapt trafikk.

Vi går ut fra at det på visse tidspunkt er aktuelt og ajourholde datagrunnlaget for TS-EFFEKT (inkludert tiltakskatalogen), og at det eventuelt gjøres andre endringer i metodikken. Det er derfor naturlig at justeringer i TS-EFFEKT som påvirker metodikken i EFFEKT også fører til oppdatering i EFFEKT.

## 5.2 Forutsetninger

### 5.2.1 Omfang av beregningene

For personskadeulykker gjøres det analyser av **kryss og strekning** samlet, slik at kryss inngår som en del av lenkene det gjøres beregning for.

Opplegget for eventuelle separate kryssberegninger i EFFEKT er uendret fra EFFEKT 5, og basert på et grunnlag som ikke er oppdatert. Det kan på et senere stadium være aktuelt å vurdere utvikling av metodikk for å analysere enkeltkryss i EFFEKT. Dette ses bl.a i sammenheng med eventuell implementering av kryssmodul i TS-EFFEKT.

Opplegget for analyser utenfor prosjektområdet (ved nyskapt trafikk) er også uendret fra EFFEKT 5.

### 5.2.2 Materiellskadeulykker

Beregningsprinsippet for materiellskadeulykker var nytt fra versjon 6 av EFFEKT. I dagens modul er dette basert på en fast kostnad pr km veg, avhengig av fartsgrense.

Det vil også være behov for å oppdatere grunnlaget og eventuelt videreutvikle metodikken for beregning av materiellskadeulykker i EFFEKT.

### 5.2.3 Lenkelengder

Det er vurdert om datagrunnlaget og prinsippene bak metodikken i TS-EFFEKT kan påvirke usikkerheten i resultatene for kortere lenker. I motsetning til TS-EFFEKT som brukes til å analysere én og én lenke, vil det i EFFEKT vanligvis gjøres analyser i vegnett med en god del lenker. Ved bruk av transportmodell (f.eks RTM) som grunnlag for nytte-kostnadsanalyser i EFFEKT er det lenkene i transportmodellen som er grunnlaget for å etablere et vegnett i EFFEKT. I slike analyser kan det derfor være relativt mange lenker som behandles i EFFEKT.

Lenkelengdene i et vegnett vil naturligvis variere. Normalt vil det være flest korte lenker i byområder og i kryssområder inklusiv armer og ramper (som enkeltvis utgjør én lenke). Men lengdeandelen som de korteste lenkene utgjør av total lengde i vegnettet som analyseres i EFFEKT vil normalt være liten, gjerne bare noen få prosent. Det er ikke lagt opp til noen begrensninger i bruken av metodikken på grunn av lenkelengder. Alle lenker i et EFFEKT-vegnett blir altså med i ulykkesanalysene.

### 5.2.4 Vegstandarddata til beregning av normalverdier

Det beregnes normalt antall personer i hver skadegrad og normalt antall ulykker med grunnlag i ligninger fra TS-EFFEKT. Disse er lagt inn i en selvstendig beregningskomponent som gir resultater til EFFEKT, jfr. kapittel 5.3.2. Følgende vegstandarddata legges til grunn for beregning av normalverdier:

- Fartsgrense      Fra bildet **Vegstandard**
- Antall kryss      Beregnes (avh. av fartsgrense og riksveger/andre vegeer), eller fra bildet **Vegstandard**
- Antall felt      Fra bildet **Vegstandard**
- Stamveg          Fra bildet **Vedlikehold**

### 5.2.5 Behandling av ulike fartsgrenser

#### *Varierende fartsgrense innenfor en lenke*

Fartsgrense gis inn kontinuerlig i EFFEKT, slik at det kan være en eller flere fartssoner på samme lenke. I ulykkesberegningene gjøres det beregninger for hver fartssone (delstrekning) innenfor en lenke, fordi fartsgrense er en parameter i beregningene. Ulykkesresultatene for en lenke er summen av resultatene for hver fartssone innenfor lenken.

Ved dagens overføring av ulykkesdata fra NVDB til EFFEKT er det kun sum pr lenke som brukes. Det er ikke lagt opp til å «plassere» enkeltulykker innenfor en lenke. Ulykkene lokaliseres derfor ikke til hver fartssone, men fordeles jevnt utover lenken. Det gjøres en lengdevæktning av sum i hver skadegrad og sum ulykker innenfor hver lenke, slik at lengdeandelen hver fartssone utgjør bestemmer antall skadde/drepte og antall ulykker innenfor hver sone.

### Differensiering for fartsgrense 30-50 km/t

I TS-EFFEKT er det samme beregningsgrunnlag (og dermed resultater) for fartsgrense 30, 40 og 50 km/t. For å differensiere innenfor disse fartsgrensene i EFFEKT er det lagt inn en korreksjon i forhold til strekninger med fartsgrense 50 km/t.

Strekninger med fartsgrense 30 og 40 km/t beregnes først som strekning med fartsgrense 50. For strekninger med fartsgrense 40 km/t gjøres det deretter en korreksjon av beregnede normaltall basert på virkninger (fra tiltakskatalogen) av tiltak for nedsatt fartsgrense fra 50 til 40 km/t. For strekninger med fartsgrense 30 km/t gjøres det på samme måte, basert på virkningsverdier for tiltak for nedsatt fartsgrense fra 50 til 30 km/t.

### Inndata for fartsgrense 90 og 100 km/t

For veier med fartsgrense 90 og 100 km/t er det lagt inn en «kopling» mellom inndata i TS-EFFEKT og hvordan dette skal tolkes i forhold til inndata i EFFEKT. Dette gjøres som vist i Tabell 25. Hvis det er brukt fartsgrense 110, behandles denne på samme måte som 100 km/t.

Tabell 25: Kopling mellom TS-EFFEKT og inndata i EFFEKT for fartsgrense 90 og 100 km/t

TS-EFFEKT	EFFEKT		
Fartsgrense	Fartsgrense	Midtdeler	ÅDT 1. år
100	100	Ja	
90A	90	Ja	
90B	90	Nei	
90 øvrig	90		< 4000

I og med at ÅDT vil variere gjennom analyseperioden, er det valgt å ta utgangspunkt i ÅDT for 1. år i perioden. Grenseverdien på 4000 for ÅDT for øvrige veier med 90 km/t er fastsatt ut fra en vurdering, samtidig som den faller sammen med en verdi for dimensjoneringsklasse i Håndbok N100 Veg- og gateutforming.

## 5.2.6 Antall kryss

Antall kryss pr lenke (inndata i EFFEKT) brukes som grunnlag til å beregne normale skade- og ulykkestall, basert på metodikk fra TS-EFFEKT. Det er diskutert flere muligheter for å legge inn data om antall kryss. I denne omgang er det lagt opp til å knytte antallet til fartsgrense som vist i Tabell 26.

Tabell 26: Gjennomsnittlig antall kryss pr km, basert på data fra NVDB (november 2008)

Fartsgrense (km/t)	Antall kryss pr km	
	Riksveger	Øvrige veier
30 og 40	5,80	2,96
50	4,15	1,67
60	1,71	0,73
70	1,08	0,60
80	0,37	0,21
90 og 100	0,21	Ikke aktuelt
Alle	0,88	0,54



For hver fartsgrense er det beregnet gjennomsnittstall for antall kryss pr km, basert på data fra NVDB pr november 2008. Det er satt opp ett sett av verdier for **riksveger** (sum av E- og R-veger), og ett sett av verdier for alle **andre veger**. Data for andre veger er basert på resultater for fylkesveger i NVDB. I tillegg til disse er det hovedsaklig kommunale veger som inngår i øvrige veger. Data for fartsgrense 30 og 40 og for 90 og 100 km/t er slått sammen (90 og 100 er ikke aktuelt for andre veger).

Med grunnlag i disse gjennomsnittsverdiene og lenkelengden finnes antall kryss ved beregning. Dette kan eventuelt overstyres når brukeren har kjennskap til de faktiske forholdene langs aktuelle lenker (inkludert planlagte veger). Da gis det antall kryss (heltall) i bildet **Vegstandard**.

Det gjøres delberegninger for hver fartssone, i de tilfellene fartsgrensen varierer innenfor en lenke. Antall kryss «fordeles» innenfor de enkelte sonene, basert på en lengdevæking av fartssonen i forhold til hele lenkelengden. Dette antallet kan derfor bli et desimaltall.

På sikt kan det være aktuelt å hente ut antall kryss direkte fra NVDB for eksisterende veg. Dette må i så fall også ses i sammenheng med hvordan kryss er representert i NVDB.

### 5.2.7 Antall felt

Antall felt er inndata til beregningsrutinene i ulykkesmodulen. Det brukes det antall felt som finnes i bildet **Vegstandard**, dvs. 1, 2, 4 eller 6 felt (det er ikke mulig å automatisk behandle veger med f.eks 3 felt i dagens EFFEKT).

Lenker som i EFFEKT er definert som **envegs-kjørte** (i bildet **Vegstandard**) behandles spesielt:

- 2-felts veg definert som envegs-kjørt behandles som 4-felts veg med midtdeler
- 1-felts veg definert som envegs-kjørt behandles som «vanlig» 2-felts veg

### 5.2.8 Tidsperiode for ulykkesdata fra NVDB

I TS-EFFEKT blir det gjort en spesialbehandling av data for registrerte ulykker som har skjedd før og etter år 2001. Dette gjøres på grunn av nedskiltingen fra 80 til 70 km/t langs deler av vegnettet på dette tidspunktet. Ved uthenting av ulykkesdata fra NVDB til EFFEKT er det antatt som tilstrekkelig å bruke data som tidligst er fra 2002. Da vil det ikke være nødvendig å spesialbehandle ulykkesdata før/etter nedskilting fra 80 til 70 km/t.

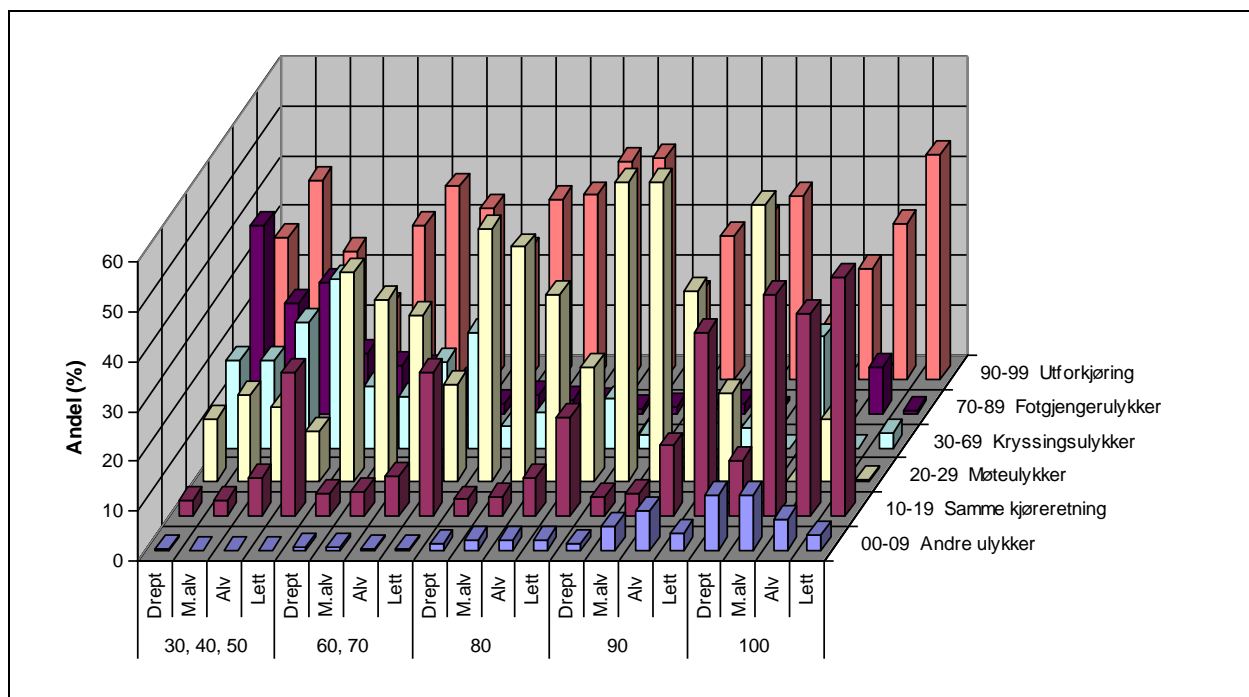
### 5.2.9 Fordeling på skadegrader fra NVDB

For vegnett 0 hentes det ut registrert antall personer innenfor hver skadegrad fra NVDB til EFFEKT.

### 5.2.10 Fordeling på ulykkestyper

For lenker som er definert som utbedringslenker tas det hensyn til hvilke ulykkestyper som påvirkes av valgt tiltak. Ulykkestyper som antas å bli påvirket (avhengig av tiltak) er forhåndsdefinert i tiltaks-katalogen (jfr. kapittel 5.2.15).

Det vanlige vil være å hente ut registrert fordeling på ulykkestyper for hver lenke fra NVDB til EFFEKT. For lenker der det **ikke** har skjedd ulykker i aktuell tidsperiode brukes en landsgjennomsnittlig fordeling på skadegrader og antall ulykker for hver ulykkestype, som framstilt i Figur 19. Denne er basert på ulykkesdata fra NVDB for perioden 2002-2007.



Fartsgrense		30, 40, 50					60, 70					80					90					100				
Skadegrad / Antall ul.		Drept	M.alv	Alv	Lett	Ant.	Drept	M.alv	Alv	Lett	Ant.	Drept	M.alv	Alv	Lett	Ant.	Drept	M.alv	Alv	Lett	Ant.	Drept	M.alv	Alv	Lett	Ant.
Ulykkestype	00-09 Andre ulykker	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	1	5	8	4	4	11	11	6	3	2
	10-19 Samme kjøretning	3	3	8	29	24	5	5	8	29	25	3	4	8	20	17	4	5	14	37	32	11	45	41	48	44
	20-29 Møteulykker	13	17	15	10	9	41	36	34	20	16	51	47	37	23	20	74	62	39	18	17	56	0	13	0	1
	30-69 Kryssingsulykker	17	17	25	34	35	12	10	17	23	23	4	7	7	10	9	3	0	5	4	4	0	22	0	3	3
	70-89 Fotgjengerulykker	38	22	26	12	16	10	9	6	2	4	4	3	2	1	2	1	0	2	1	1	11	0	9	1	2
	90-99 Utforkjøring	28	41	26	15	16	31	39	35	25	31	36	37	44	44	50	17	28	32	36	42	11	22	31	45	48

Figur 19: Fordeling på skadegrad (%) og antall ulykker pr ulykkestype (NVDB-data for 2002-2007)  
Fordeling på antall ulykker er kun vist i tabellen

### 5.2.11 Korreksjon for trafikkutvikling og endret trafikk

Ved bruk av TS-EFFEKT er det **ikke** forutsatt endringer i trafikken langs lenkene som analyseres. Dette er imidlertid vanlig i EFFEKT. For at metodikken i TS-EFFEKT skal kunne brukes i EFFEKT, er det derfor lagt inn en korreksjon for trafikkendringer på en lenke:

$$N_{su}(\text{ÅDT}_2) = N_{su}(\text{ÅDT}_1) * [\text{ÅDT}_2/\text{ÅDT}_1]^{k_{su}}$$

$N_{su}$  = Antall i hver skadegrad og antall ulykker

$\text{ÅDT}_1$  = Vegnett 0, Ikke tiltak, Utbedring : Trafikkmengde i årstallet midt i perioden det er hentet ut data for fra NVDB

Ny veg : Trafikkmengde 1. år i analyseperioden

$\text{ÅDT}_2$  = Trafikkmengde for hvert av årene i analyseperioden (det gjøres årlige beregninger)

$k_{su}$  = Koeffisient for hver skadegrad og antall ulykker (basert på datamaterialet til TS-EFFEKT):

Drept : 0,8358

Meget alvorlig skadd : 0,8792

Alvorlig skadd : 0,7724

Lettere skadd : 0,9646

Antall ulykker : 0,8929

Denne korreksjonen brukes både for den generelle trafikkutviklingen (statistikk og prognoser lagt inn i EFFEKT), og for lenker som får «ny» trafikkmengde på grunn av omfordeling i vegnettet som følge av tiltakene som analyseres. Lenker som får «ny» trafikk korrigeres også for årlig trafikkutvikling.

All korreksjon for trafikk gjøres på forventet verdi, både pr skadegrad og for antall ulykker.

### 5.2.12 Korreksjon for ulykkesutvikling over tid

Beregningene i EFFEKT gjøres for hvert år gjennom en analyseperiode som vanligvis er 40 år, og som starter en del år fram i tid i forhold til planleggingstidspunktet. Det er lagt inn en faktor for å beskrive forventet utvikling over tid, både for antallet innenfor hver skadegrad og for antall ulykker. Dette kan f.eks ha sammenheng med utvikling av sikrere kjøretøy, fysisk utforming av vegsystem (inkludert GS-veger) og holdningskampanjer.

I denne omgang brukes følgende korreksjonsfaktorer:

Drept	:	÷1,5 %/år
Meget alvorlig skadd	:	÷1,5 %/år
Alvorlig skadd	:	÷1,5 %/år
Lettere skadd	:	÷0,5 %/år
Antall ulykker	:	÷0,5 %/år

Faktorene er fastsatt med grunnlag i datamaterialet som er brukt til TS-EFFEKT. Utgangspunktet er en tilpassing/trendframskriving i forhold til historiske data fra 1998 og fram til 2008.

Faktoren for antall ulykker er i denne omgang satt lik faktoren for lettere skadd (letter skadde utgjør vanligvis 80-90 % av totalt antall skadde).

Endringene gjelder **fra og med år 2008**, og er foreløpig satt lik i alle år framover. Senere bør det vurderes å gjøre et arbeid for å revidere disse faktorene.

### 5.2.13 Korreksjon for nye veglenker

Det er en egen beregningsgang for å finne forventningsverdier for lenker definert som **Ny veg** i EFFEKT. Dette er vanligvis nye (planlagte) veglenker. I tillegg kan eventuelt lenker med generell utbedring (til gitt standard) kodes som ny veg. Dette er aktuelt for tiltakskatalogen ikke dekker.

For slike lenker beregnes først normalverdier med grunnlag i de etablerte ligningene fra TS-EFFEKT. Normalverdiene korrigeres deretter med en **faktor 0,8**. Denne faktoren er basert på såkalte «best practice» modeller for nettverk, laget av EU-kommisjonen<sup>1</sup> (faktoren brukes også ved beregning av skadekostnader i verktøyet TSPot, som brukes i Statens vegvesen til beregning av såkalte trafiksikkerhetspotensialer).

Det brukes i denne omgang én og samme faktor for alle beregninger. Senere kan det være aktuelt å vurdere om faktoren bør differensieres, f.eks avhengig av aktuell standard for ny veg, og om det bør være ulik faktor for hver skadegrad og antall ulykker.

Når korrigerede normaltall er beregnet i komponenten, blir disse deretter sammenveid med «registrert» **antall ulykker = 0** for å finne forventede antall. Dette gjøres for å ta hensyn til at det ved planlegging av en ny veg forutsettes at denne skal være mest mulig trafiksikker.

### 5.2.14 Korreksjon ved få skadetilfeller

Det kan i EFFEKT bli gjort en ekstra korreksjon i forhold til TS-EFFEKT, for lenker med få eller ingen skadetilfeller. Dette gjelder f.eks for nye veglenker, der det legges til grunn 0 «registrerte» ulykker (jfr. kapittel 5.2.13). Da kan det forekomme at beregnet forventet antall skadetilfeller blir mindre enn forventet antall ulykker (det brukes desimaltall under beregningene).

I slike tilfelle korrigeres forventet antall ulykker slik at forholdet mellom forventet antall i hver skadegrad og forventet antall ulykker blir lik forholdet mellom normaltallene (normalt antall i hver skadegrad og normalt antall ulykker).

---

<sup>1</sup> German road and transportation research association 2003. Guidelines for Safety Analysis of Road Networks Cologne, Germany 2003. Bast 2003. Network safety Management. Bergisch Gladbach, Tyskland oktober 2003

## 5.2.15 Tiltakskatalog

### Innhold og oppbygging

Fra versjon 6 av EFFEKT er det brukt en tiltakskatalog som grunnlag for å finne verdier for virkninger av tiltak. Denne katalogen er et utdrag av tiltakskatalogen i TS-EFFEKT, der det er valgt ut de tiltakene som er vurdert som mest aktuelle til bruk ved analyser i EFFEKT.

Tabell 27: Virkninger av ulykestiltak (basert på TS-EFFEKT versjon 4.0)

Tiltak		Ulykestyper som påvirkes		Virkning av tiltaket (%)				
Nr	Beskrivelse	Beskrivelse	Uhellskoder	Drepte	Meget alvorlig	Alvorlig	Lettere	Ant. ul
1	Gang- og sykkelveg	Alle ulykker	Alle	0	0	0	0	0
2	Sykkelveg	Alle ulykker	Alle	-2	-2	-2	-2	-2
3	Sykkelfelt	Fotgjengerulykker	70-89	-30	-30	-30	-30	-30
		Kjøretøyulykker ellers	00-69	-37	-37	-37	-37	-37
7	Fortau med kantstein	Alle ulykker	Alle	0	0	0	0	0
13	Fotgjengerregulering, fotgjengergerder	Alle ulykker	Alle	-24	-24	-24	-24	-24
19	Signalregulering av T-kryss, tidligere ikke signal	Ulykker i kryss	30-69	-17	-17	-17	-17	-17
20	Signalregulering av X-kryss, tidligere ikke signal	Ulykker i kryss	30-69	-30	-30	-30	-30	-30
21	Kryssutbedring, passeringslomme i T-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-22	-22	-22	-22	-22
22	Kryssutbedring, fysisk fullkanalisering X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-27	-27	-27	-27	-27
23	Kryssutbedring, malt fullkanalisering X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-57	-57	-57	-57	-57
24	Kryssutbedring, venstresvingefelt i X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-26	-26	-26	-26	-26
25	Kryssutbedring, høyresvingefelt i X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-5	-5	-5	-5	-5
26	Kryssutbedring, venstresvingefelt i T-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-36	-36	-36	-36	-36
27	Kryssutbedring, høyresvingefelt i T-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-11	-11	-11	-11	-11
28	Rundkjøring, tidligere vikepliktsregulert T-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-49	-33	-33	-31	-31
29	Rundkjøring, tidligere signalregulert T-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-42	-24	-24	-22	-22
30	Rundkjøring, tidligere vikepliktsregulert X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-64	-53	-53	-51	-51
31	Rundkjøring, tidligere signalregulert X-kryss	Ulykker i kryss	30-69	-59	-46	-46	-45	-45
33	X-kryss til to T-kryss, middels sidevegtrafikk (15-30 %)	Ulykker i kryss	30-69	-24	-24	-24	-24	-24
34	X-kryss til to T-kryss, høy sidevegtrafikk (> 30 %)	Ulykker i kryss	30-69	-33	-33	-33	-33	-33
35	Toplankryss, tidligere T-kryss i plan	Ulykker i kryss	30-69	-33	-33	-33	-33	-33
36	Toplankryss, tidligere X-kryss i plan	Ulykker i kryss	30-69	-57	-57	-57	-57	-57
37	Midtrekkverk (wire) på to-/trefelts veg	Alle ulykker	Alle	-76	-47	-47	13	13
38	Betongrekkeverk i fysisk midtdeler på flerfelts veg	Alle ulykker	Alle	-38	18	18	23	23
41	Forsterket midtoppmerking, midtlinjerumlefeld	Alle ulykker	Alle	-30	-11	-11	-8	-8
42	Forsterket midtoppmerking, oppmerket midtdeler m/sperreplate	Alle ulykker	Alle	-28	-1	-1	3	3
43	Profilert midtlinje	Alle ulykker	Alle	6	6	6	6	6
46	Utbedring sideterreng, fjerne hindre < 5 m	Utforkjøringsulykker	90-99	-22	-22	-22	-22	-22
47	Utbedring sideterreng, fjerne hindre < 9 m	Utforkjøringsulykker	90-99	-44	-44	-44	-44	-44
48	Utbedring sideterreng, fjerne tre (0-18 m fra vegskulder)	Utforkjøringsulykker	90-99	-8	-8	-8	-8	-8
49	Utbedring sideterreng, fjerne fast objekt fra vegkant	Utforkjøringsulykker	90-99	-2	-2	-2	-2	-2
50	Utbedring sideterreng, utslaking skråning fra 1:3 til 1:4	Utforkjøringsulykker	90-99	-42	-42	-42	-42	-42
51	Utbedring sideterreng, fjerning cut side slope	Utforkjøringsulykker	90-99	-40	-40	-40	-40	-40
52	Rekkverk langs vegkant	Utforkjøringsulykker	90-99	-47	-47	-47	-47	-47
55	Profilert kantlinje, rumleriller frest inn i asfalten	Utforkjøringsulykker	90-99	-85	-38	-38	-35	-35
57	Profilert kantlinje, rumleriller, profilert vegmerking	Alle ulykker	Alle	4	4	4	4	4
58	Økt fartsgrense, 90 til 100	Alle ulykker	Alle	11	8	8	3	3
59	Nedsatt fartsgrense, 90 til 80	Alle ulykker	Alle	-13	-10	-10	-4	-4
60	Økt fartsgrense, 80 til 90	Alle ulykker	Alle	12	9	9	4	4
61	Nedsatt fartsgrense, 80 til 70	Alle ulykker	Alle	-14	-11	-11	-4	-4
62	Nedsatt fartsgrense, 80 til 60	Alle ulykker	Alle	-37	-30	-30	-13	-13
63	Nedsatt fartsgrense, 70 til 60	Alle ulykker	Alle	-16	-12	-12	-5	-5
64	Nedsatt fartsgrense, 60 til 50	Alle ulykker	Alle	-17	-11	-11	-6	-6
65	Nedsatt fartsgrense, 50 til 40	Alle ulykker	Alle	-20	-14	-14	-8	-8
66	Nedsatt fartsgrense, 50 til 30	Alle ulykker	Alle	-45	-33	-33	-20	-20
67	Nedsatt fartsgrense, 40 til 30	Alle ulykker	Alle	-24	-17	-17	-10	-10
68	Punkt-ATK	Alle ulykker	Alle	-15	-12	-12	-5	-5
69	Streknings-ATK, i stedet for punkt-ATK	Alle ulykker	Alle	-30	-24	-24	-10	-10
70	Streknings-ATK, tidligere ingen ATK	Alle ulykker	Alle	-41	-33	-33	-15	-15
71	Variable skilt, fartsvisningstavler	Alle ulykker	Alle	-26	-20	-20	-9	-9
72	Variable skilt, køvarsling på motorveg	Påkjøring bakfra	10-19	-16	-16	-16	-16	-16
74	Forbikjøringsfelt, ensidig	Alle ulykker	Alle	-18	-18	-18	-18	-18
75	Forbikjøringsfelt, tosidig (korte 4-feltsstrekninger)	Alle ulykker	Alle	-40	-40	-40	-40	-40
76	Strakstiltak etter TS-inspeksjon, alle varianter	Alle ulykker	Alle	-15	-10	-10	-5	-5
79	Fysisk fartsregulering, humper i boliggater	Alle ulykker	Alle	-56	-42	-42	-26	-26
83	Kollektivfelt i nytt kjørefelt	Alle ulykker	Alle	-8	-8	-8	-8	-8
84	Kollektivfelt i eksisterende kjørefelt	Alle ulykker	Alle	9	9	9	9	9

Tiltakene er identisk med tiltakene i TS-EFFEKT (versjon 4.0) med samme nummer. I tillegg til de fast definerte tiltakene i katalogen er det i EFFEKT mulig å legge inn egendefinerte tiltak.

Egendefinerte tiltak kan brukes hvis det finnes erfaringsdata for virkninger på skadegrader og på antall ulykker, f.eks for tiltak i katalogen i TS-EFFEKT som av ulike årsaker ikke kunne tas med i standard tiltakskatalog i EFFEKT. Det må også legges inn egendefinerte tiltak hvis det for et tiltak fra TS-EFFEKT skal brukes andre virkningsverdier, mens tiltaket ellers er det samme (virkningsverdier fra TS-EFFEKT kan ikke endres).

Det kan legges inn flere tiltak i kombinasjon for en og samme lenke.

## Tiltak

### **Nr**

Tiltaksnummeret er det samme som er brukt i TS-EFFEKT, slik at brukeren direkte kjenner igjen de samme tiltakene i TS-EFFEKT og EFFEKT. Dette fører til at tiltaksnumrene i EFFEKT ikke er kontinuerlige, da ikke alle tiltak i TS-EFFEKT er med i EFFEKT.

### **Beskrivelse**

Beskrivelsen av tiltaket kan være noe forkortet i forhold til TS-EFFEKT, og er satt sammen av det som der er kalt «Tiltak» og «Varianter av tiltaket» i TS-EFFEKT.

## Ulykker som påvirkes

### **Beskrivelse**

Dette er beskrivelsen som ligger i TS-EFFEKT. Den brukes (av plasshensyn) ikke i EFFEKT.

## Uhellskoder

Her er det brukt fast definerte grupper av uhellskoder fra STRAKS/NVDB. I tillegg til de faste gruppene av koder er det lagt inn «Alle» for å representere «Alle ulykker».

00-09	Andre ulykker
10-19	Samme kjøretning
20-29	Møteulykker
30-69	Kryssingsulykker
70-89	Fotgjengerulykker
90-99	Utforkjøringsulykker
Alle	Alle ulykker (00-99)

### **Virkning av tiltaket**

For hvert tiltak er det lagt inn virkning i % (negativ %-verdi betyr reduksjon). Virkningsverdiene er identiske med verdiene i TS-EFFEKT for alle fire skadegradene (drept, meget alvorlig skadd, alvorlig skadd, lettere skadd). I tillegg er det lagt inn en egen kolonne med virkning på Antall ulykker, fordi det i EFFEKT også beregnes antall ulykker. Det er i denne omgang forutsatt at verdiene for virkningen på antall ulykker er lik verdiene for Lettere skadd.

### **Bruksområder for tiltakskatalogen**

Katalogen inneholder en del tiltak det kan velges blant for lenker der det er planlagt **utbedring** eller **ombygging** langs eksisterende veg. Dette er ulike tiltak innenfor relativt «vide» grenser, men hovedsaklig med vekt på **TS-tiltak**.

For lenker der det ikke er planlagt tiltak langs eksisterende veg brukes **ikke** tiltakskatalogen. Da beregnes antall personer i hver skadegrad og antall ulykker basert på ligninger fra TS-EFFEKT, avhengig av inndata om registrerte ulykker, trafikkmengde og en del vegstandarddata. Dette gjelder lenker langs eksisterende veg som kun er berørt av trafikkendring (**Ikke tiltak**), og for **Ny veg** (planlagte lenker).

Det kan imidlertid også gjelde «tradisjonelle» **utbedringstiltak** langs eksisterende veg, der det ikke primært er typiske (isolerte) TS-tiltak som inngår. Ved f.eks generell utbedring av vegstandard for en

lenke (bl.a breddeutvidelse, kurveutretting), er det i dagens tiltakskatalog ingen tiltak som dekker dette. Da må beregningene enten baseres på prinsippene for **ny veg**, eller det må legges inn **egendefinerte** tiltak med virkningsverdier basert på erfaringsdata (manuelt innlagte) fra lignende tiltak.

Ved eventuelle framtidige justeringer av tiltakskatalogen i TS-EFFEKT, er det tenkt at disse skal legges inn også i EFFEKT, forutsatt at dette er tiltak som er aktuelle i EFFEKT-analyser.

### 5.2.16 Beregning av antall ulykker

Antall ulykker blir beregnet i ulykkesmodulen, basert på metodikk fra TS-EFFEKT. Dette antallet brukes imidlertid ikke til beregning av ulykkeskostnader (kostnadene er basert på antallet i hver skadegrad).

For utbedringslenker der det legges inn tiltak, er virkningstall for antall ulykker lagt inn som et supplement i tiltakskatalogen i EFFEKT (finnes ikke i TS-EFFEKT), jfr. kapittel 5.2.15.

### 5.2.17 Beregning av ulykkesfrekvenser

I ulykkesmodulen i EFFEKT brukes ikke ulykkesfrekvenser som grunnlag. Men i faglige trafikk-sikkerhetsvurderinger kan det i noen sammenhenger være vanlig å forholde seg til ulykkesfrekvenser, bl.a som et grunnlag for vurdering av, eller ha en «følning» med, risikonivået langs konkrete vegstrekninger. Dette kan også være nyttig som et grunnlag for rimelighetskontroll av data.

Det er en egen spesialutskrift kalt **Ulykkesfrekvenser** i EFFEKT, der det for hver lenke skrives ut **beregnete** verdier for registrert, normal og forventet ulykkesfrekvens, samt grunnlaget for disse (dvs. data for vegnett 0).

## 5.3 Beregningsprinsipp

### 5.3.1 Prinsippskisse

Beregningsgangen i ulykkesmodulen er vist i prinsippskissen i Figur 20. Beregningene gjøres for **hver lenke** i vegnettet i EFFEKT. Det beregnes **forventet antall skadetilfeller** og **forventet antall ulykker**. I tidligere versjoner av ulykkesberegningene var ulykkesfrekvenser sentralt.

For alle lenker unntatt de som er kodet som **Ny veg** er data for lenkene i **Vegnett 0** grunnlaget for beregning av normale og forventede verdier. Det er i EFFEKT derfor en kopling mellom en og samme lenke i ulike vegnett (unntatt **Ny veg**).

### 5.3.2 Beregningskomponent

Det brukes samme beregningsprinsipp i ulykkesmodulen i EFFEKT som i TS-EFFEKT, for de delberegningene dette er aktuelt. Beregningene baseres på datagrunnlag og metodikk (ligninger) som er etablert i TS-EFFEKT. I tilknytning til ulykkesmodulen er det utviklet en frittstående beregningskomponent (knyttet til NVDB) som inneholder det nødvendige ligningsgrunnlaget fra TS-EFFEKT. Komponentene brukes av EFFEKT, som får tilbake aktuelle resultater.

### 5.3.3 Beregningsgang

Den trinnvise beregningsgangen for vegnett 0 (eksisterende veg) og lenker i et utbyggingsvegnett er vist i Figur 21 - Figur 24. Dette er basert på beregningsgangen slik den er skissert i Figur 20.

**Vegnett 0** er **eksisterende** situasjon uten noen form for tiltak, slik den vil være i sammenligningsåret (beregningstidspunktet) for analysene i et prosjektområde. Det korrigeres for generell trafikkutvikling gjennom analyseperioden, jfr. Figur 21.

Et **utbyggingsvegnett** kan bestå både av eksisterende lenker i Vegnett 0 som ikke endres (**Ikke tiltak**), lenker som utbedres (**Utbedring**) og nybygde lenker (**Ny veg**).

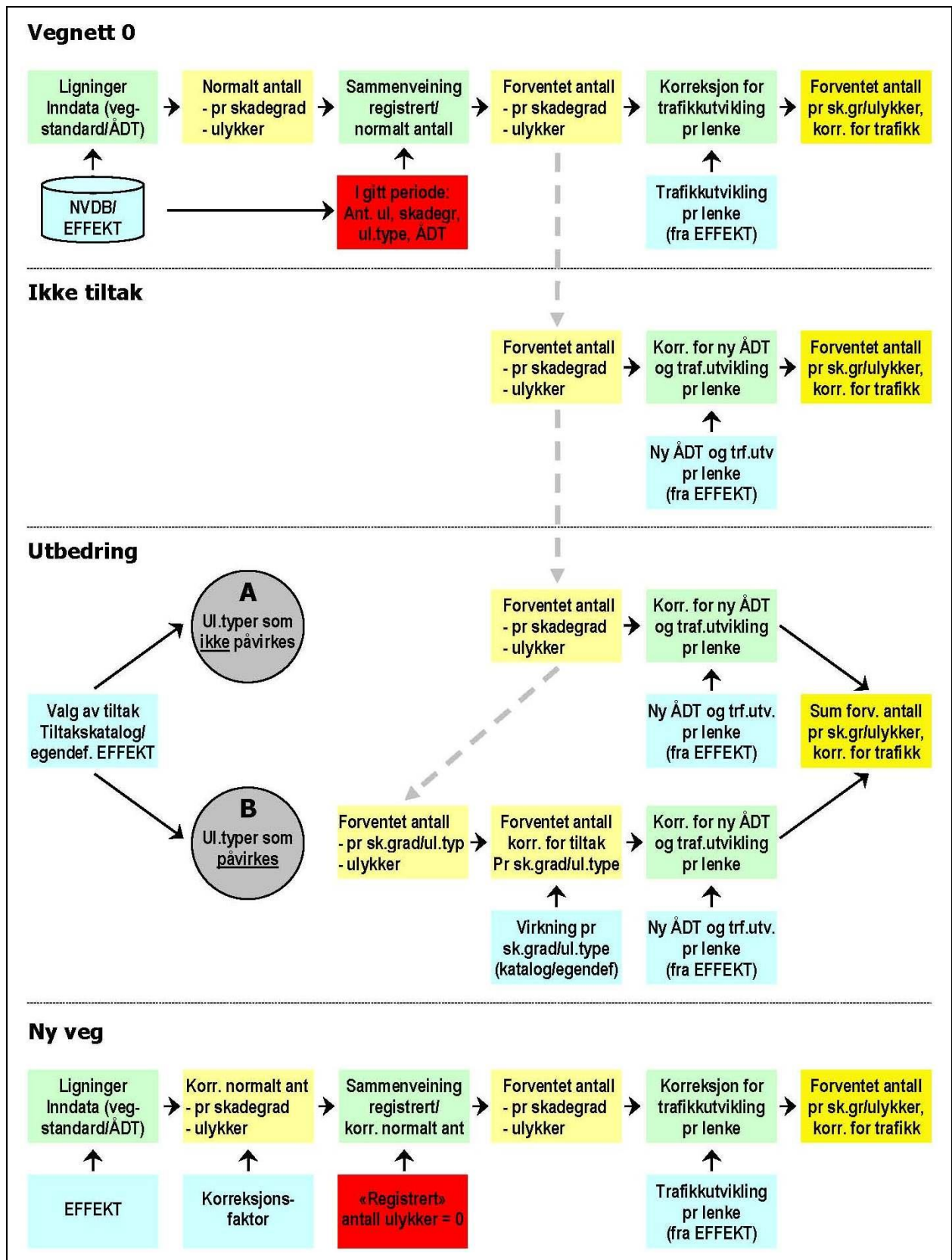
Lenker kodet med **Ikke tiltak** er lenker innenfor prosjektområdet der det ikke gjøres fysiske tiltak. Slike lenker blir kun påvirket av trafikkendring (omfordeling) som følge av tiltak andre steder i vegnettet som analyseres. Endringen i trafikkmengde på grunn av tiltak kan føre til at «ny» trafikk i Figur 22 kan være temmelig forskjellig fra trafikken i førsituasjonen. I tillegg får lenken generell trafikkutvikling.

Lenker kodet med **Utbedring** er lenker der det gjøres fysiske tiltak langs eksisterende veg, inklusiv endret lengde. Den utbedrede vegen kan i utbyggingsvegnettet få en ny standard, avhengig av hvilke tiltak som er planlagt. Endringen av standarden langs den aktuelle lenken (og andre steder i vegnettet) kan føre til trafikkendring som regnes som «ny» trafikk i Figur 23. I tillegg får lenken generell trafikkutvikling.

Lenker kodet med **Ny veg** er helt nye lenker som er planlagt bygd innenfor prosjektområdet som analyseres. Trafikkdata for slike lenker er beregnet i EFFEKT eller hentet fra transportmodell. Denne trafikken får generell trafikkutvikling gjennom analyseperioden, jfr. Figur 24.

### 5.3.4 Ulykkesutvikling over tid

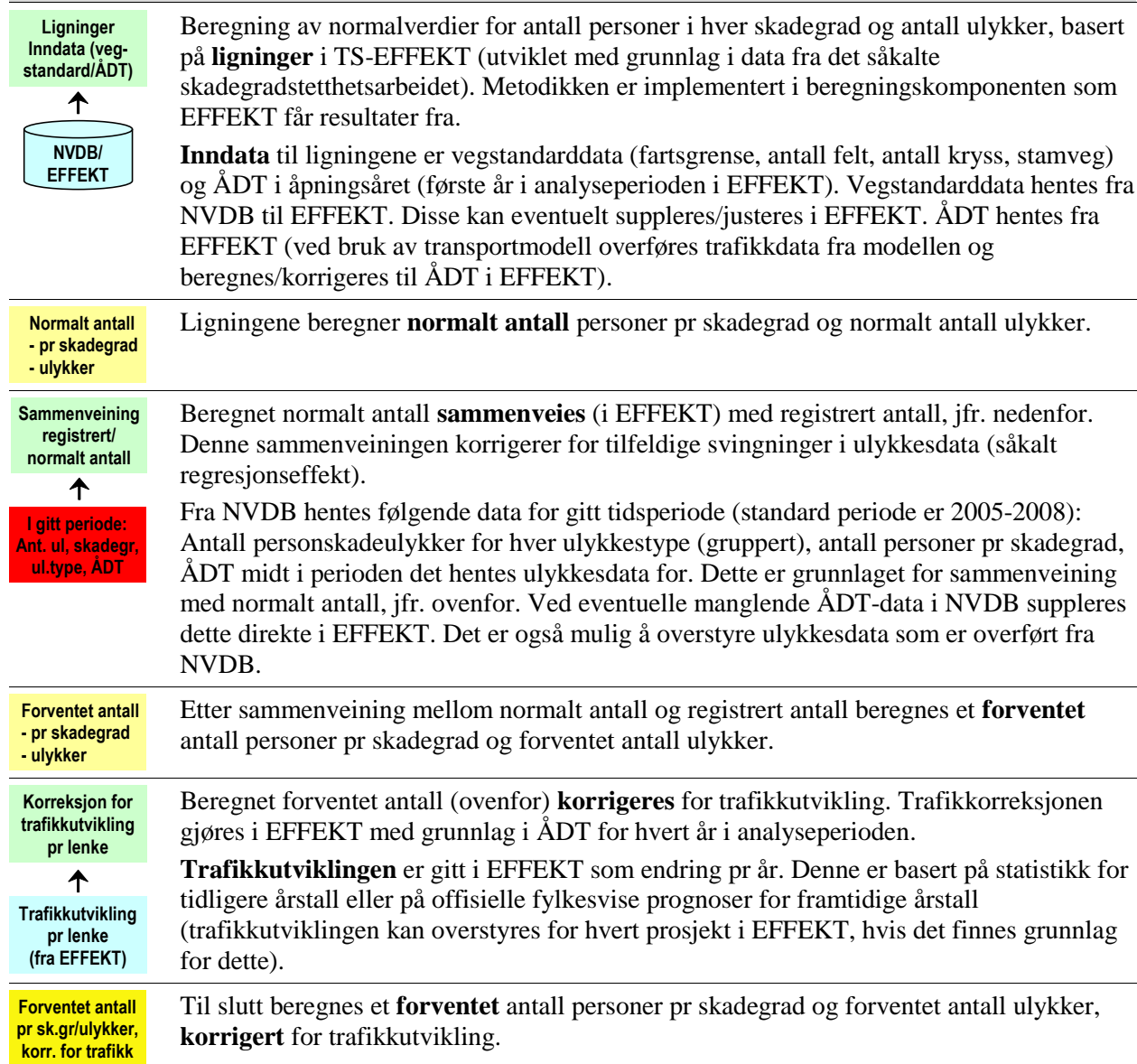
I Figur 20 - Figur 24 er det ikke lagt inn noe spesifikt som viser hvordan ulykkesutviklingen over tid kommer inn. Denne korreksjonen skjer årlig og er forutsatt å gjelde fra og med år 2008, jfr. kapittel 5.2.12.



