

# Bedre nytte-kostnadsanalyser av tiltak som innebærer endret kø-situasjon?

Case-studie med utgangspunkt i dagens modellverktøy

## FORORD

På oppdrag fra Statens vegvesen Vegdirektoratet har Numerika AS vurdert forbedret håndtering av endret kø-situasjon i nyttekostnadsanalyser. Utgangspunktet er regionale transportmodeller (RTM), verktøyet EFFEKT, og arbeidet i den norske verdsettingsstudien. Prosjektet er en del av FoU-programmet «Bedre by», som har som mål å bidra til å styrke datagrunnlag og analysemetoder for byområder.

Prosjektleder for oppdraget har vært Tom Normann Hamre, som også har gjennomført det meste av arbeidet med modellering og rapport. Torkild Hovde Lyngstad har også fulgt arbeidet, og har bidratt med innspill knyttet til metoder, samt kvalitetssikring.

Kontaktpersoner hos oppdragsgiver har vært Anne Kjerkreit og Guro Berge. I tillegg har Oskar Kleven, Henrik Vold, James Odeck, Kjell Johansen og Vidar Rugset bidratt i oppdragsgivers prosjektgruppe.

Vurderinger og anbefalinger i foreliggende rapport er gjort av Numerika AS.

Sarpsborg, juni 2016

Numerika AS

Tom Normann Hamre

# INNHold

Sammendrag .....	5
1 Bakgrunn og innledning .....	8
1.1 Hypotese .....	11
1.2 Premisser .....	12
1.3 Tidsulempe opptrer på flere ulike steg i nytte-kostnadsanalysen .....	12
1.4 Deloppgaver.....	15
2 Verdsettingsstudien etablerer en sammenheng mellom kø og opplevd tidsulempe .....	16
2.1 Grunnlag og metode.....	16
2.2 Om definisjon av kø .....	19
2.3 Hvordan kan vi bruke kunnskapen i nytteberegning og transportmodell? .....	22
3 Beregning av vektet tid med utgangspunkt i forsinkelsesfunksjoner .....	26
3.1 Modellverktøyet .....	27
3.2 En funksjon for beregning av vektet tid .....	29
3.3 Metoden stiller krav til design og bruk av forsinkelsesfunksjoner.....	35
3.4 Øvrig usikkerhet.....	35
4 Bruk av vektet tid .....	37
4.1 Trafikantnytte og tidsverdier.....	37
4.2 Vektet reisetid i etterspørselsmodell? .....	37
4.3 Vekting av tid vil bidra til å forsterke usikkerhet.....	38
4.4 Økt dynamikk gir større utfordringer med likevekt .....	39
5 Case-studie E18 vestkorridoren .....	41
5.1 Om utbyggingsprosjektet .....	41
5.2 Beregninger og hovedresultater.....	44
6 Oppsummering og konklusjon .....	52
Referanser .....	55
Vedlegg.....	56



## SAMMENDRAG

Statens vegvesen ønsker mer kunnskap om hvordan kø-kostnader kan fanges opp bedre i nyttekostnadsanalyser. Formålet med arbeidet i dette oppdraget er å tydeliggjøre muligheter og begrensninger som ligger i å kombinere *dagens modellsystem* med enhetsverdier etablert i verdsettingsstudien (Samstad et al. 2010). Gjennom en case-studie tester vi ut en definisjon av kø-tid som kan operasjonaliseres i dagens transportmodell (RTM med etterspørselsmodell Tramod-by), og gjør modellberegninger som tas videre inn i nyttekostnadsberegninger i EFFEKT.

Verken transportmodellene eller verktøyene for nytte-kostnadsanalyse skiller i dag mellom tid opplevd i kø og tid opplevd utenom kø. Ved analyse av vegprosjekter innebærer dette at en endring i kø-tid, i minutter, betyr det samme som endring i vanlig tid – tidsverdiene er gjennomsnittlige. I den norske verdsettingsstudien er det imidlertid estimert enhetsverdier som kan knyttes til tid i kø. Tidsverdi i kø-belastet trafikk (ved «betydelig kø») for korte reiser er her estimert til å være omtrent 3,5 ganger høyere enn gjennomsnittlig tidsverdi. Merk at dette også inkluderer komponenten reisetidsvariabilitet (ulempen av varierende/usikker reisetid og ankomsttid).

Definisjon av kø, eller rettere sagt «betydelig kø», er en viktig forutsetning ved kobling av kunnskapen fra verdsettingsstudien mot beregninger i transportmodellene. Vi skal her ikke innføre nye modeller og algoritmer, og velger å basere definisjon av kø og beregning av kø-tid på *graden av forsinkelse* på hver veglenke i transportmodellen. Graden av forsinkelse ser vi på som forholdet mellom tidsbruk i kø og tidsbruk utenom kø (fri flyt). Tidsbruk på en lenke i transportnettet avhenger (i transportmodellen) av

- skiltet hastighet/teoretisk utgangshastighet
- lenkelengde
- kapasitet
- trafikkvolum
- egenskaper ved funksjonsforløpet til en volum/hastighet-kurve

Når graden av forsinkelse har nådd et visst nivå, tilsvarende «betydelig kø», lar vi hele vekt-faktoren gjelde på tidsulempen. Over et intervall fra «litt kø» til «betydelig kø» vil det være naturlig at vekt-faktoren gjør seg gradvis gjeldende. Denne overgangsfasen har vi ikke empirisk grunnlag for å beskrive, og velger å la den styres av samme forløp som forsinkelsesfunksjonen på en lenke.

Den kan være en svakhet ved estimert kø-tidsvekt fra verdsettingsstudien at presenterte valg ikke tar høyde for sammenheng mellom andel køkjøring på en reise og kjørekostnader (betydelig økt drivstofforbruk ved kjøring i kø). Når andelen kø-tid forutsettes å øke vil

kostnadene også øke. Når denne økningen ikke er gjenspeilet i kostnadsvariabelen som er presentert for respondentene i undersøkelsen vil ulempen kunne fanges opp som en del av tidsulempen når det estimeres på SP-dataene. Slik vi bruker kø-tidsvekten i dette prosjektet er det kanskje ingen stor feil at dette fenomenet gjør deg gjeldende. Økte kjørekostnader pr km i køkjøring er nemlig ikke inkludert andre steder i nyttekostnadsanalysen. Når kø-tidsvekten inneholder et element av økt kostnad fanger vi opp endringer i opplevd drivstoffkostnad som endring i opplevd tid. Det er da størrelsen på tidsverdiene som bestemmer hvor stor feil vi får som følge av at kø-tidsvekten ikke fungerer som en «ren» tidsvariabel. På den annen side er det også uvisst i hvilken grad respondentene vurderer økte kjørekostnader i valgsituasjonen de blir presentert for. Det er ikke sikkert at alle er klar over at drivstofforbruket mer enn dobles ved kjøring i visse typer kø.

Et annet viktig poeng er at kø-tidsvektens adferdsrelevans i prinsippet bør avta ved økt tid tilbragt i kø. De fleste reisende har et tidsbudsjett, spesielt på arbeidsreiser i rush, og vil i praksis ikke kunne bytte ut for eksempel 1 time i kø med en omvei på 3 timer utenom køen, eller velge å bytte til en arbeidsplass som ligger 2 timer lenger unna. Bytter av denne typen ville være konsekvensen dersom en kø-tidsvekt av den størrelsen som er estimert i verdsettingsstudien ble implementert gjennomgående i transportmodellsystemet. Å bytte ut 2 minutter i nærmest stillestående kø med 6 minutter omkjøring i fri flyt er et mer realistisk scenario. Men å forutsette at hele kø-tidsvekten er adferdsrelevant og uavhengig av reisetid framstår altså ikke som realistisk. Dersom er vektning av tid i kø skal inkluderes i etterspørselsmodellen bør det være på en måte som ikke gir ekstreme og ulogiske utslag. Når det gjelder forutsatte tidsverdier i trafikantnytteberegningen i nyttekostnadsanalysen er det ikke like drastisk å inkludere kø-tidsvekten slik den presenteres i verdsettingsstudien (her kan vi i større grad inkludere ikke adferdsrelevant ulempe).

Det kan altså være riktigere å legge til grunn kø-tidsvekt fra verdsettingsstudien i nytteberegninger, men en lavere verdi ved modellering av etterspørsel. En re-estimering av etterspørselsmodellen Tramod-by vil også kunne avdekke størrelsen på den adferdsrelevante delen av en kø-tidsvekt. Vi anbefaler derfor at en kø-tidsvekt forsøkes estimert i videreutviklingen av etterspørselsmodellen Tramod-by. Det vil si uavhengig av verdsettingsstudien, og på dette modellsystemets premisser. Dersom en slik vekt kan påvises, og gir statistisk sett bedre modeller får vi en håndtering av kø-tidsulempe som blir konsistent med modellen for øvrig. Case-studien som er dokumentert i denne rapporten gir et bilde av implikasjonene av å innføre en relativt hardtslående kø-tidsvekt, noe som også inkluderer praktiske problemer med konvergens.

Merk at innføringen av en kø-tidsvekt kan ses på som en økt *differensiering av tidsverdier* i modell- og nytteberegninger, og den representerer således ikke en endring i metodikk eller påvirker begrepsdefinisjoner i det etablerte rammeverket. Tidsverdier er i dag allerede differensiert med hensyn til dimensjoner som reiseformål, reiselengde og reisemiddel. Å tillegge en trafikant en annen tidsverdi i en kø-kjørende bil sammenliknet med en vanlig bil er i

prinsippet det samme som vi gjør når vi tillegger en trafikant ulike tidsverdier på ulike kollektive transportmidler. Merk for øvrig at vi i denne rapporten ofte bruker begrepet *kø-tidsvekt* når vi sikter til en høyere tidsverdi for tid tilbragt i kø sammenliknet med utenom kø.

I utgangspunktet vet vi lite om hvordan kø-tidsvekten eventuelt varierer. Verdsettingsstudien gir ikke grunnlag for å skille på ulike reisehensikter med hensyn til kø. Samtidig er kø-kjøring et rushtidsfenomen, og rushtiden er dominert av arbeidsreiser. Både estimert kø-tidsvekt og reisene den anvendes på vil dermed vil i størst grad treffe arbeidsreiser.

At innfallsvinkelen til arbeidet i foreliggende rapport er like mye praktisk som teoretisk er bevisst. Dette handler om målet om at vurderingene skal kunne brukes konkret inn mot videreutvikling av ny etterspørselsmodell.

Modelleringen som er gjennomført i case-studien er tredelt. I første bolk er det gjort referansekjøringer med dagens offisielle metodikk. I andre bolk er trafikantnytteberegningen erstattet med en metodikk der det tas høyde for en kø-tidsvekt (høyere tidsverdier for tid tilbragt i betydelig kø). Etterspørselsmodellen er da beholdt uendret. I tredje bolk belyses effekten av å ta høyde for en kø-tidsvekt også i etterspørselsmodellen. Ikke uventet øker nytten betraktelig når vi tar inn vektning av kø-tid. Effekten varierer med delstrekning i analysen (E18 vestkorridoren), men ligger på ca 1,5-2 ganger trafikantnytte i referanse. Det er naturlig siden tiltaket i stor grad treffer kapasitet og dynamikk i rush. Øvelsen der vi forsøker å inkludere kø-tidsvekt i etterspørselsmodellen (ad hoc, og som en illustrasjon) viser også betydelig økt nytte, men i dette tilfellet bidrar store endringer i reisemønster i kø-belastede deler av modellen til at nivået begrenses.

Hovedkonklusjon fra arbeidet er at det kan la seg gjøre å inkludere en kø-tidsvekt og en beregning av kø-tid basert på dagens modeller og enhetsverdier. Verdier fra verdsettingsstudien er imidlertid mest aktuell å benytte i trafikantnytteberegning isolert sett. I etterspørselsmodellen er det viktig at vi kun har med den adferdsrelevante delen av en slik kø-tidsvekt, samtidig som vi må unngå urealistiske effekter. Dette er noe som eventuelt vil kunne estimeres i det pågående arbeidet med videreutvikling av etterspørselsmodellen Tramod-by. Mer dynamikk knyttet til opplevd ulempe av kø gir imidlertid utfordringer knyttet til likevekt og konvergens, med tilhørende økning i allerede lang regnetid, og representerer en mer praktisk utfordring.

# 1 BAKGRUNN OG INNLEDNING

Statens vegvesen startet i 2014 opp FoU-programmet «Bedre kunnskapsgrunnlag for endret transportmiddelfordeling i byer» («Bedre by»). Programmet har som overordnet mål å frambringe et godt faglig grunnlag og gode verktøy for prioritering av tiltak og virkemidler som bidrar til å nå de nasjonale målene for bytransport. Helt konkret handler dette om å:

1. Bidra til bedre datagrunnlag for å dokumentere og beregne effekter av tiltak og virkemidler i byområder
2. Bedre analysemetoder for å beregne og vurdere effekter av tiltak og virkemidler på transportetterspørsel og reisevaner i byområder
3. Bedre analysegrunnlag for samfunnsøkonomiske analyser i byområder
4. Gi innspill til retningslinjer og veiledninger i Statens vegvesen om metoder for transportanalyser og samfunnsøkonomiske analyser

Ett av temaene det arbeides nærmere med i programmet er kø- og forsinkelser.

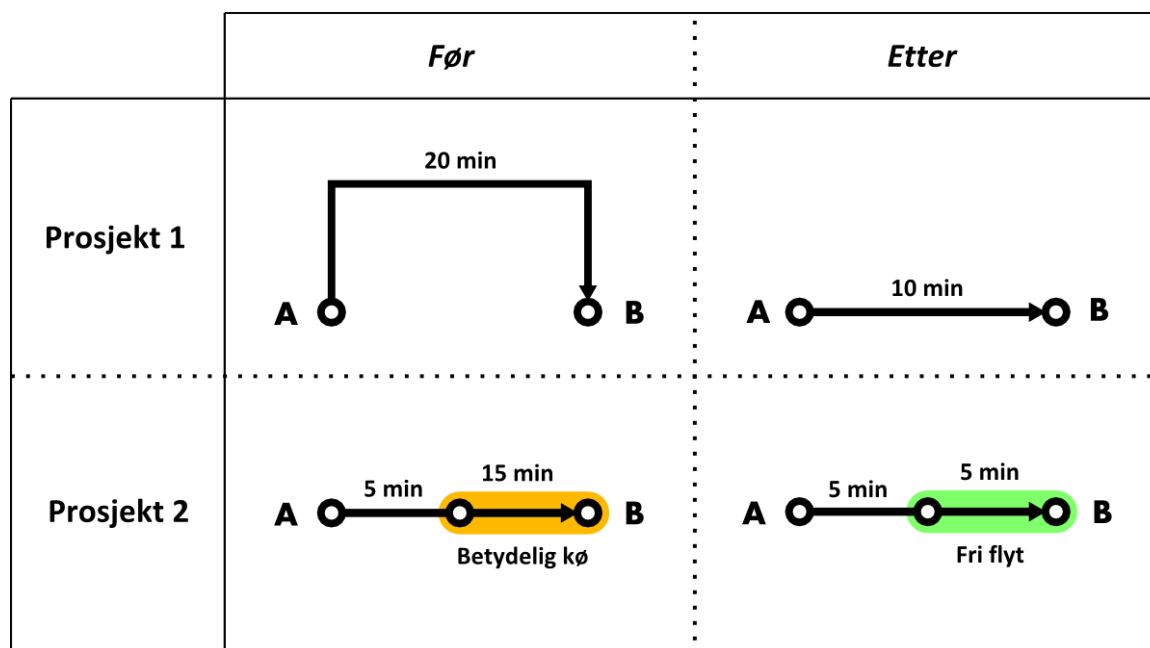
I den norske verdsettingsstudien (Samstad et al. 2010) er det etablert enhetsverdier som kan knyttes til tid i kø. Verken transportmodellene eller verktøyene for nytte-kostnadsanalyse skiller i dag mellom tid opplevd i kø og tid opplevd utenom kø. Det betyr at endring i kø-tid, i minutter, betyr det samme som endring i vanlig tid. Det er nå ønskelig å se på muligheten for å inkludere kunnskapen om kø-tid fra verdsettingsstudien i nytte-kostnadsanalyser, og å illustrere dette for et konkret vegprosjekt (case).

Det kan gjøres en innledende illustrasjon av hva vi potensielt «overser» ved å benytte dagens metodikk. I eksempelet i Figur 1 nedenfor er dette stilisert framstilt, men prinsippet vil gjelde i en reell anvendelse av RTM (dog med innslag av mye mer komplekse mekanismer, som kan bidra til å begrense prinsippets kvantitative potensial).

I illustrasjonen ser vi for oss to prosjekter, der det første (1) er en innkorting av en vegstrekning uten kapasitetsproblemer, slik at kjøretid med bil reduseres fra 20 minutter i før-situasjonen til 10 minutter i etter-situasjonen. I det andre prosjektet (2) er kjøretiden også 20 minutter i før-situasjonen, men  $\frac{3}{4}$  av denne tidsbruken er tid opplevd i betydelig kø (markert med oransje bakgrunn). Etter at et tenkt kapasitetsøkende tiltak er gjennomført reduseres kjøretiden til 10 minutter også i dette prosjektet. Poenget er at tiden som trafikantene sparer er en helt annen «type» tid i prosjekt 2 enn i prosjekt 1, nemlig opplevd tid i betydelig kø. I en modellberegning med alt annet forutsatt likt ville de to prosjektene imidlertid gitt samme effekt (i rushtidssituasjonen), og det vil også være tilfelle med tidskostnader og trafikantnytte i nytte-kostnadsanalysen. Hvis vi ser på hele døgnet ville prosjekt 1 gitt større effekter siden det også gir tidsbesparelser utenom rushtid. Prosjekt 2 ville ikke gi noen effekt i tidsperioder der det allerede er fri-flyt i utgangpunktet.



I verdsettingsstudien har man funnet at folk foretrekker å unngå kø. Det eksisterer altså en kø-tidsvekt, og dersom en slik vekt hadde vært anvendt i illustrasjonen så ville beregnet trafikantnytte blitt større i prosjekt 2 enn prosjekt 1. Bruk av en kø-tidsvekt vil altså kunne føre til at konsepter og alternativer i analyser av vegprosjekter rangeres annerledes. Og siden nivået på trafikantnytte heves, spesielt i områder med store kapasitetsproblemer, vil netto nytte også kunne øke.



**Figur 1 Om betydningen av å ikke skille mellom ulike typer tid**

Illustrasjonen forutsetter for øvrig at ingen trafikkerer kun *deler av* strekningene i prosjekt 1 eller 2. Og vi tenker oss at reisedistansen er lik i begge prosjektene, og ikke endrer seg. En kvantitativt riktigere versjon av prosjekt 1 kunne da være en heving av fartsgrensen, ikke en innkorting av veglengde.

Sannsynligvis eksisterer det ingen reelle tilfeller i dagens transportmarked som gjenspeiler akkurat disse eksemplene, men det kan definitivt tenkes tilfeller der prinsippet som er vist gir oss grunnlag for å konkludere på omtrent samme måte (når vi setter mulige prosjekter opp mot hverandre).

Illustrasjonen er en forsmak på hvilken effekt vi kan forvente å finne når vi tar i bruk en kø-tidsvekt. En vektning i størrelsesorden 2-3 for 10 minutter spart tid i området markert med oransje i figuren vil føre til en betydelig økt forskjell i trafikantnytte mellom prosjekt 1 og 2. Dersom en tilsvarende vekt også inkluderes i transportmodellen vil etterspørseffekten også bli betydelig større i prosjekt 2.

Vi legger til grunn at det både er ønskelig og riktig å ta i bruk kunnskap om verdsetting av kø-tid i transportanalyser og nytte-kostnadsanalyser. Det kan imidlertid være aktuelt å skille adferdsrelevante kostnadskomponenter fra nytterrelevante kostnadskomponenter. Med det kan vi legge opp til at ikke alle deler av transportmodellen responderer på kø-tid. Med andre ord tillate at uttrykket for generalisert reisekostnad i transportmodellen ikke er det samme som kostnaden vi tar inn i beregning av trafikantnytte.

Endringene i transporttilbud som har ført til etterspørselsendringene (beregnet av transportmodellen) er i dagens metodikk ikke de samme som endringene i transporttilbud vi regner på i nytte-kostnadsanalysen. Eller sagt på en annen måte: generalisert reisekostnad i etterspørselsmodellen er ulik generalisert reisekostnad i nytteberegningen. Betydningen av et slikt avvik er ikke et tema i dette prosjektet. Noe av dette handler om adferdsrelevans, men det kan også tenkes at det gir ulogiske effekter på detaljert nivå. Dette er en problemstilling som det anbefales å studere nærmere.