Figur 20: Prinsipp for beregningsgangen i ulykkesmodulen i EFFEKT [19]

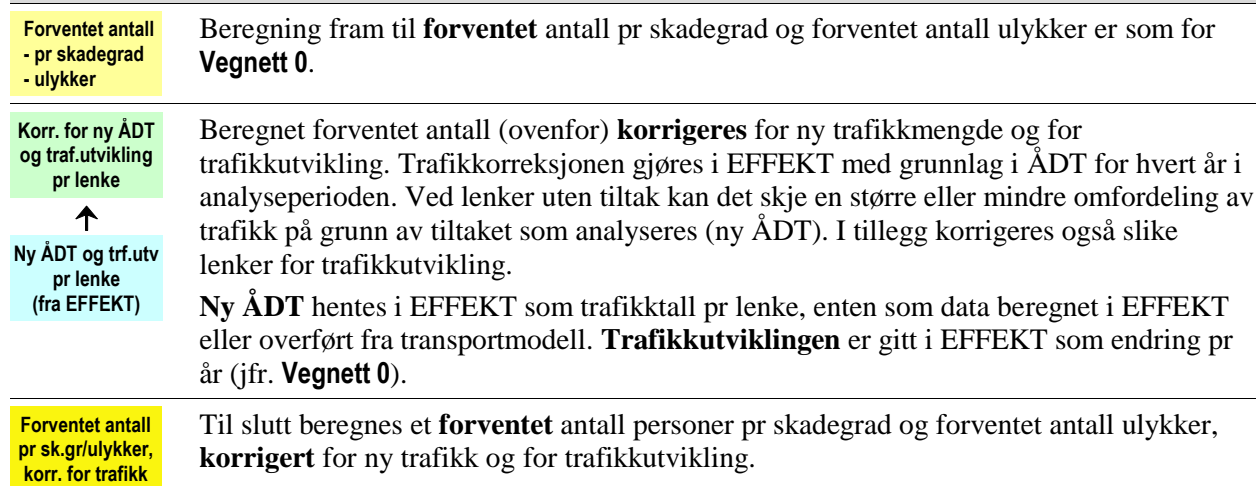


## Vegnett 0



Figur 21: Beregningsgang for Vegnett 0

## Ikke tiltak



Figur 22: Beregningsgang for Ikke tiltak

## Utbedring

Valg av tiltak  
Tiltakskatalog/  
egendef. EFFEKT

Ved utbedring velges først type **tiltak** som skal analyseres. Tiltakene velges fra tiltakskatalogen i EFFEKT (basert på katalogen i TS-EFFEKT), eller det legges inn egendefinerte tiltak. Det kan legges inn flere tiltak for samme lenke.

Avhengig av tiltak som velges kan det være en del ulykkestyper som ikke påvirkes og en del som påvirkes av tiltaket/tiltakene. Den videre beregningsgangen er forskjellig for disse (A og B).



A: Beregningsgangen for ulykkestyper som **ikke påvirkes** av valgt(e) tiltak er forklart nedenfor.

Forventet antall  
- pr skadegrad  
- ulykker

Etter sammenveining mellom normalt antall og registrert antall beregnes et **forventet** antall personer pr skadegrad og forventet antall ulykker.

Korr. for ny ÅDT  
og traf.utvikling  
pr lenke

**Korreksjon** for ny ÅDT og trafikktutvikling gjøres som for **ikke tiltak**.



Ny ÅDT og trf.utv  
pr lenke  
(fra EFFEKT)

Data om **ny ÅDT** og **trafikktutvikling** er gitt i EFFEKT, jfr. **Ikke tiltak**.

Sum forv. antall  
pr sk.gr/ulykker,  
korr. for trafikk

Til slutt beregnes **forventet** antall personer pr skadegrad og forventet antall ulykker, **korrigert** for ny trafikk og for trafikktutvikling. Dette er antallet for den delen som ikke påvirkes av tiltak. Summen av dette og forventede tall for ulykkestyper som påvirkes er total sum for hver lenke.



B: Beregningsgangen for ulykkestyper som **påvirkes** av valgt(e) tiltak er forklart nedenfor.

Forventet antall  
- pr sk.grad/ul.type  
- ulykker

Etter sammenveining mellom normalt antall og registrert antall beregnes et **forventet** antall personer pr skadegrad pr ulykkestype (for de typene som påvirkes av tiltaket), samt forventet antall ulykker.

Forventet antall  
korr. for tiltak  
Pr sk.grad/ul.type

Beregner **korrigerte forventede** antall pr skadegrad pr ulykkestype, samt forventet antall ulykker.



Virkning pr  
sk.grad/ul.type  
(katalog/egendef)

Korreksjonen gjøres med grunnlag i gitte verdier for **virkning** (i %) pr skadegrad og virkning på antall ulykker i tiltakskatalogen i EFFEKT. Virkningsverdiene fra tiltakskatalogen kan ikke overstyres i EFFEKT. Det kan imidlertid legges inn egendefinerte tiltak, med tilhørende virkningsverdier pr skadegrad og antall ulykker.

Korr. for ny ÅDT  
og traf.utvikling  
pr lenke

**Korreksjon** for ny ÅDT og trafikktutvikling gjøres som for ulykkestyper som ikke er påvirket av tiltaket (ovenfor).



Ny ÅDT og trf.utv  
pr lenke  
(fra EFFEKT)

Data om **ny ÅDT** og **trafikktutvikling** er de samme som for ulykkestyper som ikke er påvirket av tiltaket (ovenfor).

Sum forv. antall  
pr sk.gr/ulykker,  
korr. for trafikk

Til slutt beregnes et **forventet** antall personer pr skadegrad og forventet antall ulykker, **korrigert** for ny trafikk og for trafikktutvikling. Dette er antallet for den delen som **påvirkes** av tiltak.

Total sum

Summen av forventede tall for ulykkestyper som ikke påvirkes (A) og som påvirkes (B) er **total sum** pr lenke.

Figur 23: Beregningsgang for Utbedring

## Ny veg

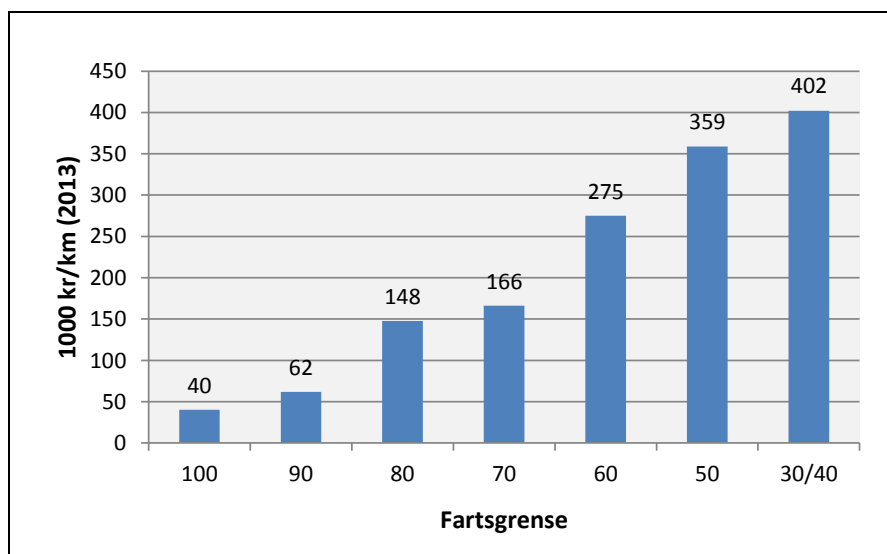
Ligninger Inndata (veg- standard/ÅDT)	Beregning av normalverdier for antall i hver skadegrad og antall ulykker baseres på <b>ligninger</b> i TS-EFFEKT (som for <b>Vegnett 0</b> ).
↑	
EFFEKT	<b>Inndata</b> til ligningene er vegstandarddata (fartsgrense, antall felt, antall kryss, stamveg) og ÅDT i åpningsåret. Vegstandarddata og ÅDT hentes fra EFFEKT. ÅDT kan være overført fra transportmodell (beregnes/korrigeres i så fall i EFFEKT med grunnlag i overførte data fra transportmodell).
Korr. normalt ant - pr skadegrad - ulykker	Ligningene beregner først <b>normalt antall</b> personer pr skadegrad og normalt antall ulykker (som for <b>Vegnett 0</b> ). Resultatene blir deretter <b>korrigert</b> med grunnlag i korreksjonsfaktor (nedenfor).
↑	
Korreksjons- faktor(er)	Det er lagt inn en <b>korreksjonsfaktor</b> for å korrigere (redusere) normale skadetall og ulykkestall. Faktoren er satt til 0,8. Det brukes i denne omgang en og samme faktor i alle delberegninger (senere kan det være aktuelt å differensiere faktoren, f.eks avhengig av aktuell standard for ny veg, og egne faktorer for hver skadegrad).
Sammenveining registrert/ korr. normalt ant	Korrigert normalt antall <b>sammenveies</b> med «registrert» <b>antall = 0</b> (nedenfor). Denne sammenveiningen gjøres for å ta hensyn til at det normalt planlegges en ny veg som skal være mest mulig trafikksikker.
↑	
«Registrert» antall ulykker = 0	«Registrert» antall settes lik 0. ÅDT i åpningsåret legges til grunn for sammenveiningen.
Forventet antall - pr skadegrad - ulykker	Etter sammenveining mellom korrigert normalt antall og «registrert» antall = 0 beregnes et <b>forventet</b> antall personer pr skadegrad og forventet antall ulykker.
Korreksjon for trafikkutvikling pr lenke	Beregnet forventet antall (ovenfor) <b>korrigeres</b> for trafikkutvikling. Trafikkkorreksjonen gjøres i EFFEKT med grunnlag i ÅDT for hvert år i analyseperioden.
↑	
Trafikkutvikling pr lenke (fra EFFEKT)	<b>Trafikkutviklingen</b> er gitt i EFFEKT som endring pr år. Denne er basert på statistikk for tidligere årstall eller på offisielle fylkesvise prognoser for framtidige årstall (prognosene kan overstyres for hvert prosjekt i EFFEKT, hvis det finnes grunnlag for dette).
Forventet antall pr sk.gr/ulykker, korr. for trafikk	Til slutt beregnes et <b>forventet</b> antall personer pr skadegrad og forventet antall ulykker, <b>korrigert</b> for trafikkutvikling.

Figur 24: Beregningsgang for **Ny veg**

## 5.4 Materiellskadeulykker

Kostnader ved materiellskadeulykker regnes i kr pr kjøretøykilometer avhengig av fartsgrense, som vist i Figur 25. Dette er basert på datagrunnlag for forsikringskadestatistikk [20]. Foreløpig er det kun data for 2003 som er lagt til grunn. På sikt bør det legges til grunn et større erfaringsmateriale for en lengre og mer nærliggende tidsperiode.

I tidligere versjoner av EFFEKT 6 ble det også tatt hensyn til områdetype (spredt, middels tett, tett) i tillegg til fartsgrense. Etter at områdetype ble tatt bort som inndata i EFFEKT (fra versjon 6.4), ble grunnlaget bearbeidet for å knytte enhetsprisene kun til fartsgrense.



Figur 25: Enhetspriser for materiellskadeulykker avhengig av fartsgrense (prisnivå 2013)

Når kostnadene ved materiellskadeulykker beregnes med et beløp pr kjøretøykilometer, skal en være klar over at det kun vil være endringer i *trafikkarbeid* og eventuelt *fartsgrense* som påvirker kostnadene. En endring i veglengde og overføring av trafikk mellom lenker med ulik fartsgrense vil virke inn, mens det ikke blir noen «isolert» virkning av f.eks rene TS-tiltak (uten endring av veglengde eller fartsgrense).

I EFFEKT 5 ble antall materiellskadeulykker beregnet med grunnlag i et antall pr personskadeulykke.

## 5.5 Spesielle ulykkesberegninger

Det som her er kalt spesielle ulykkesberegninger omfatter:

- Kryssulykker
- Ulykker utenfor prosjektområdet (nyskapt trafikk)

Prinsippene for separat beregning av ulykker i kryss er **uendret** forhold til versjon 5. Dette gjelder også ved beregning av ulykker utenfor prosjektområdet, i tilknytning til beregning av virkninger for lenker med **nyskapt trafikk**.

### 5.5.1 Kryssulykker

Data for å beregne ulykker spesielt i kryss gis i bildet **Kryssulykker**. Det beregnes ulykkeskostnader for alle kryss det gis data for i dette bildet, men ingen andre.

Hvis det gis data i bildet **Kryssulykker**, vil ulykkene regnes **i tillegg** til ulykker som beregnes for strekning og kryss samlet i de vanlige ulykkesberegningene (i bildet **Ulykker**). NB! For å unngå **dobbelregning** må brukeren derfor selv passe på å **ta bort spesifikke kryssulykker** i registrerte data (ulykkestype 30-69) i bildet **Ulykker** når bildet **Kryssulykker** brukes.

### 5.5.2 Ulykker utenfor prosjektområdet

Ved beregning av nyskapt trafikk er det i bildet **Nyskapt trafikk -Påvirkede trafikkstrømmer** gitt data om **Turlengde** og **Ulykkesfrekvens**. Dette er data som brukeren gir manuelt, basert på egne kilder og vurderinger.

Gitt turlengde og ulykkesfrekvens brukes direkte som grunnlag til å beregne antall ulykker for hver påvirket trafikkstrøm.

### 5.5.3 Antall skadde og drepte

Beregningen av antall skadde og drepte (pr personskadeulykke) er basert på grunnlaget som ble etablert i versjon 5.6 av EFFEKT, der det beregnes antall personer for følgende fire skadegrader samt summen:

- Drepte
- Meget alvorlig skadde
- Alvorlig skadde
- Lettere skadde
- Sum antall skadde og drepte

Det er etablert et normalt antall skadde og drepte pr personskadeulykke som vist i Tabell 28. Dette er basert på gjennomsnittsverdier beregnet med grunnlag i registrerte personskadeulykker på riksveger i perioden 1993-2000. Grunnlaget for å beregne antall skadde og drepte er faktorer knyttet til hvert standardnivå (motorveg A, B eller fartsgrense). De ulike standardnivåene har ulik alvorlighetsgrad, med varierende antall skadde og drepte for hvert av nivåene.

Disse normalverdiene brukes også ved beregning av ulykker utenfor prosjektområdet, i tilknytning til beregning av nytte av nyskapt trafikk.

Tabell 28: Normalt antall skadde og drepte pr personskadeulykke (R. Elvik, TØI 2002)

Standardnivå	Drepte	Meget alvorlig skadde	Alvorlig skadde	Lettere skadde	Sum skadde og drepte
Motorveg A	0,096	0,011	0,106	1,298	1,511
Motorveg B	0,162	0,052	0,246	1,363	1,823
Fartsgrense 90 km/t	0,069	0,040	0,172	1,332	1,613
Fartsgrense 80 km/t	0,063	0,034	0,175	1,284	1,556
Fartsgrense 70 km/t	0,059	0,024	0,143	1,327	1,553
Fartsgrense 60 km/t	0,033	0,019	0,129	1,258	1,439
Fartsgrense ≤ 50 km/t	0,019	0,010	0,101	1,150	1,280

## 5.5.4 Kostnadsberegning

### Faktor for verdsetting av personskadeulykker

Som grunnlag for beregning av kostnader for personskadeulykker, brukes det en korreksjonsfaktor for hvert standardnivå, basert på erfaringstall for gjennomsnittlig fordeling på antall skadde og drepte innenfor hvert nivå, se Tabell 29.

Tabell 29: Faktor for verdsetting av personskadeulykke for hvert standardnivå (R. Elvik, TØI 2002)

Standardnivå	Kostnadsfaktor
Motorveg A	1,24
Motorveg B	2,19
Veg med 90 km/t	1,31
Veg med 80 km/t	1,22
Veg med 70 km/t	1,10
Veg med 60 km/t	0,84
Veg med 50 km/t	0,62
Alle veger	1,00

Den aktuelle kostnadsfaktoren er vist i feltet **Faktor for verdsetting av personskadeulykker**. Faktoren blir ved beregning multiplisert med gjennomsnittlig enhetspris for personskadeulykker, gitt i bildet **Enhetspriser og faktorer** (standardverdi 3.300.000 kr i prisnivå 2013).

## 5.5.5 Materiellskadeulykker

Prinsippet for beregning av materiellskadeulykker er uendret fra versjon 5.6. Beregningen av *antall* materiellskadeulykker er avhengig av plasseringen i **Standardnivå**. Følgende sammenhenger gjelder for å kople tidligere parametre for Bebyggelse med inndelingen for **Standardnivå**:

<u>Bebyggelse</u>	<u>Standardnivå</u>
Tett	Gruppe 50 og 60
Spredt	Gruppe 70, 80, 90, Motorveg B, Motorveg A

Motorveg A og B kan gå i «Tett» bebyggelse. Her er det valgt å knytte disse til «Spredt», da en regner at ulykkesbildet er mest avhengig av vegstandarden. Sammenhengen mellom **Omfang** og **Standardnivå** er vist i Tabell 30.

Tabell 30: Antall materiellskadeulykker pr personskadeulykke (brukt ved separat beregning av kryss)

Omfang	Standardnivå	
	50 og 60 km/t	70, 80, 90 km/t, Motorveg B og A
Strekning	31,1	6,9
Kryss	16,0	3,0
Strekning og kryss samlet	22,3	6,1

**Enhetsprisen** for materiellskadeulykker er lik 60.000 kr i prisnivå 2013.

## 6 Drifts- og vedlikeholdskostnader

### 6.1 Hovedprinsipper

Mye av grunnlaget for beregning av drifts- og vedlikeholdskostnader i EFFEKT bygger på en forenkling av formelgrunnlaget i modellen MOTIV som brukes i Statens vegvesen (Modell for Tildeling av Vedlikeholdsmidler). Det er et eget opplegg for å beregne vedlikeholdskostnader for faste dekker, da kostnader til dekkevedlikehold ikke beregnes i MOTIV (det inngikk i tidligere versjoner).

Alle enhetspriser og ligninger som er basert på grunnlaget i versjon 5 (prisnivå 1995) oppdateres ved beregning til felles prisnivå med de årlige offisielle kostnadsindeksene spesielt for vedlikehold. For noen delkostnader (dekke, vintervedlikehold, tunneler) er kostnadene gitt i eget prisnivå.

Beregningen av vedlikeholdskostnader er delt i to hoveddeler:

- I Generelle vedlikeholdskostnader på alle lenker
- II Tilleggs kostnader på enkeltlenker

**Generelle** kostnader beregnes for alle lenker, avhengig av bl.a. vegstandard, trafikkmengde og klima. Dette er kostnader som er forutsatt blir påført alle veger. Kostnadene er inndelt i prosesser og oppgaver, i samsvar med tidligere Håndbok 111 Standard for drift og vedlikehold.

**Tilleggs kostnader** er kostnader som gjelder spesielt for en lenke, og der mengden må gis for hver lenke kostnadene forekommer (f.eks. belysning, GS-veg, fortau, støyskjermer, tunneler, bruer). Disse kostnadene kommer i tillegg til de generelle kostnadene. Dersom de samme tilleggs kostnadene finnes både i 0-alternativet og i et utbyggingsalternativ, har det ingen betydning for **endringen** i kostnader mellom ulike alternativ. Men for å få med **totale** vedlikeholdskostnader må det legges inn data for tilleggs kostnader i alle alternativ.

Kostnadene beregnes for **hvert år** i analyseperioden, der trafikkmengden hvert år inngår.

#### **Spesielt om salting**

I noen av delberegningene skilles det mellom veger som saltes og veger som ikke saltes. Det brukes derfor et eget kriterium for å skille mellom salting:

- Veger med ÅDT < 1500 saltes ikke
- Veger med ÅDT > 1500:
  - Riksveger saltes hvis middeltemperaturen i februar > ÷7.6 °C
  - Øvrige veger saltes hvis middeltemperaturen i februar > ÷6.5 °C

Informasjon om Riksveger og Øvrige veger er gitt i bildet **Vedlikehold**. Det ble tidligere brukt stamveger som det ene kriteriet. Dette er senere endret til riksveger.



## 6.2 Del I: Generelle vedlikeholdskostnader

De generelle vedlikeholdskostnadene er inndelt i 5 hovedgrupper:

- Ledelse og generelle kostnader (hovedprosess 0 og 1)
- Drenering (hovedprosess 4)
- Vegdekke (hovedprosess 6)
- Vegtstyr og miljøtiltak (hovedprosess 7)
- Vintervedlikehold (hovedprosess 9)

I alle formler der lenkelengden L inngår, regnes lengden i meter.

### 6.2.1 Ledelse og generelle kostnader (hovedprosess 0 og 1)

Kostnadene til ledelse og generelle arbeider er slått sammen, og beregnes med en generell formel:

$$K = 6,3 * L * F$$

$$F = \text{Antall felt}$$

### 6.2.2 Drenering (prosess 48)

Kostnader beregnes avhengig av områdetype som inngår i inndata om **Standardklasse** i bildet **Vedlikehold**.

#### Områdetype 1 og 2

$\leq 3$ felt, $\text{ÅDT} < 12\ 000$	$K = L * (2,74 + 0,00028 * \text{ÅDT})$
$\leq 3$ felt, $\text{ÅDT} \geq 12\ 000$	$K = 6 * L$
$\geq 4$ felt	$K = 23 * L$

#### Områdetype 3

$\leq 3$ felt, $\text{ÅDT} < 12\ 000$	$K = L * (6,0 + 0,00065 * \text{ÅDT})$
$\leq 3$ felt, $\text{ÅDT} \geq 12\ 000$	$K = 14 * L$
$\geq 4$ felt	$K = 23 * L$

### 6.2.3 Dekkevedlikehold (hovedprosess 6)

#### Grusveger (prosess 61)

Kostnader  $K_{gr}$  til vedlikehold av grusveger beregnes på følgende måte:

$$K_{gr} = L * (13,7 + 0,018 * \text{ÅDT})$$

#### Lapping av faste dekker (prosess 62)

Kostnader  $K_{lapp}$  til lapping av faste dekker beregnes på følgende måte:

$$K_{lapp} = L * (1 + 0,00025 * \text{ÅDT})$$

## Fornyelse av faste dekker (prosess 63 – 68)

Kostnader til ordinær fornyelse av faste dekker ble implementert i versjon 6 [21] og beregnes på følgende måte:

$$K_{ord} = L * B_d * EP_d / T_{1, norm}$$

$B_d$  = Gjennomsnittlig dekkebredde i meter (inkl. fast skulder)

$EP_d$  = Enhetspris (kr/m<sup>2</sup>) fra Tabell 31

$T_{1, norm}$  = Normal (normert) dekkelevetid i år, fra Tabell 31

Normal dekkelevetid er levetiden i antall år en bør forvente på en veg som er dimensjonert riktig og under normale klima- og belastningsforhold. Tabell 6.1 viser forutsatt normal (normert) dekkelevetid sammen med normalt variasjonsområde, slik det er gitt i Håndbok 018 (Vegbygging). I Håndbok 018 er det kun gitt én verdi for normal dekkelevetid for alle veger med ÅDT > 15000. I metodikken i EFFEKT er det gjort en differensiering for veger med høy ÅDT (> 15000).

Tabell 31: Enhetspris for dekkelegging (prisnivå 2003) og normal dekkelevetid avhengig av ÅDT

ÅDT	kr/m <sup>2</sup> (prisnivå 2003)	Normal dekkelevetid (år)	Normalt variasjonsområde for levetid (år)
< 300	55	14	12-16
301 – 1500	55	12	10-14
1501 – 3000	65	11	9-14
3001 – 5000	65	11	10-12
5001 – 10000	75	8	7-10
10001 – 15000	75	6	5-8
15001 – 20000	75	5	4-7
20001 – 25000	75	4	
> 25000	75	3	

Variasjonen i normerte dekkelevetider er ganske stor og variasjonen i faktiske, observerte dekkelevetider vil kunne være enda større. Det er derfor mulig i EFFEKT å kunne angi antatt dekkelevetid etter tiltak. De normerte dekkelevetidene brukes dersom brukeren ikke angir noe annet.

### Vegnett 0 og Ikke tiltak

På lenker der det ikke gjøres investeringstiltak (definert som **Ikke tiltak**), trenger det ikke være samsvar mellom faktisk bæreevne og tillatt aksellast. Her kan observert dekkelevetid være kortere enn normal dekkelevetid. Den viktigste årsaken til dette er vanligvis at tillatt aksellast har vært større enn den faktiske bæreevnen i eksisterende situasjon. Slike lenker behandles spesielt, på følgende måte:

For **Vegnett 0** brukes **observert** dekkelevetid ( $T_{1, obs}$ ) gitt som inndata bildet **Vedlikehold** i stedet for normal dekkelevetid fra Tabell 31.

For lenker kodet som **Ikke tiltak** brukes det en beregnet «observert» dekkelevetid:

$$T_{1, obs, b} = T_{1, obs} * (S + T) / (S * ES_2 / ES_1 + T * ET_2 / ET_1)$$

$T_{1, obs}$  = Observert levetid i eksisterende situasjon, gitt i bildet **Vedlikehold**

$S$  = Antall måneder sommerforhold, gitt i bildet **Vedlikehold**

$T$  = Antall måneder teleløsning, gitt i bildet **Vedlikehold**

$ES_1$  = Ekvivalensfaktor sommer for eksisterende situasjon, fra Tabell 32

$ES_2$  = Ekvivalensfaktor sommer for planlagt situasjon, fra Tabell 32

$ET_1$  = Ekvivalensfaktor teleløsning for eksisterende situasjon, fra Tabell 32

$ET_2$  = Ekvivalensfaktor teleløsning for planlagt situasjon, fra Tabell 32

Tabell 32: Ekvivalensfaktorer for ulike bruksklasser

Bruksklasse	Ekvivalensfaktor E
Bk 10	0,42
Bk 8	0,20
Bk 7	0,13
Bk 6	0,08

### Utbedring og Ny veg

For lenker definert som **Utbedring** eller **Ny veg** forutsettes det at det er samsvar mellom faktisk bæreevne og tillatt aksellast. På slike lenker beregnes årlige kostnader som forklart foran.

For lenker definert som **Utbedring** kan det legges inn beløp for såkalt **Spart dekkekostnad** i bildet **Vedlikehold**. Spart dekkekostnad ses i sammenheng med vedlikeholdskostnadene ved utbedring av eksisterende veg. Normalt er kostnadene til dekkelegging innregnet i anleggskostnadene for utbedringen. Kostnadene til én reasfaltering kan dermed regnes som spart i vedlikeholdssammenheng. Dette er et engangsbeløp som regnes som en besparelse i vedlikeholdskostnader i første år i planlagt situasjon.

Beløpet hentes fra kostnadsoverslaget for anlegget og inkluderer merverdiavgift. Det er gitt årstall for prisnivå sammen med beløpet.

## 6.2.4 Vegutstyr og miljøtiltak (hovedprosess 7)

### Murer (prosess 71.8)

$$K = 0,6 * F_M * (H_{skj} \div 0,5) * L$$

FM = Faktor avhengig av utbyggingsgrad:  
 = 1 for utbyggingsgrad 3  
 = 0,25 for utbyggingsgrad 2 og 1

H<sub>skj</sub> = Gjennomsnittlig skjæringshøyde i fylket, fra Tabell 33

### Stabilitetssikring av skjæringer/skråninger (prosess 73.4)

$$K = L * (H_{skj} \div 0,5) * (0,56 * A_{fj} + 0,24)$$

H<sub>skj</sub> = Gjennomsnittlig skjæringshøyde i fylket, fra Tabell 33  
 Afj = Andel fjell i skjæring/fylling, fra Tabell 33

### Kantslått (prosess 74.8)

$$K = 0,25 * D * (2 * L \div F) * (0,4 * T_s \div 3)$$

D = Antall drag på hver side av vegen  
 = 2 når ÅDT < 5000  
 = 3 når ÅDT ≥ 5000

F = Fortauslengde i meter, fra bildet **Vedlikehold**. Hvis ingen verdi er gitt, settes F = 0

T<sub>s</sub> = Gjennomsnittstemperatur i mai, juni, juli og august, beregnes ut fra gitt meteorologistasjon:  
 Dersom T<sub>s</sub> ≤ 7,5, settes T<sub>s</sub> = 7,5 (dvs. K = 0)  
 Dersom T<sub>s</sub> ≥ 12,5, settes T<sub>s</sub> = 12,5 (dvs. K = 0,5 \* D \* (2 \* L ÷ F))

Tabell 33: Gjennomsnittlig skjærings-/fyllingshøyde og andel fjell pr fylke

Fylke	Gjennomsnittlig skjærings-/fyllingshøyde	Andel fjell
Østfold	1,0	0,25
Akershus	1,0	0,25
Oslo	1,0	0,25
Hedmark	1,0	0,25
Oppland	1,5	0,40
Buskerud	1,5	0,40
Vestfold	1,5	0,40
Telemark	1,5	0,50
Aust-Agder	1,5	0,50
Vest-Agder	1,5	0,50
Rogaland	1,5	0,60
Hordaland	1,8	0,80
Sogn og Fjordane	1,8	0,80
Møre og Romsdal	1,5	0,60
Sør-Trøndelag	1,5	0,40
Nord-Trøndelag	1,5	0,40
Nordland	1,5	0,40
Troms	1,5	0,35
Finnmark	1,0	0,30

### Rekkverk og gjerder (prosess 75.8)

$$\begin{aligned} \text{ÅDT} \leq 10\,000 & \quad K = L * [R_{\text{and}} * (0,4 + 0,00057 * \text{ÅDT}) + 0,075] \\ \text{ÅDT} > 10000 & \quad K = L * (6,1 * R_{\text{and}} + 0,075) \end{aligned}$$

$R_{\text{and}}$  = Faktor som beskriver rekkverksandel i fylkene, se Tabell 34

### Kantstein (prosess 75.8)

$$K = F + F_1 * L$$

F = Fortauslengde i meter, fra bildet **Vedlikehold**. Hvis ingen verdi er gitt, settes F = 0

F<sub>1</sub> = Faktor som varierer på følgende måte:

= 1 for utbyggingsgrad 3

= 0,5 for utbyggingsgrad 2 og 1, når ÅDT > 5 000

= 0 for utbyggingsgrad 2 og 1, når ÅDT ≤ 5 000

### Grøntarealer (prosess 76.8)

$$K = 0,0006 * L * F_u * (2 * T_s \div 15) * (0,054 * \text{ÅDT} \div 67)$$

F<sub>u</sub> = Faktor avhengig av utbyggingsgrad:

= 1 for utbyggingsgrad 3, 0,5 for utbyggingsgrad 2, 0,1 for utbyggingsgrad 1

T<sub>s</sub> = Gjennomsnittstemperatur i mai, juni, juli og august, beregnes ut fra meteorologistasjon:

Dersom  $T_s \leq 7,5$  settes  $T_s = 7,5$  (dvs K = 0)

Dersom  $T_s \geq 12,5$  settes  $T_s = 12,5$

ÅDT = Årsdøgntrafikk:

Dersom  $\text{ÅDT} \leq 5\,000$ , settes  $\text{ÅDT} = 5\,000$

Dersom  $\text{ÅDT} \geq 20\,000$ , settes  $\text{ÅDT} = 20\,000$

Tabell 34: Gjennomsnittlig rekkverksandel pr fylke

Fylke	Gjennomsnittlig rekkverksandel
Østfold	0,26
Akershus	0,35
Oslo	0,91
Hedmark	0,18
Oppland	0,35
Buskerud	0,29
Vestfold	0,29
Telemark	0,32
AustAgder	0,35
VestAgder	0,38
Rogaland	0,53
Hordaland	0,50
Sogn og Fjordane	0,48
Møre og Romsdal	0,46
SørTrøndelag	0,38
NordTrøndelag	0,24
Nordland	1,16
Troms	0,29
Finnmark	0,24

### Vegmerking og optisk ledning (prosess 77)

$$\text{ÅDT} \leq 3\ 000 \quad K = 3,45 * L * F_s$$

$$3\ 000 < \text{ÅDT} \leq 32\ 000 \quad K = 0,00115 * L * F_s * \text{ÅDT}$$

$$\text{ÅDT} > 32\ 000 \quad K = 36,8 * L * F_s$$

$F_s$  = Faktor som avhenger av om vegen saltes eller ikke  
 = 1 for saltet veg  
 = 0,58 for usaltet veg

### Brøytetikk (prosess 77.6)

$$K = 0,15 * L * K_B$$

$K_B$  = Faktor avhengig av utbyggingsgrad:  
 = 1,0 for utbyggingsgrad 3  
 = 4,0 for utbyggingsgrad 2  
 = 8,3 for utbyggingsgrad 1

### Skilt (prosess 78.2)

#### Veger som saltes

#### Områdetype 1 og 2

$$\text{ÅDT} \leq 20\ 000 \quad K = (0,96 + 0,00079 * \text{ÅDT}) * L$$

$$\text{ÅDT} > 20\ 000 \quad K = 17 * L$$

#### Områdetype 3

$$\text{ÅDT} \leq 20\ 000 \quad K = (2,29 + 0,00153 * \text{ÅDT}) * L$$

$$\text{ÅDT} > 20\ 000 \quad K = 33 * L$$

### ***Veger som ikke saltes***

#### **Områdetype 1 og 2**

$$\text{ÅDT} \leq 20\ 000$$

$$\text{ÅDT} > 20\ 000$$

$$K = (0,96 + 0,00057 * \text{ÅDT}) * L$$

$$K = 13 * L$$

#### **Områdetype 3**

$$\text{ÅDT} \leq 20\ 000$$

$$\text{ÅDT} > 20\ 000$$

$$K = (2,29 + 0,00109 * \text{ÅDT}) * L$$

$$K = 24 * L$$

### **Leskur (prosess 79.2)**

$$K = 1,2 * L * (0,05 + 0,000025 * \text{ÅDT})$$

### **Renhold av vegbane mm (prosess 79.3)**

#### ***Renhold av rekkverk***

##### ***Veger som saltes***

$$K = 2,29 * R_{\text{and}} * L$$

##### ***Veger som ikke saltes***

$$K = 1,14 * R_{\text{and}} * L$$

$R_{\text{and}}$  = Faktor som beskriver rekkverksandel i fylkene, fra Tabell 34

### ***Spyling av kantlinje***

#### ***Veger som saltes***

##### **Områdetype 1 og 2**

$$\text{ÅDT} < 5\ 000$$

$$5\ 000 \leq \text{ÅDT} < 15\ 000$$

$$\text{ÅDT} \geq 15\ 000$$

$$K = 0,24 * M * L$$

$$K = 0,000047 * M * L * \text{ÅDT}$$

$$K = 0,71 * M * L$$

##### **Områdetype 3**

$$\text{ÅDT} < 5\ 000$$

$$5\ 000 \leq \text{ÅDT} < 30\ 000$$

$$\text{ÅDT} \geq 30\ 000$$

$$K = 0,41 * M * L$$

$$K = M * L * (-0,14 + 0,00011 * \text{ÅDT})$$

$$K = 3,12 * M * L$$

#### ***Veger som ikke saltes***

##### **Områdetype 1 og 2**

$$K = 0,12 * M * L$$

##### **Områdetype 3**

$$\text{ÅDT} < 5\ 000$$

$$5\ 000 \leq \text{ÅDT} < 30\ 000$$

$$\text{ÅDT} \geq 30\ 000$$

$$K = 0,21 * M * L$$

$$K = M * L * (0,15 + 0,00012 * \text{ÅDT})$$

$$K = 0,52 * M * L$$

$M$  = 1 hvis ikke midtdeler, 2 hvis midtdeler (gitt i bildet **Vegstandard**)

### **Søppelplukking langs veg**

$$\begin{array}{ll} \text{ÅDT} < 5\,000 & K = 0,17 * L \\ \text{ÅDT} \geq 5\,000 & K = 0,33 * L \end{array}$$

### **Vårrengjøring**

$$\begin{array}{ll} \text{ÅDT} < 5\,000 & K = M * L * (0,36 + 0,53 * F) \\ 5\,000 \leq \text{ÅDT} < 20\,000 & K = M * L * [(0,00024 + 0,00012 * F) * \text{ÅDT} \div 0,84] \\ 20\,000 \leq \text{ÅDT} < 30\,000 & K = M * L * [(0,00076 + 0,00041 * F) * \text{ÅDT} \div 11,24 \div 5,85 * F] \\ \text{ÅDT} \geq 30\,000 & K = M * L * (11,56 + 6,5 * F) \end{array}$$

F = Fortauslengde i meter, fra bildet **Vedlikehold**. Hvis ingen verdi er gitt settes F = 0

M = 1 hvis ikke midtdeler

= 2 hvis midtdeler (gitt i bildet **Vegstandard**)

## 6.2.5 Vinterdrift (hovedprosess 9)

Alle prisene og ligningene som grunnlag for å beregne kostnader til vinterdrift er gitt i prisenivå 1997. Ved beregning omregnes disse til felles prisenivå med de årlige kostnadsindeksene spesielt for vedlikehold.

### Snøbrøyting (prosess 91)

#### Oppgave 1: Snøbrøyting med plog

Oppgaven er sammensatt av tre deler:

- Brøyting pga. snønedbør
- Brøyting pga. vind
- Fastgodtgjørelse

#### Brøyting pga. snønedbør

For beregning av tiltaksfrekvens skiller det mellom saltet og ikke saltet veg, og om temperaturen i januar er over/under  $\pm 6$  grader. For ikke saltede veier er det en oppdeling i ÅDT-intervall som vist i Tabell 6.5.

Kostnad til brøyting på grunn av snønedbør beregnes på følgende måte

$$K_{SNØ} = 22,1 * (1,2 + 0,7 * B_v) * L * T$$

$B_v$  = Vegbredde, fra bildet **Vegstandard**. Hvis gitt bredde < 4 m, settes den lik 4 m

$L$  = Lenkelengde, fra bildet **Vegstandard**

$T$  = Antall tiltak pr døgn, avhengig av temperatur i januar og snønedbør, fra Tabell 35

$SNØ_k$  = Snønedbør målt i mm vann i måned k, fra meteorologistasjon

Tabell 35: Tiltaksfrekvens for snøbrøyting med plog pga. snønedbør

Salting og trafikk	Antall tiltak pr døgn ved temperatur i januar		
	< $\pm 6^\circ \text{C}$	$\geq \pm 6^\circ \text{C}$	
Ikke salting	ÅDT < 500	0,16 * SNØ	0,1333 * SNØ
	500 $\leq$ ÅDT < 1500	0,1733 * SNØ	0,1467 * SNØ
	1500 $\leq$ ÅDT < 3000	0,21 * SNØ	0,18 * SNØ
	ÅDT $\geq$ 3000	0,30 * SNØ	0,26 * SNØ
Salting	0,30 * SNØ	0,26 * SNØ	

#### Brøyting pga. vind

Deretter beregnes tilleggskostnad til brøyting på grunn av vind. Denne legges til kostnaden til brøyting ved normal snønedbør. Det beregnes antall tiltak pr døgn ved ulike vindstyrker og midlere maksimum snødybde. Tilleggskostnaden på grunn av vind beregnes på følgende måte:

$$K_{vind} = 44,2 * L * [\sum_k J_{temp} * (\sum_i T * VIND)] * J_{lav}$$

$T$  = Antall tiltak pr døgn ved ulike vindstyrker (intervall i) og maksimum snødybde, fra Tabell 36 (inndata hentes fra meteorologistasjon)

$VIND$  = Gjennomsnittlig antall døgn med vindstyrke i ulike intervall i, fra meteorologistasjon

$J_{temp}$  = Korreksjonsfaktor, beregnet på følgende måte:

= 1 hvis  $t_{midk} < \pm 7,8^\circ \text{C}$

=  $1 \div [(53 + t_{midk} * 6,8)/100]$  hvis  $\pm 7,8^\circ \text{C} < t_{midk} \leq 6,9^\circ \text{C}$

= 0 hvis  $t_{midk} > 6,9^\circ \text{C}$

$t_{midk}$  = Middeltemperatur i måned k

$J_{lav}$  = 0,3 hvis gjennomsnittstemperatur mai-august <  $9^\circ \text{C}$ , fra meteorologistasjon

= 0,1 hvis gjennomsnittstemperatur mai-august  $\geq 9^\circ \text{C}$ , fra meteorologistasjon



Tabell 36: Antall brøytetiltak pr døgn

Vindstyrke	Antall tiltak		
	Snødybde > 1 m	0,4 < Snødybde < 1 m	Snødybde < 0,4 m
6 – 10 m/s	8	6	4
10 – 15 m/s	16	12	9
> 15 m/s	12	9	6

Data om vindstyrke og snødybde hentes fra meteorologistasjon.

Ved fastsetting av tiltaksfrekvens er det forutsatt  $J_{natt} = 1,0$  (i MOTIV brukes  $J_{natt} = 0,9$  hvis natte-stengning) og  $J_{lav} = 0,3$  eller  $0,1$  (MOTIV bruker  $1,0$  eller  $0,6$  hvis høyfjellsstrekning).

### Fastgodtgjørelse

Her forutsettes gjennomsnittlig rodelengde lik 30 km (MOTIV bruker 10 km ved høyfjellsveg og når fartsgrense lik 60 km/t og tosidig fortau).