I denne rapporten tar vi for oss verdsetting av kø-tid, men det er selvsagt også flere faktorer/komponenter vi ikke håndterer, og som har betydning for «kvaliteten» ved en standard nytte-kostnadsanalyse. Dersom det er avhengigheter mellom disse manglende komponentene så kan det bli mer/mindre feil å ta med *noen men ikke andre*. Vi tenker da spesielt på kvalitetsfaktorer ved kollektivtransport, som er godt dokumentert i ulike undersøkelser. Disse har det ikke vært mulig å bygge inn i transportmodellene, og dermed heller ikke nytte-kostnadsanalysen. På samme måte som det eksisterer en verdsetting av kø-tid for bilreiser eksisterer det verdsetting knyttet til ulike komfort- og kvalitetsfaktorer for kollektivreiser, som trengsel, «skinnfaktor», pålitelighet med mer. Siden en eventuell innføring av en kø-tidsvekt for bilreiser i transportmodellen vil føre til større konkurranseflater og overføringer mellom bil og kollektivtransport så vil den også gi større effekt/mer dynamikk knyttet til endret trengsel på kollektive transportmidler.

For kollektivtransport har det i senere år (i noen sammenhenger) blitt gjort tilleggsanalyser som tar for seg endringer i kvalitetsfaktorer som ikke håndteres av standardverktøyene for transportanalyser og NKA (RTM og EFFEKT). At vi nå vurderer muligheten for å inkludere kø-tidsvekt for bilreiser bør kanskje innebære at det også ses på mulighetene for å inkludere flere faktorer for kollektivtransport i standardverktøyene.

Det var i utgangspunktet definert tre hovedoppgaver i dette prosjektet:

1. Definisjon av kø
2. Case-studie
3. Vurdering av enhetsverdier, modell og datagrunnlag

Definisjon av kø og vurdering av enhetsverdier fra verdsettingsstudien kan ikke gjøres uavhengig av hverandre eller uavhengig av oppgaven som handler om å operasjonalisere beregning og bruk av kø-tid i modell og nytteberegning. Strukturen på arbeidet og foreliggende rapport følger derfor ikke disse punktene som «bolker», men forsøker å ha en struktur der temaene håndteres

og kobles sammen friere. Rekkefølge og innhold er derfor mer i henhold til de tre punktene nedenfor, og det er gjenspeilet i innholdsfortegnelsen i denne rapporten:

1. Vurdering av grunnlag og metode for etablering av enhetsverdi for kø (kapittel 2)
2. Etablering og bruk av en metode for beregning og bruk av kø-tid, eller vektet tid, i modellverktøyet (kapittel 3 og 4)
3. Bruk av enhetsverdi og metode i en nytte-kostnadsanalyse for et valgt case (kapittel 5)

Merk at mye av arbeidet i prosjektet er knyttet til modellberegninger i RTM23+ og nytteberegninger i EFFEKT.

I kapittel 6 kommer vi med anbefalinger og forslag til hvordan det eventuelt kan jobbes videre med metodikk som tar bedre høyde for endret kø-situasjon i nytte-kostnadsanalyser.

## 1.1 HYPOTESE

Oppdragsgivers hypotese er at dagens modellsystem og enhetsverdier kan fungere i *nytte-kostnadsanalyse av tiltak i korridorer inn mot byer*. For analyser inne i byene, der trafikksituasjonen er mer kompleks, anses det som mer usikkert hvorvidt analyseverktøyene fungerer etter hensikten (eller om de kan tilpasses bedre håndtering av kø).

Her snakker vi altså om *kombinasjonen* av dagens modellsystem og uavhengig etablerte enhetsverdier. Med dagens modellsystem mener vi en standard regional transportmodell, kjent som RTM eller delområdemodell (Tørset et al. 2013, Malmin 2013). En slik modell er sammensatt av en nettverksmodell (Cube eller Emme), og etterspørselsmodellen Tramod-by (Rekdal et al. 2013). RTM er bygget som en strategisk transportmodell. I slike modeller beregnes gjerne trafikkflyt relativt forenklet. Dette er nærmere beskrevet i avsnitt 3.1. Korridorer til/fra byer, og trafikken som beveger seg i dem, kan imidlertid sies å ha egenskaper som gjør det lettere å angripe og videreutvikle temaet kø – enn det som er tilfelle for andre trafikksituasjoner. Enhetsverdier etablert i verdsettingsstudien foreligger på en form som kanskje kan passe bedre i det første tilfellet enn i det siste (se avsnitt 2.3).

Å «etterprøve» hypotesen handler i dette prosjektet om å drøfte ulike problemstillinger, og å benytte et case for å kvantifisere konsekvensene av å legge hypotesen til grunn. På denne måten får vi fram et bedre grunnlag for å ta stilling til hvorvidt/hvordan metoden for nytte-kostnadsanalyser kan/bør tilpasses kø-tid.

Arbeidet krever også at det etableres metoder for å løse konkrete beregningsbehov innenfor RTM. Det er en forutsetning for å gjennomføre case-studien. For det første er vi avhengig av en metode for beregning av opplevd tid i og utenom kø. Dette er utviklet og beskrevet i kapittel 3. Videre må det etableres et opplegg for beregning av trafikantnytte basert på en slik deling av tidsvariabelen. Når dette er på plass har vi grunnlag for å benytte EFFEKT til en samlet og komplett nytte-kostnadsanalyse, i henhold til håndbok V712 (Statens vegvesen 2014).

Det kan knyttes noen kommentarer til uttrykket «etter hensikten», nevnt i hypotesen. Til modellering av trafikkavvikling og kø i sentrale byområder har vi andre verktøy (for eksempel Aimsun i Statens vegvesen). Det har ikke vært en ambisjon at et strategisk modellverktøy som RTM skal uttrykke og gjenskape et slikt detaljeringsnivå. Vi kan slå fast at RTM *i utgangspunktet ikke modellerer* den komplekse trafikksituasjonen inne i byene. Det kan imidlertid argumenteres for at modellen fungerer bedre for trafikk i større korridorer. Dermed er det muligheter for å utvikle en hensiktsmessig håndtering av kø-tid for korridorer.

## 1.2 PREMISSE

Arbeidet skal ta utgangspunkt i dagens modellsystem. Det vil si dagens nettverksmodeller i kombinasjon med Tramod-by. Det innebærer at vi ikke tar i bruk ny programvare eller endrer metodikk på noen nevneverdig måte. Vi baserer oss på å *modifisere* beregningene innenfor dagens struktur<sup>1</sup>.

I transportmodellen uttrykkes framkommelighet og kø utelukkende gjennom de såkalte volume/delay-funksjonene (forsinkelsesfunksjonene). Design og bruk av disse funksjonene er kritisk for modellering av framkommelighet. Det er ingen andre elementer som er med på å bestemme forekomst av kø i RTM. I dette prosjektet legger vi derfor til grunn at beregning av kø-tid kan basere seg på eksisterende volume/delay-funksjoner (sammen med drøftinger og forutsetninger). Kø-tid vil da være en funksjon av forsinkelsen som beregnes med disse funksjonene. Dette handler også om konsistens i modelleringen. En direkte kobling mellom volume/delay-funksjonene og beregning av kø-tid ivaretar konsistens mellom etterspørselsmodell og nytteberegninger.

Andre premisser handler om valgt case, og datagrunnlag/koding knyttet til dette. Her bygges det på tilgjengelig datagrunnlag for utbyggingsprosjektet beskrevet i kapittel 5.

## 1.3 TIDSULEMPE OPPTRER PÅ FLERE ULIKE STEG I NYTTE-KOSTNADSANALYSEN

Rammeverket for nytte-kostnadsanalyser i transportsektoren er dokumentert i Minken et al. (2005). Dette danner grunnlaget for Statens vegvesens håndbok V712 (Statens vegvesen 2014), og beregningsverktøyet EFFEKT (seneste versjon 6.6 dokumentert i Statens vegvesen (2015) (1) og (2)). En del av rammeverket er den såkalte bruttometoden, der de som påvirkes av tiltaket er delt inn i fire sektorer:

- Trafikanter
- Operatører
- Det offentlige

---

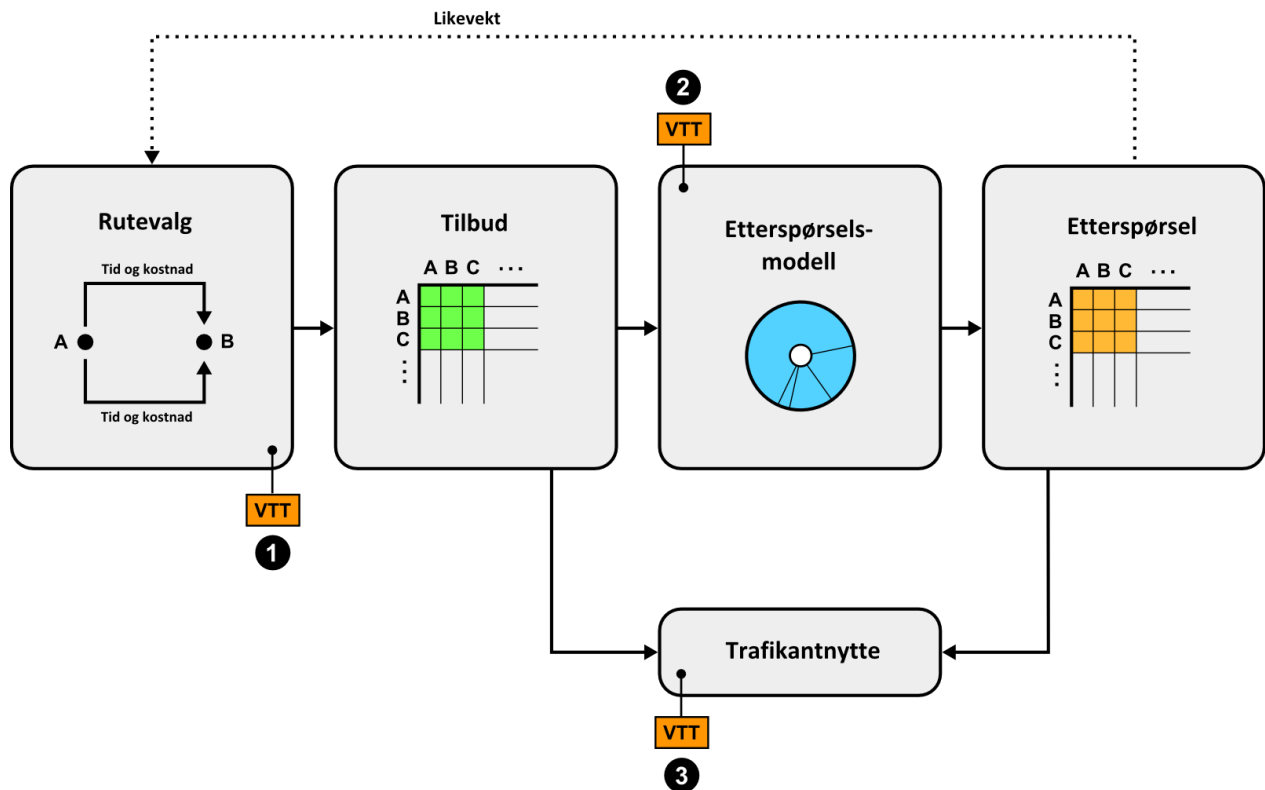
<sup>1</sup> Et foreliggende arbeid gjennomført av TØI tar for seg muligheter for modellering av kø utenfor dagens RTM-rammer (Flügel et al. 2014), men dette er altså ikke forenlig med «dagens modellsystem».

- Samfunnet for øvrig

Ved å ta i bruk en kø-tidsvekt er det først og fremst trafikantnyttene (brukernytten) vi rører ved (men det vil ha implikasjoner for andre sektorer). En essensiell brikke i nytteberegningen er uttrykket for brukernytte på en gitt reiserelasjon. Det beregnes trafikantnytte for en valgt transportmåte, en reisehensikt, og et reisetidspunkt.

Å differensiere tidsulempe etter type tid (tid i kø og tid utenfor kø) har i utgangspunktet ingen implikasjoner for selve metodikken. Alt kan beregnes og sammenstilles på prinsipielt samme måte som før. Vi har allerede en vekting av tid, representert gjennom tidsverdier. Og en kø-tidsvekt kan vi se på som at tidsverdien varierer med type tid (det er i bunn og grunn dette verdsettelsesstudien slår fast). Vi må imidlertid ta stilling til spørsmål knyttet til enhetsverdi og beregningsmetoder i transportmodellen.

Det er viktig å ha klart for seg hvor og hvordan tid opptrer som reiseulempe i modellverktøyet. Figur 2 illustrerer modelleringen som ligger til grunn for beregning av trafikantnytte i en nytte-kostnadsanalyse. Verdsetting av tid er her markert med VTT (value of travel time) tre steder i figuren. Ved beregning av transporttilbud som input til etterspørselsmodellen baserer vi oss på modellert rutevalg for veg og kollektivtransport, uttrykt og beregnet i en nettverksmodell (Cube eller Emme). Det er vanlig å la kilometeravhengige kostnader være med på å styre rutevalget for bil, sammen med eventuelle utlegg til bompenger eller ferje. Dette vektet med en faktor relativ til tid, og adderes til tidsbruk på lenker, slik at vi får et mål for generalisert tid. Dermed har vi altså en tidsverdi lagt til grunn i rutevalget. Med denne som forutsetning beregnes et sett av tilbudsmatriser (separate matriser for tid, avstand og kr-utlegg). Dette er de såkalte LoSdata-matrisene (Level of Service), som er en essensiell del av input til etterspørselsmodellen (Tramod-by). Nyttefunksjonene i etterspørselsmodellen uttrykker også en generalisert reisekostnad, men her er de implisitte tidsverdiene (2) i prinsippet ikke nøyaktig sammenfallende med tidsverdi (1) lagt til grunn i rutevalget. Årsaken til, og konsekvenser som følge av dette kommer vi tilbake til. Etterspørselsmodellen leverer så et sett av etterspørselsmatriser (start og målpunkt for reiser med ulike reisemidler, reisehensikter og reisetidsrom). På grunn av begrenset kapasitet i vegnett i rushtid må modellen iterere fram til en likevekt mellom tilbud og etterspørsel (illustrert med stiplet linje øverst i figuren). Når likevekten er nådd brukes tilbudsmatriser og etterspørselsmatriser i beregning av trafikantnytte. Det vil si endringer i tilbud og etterspørsel fra en referansesituasjon til et alternativ. På dette steget legges det til grunn et tredje sett av tidsverdier (3). Disse er heller ikke sammenfallende med verdiene forutsatt i (2) og (1).



**Figur 2 Tid og verdsetting av tid opptrer ulike steder i nytte-kostnadsanalysen**

For å imøtekomme noe av inkonsistensen kan det anvendes en egen tidsverdi i netttutlegging ved produksjon av tilbudsmatriser som skal inngå i nytteberegningene. Det vil si en variant av (1) som er med konsistent med verdiene i (3). Dette begrenser imidlertid ikke den delen av inkonsistensen som kan spores til etterspørselseffekt.

Inkonsistens i forutsatte tidsverdier representerer en feilkilde og et usikkerhetsmoment i en modellbasert nytte-kostnadsanalyse, og kan være en av forklaringene på at man i analyser opplever visse «ulogiske» effekter og resultater på detaljert nivå. Mange vegprosjekter innebærer endring i tidsbruk på strekninger i nettverket. Forutsatt tidsverdi i (1) er da med på å styre hvordan trafikantene bytter tid med kostnad og tilpasser rutevalget i de tilfellene der det finnes alternative rutevalg. Slike endringer fanges opp i tilbudsmatrisene som er input til etterspørselsmodellen. Men på grunn av ulike tidsverdier i (1) og (2) kan denne gi effekter som ikke er konsistente med endret opplevd ulempe knyttet til tilpassingen av rutevalget. Og i siste steg (nytteberegningen) verdsettes altså endringene med et tredje sett av tidsverdier. Årsaken til mangel på harmoni mellom de ulike stegene handler både om modellbygging og metodiske begrensninger. I etterspørselsmodellen og ved beregning av trafikantnytte skilles det mellom tidsverdier knyttet til ulike reisehensikter. Tidsverdi i rutevalg (1) kan imidlertid kun være representert med én verdi for all etterspørsel innenfor en trafikksituasjon. En segmentering her vil føre til utfordringer med løsnings (rutevalgets) entydighet, altså at modellen ikke klarer å

velge en bestemt rute. Når det gjelder etterspørselsmodellen så er denne formulert og estimert med mål om å gi best mulig tilpassing mot empiri, og med en inndeling i reisehensikter som er finere enn den som legges til grunn ved beregning av trafikantnytte. Det betyr at det ikke er et en-til-en-forhold mellom inndelinger i etterspørselsmodell og nytteberegningen som gjennomføres og legges inn i EFFEKT. Det er i dag heller ikke mulig å aggregere opp inndelingene (kategorier) slik at det blir sammenfall mellom etterspørselsmodell og EFFEKT. Mens tidsverdiene i Tramod-by sjelden vies oppmerksomhet, framholdes tidsverdier til bruk med EFFEKT i større grad som offisielle og uavhengig etablerte tidsverdier. Disse kan oppdateres uten hensyn til etterspørselsmodellen.

Alt dette danner et bakteppe når vi skal vurdere å ta inn kunnskap om verdsetting av tid i kø, i en slik nytte-kostnadsanalyse. Usikkerhet knyttet til inkonsistens er altså et forhold å ta i betraktning, og det er grunn til å anta at denne usikkerheten kan/vil forsterkes når tid vektet høyere.

## 1.4 DELOPPGAVER

Figur 2 over illustrerer hvor «tid» som reiseulempe opptrer i modellverktøyet. I punktene markert med (1), (2) og (3) kan kunnskap om verdsetting av tid i kø tas inn. Å kun bygge inn ulempen av kø-tid i trafikantnytteberegningen (3) anser vi for å være det enkleste alternativet, selv om det innebærer behov for å beregne kø-tid eller vektet tid som grunnlag for denne nytteberegningen. Håndtering av kø-tid spesifikt i etterspørselsmodellen (2) er mer problematisk, og vil forutsette ombygging og re-estimering av etterspørselsmodellen. Å håndtere ulempen av kø-tid spesifikt i rutevalget er ytterligere kompliserende.

I dette prosjektet vil vi fokusere på to mulige endringer:

- Å skille på type tid i trafikantnytteberegninger, det vil si å benytte en kø-tidsvekt slik at det blir høyere tidsverdi knyttet til tid i kø sammenliknet med tid i fri flyt.
- Å ta høyde for verdsetting av kø-tid også i etterspørselsmodellen. Det vil si at vi har med verdsetting av kø-tid representert både i etterspørselseffekten og i trafikantnytteberegningen. Tilpassingen i etterspørselsmodellen blir nødvendigvis svært ad hoc, men kan likevel tjene som en illustrasjon av hva vi kan forvente oss ved å bygge inn en kø-tidsvekt her.

Forutsetningene i rutevalgsmodellen vil vi ikke røre ved. Endring av disse forutsetningene er en type problemstilling som bør gjøres i en selvstendig utredning. Som påpekt over har vi et potensielt problem knyttet til ulik verdsetting av (samme) tid på ulike steg i modellering og nytteberegning, og det kan være ønskelig å ikke bidra til ytterligere inkonsistens.

## 2 VERDSETTINGSSTUDIEN ETABLERER EN SAMMENHENG MELLOM KØ OG OPPLEVD TIDSULEMPE

### 2.1 GRUNNLAG OG METODE

Verdsettingsstudien er basert på en spørreundersøkelse som presenterer respondentene for hypotetiske valg; en såkalt *stated preference*-undersøkelse (SP). Det er designet ulike valgsituasjoner med en tilhørende definert variasjon i antatt adferdsrelevante variable. Ved å variere på f.eks. reisetid og kostnader mellom alternativer vil respondenten gjennom valg av ett av alternativene «avsløre» en vektlegging av variable, som gjennom en statistisk analyse/modell kan brukes til å etablere en gjennomsnittlig tidsverdi (den relative betydningen av de to faktorene kostnad og tid, uttrykt i kr).

Etablering av kø-tidsvekt er dokumentert i Samstad (2010). Verdsetting av redusert tid i betydelig kø, er funnet å være 3.5 for korte bilreiser. Dette er å tolke som at en reduksjon i tid tilbrakt i kø er 3.5 ganger mer verdt enn en innsparing i vanlig reisetid. Det må også tolkes som at ulempen av et minutt tilbragt i betydelig kø er 3.5 ganger høyere enn et minutt tilbrakt i en trafikk situasjon lite preget av kø. Enhetsverdiene er i senere tid revidert for å ta hensyn til en annen inndeling i grenser for reiseavstand, tilpasset transportmodellene. Dette er dokumentert i Samstad (2014), men har ingen implikasjoner for kø-tidsvekten, som er den vi er mest interessert i dette prosjektet.