### Veg som saltes

$$K_{fast} = L * N_{kont} * (40000 + 2 * 8000)/30$$

$$= L * N_{kont} * 1866,6667$$

### Veg som sandes

$$K_{fast} = L * N_{kont} * (60000 + 2 * 8000)/30$$

$$= L * N_{kont} * 2533,3333$$

$$N_{kont} = \text{Antall parallelle kontrakter}$$

$$= 1 \text{ når } 0 < B_v \leq 8 \text{ m}$$

$$= 2 \text{ når } 8 < B_v \leq 15 \text{ m}$$

$$= 3 \text{ når } 15 < B_v \leq 20 \text{ m}$$

$$= 4 \text{ når } 20 < B_v$$

$$L = \text{Veglengde, gitt i bildet Vegstandard}$$

$$B_v = \text{Vegbredde, gitt i bildet Vegstandard}$$

### Kolonnekjøring

Kostnader til kolonnekjøring er neglisjert i EFFEKT. Det er mulig å ta hensyn til eventuelle kostnader under **Andre tilleggs-kostnader** i bildet **Vedlikehold** (basert på beregning/anslag utenfor EFFEKT).

### Snø- og isrydding (prosess 92)

#### Snø -og ishøvling

#### Veger som saltes hele sesongen

$$K = 96 * L * L_{høvel} * 0,4 * 1,5 * SNØ/100$$

$$= 0,576 * L * L_{høvel} * SNØ$$

#### Veger som ikke saltes og saltes tidvis

$$\text{ÅDT} \leq 1500 \quad K = 96 * L * L_{høvel} * 0,6 * SNØ_s * 0,06 = 3,456 * L * L_{høvel} * SNØ_s$$

$$\text{ÅDT} > 1500 \quad K = 96 * L * L_{høvel} * 0,6 * SNØ_s * 0,09 = 5,184 * L * L_{høvel} * SNØ_s$$

$$L_{høvel} = \text{høvelkm/km/tiltak:}$$

$$= 2 \text{ for } B_v \leq 6 \text{ m}$$

$$= 3 \text{ for } 6 < B_v \leq 12 \text{ m}$$

$$= 6 \text{ for } B_v > 12 \text{ m}$$

$$L = \text{Veglengde, gitt i bildet Vegstandard}$$

$$B_v = \text{Vegbredde, gitt i bildet Vegstandard}$$

$$SNØ = \text{Snønedbør målt i mm vann, fra meteorologistasjon}$$

$$SNØ_s = \text{Sum nedbør som snø, fra meteorologistasjon}$$

## Siktrydding i kryss

$$\text{ÅDT} \leq 5\,000$$

$$K = 0,6 * TF * F_k * L$$

$$\text{ÅDT} > 5000$$

$$K = (0,6 * TF * F_{k+0,024} * NB_{sn\ddot{o}} * F_s) * L$$

TF = Faktor avhengig av midlere maks snødybde (m) i februar, fra meteorologistasjon:

= 0 ved midlere maks snødybde i februar < 0,4 m

= 1 ved 0,4 m  $\leq$  midlere maks snødybde i februar < 0,8 m

= 2 ved midlere maks snødybde i februar > 0,8 m

F<sub>k</sub> = Faktor er avhengig av utbyggingsgrad (se nedenfor):

= 1 for utb.grad 1, 2 for utb.grad 2, 3 for utb.grad 3

NB<sub>snø</sub> = Snønedbør målt i mm vann, fra meteorologistasjon

F<sub>s</sub> = Faktor avhengig av utbyggingsgrad:

= 0 for utb.grad 1, 0 for utb.grad 2, 2 for utb.grad 3

Begrepet **utbyggingsgrad** er ikke lenger i bruk. Fra versjon 6.40 er denne parameteren knyttet til lengdevektet gjennomsnittlig fartsgrense pr lenke på følgende måte:

Utbyggingsgrad 1 : Fartsgrense  $\geq$  65 km/t

Utbyggingsgrad 2 : 55 km/t  $\leq$  Fartsgrense < 65 km/t

Utbyggingsgrad 3 : Fartsgrense < 55 km/t

## Siktrydding foran skilt og fjerning av snø fra skilt

### Veger som ikke saltes

#### Områdetype 1 og 2, midlere maks snødybde i februar $\leq$ 0,8 m

$$\text{ÅDT} \leq 20\,000$$

$$K = (0,96 + 0,00060 * \text{ÅDT}) * L$$

$$\text{ÅDT} > 20\,000$$

$$K = 13 * L$$

#### Områdetype 1 og 2, midlere maks snødybde i februar > 0,8 m

$$\text{ÅDT} \leq 20\,000$$

$$K = (0,96 + 0,00065 * \text{ÅDT}) * L$$

$$\text{ÅDT} > 20\,000$$

$$K = 14 * L$$

#### Områdetype 3

$$\text{ÅDT} \leq 20\,000$$

$$K = (2,29 + 0,00113 * \text{ÅDT}) * L$$

$$\text{ÅDT} > 20\,000$$

$$K = 25 * L$$

## Snø- og isrydding (prosess 93.1)

### Innkjøp og lagring av sand

Formlene nedenfor inkluderer ikke innkjøp og lagring av sand til bruk på fortau. De samme forutsetninger som er gitt for beregning av tiltaksfrekvens for oppgaven utstrøring av sand (nedenfor) gjelder også for denne oppgaven.

ÅDT ≤ 500	$K = L * (16,282 * SNØ_d + 8,141 * TEM_d)$
500 < ÅDT ≤ 1500	$K = L * (22,48 * SNØ_d + 16,74 * TEM_d)$
ÅDT > 1500	$K = L * (48,4531 * SNØ_d + 24,2266 * TEM_d)$
Riksveger	$K = L * (64,6042 * SNØ_d + 32,3021 * TEM_d)$

### Utstrøring av sand

Denne oppgaven er i MOTIV (revisjon desember 2002) sammensatt av 5 deler:

- Punktsanding kjørebane
- Sammenhengende sanding kjørebane
- Leie av spredere kjørebane
- Sammenhengende sanding fortau
- Leie av spredere fortau

Ved beregning av enhetspris i MOTIV inngår antall signalanlegg ved beregning av fart. Det er i EFFEKT valgt å se bort fra signalanlegg i beregningen.

Ved fastsetting av tiltaksfrekvens har TFAKT (trafikkfaktor) i MOTIV en finere inndeling i ÅDT-intervall enn andre parametere. I EFFEKT er det valgt å slå sammen intervallene < 200 og 201-500. For ÅDT < 500 forutsettes TFAKT = 0,7 ved punktsanding (i MOTIV brukes 0,6 ved ÅDT < 200, 0,8 ved ÅDT 201-500) og TFAKT = 0,8 ved sammenhengende sanding (i MOTIV brukes 0,7 ved ÅDT < 200, 0,9 ved ÅDT 201-500). For stamveger er det forutsatt samme verdi for TFAKT som for øvrige veger med ÅDT > 1500, dvs. TFAKT = 1,2 for punktsanding og TFAKT = 1,5 for sammenhengende sanding.

ÅDT ≤ 500

$$K = L * [772,8 + (0,8 * SNØ_d + 0,4 * TEM_d) * (5,1376 + 200,2710 / (19 + 0,62 * FGR))]$$

500 < ÅDT ≤ 1500

$$K = L * [912 + (0,8 * SNØ_d + 0,4 * TEM_d) * (9,7585 + 300,0125 / (19 + 0,62 * FGR))]$$

ÅDT > 1500

$$K = L * [1288 + (0,8 * SNØ_d + 0,4 * TEM_d) * (16,9248 + 336,78 / (19 + 0,62 * FGR))]$$

Riksveger

$$K = L * [1288 + (0,8 * SNØ_d + 0,4 * TEM_d) * (22,5664 + 449,04 / (19 + 0,62 * FGR))]$$

L = Veglengde, fra bildet **Vegstandard**

SNØ<sub>d</sub> = Antall døgn med nedbør > 0,2 mm og hvor T<sub>mjn</sub> < 0 °C og ÷5 °C < T<sub>maks</sub> < 3 °C, hentes fra meteorologistasjon

TEM<sub>d</sub> = Antall døgn med nedbør ≤ 0,2 mm og hvor T<sub>min</sub> < 0°C og ÷5°C < T<sub>maks</sub> < 3°C, hentes fra meteorologistasjon

FGR = Fartsgrense i km/t (lengdevektet gjennomsnitt ved variasjon innenfor en lenke)

## Strøing med salt (prosess 93.2)

### Salting hele sesongen

I MOTIV er denne oppgaven sammensatt av 4 deler: Inspeksjon, utstrøing, leie av utstyr og innkjøp, lagring og tilvirkning av saltløsning. I følge en del registreringer er antall inspeksjonsturer uten salting nærmest neglisjerbart. Det er derfor valgt å neglisjere inspeksjon i EFFEKT-sammenheng.

### Utstrøing

Antall kanaliserte kryss og rundkjøringer inngår i beregningen av antall strøkm pr tiltak i MOTIV. I EFFEKT er det valgt å neglisjere dette, som fører til at tettbebygde områder får beregnet noe lavere kostnader enn i MOTIV.

I MOTIV endres timeprisene for mannskap dersom ÅDT > 20000. Her er forutsatt at timeprisen inkluderer skifttillegg kun når antall felt  $\geq 4$ .

#### **Strekning uten midtdeler, $\leq 2$ felt**

$$K = L * (SN\emptyset_d + TEM_d) * [11,3014 + 495/(19 + 0,62 * FGR) + 371,25/L_{rode}]$$

#### **Strekning uten midtdeler, > 2 felt**

$$K = L * (SN\emptyset_d + TEM_d) * [22,6027 + 371,25/L_{rode}]$$

#### **Strekning med midtdeler, < 4 felt og ÅDT $\leq 20000$**

$$K = L * (SN\emptyset_d + TEM_d) * [22,6027 + 371,25/L_{rode}]$$

#### **Strekning med midtdeler, 4 felt og ÅDT > 20000**

$$K = L * (SN\emptyset_d + TEM_d) * [30,1370 + 412,5/L_{rode}]$$

#### **Strekning med midtdeler, 4 < antall felt $\leq 6$**

$$K = L * (SN\emptyset_d + TEM_d) * [60,2740 + 412,5/L_{rode}]$$

### Leie av utstyr

#### **Strekning uten midtdeler**

$$K = L * 123\ 000/L_{rode}$$

#### **Strekning med midtdeler**

$$K = L * 246\ 000/L_{rode}$$

### Innkjøp, lagring og tilvirkning

$$K = L * [250 + B_v * (10,0727 * SN\emptyset_d - 9,5107 * TEM_d)]$$

### Salting tidvis

Strekninger med ÅDT  $\geq 1500$  kjt som ikke saltes hele sesongen saltes tidvis.

$$K = L * (0,14 * SN\emptyset_d + 0,26 * TEM_d) * 100$$

L = Veglengde, fra bildet **Vegstandard**

SN $\emptyset_d$  = Antall døgn med nedbør > 0,2 mm og hvor T<sub>mjn</sub> < 0° C og  $\div 5$  °C < T<sub>maks</sub> < 3 °C, hentes fra meteorologistasjon

TEM<sub>d</sub> = Antall døgn med nedbør  $\leq 0,2$  mm og hvor T<sub>min</sub> < 0° C og  $\div 5$  °C < T<sub>maks</sub> < 3 °C, hentes fra meteorologistasjon

## Beredskap (prosess 93.8)

### *Veger som saltes hele sesongen*

$$K = (L/L_{\text{rode}}) * (VINT/7 + 2) * 9000$$

$L_{\text{rode}}$  = Rodelengden, se foran

VINT = Vinterlengden, antall dager mellom første snøfall om høsten og siste om våren, fra meteorologistasjon

### *Veger som saltes i overgangsperioder*

$$K = TIDV * 600$$

TIDV = Lengden av veg som saltes tidvis  $L_{\text{rode}} =$  Forutsatt 30 km

### *Veger som sandes*

ÅDT  $\leq$  1500

$$K = (L/200) * (VINT/7 + 2) * 4500$$

ÅDT  $>$  1500

$$K = (L/150) * (VINT/7 + 2) * 4500$$

## 6.3 Del II: Tilleggskostnader

Tilleggskostnader er kostnader som gjelder spesielt for en lenke, og der mengden må gis for hver lenke der kostnadene forekommer (f.eks belysning, GS-veg, fortau, støyskjermer, tunneler, bruer). Disse kostnadene regnes i **tillegg** til de generelle kostnadene. Det er lagt inn standard enhetspriser for tilleggs-kostnadene. Standardprisene kan overstyres av brukeren. Prisnivået er gitt i feltet for dette i bildet **Vedlikehold**. Dette er prisnivået for standard enhetspriser, slik at **alle** priser må gis i dette prisnivået, hvis brukeren gir inn kostnadene selv.

### 6.3.1 Vegbelysning (prosess 76.6)

Kostnaden regnes ut med grunnlag i løpemeter vegbelysning (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr/lm. Standard enhetspris er satt til 31 kr/lm i prisnivå 2013 (prisen kan overstyres).

### 6.3.2 Gang- og sykkelveger

Kostnaden regnes ut med grunnlag i løpemeter gang-/sykkelveg (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr/lm. Standard løpemeterpris er fylkesavhengig, og hentes fra Tabell 37. Prisen kan overstyres.

Tabell 37: Gjennomsnittlig vedlikeholdskostnad pr fylke for GS-veger og fortau (prisnivå 2013)

Fylke	Vedlikeholdskostnad, kr/lm/år (prisnivå 2013)
Østfold	49
Akershus	53
Oslo	57
Hedmark	49
Oppland	48
Buskerud	53
Vestfold	53
Telemark	57
Aust-Agder	52
Vest-Agder	52
Rogaland	47
Hordaland	49
Sogn og Fjordane	49
Møre og Romsdal	52
Sør-Trøndelag	53
Nord-Trøndelag	53
Nordland	59
Troms	59
Finnmark	65

### 6.3.3 Fortau

Vedlikeholdskostnader for fortau regnes på samme måte som gang- og sykkelveger. Det brukes også de samme standard enhetsprisene i Tabell 37. Prisen kan overstyres.

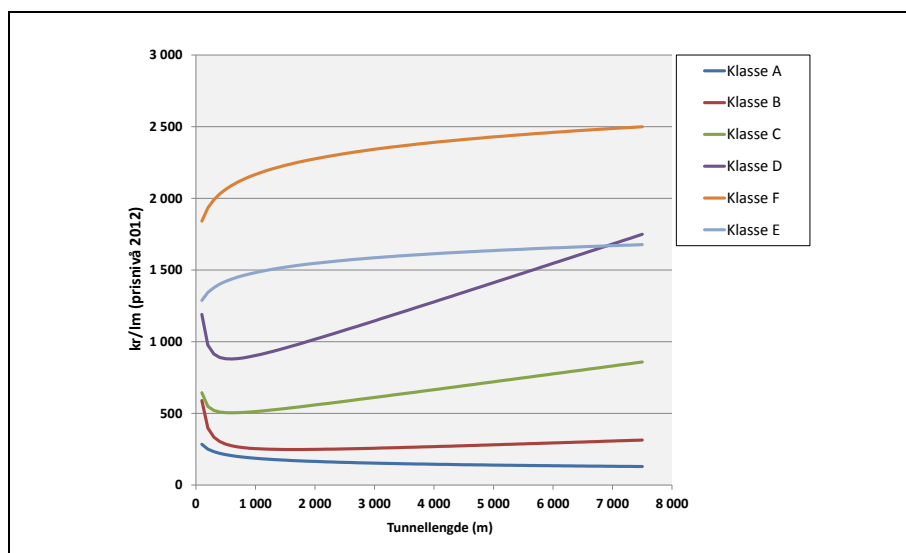
### 6.3.4 Støyskjermer (prosess 72.8)

Kostnaden regnes ut med grunnlag i løpemeter støyskjermer (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr/lm. Standard enhetspris er satt til 27 kr/lm i prisnivå 2013. Prisen kan overstyres.

### 6.3.5 Tunneler (hovedprosess 3)

Tilleggs kostnader til tunnelvedlikehold baseres på inndata om tunnelklasse, tunnellengde og korreksjonsfaktor, gitt i bildet **Vedlikehold**. Tunnelklassene er i samsvar med Håndbok N500 - Vegtunneler (klasse A, B, C, D og E).

Det ble i versjon 6.51 av EFFEKT etablert et nytt grunnlag for å beregne tilleggs kostnader til drift og vedlikehold av tunneler [22]. Grunnlaget er basert på data og resultater fra verktøyet MOTIV for alle tunneler i landet (med unntak av noen få tunneler som er sortert ut). Dette er brukt som utgangspunkt for å etablere ligninger for **gjennomsnittlig løpemeterkostnad** for hver tunnelklasse, som vist i Figur 26. Disse kostnadene er summen av en fast og en lengdeavhengig del, gitt som ligninger for hver klasse.



Figur 26: Tilleggs kostnader for tunnelvedlikehold (kr/lm, prisnivå 2012) [22]

Det er viktig å være klar over at dette er **tilleggs kostnader** til drift og vedlikehold av tunneler. Dette omfatter følgende delkostnader (fra MOTIV) som varierer avhengig av tunnelklasse og lengde:

- Tunnelkonstruksjon
- Renhold av tunnel
- Drift og vedlikehold av tunnelutstyr
- Utskifting av tunnelutstyr
- Strømforbruk til belysning, ventilasjon og pumping

Totale tilleggs kostnader finnes ved å multiplisere gitt tunnellengde med **beregnet** enhetspris som vises i bildet. Det brukes **samme** løpemeterkostnader for **oversjøiske og undersjøiske** tunneler. Dette fordi grunnlagsdata (i denne omgang) ikke har gjort det mulig å skille mellom disse typene.

Hvis brukeren har gitt en korreksjonsfaktor for tunnelkostnaden, brukes denne til å korrigere kostnaden beregnet med grunnlag i ligningene i Figur 26 (faktoren kan være større eller mindre enn 1). Det er aktuelt å bruke korreksjonsfaktor når det er vurdert at tunnelen har en slik standard/utrustning at kostnaden antas å være forskjellig fra det som er lagt til grunn for vist gjennomsnittspris (vist i bildet). Hvis det f.eks er vurdert at en undersjøisk tunnel har en kostnad til drift og vedlikehold som er 50 % høyere enn det som er «normalt» for oversjøisk (basert på MOTIV), brukes 1,5 som korreksjonsfaktor.

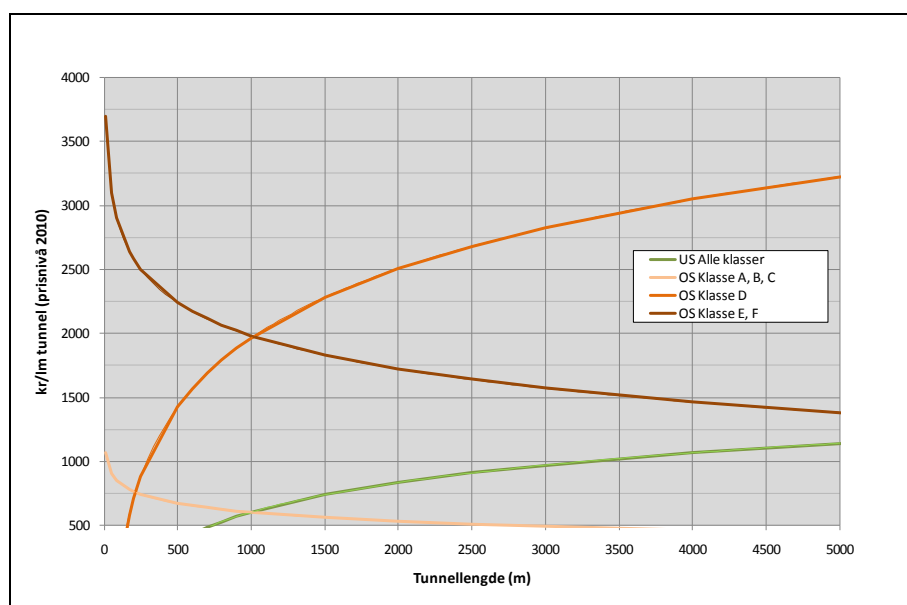
I tillegg til disse kostnadene i Figur 26 regnes det automatisk følgende **generelle** delkostnader til drift og vedlikehold av tunneler:

- Dekkelegging
- Vegoppmerking og optisk ledning

Summen av disse delkostnadene og tilleggskostnadene i Figur 26 utgjør de totale drifts- og vedlikeholdskostnader som beregnes for tunneler (rehabilitering kommer i tillegg, jfr. kapittel 6.3.6). For delen(e) av lenken som ligger utenfor tunnellengden regnes det generelle kostnader (kapittel 6.2).

### 6.3.6 Rehabilitering av tunneler

Det beregnes en årlig gjennomsnittlig kostnad til rehabilitering av tunneler med grunnlag i ligninger i Figur 27. Selv om slike kostnader vanligvis kommer i en konsentrert periode, blir de her fordelt jevnt pr år i analyseperioden. De beregnede rehabiliteringskostnadene kommer i tillegg til de andre drifts- og vedlikeholdskostnadene for tunneler som beregnes i EFFEKT.



Figur 27: Årlige rehabiliteringskostnader for vegtunneler (kr/m tunnel, prisnivå 2010) [23]

Beregningsgrunnlaget er basert på resultater fra et eget beregningsopplegg i MOTIV. Det ble for dette formålet beregnet rehabilitering for alle tunneler i Norge med fullstendige grunnlagsdata [23]. Disse resultatene er brukt som grunnlag for inndeling i tunnelklasser og etablering av tilhørende ligninger for gjennomsnittlige kostnader pr meter tunnel. I tillegg er det brukt erfaringstall fra et forholdsvis begrenset antall utførte rehabiliteringsarbeider. Ligningene er inndelt på følgende måte:

US Alle klasser	Undersjøisk, alle tunnelklasser
OS Klasse A, B, C	Oversjøisk, tunnelklasse A, B og C
OS Klasse D	Oversjøisk, tunnelklasse D
OS Klasse E og F	Oversjøisk, tunnelklasse E og F

Med utgangspunkt i erfaringsgrunnlaget har det ikke vært mulig å etablere enhetspriser for hver klasse. Det brukes samme enhetspris for tunnelklasse A, B og C og for klasse E og F, mens det er egen pris for klasse D. For undersjøiske tunneler brukes samme enhetspris for alle klasser.

Det er et relativt begrenset erfaringsgrunnlag som har vært tilgjengelig for å etablere grunnlaget for disse beregningene, se nedenfor. Derfor er det **svært viktig** å vurdere de beregnede kostnadene i hvert tilfelle. Den viste kostnaden kan erstattes direkte i bildet, med grunnlag i egne vurderinger og eventuelt erfaringsgrunnlag fra tilsvarende rehabiliteringer.

I EFFEKT er det også mulig å gi en **tunnelklasse 0**, primært beregnet for gamle tunneler langs eksisterende veg. Det er ikke etablert grunnlag for å beregne rehabiliteringskostnader for slike tunneler.



### 6.3.7 Bruer (prosess 87)

Kostnaden regnes ut med grunnlag i totalt antall m<sup>2</sup> bruflate (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr/m<sup>2</sup>. Standard enhetspris er i prisenivå 2013 satt til 125 kr/m<sup>2</sup> for både stålruer og betongruer. Prisene kan overstyres.

### 6.3.8 Ferjekaier (prosess 88)

Kostnaden regnes ut med grunnlag i antall kaier (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr pr kai. Standard enhetspris er satt til 285.000 kr/stk i prisenivå 2013. Prisen kan overstyres.

### 6.3.9 Signalanlegg (prosess 76.4)

Kostnaden regnes ut med grunnlag i antall signalanlegg (inndata) og gjennomsnittlig enhetspris i kr pr anlegg. Standard enhetspris er satt til 80.000 kr/stk i prisenivå 2013. Prisen kan overstyres.

### 6.3.10 Rasteplasser (prosess 79.2)

Antall rasteplasser er gitt som inndata. Kostnadene for vedlikehold av rasteplasser er avhengig av ÅDT og veglengde.

$$\begin{array}{ll} \text{ÅDT} < 20000 & K = 1,5 * L + (77,8 + 0,0036 * \text{ÅDT}) * N_{\text{rast}} \\ \text{ÅDT} \geq 20000 & K = 1,5 * L + 149,8 * N_{\text{rast}} \end{array}$$

L = Lenkens lengde i meter

N<sub>rast</sub> = Antall rasteplasser på strekningen, inndata i bildet **Vedlikehold**. Hvis N<sub>rast</sub> = 0 (ikke gitt), settes K = 0

### 6.3.11 Skredinstallasjoner

Her kan det gis kostnader knyttet til drift og vedlikehold av **faste** skredinstallasjoner på en lenke. Dette gis som en gjennomsnittlig rund sum pr år for den aktuelle lenken, basert på erfaringstall eller eventuelt beregninger/overslag utenfor EFFEKT. Kostnadene er forutsatt gitt i prisenivået som står i bildet.

Kostnader til **istandsetting** etter skred gis inn i bildet **Vegstengning** for hver enkelt skredstrekning.

### 6.3.12 Andre tilleggskostnader

Det kan legges inn andre tilleggskostnader for forhold som ikke inngår i generelt vedlikehold, eller som ikke dekkes av de enkelte tilleggskostnadene ovenfor i bildet.

I grunnlaget for generelt vedlikehold er det lagt inn gjennomsnittstall for hvor ofte enkelte vedlikeholdsprosesser gjøres. Hvis det er mer vedlikehold enn vanlig for noen forhold, kan slike kostnader beregnes/vurderes **manuelt** og legges inn i dette feltet. Eksempler på slike spesielle forhold kan være:

- Trafikkstyring og overvåkningssystemer
- Spesielt omfattende drens-systemer
- Spesielt omfattende krattrydding
- Vedlikehold av høyfjellsveger som holdes åpne om vinteren
- Åpning av vinterstengte veger
- Kontrollplasser og veieplasser

Summen av andre tilleggskostnader gis inn i **prisenivået** som står øverst i gruppen for tilleggskostnader.

# 7 Støy og luftforurensning

## 7.1 Hovedprinsipper

Følgende miljøkonsekvenser kan behandles i EFFEKT:

- Støy
- Lokal luftforurensning (NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>)
- Regional luftforurensning (NO<sub>x</sub>)
- Global luftforurensning (CO<sub>2</sub>, og CO<sub>2</sub>-ekvivalenter)

Resultater for støy luftforurensning kan overføres fra verktøyet VSTØY/VLUFT. Det overføres antall plagede personer og årlige kostnader for hver konsekvens. Det gjøres ingen beregning av grunnlagsdata i EFFEKT for disse konsekvensene, utover diskontering og summering av overførte kostnader.

Det er også mulig å legge inn resultater for plagede/utsatte personer og kostnader direkte i bildet **Miljødata**. Da må beregningene i så fall gjøres **utenfor** EFFEKT og resultatene legges inn manuelt.

Data om regional og global luftforurensning **beregnes** i EFFEKT, med grunnlag i beregnet drivstofforbruk for alle kjøretøytyper og ferjer. Disse beregningene gjøres for hvert år i analyseperioden.

Det er forutsatt at data som overføres fra VSTØY/VLUFT er basert på nøyaktig **samme vegnett og samme trafikkdata** som brukes i EFFEKT. Dette er selvsagt også like viktig ved manuell innlegging av ferdig beregnede resultater. Da må en selv sørge for at det er samsvar i vegnett og trafikkdata.

### **Delberegninger og grunnlag**

En del beregninger kan gjøres internt i EFFEKT. I tillegg er det mulig å legge inn ferdig beregnede resultater for antall personer og kostnader direkte i bildet, basert på beregningsopplegg utenom EFFEKT. Delberegninger og grunnlag som kan brukes for hver konsekvens er vist i Tabell 38.

Tabell 38: Delberegninger og grunnlag for miljøberegninger

Konsekvens	Delberegning	Grunnlag	Kostnader
<b>Støy</b>	- Støyplagede personer - Støyplageindeks	- Fra VSTØY/VLUFT - Gis i EFFEKT	- Beregnes i EFFEKT
<b>Lokal luftforurensning</b>	- Personer utsatt for NO <sub>2</sub> og PM <sub>10</sub>	- Fra VSTØY/VLUFT - Gis i EFFEKT	- Beregnes i VSTØY/ VLUFT, til EFFEKT - Gis i EFFEKT
<b>Regional luftforurensning</b>	- Utslipp av NO <sub>x</sub>	- Beregnes i EFFEKT - Fra VSTØY/VLUFT - Gis i EFFEKT	- Beregnes i EFFEKT
<b>Global luftforurensning</b>	- Utslipp av CO <sub>2</sub> og CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	- Beregnes i EFFEKT - Fra VSTØY/VLUFT - Gis i EFFEKT	- Beregnes i EFFEKT

Når data er hentet fra VSTØY/VLUFT regnes det med et totalt **antall** for hvert vegnett, mens kostnadene regnes som **endringer** mellom vegenettene som sammenlignes. Metodikken for kostnadsberegning gjør det ikke mulig å regne totale kostnader for hvert vegnett.

## 7.2 Støy

### 7.2.1 Datatyper

Følgende støydata kan overføres fra VSTØY eller legges inn manuelt i EFFEKT:

- Antall personer svært støyplagede personer
- Herav støyplagede i bolig
- Støyplageindeks (SPI)
- Antall personer innendørs i intervallene 30-34, 35-37, 38-41,  $\geq 42$  dB(A)
- Antall personer utendørs i intervallene 55-59, 60-64, 65-69,  $\geq 70$  dB(A)

### 7.2.2 Støykostnader

I EFFEKT brukes kun antall **svært støyplagede personer i bolig** som grunnlag for å beregne støykostnader. Antallet regnes **fast** (konstant) for hvert år i analyseperioden, uavhengig av trafikkutvikling.

Kostnadene beregnes internt i EFFEKT, ved at antall personer multipliseres med enhetspris på kr 17.600 pr svært støyplaget person (prisnivå 2013). Enhetsprisen er uavhengig av støynivået (men det er brukt et støynivå for å fastlegge antallet). Ved beregning blir kostnadene diskontert ned for hvert år i analyseperioden. Kostnadene inngår i utskriftene **Oversikt** og **Totale kostnader**.

### 7.2.3 Andre støydata

Et utvalg av data som overføres fra VSTØY eller gis inn direkte i EFFEKT blir skrevet ut for sammenligningsåret i utskriftene **Enhetsresultater** og **Støy og luftforurensning** eller overført til **Prosjektdatabanken**, se Tabell 39. Det skjer ingen bearbeiding av disse data i EFFEKT, utover summering av antall personer for gitte støyintervaller.

Tabell 39: Datatyper for støy som skrives ut i EFFEKT eller overføres til Prosjektdatabanken

Datatype	Utskrift Enhetsresultater	Utskrift Støy og luftforurensning	Til Prosjektdatabanken
Antall svært støyplagede personer		X	
Antall støyplagede pers. innendørs ( $L_{ekv} \geq 30$ dB(A))		X	X
Antall støyplagede pers. innendørs ( $L_{ekv} \geq 38$ dB(A))		X	X
Antall støyplagede pers. utendørs ( $L_{den} \geq 55$ dB(A))	X	X	X
Støyplageindeks (SPI)		X	X

## 7.3 Lokal luftforurensning

### 7.3.1 Datatyper

Følgende data for lokal luftforurensning kan overføres fra VLUFT eller legges inn manuelt i EFFEKT:

- Kostnad for utslipp av NO<sub>2</sub> for hvert år i analyseperioden
- Kostnad for utslipp av PM<sub>10</sub> for ett år (sammenligningsåret)
- Antall personer utsatt for NO<sub>2</sub> i intervallene 100-199, 200-299, 300-399,  $\geq 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Antall personer utsatt for NO<sub>2</sub>  $\geq 150 \mu\text{g}/\text{m}^3 > 8$  timeverdier pr år
- Antall personer utsatt for PM<sub>10</sub> i intervallene 35-149, 150-299, 300-349,  $\geq 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Antall personer utsatt for PM<sub>10</sub>  $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 > 7$  døgnverdier pr år
- Antall personer utsatt for PM<sub>10</sub>  $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 > 25$  døgnverdier pr år

### 7.3.2 Kostnader ved lokal luftforurensning

Kostnader ved dette utslippet blir vanligvis beregnet i VLUFT. Resultatene fra VLUFT kan overføres til EFFEKT, eller legges inn direkte i EFFEKT, basert på eget beregningsgrunnlag.

Kostnader ved NO<sub>2</sub> legges inn for **hvert år** i analyseperioden, mens kostnader ved PM<sub>10</sub> er **lik for alle år** (kun én kostnad gis inn). Dersom det ikke er data for tilstrekkelig antall år for NO<sub>2</sub>, blir det under beregning brukt kostnadene i siste gitte årstall for de resterende årene.

Hvis data overføres fra VLUFT, blir prisnivået fylt inn automatisk. Dersom kostnadene gis inn direkte i EFFEKT, må også prisnivået gis inn (og kostnadene være i samsvar med dette).

Ved beregning i EFFEKT blir kostnadene diskontert ned for hvert år i analyseperioden. Kostnadene inngår i utskriftene **Oversikt** og **Totale kostnader**.

### 7.3.3 Presentasjon av andre data for lokal luftforurensning

Et utvalg av data som overføres fra VLUFT eller gis inn direkte i EFFEKT blir skrevet ut for sammenligningsåret i utskriftene **Enhetsresultater** og **Støy og luftforurensning** eller overført til **Prosjektdatabanken**, se **Error! Reference source not found.** Det skjer ingen bearbeiding av disse data i EFFEKT, utover summering av antall personer for gitte intervaller.

Tabell 40: Datatyper for lokal luftforurensning som skrives ut i EFFEKT eller overføres til Prosjektdatabanken

Datatype	Utskrift Enhetsresultater	Utskrift Støy og luftforurensning	Til Prosjektdatabanken
Antall personer utsatt for NO <sub>2</sub> > 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	x	x	x
Antall personer utsatt for NO <sub>2</sub> > 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , > 8 ggr		x	x
Antall personer utsatt for PM <sub>10</sub> > 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,	x	x	x
Antall personer utsatt for PM <sub>10</sub> > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , > 7 ggr		x	x
Antall personer utsatt for PM <sub>10</sub> > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , > 25 ggr		x	

## 7.4 Regional og global luftforurensning

### 7.4.1 Datatyper

Følgende data for regional og global luftforurensning kan beregnes internt i EFFEKT, overføres fra VLUFT eller legges inn manuelt i EFFEKT:

- Regional forurensning: Utslipp i antall kg av NO<sub>x</sub> for hvert år i analyseperioden
- Global forurensning: Utslipp i antall tonn av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for hvert år i analyseperioden

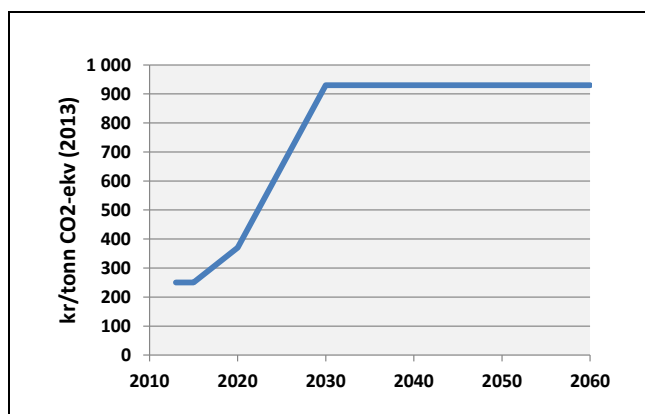
Ved manuell innlegging av resultater, må dette baseres på eget beregningsgrunnlag utenom EFFEKT.

Utslipet av CO<sub>2</sub> regnes i **ekvivalenter**. Dette gjøres fordi det, i tillegg til «vanlig» CO<sub>2</sub>-utslipp, beregnes og legges til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for lystgass (N<sub>2</sub>O), metan (CH<sub>4</sub>) og for gassferjer (LNG i dieselevivalent).

### 7.4.2 Kostnader ved regional og global luftforurensning

Kostnadene beregnes internt i EFFEKT, ved at utslippet multipliseres med enhetspris på 60 kr/kg for NO<sub>x</sub> (prisnivå 2013). For CO<sub>2</sub>-ekvivalenter er det forutsatt en utvikling i enhetspris over tid, se Figur 28. Her er brukt 250 kr/tonn i 2015, 370 i 2020 og 930 i 2030 (prisnivå 2013). Mellom de gitte årstallene finnes enhetsprisen ved lineær interpolering. Etter 2030 brukes samme pris.

Ved beregning blir kostnadene diskontert ned for hvert år i analyseperioden. Kostnadene inngår i utskriftene **Oversikt** og **Totale kostnader**.



Figur 28: Utvikling av enhetspris for CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (prisnivå 2013)

### 7.4.3 Presentasjon av data for regional og global luftforurensning

Datatypene som enten beregnes internt i EFFEKT, overføres fra VLUFT eller gis inn direkte i EFFEKT blir skrevet ut for sammenligningsåret i utskriftene **Enhetsresultater** og **Støy og luftforurensning** eller overført til **Prosjektdatabanken**, se Tabell 41.

Tabell 41: Datatyper for regional og global luftforurensning som skrives ut i EFFEKT eller overføres til Prosjektdatabanken

Datatype	Utskrift Enhetsresultater	Utskrift Støy og luftforurensning	Til Prosjektdatabanken
Regional: Antall tonn utslipp NO <sub>x</sub>	x	x	x
Global: Antall tonn utslipp CO <sub>2</sub> -ekvivalenter	x	x	x

## 8 Klimaberegninger

### 8.1 Bakgrunn

I versjon 6.4 av EFFEKT ble det utviklet en første versjon av en modul for å beregne energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter, basert på et arbeid utført i Vegdirektoratet [24, 25]. En viktig hensikt med disse beregningene er å kunne sammenligne resultater for ulike løsninger med tanke på klimapåvirkning. Det ble gjort en del oppdatering og videreutvikling av modulen i versjon 6.6 [26].

Det er lagt opp til at beregningene gjøres på et relativt overordnet nivå. Dette har også sammenheng med muligheter og arbeidsmengde ved å skaffe nødvendige inndata til de ulike delberegningene. I utgangspunktet er det lagt til grunn at det skal brukes få ekstra inndata for disse beregningene, utover de som finnes i EFFEKT fra før. Samtidig har det vært nødvendig å gjøre noen forenklinger og avgrensninger.

### 8.2 Generelt om grunnlag og forutsetninger

#### 8.2.1 Omfang

Metodikken er primært tenkt brukt til å beregne **globale** endringer i energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter. I tillegg er det ønsket rapportering av direkte utslipp på selve **byggeplassen**, for de oppgavene dette er aktuelt.

#### 8.2.2 Faser

I denne omgang gjøres det energi- og utslippsberegninger for byggefasen og bruksfasen:

- Bygging Byggefasen
- Drift og vedlikehold Bruksfasen
- Transport Bruksfasen

#### 8.2.3 Vegelementer

Det er valgt å avgrense beregningsopplegget til å gjelde følgende vegelementer:

- Veg i dagen
- Tunnel
- Bru
- Ferje

I tilknytning til veg i dagen er det som en utvidelse av metodikken i [24] også etablert beregningsopplegg for gang-/sykkelveger og fortau.

Ferjer er tatt med som er vegelement fordi de utgjør en nødvendig del av et vegnett.

For hvert av vegelementene gjøres det en inndeling i ulike prosesser og arbeidsoppgaver det beregnes energiforbruk og klimagassutslipp for, f.eks sprengning av fjellmasser for veg i dagen eller for tunnel, volum av betong i bru, materialer til bygging av ferjer.

## 8.2.4 Lenkevisse beregninger

Det gjøres beregninger for hver lenke som er etablert for hvert vegnett i EFFEKT. Beregningene for de forskjellige fasene gjøres avhengig av lenketype som vist i Tabell 42.

Tabell 42: Beregning (x) av klimagassutslipp avhengig av lenketype og fase

Lenketype	Faser		
	Bygging	Drift og vedlikehold	Transport
Alternativ 0		X	X
Ikke tiltak		X	X
Utbedring	X *)	X	X
Ny veg	X	X	X

\*) For lenker med **utbedring** er det mulig å gi en lengde med kun breddeutvidelse, lengde med ny veg, og eventuelt en resterende lengde uten tiltak.

## 8.2.5 Avgrensninger

Det vil ikke være mulig å ta hensyn til «alt» som bidrar til utslipp av klimagasser knyttet til de ulike fasene. Ved utvikling av metodikken [1] er det på generelt grunnlag også vurdert hvilken betydning de enkelte bidragene vanligvis vil ha på helheten. Gjennom dette er det en del bidrag som er utelatt.

Med tanke på hvor omfattende den nye metodikken skal være, er det gjort noen avgrensninger i denne første versjonen. Noen av de viktigste avgrensninger kan oppsummeres slik:

- Utslipp knyttet til **anleggsperioden** tas ikke med (f.eks anleggsveger, rigg).
- Energiforbruk og utslipp ved framstilling av **transportmidler** er ikke inkludert, med unntak av ferjer. Ideelt sett ville det for prosjekter som påvirker transportbrukernes valg av transportmiddel være ønskelig at produksjonen av transportmidlene inngår i beregningene.
- **Vegelementer** som støytiltak, signalanlegg, elektriske installasjoner (f.eks trafikkstyring/overvåkning), ferjekaier, rasteplasser, rasoverbygg, større murer eller andre kunstbygg er ikke med.
- Utslipp knyttet til **vinterdrift** av vegnettet er holdt utenfor (en del av de aktuelle kjøretøyene inngår imidlertid i den ordinære trafikken på det aktuelle vegnettet).
- **Gjenbruk** er inkludert kun i begrenset omfang (reasfaltering, aluminium).
- **Opprydding og sanering** etter utløpt brukstid blir ikke inkludert i beregningene.

## 8.2.6 Behandling av ulike levetider

I metodegrunnlaget i [24] er det brukt noe forskjellige verdier for analyseperiode og levetid, for eksempel 40 års levetid for veg i dagen og 100 år for bru og tunnel. Det er teknisk løsbart å legge inn data om egne levetider (med definerte standardverdier) for hvert vegelement, men dette krever en utvidelse i beregningsopplegget i EFFEKT. Hvis dette er aktuelt må det også lages et opplegg for å knytte investeringskostnader til de enkelte elementene, f.eks med en andel av total investeringskostnad.

Men det er både prinsipielle og grunnleggende metodiske spørsmål knyttet til bruk av ulike levetider for ulike vegelementer. Dette er tema det er aktuelt å arbeide videre med, også uavhengig av arbeidet med klimamodulen. I denne omgang er det ikke lagt opp til å ha forskjellige levetider spesielt for klimamodulen, i forhold til de øvrige beregningene i EFFEKT.

## 8.2.7 Årlige mengder

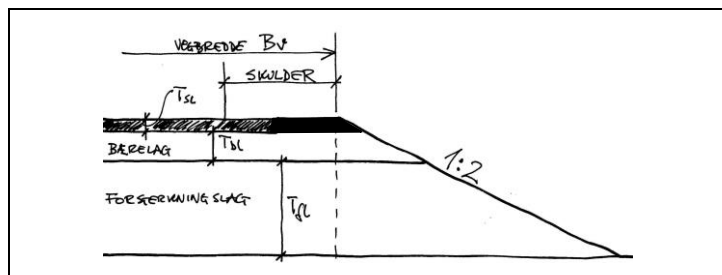
Det beregnes årlige mengder for de materialtypene og operasjonene dette er aktuelt. Dette gjøres ved at totale mengder for en prosess (f.eks sprengning) divideres på antall år som er definert som levetid. Levetiden er som standard satt til 40 år (kan endres).