Helt konkret er det benyttet en multinomisk logit-modell for å estimere kø-tidsvekten. I praksis er dette gjort ved å formulere en modell som inkluderer parametere for kostnad, «vanlig reisetid», og kø-belastet reisetid, i tillegg til en alternativspesifikk konstant. Modellen er ikke segmentert, og skiller altså ikke mellom ulike reisehensikter eller respondentenes økonomiske eller demografiske kjennetegn. En kø-tidsvekt vil selvsagt variere med slike forhold. Eksempelvis kan personer utenfor arbeidsstyrken være mindre kø-sensitive enn personer i arbeidsstyrken. Det er nærliggende å spørre seg hvilke konsekvenser det vil ha å basere videreutvikling av nytte-kostnadsanalyser på en slik gjennomsnittlig verdi. Den viktigste manglende dimensjonen å tenke på i så måte er hvordan reiser i rushtid en sammensatt sammenliknet med reiser utenom rush. *Innenfor* rushtidssegmentet vil trafikanter bli utsatt for de samme framkommelighetsproblemene, men trafikkvolumets sammensetting er ikke nødvendigvis representativt for utvalget i undersøkelsen (som har styrt nivået på kø-tidsvekten).

Et annet usikkerhetsmoment er knyttet til hvordan beregnede enhetsverdier eventuelt er påvirket av egenskaper ved SP-undersøkelsen. SP-dataene som har gitt grunnlag for estimering av en kø-tidsvekt (eller en differensiering av tidsverdier) stammer fra følgende spørsmålsformulering i undersøkelsen (Samstad 2010, s 116):



**Tabell 1 Spørsmålsformulering for innhenting av SP-data til estimering av kø-tidsvekt**

**Introduksjonstekst**

*Veier, trafikkforhold og priser kan endre seg. Det betyr at din kjøretid i kø, din totale reisetid og reisekostnad kan endre seg. Med køkjøring mener vi her at hastigheten reduseres betraktelig på grunn av mye trafikk.*

*Tenk deg at du skal gjennomføre den samme eller en liknende reise igjen som den du har beskrevet. Du får nå 6 valg mellom reise A og B på skjermen. Din oppgave er å velge den reisen du foretrekker*

**Spørsmål**

*Ta utgangspunkt i følgende to bilreiser. Gitt alt annet likt, hvilken reise velger du?*

	Reise A	Reise B
Reisetid	60 min	50 min
Tid i kø	0% av reisetiden	20% av reisetiden
Kostnad	50 kr	44 kr

Design av svaralternativene baserer seg på en variasjon av reisetid, tid i kø og kostnad. Tabell 3 på side 67 i vedleggsdokumentet til Samstad (2010) viser hvilke fem nivåer som benyttes for variasjon i reisetid (antall minutter endring i tid, avhengig av tid oppgitt for referansereisen). Tabell 4a på side 69 i samme dokument viser nivåer for variasjon i kostnad (som prosent endring fra referanse, avhengig av nivå i referanse). Alternative verdier for andel tid i kø vises for henholdsvis lange og korte reiser i tabellene 5a og 5b på side 71. For korte bilreiser under 50 km én vei framgår det at «tid i kø» vil anta verdiene 0%, 10%, 20%, 40% og 60% av reisetiden. Verdiene som er satt opp som eksempler for reise A og B i Tabell 1 over er konsistent med en mulig (tilfeldig) utfall fra disse spesifikasjonene.

Respondentens eneste instruksjon eller veiledning til tolkning av forutsetningen «tid i kø» er formuleringen «at hastigheten reduseres betraktelig på grunn av mye trafikk». Her ligger det altså en viss tolkningsfrihet, både med tanke på årsaken til hastighetsreduksjonen og hva som er «betraktelig». Avgitte valg og estimerte enhetsverdier vil avhenge av respondentenes tolkning. Vi har ikke grunnlag for å kvantifisere betydningen av dette, men kan peke på ett forhold: Jo strengere forutsetning om kø desto lavere estimert kø-tidsvekt. Eller, jo «lavere terskel» for opplevelse av kø, desto høyere estimert kø-tidsvekt. Det er i og for seg ikke kritisk hvor på skalaen respondentene i gjennomsnitt har lagt seg, men dersom vi skal benytte estimert enhetsverdi så er det kritisk at vi har en mest mulig riktig oppfatning om denne forutsetningen; det handler om hvilke kø-situasjoner i transportmodellen vi kobler estimert kø-tidsvekt mot.

Problemstillingen knyttet til definisjon av kø kommer vi nærmere tilbake til i avsnitt 2.2.

Et annet moment som kan tenkes å påvirke beregnede enhetsverdier er utformingen av respondentenes valg. Fra Tabell 1 over ser vi at to tidsbegreper er med, sammen med kostnad. At kostnad er med betyr at tidsverdi kan beregnes fra modellen som er lagt til grunn (multinomisk logit). At total tid er med betyr at en *generell tidsverdi* kan estimeres uavhengig av type tid. At tid i «i kø» er med betyr at en *tidsverdi relatert til «tid i kø»* kan estimeres. Til sammen gir det grunnlag for å etablere en kø-tidsvekt. Resultatet fra denne delen av

verdsettingsundersøkelsen kan altså presenteres enten som en differensiert tidsverdi etter type tid (tid i og utenom kø), eller som en kø-tidsvekt. Merk at tidsverdi knyttet til «tid i fri flyt» ikke er presentert i undersøkelsen.

Spørsmålet er i hvilken grad variasjonen og spennvidden i variablene som presenteres for respondenten påvirker valgene som gjøres, og dermed estimerte koeffisienter i modellen (gjelder i prinsippet alle enhetsverdier). Dette spørsmålet har vi ikke mulighet til å forfølge innenfor vårt prosjekt. Et annet design for hvilke verdier som presenteres ville kanskje gitt et annet resultat. For å belyse eventuelle problemer med «vilkårlighet» knyttet til disse antakelsene kunne det vært mulig å dele opp datamaterialet og forsøke å estimere kø-tidsvekter for ulike segmenter med hensyn til hvilke nivåer som er presentert. På den annen side virker distribusjon innenfor 0-60% som ganske passende når det gjelder å koble resulterende enhetsverdi for kø mot den type reiser vi ønsker å bli bedre på å gjøre nytte-kostnadsanalyser av.

Et annet forhold å ta i betraktning dreier seg om hvilke former for ulempe respondentene (eller overført til en virkelig situasjon; *trafikanterne*) kobler til det å måtte tilbringe tid i kø. I tillegg til lav komfort (frustrasjon, stress mv) handler forekomst av kø også om usikkerhet knyttet til hvorvidt man vil komme fram i tide/når man ønsker. I verdsettingsstudien (Samstad 2010, side 13) konkluderes det med følgende:

*«Det er grunn til å tro at den høye enhetsprisen på køkjøring (tabell 3.6) til en viss grad skyldes reisetidsvariabilitet. Vi kan derfor ikke anbefale å bruke verdiene i tabell 3.6 og 3.7 samtidig.»*

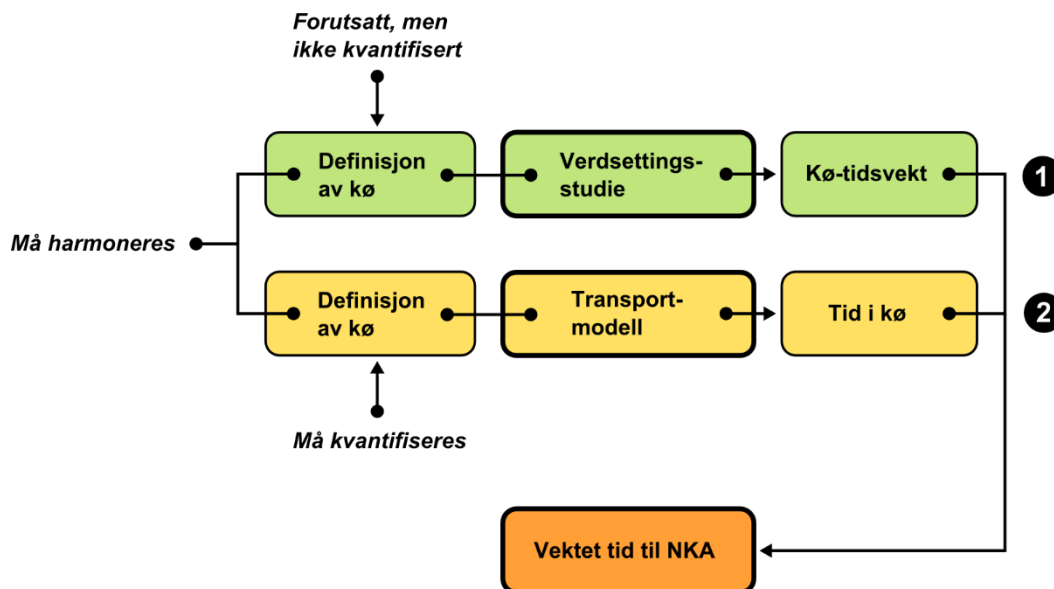
Et tiltak kan tenkes å redusere forventet tid i kø uten at variasjon i reisetid endres, og kanskje også motsatt. Det er imidlertid grunn til å anta en viss sammenheng mellom grad av kø og reisetidsvariabilitet. På den annen side vil reisetidsvariabilitet ganske sikkert variere geografisk i nettverk og mellom ulike alternative reiseruter. Utgangspunktet for dette prosjektet er å gjøre bedre analyser for korridorer inn mot byer. Dersom reisetidsvariabilitet for slike markeder avviker fra «den gjennomsnittlige reisetidsvariabiliteten» som er innbakt i estimert kø-tidsvekt, så vil vi gjøre en feil ved å anvende enhetsverdien. Også her mangler vi et godt datagrunnlag for å kvantifisere eventuelle forskjeller. Vi må altså legge til grunn at det er akseptabelt å anta at de to komponentene «komfort» og «variabilitet» er sammensatt på omtrent samme måte i situasjonen vi ønsker å benytte kø-tidsvekten i, som for gjennomsnittet av de hypotetiske kø-situasjonene respondentene velger å se for seg.

Den kan være en svakhet ved estimert kø-tidsvekt fra verdsettingsstudien at presenterte valg ikke tar høyde for sammenheng mellom andel køkjøring og kjørekostnader (betydelig økt drivstofforbruk ved kjøring i kø). Når andelen kø-tid forutsettes å øke vil kostnadene også øke. Når denne økningen ikke er gjenspeilet i kostnadsvariabelen som er presentert for respondenten vil ulempen kunne fanges opp som en del av tidsulempen når det estimeres på SP-dataene. Slik vi bruker kø-tidsvekten i dette prosjektet er det for så vidt ingen stor feil at dette fenomenet gjør deg gjeldende. Økte kjørekostnader pr km i køkjøring er nemlig ikke

inkludert andre steder i nyttekostnadsanalysen. Når kø-tidsvekten inneholder et element av økt kostnad fanger vi opp endringer i opplevd drivstoffkostnad som endring i opplevd tid. Det er da størrelsen på tidsverdiene som bestemmer hvor stor feil vi får som følge av at kø-tidsvekten ikke fungerer som en «ren» tidsvariabel. På den annen side er det uvisst i hvilken grad respondentene vurderer økte kjørekostnader i valgsituasjonen de blir presentert. Det er ikke sikkert at alle er klar over at drivstofforbruket mer enn dobles ved kjøring i visse typer køkjøring.

## 2.2 OM DEFINISJON AV KØ

Figur 3 nedenfor illustrerer behovet for og utfordringene knyttet til å definere hva kø er. En definisjon av kø er nødvendig både som grunnlag for tolking av beregnet kø-tidsvekt fra verdsettingsstudien, og i arbeidet med utvikling av et opplegg for beregning og bruk av kø-tid fra transportmodellen. I det første tilfellet er det ikke påkrevd, eller mulig, å etablere en strikt kvantifisert definisjon. Definisjonen vi bruker må likevel være strengt kvantitativ til bruk med transportmodellen (for generering av input til nytte-kostnadsanalysen).



**Figur 3 Om behovet for sammenfallende definisjoner av kø**







For å etablere en operativ og konsistent håndtering av kø-tid må det være mest mulig harmoni mellom kø-definisjonen i verdsettingsstudien og kø-definisjonen til bruk i transportmodellen. Hvis dette ikke er ivare tatt vil det kunne gi en over- eller underestimering av effekten vi forsøker å ta høyde for i nytte-kostnadsanalysen. Dette er et svært viktig poeng, men er samtidig en oppgave vi mangler mange holdepunkter for å løse. Problemet er blant annet at en del størrelser ikke uten videre lar seg kvantifisere.

Som påpekt i forrige avsnitt er respondentens oppfatning av begrepet «betydelig kø» avgjørende for hvilke valg som faktisk hentes inn i SP-undersøkelsen. Det er grunn til å anta at respondenten legger til grunn egne erfaringer med å kjøre i kø, og at dette bidrar til å bestemme hva som legges i begrepet «betydelig kø». Dermed vil det variere mellom respondenter. Det vil variere hvilken «type køkjøring» respondenten henter erfaringer fra. Noen reiser for det meste i korridorer av typen vi fokuserer på i dette prosjektet; motorveier med høy skiltet hastighet og forutsigbarhet i tid og omfang med tanke på kø. Andre reiser gjennom områder der andre typer forsinkelse og turbulens oppfattes som avgjørende; f.eks. av- og påkjøringer, lyskryss, fotgjengere og syklist, varetransport, buss-stopp. I begge tilfellene er forsinkelsen en funksjon av trafikkvolum, men i det siste tilfellet er det ikke i like stor grad «ren veikapasitet» og egenskaper ved veien som styrer trafikkavviklingen.

Vi kan også spørre oss hvorvidt «litt kø» er et begrep som gir mening og bør ta noe plass i problemstillingen. I overgangen mellom tett trafikk og betydelig kø finner vi situasjoner som respondenten kanskje uansett ikke er usikker på om hører hjemme i kategorien «betraktelig reduksjon i hastighet». Dette kan være et argument for å ikke fokusere for mye på hva respondenten legger i kø-begrepet (enten er det betydelig kø eller så er det ikke kø i det hele tatt...). Det er mulig at det sånn sett er viktigere å få et godt grep om hvordan vi definerer betydelig kø ved beregning av kø-tid fra modell.

I verdsettingsstudien henviser TØI til vegvesenets A til F gradering av kjøreforhold og kø, og antyder at kø-situasjonen som er lagt til grunn i undersøkelsen og avsnittet om verdsetting av kø-tid tilsvarer nivå E og F i graderingen. Denne er vist i illustrasjon og tekst nedenfor. Inndelingene er for så vidt nyttige som en beskrivelse av ulike kjøreforhold, men gir ingen direkte anvendelig kvantitativ definisjon vi kan legge til grunn for dette prosjektet.

### Trafikkforhold ved ulike servicenivå

<b>A</b> •Behagelig og så godt som frie kjøreforhold.	
<b>B</b> •Gode kjøreforhold. •Lett å foreta forbikjøringer.	
<b>C</b> •Trafikken flyter bra, men forstyrrelser oppstår. •Køer begynner og oppstår, forbikjøringer forsvarlig.	
<b>D</b> •Hindret trafikk med køer. •Vanskelig og risikabelt å kjøre forbi. •Bråbremsing forekommer, risiko for påkjøring bakfra.	
<b>E</b> •Lav hastighet, kontinuerlig kø. •Forbikjøringer så godt som umulig (nytteløst). •Kjøringen er anstrengende, hastigheten varierer mye, fare for kjedekollisjon. •Vanskelig og komme inn fra sidevei.	
<b>F</b> •Veien er blokkert. •Bilene beveger seg meget langsomt, og stopper iblandt.	

De enkelte service-nivå innebærer følgende avviklingsforhold:

- Lav tetthet og liten interferens med annen trafikk. Hastighetene bestemmes bare av trafikantenes ønske, hastighetsgrenser og vegens utforming.
- Interferens med annen trafikk begynner å gjøre seg gjeldende, men det er fortsatt god anledning til selv å velge hastighet, og på flerfeltsveger kjørefelt.
- Fortsatt stabil trafikkavvikling, men hastighetene er nå i høyere grad kontrollert av medtrafikantene og mulighetene til å velge hastighet, skifte kjørefelt eller foreta forbikjøringer er begrenset.
- Man nærmer seg ustabil trafikkavvikling. Hastighetene er akseptable, men sterkt påvirket av trafikkforholdene. Trafikantene har liten anledning til å velge hastighet og skifte felt. Små variasjoner i volumet kan forårsake betraktelige fall i hastighetene. Kjøreforholdene er lite tilfredsstillende, men kan tolereres over kortere tidsrom.
- Dette nivået kan ikke beskrives ved hastigheten alene, men representerer trafikkavvikling ved lavere hastigheter enn servicenivå D og med volum tilsvarende, eller nær vegens kapasitet. Ved volum lik kapasiteten er hastighetene 40- 70 km/t, avviklingen på grensa til å bli ustabil så kortvarige stopp kan inntreffe.
- Ustabil avvikling. Trafikkavviklingen kjennetegnes ved lave hastigheter, volum mindre enn vegens kapasitet, kødannelser og periodevis full stillstand.

**Figur 4** Gradering av kjøreforhold og kø. Illustrasjon og beskrivelser fra vegvesenets håndbok 159 (s 14 og 15)



## 2.3 HVORDAN KAN VI BRUKE KUNNSKAPEN I NYTTEBEREGNING OG TRANSPORTMODELL?

Som illustrert innledningsvis skiller dagens transportanalyser ikke på «type opplevd tid». Det vil si at en endring i kø-tid verdsettes likt som en endring i ordinær tid. Gjennom verdsettingsstudien er det altså pekt på eksistensen av en kø-tidsvekt, eller ulike tidsverdier knyttet til tid tilbrakt i eller utenom kø. Når vi skal vurdere og ta i bruk denne kunnskapen er det en rekke spørsmål som kommer opp. Mange av disse spørsmålene er det ikke uten videre lett å kvittere ut eller bestemme konsekvensen av, men en drøfting av dem kan danne et bakteppe for tolkning av modellresultater og vurdering av usikkerhet i ulike analyser.

Forskjellen mellom det å oppleve og å være *forespeilet* å oppleve er et av spørsmålene. Vi må huske på at transportmodellen er en *valgmodell*, der ulike personer – eller befolkningssegmenter - velger mellom ulike alternativer basert på hvilken ulempe de er forespeilet å oppleve i hvert tilfelle. Nærmere bestemt gjøres det en sannsynlighetsfordeling på de aktuelle alternativene. Det å være *forespeilet* en ulempe er en essensiell del av modellkonseptet, og forutsetter at transporttilbudet er godt beskrevet og modellert for alle dimensjoner, også de alternativene som det er lite sannsynlig at vil velges; det er nettopp gjennom en beskrivelse av alternativene og kvantifisering av reiseulempen at disse alternativene velges bort. Samtidig forutsetter dette at alle er *fullt ut informert* om valgmulighetene sine til enhver tid, og ulike egenskaper knyttet til disse (for eksempel kø-situasjonen). Dette er selvsagt ikke tilfelle i realiteten. Konsekvensen av dette er i første omgang at transportmodellen gir resultater som er mer eller mindre feil som følge av at modellens forutsetninger ikke samsvarer med virkeligheten. Dersom vi også tar inn en kø-tidsvekt i etterspørselsmodellen innebærer det at feil og usikkerhet forsterkes ytterligere. Se forøvrig Figur 2 på side 14, der kø-tidsvekt i etterspørselsmodell vil være rettet inn mot punktet markert med (2).

Det er et alternativ å ta høyde for en kø-tidsvekt kun i beregningen av trafikanntytte; markert med (3) i samme figur. Da vil etterspørselsmodellen altså ikke respondere på endringer i kø-situasjon men kun ren reisetid. Endringer i beregnet kø-tid kan likevel brukes sammen med en kø-tidsvekt i trafikanntytteberegningen.

Å inkludere en kø-tidsvekt i rutevalg, markert med (1) i figuren, ville representere det mest kompliserende grepet. Dette drar med seg så mange problemstillinger at vi anbefaler å ikke forfølge sporet videre.

Andre spørsmål handler mer om egenskaper ved selve enhetsverdien for tid i kø. Vi forsøker å drøfte dette i de påfølgende avsnittene.