I beskrivelsen av beregningsgrunnlaget nedenfor er det de **totale** mengdene som inngår i formlene, enten for hele levetiden eller for hvert år (avhengig av hva som beregnes). Omregningen til årlige mengder gjøres i EFFEKT.

## 8.3 Veg i dagen

### 8.3.1 Materialforbruk i forsterkningslag, bærelag og slitelag

Det er lagt til grunn at energiforbruk og klimagassutslipp i byggefasen skal beregnes kun for **nye** veger. Derfor forutsettes det at vegutformingen er basert på Håndbok N100 Veg- og gateutforming. Dette gjelder både for lenker kodet som Ny veg, og for gitt lengde med nybygd veg eller forsterkning langs lenker kodet som Utbedring. Grunnlaget for å beregne de ulike mengdene i overbygningen er basert på prinsippsskissen i Figur 29.



Figur 29: Oppbygging av vegoverbygningen

Det forutsettes en standard helning på indre grøfteskråning lik 1:2. Da beregnes tverrsnittsarealet for bærelag og forsterkningslag med grunnlag i gitte lagtykkelser i Tabell 43.

Tabell 43: Lagtykkelser i vegoverbygningen avhengig av trafikkmengde

ÅDT	Lagtykkelser i overbygningen (m)			
	Dekke, asfalt ( $T_d$ )	Bærelag ( $T_{bl}$ )	Forsterknings-/frosstsikringslag	
			Jord ( $T_{fl, jord}$ )	Fjell ( $T_{fl, fjell}$ )
< 1.500	0,04	0,10	1,5	0,5
1.500 < ÅDT < 4.000	0,06	0,11	1,5	0,5
4.000 < ÅDT < 8.000	0,08	0,12	1,5	0,5
8.000 < ÅDT < 12.000	0,08	0,13	1,5	0,5
12.000 < ÅDT < 20.000	0,08	0,14	1,5	0,5
> 20.000	0,08	0,14	1,5	0,5

Trafikkmengden som legges til grunn for dimensjonering av overbygningen er beregnet trafikk i år 20 etter åpningsåret for den aktuelle utbyggingsplanen. Denne trafikkmengden finnes i EFFEKT.

Parametre som er brukt i ligningene i kapitlene nedenfor:

- $L_{veg}$  = Lengde veg i dagen =  $L_l - (L_{bru} + L_{tunnel})$
- $L_l$  = Lenkelengde, inndata i bildet **Vegstandard**
- $L_{bru}$  = Brulengde, avledet av bruareal, inndata i bildet **Vedlikehold**
- $L_{tunnel}$  = Sum tunnallengde, inndata i bildet **Vedlikehold**
- $B_v$  = Vegbredde, inndata i bildet **Vegstandard**
- $T_d$  = Tykkelse dekke, asfalt, fra Tabell 43
- $T_{gr}$  = Tykkelse slitelag, grus = 0,05 m
- $T_{bl}$  = Tykkelse bærelag, fra Tabell 43
- $T_{fl, jord}$  = Tykkelse forsterknings- og frostsikringslag i jord, fra Tabell 43
- $T_{fl, fjell}$  = Tykkelse forsterkningslag i fjell, fra Tabell 43
- $B_{rekk}$  = Rekkverksrom (bredde til innspenning av rekkverk) = 0,75 m
- $AN_{fjell}$  = Andel fjell langs lenken, fra **Andel fjell** i bildet **Vedlikehold**
- 2,5 = Materialtetthet for asfalt (slitelag) i  $m^3/tonn$
- 2,4 = Materialtetthet for asfaltert grus (bærelag) i  $m^3/tonn$
- 1,5 = Materialtetthet for puk (forsterknings- og frostsikringslag, grusdekke, rekkverksrom, GS-veg og fortau, areal mot GS-veg, i  $m^3/tonn$ )



## Fast dekke for 1- og 2-felts veger

### Slitelag

I Håndbok N100 er det sagt at vegskulderen normalt asfalteres i full bredde. Det forutsettes derfor at det for et normalprofil (uten tilleggsbredder som f.eks rekkverksrom) legges slitelag av asfalt på hele tverrprofilets bredde. Dekkebredden settes altså lik vegbredden som er gitt som inndata. I praksis vil det normalt være litt grus ytterst mot vegkanten, men dette er ignorert her.

Mengde **asfalt** (AS) i slitelag vil teoretisk være:

$$AS_{veg} \text{ (tonn)} = T_d * (B_v + 2 * T_d) * L_{veg} * 2,5$$

### Bærelag

Med de gitte forutsetningene om tykkelse på slitelag og helning på fylling og indre grøfteskråning, beregnes tverrsnittsarealet for bærelag:

$$A_{bl} = T_{bl} * [(B_v + 2 * T_d) + 2 * (2 * T_{bl} * 0,5)] = T_{bl} * [B_v + 4 * T_d + 2 * T_{bl}]$$

Det forutsettes at hele bærelaget bygges opp av **asfaltert grus** (ASG), som gir følgende mengde:

$$ASG_{veg} \text{ (tonn)} = A_{bl} * L_{veg} * 2,4$$

### Forsterknings- og frostsikringslag

Forsterknings- og frostsikringslag er slått sammen til en «felles» massetype. Det brukes én fast tykkelse i jordmasser og én fast tykkelse i fjellmasser, uavhengig av trafikkmengde (og temperatur/frostmengde). Gjennomsnittlig tykkelse er satt til 1,5 meter i jordmasser og 0,5 m i fjellmasser, jfr. Tabell 43.

Frostsikringslag forutsettes kun brukt på strekninger med jordmasser. Inndata om **Andel fjell** i bildet **Vedlikehold** brukes for å beregne utstrekning av jord- og fjellmasser.

Forsterknings-/frostsikringslaget er i sin helhet forutsatt å bestå av knuste/bearbeidede masser (ikke sprengstein direkte). Disse massene er her kalt pukk, og antas å være samme massetype som er forutsatt brukt til grusdekke, rekkverksrom, areal mot GS-veg.

Tverrsnittsarealet for forsterknings-/frostsikringslag beregnes etter tilsvarende prinsipp som for bærelag. Det beregnes et tverrsnittsareal for forsterknings-/frostsikringslag på jordmasser og et på fjellmasser:

$$A_{fl, jord} = T_{fl, jord} * [B_v + 2 * (2 * T_d + 2 * T_{bl}) + 2 * (2 * T_{fl, jord} * 0,5)] = T_{fl, jord} * [B_v + 4 * T_d + 4 * T_{bl} + 2 * T_{fl, jord}]$$

$$A_{fl, fjell} = T_{fl, fjell} * [B_v + 2 * (2 * T_d + 2 * T_{bl}) + 2 * (2 * T_{fl, fjell} * 0,5)] = T_{fl, fjell} * [B_v + 4 * T_d + 4 * T_{bl} + 2 * T_{fl, fjell}]$$

Dette gir følgende mengde **pukk** til forsterknings-/frostsikringslag:

$$PU_{veg} \text{ (tonn)} = [A_{fl, jord} * (1 - AN_{fjell}) + A_{fl, fjell} * AN_{fjell}] * L_{veg} * 1,5$$

### Grusdekke

Et grusdekke er forutsatt å tilsvare et 0,05 m tykt lag av **pukk**. Tykkelsen er satt konstant (uavhengig av ÅDT), da grusdekker vanligvis er aktuelt kun på lavtrafikkerte veger. Materialmengde til slitelag for veger med grusdekke regnes på følgende måte:

$$PU_{grus} \text{ (tonn)} = T_{gr} * L_{veg} * B_v * 1,5$$

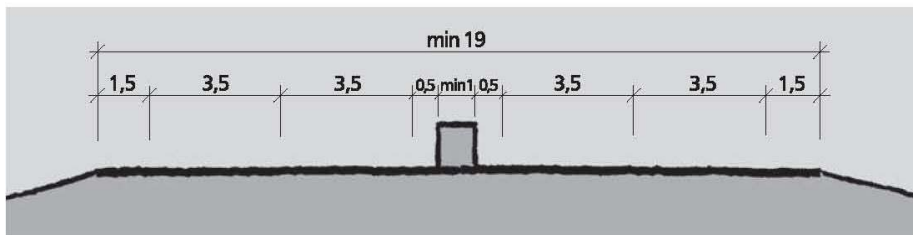
Utslippsmengden knyttet til grusdekke regnes altså med grunnlag i koeffisienter for pukk.

Mengder til bærelag og forsterkningslag beregnes som for veger med fast dekke, jfr. kapittel 8.3.1.

## Flerfelts veger

Beregning av volum i overbygning for 4- og 6- felts veger gjøres med grunnlag i kjørefeltbredde og skulderbredde, gitt som inndata i EFFEKT.

$n_{kf}$	=	Antall kjørefelt (4 eller 6), inndata i bildet <b>Vegstandard</b>
$B_{kf}$	=	Kjørefeltbredde, inndata i bildet <b>Vegstandard</b>
$B_{sk}$	=	Skulderbredde, inndata i bildet <b>Vegstandard</b>
$B_{md}$	=	Bredde midtdeler = 1,0 m
$B_{sk, in}$	=	Bredde indre skulder (mot midtdeler) = 0,5 m
$n_{koll}$	=	Antall kollektivfelt (1 eller 2), inndata i bildet <b>Vegstandard</b>
$B_{koll}$	=	Bredde kollektivfelt = 3,5 m



Figur 30: Eksempel på dimensjoneringsklasse (S7) i Håndbok 017 [5]

Ved beregning av dekkebredde antas (som for 1- og 2-felts veger) at vegskulderen asfalteres i full bredde i et normalprofil. Det antas også at det legges asfaltdekke på hele «skulderen» inn mot midtdeleren på hver side. Denne bredden er satt lik 0,5 m, jfr. Figur 30. Dette regnes som en akseptabel tilnærming, da det i Håndbok N100 er brukt denne bredden for alle flerfelts veger unntatt for dimensjoneringsklasse S6 (der bredden er 0,25 m). Det antas at det ikke legges dekke under selve midtdeleren.

### Med midtdeler

Med forutsetningene foran beregnes dekkebredden for 4- og 6- felts veger med midtdeler:

$$B_{d, 46} = n_{kf} * B_{kf} + 2 * B_{sk} + 2 * B_{sk, in} = n_{kf} * B_{kf} + 2 * B_{sk} + 1$$

Denne bredden brukes for å beregne teoretisk mengde **asfalt** (AS) i slitelag for 4- og 6-felts veg:

$$AS_{veg} \text{ (tonn)} = T_{sl} * (B_{d, 46} + 2 * T_{sl}) * L_{veg} * 2,5$$

I EFFEKT gis det ikke bredde på midtdeler. Bredden på midtdeler for 4- og 6-felts veger er i Håndbok N100 satt til 1,0 m som et minimum for alle flerfelts veger. Det er derfor valgt å bruke 1,0 m som standard bredde på midtdeler. Dette gir grunnlag for å beregne vegbredden for 4- og 6-felts veger med midtdeler:

$$B_{v, 46} = n_{kf} * B_{kf} + 2 * B_{sk} + 2 * B_{sk, in} + B_{md} = n_{kf} * B_{kf} + 2 * B_{sk} + 2$$

Det antas at både bærelag og forsterkningslag legges kontinuerlig (med samme massetype) under midtdeleren. Vegbredden for 4- og 6-felts veger brukes dermed direkte i samme formler som for 1- og 2-felts veger for å beregne volum til **bærelag** og **forsterkningslag** for 4- og 6-felts veger.

### Uten midtdeler

Det er mulig å definere 4- og 6-felts veg uten midtdeler i EFFEKT. I de tilfelle dette er lagt inn forutsettes det en løsning kun med **oppmerket midtlinje** mellom kjøreretningene. Dette vil derfor primært være aktuelt i et gatetverrsnitt.

For 4- og 6-felts veger uten midtdeler reduseres derfor bredden med summen av indre skulder og midtdeleren. Dette gir en **redusert** bredde på totalt **2 meter** i forhold til bredde med midtdeler, jfr. ovenfor. Denne reduserte bredden er grunnlag for å beregne mengder til slitelag, bærelag og forsterkningslag for 4- og 6-felts veger uten midtdeler.

### Kollektivfelt

I EFFEKT kan det legges inn kollektivfelt på én eller begge sider av veien. Når det er avmerket for kollektivfelt, forutsettes det at feltet bygges langs **hele lenken**.

Dette gir følgende tilleggsbredde, som gir grunnlag for å beregne ekstra mengder til slitelag, bærelag og forsterkningslag:

$$B_{\text{koll, tot}} = n_{\text{koll}} * B_{\text{koll}}$$

Det forutsettes at kollektivfeltet bygges opp med samme lagtykkelser og med samme materialtyper som ellers brukes i bilvegen (også for grusdekker).

### Rekkverksrom

Langs strekninger med rekkverk legges det ut et såkalt rekkverksrom til fundamentering av rekkverket. Det er forutsatt en standard bredde på rekkverksrommet på 0,75 m. Denne bredden kommer i tillegg til gitt vegbredde.

Som grunnlag for å beregne utstrekningen av rekkverk brukes **rekkverksandel** av lengden av veg i dagen. Rekkverksandelen er gitt som inndata i bildet **Vedlikehold** (fylkesvise verdier ligger som standard).

Rekkverksrommet blir vanligvis ikke asfaltert, slik at det her forutsettes at det fylles på grusmasser på denne bredden. Siden vanlig grus ikke er brukt ellers i klimamodulen, velges det å bruke **pukk** som massetype, på samme måte som for grusdekke. Dette gir følgende ekstra mengde pukk for rekkverksrom:

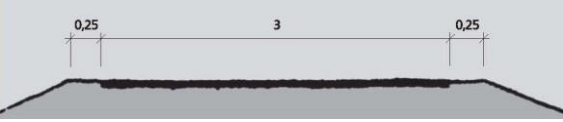
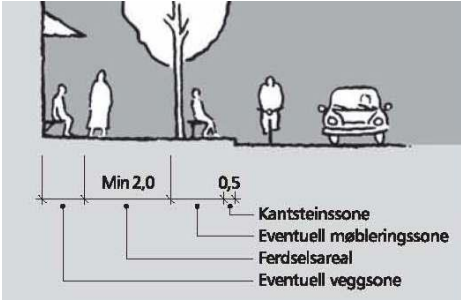
$$PU_{\text{rekk}} \text{ (tonn)} = T_{\text{gr}} * B_{\text{rekk}} * L_{\text{veg}} * AN_r * 1,5$$

$$AN_r = \text{Andel rekkverk (sum begge kanter), gitt i bildet Vedlikehold}$$

Det forutsettes at rekkverksrommet ellers bygges opp med samme lagtykkelser og med samme materialtyper som brukes i bilvegen (også for grusdekker). Bredden for bærelag og forsterkningslag økes altså med  $B_{\text{rekk}} = 0,75$  m langs strekninger med rekkverk, og volumet til disse lagene økes tilsvarende.

### Gang-/sykkelveger og fortau

Lengden av både gang-/sykkelveger og fortau gis som inndata i bildet **Vedlikehold** i EFFEKT. Forutsetningene for bredder og overbygning er vist i Figur 31.

Bredder		
Gang-/sykkelveg	Fortau	
		
$B_{d, gs} = \text{Dekkebredde} = 3,0 \text{ m (asfalt)}$ $B_{sk, gs} = \text{Skulderbredde} = 0,25 \text{ m (grus)}$	$B_{d, fort} = \text{Dekkebredde} = 2,0 \text{ m (asfalt)}$ $B_{ks, fort} = \text{Kantsteinssone} = 0,5 \text{ m (asfalt)}$	
Overbygning		
Lag	Tykkelse (m)	Materialtype
Slitelag (dekke)	$T_{sl} = 0,04$	Asfalt (AS)
Bærelag	$T_{bl} = 0,05$	Asfaltert grus (ASG)
Forsterkningslag	$T_{fl} = 0,30$	Pukk (PU)

Figur 31: Bredder og overbygning for gang-/sykkelveger og fortau (figurer fra Håndbok N100)

Bredden for **gang-/sykkelveger** bør i henhold til Håndbok N100 bygges med 3,0 m dekkebredde og skulder på 0,25 m på begge sider. Disse breddene er lagt til grunn her.

Minste breddekrav til **fortau** er i henhold til Håndbok N100 på 2,5 m. Dette dekker minstekrav til ferdselsareal (2,0 m) og kantsteinssone (0,5 m). Disse breddene er lagt til grunn.

Ved beregning av mengder i overbygningen er det antatt at materialtypene i de enkelte lagene er de samme som for vanlig bilveg, og at det er samme lagtykkelser for gang-/sykkelveger og fortau.

For lenker kodet som **Utbedring** gjøres det i EFFEKT en sammenligning av gitt lengde for GS-veger og for Fortau (gitt i bildet **Vedlikehold**) i vegnett 0 og i utbyggingsvegnettet. Det regnes med materialforbruk til GS-veger og fortau kun for **differansen** i lengder. Hvis gitt lengde i vegnett 0 er større enn i utbyggingsvegnettet, regnes det ikke noen mengde.

### Bredden på gang-/sykkelveg og fortau

Breddedata er vist i Figur 31.

$$B_{gs} = B_{d,gs} + 2 * B_{sk,gs}$$

$$B_{fort} = B_{d,fort} + B_{ks,fort}$$

### Slitelag

Mengde **asfalt** (AS) i slitelag for gang-/sykkelveger og fortau:

$$AS_{gs} \text{ (tonn)} = T_{sl,gs} * L_{gs} * B_{d,gs} * 2,5$$

$$AS_{fort} \text{ (tonn)} = T_{sl,fort} * L_{fort} * B_{fort} * 2,5$$

For gang-/sykkelveger forutsettes det at skulderbredden på 0,25 m bygges opp av grus. Her regnes det med at dette er representert med pukk, på samme måte som for rekkverksrom. Dette betyr et volum med **pukk** i slitelag for gang-/sykkelveger:

$$PU_{gs,sl} \text{ (tonn)} = T_{sl,gs} * L_{gs} * 2 * B_{sk,gs} * 1,5$$

For fortau forutsettes det at kansteinssonen på 0,5 m asfalteres med samme massetype som resten av fortausbredden.

### Bærelag

Det er forutsatt standard tverrprofil for **gang-/sykkelveger** der helningen på fylling og indre grøfte-skråning som for vanlig bilveg, jfr. Figur 29.

I overbygningen for **fortau** er det som en forenkling antatt **loddrett** avslutning på de enkelte lagene i overbygningen. Dette vil normalt være riktig på innsiden mot bilveg, mens det på fortauets ytterside kan være varierende avslutning mot f.eks bygninger/murer og mot terreng.

Med disse forutsetningene beregnes tverrsnittsarealet for bærelag for gang-/sykkelveger og fortau:

$$A_{bl,gs} = T_{bl,gs} * [(B_{gs} + 2*2*T_{sl,gs}) + 2*(2*T_{bl,gs}*0,5)] = T_{bl,gs} * [B_{gs} + 4*T_{sl,gs} + 2*T_{bl,gs}]$$

$$A_{bl,fort} = T_{bl,fort} * B_{fort}$$

Det er som for bilveg forutsatt at hele bærelaget bygges opp av **asfaltert grus** (ASG), som gir følgende mengder:

$$ASG_{bl,gs} \text{ (tonn)} = A_{bl,gs} * L_{gs} * 2,4$$

$$ASG_{bl,fort} \text{ (tonn)} = A_{bl,fort} * L_{fort} * 2,4$$

## Forsterkningslag

Tverrsnittsarealet for forsterkningslag for gang-/sykkelveger og fortau beregnes etter tilsvarende prinsipp som for bærelag:

$$A_{fl, gs} = T_{fl, gs} * [B_{gs} + 2*(2*T_{sl, gs} + 2*T_{bl, gs}) + 2*(2*T_{fl, gs}*0,5)] = T_{fl, gs} * [B_{gs} + 4*T_{sl, gs} + 4*T_{bl, gs} + 2*T_{fl, gs}]$$

$$A_{fl, for} = T_{fl, for} * B_{for}$$

Det forutsettes at forsterkningslaget bygges opp av **pukk** (PU), på samme måte som for bilveger. Dette gir følgende mengder for gang-/sykkelveger og fortau:

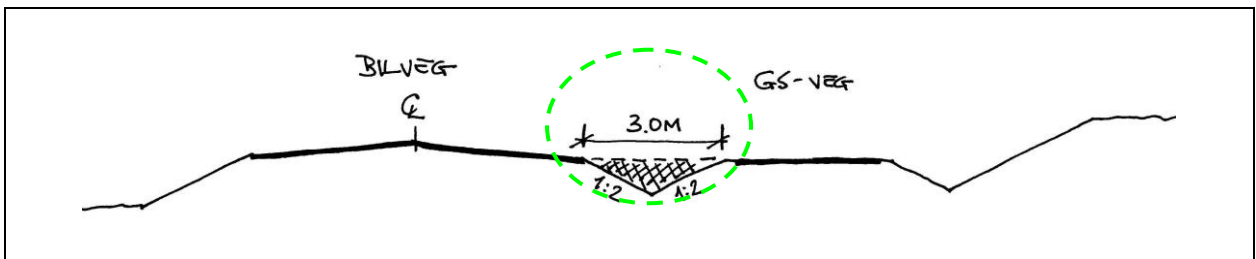
$$PU_{fl, gs} \text{ (tonn)} = A_{fl, gs} * L_{gs} * 1,5$$

$$PU_{fl, for} \text{ (tonn)} = A_{fl, for} * L_{for} * 1,5$$

Det brukes samme tykkelse på forsterkningslaget, langs strekninger både med jord- og fjellmasser.

## Masser til areal mellom bilveg og GS-veg

Utformingen av arealet mellom bilveg og GS-veg vil variere, både med tanke på bredde og høydeforskjell mellom vegene. I denne sammenheng er det som en forenkling forutsatt en standardisert utforming som vist i Figur 32.



Figur 32: Standardisert utforming av areal (tilleggsvolum) mellom bilveg og GS-veg

For å ha et mest mulig ensartet beregningsprinsipp brukes samme skråningshelning som om hver av vegene beregnes for seg (helning 1:2). Da trengs det ikke noen spesialbehandling av mengdeberegningen langs lenker med GS-veg. Denne utformingen vil imidlertid sjelden være løsningen i praksis.

Som en gjennomsnittlig utforming er det antatt at arealet regnes som flatt mellom de to vegene. I praksis kan det være både opphøyet (med bruk av kantstein) og det kan være grøfteformet, men grunnere enn de standardiserte helningene.

Med en bredde på 3,0 m og en helning på 1:2 vil det teoretiske volumet som skal fylles opp være lik  $(3*0,75)/2 = 1,125 \text{ pam}^3/\text{m}$ . Tilleggsvolumet settes som en standard avrundet verdi lik  $1 \text{ pam}^3/\text{m}$  (pa = prosjektert anbrakt).

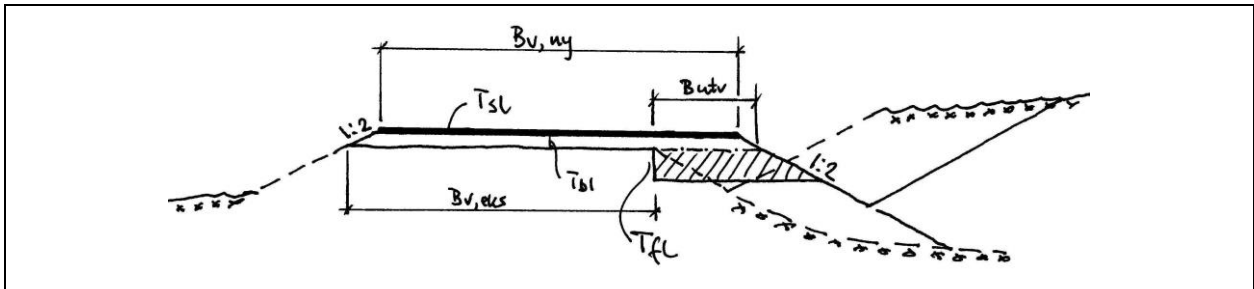
Dette arealet vil vanligvis være fylt opp både av overbygningsmasser og av jordmasser. For å unngå å innføre en ny massetype kun for dette formålet, forutsettes det at dette volumet bygges opp av pukk.

**Tilleggsvolum** av **pukk** for GS-veg:

$$PU_{gs, tillegg} = L_{gs} * 1 * 1,5$$

### Breddeutvidelse langs utbedringslenker

For utbedringslenker er det i EFFEKT mulig å gi en lengde av lenken der det er forutsatt breddeutvidelse. Prinsippet for oppbygging og tilpassing av breddeutvidelsen til eksisterende veg er vist i Figur 33.



Figur 33: Prinsipp for breddeutvidelse langs utbedringslenke

Dette kan betraktes som en kombinasjon av **forsterkning** av eksisterende veg, sammen med nødvendig **breddeutvidelse**, avhengig av bredde på eksisterende veg og på ny veg. Det er lagt til grunn at det ikke skal være nødvendig å gi ekstra inndata (utover lengden av tiltaket) for å kunne beregne mengder til overbygning ved forsterkning/breddeutvidelse.

Det forutsettes at den ene siden av vegen holdes uberørt, slik at inngrepet skjer på motsatt side. Helningen på fyllingsskråning og indre grøfteskråning forutsettes lik 1:2, som for ny veg. Beregningen av overbygningsmasser gjøres på samme måte, uavhengig av om breddeutvidelsen ligger i skjæring eller på fylling.

### Slitelag og bærelag

Bærelaget for utbedret veg legges med gitt tykkelse oppå eksisterende veg. Det forutsettes samme tykkelse på bærelag og slitelag som for ny veg, og massene beregnes på samme måte.

### Forsterkningslag

Nødvendig (ekstra) bredde utenfor eksisterende vegkant blir beregnet med grunnlag i gitte vegbredder for eksisterende og ny veg, og tykkelser på slitelag og forsterkningslag. Denne ekstra bredden forutsettes bygd opp kun med masser til forsterknings-/frostsikringslag, med samme tykkelse som for ny veg.

Breddeutvidelse utenfor eksisterende vegkant (i nivå med denne) beregnes på følgende måte:

$$\begin{aligned} B_{\text{utv}} &= [B_{\text{v, ny}} + 4 \cdot (T_{\text{sl}} + T_{\text{bl}}) \div B_{\text{v, eks}}] \cdot (L_{\text{veg}} / L_{\text{utv}}) \\ L_{\text{utv}} &= \text{Lengde breddeutvidelse, inndata i bildet } \mathbf{Vegstandard} \text{ for utbedringslenke} \end{aligned}$$

I og med at gitt vegbredde er et gjennomsnitt for hele lenken, tas det hensyn til gitt lengde for breddeutvidelse ( $L_{\text{utv}}$ ) i forhold til hele lenkelengden. Hvis det i formelen for  $B_{\text{utv}}$  f.eks blir beregnet en gjennomsnittlig breddeutvidelse på 0,5 m for hele lenken og lengden med breddeutvidelse er  $\frac{1}{4}$  av lenken, blir breddeutvidelsen for den faktiske strekningen med breddeutvidelse lik 2 m ( $0,5 \text{ m} \cdot 4$ ).

Det forutsettes at forsterknings-/frostsikringslaget bygges opp av **pukk** (PU), på samme måte som for bilveger. Tverrsnittsarealet for massene til forsterknings-/frostsikringslag utenfor eksisterende veg blir dermed:

$$\begin{aligned} A_{\text{fl, jord, utv}} &= T_{\text{fl, jord}} \cdot (B_{\text{utv}} + 2 \cdot T_{\text{fl, jord}} \cdot 0,5) = T_{\text{fl, jord}} \cdot (B_{\text{utv}} + T_{\text{fl, jord}}) \\ A_{\text{fl, fjell, utv}} &= T_{\text{fl, fjell}} \cdot (B_{\text{utv}} + 2 \cdot T_{\text{fl, fjell}} \cdot 0,5) = T_{\text{fl, fjell}} \cdot (B_{\text{utv}} + T_{\text{fl, fjell}}) \end{aligned}$$

Dette gir følgende mengde pukk til breddeutvidelsen:

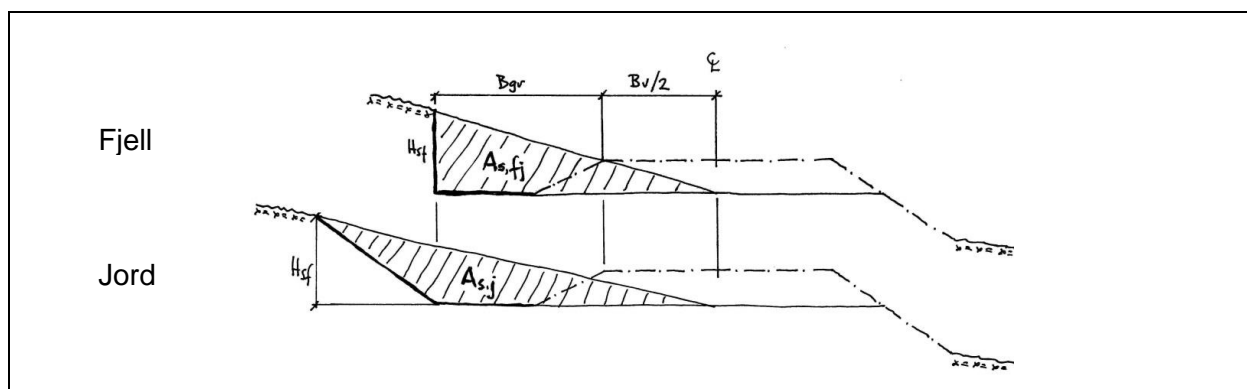
$$PU_{\text{utv}} (\text{tonn}) = [A_{\text{fl, jord, utv}} \cdot (1 - AN_{\text{fjell}}) + A_{\text{fl, fjell, utv}} \cdot AN_{\text{fjell}}] \cdot L_{\text{utv}} \cdot 1,5$$

Hvis bredde på utvidet veg beregningsmessig skulle «få plass» innenfor eksisterende vegbredde, blir det kun beregnet masser til slitelag og bærelag.

### 8.3.2 Jord- og fjellmasser i veglinjen

Med grunnlag i tilgjengelige inndata i EFFEKT beregnes det mengder med jord- og fjellmasser ved bygging av ny veg. Det kan **alternativt** være gitt mengder spesielt for dette i bildet **Grunnlagsdata klimaberegninger**, jfr. kapittel 8.7.1. Disse massene er igjen grunnlag for å beregne energiforbruk og utslipp knyttet til sprengning, transportarbeid (masseflytting) og bruk av anleggsmaskineri.

Mengdeberegningen i EFFEKT er basert på forutsetninger om tverrsnittsarealer som vist i Figur 34. Her er det lagt til grunn inndata om gjennomsnittlig skjærings-/fyllingshøyde ( $H_{sf}$ ) og andel fjell ( $AN_f$ ). Disse parametrene brukes også i vedlikeholdsmodulen, se Tabell 33. Dette er vurdert som den beste tilnærmingen med grunnlag i tilgjengelige inndata. Brukeren kan overstyre de fylkesvise gjennomsnittsverdiene for hver enkelt lenke i bildet **Vedlikehold**. Dette kan gi mer nyanserte beregninger og bedre mulighet til å skille mellom alternative traseer.



Figur 34: Prinsipp for beregning av skjæringsareal

Den gitte skjæringshøyden er forutsatt målt loddrett fra skjæringsfoten, ved ytterkant av grøftebunn. Utenfor vegkant er det lagt til en fast bredde på 5 m for ta hensyn til grøft (inkludert grøfteskråning) og eventuelle utvidelser som f.eks kurveutvidelse, rom for sikt og for nedfall langs vegen.

Det er lagt til en fast høyde (tykkelse) på 1,5 m til skjæringshøyden, for å representere gjennomsnittlig tykkelse på overbygningen langs eksisterende veg. Dette betyr en tilsvarende økning i beregnet massevolum.

Dette gir grunnlag for å beregne **skjæringsarealet**:

$$A_s \text{ (m}^2\text{)} = [(B_v/2 + B_{gr}) * (H_{sf} + T_{over})]/2$$

Mengde **løsmasser** (jord) som graves ut i veglinjen:

$$LM \text{ (pfm}^3\text{)} = (1 - AN_f) * L_{veg} * A_s$$

Mengde **fjell** som sprenges ut i veglinjen:

$$FJ_{veg} \text{ (pfm}^3\text{)} = AN_f * L_{veg} * A_s$$

$A_s$  = Skjæringsareal

$B_v$  = Vegbredde, inndata i bildet **Vegstandard** for 1- og 2-felts veg, beregnes for 4- og 6-felts veg

$B_{gr}$  = Bredden fra vegkant til skjæringsfot, forutsatt 5 m

$H_{sf}$  = Gjennomsnittlig skjærings-/fyllingshøyde, gitt i bildet **Vedlikehold**, se Tabell 33

$AN_f$  = Andel fjell, gitt i bildet **Vedlikehold**, se Tabell 33

$T_{over}$  = Gjennomsnittlig overbygningstykkelse på eksisterende veg, satt til 1,5 m

$pfm^3$  = Prosjektert fast  $m^3$

Det antas at jord- og fjellmasser enten brukes som overbygningsmasser (fjell), fyllingsmasser internt i veglinja, eller at de kjøres til deponi/mellomlager. I disse beregningene vil det imidlertid ikke ha noen betydning hvordan massene disponeres, da det er forutsatt at samme transportavstand uansett bruk.

En kunne tenke seg at det ble beregnet et såkalt masseprofil, for å få en pekepinn på massebalansen og bl.a kunne ta hensyn til masser som måtte tilføres linja ved eventuelt masseunderskudd. Men med de grove mengdeberegningene som gjøres her, er det i denne omgang ikke lagt opp til dette.

### Mengdeberegning ved breddeutvidelse

Mengdene til sprengning, transportarbeid og anleggsmaskineri langs strekninger med breddeutvidelse beregnes med grunnlag i samme inndata og grunnlag som omtalt for ny veg foran. Som en grov antakelse er det forutsatt at mengdene ved breddeutvidelse er **halvparten av mengdene for ny veg**.

### 8.3.3 Materialforbruk til bygging av veg i dagen

Når mengdene av jord- og fjellmasser er beregnet, er dette grunnlaget for å beregne mengder for de aktuelle materialtypene og arbeidsoperasjonene som er forutsatt å inngå ved bygging av veg i dagen. Grunnlag og forutsetninger for dette er forklart nedenfor.

#### Sprengstoff

Mengde sprengstoff brukt i veglinja:

$$SS_{veg} \text{ (kg)} = M_{ss, veg} * FJ_{veg}$$

#### Dieselforbruk i anleggsmaskineri

Med grunnlag i beregnede volum av jord- og fjellmasser i linja (jfr. kapittel 8.3.2), blir det beregnet et samlet forbruk av diesel i anleggsmaskineri basert på forbruk pr enhet i Tabell 44.

Tabell 44: Dieselforbruk i anleggsmaskineri til byggeprosesser

Dieselforbruk	liter/løse m <sup>3</sup>	Arbeidsprosess
FB <sub>di, jord</sub>	1,0	Veg i dagen. Utgraving, opplasting og planering av jordmasser
FB <sub>di, fjell</sub>	1,0	Veg i dagen. Utgraving, opplasting og planering av steinmasser
FB <sub>di, tunnel</sub>	1,15	Tunnel. Opplasting og planering av steinmasser
FB <sub>di, asfalt</sub>	2,0	Dekke (asfalt). Legging og komprimering
FB <sub>di, asf. grus</sub>	2,0	Bærelag (asfaltert grus). Legging og komprimering
FB <sub>di, pukk</sub>	1,0	Forsterknings/frostsikringslag (pukk). Legging og komprimering

Det beregnes i tillegg et forbruk til utlegging og komprimering av de ulike lagene i overbygningen for bilveg, samt på GS-veg, fortau og breddeutvidelse. Her brukes samme forutsetninger for veg i dagen og tunneler.

I tillegg til dieselforbruket i anleggsmaskineri beregnes det energiforbruk og utslipp fra selve transporten av massene til deponi/mellomlager, og eventuell transport fra mellomlager til ulike formål ved bygging av ny veg (jfr. nedenfor).

Ved bygging av **tunneler** er det forutsatt dieseldrevne maskiner til opplasting og utlegging av fjellmasser (samt til transport av massene, beregnet under transportarbeid). Det er forutsatt **elektrisk** drift av borrhigg og ventilasjonsstyr i tunneler. Beregninger for tunneler er forklart i kapittel 8.4.

Volumet for jord- og fjellmasser i Tabell 44 er forutsatt å være løse masser. Forbruk av diesel i anleggsmaskineri for veg i dagen beregnes på følgende måte:

$$DI_{veg} \text{ (liter)} = FB_{di, jord} * LM * OF_{lm} + FB_{di, fjell} * FJ_{veg} * OF_{fj} + \\ FB_{di, asfalt} * (AS_{veg} + AS_{gs} + AS_{fort})/2,5 + \\ FB_{di, asf. grus} * (ASG_{veg} + ASG_{bl, gs} + ASG_{bl, fort})/2,4 + \\ FB_{di, pukk} * (PU_{veg} + PU_{grus} + PU_{fl, gs} + PU_{fl, fort} + PU_{gs, tillegg} + PU_{utv})/1,5$$

$$OF_{lm} = \text{Masseomregningsfaktor løsmasser} = 1,1$$

$$OF_{fj} = \text{Masseomregningsfaktor fjellmasser} = 1,6$$



## Transportarbeid

Som grunnlag for beregning av utslipp fra selve transporten av jord- og fjellmasser (etter utgraving og opplasting), beregnes det transportarbeid i antall tonn masse som fraktes en gitt avstand.

Transportarbeid ved flytting av **løsmasser** (jord):

$$TR_{lm} \text{ (tonnkm)} = LM * \rho_{lm} * L_{tr, lm}$$

Transportarbeid ved flytting av **fjellmasser** (sprengstein):

$$TR_{fj} \text{ (tonnkm)} = FJ_{veg} * \rho_{fj} * L_{tr, fjell, veg}$$

$M_{ss, veg}$	=	Mengde sprengstoff pr $m^3$ masse vegsprengning = 1 kg/pfm <sup>3</sup>
$L_{tr, lm}$	=	Transportavstand løsmasser, forutsatt 15 km som standard
$L_{tr, fjell, veg}$	=	Transportavstand fjellmasser veg i dagen, forutsatt 15 km som standard
$\rho_{lm}$	=	Materialtetthet løsmasser = 1,8 tonn/pfm <sup>3</sup>
$\rho_{fj}$	=	Materialtetthet fast fjell = 2,65 tonn/pfm <sup>3</sup>

Det beregnede transportarbeidet multipliseres med koeffisientene for energiforbruk og utslipp knyttet til Transport (jfr. kapittel 8.9). Disse koeffisientene representerer **summen** av kjøring med fullt lass (forutsatt 15 tonn lasteevne) i én retning, og tomkjøring i motsatt retning.

### 8.3.4 Rekkverk

Gitt **Rekkverksandel** i bildet **Vedlikehold** brukes til å beregne utstrekningen av rekkverk for den delen av lenken som er veg i dagen. Andelen legges inn på lenkenivå, med gjennomsnittlig fylkesvis verdi som standardverdi. Standardverdiene kan endres av brukeren.

Det forutsettes som en forenkling at rekkverk alltid er av **stål**. Innvirkningen av at det ikke tas hensyn til eventuelle betongrekkverk vurderes som neglisjerbart. Beregningene gjøres dessuten kun for nye veger, der det for det aller meste brukes ståltrekkverk.

#### Langs vegkant

Mengde stål i rekkverk langs **veggkant**:

$$ST_{rekk, kant} \text{ (tonn)} = M_{r, kant} * AN_r * L_{veg}$$

#### Midtrekkverk (2-felts veger)

Når det er merket av for **Midtrekkverk** for 2 felts veg som er definert som Ny veg i bildet **Vegstandard**, blir det lagt til utslipp for dette rekkverket. Det er ikke mulig å spesifisere lengden for midtrekkverket inne på en lenke, slik at det forutsettes at midtrekkverket settes opp i **hele lenkens lengde**.

$$ST_{rekk, midtrekkverk} \text{ (tonn)} = M_{r, midtrekkverk} * L_{veg}$$

#### Langs midtdeler (4- og 6-felts veger)

For 4- og 6-felts veger kan det legges inn **midtdeler**, men det er ingen andre opplysninger om midtdeleren i EFFEKT. Når det er valgt midtdeler, forutsettes det alltid **to-sidig rekkverk** på midtdeleren, med samme utforming som langs vegkant. Dette rekkverket kommer i **tillegg** til rekkverket som beregnes gjennom rekkverksandelen, og som er forutsatt satt opp langs vegkant.

Mengde stål i rekkverk langs **midtdeler** (kun for 4- og 6-felts veger der det er gitt midtdeler):

$$ST_{rekk, midtdeler} \text{ (tonn)} = M_{r, kant} * 2 * L_{veg}$$

### Utforming av rekkverk

Rekkverk langs vegkant er forutsatt med W-formet tverrsnitt, montert på sigmastolper (stål) med gjennomsnittlig 2 meters avstand.

Utformingen av midtrekkverk er som standard forutsatt med sirkulært tverrsnitt, montert på sirkulære stålstoelper med gjennomsnittlig 2 meters avstand.

$M_{r, \text{kant}}$	=	Mengde stål pr m rekkverk langs vegkant og midtdeler = 0,02 tonn/m
$M_{r, \text{midtrekkverk}}$	=	Mengde stål pr m midtrekkverk = 0,02 tonn/m
$AN_r$	=	Andel rekkverk (sum begge kanter), gitt i bildet <b>Vedlikehold</b>

### 8.3.5 Drenssystemer

Som grunnlag for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp ved etablering av drenssystemer er det lagt til grunn en del standardiserte forutsetninger om omfang, utforming og prosesser for en inndeling i to hovedtyper av drensanlegg:

- Lukket drenering
- Åpen drenering

Det er vanskelig å sette opp noen generelle regler for å avlede automatisk hvilke nye vegger som har lukket eller åpen drenering, uten å gi ekstra inndata. Derfor er det laget en avmerking for dette i bildet **Grunnlagsdata klimaberegninger**, jfr. kapittel 8.7.3.