### 2.3.1 Hvilke kø-situasjoner er i utgangspunktet relevante for nytte-kostnadsanalyser?

Dette handler om hva transportmodellen faktisk uttrykker og håndterer. I utgangspunktet er det *begrenset vegkapasitet* modellen tar høyde for; med fokus på veglenker. Den håndterer ikke kryssforsinkelser eller redusert hastighet som følge av annen turbulens i nettverket. Den tar heller ikke høyde for uforutsette hendelser (kø som følge av ulykker). Det betyr at samlet tid tilbrakt i vegtrafikk etter alt og dømme er signifikant lavere i modellen enn i virkeligheten. I utgangspunktet må vi si at all forsinkelse modellen uttrykker representerer tidsbruk i kø som er relevant å ta inn i nytte-kostnadsanalyse. I tillegg finnes det altså komponenter som kunne vært vurdert, men som modellverktøyet uansett ikke håndterer. Endring i kø-tid som modellen ikke håndterer kan det i prinsippet tas høyde for i EFFEKT, for eksempel ved å etablere sammenhenger mellom ulykker og ekstra forsinkelser. Det er imidlertid sannsynligvis store utfordringer knyttet til å gjøre dette i praksis (spesielt knyttet til empirisk grunnlag).

### 2.3.2 Hvilket sammenfall er det mellom «adferdsrelevans» og «nytterelevans»? Hva bør med i modellering av etterspørselseffekter og hva bør med i beregninger av trafikantnytte?

At en variabel er atferdsrelevant innebærer at den er relevant å inkludere i formulering av en modell av trafikanters valg (deres atferd) eller i en eller annen form for beregning av etterspørselseffekter av et tiltak. Selv om en variabel ikke anses som adferdsrelevant kan den likevel være nytterlevant; altså slik at endringer i variabelen kan gi endringer i nytte selv om den i seg selv ikke har vært en del av variablene som har ført til endring i etterspørsel.

Alt som kan sies å være adferdsrelevant er i utgangspunktet relevant å ta med i en nytteberegning. Videre kan det tenkes å være komponenter i nytteberegningen som ikke er adferdsrelevante, eller ikke inkludert i etterspørselsmodellen av andre årsaker; f.eks. at det ikke finnes metodikk eller data. Generelt bør alle komponenter som uttrykker en reiseulempe/kostnad forsøkes inkludert i både transportmodell og nytte-kostnadsanalyse. For transportmodellen er det avgjørende at det er mulig å etablere velfungerende grep som er godt støttet på empiri.

Når det gjelder endret kø-situasjon så er det høyst relevant å inkludere dette i nytteberegningene; det handler om en økt differensiering av tidsverdier. Det er også en relevant komponent i modellering av tilbud/etterspørsel, men som nevnt flere steder i denne rapporten så vil det bidra til økt usikkerhet i modellresultater. Samtidig må vi tenke på hva en kø-tidsvekt impliserer. At noen kan velge å kjøre en omvei som tar 7 minutter med høy hastighet, for å unngå å sitte i svært saktegående kø i 2 minutter, er kanskje ikke usannsynlig. Derimot virker det ikke som et reelt alternativ å kjøre en omvei som tar 2 timer og 20 minutter for å unngå å sitte i kø i 40 minutter. Det er imidlertid dette som ville være implikasjonen for en del rushtidsreiser mellom Asker og Oslo sentrum dersom en kø-tidsvekt på 3,5 legges til grunn. På enkelte dager kan kjøretiden på denne strekningen være godt over en time, og andelen tid tilbragt i betydelig kø kan komme opp mot 40 minutter.

### 2.3.3 Hva betyr endring av reisevaner?

Det er mange som åpenbart velger å reise med bil inn i rushtrafikken, selv med forventning om rushtrafikk og kø-tid. Skyldes dette alltid at generalisert kostnad for alternative reisemåter (kollektivtransport) er så høy, eller oppfattes som så høy, at de ikke vurderes som aktuelle? Er det ikke aktuelt å velge andre destinasjoner eller andre reisetidspunkt? Eller kan det også skyldes at trafikanter har tilpasset seg slik at de ikke opplever kø så ugunstig som de «i utgangspunktet skulle ha gjort»?

En slik tilpassing kan handle om erfaring med kø-kjøring, bedre kunnskap om når køer inntreffer, bedre kunnskap om hvordan trafikkbildet utvikler seg innenfor et tidsrom, mulig omkjøringsveier osv. Det er mulig at bilisten da bli mer komfortabel med kø som fenomen og ikke opplever dette som like uheldig som tidligere.

Vi bør imidlertid kunne legge til grunn at disse momentene allerede ligger implisitt i den etablerte kø-tidsvekten fra verdsettingsstudien, gjennom at hver respondent har lagt egne erfaringer og tilpassinger til grunn for valgene i SP-undersøkelsen. Det som vil ha implikasjoner for enhetsverdier er *endret grad* av slik tilpassing. Dette har vi ikke grunnlag for å studere, men kanskje er det ikke urimelig å anta at ulempen av «den samme køen» vil falle noe over tid. På den annen side er det også mulig å tenke seg at en andel av trafikantene etter en tid «har fått nok» av kø-problemene, og dermed søker andre alternativer, selv om kø-situasjonen har vært konstant over en periode. Det vil i så fall veie motsatt vei (en økt kø-tidsvekt).

Når det gjelder trafikantenes muligheter til å tilpasse seg må vi også huske på at de fleste har et tidsbudsjett. Det begrenser handlingsrommet. Det er sjelden aktuelt å velge å bruke *betydelig* mer tid (jf bemerkning i 2.3.2) for å unngå annen ulempe. Sånn sett kan man sitte i kø og kjenne på den økte ulempen av det, uten at man har muligheten til å bytte ut denne «vektede tiden» med en omvei som innebærer mye mer «uvektet tid» (klokkeid i fri flyt).

### 2.3.4 Hva betyr forutsigbarhet, isolert sett?

Den etablerte kø-tidsvekten inneholder en komponent av uforutsigbarhet. På den andre siden er mye opplevd kø-tid svært forutsigbar for trafikanter, og især gjelder dette i korridorer inn mot byer. De fleste trafikantene som kjører inn i disse køene på et gitt tidspunkt er fullt klar over at de sannsynligvis vil tilbringe tid i kø. Dette kan gi grunnlag for å anta en lavere kø-tidsvekt enn den verdien som er brukt her.

Bilførere kan tilpasse avreisetidspunkt basert på tidligere erfaringer om kø-situasjonen på turen de skal utføre. På denne måten kan de eliminere deler av ulempen knyttet til å komme for sent fram til destinasjonen.

Hva sier så studien om verdien av uforutsigbarhet, isolert sett? Verdien av variasjon i reisetid (målt som en endring i reisetidens standardavvik) er estimert til 0.4. Det betyr eksempelvis 6 kr



for en reise hvis standardavvik i reisetid reduseres med 10 min, og med VOT 85 kr. En slik komponent, knyttet til uforutsigbarhet, ligger altså implisitt i beregnet kø-tidsvekt. Samtidig kan vi tenke oss at det finnes kø-situasjoner som er mer forutsigbare enn andre. Det kan argumenteres for at en modell- og nytteberegning for et prosjekt rettet mot en slik situasjon burde operere med en redusert kø-tidsvekt. En slik segmentering av kø-tidsvekten ville imidlertid føre til noen metodiske utfordringer. Det ville være feil å legge til grunn en fast distinksjon mellom forutsigbar og ikke-forutsigbar kø, siden dette i praksis vil variere med scenario både i virkeligheten og i transportmodellen. Det er viktig å unngå vilkårlige effekter, og vi anbefaler derfor at det ikke gjøres noen differensiering av kø-tidsvekten. Innsatsen bør heller være knyttet til å beregne en mest mulig riktig kø-tid. I beregningen av kø-tid kan det i prinsippet være mulig å kompensere for høy/lav forutsigbarhet. Dette bør selvsagt gjøres med varsomhet, og helst spesifikt for hvert enkelt prosjekt.

### 2.3.5 Er dagens modellsystem helt fritt før kø-tidsvekt, eller har vi i realiteten tatt høyde for et element av dette gjennom andre tilpassinger som er gjort?

Volume/delay-funksjonene er til en viss grad tilpasset for å gi kjøretider og reisemønster som samsvarer best mulig med empiriske reisemønstre. Det kan bety at vi allerede har tatt høyde for en form for kø-tidsvekt, gjennom «ekstra tilstramming» av kapasitet eller andre parametere. Når vi skal ta inn en kø-tidsvekt ville det derfor vært mer ryddig å starte fra bunnen av, med alle prinsipielle forutsetninger på plass før man starter tilpassinger og kalibrering.

### 2.3.6 Er det riktig å bruke samme kø-tidsvekt for alle reisehensikter og demografiske segmenter?

Hvilken feil gjør vi ved å *ikke* segmentere kø-tidsvekten? Tidsverdier i transportmodellen for øvrig er til en viss grad segmenterte. Det handler først og fremst om forskjeller mellom ulike reisehensikter, og innebærer altså i praksis at vi har fem ulike tidsverdier for reiser med bil. Å benytte en kø-tidsvekt mot reisene med de høyeste tidsverdiene i utgangspunktet resulterer selvsagt i svært høye tidsverdier.

Vi har benyttet én gjennomsnittlig kø-tidsvekt på hvert enkelt av flere segmenter som har sin egen spesifikke tidsverdi. For spesielt arbeids- og tjenestereisene kan tidsverdiene allerede innbefatte et innslag av kø. For andre reisehensikter er dette innslaget mindre. Det betyr at en gjennomsnittlig kø-tidsvekt virker fra ulike utgangspunkt. For å kompensere for dette kan det vurderes en justering av tidsverdi for hver enkelt reisehensikt. Et slikt arbeid kan være utfordrende, men vil kanskje kunne basere seg på materialet fra verdsettingsstudien. Det er ikke lagt opp til å se nærmere på temaet innenfor dette prosjektet, men det bør altså være et punkt å vurdere i eventuelt videre arbeid.

### 3 BEREGNING AV VEKTET TID MED UTGANGSPUNKT I FORSINKELSESFUNKSJONER

Dersom kø-tid skal håndteres innenfor dagens modellsystem må V/D-funksjonene i nettverksmodellen danne utgangspunkt for beregning av kø-tid (grad av kø). Det er et premiss i dette prosjektet at vi tar utgangspunkt i dagens modellverktøy. Der er selvsagt mulig å se for seg en egen modul for beregning av kø-tid til bruk i nytteberegninger, men dersom denne løsrives fra modelleringen av framkommelighet og etterspørselseffekter ellers i modellen vil det innebære (ytterligere) konsistensproblemer. Etterspørselsendringer og nytte henger sammen, og ved å koble kø-tidsberegningene mot forsinkelsesfunksjonene kan vi i det minste begrense muligheten for ulogiske effekter.

Samtidig er egenskapene til forutsatte V/D-funksjoner en kritisk faktor ved etablering av en konsistent håndtering av kø-tid, som fungerer hensiktsmessig på tvers av alternativer i en analyse. Dette kommer vi tilbake til i kapittel 3.