#### Lukket drenering

##### Lengde langsgående grøft

For å kunne beregne omfanget av de ulike materialene og arbeidsprosessene som forutsettes å inngå ved bygging av drenssystemer, må det beregnes lengde med langsgående grøft innenfor hver lenke. Det gjøres en tilnærming ved å forutsette at det er grøft langs strekninger uten rekkverk, basert på gitt **Rekkverksandel** i bildet **Vedlikehold**. Langs strekninger med rekkverk antas at vegen ligger på fylling, uten behov for langsgående grøft. For 4- og 6-felts vegger regnes det i tillegg grøft langs midtdeler, langs hele veglengden.

##### 1- og 2-felts vegger

$$L_{\text{grøft}} \text{ (m)} = L_{\text{veg}} * (2 - AN_r)$$

##### 4- og 6-felts vegger

$$L_{\text{grøft, kant}} \text{ (m)} = L_{\text{veg}} * (2 - AN_r)$$

$$L_{\text{grøft, midt}} \text{ (m)} = L_{\text{veg}}$$

$$AN_r = \text{Rekkverksandel, verdi mellom 0 og 2}$$

#### Antall stikkrenner og kummer

##### 1- og 2-felts vegger

Det beregnes først en veglengde  $L_{\text{veg, stikk}}$  som legges til grunn ved beregning av antall stikkrenner:

$$\begin{aligned} L_{\text{veg, stikk}} \text{ (m)} &= L_{\text{veg}} \text{ når } AN_r \leq 1 \\ &= L_{\text{grøft}} \text{ når } AN_r > 1 \end{aligned}$$

Når rekkverksandelen  $AN_r \leq 1$ , settes veglengden som legges til grunn ved beregning av antall stikkrenner **lik veglengden**. Dette fordi det da blir «beregnet» grøft minst langs den ene vegsiden.

Ved beregning av antall stikkrenner forutsettes det at stikkrennene plasseres med en fast **gjennomsnittlig avstand på 70 meter**, både for lukket og åpen drenering. Det forutsettes to kummer for hver stikkrenne (én i hver ende). Beregnet antall stikkrenner avrundes oppover til nærmeste **heltall**. Dette gir også grunnlag for å beregne antall kummer.

$$\begin{aligned} n_{\text{stikk}} (\text{antall}) &= L_{\text{veg, stikk}} / 70 \text{ (avrundes oppover)} \\ n_{\text{kum}} (\text{antall}) &= 2 * n_{\text{stikk}} \end{aligned}$$

#### 4- og 6-felts veger

Langs 4- og 6-felts veger vil det alltid være stikkrenner, enten gjennom hele vegen, eller fra kum i midtdeler til en av vegkantene. Skillet mellom strekninger med gjennomgående stikkrenner og stikkrenner fra midtdeler, er knyttet til strekninger med og uten grøft langs vegkant. Med grunnlag i dette bestemmes lengden på stikkrenner og antall kummer pr stikkrenne.

#### Gjennomgående stikkrenner

Gjennomgående stikkrenner legges langs strekninger uten rekkverk langs vegkant, basert på gitt rekkverksandel. Lengden som legges til grunn ved beregning av antall **gjennomgående** stikkrenner:

$$\begin{aligned} L_{\text{veg, stikk gjennom}} (\text{m}) &= L_{\text{veg}} \text{ når } AN_r \leq 1 \\ &= L_{\text{grøft, kant}} \text{ når } AN_r > 1 \end{aligned}$$

Det forutsettes tre kummer pr stikkrenne (én i hver ende og én i midtdeler). Dette gir følgende antall stikkrenner og kummer:

$$\begin{aligned} n_{\text{stikk gjennom}} (\text{antall}) &= L_{\text{veg, stikk gjennom}} / 70 \text{ (avrundes oppover)} \\ n_{\text{kum gjennom}} (\text{antall}) &= 3 * n_{\text{stikk gjennom}} \end{aligned}$$

#### Stikkrenner fra midtdeler

Stikkrenner fra midtdeler legges langs den resterende del av veglengden, altså der det er rekkverk langs vegkant. Lengden som legges til grunn ved beregning av antall stikkrenner **fra midtdeler**:

$$L_{\text{veg, stikk midt}} (\text{m}) = L_{\text{veg}} - L_{\text{veg, stikk gjennom}}$$

Det forutsettes to kummer pr stikkrenne (én i midtdeler og én i andre enden). Dette gir følgende antall stikkrenner og kummer:

$$\begin{aligned} n_{\text{stikk midt}} (\text{antall}) &= L_{\text{veg, stikk midt}} / 70 \text{ (avrundes oppover)} \\ n_{\text{kum midt}} (\text{antall}) &= 2 * n_{\text{stikk midt}} \end{aligned}$$

#### Lengde på stikkrenner

##### 1- og 2-felts veger

$$L_{\text{stikk}} (\text{m}) = B_v + 6 \text{ m. } B_v = \text{Vegbredde fra bildet Vegstandard}$$

##### 4- og 6-felts veger

Lengden på **gjennomgående** stikkrenner (langs strekninger uten rekkverk langs vegkant):

$$L_{\text{stikk, 46 gjennom}} (\text{m}) = B_{v, 46} + 6 \text{ m. } B_{v, 46} = \text{Beregnet vegbredde, jfr. kapittel 4.1.4 i [2]}$$

Lengden på stikkrenner **fra midtdeler** (langs strekninger med rekkverk langs vegkant) settes lik halvparten av lengden av stikkrenner der det ikke er rekkverk (ovenfor):

$$L_{\text{stikk, 46 midt}} (\text{m}) = 0,5 * L_{\text{stikk, 46 gjennom}}$$

## Mengder

Forutsetninger for å bestemme materialforbruk til etablering av lukket drencsystem er vist i Tabell 45.

Tabell 45: Materialforbruk og prosesser til etablering av drencsystemer, lukket drenering (ref. Vegdirektoratet)

Materialer/ Prosesser	Utforming/Omfang	Mengde
Betong	Stikkrenne: D = 800 mm Kum: D = 1 m, H = 2 m Overvannsrør: D = 400 mm	800 kg/m rør 1500 kg/stk 330 kg/m rør
Plast	Perforert drencledning: D = 120 mm	1,5 kg/m rør
Maskinarbeid (diesel)	Grave grøfteprofil, nedsetting kummer, planering for rør i grøft og stikkrenner, omfylling og gjenfylling. 1 maskintime pr meter grøft	40 liter/m grøft

Dette gir grunnlag for å beregne følgende mengder for **lukket** drenering:

### 1- og 2-felts veger

$$\text{Betong: } BE_{\text{dren}} \text{ (tonn)} = n_{\text{stikk}} * L_{\text{stikk}} * 0,8 + n_{\text{kum}} * 1,5 + L_{\text{grøft}} * 0,33$$

$$\text{Plast: } PL_{\text{dren}} \text{ (tonn)} = L_{\text{grøft}} * 0,0015$$

$$\text{Diesel: } DI_{\text{dren}} \text{ (liter)} = (L_{\text{grøft}} + n_{\text{stikk}} * L_{\text{stikk}}) * 40$$

### 4- og 6-felts veger

$$\text{Betong: } BE_{\text{dren}} \text{ (tonn)} = (n_{\text{stikk gjennom}} * L_{\text{stikk gjennom}} + n_{\text{stikk midt}} * L_{\text{stikk midt}}) * 0,8 + (n_{\text{kum gjennom}} + n_{\text{kum midt}}) * 1,5 + (L_{\text{grøft, kant}} + L_{\text{grøft, midt}} + L_{\text{veg, stikk midt}}) * 0,33$$

$$\text{Plast: } PL_{\text{dren}} \text{ (tonn)} = L_{\text{grøft, kant}} * 0,0015$$

$$\text{Diesel: } DI_{\text{dren}} \text{ (liter)} = (L_{\text{grøft, kant}} + L_{\text{grøft, midt}} + L_{\text{veg, stikk midt}} + n_{\text{stikk gjennom}} * L_{\text{stikk gjennom}} + n_{\text{stikk midt}} * L_{\text{stikk midt}}) * 40$$

Langs strekninger med stikkrenner kun fra midtdeler forutsettes det énsidig langsgående grøft, med overvannsrør av betong.

Det brukes egen utslippskoeffisient for betongelementer (stikkrenner, kummer og overvannsrør) og egen koeffisient for plast drencrør, jfr. kapittel 8.9.

### Åpen drenering, 1- og 2-felts veger

Ved **åpen** drenering forutsettes følgende elementer i drencsystemet for 1- og 2-felts veger:

- Stikkrenner for hver 70. meter
- To kummer pr stikkrenne (én ved innløp og én ved utløp)
- Maskinarbeid

Det forutsettes samme dimensjon på stikkrenner og kummer som for lukket drenering. Med grunnlag i verdier fra **Error! Reference source not found.**, gir dette følgende mengder for åpent drencsystem:

$$\text{Betong: } BE_{\text{dren}} \text{ (tonn)} = n_{\text{stikk}} * L_{\text{stikk}} * 0,8 + n_{\text{kum}} * 1,5$$

$$\text{Diesel: } DI_{\text{dren}} \text{ (liter)} = n_{\text{stikk}} * L_{\text{stikk}} * 40$$

Det er her vurdert som uaktuelt med åpen drenering for 4-/6-felts veger.

### Korreksjon for omfang ved tettere bebyggelse

Omfanget av materialer og arbeider som er beskrevet foran vil sannsynligvis være et minimum, og vil gjelde primært for mer spredtbygde områder, uten spesielt mye infrastruktur i nærhet til veg.

I mer tettbygde områder kan drengssystemene være til dels svært omfattende, atskillig mer enn det som er forutsatt foran. For å ta et visst hensyn til dette, er det valgt å bruke en korreksjonsfaktor som knyttes til fartsgrense på hver lenke. Ved varierende fartsgrense innenfor en lenke, beregnes en lengdevektet verdi. Dette er selvsagt en grov tilnærming, men det er i denne omgang vurdert som uaktuelt å gi egne inndata for å ta hensyn til variasjon i omfang for drengssystemer.

For vektet fartsgrense > 70 km/t brukes beregningsgrunnlaget som er beskrevet foran.

For vektet **fartsgrense ≤ 70 km/t** korrigeres resultatene fra beregningsgrunnlaget med **faktor lik 2**. Det legges ikke opp til å kunne korrigere denne faktoren.

Det er valgt å bruke 70 km/t som skille for denne korreksjonen, fordi beregningene gjelder kun for **nye** veger, og det er relativt sjelden at veger gjennom utbygde områder (av betydning) har høyere fartsgrense.

### 8.3.6 Drift og vedlikehold

For veg i dagen er det kun dekkelegging og vegbelysning det gjøres beregninger for i denne omgang. Det tas heller ikke spesielle hensyn med tanke på vinterdrift.

#### **Dekkevedlikehold**

Mengde asfalt som går med til dekkevedlikehold beregnes på samme måte som i vedlikeholdsmodulen i EFFEKT, jfr. kapittel 6.2.3. Dette er en annen beregningsmåte enn det som er beskrevet i [24].

Det forutsettes at slitelaget ved reasfaltering er av samme materiale som for ny veg (jfr. kapittel 8.3.1).

#### **Vegbelysning**

Årlig energiforbruk til vegbelysning for **veg i dagen og bru** beregnes på følgende måte:

$$EL_{\text{lys, veg}} \text{ (kWh)} = FB_{\text{lys, veg}} * L_{\text{lys}}$$

$$FB_{\text{lys, veg}} = \text{Energiforbruk belysning veg i dagen} = 26,5 \text{ kWh/m lys}$$

$$L_{\text{lys}} = \text{Lengde med vegbelysning, gitt i bildet } \mathbf{Vedlikehold}$$

Vegbelysning beregnes både for veg i dagen og bru, fordi det i inndata ikke er gjort noen oppsplitting for lengde langs veg i dagen og for bru separat.

## 8.4 Tunneler

### 8.4.1 Materialforbruk i overbygning

Det er forutsatt samme vegoverbygning i tunneler som for veg i dagen. Tykkelse på forsterkningslag i tunneler regnes som for strekninger på fjell langs veg i dagen:

$$T_{fl, tunnel} = T_{fl, fjell} \quad \text{Fast tykkelse 0,5 m (uavhengig av trafikk), se Tabell 43}$$

### 8.4.2 Driving, sprengning og transportarbeid

#### Elektrisitetsforbruk

Elektrisitetsforbruk til driving av tunnel:

$$\begin{aligned} EL_{driving} \text{ (kWh)} &= (FB_{boring} + FB_{vifter}) * L_{tunnel} \\ FB_{boring} &= \text{Energiforbruk ved boring av tunnel} = 100 \text{ kWh/m} \\ FB_{vifter} &= \text{Energiforbruk til vifter} = 350 \text{ kWh/m} \\ L_{tunnel} &= \text{Sum tunnellengde, gitt i bildet Vedlikehold} \end{aligned}$$

#### Sprengning

Volum **fjellmasser** som sprenges ut i tunnel:

$$\begin{aligned} FJ_{tunnel} \text{ (pfm}^3\text{)} &= A_{ts} * F_{till} * L_{tunnel} \\ A_{ts} &= \text{Tverrsnittsareal avhengig av gitt tunnelklasse i bildet Vedlikehold, se Tabell 46} \\ F_{till} &= \text{Faktor for påslag av masser i forhold til teoretisk sprengningsprofil} = 1,1 \end{aligned}$$

Tabell 46: Tverrsnittsareal og buelengde avhengig av tunnelklasse

	Tunnelklasse					
	A	B	C	D	E	F
Tunnelprofil	T5,5	T9,5	T10,5	T10,5	2 x T9,5	2 x T9,5
Tverrsnittsareal $A_{ts}$ (m <sup>2</sup> )	42,59	70,89	79,08	79,08	2 x 70,89	2 x 70,89
Buelengde $B_{ts}$ (m)	17,73	21,66	22,75	22,75	2 x 21,66	2 x 21,66

Mengde **sprengstoff** brukt ved utsprengning av tunnelen:

$$\begin{aligned} SS_{tunnel} \text{ (kg)} &= M_{ss, tunnel} * FJ_{tunnel} \\ M_{ss, tunnel} &= \text{Mengde sprengstoff pr pfm}^3 \text{ sprengt ut i tunnel} = 2,2 \text{ kg/pfm}^3 \end{aligned}$$

#### Diesel i anleggsmaskineri

Forbruket av diesel i anleggsmaskineri knyttet til tunneler omfatter en del til opplasting (0,15 l/m<sup>3</sup> løse fjellmasser) før transport ut av tunnelen, og en del til planering av steinmassene (jfr. også Tabell 44).

Totalt dieselforbruk til anleggsmaskineri i tunneler:

$$\begin{aligned} DI_{tunnel} \text{ (liter)} &= FB_{di, tunnel} * FJ_{tunnel} * OF_{fj} \\ FB_{di, tunnel} &= \text{Forbruk av diesel, forutsatt 1,15 liter/m}^3 \text{ løse masser} \\ OF_{fj} &= \text{Masseomregningsfaktor fjellmasser} = 1,6 \end{aligned}$$

#### Transportarbeid

Transportarbeid for utsprengt fjell:

$$\begin{aligned} TR_{tunnel} \text{ (tonnkm)} &= FJ_{tunnel} * \rho_{fj} * L_{tr, fj, tunnel} \\ \rho_{fj} &= \text{Materialtetthet fast fjell} = 2,65 \text{ tonn/pfm}^3 \\ L_{tr, fj, tunnel} &= \text{Gjennomsnittlig transportavstand fjellmasser fra tunnel, 15 km (standard) +} \\ &\quad 0,5 * \text{Tunnellengde (i km)} \end{aligned}$$

Det brukes samme standard transportavstand for tunnelmasser som for masser for veg i dagen (15 km, kan endres av brukeren), men med et **tillegg** på ½ tunnallengde (i km).

### **Betong**

Mengde betong til bygging av tunnelportal:

$$\begin{aligned} BE_{\text{portal}} \text{ (m}^3\text{)} &= M_{\text{be, portal}} * (B_{\text{ts, TX}}/B_{\text{ts, T9,5}}) \\ M_{\text{be, portal}} &= \text{Mengde betong for tunnelprofil T9,5} = 340 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Betongmengden er basert på en tunnelportal med lengde 13 m, som er antatt å representere et gjennomsnitt for tunnelprofil T9,5.

Mengde betong i formelen foran gjelder for **én portal**, og multipliseres derfor med 2 for ett-løps og med 4 for to-løps tunneler (tunnelklasse E og F).

### **Armering**

Mengde armering i tunnelportal:

$$\begin{aligned} AR_{\text{portal}} \text{ (tonn)} &= M_{\text{ar, portal}} * (B_{\text{ts, TX}}/B_{\text{ts, T9,5}}) \\ M_{\text{ar, portal}} &= \text{Mengde armering for tunnelprofil T9,5} = 62 \text{ tonn} \end{aligned}$$

Armeringsmengden er basert på en tunnelportal med lengde 13 m, som er antatt å representere et gjennomsnitt for tunnelprofil T9,5.

Mengde armering i formelen foran gjelder for **én portal**, og multipliseres derfor med 2 for ett-løps og med 4 for to-løps tunneler (tunnelklasse E og F).

### **Sprøytebetong**

Mengde sprøytebetong til vann- og frostsikring:

$$\begin{aligned} BE_{\text{tunnel}} \text{ (m}^3\text{)} &= M_{\text{be, tunnel}} * (B_{\text{ts, TX}}/B_{\text{ts, T9,5}}) * L_{\text{tunnel}} \\ M_{\text{be, tunnel}} &= \text{Mengde sprøytebetong pr meter for tunnelprofil T9,5} = 1,2 \text{ m}^3/\text{m} \\ B_{\text{ts, TX}} &= \text{Buelengde for gjeldende tunnelprofil, se Tabell 46} \\ B_{\text{ts, T9,5}} &= \text{Buelengde for tunnelprofil T9,5, se Tabell 46} \end{aligned}$$

Det er antatt at mengde sprøytebetong brukt i tunnelbuen er lineært avhengig av buelengden.

### **Stål**

Mengde stål til sikringsbolter:

$$\begin{aligned} ST_{\text{tunnel}} \text{ (tonn)} &= M_{\text{st, tunnel}} * (B_{\text{ts, TX}}/B_{\text{ts, T9,5}}) * L_{\text{tunnel}} \\ M_{\text{st, tunnel}} &= \text{Mengde stål pr meter for tunnelprofil T9,5} = 0,044 \text{ tonn/m} \end{aligned}$$

Følgende er antatt for mengde stål:

- 5 bolter med diameter 0,02 m pr løpemeter tunnelprofil T9,5, hvorav 3 stk er 4 m lange og 2 stk er 3 m lange.
- Dette gir 18 m bolter, som betyr  $0,00565 \text{ m}^3$  stål ( $(0,01 \text{ m})^2 * 3,14 * 18$ ). Med tetthet på  $7,85 \text{ tonn/m}^3$  for stål, blir det  $0,044 \text{ tonn}$  stål pr m tunnelprofil T9,5.

### **PE-skum**

Mengde PE-skum:

$$\begin{aligned} PE_{\text{tunnel}} \text{ (kg)} &= M_{\text{PE, tunnel}} * (B_{\text{ts, TX}}/B_{\text{ts, T9,5}}) * L_{\text{tunnel}} \\ M_{\text{PE, tunnel}} &= \text{Mengde PE-skum pr meter for tunnelprofil T9,5} = 25 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

### **Drenssystemer**

Det er i denne omgang ikke laget opplegg for å beregne utslipp fra etablering av selve dreosanleggene i tunneler. Det regnes imidlertid utslipp fra strømforbruk til pumping i undersjøiske tunneler.

### 8.4.3 Drift og vedlikehold

#### Elektrisitetsforbruk

I denne omgang er det kun tatt hensyn til elektrisitetsforbruk i tilknytning til drift og vedlikehold av tunneler. Forutsetningene er med unntak av supplering for ventilasjon basert på de som er behandlet i [24].

#### Belysning

Elektrisitetsforbruk pr år til belysning av tunneler:

$$\begin{aligned} EL_{\text{lys, tunnel}} \text{ (kWh)} &= FB_{\text{lys, tunnel}} * L_{\text{tunnel}} \\ FB_{\text{lys, tunnel}} &= \text{Energiforbruk belysning av tunnel} = 26,5 \text{ kWh/m tunnel} \end{aligned}$$

Det er antatt at hele tunnallengden er belyst og at forbruket pr meter er det samme som for veg i dagen.

#### Ventilasjon

Elektrisitetsforbruk pr år til ventilasjon av **oversjøisk** tunnel:

$$\begin{aligned} EL_{\text{vent, oversj tunnel}} \text{ (kWh)} &= FB_{\text{vent,oversj tunnel}} * L_{\text{tunnel}}^2 \\ FB_{\text{vent, oversj tunnel}} &= \text{Energiforbruk ventilasjon av oversjøisk tunnel} = 7,5 \text{ kWh/år/m tunnel} \end{aligned}$$

Ved beregning av elektrisitetsforbruk til ventilasjon av undersjøiske tunneler brukes to ulike formler (alternativ 1 og 2). Det **laveste** beregnede forbruket av alternativ 1 og 2 brukes i beregningene i EFFEKT.

#### Alternativ 1:

Elektrisitetsforbruk pr år til ventilasjon av **undersjøisk** tunnel, basert på formel i MOTIV:

$$\begin{aligned} EL_{\text{vent, undersj tunnel}} \text{ (kWh)} &= FB_{\text{vent,undersj tunnel}} * L_{\text{tunnel}}^2 \\ FB_{\text{vent, undersj tunnel}} &= \text{Energiforbruk ventilasjon av undersjøisk tunnel} = 15,5 \text{ kWh/m tunnel} \end{aligned}$$

#### Alternativ 2:

Elektrisitetsforbruk pr år til ventilasjon av **undersjøisk** tunnel, basert på formel Statens vegvesen 2010:

$$\begin{aligned} EL_{\text{vent, undersj tunnel}} \text{ (kWh)} &= [28 + (L_{\text{tunnel}} - 1) * 4] * 27 * 1500 \\ 27 &= \text{Effekt pr vifte (kWh)} \\ 1500 &= \text{Brukstilid pr vifte (timer/år)} \end{aligned}$$

Her er det antatt 28 vifter for en undersjøisk tunnel på 1 km. For hver ekstra km i lengde legges det til 4 vifter. Tunnallengden i formelen er gitt i km.

#### Pumping

Elektrisitetsforbruk pr år til pumping i **undersjøisk** tunnel:

$$\begin{aligned} EL_{\text{pump, undersj tunnel}} \text{ (kWh)} &= FB_{\text{pump,undersj tunnel}} * L_{\text{tunnel}} \\ FB_{\text{pump, undersj tunnel}} &= \text{Energiforbruk pumping av undersjøisk tunnel} = 18 \text{ kWh/år/m tunnel} \end{aligned}$$

Det regnes ikke med pumping i oversjøisk tunnel (selv om dette kan forekomme i noen tilfelle).



## 8.5 Bruer

I bildet **Vedlikehold** i EFFEKT er det egne felt for å skille mellom **stålbruer** og **betongbruer**. Dette er grunnlaget for å kunne gjøre egne utslippsberegninger for disse brutypene.

### 8.5.1 Beregning av brulengde og lengde for veg i dagen

Lengde av veg i dagen innenfor hver lenke beregnes på følgende måte i EFFEKT:

$$L_{\text{veg}} = L_l - (L_{\text{bru}} + L_{\text{tunnel}})$$

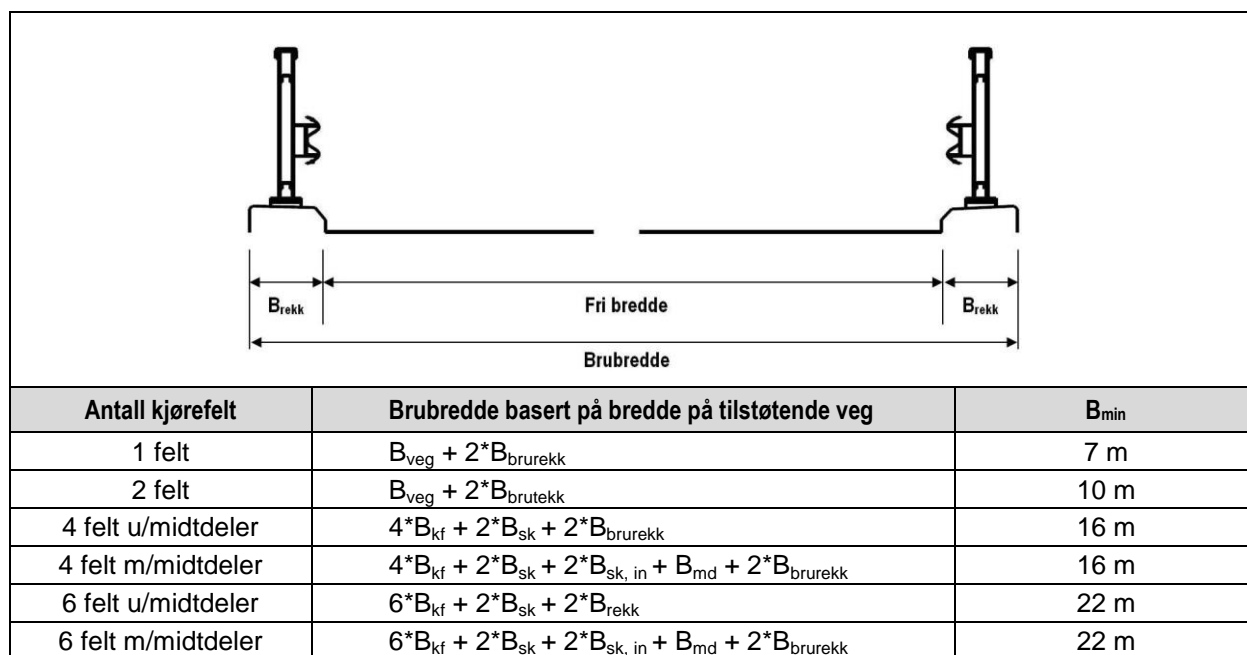
$L_l$  = Lenkelengde, inndata i bildet **Vegstandard**

$L_{\text{bru}}$  = Brulengde, avledet av bruareal, inndata i bildet **Vedlikehold**

$L_{\text{tunnel}}$  = Sum tunnallengde, inndata i bildet **Vedlikehold**

For å kunne beregne denne lengden må det avledes en brulengde basert på bruareal som er gitt i bildet **Vedlikehold**. Det trengs dermed data om bredde på bruene. Ved fastsetting av brubredde er forutsetninger i Håndbok V161 Brurekkverk lagt til grunn. Prinsipper og aktuelle bredde-data for å fastsette brubredde er vist i Figur 35.

Det forutsettes at bruarealet som er gitt som inndata i EFFEKT også omfatter bredden til innfesting av rekkverk ( $B_{\text{rekk}}$ ).



Figur 35: Forutsetninger for å avlede brubredder i EFFEKT

$B_{\text{min}}$  = Minste brubredde =  $n_{\text{kf}} \cdot 3 + 3 \text{ m} + 2 \cdot B_{\text{rekk}}$

$B_{\text{veg}}$  = Vegbredde, inndata i bildet **Vegstandard** (for 1 og 2 felt)

$n_{\text{kf}}$  = Antall kjørefelt, inndata i bildet **Vegstandard** (for 4 og 6 felt, avledes av bredden for 1 og 2 felt)

$B_{\text{kf}}$  = Kjørefeltbredde, inndata i bildet **Vegstandard** (for 4 og 6 felt)

$B_{\text{sk}}$  = Skulderbredde, inndata i bildet **Vegstandard** (for 4 og 6 felt)

$B_{\text{sk, in}}$  = Bredde indre skulder (mot midtdeler) = 0,5 m

$B_{\text{md}}$  = Bredde midtdeler = 1,0 m

$B_{\text{brurekk}}$  = Bredde rekkverksinnfesting på bru, forutsatt 0,5 m for alle bruer

Brubredden beregnes med grunnlag i en såkalt fri bredde samt et tillegg for bredden på rekkverksinnfestingen (totalt 1,0 m). Det tas utgangspunkt i bredden på tilstøtende veg og rekkversinnfestingen. Hvis summen av dette er mindre enn  $B_{\text{min}}$  gitt i Figur 35, settes bredden lik  $B_{\text{min}}$ .  $B_{\text{min}}$  er beregnet med grunnlag i antall kjørefelt \* 3 + 3 meter (i henhold til Håndbok V161), samt tillegget på 1 m for

rekkverksinnfesting.

Når brubredden er beregnet, brukes bruarealet gitt i bildet **Vedlikehold** til å beregne brulengden.

Det er ikke gjort noen forutsetninger om ekstra brubredder langs lenker der det er definert GS-veger eller fortau i EFFEKT. Lengde GS-veg og fortau gis i bildet **Vedlikehold**, men det er med grunnlag i inndata ikke mulig å vite om disse kan gå på bru.

Langs lenker med GS-veger eller fortau går en ut fra at det ved fastsetting av bruarealet også er tatt med nødvendig tilleggsareal for disse. Med beregningsprinsippene foran betyr dette at slike bruer blir beregnet å være noe lengre enn de i virkeligheten er, og veg i dagen blir tilsvarende kortere. Dette er en viss feilkilde en må være klar over, selv om den i de fleste tilfelle sannsynligvis vil være relativt begrenset.

## 8.5.2 Bygging

### Overbygning

#### Slitelag

På bruer er det forutsatt at overbygningen består kun av slitelag. For vegger med **fast dekke** er det forutsatt samme type og tykkelse på slitelag på bruer som for veg i dagen, jfr. 8.3.1. For vegger med **grusdekke** regnes det ikke slitelag på bruer.

#### Membran

I tillegg til slitelag beregnes det asfaltmembran på både betong- og stålbruer.

Mengde **asfaltmembran** på bruer:

$$\begin{aligned}ASM_{bru} \text{ (m}^3\text{)} &= M_{asm, bru} * (A_{betongbru} + A_{stålbru}) \\M_{asm, bru} &= \text{Mengde asfaltmembran pr m}^2\text{ bruoverflate} = 1 \text{ m}^2/\text{m}^2 \\A_{betongbru} &= \text{Sum areal betongbru, gitt i m}^2\text{ i bildet } \mathbf{Vedlikehold} \\A_{stålbru} &= \text{Sum areal stålbru, gitt i m}^2\text{ i bildet } \mathbf{Vedlikehold}\end{aligned}$$

### Brukonstruksjon

#### Betongbru

Mengde **betong** i betongbru:

$$\begin{aligned}BE_{betongbru} \text{ (m}^3\text{)} &= M_{bet, betongbru} * A_{betongbru} \\M_{bet, betongbru} &= \text{Gjennomsnittlig mengde betong i betongbru pr m}^2\text{ bruoverflate, se Tabell 47}\end{aligned}$$

Mengde **armering** i betongbru:

$$\begin{aligned}AR_{betongbru} \text{ (tonn)} &= M_{ar, betongbru} * A_{betongbru} \\M_{ar, betongbru} &= \text{Gjennomsnittlig mengde armering i betongbru pr m}^2\text{ bruoverflate, se Tabell 47}\end{aligned}$$

#### Stålbru

Mengde **stål** i stålbru:

$$\begin{aligned}ST_{stålbru} \text{ (tonn)} &= M_{stål, stålbru} * A_{stålbru} \\M_{stål, stålbru} &= \text{Gjennomsnittlig mengde stål pr m}^2\text{ bruoverflate, se Tabell 47}\end{aligned}$$

Mengde **betong** i stålbru:

$$\begin{aligned}BE_{stålbru} \text{ (m}^3\text{)} &= M_{bet, stålbru} * A_{stålbru} \\M_{bet, stålbru} &= \text{Gjennomsnittlig mengde betong i stålbru pr m}^2\text{ bruoverflate, se Tabell 47}\end{aligned}$$

Mengde **armering** i stålbru:

$$AR_{\text{stålbru}} \text{ (tonn)} = M_{\text{ar, stålbru}} * A_{\text{stålbru}}$$

$$M_{\text{ar, betongbru}} = \text{Gjennomsnittlig mengde armering i stålbru pr m}^2 \text{ bruoverflate, se Tabell 47}$$

Tabell 47: Materialmengder pr m<sup>2</sup> bruoverflate for betong- og stålbruer

Materialtype	Enhet	Betongbru	Stålbru
Betong (BE)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	2,0	0,9
Armering (AR)	tonn/m <sup>2</sup>	0,3	0,2
Stål (ST)	tonn/m <sup>2</sup>	0	0,3
Asfaltmembran (ASM)	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	1,0	1,0

### Rekkverk

Det forutsettes alltid **to-sidig** rekkverk på bruer, og at rekkverket er av **stål**. Når det er bru på vegger med **midtdeler** forutsettes det midtdeler også på bruene, og at det er **to-sidig** rekkverk på midtdeleren.

Det forutsettes samme type rekkverk på bru som for veg i dagen, både langs kantene av bruene, og langs midtdeler, jfr. kapittel 8.3.4.

### 8.5.3 Drift og vedlikehold

For bruer regnes kun utslipp knyttet til dekkevedlikehold og belysning.

**Dekkevedlikehold** regnes som for veg i dagen for vegger med fast dekke, jfr. kapittel 8.3.6. For vegger med grusdekke regnes det ikke dekkevedlikehold på bruer (ikke grusdekke på bru).

Det gjøres ikke spesiell beregning av utslipp fra **vegbelysning** på bruer, da det ikke finnes inndata om vegbelysning spesifisert på bruer. Gitt lengde med belysning (i bildet **Vedlikehold**) gjelder eksklusiv tunnel, slik at utslipp fra vegbelysning beregnes **samlet** for veg i dagen og bruer, jfr. kapittel 8.3.6.

Andre drifts- og vedlikeholdsoppgaver for bruer som f.eks maling og eventuelle andre større (og faste) vedlikeholdsoppgaver er ikke tatt med i denne omgang.

## 8.6 Ferjer

### 8.6.1 Bygging

Bygging av ferjer beregnes i tilknytning til drift og vedlikehold (nedenfor), da ferjer er forutsatt å være en del av vegnettet. Det regnes ikke noe annet under bygging i forbindelse med ferjer.

### 8.6.2 Drift og vedlikehold

I tillegg til bygging og drivstoff til ferjer (drift) er det i denne omgang kun maling (vedlikehold) som er tatt med under drift og vedlikehold for ferjer.

#### *Bygging av ferjer*

Forbruk av ulike materialtyper ved bygging av ferjer er vist i Tabell 48. I [24] er det satt opp grunnlag for ferjer som dekker fartsområde 1 og 2 av det som brukes i EFFEKT. Dette er supplert av Det Norske Veritas (DNV) for ferjetyper for fartsområde C og D. En del materialtyper for ferjer er dessuten inndelt på en litt annen måte.

Tabell 48: Materialforbruk ved bygging av ferjer (tonn pr ferje)

Ferjetype	Fartsområde	PBE	Stål tonn	Alu- minium tonn	Plast tonn	Kompo- sitt, glass, porselen tonn **)	Maling tonn	Kompo- sitt, stål tonn	Kobber tonn
Kabelferje	1	20	222	0	2	10	0	12	3
Pendelferje	1,2	35	528	1	4	18	1	38	8
Pendelferje	1,2	50	713	1	7	25	1	58	12
Pendelferje	1,2	100	1065	1	13	51	1	96	19
Pendelferje *)	1,2	112	35	390	16	57	2	112	32
Pendelferje	1,2	120	1464	2	17	61	2	142	28
Pendelferje	1,2	150	1494	2	18	76	2	135	27
Pendelferje	1,2	200	2838	4	26	101	4	192	38
Pendelferje	D	50	860	1	9	36	1	77	16
Pendelferje	D	100	1345	2	15	57	2	115	23
Pendelferje	D	200	3100	4	31	131	4	192	38
Fjordferje	C	35	819	1	9	35	1	69	14
Fjordferje	C	50	1030	1	11	43	1	96	19
Fjordferje	C	100	1406	2	15	59	2	135	27

\*) Denne ferjen er en katamarantype.

\*\*\*) For materialtypen «Kompositt, glass, porselen» er det forutsatt at dette hovedsaklig består av glass, og at det er energi- og utslippskoeffisienter for **glass** som brukes.

Materialmengde for **egendefinerte ferjer** internt i EFFEKT beregnes med grunnlag i gitt fartsområde, beregnet antall personbilenheter (pbe), og data for standardferjene. Hvis brukeren gir antall pbe som ikke finnes som tabellverdi, velges mengdeverdier for antall pbe som er nærmest og større enn gitt antall pbe for egendefinert ferje.

#### *Drivstoff til ferjer*

Det er forutsatt at drivstoff til ferjer skal knyttes til drift og vedlikehold i bruksfasen. Drivstoffforbruk for ferjer beregnes internt i EFFEKT (kapittel 9.3). Marin gassolje (MGO) brukes til alle ferjetyper unntatt gassferje, der det er forutsatt naturgass (LNG). Forbruket av LNG regnes i MGO-ekvivalenter.

## **Maling**

Ved beregning av malingsforbruk regnes det med en fast «frekvens» for maling på 0,5 pr år, som betyr maling annet hvert år (dette er litt endret i forhold til [24]).

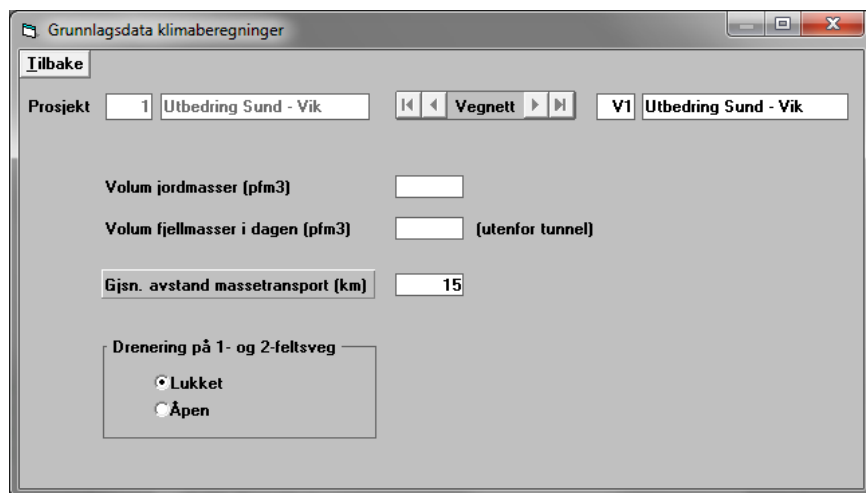
Årlig forbruk av **maling** til vedlikehold av ferjer:

$$MA_{\text{vedl ferje}} \text{ (tonn)} = MA_{\text{ferje}} * 0,5$$

$$MA_{\text{ferje}} = \text{Malingsforbruk pr ferje, se Tabell 48}$$

## 8.7 Egne grunnlagsdata

I bildet **Grunnlagsdata klimaberegninger** i Figur 36 kan det gis del grunnlagsdata for beregningene i klimamodulen. Bildet er på vegnettsnivå, slik at data gjelder for **alle lenker** kodet som **Ny veg** eller **Utbedring** i et utbyggingsalternativ.



Figur 36: Bilde for å gi en del grunnlagsdata til klimaberegningene

### 8.7.1 Mengdedata for masser

Det kan gis inn resultater fra **eksternt** beregnede mengdedata. Dette er foreløpig knyttet til volum for **jord- og fjellmasser** som flyttes ut av veglinja (til deponi). Slike resultater kan f.eks hentes fra ANSLAG, i de tilfelle kostnadsoverslagene er på et slikt detaljeringsnivå at aktuelle mengdedata er tilgjengelig.

Volumene gis som **sum** prosjektert faste  $m^3$  (pfm<sup>3</sup>) for alle nye veglenker og lenker med utbedring. Når det er gitt data her, vil disse **erstatte** aktuelle beregninger gjort på lenkenivå med grunnlag i data om **Gjennomsnittlig skjærings-/fyllingshøyde** i bildet **Vedlikehold**, jfr. kapittel 8.3.2.

For fjellmasser gis det kun volum for veg i dagen. Tunnelmasser beregnes internt i EFFEKT, med grunnlag i data for tverrsnittsareal (tunnelklasse) og lengde gitt i bildet **Vedlikehold**, jfr. kapittel 8.4.2.

### 8.7.2 Transportavstand for masser

Det brukes en **fast** avstand for massetransport ut av veglinja, som grunnlag for beregning av utslipp fra transport. **Standardverdi** er satt til 15 km. Denne avstanden skal representere et **gjennomsnitt for all transport** til mellomager/deponi for det aktuelle vegnettet (utbyggingsalternativet). Avstanden er også ment å representere eventuell transport fra mellomager til ulike formål ved bygging av ny veg. Standardverdien kan endres av brukeren, dersom det vurderes slik at lokaliseringen av anleggsområdet og transportmuligheter til mellomager avviker fra denne.

For **tunneler** legges det til en ekstra transportlengde lik  $\frac{1}{2}$  tunnellengde (i km) til gitt gjennomsnittsavstand.

### 8.7.3 Drenering

Det beregnes utslipp fra etablering av drens-systemer som forklart i kapittel 8.3.5. For 1- og 2-felts veger velges det om det er forutsatt lukket eller åpen drenering. Avmerkingen gjelder for **alle** lenker definert som **Ny veg** og **Utbedring** i et utbyggingsalternativ. Det forutsettes alltid lukket drenering for 4- og 6-felts veger.

## 8.8 Beregninger i transportfasen

Metodikken som er omtalt i kapittel 8.3-8.7 gjelder for bygging og drift og vedlikehold av veier, tunneler, bruer og ferjer. Ved beregning av utslipp fra transport i bruksfasen er dette delt i to hoveddeler:

- Beregninger for kjøretøy
- Beregninger for andre transportmidler, unntatt ferjer

For **ferjer** er det i metodikken lagt til grunn at energiforbruk og klimagassutslipp skal plasseres under drift og vedlikehold.

Transporten som foregår i **byggefase**n (som det er valgt å ta hensyn til) er med i aktuelle delberegninger for denne, gjennom beregninger av transportarbeid og diesel i anleggsmaskineri.

### 8.8.1 Beregninger for kjøretøy

Drivstofforbruk for kjøretøy beregnes internt i EFFEKT som vist i Tabell 49.

Tabell 49: Drivstofforbruk som beregnes i EFFEKT

Kjøretøytype	Inndeling	Drivstoff	Merknad
Lette biler		Bensin Diesel	Standard fordeling (kan endres): 60% bensin, 40% diesel
Tunge biler	Lastebil Vogntog	Diesel Diesel	Standard fordeling (kan endres): 60% lastebil, 40% vogntog
Busser		Diesel	

Beregning av utslipp fra drivstoff er basert på det samme grunnlaget i klimamodulen som i andre aktuelle moduler i EFFEKT.

Bensin brukes til en gitt andel av lette biler (standardverdi 60 %). Diesel brukes til den andelen av lette biler som ikke bruker bensin (standard 40 %), og til alle tunge biler og busser som behandles internt i EFFEKT.

### 8.8.2 Beregninger for andre transportmidler

Ved bruk av transportmodeller med variable matriser som grunnlag for beregninger i EFFEKT (prosjekttype 3) brukes det resultater fra den Kollektivmodulen som leses inn i EFFEKT. I Kollektivmodulen beregnes det energi- og drivstofforbruk for de kjøretøytypene som er vist i Tabell 50.

Tabell 50: Beregning av drivstoff- og elektrisitetsforbruk i Kollektivmodulen [16]

Transportmiddel	Type	Verdi	Enhet
Buss	Drivstoff, diesel	0,365	liter/km
T-bane	Elektrisitet	12,9	kWh/settkm
Trikk	Elektrisitet	6,8	kWh/settkm
Tog	Elektrisitet	13,0	kWh/settkm
Hurtigbåt	Drivstoff, MGO	9,6	liter/km

Verdien for drivstofforbruket for busser brukes kun når data hentes fra kollektivmodulen (prosjekttype 3). Ellers beregnes forbruket med grunnlag i drivstoffmodulen i EFFEKT.

## 8.9 Koeffisienter for energiforbruk og klimagassutslipp

Med grunnlag i beregningen av mengder og materialforbruk omtalt i kapittel 8.3-8.8 blir det i EFFEKT beregnet energiforbruk og klimagassutslipp. Det er etablert et sett av koeffisienter for energiforbruk (regnes i MJ = Megajoule) og for klimagassutslipp (alle utslipp er omregnet til CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). Dette er hovedsaklig basert på arbeider i [24], med noen senere revisjoner og utvidelser, senest i versjon 6.6 av EFFEKT. I tillegg er det gjort et eget arbeid for å finne utslippsfaktorer for drivstoff til ferjer og hurtigbåter (MARINTEK 2010).

En dokumentasjon av de endelige forutsetningene for faktorene er gitt i [27]. Koeffisientene for **energiforbruk** er vist i Tabell 51 (norsk) og i Tabell 52 (nordisk). I disse tabellene er det også gjort en oppsplitting i ikke-fornybar (fossil, kjernekraft) og fornybar energi (vannkraft, biomasse, vind/sol/geo).

Ved beregning av energiforbruk er det i EFFEKT mulig å legge til grunn både norsk og nordisk elektrisitet (norsk er lagt inn som standard, kan endres i bildet **Generelle data**).

Koeffisientene for **klimagassutslipp** (CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) er vist i Tabell 53. Her gjelder koeffisientene for drivstoff (diesel, bensin, MGO og LNG) fra og med år 2020. Det er egne koeffisienter for 2007 (ikke vist). Mellom år 2007 og 2020 beregnes koeffisientene ved lineær utvikling. Det er ikke gjort noen endringer i grunnlaget for dette siden første versjon av klimamodulen. I siste kolonne i Tabell 53 er det vist hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for gjennomsnittlig transportavstand for de ulike materialtypene. Utslipet fra denne transporten er innarbeidet i koeffisientene.

Tabell 51: Koeffisienter for energiforbruk, *norsk elektrisitet* [27]

Norsk elektrisitet		Ikke fornybar		Fornybar			
Materiale	Enhet	Fossil	Kjernekraft	Vannkraft	Biomasse	Vind, sol, geovarme	Totalt
		MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	MJ
Asfalt	tonn	3 232	57	74	10	1,3	3 374
Pukk	tonn	47	8,8	33	2,0	0,3	91
Asfaltert grus	tonn	1 055	32	70	4,2	0,9	1 162
Asfaltmembran	m <sup>2</sup>	2 086	22	7,1	1,0	0,4	2 116
Stål	tonn	25 931	2 781	1 259	258	45	30 273
Betong	m <sup>3</sup>	1 232	193	156	14	1,7	1 596
Betongelement	tonn	883	124	85	39	1,4	1 131
Plast, drenerør	tonn	50 007	12 201	2 910	602	7,8	65 727
Armeringsstål	tonn	12 225	1 424	1 676	176	33	15 534
PE-skum	tonn	78 780	7 877	4 005	442	12	91 116
Sprengstoff	tonn	25 911	1 444	597	1 003	26	28 982
Aluminium	tonn	90 347	22 468	23 067	634	74	136 590
Maling, ferge	tonn	71 671	6 412	1 038	4 168	111	83 399
Kobber (i ledninger)	tonn	24 604	24 615	15 192	18 423	227	83 061
Plast (i ledninger)	tonn	73 592	4 933	2 557	906	7,0	81 995
Glass, ferge	tonn	11 555	480	589	183	10	12 817
Transportarbeid	tonnkm	5,1	0,2	0,03	0,01	0,00	5,34
Diesel, anleggsmaskineri	liter	49	1,0	0,16	0,04	0,02	50
Elektrisitet	kWh	0,6	0,8	4,34	0,21	0,04	5,95
Bensin	liter	42	0,69	0,03	0,01	0,09	43
MGO	liter	47	0,29	0,10	0,03	0,01	47
LNG	liter MGO-ekv.	43	0,08	0,06	0,00	0,00	43



Tabell 52: Koeffisienter for energiforbruk, **nordisk** elektrisitetsmiks [27]

Nordisk elektrisitetmiks	Enhet	Ikke fornybar		Fornybar			Totalt
		Fossil	Kjernekraft	Vannkraft	Biomasse	Vind, sol, geovarme	
		MJ	MJ	MJ	MJ	MJ	
Asfalt	tonn	3 259	103	46	24	2,1	3 433
Pukk	tonn	62	33	18	9,6	0,8	124
Asfaltert grus	tonn	1 085	82	39	20	1,8	1 227
Asfaltmembran	m2	2 086	22	7,1	1,0	0,4	2 116
Stål	tonn	25 931	2 781	1 259	258	45	30 273
Betong	m3	1 281	275	107	39	3,3	1 705
Betongelement	tonn	908	165	59	52	2,1	1 185
Plast, drenerør	tonn	50 994	13 882	1 908	1 088	45	67 916
Armeringsstål	tonn	12 901	2 550	999	520	55	17 024
PE-skum	tonn	80 306	10 474	2 457	1 193	68	94 499
Sprengstoff	tonn	25 654	1 660	453	1 075	30	28 873
Aluminium	tonn	90 499	22 727	22 913	708	79	136 926
Maling, ferge	tonn	71 754	6 553	954	4 209	114	83 583
Kobber (i ledninger)	tonn	29 354	32 701	10 374	20 759	403	93 591
Plast (i ledninger)	tonn	74 576	6 607	1 559	1 389	44	84 175
Glass, ferge	tonn	11 737	798	335	282	16	13 168
Transportarbeid	tonnkm	5,1	0,2	0,03	0,01	0,00	5,3
Diesel, anleggsmaskineri	liter	49	1,0	0,1	0,05	0,02	50
Elektrisitet	kWh	2,2	3,6	2,1	1,10	0,09	9,1
Bensin	liter	42	0,69	0,03	0,01	0,09	43
MGO	liter	47	0,29	0,10	0,03	0,01	47
LNG	liter MGO-ekv.	43	0,08	0,06	0,00	0,00	43

Tabell 53: Koeffisienter for klimagassutslipp (år 2020 for drivstoff) [27]

Materiale	Enhet	Nordisk elmiks	Norsk elmiks	Direkte utslipp	Transport-avstand
		kg CO2-ekv	kg CO2-ekv	kg CO2-ekv	km
Asfalt	tonn	60,7	58,5		40
Pukk	tonn	4,73	3,52		0
Asfaltert grus	tonn	36,7	34,3		40
Asfaltmembran	m2	21,6	21,6		40
Stål	tonn	1 891	1 891		*)
Betong	m3	275	271		40
Betongelement	tonn	143	141		100
Drenerør, plast	tonn	2 222	2 142		100
Armeringsstål	tonn	859	804		**)
PE-skum	tonn	2 773	2 649		2 000
Sprengstoff	tonn	2 767	2 753		100
Aluminium	tonn	8 577	8 564		400
Maling, ferge	tonn	2 873	2 867		200
Kobber (i ledninger)	tonn	2 614	2 227		300
Plast (i ledninger)	tonn	2 138	2 058		200
Glass, ferge	tonn	981	966		300
Transportarbeid	tonnkm	0,34	0,34	0,31	-
Diesel, anleggsmaskineri	liter	3,32	3,31	2,66	-
Elektrisitet	kWh	0,19	0,05		-
Bensin	liter	2,75	2,75		-
MGO	liter	3,21	3,21		-
LNG	liter MGO-ekv.	2,84	2,84		-

\*) Div. forutsetninger om andel import, andel skrap (alt norsk er skrap), avstand på skip/bil

\*\*\*) Div. forutsetninger om andel skrap/jomfruelig stål (alt importert), avstand på bil/skip

## 9 Ferjekostnader

### 9.1 Hovedprinsipper

Beregningene i ferjemodulen er inndelt i fire hoveddeler:

- I Fastsette nødvendig ferjemateriell
- II Beregning av drifts- og kapitalkostnader
- III Beregning av tidskostnader
- IV Beregning av ulempeskostnader

Data om servicenivå (åpningstid, frekvens, nattavganger, kapasitetsutnyttelse) er det viktigste grunnlaget for å beregne ferjekostnader.

Nødvendig **ferjemateriell** kan fastsettes på tre ulike måter:

- A Automatisk «beregning» av økonomisk mest optimal(e) ferjetype(r) hvert år i analyseperioden, basert på gitte karakteristika for hver type.
- B Manuelt utvalg av aktuelle ferjetyper programmet kan velge mellom. Ved dette prinsippet er det ikke garantert at valgt(e) ferje(r) er de økonomisk mest gunstige.
- C Egendefinerte ferjetyper (forutsatt realistiske karakteristika). Her er en heller ikke sikret valg av økonomisk mest gunstig(e) ferjetype(r).

Når ferjemateriellet er bestemt, er dette grunnlaget for å beregne selve ferjekostnadene, som består av **drifts- og kapitalkostnader**. Kostnadene beregnes ut fra gitte karakteristika for den aktuelle ferjetyperen. Prinsippet for å beregne disse kostnadene ble utviklet i versjon 5, og revidert i flere etapper i senere delversjoner av denne. Viktige deler av grunnlaget er basert på arbeidet utført ved Møreforskning [28]. I versjon 6 ble det gjort en ytterligere revisjon av modulen. Det har i tillegg vært gjort noen tilpassinger i samarbeid med Vegdirektoratet.

**Tidskostnadene** i ferjesambandet beregnes som summen av tidsforbruket i selve sambandet (overfart og terminaltid) og ventetid ved ferjeleiet. Kostnadene beregnes for kjøretøy og passasjerer i kjøretøyene som reiser med ferjen. Når resultatene er basert på resultater fra transportmodell (prosjekttype 3), regnes det også tidskostnader for passasjerer som reiser «selvstendig» med ferjen, uavhengig av kjøretøy. Disse kostnadene regnes sammen med de andre tidskostnadene.

I tillegg beregnes **ulempeskostnader**, spesifisert på lette og tunge kjøretøy, hvor stor andel som er lokaltrafikk og gjennomgangstrafikk, og eventuelt om det er et øysamband eller fjordkryssing med lang omkjøring som alternativ.

Hensynet til **maksimal kapasitetsutnyttelse** kan også påvirke kostnadene (unntatt ulempeskostnadene).

Metodikken i EFFEKT er i utgangspunktet beregnet på ferjesamband med kun to anløpssteder. For samband som omfatter flere anløpssteder, kan en få utført tilnærmede beregninger ved å betrakte de enkelte delstrekningene i sambandet som uavhengige samband med kun to anløpssteder. I slike tilfelle er det som en tilnærming mulig å velge at kapitalkostnadene regnes for ferjen(e) kun for det ene sambandet. Driftskostnadene regnes imidlertid for alle delsambandene, slik at summen for alle delsamband utgjør summen av driftskostnadene for hele sambandet (med tre eller flere anløpssteder).

## 9.2 Nødvendig ferjemateriell

Ferjemateriellet kan bestemmes etter tre forskjellige prinsipper. Hovedprinsippet er helautomatisk. De to andre prinsippene er basert enten på manuelt valg av aktuelle ferjetyper eller på egendefinerte typer, eventuelt kombinert med automatisk valg.

### 9.2.1 A: Automatisk valg av ferjetyper

Ved automatisk valg blir nødvendig ferjemateriell beregnet av med grunnlag i gitt servicenivå med tilhørende krav til åpningstid, frekvens, nattavganger og kapasitetsutnyttelse. Dette er basert på at den økonomisk mest optimale ferjetyper «settes inn» (med gitte karakteristika for hver type).

For å sikre at ferjemateriellet alltid er tilpasset trafikkbelastningen, blir nødvendig ferjemateriell beregnet **hvert år i** analyseperioden. Det er mulighet for flere ferjer i samme samband (av samme eller ulike typer) og forutsatt utskifting når trafikkmengde (i forhold til kapasitet) tilsier det gjennom analyseperioden.

Det forutsettes i denne omgang at det **samme** ferjemateriellet brukes **hele året**. Det er altså ikke mulig å ta hensyn til sesongmessige svingninger i trafikkbelastningen.

Når nødvendig ferjemateriell skal fastsettes, beregnes trafikkbelastningen i personbilenheter (pbe) etter følgende formel:

$$PBE = \dot{A}DT_{\text{lette}} + 3 * \dot{A}DT_{\text{laste}} + 5 * \dot{A}DT_{\text{vogn}} + 4 * \dot{A}DT_{\text{buss}}$$

$$\dot{A}DT_{\text{lette}} = \text{Årsdøgntrafikk lette}$$

$$\dot{A}DT_{\text{laste}} = \text{Årsdøgntrafikk lastebiler}$$

$$\dot{A}DT_{\text{vogn}} = \text{Årsdøgntrafikk vogntog}$$

$$\dot{A}DT_{\text{buss}} = \text{Årsdøgntrafikk busser}$$

$\dot{A}DT$  for lastebiler og vogntog beregnes med grunnlag i gitt fordeling mellom disse, (standardverdi 60/40 av  $\dot{A}DT_{\text{tung}$ ).

Når antall personbilenheter er bestemt, brukes dette til å finne ferjetyper ut fra Tabell 54, basert på kapasiteten i pbe for hver ferjetype. I denne tabellen inngår også andre karakteristiske data som grunnlag for kostnadsberegningen. Tidligere var karakteristika hovedsaklig basert på tidligere bygde ferjer. I versjon 6 er det valgt å definere en tabell med karakteristika som er «glattet» med utgangspunkt i pbe.

Tabell 54: Ferjetyper med tilhørende karakteristika, ref. Vegdirektoratet 2005 ( prisnivå 2013)

Ferjetype	pbe	Farts- område	Innkjøpspris 2013		Beman- ning	Effekt kW	Fart knop	Drivst.- andel
			Diesel	Gass				
Kabelferje	20	1	35		1	300	5	0,5
Pendelferje	35	1, 2	50	60	3	1000	14	0,5
Pendelferje	50	1, 2	65	80	4	1500	14	0,5
Pendelferje	100	1, 2	110	130	4	2500	14	0,5
Pendelferje - Katamaran	112	1, 2	190		6	5500	22	0,5
Pendelferje	150	1, 2	170	205	6	3500	15	0,5
Pendelferje	200	1, 2	220	265	6	5000	15	0,5
Pendelferje	50	D	70	85	5	2000	14	0,5
Pendelferje	100	D	120	145	6	3000	14	0,5
Pendelferje	200	D	235	280	8	5000	15	0,5
Fjordferje	35	C	70	85	7	1800	14	0,5
Fjordferje	50	C	85	100	8	2500	14	0,5
Fjordferje	100	C	180	215	9	3500	14	0,5

### 9.2.2 B: Manuelt valg av aktuelle ferjetyper

Ved automatisk valg av ferjetyper (prinsipp A), vil en eller flere ferjetyper i Tabell 54 være aktuelle, basert på gitte inndata. Brukeren kan **avgrense** dette utvalget ved å «låse» én eller flere innenfor utvalget som programmet skal bruke videre. Da skjer det videre valget blant disse automatisk (prinsipp A) med de økonomisk mest gunstige blant de som er utvalgt.

Ved denne manuelle fastsettelsen av ferjetyper er en imidlertid ikke sikret at det er det økonomisk «beste» utvalget av ferjer som legges til grunn.

### 9.2.3 C: Egendefinerte ferjer

Brukeren kan definere en eller flere «egne» ferjetyper, ved å gi et sett av karakteristika for hver enkelt type (samme datatyper som i Tabell 54). Dette forutsetter at det gis realistiske parametere for den egendefinerte typen, basert på egne forutsetninger. Det er i programmet ikke kontroll på at det er logiske sammenhenger mellom verdiene som gis inn.

De egendefinerte ferjetyperne behandles deretter på samme måte som i prinsipp A. De egendefinerte ferjene kan også inngå i det manuelle utvalget programmet «velger» blant i prinsipp B.

Ved dette prinsippet er en heller ikke sikret at valgt(e) ferje(r) er de økonomisk mest gunstige.

## 9.3 Drifts- og kapitalkostnader

Drifts- og kapitalkostnader beregnes med grunnlag i metodikk beskrevet i [28]. Beregningene gjøres for hvert år i analyseperioden, eventuelt den delen av analyseperioden ferjesambandet/vegnettet skal være i funksjon.

### 9.3.1 Drivstofforbruk

Først regnes drivstofforbruket ut separat, fordi dette også brukes som grunnlag for å beregne utslipp (global luftforurensning, jfr. kapittel 7.4). Forbruket regnes i liter/år på følgende måte:

$$DF_{\text{ferje}} = [((F_{\text{spes}}/\rho_d) * EFF * k_{\text{forb}})/(1,852 * V_s)] * L_{\text{tur}} * N_{\text{tur}}$$

### 9.3.2 Driftskostnader

Drivstofforbruket er en del av grunnlaget for å beregne ferjenes driftskostnader Kd. Driftskostnadene består av en del til drivstoffkostnader og drift av ferjen, og en del til lønninger. Kostnadene til drift eksklusiv lønn regnes ut med grunnlag i en drivstoffandel avhengig av ferjetype, jfr. Tabell 54.

Drivstoffkostnadene er dermed et direkte grunnlag for de totale driftskostnadene:

$$Kd = DF_{\text{ferje}} * P_{\text{diesel}} / A_{\text{driv}} + L_{\text{ønn}} * B_{\text{ema}} * S_{\text{kift}}$$

$F_{\text{spes}}$  = Spesifikt forbruk = 0,208 kg/kWh

$\rho_d$  = Spesifikk vekt marin diesel = 0,84 kg/liter

EFF = Motoreffekt i kW, fra Tabell 54

$k_{\text{forb}}$  = Forbrukskoeffisient, satt lik 1,0 (hovedmaskineri i rute, hjelpemaskineri, posisjonskjøring, tomgangskjøring ved kai)

$V_s$  = Seilingsfart i knop, fra Tabell 54

$L_{\text{tur}}$  = Rundturlengde = 2 \* Seilingslengde, gitt i bildet **Ferjer**

$N_{\text{tur}}$  = Antall turer pr år, beregnes ut fra frekvens (dag og natt) gitt i bildet **Ferjer**

$P_{\text{diesel}}$  = Dieselpriis = 4,27 kr/liter (inkl. CO<sub>2</sub>- og svovelavgift), prisnivå 2013

$A_{\text{driv}}$  = Drivstoffkostnadens andel av driftskostnadene, fra Tabell 54

Lønn = Gjennomsnittlig mannskapslønn = 623.000 kr/år, prisnivå 2013

Bema = Bemanning pr skift, fra Tabell 54

Skift = Antall skift/døgn, gitt i bildet **Ferjer**

### 9.3.3 Kapitalkostnader

Prinsippet for å beregne kapitalkostnadene Kk er nytt i forhold til versjon 5. Kostnaden regnes (noe forenklet) som summen av kapitalslitet og tapt kapitalavkastning. Dette er basert på at anskaffelses-kostnadene betraktes som en uendelig rekke av gjentatte kostnader, som omregnes til annuiteter. Det tas ikke hensyn til restverdi da denne anses som negligisjerbar i denne sammenheng [28].

$$Kk = r * [K_F / (1 - e^{-rn})]$$

$K_F$  = Kostnad for ny ferje, fra Tabell 54

r = Kalkulasjonsrente, gitt i bildet **Økonomidata**

n = Optimal levetid for ferje, satt lik 30 år

### 9.3.4 Tilskudd til ferjedriften

For ferjesamband som beregningsmessig går med underskudd beregnes det et tilskudd til ferjedriften. Hvis et samband går med overskudd forutsettes det at overskuddet tilfaller selskapet, og tas ikke med i de videre beregningene.

EFFEKT beregner tilskuddet på to måter, avhengig av hvordan data er gitt i bildet **Ferjer**.

- Tilskuddsandel
- Beregning av billettinntekter

Ved bruk av tilskuddsandel beregnes tilskuddet på denne måten:

$$Kt_A = (Kd + Kk) * A_{til}$$

Det forutsettes at tilskuddet akkurat dekker differansen mellom kostnader og inntekter.

### **Billettinntekter**

Hvis billettinntekter legges til grunn for å beregne tilskudd, beregnes dette slik:

$$Kt_B = (Kd + Kk) \div I_B$$

$Kt_A$  = Ferjetilskudd basert på tilskuddsandel

$Kt_B$  = Ferjetilskudd basert på billettinntekter

$A_{til}$  = Tilskuddsandel, gitt i bildet **Ferjer**

$I_B$  = Billettinntekter

Følgende inndata brukes for å beregne billettinntektene:

- Trafikkdata passasjerer, hentet fra EFFEKT eller gitt inn manuelt (spesielt for dette formålet)
- Trafikkdata kjøretøy, hentet fra EFFEKT
- Riksregulativet for ferjetakster, for kjøretøy og passasjerer. Lagt inn i programmet, endres hvert år
- Andel/antall passasjerer som voksne og barn/honnør
- Lengdefordeling for tunge kjøretøy
- Andel som utnytter rabatter med tilhørende rabattsats for hver passasjer- og kjøretøytype

### **9.3.5 Korreksjon for nattavganger**

Hvis det er gitt et antall nattavganger som inndata, blir drifts- og kapitalkostnadene multiplisert med en **faktor lik 2** (fordobling) for disse avgangene.

## 9.4 Tidskostnader

Tidskostnadene regnes ut med grunnlag i beregnet tidsforbruk for kjøretøy og for passasjerer i bil og buss med ferjen. Det totale tidsforbruket er satt sammen av:

- Reisetid med ferjen
- Ventetid

Grunnlaget for beregning av tidskostnader (timepriser, reisehensikter, verdsetting) i ferjesamband er det samme som for biler på vegen, med unntak av spesiell korrigering av ventetid, jfr. kapittel 9.4.2. Når tidsforbruket er beregnet, regnes det passasjerkostnader i lett bil og buss, og tidsavhengige driftskostnader for tunge biler og busser.

### 9.4.1 Reisetid med ferjen

Reisetiden  $T_r$  (min/kjt) beregnes som summen av selve overfartstiden med ferjen og terminaltiden:

$$T_r = [L_s / (1,852 * V_s/60)] + T_t$$

$L_s$  = Seilingslengde, fra bildet **Ferjer**  
 $V_s$  = Seilingsfart, fra Tabell 54  
 $T_t$  = Terminaltid, fra bildet **Ferjer**

### 9.4.2 Ventetid

Ventetid  $T_v$  er definert som ventetid tilbrakt ved ferjeleiet. Tiden beregnes med grunnlag i avgangsfrekvensen og type trafikk i det aktuelle sambandet:

$$T_v = [A_{lok} * 0,25 + A_{gig} * 0,5] * F$$

$A_{lok}$  = Andel lokaltrafikk, fra bildet **Ferjer**  
 $A_{gig}$  = Andel gjennomgangstrafikk =  $(1 \div A_{lok})$   
 $F$  = Frekvens (avganger/dag), fra bildet **Ferjer**

Hvis beregnet ventetid er mindre enn 5 minutter, settes ventetiden til 5 minutter (som altså er **minimum**).

Trafikken er definert enten som **lokaltrafikk** eller **gjennomgangstrafikk**, basert på inndata om andel lokaltrafikk i sambandet. Dette betyr at gjennomgangstrafikken i beregningene får dobbel ventetid i forhold til lokaltrafikken. I Håndbok V712 Konsekvensanalyser er sambandene definert som bynære og andre samband. Bynære samband regnes hovedsakelig å ha lokaltrafikk, mens andre samband har gjennomgangstrafikk.

Ved verdsettingen av ordinær ventetid brukes samme enhetspriser som for reisetid. Den beregnede ventetiden blir imidlertid korrigert med en faktor for å verdsette denne spesielt i forhold til «vanlig» tidsforbruk ved kjøring på vegen. Standardverdi for korreksjonsfaktoren er satt til 1,2 som betyr at ventetid i ferjesamband verdsettes 20 % høyere enn «vanlig» tid (faktoren kan overstyres i bildet **Økonomidata**).

## 9.5 Ulempeskostnader

Ulempeskostnadene  $K_U$  i ferjesamband beregnes internt i EFFEKT med grunnlag i enhetspris pr personetur:

$$K_U = (P_{l, lok} * Pers_l + P_{t, lok} * Pers_t + P_{b, lok} * Pers_b) * A_{lok} + (P_{l, gjg} * Pers_l + P_{t, gjg} * Pers_t + P_{b, gjg} * Pers_b) * A_{gjg}$$

$P_{l, lok}$  = Enhetspris personer i lette biler, lokaltrafikk

$P_{t, lok}$  = Enhetspris personer i tunge biler, lokaltrafikk

$P_{b, lok}$  = Enhetspris personer i busser, lokaltrafikk (samme pris som lette)

$Pers_l$  = Antall personer i lette biler, basert på personbelegg

$Pers_t$  = Antall personer i tunge biler, forutsatt 1 person (sjåfør)

$Pers_b$  = Antall passasjerer i busser, basert på passasjerbelegg. Bussjåfør regnes ikke med

$P_{l, gjg}$  = Enhetspris personer i lette biler, gjennomgangstrafikk

$P_{t, gjg}$  = Enhetspris personer i tunge biler, gjennomgangstrafikk

$P_{b, gjg}$  = Enhetspris personer i busser, gjennomgangstrafikk (samme pris som lette)

$A_{lok}$  = Andel lokaltrafikk, fra bildet **Ferjer**

$A_{gjg}$  = Andel gjennomgangstrafikk =  $(1 \div A_{lok})$

Følgende standard enhetspriser legges til grunn, disse prisene ligger fast i programmet (prinsnivå 2013):

Lette:	Lokaltrafikk	12 kr/personetur	(brukes også for busspassasjerer)
	Gjennomgangstrafikk	34 kr/personetur	(brukes også for busspassasjerer)
Tunge:	Lokaltrafikk	77 kr/personetur	
	Gjennomgangstrafikk	92 kr/personetur	

For lette kjøretøy beregnes antall personer (inkludert sjåfør) med grunnlag i personbelegget for ulike reisehensikter og perioder av døgnet. For tunge kjøretøy settes personbelegget lik 1 (regner kun én sjåfør). For busser beregnes antall med grunnlag i gitt passasjerbelegg pr buss, men eksklusiv sjåfør (det antas at ferjeturer vanligvis kan være en del av hans arbeid, og regnes derfor ikke som «direkte» ulempe).

### **Korreksjon ved øysamband eller samband med lang omkjøring**

Beregningene av ulempeskostnader ovenfor er ment å dekke «vanlige» ferjesamband. For øysamband eller samband med lang omkjøring som alternativ til fjordkryssing beregnes det **korrigerte** ulempeskostnader  $K_{U, korr}$  slik:

$$K_{U, korr} = K_U * 1,5$$

Korreksjonsfaktoren 1,5 brukes når det er avkrysset i bildet **Ferjer** og avgangsfrekvens  $< 1$  pr time. Det er imidlertid først når frekvensen er vesentlig lavere enn 1 pr time det bør avkrysses for denne korreksjonen.

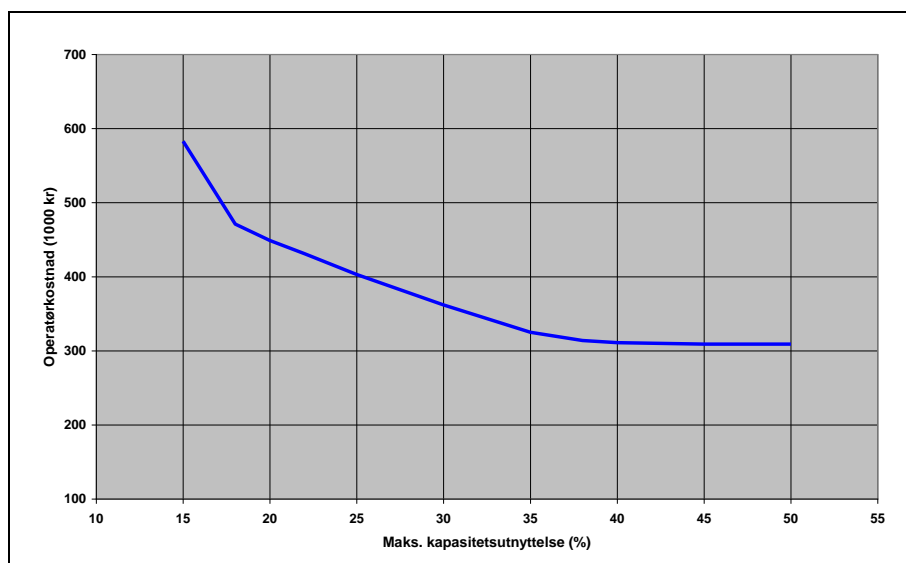


## 9.6 Maksimal kapasitetsutnyttelse

Krav til maksimal kapasitetsutnyttelse er gitt som inndata. Utnyttelsen er definert som faktisk trafikkbelastning (i personbilenheter, pbe) i løpet av året i forhold til kapasiteten, hvis alle ferjene var fulle.

Den gitte utnyttelsen kan virke inn på hvilken frekvens som blir brukt. Frekvensen gitt i bildet **Ferjer** er en minimumsverdi som kan bli økt på grunn av kravet til kapasitetsutnyttelse (det skrives i så fall ut melding om dette).

Under en viss grense vil det gi økte ferjekostnader, dess lavere utnyttelsen er. Ved lav utnyttelse kan kostnadene være relativt følsomme for endring i inndata. Når utnyttelsen kommer over en viss verdi vil kostnadene holde seg konstant (basert på gjeldende metodikk). Denne «grenseverdien» vil variere, bl.a. avhengig av ønsket ferjetilbud og trafikkmengde (etterspørsel). Et eksempel på variasjon av operatorkostnad for en ferje er vist i Figur 37.



Figur 37: Eksempel på variasjon i kostnad for en ferje avhengig av maksimal kapasitetsutnyttelse

Forutsetningene som er brukt i hvert tilfelle om ferjetype(r) og frekvens finnes i utskriften **Ferjedata**. Disse er avhengig av gitt maksimal kapasitetsutnyttelse, og påvirker direkte kostnadene.

## 10 Skred og vegstengning

Skred som treffer en trafikkert veg, kan forårsake ulykker. Skred eller skredfare kan dessuten resultere i vegstengninger med tilhørende ulemper for trafikantene og opprydningsarbeider for vegholderen når skredfare er over. En første versjon av en skredmodul i EFFEKT ble implementert i versjon 6.5 og dokumentert i [29]. Denne er utviklet for å kunne gjennomføre samfunnsøkonomiske analyser av tiltak for å begrense eller eliminere skredrisiko og ulemper som følge av skred.

### 10.1 Ulykkesrisiko på skredutsatte vegstrekninger

En skredutsatt veglenke (i EFFEKT) kan omfatte flere skredløp og partier med ulik skredfare.

Ulykkesrisikoen på en skredutsatt vegstrekning er bestemt av **sannsynligheten** for at et tilfeldig kjøretøy skal bli tatt av et skred, og **konsekvensene** dersom dette skjer.

$$\text{Ulykkesrisiko} = P(U) * K|U$$

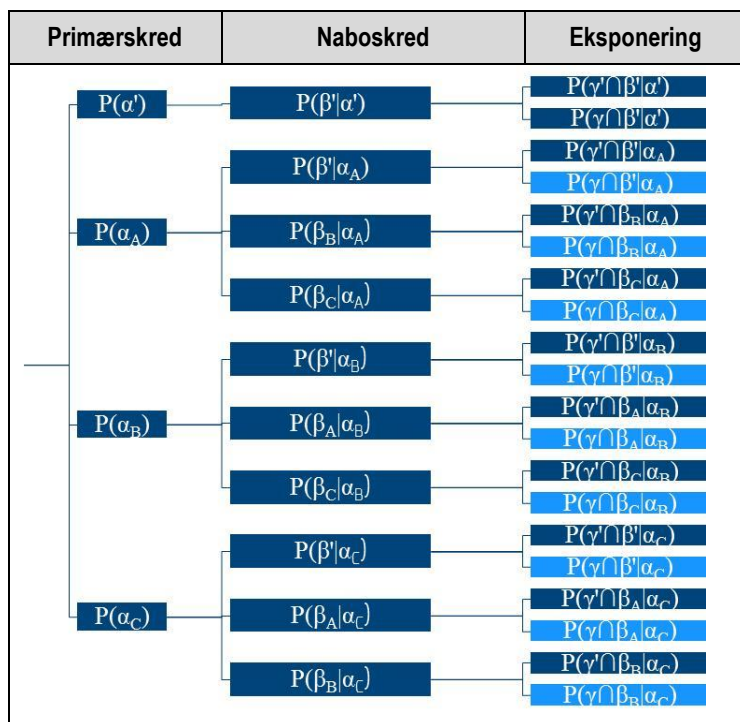
$P(U)$  = Sannsynligheten for at det skal inntreffe en ulykke

$K|U$  = Konsekvensene dersom en ulykke inntreffer

#### 10.1.1 Sannsynligheten for å bli truffet av et skred

Skredmodulen beregner sannsynligheten både for å bli tatt av et primærskred, og sannsynligheten for å bli tatt av et naboskred som utløses etter at det har gått et primærskred. Alle kjøretøy som trafikkerer en skredutsatt vegstrekning, er i utgangspunktet eksponert for eventuelle skred. Kjørefarten har betydning for hvor lenge et kjøretøy oppholder seg i nedslagsfeltet for et primærskred. Etter at det har gått et primærskred, kan ankommende kjøretøy bli stående i nedslagsfeltet for eventuelle naboskred. Tettheten av skredenes nedslagsfelt vil være avgjørende for sannsynligheten for å bli tatt av et naboskred.

Sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy på en tilfeldig tur skal bli tatt av skred, er derfor sammensatt av flere elementer, se Figur 38. Utgangspunktet for disse beregningene er kjøretøyenes oppholdstid i skredutsatt område koplet til sannsynligheten for at et skred skal treffe vegen i dette tidsrommet.



Figur 38: Sannsynlighetsdiagram for skredulykker for tre skred (A, B og C). Det er de lyseblå boksene til høyre som gir bidrag til ulykkesrisikoen. Den øverste delen representerer forholdene når det ikke har gått noe primærskred, og dermed heller ikke noe naboskred.

De enkelte elementene i figuren skal forstås slik:

- $P(\alpha_A)$  = Sannsynligheten for at skred A skal gå som primærskred og stenge vegen, tilsvarende for skred B, C osv.
- $P(\beta_B|\alpha_A)$  = Sannsynligheten for at skred B skal gå som naboskred etter at skred A har gått som primærskred, tilsvarende for alle andre kombinasjoner av primærskred og naboskred på strekningen
- $P(\beta')$  = Sannsynligheten for at det ikke går noe naboskred
- $P(\gamma \cap \beta'|\alpha_A)$  = Sannsynligheten for å bli tatt av selve primærskred A, tilsvarende for alle de andre primærskredene
- $P(\gamma \cap \beta_B|\alpha_A)$  = Sannsynligheten for å bli tatt av naboskred B etter at skred A har gått som primærskred, tilsvarende for alle andre skredpar på strekningen

Sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy på en tilfeldig tur skal bli tatt av primærskred eller naboskred på en strekning med flere skredparti, beregnes i prinsippet slik:

$$P(U) = \sum_{i=A}^N \sum_{j=A}^N [P(\gamma) \times P(\beta_i|\alpha_j) \times P(\alpha_j)] + P(\gamma) \times P(\beta'|\alpha_i) \times P(\alpha_i), i \neq j$$

der **i** representerer primærskred og **j** representerer naboskred

Siden kjøretøyene som er utsatt for primærskred vil være **i fart**, mens de kjøretøyene som utsettes for naboskred vil stå **i ro**, må sannsynlighetsberegningene splittes opp for å finne den totale ulykkesrisikoen.

Formelen foran betyr at beregningene gjennomføres suksessivt for **alle kombinasjoner** av primærskred og naboskred innenfor hver enkelt naboskredgruppe. Hvis det f.eks er 4 naboskred i én gruppe, vil det gjøres 4x3 beregninger.

### 10.1.2 Ulykker ved primærskred

Antall vegstengninger pr år som skyldes primærskred gis som inndata i EFFEKT. Sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy skal befinne seg i nedslagsfeltet for et primærskred, beregnes slik:

$$P(\gamma \cap \beta'|\alpha_A) = P(\alpha_A) * (L_A + L_s) / (V * 8760)$$

$L_A$  = Berørt veglengde (m) for skred A

$L_s$  = Stopplengden (m) for et kjøretøy på vegen, beregnes i EFFEKT (jfr. kapittel 0)

$V$  = Kjørefart på vegen (km/t), beregnes i EFFEKT

8760 = Antall timer i et år

#### Beregning av stopplengde

Stopplengden bestemmes med grunnlag i forutsetninger for beregning av stoppsikt i Håndbok V120 Prinsipper for geometrisk utforming av veger. Stoppsikten ( $L_s$ ) er sammensatt av en del for reaksjonslengde ( $L_r$ ) og en del for bremselengde ( $L_b$ ):

$$L_s = L_r + L_b = t_r * V * 0,278 + [V^2 / (254,3 * (f_b + s))]$$

$t_r$  = Reaksjonstid (2 sek)

$V$  = Kjørefart på vegen (km/t), beregnes i EFFEKT

$f_b$  = Bremsfriksjon, se Tabell 55

$s$  = Stigningsgrad (her satt lik 0)

I Håndbok V120 er reaksjonstiden satt til 2 sekunder for alle forhold, og det brukes stigningsgrad lik 0 ved beregning av generelle krav til stoppsikt.

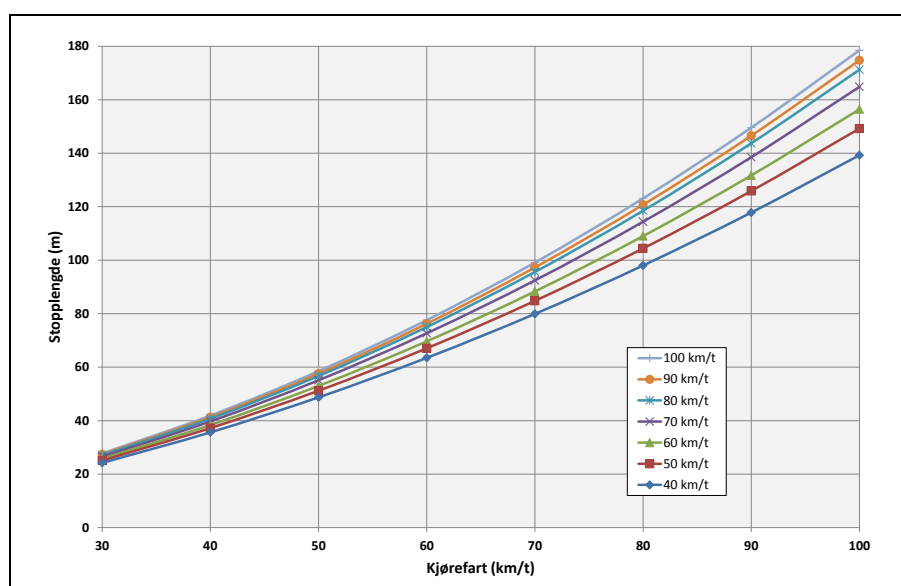
Kjørefarten for en konkret skredstrekning settes lik beregnet fart for den aktuelle stengningslenken i EFFEKT (betyr samme fart for alle skredstrekninger innenfor samme lenke). Bremsfriksjon er gitt i [8], avhengig av fartsgrense og en sikkerhetsfaktor. Fartsgrense er gitt som inndata i EFFEKT for alle lenker.

Hvis fartsgrensen varierer innenfor stengningslenken, brukes den *høyeste* fartsgrensen som grunnlag for beregningene. For å bestemme bremsefriksjonen må det også brukes en sikkerhetsfaktor, som varierer avhengig av bl.a vegens funksjon og trafikkmengde. Her er det som en forenkling brukt en faktor på 1,5 for *alle* situasjoner. Dette gir verdier for bremsefriksjon som vist i Tabell 55.

Tabell 55: Bremsefriksjon for ulike fartsgrenser, forutsatt sikkerhetsfaktor 1,5 [Håndbok V120]

Fartsgrense (km/t)						
40	50	60	70	80	90	100
0,47	0,42	0,39	0,36	0,34	0,33	0,32

Med grunnlag i forutsetningene foran beregnes stopplengder avhengig av kjørefart som vist i Figur 39.



Figur 39: Stopplengde avhengig av fartsgrense og kjørefart

### 10.1.3 Ulykker ved naboskred

Et kjøretøy som blir stoppet av et primærskred som inngår i en naboskredgruppe, vil være i faresonen dersom et naboskred blir utløst i responstiden. Beregningene baserer seg på at ankomende kjøretøy plasserer seg tilfeldig på vegstrekningen for det aktuelle naboskredområdet. Sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy skal bli tatt av naboskred B etter at det har gått et primærskred B, beregnes slik:

$$P(\gamma \cap \beta_B | \alpha_A) = P(\alpha_A) * P(\beta_B | \alpha_A) * 0,5 * R/8760 * L_B / (L_{TN} - L_A) * 0,6$$

- R = Responstid (timer), gitt i bildet **Vegstengning**
- 8760 = Antall timer i året
- L<sub>A</sub> = Berørt veglengde (m) for primærskred A, gitt i bildet **Vegstengning**
- L<sub>B</sub> = Berørt veglengde (m) for naboskred B, gitt i bildet **Vegstengning**
- L<sub>TN</sub> = Veglengde (m) for aktuell naboskredgruppe, gitt i bildet **Vegstengning**

Beregningen gjøres for **alle kombinasjoner** av primærskred og naboskred i den aktuelle naboskredgruppen. Det vil generelt være **større fare** for naboskredulykker dess **tettere** det er mellom naboskredene.

Responstiden (inndata i EFFEKT) skal gjenspeile tiden som må påregnes fra et primærskred har gått, til alle trafikanter i området har kommet seg i sikkerhet og øvrige trafikanter er varslet om vegstengningen.

For naboskred vil ulykkesrisikoen være begrenset til responstiden for den aktuelle vegstrekningen. Nye kjøretøy antas å ankomme jevnt fordelt over responstiden. Et tilfeldig kjøretøy forutsettes derfor i gjennomsnitt å oppholde seg i skredfarlig område i halve responstiden. Dette er bakgrunnen for faktoren 0,5 i formelen ovenfor.

### Sannsynligheten for naboskred

I Appendix A i en rapport fra Canada [30] er frekvensen for et naboskred av samme type som primærskredet, angitt som  $k * f_n / f_{max}$  der  $k$  er en konstant (enhet skred/time) og  $f_n$  er den uavhengige frekvensen (skred/år) for vedkommende skred. Skredmodulen baserer seg på samme betraktningssmåte. Sannsynligheten for at et naboskred B skal bli utløst og treffe vegen etter at primærskred A har gått, beregnes slik (jfr. Figur 38):

$$P(\beta_B | \alpha_A) = k_N * P(\alpha_B) * P(\alpha_B) / P(\alpha_A)$$

Størrelsen  $k_N$  er en kalibreringsfaktor som inntil videre antas å ha samme verdi for alle typer skred. Antall naboskred pr time beregnes på tilsvarende måte for alle andre skred i samme naboskredgruppe som primærskredet. Størrelsen på kalibreringsfaktoren  $k_N$  er fastsatt ved testberegninger for et fåtall skredutsatte vegstrekninger. Det vil være aktuelt å revurdere verdien på denne faktoren når en får mer erfaringsdata for flere naboskredgrupper på flere skredutsatte vegstrekninger.

Faktoren  $k_N$  er nokså utslagsgivende for sannsynligheten for naboskred. Det er mangel på systematiske erfaringsdata for frekvens av naboskred for ulike skredtyper. Det er likevel en generell oppfatning at ulykker som følge av naboskred utgjør en betydelig andel av totalt antall skredulykker. Tabell 56 viser hvordan ulykkesrisikoen varierer med varierende verdier på  $k_N$  for skredutsatte vegstrekninger ved Oppdølstranda og Ura.

Tabell 56: Forholdet mellom primærskredrisiko og naboskredrisiko ved ulike  $k_N$ -verdier

$k_N$ -verdi	Eksempel skredutsatt strekning	
	Oppdølstranda	Ura
1	0,89	0,02
0,5	1,79	0,04
0,1	8,94	0,22
0,05	17,88	0,43
0,02	44,70	1,09
0,01	89,40	2,17
0,005	178,81	4,34

Disse beregningene indikerer at primærskredrisikoen klart mest utslagsgivende på Oppdølstranda for alle verdier av  $k_N < 1$ . For Ura er forholdet omvendt, naboskredrisikoen er størst for alle verdier av  $k_N > 0,02$ . Dette skyldes først og fremst at skredområdet ved Ura er mer kompakt slik at sannsynligheten for å bli tatt av et naboskred her er større enn på Oppdølstranda. Det er verd å merke seg at slike forhold kan ha mye å bety for ulykkesberegningene på skredutsatte vegstrekninger.

På bakgrunn av tallene i Tabell 56 det nå lagt inn en fast verdi  $k_N = 0,1$  i formlene i EFFEKT. Tilsvarende testberegninger for andre skredområder vil senere kunne føre til justeringer av verdien på  $k_N$ .

### Innbyrdes beliggenhet av skredpartiene i en naboskredgruppe

En naboskredgruppe i skredmodulen i EFFEKT kan omfatte to eller flere skredutsatte partier. Beregningene i skredmodulen er foreløpig ikke basert på detaljerte inndata om avstandene mellom de enkelte skredene i en naboskredgruppe.

Dersom det går et primærskred i ytterkanten av et naboskredområde, er det kun de kjøretøyene som kommer fra motsatt side, som er eksponert for naboskred. For primærskred midt i naboskredområdet vil kjøretøy være eksponert for naboskred på begge sider av primærskredet. Noen enkle testberegninger viser at godt og vel halvparten av trafikantene som regel vil være eksponert for naboskred. Dette er bakgrunnen for faktoren 0,6 i formelen i kapittel 10.1.4 nedenfor.

### 10.1.4 Samlet ulykkesrisiko og -kostnader for primærskred og naboskred

Konsekvensene av at et skred treffer vegen, er avhengig av hvor mange kjøretøy som kan bli truffet av skredet, og av skadeomfanget for de kjøretøyene som blir truffet.

$$K|U = \text{Skadeomfang} * \text{Antall kjøretøy som kan bli truffet av skred}$$

Formlene foran gir sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy skal bli truffet av skred. Alle kjøretøy som trafikkerer strekningen, vil derfor være like utsatt. I løpet av en tidsperiode på ett år, vil det derfor være  $365 * \text{ÅDT}$  kjøretøy som vil kunne bli truffet av skred, enten av et primærskred eller av et naboskred:

$$A_{KJT}(\alpha) = A_{KJT}(\beta) = \text{ÅDT} * 365$$

Den totale ulykkesrisikoen for en skredutsatt vegstrekning blir da:

$$R(U) = [P(\gamma \cap \beta | \alpha) * A_{KJT}(\alpha) + P(\gamma \cap \beta | \alpha) * A_{KJT}(\beta)] * U_{KOST} * k_U$$

Ved å sette inn for de aktuelle leddene i formelen, kan ulykkesrisikoen uttrykkes slik:

$$R(U) = \sum_{i=A}^N \sum_{j=A}^N i \neq j \quad \{ [(P(\alpha_i) * (L_i + S) / (V * 8760))] + [(k_N * P(\alpha_i) * P(\alpha_i) / 8760) * (L_j / (L_{TN} - L_i) * 0,5 * R * 0,6)] * U_{KOST} * k_U * 365 * \text{ÅDT} \}$$

I dag er det ikke mulig å skille ut skredulykker direkte i ulykkesregisteret (STRAKS/NVDB). Det har derfor ikke vært nok statistisk grunnlag til å eventuelt kunne beskrive alvorlighetsgraden spesielt for skredulykker. I denne omgang er det derfor lagt opp til å kunne bruke en **korreksjonsfaktor** ( $k_U$ ) for å korrigere gjennomsnittlig ulykkeskostnad, som er basert på en gjennomsnittlig fordeling på skadegrader avhengig av fartsgrense eller type motorveg. En gjennomsnittlig personskadeulykke er verdsatt til 3.300.000 kr i prisenivå 2013 ( $U_{KOST}$ ). Korreksjonsfaktoren brukes for hver enkelt stengningslenke. Standardverdi for  $k_U$  er 1,0. Med denne verdien blir alvorlighetsgraden for en skredulykke satt lik den gjennomsnittlige alvorlighetsgraden for personskadeulykker.

Dette er igjen grunnlag for å beregne **ulykkeskostnader** for hver skadegrad, basert på en gjennomsnittlig skadegradsfordeling (på lettere skadde, alvorlig skadde, meget alvorlig skadde, drepte). Korreksjonsfaktoren er som en forenkling forutsatt å virke likt på kostnadene for hver enkelt skadegrad.

## 10.2 Ulemper for trafikanter som utsettes for uforberedte vegstengninger

Trafikanter som blir hindret i å fullføre sine reiser som forutsatt på grunn av skred, må enten finne en annen kjørerute eller gi opp reisen. Dette vil ofte innebære en del ekstra ulemper i forhold til de som får varsel om at vegen er stengt, før de tar stilling til om de skal reise. Hvor mange trafikanter som opplever disse ekstra ulempene, vil være avhengig av hvor lang tid det går før nye trafikanter har fått informasjon om vegstengningen, altså innen det som her er betegnet som responstiden. Beregningene av trafikantenes ulempekostnader er nærmere beskrevet nedenfor.

Trafikken varierer både over døgnet og året, også på skredutsatte vegstrekninger. Sannsynligheten for skred varierer også over døgnet og året. Beregningene er i denne omgang basert på at skredsannsynligheten er like stor hele døgnet og hele året, selv om sannsynligheten for en del skredtyper er høyere om vinteren enn om sommeren. Der trafikken er vesentlig lavere om vinteren enn om sommeren, vil dette føre til en overvurdering av ulykkesrisikoen knyttet til slike skredtyper. Dersom det er større sannsynlighet for enkelte skred om natten mens trafikken er liten, vil metodikken også føre til en overvurdering av ulykkesrisikoen.

### 10.2.1 Trafikanter som venter

Det forutsettes at trafikantene **venter** til vegen er åpnet hvis kostnadene ved å vente er lavere enn kostnadene ved å velge en omkjøringsrute. Med like stor trafikk i begge kjøreretninger vil en gjennomsnittstrafikant (beregningmessig) måtte kjøre tilbake halve normalruten for å kunne ta omkjøringsruten.

#### **Kriterium**

Kostnad omkjøringsruten +  $\frac{1}{2}$  \* Kostnad normalruten > (Stengningstid – Responstid) \* Timekostnad

#### **Ulempeskostnader**

$\frac{1}{2}$  \* ÅDT \* Årlig antall vegstengninger \* Responstid/24 \* Responstid \* Timekostnad

### 10.2.2 Trafikanter som snur

Det forutsettes at trafikantene **snur** hvis kostnadene ved å vente er høyere enn kostnadene ved å velge en omkjøringsrute.

#### **Kriterium**

Kostnad omkjøringsruten +  $\frac{1}{2}$  \* Kostnad normalruten  $\leq$  (Stengningstid – Responstid) \* Timekostnad

#### **Ulempeskostnader**

$\text{ÅDT} / 24$  \* Årlig antall vegstengninger \* Responstid \* ( $\frac{1}{2}$  \* Kostnad normalruten +  $\frac{1}{2}$  \* Responstid \* Timekostnad)

Noen av de trafikantene som snur, kan velge å returnere til et utgangspunkt utenfor analyseområdet. Da vil ulempene bli undervurdert ettersom reiselengden utenfor analyseområdet ikke inngår i beregningene. Dette vil neppe være noen stor feil, og det vil være vanskelig å få til en nøyaktig beregning (basert på tilgjengelige inndata).

I noen tilfelle vil det ikke være nødvendig for trafikantene å returnere hele vegen tilbake til sitt grensepunkt for å kunne ta i bruk en omkjøringsveg. Da vil beregnede ulempeskostnader bli overvurdert for de trafikantene som velger å bruke omkjøringsvegen. Dette vil det også være vanskelig å beregne nøyaktig.

## 10.3 Negativ nytte for trafikantene mens vegen er stengt

Omkjøringsmulighetene er et viktig forhold ved nytte-kostnadsanalyser av skredtiltak, både ved uforberedte og preventive vegstengninger. I noen tilfelle vil det være aktuelt å etablere midlertidige omkjøringsmuligheter, eventuelt inklusiv bruk av ferje.

I tilknytning til skredmodulen er det utviklet en egen modul for å beregne nytten av **nyskapt trafikk**. Trafikantenes negative nytte ved vegstengninger beregnes på grunnlag av forskjellene i generaliserte transportkostnader mellom den normale kjøreruten og omkjøringsruten, samt antatt etterspørselselastisitet etter transport i de aktuelle trafikantkategoriene (reisehensikter og kjøretøytyper). Beregningene gjøres for alle trafikkstrømmer i analyseområdet som berøres av aktuelle vegstengninger. Gjennom disse beregningene blir det også klarlagt hvor stor andel av trafikken som faktisk aksepterer å bruke den aktuelle omkjøringsruten. Den resulterende trafikken inngår deretter i beregninger av ulykkeskostnader, klimagassutslipp og avgifter knyttet til aktuelle omkjøringsvegnett. Denne metodikken er beskrevet i dokumentasjonen av modulen for nyskapt trafikk [31].

Beregningene av trafikantnytte ved vegstengninger blir basert på at de trafikkstrømmene som berøres av en stengning har start- og målpunkt i analyseområdets grensepunkt. Hvis det finnes viktige start- og målpunkt utenfor det planlagte analyseområdet, kan det være grunn til å utvide analyseområdet, slik at det omfatter de aktuelle start- og målpunktene. Beregningmessig vil det bety at trafikanter som møter en stengt veg, får en lengre veg tilbake til utgangspunktet. Dessuten vil noen flere trafikanter velge å bruke tilgjengelige omkjøringsmuligheter, noe som igjen vil gi større negativ trafikantnytte som følge av vegstengningen.

## 10.4 Funksjonstiden for et omkjøringsvegnett

Beregningene i EFFEKT gjøres i utgangspunktet for hele år. Vegstengninger gjelder som regel kun en begrenset periode (noen timer eller døgn). I denne første versjonen av skredmodulen tas det ikke hensyn til trafikkenes variasjonsmønster over tid. Beregningene for et omkjøringsvegnett gjøres i utgangspunktet for året som helhet. Inndata om årlig antall skred og varigheten av vegstengningen for hvert enkelt skred, vil være grunnlag for å bestemme hvor mange timer i året omkjøringsvegnettet vil være i funksjon. Det forutsettes så at trafikken i de aktuelle timene tilsvarer gjennomsnittlig timetrafikk for året.

Antall timer med vegstengning pr år:

$$\sum_{\text{alle skred}} (\text{Årlig antall skred} * \text{Stengningstid i timer})$$

Beregnet antall stengningstimer summeres for uforberedte og preventive vegstengninger.

I denne versjonen forutsettes det at alle vegstengninger som er knyttet til samme normalvegnett i en utbyggingsplan, blir beregnet **uavhengig** av hverandre. Den samlede funksjonstiden for omkjøringsvegnettet blir da summen av stengningstiden for alle definerte vegstengninger innenfor det aktuelle vegnettet i EFFEKT.

## 10.5 Drift og vedlikehold

Det gjøres spesielle beregninger knyttet til skred og skredinstallasjoner basert på egne inndata i bildene **Vegstengning** og **Vedlikehold**.

### Istandsetting

Kostnaden gis for hvert skredparti i kolonnen **Istandsetting** i bildet **Vegstengning**, og gjelder istandsetting etter ett skred på det aktuelle partiet. Årlig kostnad beregnes med grunnlag i gitt skredfrekvens (antall skred pr år), og summeres for alle skredparti på den aktuelle lenken.

Beregnete kostnader for analyseperioden inngår i samlede kostnader for drift og vedlikehold i resultatutskriftene.

### Skredinstallasjoner

Kostnaden gis i feltet **Skredinstallasjoner** i bildet **Vedlikehold**, og er sum kostnad pr år for alle skredinstallasjoner på den aktuelle lenken.

Beregnete kostnader for analyseperioden inngår i samlede kostnader for drift og vedlikehold i resultatutskriftene.



## 11 Nyskapt trafikk

I versjon 6.5 av EFFEKT ble det implementert en helt ny modul for beregning av den samfunnsmessige nytten av nyskapt trafikk, både positiv og negativ [31]. Denne **erstatte** modulen for nyskapt trafikk i tidligere versjoner. Dette var et forenklet opplegg der brukeren måtte gjøre egne delberegninger av samfunnsmessig nytte utenfor EFFEKT (bl.a av selve nytten i kr/år), og legge inn resultatene som grunnlag for videre beregninger og sammenstillinger i EFFEKT.

Den nye modulen brukes for **prosjekttype 1**, det vil si prosjekter med et begrenset analyseområde som en ikke finner det hensiktsmessig å analysere som prosjekttype 3. Enkelte slike prosjekter kan omfatte tiltak som har vesentlig innvirkning på transportkostnadene.

Metodikken i den nye modulen er i utgangspunktet utviklet for å kunne analysere virkningen av vegstengninger, og er integrert i den nye **skredmodulen** i EFFEKT, jfr. kapittel 10. I skredmodulen blir beregningene for nyskapt trafikk gjort **automatisk** med utgangspunkt i ett eller flere omkjøringsvegnett som brukeren har definert.

Ved mer sammensatte prosjektsituasjoner med mange transportstrømmer i større transportsystem, skal analysene som hovedregel baseres på transportmodell og bruk av prosjekttype 2 eller 3 i EFFEKT.

### 11.1 Påvirkede trafikkstrømmer

Tiltak som fører til en vesentlig **reduksjon** i generaliserte (opplevde) transportkostnader, vil resultere i en trafikkøkning for de aktuelle trafikkstrømmene. På samme måte vil tiltak som fører til en vesentlig **økning** i de generaliserte kostnadene, resultere i en trafikkreduksjon. Dette fører til endring i trafikantnytte for de berørte trafikantene. Endringen i nytte for trafikanter som kun endrer **kjørerute** innenfor prosjektets analyseområde, beregnes på vanlig måte i EFFEKT. De øvrige endringene i reiseatferd resulterer i det som betegnes og behandles som **nyskapt trafikk**. Nyskapt trafikk er kjennetegnet av en eller flere av følgende endringer i reiseatferd:

- Endring i reisehyppighet
- Endring av reisemål
- Endring av transportmåte

Brukeren må ta stilling til hvilke trafikkstrømmer i analyseområdet det skal tas hensyn til ved beregning av nytte av nyskapt trafikk. Disse strømmene betegnes i EFFEKT som **påvirkede trafikkstrømmer**. En påvirket trafikkstrøm knyttes til to av grensepunktene for analyseområdet. I noen tilfelle kan den påvirkede strømmen ha sine endepunkt i grensepunktene, men ofte vil en slik trafikkstrøm ha ett eller begge endepunkt utenfor det ordinære analyseområdet.

### 11.2 Generaliserte transportkostnader

Grunnlaget for trafikantenes reiseatferd er de transportkostnadene de opplever ved de aktuelle reisealternativene. Disse kostnadene er kalt trafikantenes **generaliserte transportkostnader**, der følgende komponenter inngår i dagens metodikk:

- Tidskostnader
- Kjøretøykostnader (inkludert avgifter)
- Direkteutgifter (buss- og ferjebilletter, bompenger, parkering)

Verken ulykkeskostnader, ulempeskostnader eller miljøkostnader inngår i de generaliserte transportkostnadene som beregnes i dag. Dette er i samsvar med tilsvarende beregninger for prosjekttype 3 (basert på transportmodell).

### 11.2.1 Transportkostnader innenfor analyseområdet

Delberegningene for hver kjøretøytype er vist i Tabell 57. For kjøring i **Tjeneste** beregnes de generaliserte transportkostnadene inklusiv alle avgifter, unntatt merverdiavgift. For reisehensiktene **Til/fra arbeid** og **Fritid** beregnes kostnadene inklusiv alle avgifter, også merverdiavgift.

Beregningene gjøres for frie kjøreforhold, som betyr at det ikke gjøres trafikkmengdeavhengige korreksjoner ved beregning av fart (reisetid).

Tabell 57: Delberegninger knyttet til generaliserte transportkostnader pr kjøretøytype

Kjøretøytype	Reisehensikt	
	Tjeneste	Til/fra arbeid og Fritid
<b>Lette</b>	Kjøretøykostnader inkl. avgifter, men eks. mva. Tidskostnader for sjåfør og passasjerer Direkteutgifter (bompenger, ferjebilletter, parkering)	Kjøretøykostnader inkl. avgifter, også mva. Tidskostnader for sjåfør og passasjerer Direkteutgifter (bompenger, ferjebilletter, parkering)
<b>Tunge</b>	Distanseavhengige kjøretøykostnader inkl. avgifter, men eks. mva. Tidsavhengige kjøretøykostnader inkl. avgifter, men eks. mva. Direkteutgifter (bompenger, billetter), eks. mva	
<b>Busser</b>	Tidskostnader for passasjerer Direkteutgifter (billetter), eks. mva	Tidskostnader for passasjerer Direkteutgifter (billetter), inkl. mva

### 11.2.2 Transportkostnader utenfor analyseområdet

For de delene av påvirkede trafikkstrømmer (nyskapt trafikk) som eventuelt ligger utenfor analyseområdet gjøres det noen overordnede beregninger, basert på kun få inndata. Det er f.eks. vurdert som uaktuelt å gi vegstandarddata for slike strekninger. Dette har igjen betydning for hvilke og hvor nyanserte beregninger som kan gjøres utenfor analyseområdet.

Det beregnes delkostnader for aktuelle trafikantkategorier (kjøretøytyper/reisehensikter), for de samme kostnadstypene som innenfor analyseområdet (se foran).

#### **Tidskostnader**

Ved beregning av tidskostnader utenfor analyseområdet er det som en forenkling forutsatt en **fast** gjennomsnittlig kjørefart for slike strekninger på 60 km/t. Den samme farten forutsettes å gjelde for **alle kjøretøytyper** som behandles i EFFEKT:

- Lette
- Lastebil
- Vogntog
- Busser

Farten antas **konstant** gjennom alle år i analyseperioden. Det gjøres altså ingen korreksjon for endring i trafikkmengde gjennom perioden. Denne tilnærmingen regnes å ha minimal betydning i denne sammenheng.

Timeprisen for **passasjerkostnader** beregnes i EFFEKT med grunnlag i enhetspriser for passasjerer i lette biler og busser, samt inndata om **Trafikkvariasjon** (reisehensiktsandeler og personbelegg) og **Andel mellomlange/lange reiser** i bildet **Trafikksammensetning**. Denne prisen regnes om til en tidskostnad for passasjerer pr km, basert på en kjørefart på 60 km/t. Det forutsettes at valgt trafikkvariasjonskurve og andel mellomlange og lange reiser er de samme for strekningene utenfor analyseområdet som innenfor.

Ved bruk av variasjonskurve **M0** er det kun én periode som gjelder hele døgnet (året). For kurve **M1-M8** beregnes det en pris (kr/km) for hver periode av døgnet/året. Det er flere belastningsperioder gjennom et døgn/år (f.eks morgenrush), avhengig av variasjonskurven som er valgt.

For **tidsavhengige driftskostnader** er det gitt en enhetspris i kr/time for lastebil, vogntog og busser, vist i bildet **Enhetspriser og faktorer**. Disse regnes om til en fast pris pr km basert på gjennomsnittsfart 60 km/t.

### **Kjøretøykostnader**

Beregning av kjøretøykostnader innenfor analyseområdet baseres på beregnet drivstofforbruk kontinuerlig langs strekningene innenfor området, avhengig av variasjon i vegstandard og kjørefart. Ved beregning utenfor analyseområdet blir **drivstofforbruket** basert på landsgjennomsnittlige verdier, jfr. gjennomsnittlig forbruk og enhetspriser vist under klimagassutslipp i kapittel 11.6. I tillegg blir det beregnet andre **distanseavhengige kostnader**, på samme måte som innenfor analyseområdet, se Tabell 58.

Tabell 58: *Distanseavhengige kostnader utenfor analyseområdet (kr/km, prisnivå 2013)*

Kostnadselement	Lette utenom tjeneste	Lette i tjeneste	Lastebiler	Vogntog	Buss
Drivstoff	0,91	0,73	3,27	3,78	
Olje/dekk	0,21	0,17	0,64	1,06	
Rep. og service <sup>1)</sup>	1,04	0,83	1,45	2,19	
Kapitalkostnad (4%)	0,74	0,59			
Avskrivning			0,43	0,73	
Sum	2,90	2,32	5,79	7,76	

Kostnadene i kolonnen for lette utenom tjeneste (til/fra arbeid og fritid) er inklusiv avgifter, også mva. Tallene i de øvrige kolonnene er eksklusiv mva.

### **Direkteutgifter**

For den delen av de påvirkede trafikkstrømmene som ligger utenfor analyseområdet, gis bilistenes direkteutgifter i feltet **Direkteutgifter** for **Lette** og **Tunge** i bildet **Nyskapt trafikk - Påvirkede trafikkstrømmer**. Disse utgiftene vil være en inntekt for operatørene (mottakerne). Da type utgift ikke er spesifisert, blir inntektene plassert under **Andre operatører** i de aktuelle resultatutskriftene.

Direkteutgifter til busspassasjerer beregnes i EFFEKT på samme måte som innenfor analyseområdet, gjennom en gitt andel av busskostnader som dekkes av billetter (inndata i bildet **Enhetspriser og faktorer**). Det gis altså ingen inndata om direkteutgifter for busspassasjerer utenfor analyseområdet.

## **11.2.3 Totale generaliserte kostnader for kjøreruten**

Resultatet av beregningene foran blir generaliserte transportkostnader for alle trafikantkategorier for hele kjøreruten i og utenfor analyseområdet, for alle aktuelle vegnett i alternativ 0 og i aktuelle utbyggingsplaner. Dette er grunnlag for beregning av endring i trafikk og dernest i konsumentoverskuddet for alle påvirkede trafikkstrømmer. Beregningene gir også grunnlag for å finne endringer i avgiftsinntekter til det offentlige som følge av den påvirkede trafikken.

## 11.3 Priselastisiteter for påvirkede trafikstrømmer

Etterspørselen etter transport mellom to punkt er avhengig av de generaliserte transportkostnadene for reisen mellom punktene. En reduksjon i kostnadene vil bety en økning i antall reiser, mens en økning i kostnadene vil bety færre antall reiser.

Priselastisiteten er et uttrykk for den relative endringen i forbruk av en vare eller et gode som vil oppstå ved en marginal endring i prisen. Priselastisiteten vil som regel ha negativt fortegn, etter som en prisøkning normalt resulterer i redusert forbruk.

I transportsektoren er det vanlig å anta at priselastisiteten er konstant uavhengig av om prisen, det vil si den generaliserte transportkostnaden, i utgangspunktet er høy eller lav.

Priselastisiteten kan variere fra person til person og mellom ulike grupper av personer. Ved beregningene i EFFEKT blir trafikantene gruppert og inndelt i reisehensikter på denne måten:

- Biltrafikanter (lette kjøretøy) : Tjeneste, Til/fra arbeid og Fritid
- Godstransport (tunge kjøretøy) : Tjeneste
- Kollektivtrafikanter (busser) : Tjeneste, Til/fra arbeid og Fritid

Det finnes en del undersøkelser av priselastisitet for ulike grupper av trafikanter. De fleste undersøkelsene estimerer elastisiteter som spenner fra -0,2 til -1,3. Dette er nærmere omtalt i [32].

Standardverdiene for priselastisiteter som er lagt inn i EFFEKT er vist nederst i bildet **Nyskapt trafikk - Påvirkede trafikstrømmer**, se Figur 40. Hvis det skulle være aktuelt å endre en eller flere av disse standardverdiene, bør dette være basert på konkrete undersøkelser i hvert enkelt tilfelle.

Nr	Beskrivelse	Grensepunkt		Andel påvirket trafikk (%)	Turlengde (km)	Ulykkesfrekvens	Direkteutgifter (kr/kjt)		
		Fra	Til				Lette	Tunge	Prisnivå
1	Fra Fjellby til Havneby	1	2	60	50	0,12	10	50	2012
2	Fra Fjellby til Dalby	1	2	25	280	0,15	20	100	2012

Priselastisiteter, strøm nr 1	Tjeneste	Til/fra arbeid	Fritid
Lette	-0,4	-0,4	-0,7
Tunge	-0,4		
Busser	-0,4	-0,4	-0,7

Figur 40: Inndata i bildet **Nyskapt trafikk – påvirkede trafikstrømmer** med standardverdier for priselastisiteter for ulike trafikantkategorier

## 11.4 Størrelsen på nyskapt trafikk

Størrelsen på nyskapt trafikk beregnes for hver påvirket trafikkstrøm som er definert i prosjektet. Beregningene gjøres for hver av de standardiserte reisehensiktene tjeneste, til/fra arbeid og fritid, for henholdsvis lette kjøretøy, tunge kjøretøy (kun tjeneste) og busser. Den nye trafikken beregnes etter følgende formel, jfr. Figur 41:

$$T_1 = T_0 * (K_1/K_0)^E$$

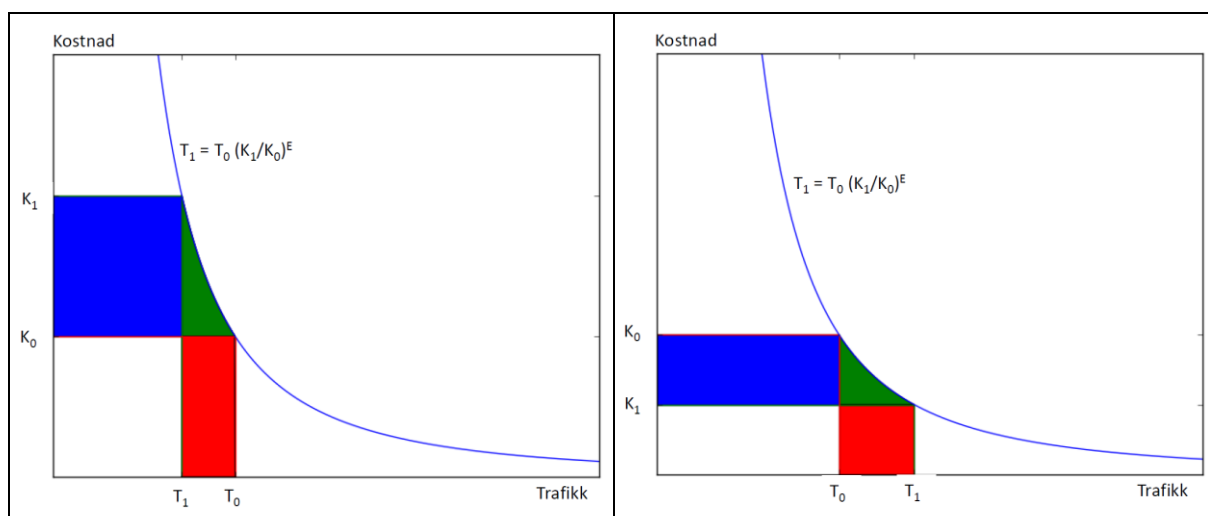
$T_1$  = Trafikk etter tiltak

$T_0$  = Trafikk før tiltak

$K_1$  = Reisekostnad etter endring

$K_0$  = Reisekostnad før endring

$E$  = Priselasitet for aktuell relasjon og trafikantkategori ( $E$  skal være  $< -1$ )



Figur 41: Nyskapt trafikk for situasjoner med økning (til venstre) og reduksjon i generaliserte transportkostnader (til høyre) ved en etterspørselskurve med  $E = -0,5$

Hvis  $K_1 < K_0$ , vil trafikken etter tiltak  $T_1$  være større enn trafikken før tiltak  $T_0$ . Denne trafikkøkningen blir da å betrakte som «tradisjonell» nyskapt trafikk.

Hvis  $K_1 > K_0$ , vil den aktuelle trafikkstrømmen (OD-relasjonen) få en trafikk etter tiltak ( $T_1$ ) som vil være mindre enn trafikken før tiltak ( $T_0$ ). Denne nedgangen i trafikk på OD-relasjonen kan betegnes som **avvist** trafikk. Den avviste trafikken kan gjelde trafikanter som lar være å reise, men kan også omfatte trafikanter som velge andre reisemål, reisemåter eller reisetidspunkt. Hvilken løsning disse trafikantene velger, har ikke betydning for nytteberegningen.

## 11.5 Nytt av nyskapt trafikk

Etterspørselskurvene i Figur 41 har relative generaliserte transportkostnader ( $K/K_0$ ) som enhet langs den vertikale aksene og relativ trafikkmengde ( $T/T_0$ ) langs den horisontale aksene ( $K = K_0$  når  $T = T_0$ ). Kurven vil derfor alltid gå gjennom punktet (1,1). Formlene i Tabell 59 er utledet på dette grunnlaget.

Nytteberegningene (endring i konsumentoverskudd) vil være basert på transportkostnadene før og etter tiltak, både for den avviste trafikken og for den trafikken som går både før og etter tiltak.

Konsumentoverskuddet er arealet mellom den vertikale kostnadsaksen og etterspørselskurven over den horisontale linjen gjennom punktet ( $T_0, K_0$ ).

En økning av kostnadene fra  $K_0$  til  $K_1$  vil redusere trafikken fra  $T_0$  til  $T_1$ . Dermed vil trafikantenes konsumentoverskudd reduseres. Endringen i konsumentoverskudd er lik arealet mellom kostnadsaksen og etterspørselskurven begrenset av de horisontale linjene gjennom punktene ( $T_0, K_0$ ) og ( $T_1, K_1$ ).

En reduksjon av kostnadene fra  $K_0$  til  $K_1$  vil øke trafikken fra  $T_0$  til  $T_1$ . Dermed vil trafikantenes konsumentoverskudd øke. Endringen i konsumentoverskudd kan beregnes som arealet mellom kostnadsaksen og elastisitetkurven begrenset av de horisontale linjene gjennom punktene  $(T_0, K_0)$  og  $(T_1, K_1)$ .

Ved beregning av konsumentoverskuddet blir det ofte brukt en rett linje som tilnærming til etterspørselskurven. Det kan i enkelte tilfelle innebære relativt stor unøyaktighet i beregningsresultatene. I EFFEKT brukes imidlertid formler som beregner det **eksakte arealet** under den faktiske etterspørselskurven. Dette arealet finnes ved å integrere ligningen  $T_1 = T_0 * (K_1/K_0)^E$ .

Endringen i konsumentoverskudd når den relative generaliserte transportkostnaden endrer seg fra  $K_0$  til  $K_1$ , er lik summen av blått og grønt areal i Figur 41. Formlene for beregning av dette arealet er vist i Tabell 59. Utledningen av formelene er vist i vedlegg 1.

Tabell 59: Endring i konsumentoverskudd  $\Delta KO$  ved  $E \neq -1$  og  $E = -1$

$E \neq -1$	$\Delta KO = \frac{1 - \left(T_1/T_0\right)^{1+E/E}}{1 + E}$
$E = -1$	$\Delta KO = 1 + \ln\left(T_1/T_0\right) - T_1/T_0^{1+E/E}$

Endringen i konsumentoverskuddet vil bli positivt når den generaliserte transportkostnaden synker (høyre del av Figur 41), og negativt når den generaliserte kostnaden øker (venstre del av Figur 41). Verdien på elastisiteten  $E$  vil vanligvis ligge mellom 0 og -1.

Dersom  $T_0 = 0$ , vil det ikke være mulig å beregne nyskapt trafikk.

Nytten som beregnes etter formelene i Tabell 59 er basert på de relative størrelsene  $K/K_0$  og  $T/T_0$ . Total nytte for alle påvirkede trafikanter må derfor multipliseres med det faktiske utgangsnivået for generaliserte kostnader og trafikkmengde. Den totale nytten av nyskapt trafikk blir da lik  $\Delta KO * K_0 * T_0$ .

## 11.6 Kostnader utenfor analyseområdet for nyskapt trafikk

For de **påvirkede** trafikkstrømmene blir det beregnet nytte av nyskapt trafikk som beskrevet i kapittel 11.5. Det blir derfor ikke beregnet tidskostnader, kjøretøykostnader eller direkteutgifter for disse strømmene.

Dersom noen av de påvirkede trafikkstrømmene har deler av sin kjørerute **utenfor** det ordinære analyseområdet, blir følgende kostnadskomponenter beregnet for denne delen av kjøreruten:

- Ulykker
- Klimagassutslipp
- Busskostnader
- Avgifter

Beregningsmåten for disse kostnadskomponentene er nærmere omtalt nedenfor.

### Ulykker

Antall personskadeulykker utenfor analyseområdet beregnes med grunnlag i gitt verdi for **Ulykkesfrekvens** for strekningen som det er gitt **Turlengde** for i bildet **Nyskapt trafikk - Påvirkede trafikkstrømmer**.

Som grunnlag for å beregne kostnader ved **personskadeulykker** brukes enhetspris basert på gjennomsnittlig skadegradsfordeling (kr 3.300.000 i prisnivå 2013).

Kostnader ved **materiellskadeulykker** beregnes etter samme prinsipp som innenfor analyseområdet, basert på kostnad pr km avhengig av fartsgrense. Utenfor området forutsettes imidlertid en fast fartsgrense på 60 km/t, som gir et beløp på 275.000 kr/km i prisnivå 2013.

## **Klimagassutslipp**

I tilknytning til utslipp gjøres det beregninger for:

- CO<sub>2</sub>-ekvivalenter
- NO<sub>x</sub>

Utslipet beregnes med grunnlag i drivstofforbruket som beregnes i EFFEKT. Utenfor analyseområdet legges det til grunn faste landsgjennomsnittlige verdier pr km, basert på [14] (dette er verdier som er en del år gamle):

Lette, bensin	: 0,072 liter/km
Lette, diesel	: 0,051 liter/km
Lastebil	: 0,31 liter/km
Vogntog	: 0,36 liter/km
Buss	: 0,34 liter/km

Ved beregning av forbruk innenfor analyseområdet brukes drivstoffmodulen i EFFEKT (kapittel 3.2), inklusiv prognoser for utvikling utover i tid. Det er ikke tatt hensyn til disse prognosene ved beregningene utenfor analyseområdet.

Ved beregning av selve utslippet brukes de samme **utslippskoeffisientene** (pr liter drivstoff) som i klimamodulen i EFFEKT (kapittel 8).

## **Busskostnader**

Nyskapt trafikk for busser (generelle bussberegninger) vil bety endringer i kostnader og inntekter for busselskapene, og direkteutgifter for busspassasjerene. Kostnadene beregnes med grunnlag i følgende standardverdier:

- Tidsavhengige driftskostnader, buss (434 kr/t i prisnivå 2013)
- Kjøretøykostnader, buss (6,61 kr/km eks avgifter, prisnivå 2013)

Disse kostnadene brukes sammen med gitt **Andel busskostnader som dekkes av billettinntekter** i bildet **Enhetspriser og faktorer** til å finne utgifter for busspassasjerene.

## **Avgifter**

Det beregnes endring i kjøreavhengige avgifter etter en noe forenklet framgangsmåte for den nyskapte trafikken utenfor analyseområdet, jfr. Tabell 60.

Tabell 60: Grunnlag for beregning av avgifter utenfor analyseområdet (prisnivå 2013)

	Lette utenom tjeneste	Lette i tjeneste	Tunge *)	Busser
Avgifter, kr/km	1,23	0,64	2,02	2,04

\*) Basert på standard fordeling 60/40 mellom lastebil og vogntog (kan endres av brukeren)

## 12 Busskostnader

### 12.1 Hovedprinsipper

Modulen for å beregne busskostnader brukes i **prosjekttype 1 og 2**, og er avgrenset til **busstrafikk**. Den brukes ikke i **prosjekttype 3**. Da beregnes kostnadene i Kollektivmodulen (i Cube/TRIPS). Resultatene overføres til EFFEKT for videre beregninger og sammenstillinger der. Kollektivmodulen beregner kostnader til flere kollektivreisemiddel (buss, T-bane, trikk, tog, hurtigbåt).

Beregningene kan gjøres på to nivå, avhengig av ønsket detaljering:

- Generelle bussberegninger
- Spesielle bussberegninger

De **generelle** beregningene er de mest overordnede, der bussene regnes som en del av den totale trafikken (ÅDT), basert på egne trafikkdata for busser. Disse beregningene vil være de mest vanlige, og brukes hvis det ikke er aktuelt å behandle enkeltruter spesielt

I de **spesielle** beregningene behandles en og en bussrute for seg, med egne data om kjørerute, antall avganger og passasjerbelegg. Det er ikke gjort endringer i beregningsprinsippene i forhold til det som ble etablert i versjon 5. Dette er relativt detaljerte beregninger, og er særlig aktuelt i og omkring byer og tettsteder der det er ønskelig å legge mer vekt på analyser av busstrafikk. Driftskostnadene i disse beregningene er basert på et eget grunnlag fra det såkalte Busskost-systemet [18] (dette systemet er ikke lenger i bruk). Det er også et mer nyansert grunnlag for å beregne forsinkelse [33] og tidskostnader i de spesielle beregningene.

Det gjøres **både** generelle og spesielle beregninger innenfor ett og samme vegnett, avhengig av hvordan data er gitt (kostnadene summeres). På bussruter med en **kombinasjon** av generelle og spesielle beregninger forutsettes det at antall busser ved generelle beregninger reduseres tilsvarende det antallet det skal gjøres spesielle beregninger for. Dette må gjøres **manuelt** i EFFEKT, det er ingen automatisk korreksjon.

Beregningene er for prosjekttype 1 og 2 avgrenset kun til virkninger av tiltak **innenfor** prosjektområdet der det gjøres effektberegninger. Metodikken for bussberegninger er hovedsaklig tenkt brukt til følgende prosjekttyper:

- Generelle prosjekter med nye veger og utbedring
- Spesifikke kollektivtrafikkinvesteringer som kollektivfelt og kollektivtraseer

Det er ikke lagt opp til å kunne beregne virkninger av f.eks arealbruksendringer eller strategiske virkemidler rettet mot bilbruk og reisemiddelfordeling (kollektivtakst, drivstoffavgifter, vegprising, regulering av parkering o.l.). Da må det etableres grunnlag for beregning av prosjekttype 3.

Beregningen av busskostnader er delt i tre hoveddeler for både de generelle og spesielle beregningene:

- I Kjørefart og forsinkelse
- II Kjøretøykostnader
- III Tidskostnader

De generelle beregningene gjøres på vegnettsnivå, mens det ved spesielle beregninger defineres selvstendige bussruter innenfor et vegnett. Det regnes totale kostnader for hvert vegnett, både ved generelle og spesielle beregninger. Ved beregning av passasjerenes tidskostnader er kostnadene avgrenset til passasjerenes tidsforbruk **i bussen**. Det regnes ikke kostnader til ventetider og tidsforbruk til/fra holdeplass.



## 12.2 Generelle bussberegninger

I de generelle beregningene inngår bussene som en del av den totale trafikken som gis. Tilleggsdata som gis for de generelle beregningene er antall busser, bussenes fordeling langs kjøreruter, samt reisehensiktsfordeling og passasjerbelegg. Antall busser gis inn direkte i bildet **Trafikkstrømmer**. Det gjøres beregninger for alle lenker hvor det er gitt data for busstrafikk. Alle generelle bussberegninger gjøres i prinsippet som for de andre kjøretøyene.

### 12.2.1 Del I: Kjørefart og forsinkelse

#### Strekningsfart

Bussenes fart på vanlig vegstrekning beregnes med grunnlag i den etablerte fartsmodellen (kapittel 2). Farten regnes på samme måte som tunge biler, unntatt langs lenker der det er definert kollektivfelt.

Langs kollektivfelt beregnes farten ved fri kjøring, slik at det brukes basisfart uten reduksjon for trafikkmengde (bussene «kjører» uhindret langs kollektivfeltet, i stedet for å kjøre sammen med den andre trafikken). Det er forutsatt at kollektivfeltene har samme linjeføring som bilvegen, slik at det brukes samme kurvaturdata for bilveg og kollektivfelt (kollektivfelt defineres i bildet **Vegstandard**).

#### Konstant fart

Dersom det er gitt konstant fart for busser på en lenke i bildet **Vegstandard**, blir denne farten brukt for hele lenken gjennom hele analyseperioden. Farten brukes også langs eventuelle kollektivfelt.

#### Kryss- og lenkeforsinkelse

Forsinkelse i kryss beregnes på samme måte for bussene som for de andre kjøretøyene (kapittel 2.5), for kryssene det er gitt data om i bildet **Kryssutforming**. Hvis det er lagt inn forsinkelse på en lenke i bildet **Vegstandard**, blir denne forsinkelsen regnet også for busser.

### 12.2.2 Del II: Kjøretøykostnader

Drivstofforbruk for busser regnes som et forholdstall i forhold til drivstofforbruket som beregnes for lastebiler. Det er tatt utgangspunkt i gjennomsnittlig forbruk pr km for lastebil og buss, som gir følgende forholdstall som brukes ved beregning av basis drivstofforbruk for busser:

$$DF_{\text{buss}} = DF_{\text{lastebil}} * 1,06$$

Korreksjonene av basisforbruket (stigning, horisontalkurvatur) gjøres som for lastebiler. Dette regnes som en akseptabel tilnærming for drivstoffberegningene i de generelle beregningene. Den beregnede farten for busser legges til grunn for beregningen av drivstofforbruket.

De distanseavhengige driftskostnadene for busser regnes ut med grunnlag i egne enhetspriser pr km for buss (olje, dekk, reparasjon og service, avskrivning), jfr. kapittel 3.3.

### 12.2.3 Del III: Tidskostnader

Tidskostnadene består av én del med passasjerenes kostnader og én del med tidsavhengige driftskostnader.

Ved beregning av **passasjerkostnadene** brukes det samme grunnlag for å beregne timepriser som for lette biler (jfr. kapittel 4.3.1). Standard passasjerbelegg er **12 passasjerer** pr buss. Standard reisehensiktsandeler ved kjøring i buss i de generelle beregningene er vist i Tabell 61.

Tabell 61: Standard reisehensiktsandeler ved generelle bussberegninger

Reisehensikt	Andel		
	Lange reiser	Mellomlange reiser	Korte reiser
Tjenestereise	0,13	0,13	0,02
Til/fra arbeid	0,05	0,05	0,33
Fritid	0,82	0,82	0,65

Disse andelene brukes for gjennomsnittssituasjonen (variasjonskurve M0). Andelene og timeprisene vil ellers variere avhengig av variasjonskurve (M1 – M8) og belastningsperiode, som forklart i kapittel 4.3.

De **tidsavhengige driftskostnadene** er et konstant beløp pr time, og dekker lønnskostnader inklusiv sosiale utgifter til sjåfør, en andel av administrasjonskostnader og kapitalkostnader (avskrivning). Timeprisen for tidsavhengige driftskostnader ved generelle bussberegninger er som gjennomsnitt beregnet til 430 kr/time eksklusiv avgifter (prisnivå 2013).

## 12.3 Spesielle bussberegninger

Det gjøres egne beregninger for busstrafikken på ruter det er gitt spesielle data for i bildet **Spesiell busstrafikk** på prosjektnivå og i **Spesielle bussruter** på vegnettsnivå.

Beregningene gjøres med grunnlag i egen metodikk for busser som er uendret i forhold til versjon 5 av EFFEKT. Tidskostnader for passasjerer beregnes på samme måte som ved generelle bussberegninger, men det kan brukes egne verdier for passasjerbelegg og reisehensikter. Metodikken for beregning av driftskostnader er basert på det tidligere Busskost-systemet, som var en egen modell der driftskostnader for busser inngår [18]. Dette systemet er ikke lenger i bruk.

### 12.3.1 Del I: Kjørefart og forsinkelse

#### **Strekningsfart**

Bussenes fart på vanlig **vegstreknning** beregnes for hver lenke som er definert innenfor en bussrute, med grunnlag i den etablerte fartsmodellen. En bussrute for spesielle beregninger kan bare gå langs lenker som er definert i vegnettet. Fartsberegningen gjøres som for generelle beregninger.

Langs **kollektivfelt** beregnes farten ved fri kjøring, slik at det brukes basisfart uten reduksjon for trafikkmengde (bussene «kjører» uhindret langs kollektivfeltet, i stedet for å kjøre sammen med den andre trafikken). Det er forutsatt at kollektivfeltene har samme linjeføring som bilvegen, slik at det brukes samme kurvaturdata for bilveg og kollektivfelt (kollektivfelt defineres i bildet **Vegstandard**).

#### **Konstant fart**

Dersom det er gitt konstant fart for busser på en lenke i bildet **Vegstandard**, blir denne farten brukt for hele lenken gjennom hele analyseperioden. Farten brukes også langs eventuelle kollektivfelt.

#### **Kryss- og lenkeforsinkelse**

Forsinkelse i **kryss** beregnes på samme måte for bussene som for de andre kjøretøyene (kapittel 2.5), for kryssene det er gitt data om i bildet **Kryssutforming**. Det er i modellen ikke mulig å ta hensyn til eventuell prioritering av kollektivtrafikk i kryss. Hvis det er lagt inn forsinkelse på en **lenke**, blir denne forsinkelsen regnet også for busser i de spesielle beregningene.

#### **Holdeplassforsinkelse**

I de spesielle beregningene tas det også hensyn til forsinkelse ved holdeplasser. Disse forsinkelsene beregnes med grunnlag i en egen metodikk som er utviklet for dette /22/. Det er tatt hensyn til følgende delberegninger i den totale forsinkelsen:

- Retardasjon (oppbremsing) og aksellerasjon ved holdeplassen
- Ventetid for utkjøring i trafikkstrømmen (når det ikke er kollektivfelt)
- Fast tidstap (dørtid og tid før/etter betjening)
- Betjeningstid pr passasjer

Forsinkelsene knyttet til selve bussen regnes for hver lenke og summeres. Passasjerenes betjeningstid regnes for hele bussruten. Total holdeplassforsinkelse for hver bussrute beregnes dermed på følgende måte (timer/år):

$$T_{\text{rute}} = (\sum_{\text{lenker}} [(T_{ra} + T_v + T_f) * H * a_s] + T_b * B) * Ar/3600$$

$$T_{ra} = \text{Tidstap ved retardasjon/aksellerasjon, i forhold til beregnet gj.sn.fart } V \text{ på lenken:} \\ = 2 * V/a * 1/3,6 = 0,56 * V \text{ (forutsatt retardasjon/aksellerasjon } a = 1,0 \text{ m/s}^2)$$

$$T_v = \text{Ventetid for å komme ut i trafikken, satt konstant lik 3,5 sek pr holdeplass}$$

$$T_f = \text{Fast tidstap til dørtid og tid før/etter betjening, satt lik 6,5 sek pr holdeplass}$$

$$H = \text{Antall holdeplasser pr lenke, gitt i bildet } \textbf{Spesielle bussruter}$$

$$a_s = \text{Andel av holdeplassene det stoppes på, gitt i bildet } \textbf{Spesielle bussruter}$$

$$T_b = \text{Gjennomsnittlig betjeningstid pr passasjer, satt fast lik 5 sek}$$

$$B = \text{Gj.snittlig passasjerbelegg på ruten (innenfor vegnettet), gitt i bildet } \textbf{Spesiell busstrafikk}$$

$$A_r = \text{Avganger pr år for bussruten, gitt i bildet } \textbf{Spesiell busstrafikk}$$

### 12.3.2 Del II: Kjoretøykostnader

Beregningen av driftskostnadene tar utgangspunkt i **totale** driftskostnader (produksjonskostnader) fra Busskost. Det er gjort noen justeringer i forhold til Busskost, for at det skal være samsvar med forutsetningene (bl.a avgifter og forsikring) som brukes i driftskostnadene for tunge biler ellers i EFFEKT. Kostnadene omfatter:

- Distanseavhengige driftskostnader (endret kjørelengde/produksjonsvolum)
- Tidsavhengige driftskostnader (endret framføringsfart)

Det er ikke gjort noen oppsplitting i disse delkostnadene, slik det er gjort ved generelle beregninger. Dette betyr at **alle** kostnadene regnes som kjoretøykostnader, mens en del av kostnadene egentlig er tidsavhengige driftskostnader, og dermed skulle regnes som tidskostnader.

Kostnadene er etablert for fire nivå for gjennomsnittsfart, ved at det er knyttet gjennomsnittlig fart til hver av de såkalte rutegruppene i Busskost. Den gjennomsnittlige kjørefarten er satt midt i fartsintervallet som er definert for hver rutegruppe.

I EFFEKT er det for hver vogngruppe etablert ligninger (kontinuerlige sammenhenger avhengig av fart) som beskriver data fra Busskost med god tilnærming. Det ble til og med oppdateringen til prisnivå 2001 brukt årlige indekser for utvikling helt fra 1995. Her ble det tatt utgangspunkt i de opprinnelige ligningene fra 1995, og justert delbidragene med de respektive indeksene for hver delkostnad. Ved å regne forholdet mellom 2001 og 1995 for de totale kostnadene for hver rute- og vogngruppe, ble det regnet som nøyaktig nok å bruke en gjennomsnittlig felles indeks på 1,30.

Det ble laget nye ligninger for 2001 med grunnlag i denne indeksen:

$$\begin{aligned} \text{Vogngruppe 1: } K_{V1} &= -0,00264 \cdot Vf^2 + 0,214 \cdot Vf - 3,296 + 313/Vf \\ \text{Vogngruppe 2: } K_{V2} &= -0,00307 \cdot Vf^2 + 0,253 \cdot Vf - 2,779 + 333/Vf \\ \text{Vogngruppe 3: } K_{V3} &= -0,00282 \cdot Vf^2 + 0,222 \cdot Vf - 1,197 + 349/Vf \\ \text{Vogngruppe 4: } K_{V4} &= -0,00373 \cdot Vf^2 + 0,322 \cdot Vf - 3,870 + 399/Vf \\ \text{Vogngruppe 5: } K_{V5} &= -0,00415 \cdot Vf^2 + 0,344 \cdot Vf - 2,180 + 440/Vf \\ \text{Vogngruppe 1-5} &= \text{Inndata i EFFEKT} \\ Vf &= \text{Framføringsfart (km/t), beregnes i EFFEKT} \end{aligned}$$

Ved senere oppdateringer til nye prisnivå er det bestemt at oppdateringen som en forenkling gjøres med grunnlag i anleggsindeksen fra 2001. For omregning fra 2001 til 2013 brukes det en indeks på 1,592 i forhold til ligningene ovenfor.

Det er beregnet **gjennomsnittsfart** (framføringsfart) inklusiv forsinkelser som er grunnlaget for å finne kostnadene i kr/km. Hvis beregnet gjennomsnittsfart er større enn 60 km/t, settes farten lik 60 km/t.

### 12.3.3 Del III: Tidskostnader

Passasjerenes tidskostnader ved spesielle beregninger blir beregnet med grunnlag i en beregnet gjennomsnittsfart hver lenke som inngår i bussruten (fart langs kollektivfelt der dette er definert). I tillegg legges det til tidskostnader i tilknytning til forsinkelse ved holdeplasser og eventuell forsinkelse i kryss eller forsinkelse gitt på lenke. Tidsforbruket beregnes for hver lenke for hver bussrute, og summeres for alle definerte ruter innenfor hvert vegnett.

Det brukes samme grunnlag for beregning av timepriser og tidsverdsetting som i de andre beregningene av tidskostnader (lette biler og generelle bussberegninger). Aktuelle timepriser vises i bildet **Spesiell buss-trafikk**, avhengig av gitt passasjerbelegg og reisehensiktsandeler.

Det brukes egne verdier for passasjerbelegg og reisehensikt ved spesielle beregninger. Gjennomsnittlig passasjerbelegg pr avgang hentes fra Tabell 62, avhengig av områdetype og vogngruppe. Dette er standardverdier som kan endres av brukeren. Standardverdiene er basert på undersøkelser i en del områder i landet [18].

Tabell 62: Gjennomsnittlig passasjerbelegg pr avgang ved spesielle beregninger [18]

Lokalisering	Vogngruppe				
	1	2	3	4	5
Byer > 50.000 innbyggere	5	8	11	15	26
Byer 20.000-50.000 innbyggere	4	7	9	12	22
Øvrige områder	4	6	8	10	20

Andeler for reisehensikt for hver vogngruppe hentes fra Tabell 63. Dette er standardverdier som kan endres av brukeren.

Tabell 63: Gjennomsnittlige reisehensiktsandeler (%) pr avgang ved spesielle beregninger [18]

Reisehensikt	Vogngruppe				
	1	2	3	4	5
Tjenestereise	0	0	2	4	4
Til/fra arbeid	25	35	45	50	50
Fritid	75	65	53	46	46

## 13 Tillatt aksellast

### 13.1 Hovedprinsipper

Metodikken for å beregne transportøkonomisk gevinst ved økning av tillatt aksellast er uendret i forhold til versjon 5 av EFFEKT [19]. Det er kun enhetspriser som er oppdatert (jfr. kapittel 13.3.3).

Denne modulen har blitt mindre aktuell i de senere årene, da en økende andel av vegnettet allerede er oppskrevet til 10 tonn bæreevne.

Nytte av økt tillatt aksellast kommer fram ved at en del av godset som transporteres på en strekning eller i et område fordeles på færre og større tunge kjøretøy. På denne måten blir trafikkarbeidet (vognkm) redusert, mens transportert godsmengde (tonnkm) er den samme. Beregningene skjer i tre hoveddeler:

- I Beregning av reduksjon i trafikkarbeid
- II Beregning av vektet enhetspris (kr/vognkm) som brukes for det reduserte trafikkarbeidet
- III Beregning av nytten av økt tillatt aksellast med grunnlag i del I og II

I modellen beregnes det ikke totale kostnader for eksisterende og planlagt situasjon, slik at det er kun **endring** i kostnader som kommer ut i resultatene. Dette er det viktig å være klar over, da det beregnes totale kostnader i de fleste andre modulene i EFFEKT.

Beregningen av nytten ved økt tillatt aksellast gjøres på vegnettsnivå, slik at data gis samlet for ett og ett vegnett. Innenfor vegnettet gis det data for en og en beregningsstrekning som får økt tillatt aksellast. På denne måten er det mulig å beregne strekninger som har ulik tillatt aksellast før og/eller etter oppskrivning.

Beregningene gjøres separat for lastebil og vogntog, og det beregnes for hver strekning for hvert år i analyseperioden. I tillegg gjøres det beregninger for periodene med telerestriksjoner og resten av året, slik at det er mulig å gi ulik tillatt aksellast i disse periodene.

Modellen er basert på å plassere strekningene i et såkalt transportområde som er inndelt i 4 grupper en kan velge mellom for hvert vegnett:

- Hovedveg i/mellom lokalområder
- Sekundærveg i/mellom lokalområder
- Hovedveg mellom regioner
- Sekundærveg mellom regioner

Beregningsmetodikken er ikke utviklet for å kunne beregne virkningen av en eventuell reduksjon i tillatt aksellast. Det er heller ikke mulig å ta hensyn til eventuell økt tillatt aksellast om vinteren (aksellast større enn normal aksellast).

## 13.2 Reduksjon i trafikkarbeid

### 13.2.1 Andel vogntog

Andel vogntog i % av  $\text{ÅDT}_t$  finnes med grunnlag i Tabell 64. Disse kommer opp som standardverdi avhengig av gitt transportområde. Standardverdiene kan endres.

Tabell 64: Standardverdier for andel vogntog av  $\text{ÅDT}_t$  [x]

Transportområde	Andel vogntog (%)
Hovedveg i/mellom lokalområder	15
Sekundærveg i/mellom lokalområder	10
Hovedveg mellom regioner	35
Sekundærveg i/mellom lokalområder	50

### 13.2.2 Nyttelast

Kjøretøyenes nyttelast avhengig av tillatt aksellast før og etter oppskrivning finnes med grunnlag i Tabell 65. Dette er faste verdier som ikke kan endres av brukeren.

Tabell 65: Nyttelast avhengig av tillatt aksellast [x]

Tillatt aksellast (tonn)	Nyttelast lastebil (tonn)	Nyttelast vogntog (tonn)
6	4,1	12,0
7	5,0	14,8
8	7,2	21,1
9	8,8	24,8
10	10,6	28,1

### 13.2.3 Andel som kan nytte oppskrivning

Andelen av de gitte lastebilene og vogntogene som kan utnytte økningen i tillatt aksellast er bl.a avhengig av kjøretøystørrelsen, godstype (f.eks volumgods), organisering av transporten og oppdragsituasjonen.

Først finnes andelen av lastebiler og vogntog som **teknisk** sett kan utnytte ulike tillatte aksellaster, gitt i Tabell 66. Dette er faste verdier som ikke kan endres av brukeren.

Tabell 66: Andel som teknisk sett kan utnytte ulike tillatte aksellaster [x]

Tillatt aksellast (tonn)	Lastebil (%)	Vogntog (%)
6	44	95
7	41	94
8	37	92
9	30	82
10	24	73

Deretter tas det hensyn til andre forhold som begrenser mulighetene til å utnytte aksellasten, selv om kjøretøyene rent teknisk kan utnytte den aktuelle aksellasten. Dette kan ha sammenheng med andel volumgods, organisering og mangel på oppdrag. Tabell 67 brukes for å ta hensyn til andel som **ikke** kan utnytte tillatt aksellast, avhengig av transportområde. Dette er faste andeler som ikke kan endres av brukeren.

Tabell 67: Andel som ikke kan utnytte tillatt aksellast [x]

Transportområde	Utnytter ikke tillatt aksellast (%)
Hovedveg i/mellom lokalområder	30
Sekundærveg i/mellom lokalområder	25
Hovedveg mellom regioner	35
Sekundærveg i/mellom lokalområder	30

### 13.2.4 Turlengde

Turlengden er den gjennomsnittlige veglengden godset blir kjørt på lastebil og vogntog. Det er etablert landsgjennomsnittlige standardverdier som vist i Tabell 68. Standardverdiene kan endres.

Tabell 68: Standardverdier for gjennomsnittlige turlengder i km [x]

Transportområde	Lastebil (km)	Vogntog (km)
Hovedveg i/mellom lokalområder	30	50
Sekundærveg i/mellom lokalområder	15	25
Hovedveg mellom regioner	75	120
Sekundærveg i/mellom lokalområder	40	70

### 13.2.5 Samlet beregning av reduksjon i trafikkarbeid

Reduksjonen i trafikkarbeidet for lastebil og vogntog ( $RED_l$  og  $RED_v$ ) kan nå beregnes med grunnlag i data fra tabellene foran og ligningene nedenfor (vognkm/år):

$$RED_l = 365 * \dot{A}DT_t * [(NYT_{l, etter} \div NYT_{l, før}) / NYT_{l, etter}] * (1 \div A_v) * TEK_l * (1 \div RFAKT) * (TUR_l + L_{\text{økt}})$$

$$RED_v = 365 * \dot{A}DT_t * [(NYT_{v, etter} \div NYT_{v, før}) / NYT_{v, etter}] * A_v * TEK_v * (1 \div RFAKT) * (TUR_v + L_{\text{økt}})$$

- $\dot{A}DT_t$  =  $\dot{A}DT$  tunge på strekningen som får økt tillatt aksellast, gis i bildet
- $NYT_{l, etter}$  = Nyttelast lastebil, etter oppskrivning, Tabell 65
- $NYT_{l, før}$  = Nyttelast lastebil, før oppskrivning, Tabell 65
- $NYT_{v, etter}$  = Nyttelast vogntog, etter oppskrivning, Tabell 65
- $NYT_{v, før}$  = Nyttelast vogntog, før oppskrivning, Tabell 65
- $A_v$  = Andel vogntog av  $\dot{A}DT_t$ , Tabell 64
- $TEK_l$  = Andel lastebiler som teknisk sett kan utnytte gitt tillatt aksellast, Tabell 66
- $TEK_v$  = Andel vogntog som teknisk sett kan utnytte gitt tillatt aksellast, Tabell 66
- $RFAKT$  = Andel som ikke kan utnytte tillatt aksellast, Tabell 67
- $TUR_l$  = Gjennomsnittlig turlengde for lastebil, fra Tabell 68
- $TUR_v$  = Gjennomsnittlig turlengde for vogntog, fra Tabell 68
- $L_{\text{økt}}$  = Veglengde som får økt tillatt aksellast, gis i bildet

Ved de årlige beregningene tas det hensyn til utviklingen i  $\dot{A}DT_t$ . Da brukes trafikktviklingen som er gitt i bildet **Generelle data**.



### 13.3 Beregning av enhetspris

Nytten (i kroner) ved oppskrivningen av aksellasten beregnes med grunnlag i en vektet enhetspris i kr/vognkm. Det må brukes en vektet pris fordi godset overføres til færre og tyngre kjøretøy, som har en høyere enhetspris enn de kjøretøyene som godset «flyttes» fra. Enhetsprisene beregnes med grunnlag i data om årlig kjørelengde og tillatt totalvekt.

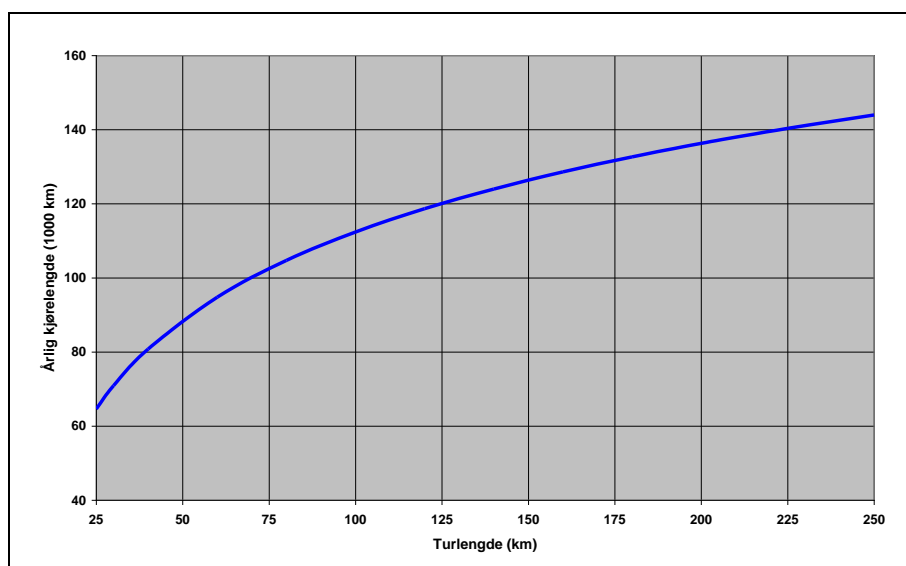
#### 13.3.1 Årlig kjørelengde

Årlig kjørelengde for lastebil og vogntog ( $\text{ÅRL}_l$  og  $\text{ÅRL}_v$ ) beregnes med grunnlag i turlengden fra Tabell 68 og følgende etablerte sammenhenger (1000 km/år):

$$\text{ÅRL}_l = 34,465 * \ln(\text{TUR}_l) \div 46,314$$

$$\text{ÅRL}_v = 34,465 * \ln(\text{TUR}_v) \div 46,314$$

Den beregnede årlige kjørelengden er framstilt i Figur 42. Lengden kan ikke endres av brukeren.



Figur 42: Årlig kjørelengde avhengig av turlengde

#### 13.3.2 Tillatt totalvekt

Tillatt totalvekt avhengig av tillatt aksellast for lastebil og vogntog er gitt i Tabell 69. Denne vekten er nødvendig for å beregne enhetsprisen. Dette er faste verdier som ikke kan endres av brukeren.

Tabell 69: Tillatt totalvekt i tonn for lastebil og vogntog [x]

Tillatt aksellast (tonn)	Totalvekt lastebil (tonn)	Totalvekt vogntog (tonn)
6	8	20
7	10	24
8	14	32
9	16	38
10	20	44

### 13.3.3 Beregning av vektet enhetspris

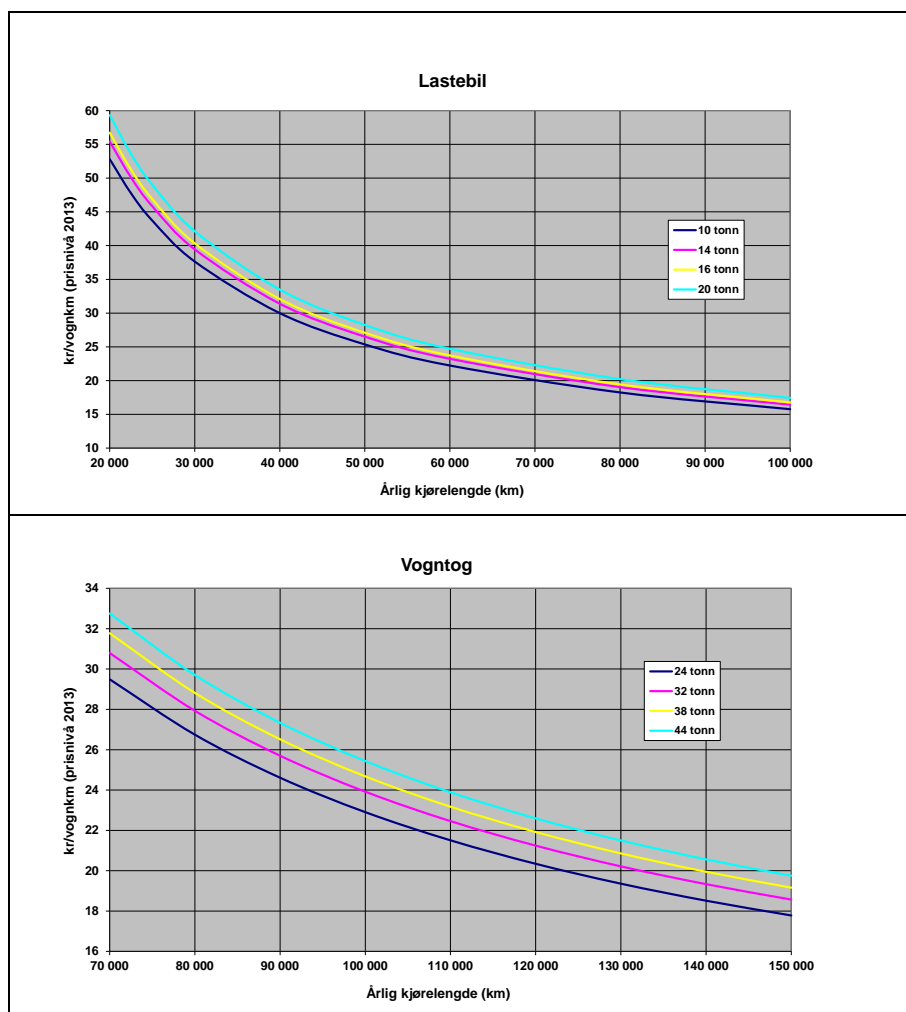
Med grunnlag i årlig kjørelengde og tillatt totalvekt beregnes det landsgjennomsnittlige enhetspriser for lastebil og vogntog. I disse enhetsprisene inngår følgende delkostnader:

- Kapitalkostnader
- Reparasjon og service
- Drivstoff
- Lønn
- Administrasjon
- Garasje

De samlede enhetsprisene  $EP_l$  og  $EP_v$  beregnes før og etter oppskrivning med separate ligninger for lastebil og vogntog. I forbindelse med oppdateringer i versjon 5 ble det gjort en utregning av årlige indekser for å korrigere disse ligningene helt fra 1995. Disse indeksene er basert på summen av distanse- og tidsavhengige kjøretøykostnader. I og med at det ble brukt nytt grunnlag for begge disse kostnadene fra versjon 6 (prisnivå 2005), kan ikke den årlige utviklingen fra 1995 brukes videre. Det er derfor regnet ut en indeks som et forholdstall mellom kostnadene i 2013 og kostnadene i 1995. Dette gir følgende ligninger i prisnivå 2013:

$$EP_l = 2,166 * [[361,587 + 5,585 * TOT_l + (3,404 \div 0,00514 * \text{ÅRL}_l + 0,0214 * TOT_l) * \text{ÅRL}_l / \text{ÅRL}_l]]$$
$$EP_v = 2,064 * [(768,747 + 3,770 * \text{ÅRL}_v) * (0,8399 + 0,00536 * TOT_v) / \text{ÅRL}_v]$$

Kostnadskurvene basert på disse ligningene er framstilt i Figur 43.



Figur 43: Enhetspriser for lastebil og vogntog, avhengig av totalvekt (kr/km, prisnivå 2013)

De **vektede** enhetsprisene beregnes deretter på følgende måte:

$$\begin{aligned} VEP_I &= [EP_{I, \text{før}} \div [1 \div (NYT_{I, \text{etter}} \div NYT_{I, \text{før}})/NYT_{I, \text{etter}}] * EP_{I, \text{etter}}] / [(NYT_{I, \text{etter}} \div NYT_{I, \text{før}})/NYT_{I, \text{etter}}] \\ VEP_V &= [EP_{V, \text{før}} \div [1 \div (NYT_{V, \text{etter}} \div NYT_{V, \text{før}})/NYT_{V, \text{etter}}] * EP_{V, \text{etter}}] / [(NYT_{V, \text{etter}} \div NYT_{V, \text{før}})/NYT_{V, \text{etter}}] \end{aligned}$$

- VEP<sub>I</sub> = Vektet enhetspris for lastebil
- VEP<sub>V</sub> = Vektet enhetspris for vogntog
- EP<sub>I, før</sub> = Enhetspris for lastebil, før oppskrivning
- EP<sub>V, før</sub> = Enhetspris for vogntog, før oppskrivning
- EP<sub>I, etter</sub> = Enhetspris for lastebil, etter oppskrivning
- EP<sub>V, etter</sub> = Enhetspris for vogntog, etter oppskrivning
- TOT<sub>I</sub> = Tillatt totalvekt for lastebil, fra Tabell 69
- TOT<sub>V</sub> = Tillatt totalvekt for vogntog, fra Tabell 69

## 13.4 Beregning av total nytte

Den transportøkonomiske nytten NAKS ved økt tillatt aksellast beregnes til slutt for hver strekning, for hver periode for hvert år i analyseperioden (sum for lastebil og vogntog):

$$NAKS = NAKS_I + NAKS_V = RED_I * VEP_I + RED_V * VEP_V$$

Det gjøres egne beregninger for periodene med telerestriksjoner og resten av året. Disse vektet i forhold til periodenes lengde, og den totale nytten NAKS<sub>tot</sub> pr år kan beregnes:

$$NAKS_{\text{tot}} = NAKS_{\text{tele}} * T/12 + NAKS_{\text{rest}} * (12 \div T)/12$$

- NAKS<sub>I</sub> = Nytte av økt tillatt aksellast for lastebiler
- NAKS<sub>V</sub> = Nytte av økt tillatt aksellast for vogntog
- T = Antall måneder med telerestriksjoner, fra bildet **Tillatt aksellast**

## 14 Referanser

- [1] Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Brukerveiledning EFFEKT 6.6  
Rapport nr 356, 2015
- [2] Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Håndbok V712 Konsekvensanalyser  
2014
- [3] Harald Minken, Hanne Samstad  
Nytte-kostnadsanalyse i transportsektoren: Rammeverk for beregningene  
Rapport fra Transportøkonomisk institutt, nr 798/2005
- [4] Hanne Samstad  
Realprisjustering av enhetskostnader over tid  
Rapport fra COWI, desember 2010
- [5] NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser  
Finansdepartementet 2012
- [6] Kristian Sakshaug  
Fartsmodell for strekninger. Regresjonsmodell for strekningsfart.  
Notat fra SINTEF Samferdselsteknikk, datert 22.12.94 (senere revidert og supplert).
- [7] Kristian Sakshaug  
Fartsmodell for smale veger og for veger med mer enn ett felt i hver retning.  
Notat fra SINTEF Samferdselsteknikk, datert 07.04.95
- [8] Kristian Sakshaug  
Videreutvikling av EFFEKT. Justering av fartsmodellen.  
Notat fra SINTEF Transportsikkerhet og -informatikk, datert 08.11.06
- [9] Terje Giæver  
Videreutvikling av EFFEKT. Behandling av trafikkdata.  
Notat fra SINTEF Samferdselsteknikk, datert 31.01.95 (senere revidert og supplert)
- [10] Arvid Aakre  
Beregning av kryssforsinkelse i EFFEKT 5  
Notat fra SINTEF Samferdselsteknikk, datert 28.02.95
- [11] Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Håndbok V713 Trafikkberegninger  
2014 (Faglig innhold 1989)
- [12] Arild Ragnøy  
Modell for beregning av kjøretøyers drivstofforbruk  
Notat fra Transportøkonomisk institutt, datert 06.10.94
- [13] Arild Ragnøy  
Revisjon av kjøreknadshåndbokens kapittel om kjøretøyers driftskostnader  
Notat fra Transportøkonomisk institutt, datert 19.10.94
- [14] Hanne Samstad, Marit Killi, Rolf Hagman  
Nytte-kostnadsanalyse i transportsektoren: Parametere, enhetskostnader og indekser  
Rapport fra Transportøkonomisk institutt nr 797/2005
- [15] Nordstrøm, Christine Oma, Samstad, Hanne  
Oppdatering av enhetskostnader i nytte-kostnadsanalyser i Statens vegvesen  
Notat fra COWI datert 14.04.2014. Med tilhørende regneark

- [16] Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Nytte-kostnadsanalyser ved bruk av transportmodeller  
Rapport nr 364, 2015
- [17] Vegard Østli, Askill Harkjerr Halse, Marit Killi  
Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort tilpasset NTM6  
Rapport fra Transportøkonomisk institutt nr 1389/2015
- [18] AsplanViak AS  
Bruk av Busskost-systemet for kollektivtrafikkberegninger i EFFEKT  
Notat datert 05.12.94
- [19] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen  
Ny ulykkesmodul i EFFEKT 6.3  
Rapport nr 2009/6, august 2009
- [20] Tore Vaaje  
Beregning av frekvenser og kostnader for materielle skader på ulike vegtyper  
Notat fra Gjensidige NOR Forsikring, datert 26.04.05
- [21] Even Sund  
Revidert forslag til metode for beregning av vedlikeholdskostnader for faste vegdekker  
Notat fra SINTEF datert 03.12.04
- [22] Anders Straume og Unn Karin Thorenfeldt  
Revidert grunnlag for beregning av drifts- og vedlikeholdskostnader for tunneler i EFFEKT  
Notat fra SINTEF datert 10.06.13
- [23] Unn Karin Thorenfeldt  
Rehabiliteringskostnader for tunneler i EFFEKT  
Notat fra SINTEF datert 15.03.11
- [24] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Utbyggingsavdelingen  
Metode for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp for vegprosjekter  
Rapport nr 2009/11
- [25] Anders Straume  
Dokumentasjon av modul for beregning av energiforbruk og klimagassutslipp i EFFEKT  
Notat fra SINTEF datert 14.09.11, senere noe revidert
- [26] Anders Straume  
Utredning og kravspesifikasjon til EFFEKT 6.6: Videreutvikling av klimamodulen  
Notat fra SINTEF datert 05.12.14
- [27] Johanne Hammervold  
Dokumentasjon av oppdatering av klimamodulen i EFFEKT  
Notat fra Asplan Viak datert 04.12.14
- [28] Svein Bråthen og Lage Lyche  
Konsekvensanalyser i ferjesektoren. Gjennomgang av noen kostnadskomponenter.  
Notat fra Møreforskning, Molde, datert 06.05.04
- [29] Dag Bertelsen og Anders Straume  
Veiledning og dokumentasjon til skredmodul i EFFEKT  
Notat fra SINTEF datert 26.11.13
- [30] Harald Norem  
Avalanche Protection Highway No. 1 Fraser Canyon, B.C.  
British Columbia Ministry of Transportation and Highways, Canada 1981
- [31] Dag Bertelsen og Anders Straume  
Veiledning og dokumentasjon til modul for nyskapt trafikk i EFFEKT  
Notat fra SINTEF datert 26.11.13

- [32] Anne Kjerkreit  
Priselastisiteter til bruk i skredmodulen  
Notat fra Vegdirektoratet datert 21.11.13
- [33] Lov Øvstedal og Terje Giæver  
Reisetid med kollektivmidler. Metodikk for beregning av konsekvenser for kollektivsektoren av generelle tiltak  
Notat fra SINTEF Samferdselsteknikk, datert 10.03.95
- [34] Knut O. Gabestad  
Revisjon av modell for beregning av transportøkonomisk gevinst av økning av tillatt aksellast  
Notat fra Trafitek AS, desember 1994

## Vedlegg 1

### Formler for beregning av endring i konsumentoverskudd

Arealet under kurven består av det grønne og det røde arealet i Figur 41, og kan beregnes slik:

$$A_{grønt} + A_{rødt} = \int_{x_1}^{x_0} x^k dx = \left[ \frac{x^{k+1}}{k+1} \right]_{x_1}^{x_0} = \left( \frac{x_0^{k+1}}{k+1} \right) - \left( \frac{x_1^{k+1}}{k+1} \right) = \left( \frac{1}{k+1} \right) - \left( \frac{x_1^{k+1}}{k+1} \right) = \frac{1 - x_1^{k+1}}{k+1}$$

Her er  $k = 1/E$  for å forenkle uttrykket.

I spesialtilfellet hvor  $E = -1$  blir beregningen slik:

$$A_{grønt} + A_{rødt} = \int_{x_1}^{x_0} x^{-1} dx = [\ln(x)]_{x_1}^{x_0} = \ln(x_0) - \ln(x_1) = -\ln(x_1)$$

Det røde arealet kan uttrykkes som:

$$A_{rødt} = y_0(x_0 - x_1) = 1 - x_1$$

Det blå arealet kan uttrykkes som:

$$A_{blått} = x_1(y_1 - y_0) = x_1(x_1^k - 1)$$

Endringen i konsumentoverskuddet kan uttrykkes som summen av det blå og det grønne arealet. Dersom  $E \neq -1$ , blir dette arealet:

$$\begin{aligned} \Delta KO &= (A_{grønt} + A_{rødt}) - A_{rødt} + A_{blått} = \frac{1 - x_1^{k+1}}{k+1} - (1 - x_1) + x_1(x_1^k - 1) \\ &= \frac{1 - x_1^{k+1} - (1 - x_1)(k+1) + x_1(x_1^k - 1)(k+1)}{k+1} \\ &= \frac{1 - x_1^{k+1} - k - 1 + kx_1 + x_1 + kx_1^{k+1} + x_1^{k+1} - kx_1 - x_1}{k+1} \\ &= \frac{kx_1^{k+1} - k}{k+1} = \frac{k(x_1^{k+1} - 1)}{k+1} \end{aligned}$$

Dersom vi setter inn  $k=1/E$  og  $x_1 = T_1/T_0$  får vi:

$$\Delta KO = \frac{\left( T_1/T_0 \right)^{1+E/E} - 1}{1+E}$$

Dersom  $E = -1$  blir arealet:

$$\begin{aligned} \Delta KO &= (A_{grønt} + A_{rødt}) - A_{rødt} + A_{blått} = -\ln(x_1) - (1 - x_1) + x_1(x_1^k - 1) \\ &= x_1^{k+1} - \ln(x_1) - 1 \end{aligned}$$

Dersom vi setter inn  $k=1/E$  og  $x_1 = T_1/T_0$  får vi:

$$\Delta KO = T_1/T_0^{1+E/E} - 1 - \ln\left(T_1/T_0\right)$$

Siden  $x$  representerer relativ trafikkmengde og  $y$  relative transportkostnader, vil punktet  $(x=1, y=1)$  være utgangspunktet for aktuelle endringer i transportkostnader, og dermed i trafikkmengde. Endringen i trafikantenes konsumentoverskudd representeres av arealet under kurven til venstre for punktet  $(1,1)$  når den relative kostnaden  $y = K_x/K_0$  øker. Den relative trafikkmengden blir da  $x = T_x/T_0 = (K_x/K_0)^E$ . Når den relative transportkostnaden reduseres, vil det aktuelle arealet befinne seg til høyre for punktet  $(1,1)$ . Arealet for endringen i konsumentoverskudd for en enhetstrafikant kan da beregnes ved å finne det grønne og blå arealet i Figur 41. For  $E \neq -1$  blir dette arealet:

$$A_{grønt} + A_{rødt} = \int_{x_0}^{x_2} x^k dx = \left[ \frac{x^{k+1}}{k+1} \right]_{x_0}^{x_2} = \left( \frac{x_2^{k+1}}{k+1} \right) - \left( \frac{x_0^{k+1}}{k+1} \right) = \left( \frac{x_2^{k+1}}{k+1} \right) - \left( \frac{1}{k+1} \right) = \frac{x_2^{k+1} - 1}{k+1}$$

Dersom  $E = -1$  blir dette arealet:

$$A_{grønt} + A_{rødt} = \int_{x_0}^{x_2} x^{-1} dx = [\ln(x)]_{x_0}^{x_2} = \ln(x_2) - \ln(x_0) = \ln(x_2)$$

Det røde arealet kan uttrykkes som:

$$A_{rødt} = y_2(x_2 - x_0) = x_2^{k+1} - x_2^k$$

Det blå arealet kan uttrykkes som:

$$A_{blått} = x_0(y_0 - y_2) = 1 - x_2^k$$

Endringen i konsumentoverskuddet kan uttrykkes som summen av det blå og det grønne arealet. Dersom  $E$  ikke er  $-1$  blir dette arealet:

$$\begin{aligned} \Delta KO &= (A_{grønt} + A_{rødt}) - A_{rødt} + A_{blått} = \frac{x_2^{k+1} - 1}{k+1} - (x_2^{k+1} - x_2^k) + (1 - x_2^k) \\ &= \frac{x_2^{k+1} - 1 - (x_2^{k+1} - x_2^k)(k+1) + (1 - x_2^k)(k+1)}{k+1} = \\ &= \frac{x_2^{k+1} - 1 - kx_2^{k+1} - x_2^{k+1} + kx_2^k + x_2^k + k + 1 - kx_2^k - x_2^k}{k+1} \\ &= \frac{k - kx_2^{k+1}}{k+1} = \frac{k(1 - x_2^{k+1})}{k+1} \end{aligned}$$

Dersom vi setter inn  $k=1/E$  og  $x_1 = T_1/T_0$  får vi:

$$\Delta KO = \frac{1 - \left( T_2/T_0 \right)^{1+E/E}}{1+E}$$

Dersom  $E = -1$  blir arealet:

$$\Delta KO = (A_{grønt} + A_{rødt}) - A_{rødt} + A_{blått} = \ln(x_2) - (x_2^{k+1} - x_2^k) + (1 - x_2^k) = \ln(x_2) + 1 - x_2^{k+1}$$

Dersom vi setter inn  $k=1/E$  og  $x_1 = T_1/T_0$  får vi:

$$\Delta KO = \ln \left( T_2/T_0 \right) + 1 - T_2/T_0^{1+E/E}$$







Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Publikasjonsekspedisjonen  
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO  
Tlf: (+47 915) 02030  
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

**Trygt fram sammen**