Verdsettingsstudien etablerer ikke et grunnlag for påstanden, men vi legger det til grunn som innlysende at en kø-tidsvekt i praksis varierer med grad av kø. Kø-tidsvekten fra verdsettingsstudien korresponderer med «betydelig kø», men det eksisterer også en (lavere) kø-tidsvekt, knyttet til «moderat kø». Spekteret av kø-situasjoner mellom fri flyt og betydelig kø er ikke nødvendigvis særlig bredt, men vi må likevel se for oss at kø-tidsvekten over et intervall er økende fra 1 til maksimal kø-tidsvekt. Vi sier altså at vekting av tid ikke skal opptre momentant. Like viktig er det å slå fast at vi i praksis ikke *kan* la en kø-tidsvekt inntreffe momentant. En slik enten-eller-mekanisme ville i så fall gi store problemer med å finne en likevektsløsning i transportmodellen; dersom kø-tidsvekten integreres i etterspørselsmodellen. Og selv om den ikke tas med i etterspørselsmodellen så ville det bidratt til stor usikkerhet i beregnet trafikantnytte knyttet til etterspørsel på lenker som ligger på vippepunktet med tanke på grad av kø.

La oss si at  $g$  er kø-tidsvekten som hører til situasjonen «betydelig kø». I kapittel 3 vil vi etablere en funksjon for beregning av vektet tid på enkeltlenker. Det vil si at graden av forsinkelse ( $kø$ ) bestemmer hvilken vekt som skal benyttes. Dersom det er fri-flyt på en lenke vil tiden vektes med 1, og dersom det er svært dårlig framkommelighet/stor forsinkelse vil tiden vektes med  $g$ .

Det ligger selvsagt en usikkerhet knyttet til valg av funksjonsforløp for en kø-tidsvekt. Dette gjelder både innslagspunkt, hvordan kø-tidsvekt skal forutsettes å utvikle seg mellom «moderat redusert framkommelighet» og «betydelig kø», og på hvilket punkt verdien er oppe på  $g$ . De kvantitative holdepunktene fra verdsettingsstudien er svært begrensede med hensyn til dette.

Verdien til maksimal kø-tidsvekt  $g$  er også et usikkerhetsmoment i seg selv. Kø-tidsvekten inneholder minst to komponenter; den ene er knyttet til redusert «komfort» og den andre er knyttet til reisetidsvariabilitet. Tilstedeværelsen av spesielt den siste komponenten kan variere med type kø. Vi konkluderer imidlertid med at det ikke er grunnlag for å justere kø-tidsvekten slik at den passer bedre med marked og etterspørsel i vår analyse (case E18 vestkorridoren).

Å integrere en kø-tidsvekt i etterspørselsmodellen (Tramod-by) vil medføre økt følsomhet/ustabilitet mellom tilbud og etterspørsel, og økt regnetid som følge av behov for flere iterasjoner fram til likevekt. Dette må sies å være en klart uheldig bi-effekt av å inkludere en kø-tidsvekt, siden lang regnetid allerede oppleves som negativt i dagens modeller. Dette kommer vi tilbake til i avsnitt 4.4.

### 3.1 MODELLVERKTØYET

Når vi snakker om at «RTM» benyttes som verktøy i en transportanalyse, og som grunnlag for en nytte-kostnadsanalyse, kan det i praksis handle om to varianter av verktøyet, avhengig av om det er Cube eller Emme som benyttes som nettverksmodell. Vi kan kalle de Cube-baserte modellene for Cube-RTM. Emme-baserte modeller er først og fremst RTM23+ for Oslo/Akershus, og vi velger å benytte Cube-RTM og RTM23+ som benevnelse i denne rapporten (selv om det også finnes andre modellområder tilpasset med Emme som nettverksmodell). Når det ikke er viktig å poengtere hvilket verktøy vi snakker om kan vi også bruke «RTM» som begrep.

Angrepsmåte og formulering er litt forskjellig i de to systemene.

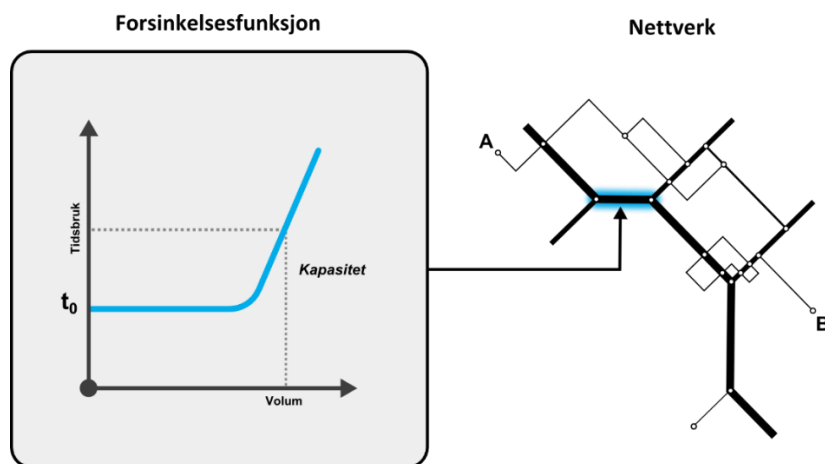
- Cube-RTM fokuserer på redusert *hastighet* som funksjon av trafikkvolum på en lenke. Forløpet til utvikling i hastighet uttrykkes her som en stykkevis lineær funksjon med tre knekkpunkter. Tidsbruken på en lenke finner man som lenkelengde dividert med hastighetsfunksjon.
- RTM23+ fokuserer på *forsinkelse*, i form av relativ endring i tidsbruk som funksjon av trafikkvolum på en lenke. Det benyttes en kontinuerlig deriverbar funksjon for hver lenke. Tidsbruken finner man dermed ved å multiplisere utgangshastighet med forsinkelse.

Gitt en lenkelengde kan vi selvsagt regne om mellom hastighet og tidsbruk i begge tilfeller, og dermed sette Cube-RTM og RTM23+ opp mot hverandre med hensyn til funksjonsforløp som følge av økt trafikkvolum.

Enhver bruk av RTM tar utgangspunkt i et transportnett kodet i Cube eller Emme. Ulike regionale modeller (RTM) eller delområdemodeller (DOM) som er utviklet i regi av NTP Transportanalyser benytter Cube, mens RTM23+ for Oslo/Akershus benytter Emme. Sistnevnte

er utviklet og vedlikeholdes i regi av PROSAM (samarbeid for bedre trafikkprognoser i Oslo-området). Selv om modellene benytter ulike tekniske plattformer til nettverksmodellering og brukergrensesnitt så er de metodisk sett analoge, og benyttes også samme underliggende algoritmer.

Figur 5 nedenfor illustrerer hvordan hver enkelt veglenke i nettverket til en modell er tilordnet en volume/delay-funksjon. Funksjonene uttrykker tidsbruk på lenken som funksjon av lenkelengde, skiltet hastighet, antall felt og trafikkvolum (innenfor én time). Ulike vegtyper/vegstandard håndteres ved at det benyttes ulike funksjoner for ulike vegtyper.



**Figur 5 Om bruk av volume/delay-funksjoner i et nettverk**

«Kapazität» inngår som et tall i funksjonene, men det blir unyansert å tenke på dette kun som ett tall når det gjelder å forstå modellmekanismer og tolke modellresultater. Kapasiteten opptrer som fenomen i en overgang mellom fri flyt og betydelig redusert hastighet, og dette er et intervall som spenner relativt vidt. Slik funksjonene til bruk med RTM23+ er designet i dag er kapasitetstallet som inngår i funksjonene det punktet (volumet) der hastigheten er halvert i forhold til fri-flyt-hastigheten,  $t_0$ , som i de fleste tilfeller tilsvarer skiltet hastighet (punktet for halvert hastighet fungerer ikke på samme måte i Cube-RTM). Funksjonenes kapasitet vil altså bidra til økt tidsbruk på de lenkene i nettverket der etterspørselen overstiger punktet der volum gir  $t > t_0$  (se venstre del av Figur 6 på side 30). Men trafikken på ulike lenker vil altså kunne befinne seg på svært forskjellige nivåer av forsinkelse ( $t/t_0$ ).

En sentral del av modelleringen er rutevalgsalgoritmen, som fordeler trafikk i nettverket med hensyn til ledig kapasitet, på en slik måte at når likevekt er oppnådd er det ingen trafikanter som kan oppnå kortere reisetid ved å endre rute mellom start og målpunkt. I Figur 5 kan vi se på etterspørsel mellom punktene markert med A og B som et eksempel. Her vil det i en fri-flyt situasjon være raskest å benytte hovedvegen (markert som den tykke linjen på skrå gjennom eksempelnettverket fra nordvest til sørøst). I en belastet trafikk situasjon vil etterspørselen på

enkelte lenker føre til så høy tidsbruk at det blir mer attraktivt å velge en annen veg. I eksempelet kan dette være en rute via lokalveier som ligger nord for hovedveien. På denne alternative ruten vil det imidlertid også kunne oppstå reduserte hastigheter som følge av økt trafikk. Rutevalgsalgoritmen sørger for å finne en likevekt i hele transportnettverket. Merk at det i dette ligger en forutsetning om at trafikantene foretar rasjonelle valg med hensyn til tid og kostnad, og dessuten at alle er fullt opplyst til enhver tid. Dette er selvsagt ikke tilfelle, og bidrar til usikkerheten i en modellanalyse.

Når rutevalgene er beregnet gir det grunnlag for å produsere en matrise med tidsbruk på alle reiserelasjoner. Det samme gjelder reisedistanse og bompenger. Kilometeravhengige kostnader og utlegg til bompenger er kostnader som det også er vanlig å ta inn i rutevalgsberegningen ved å uttrykke alle ulemper i form av en generalisert reisetid.

Beregningen tar utgangspunkt i en forutsatt etterspørsel. Neste steg er å beregne en ny etterspørsel som følge av en eventuell endring i nettverk eller andre inngangsdata til etterspørselsmodellen. Dermed må det itereres for å oppnå en likevekt også med hensyn til tilbud/etterspørsel på ulike reiserelasjoner, ikke bare med hensyn til rutevalget på hver enkelt reiserelasjon.

Proessen er den samme som er samlet framstilt i Figur 2. Merk at det er denne iterative prosessen, framtvet av kapasitetsbegrensninger, som er årsaken til at de større RTM-modellen i dag krever betydelig med regnetid. Beregning av tiltak som påvirker likevekten signifikant kan kreve mer enn 10 iterasjoner, og dermed «dager» med beregningstid.

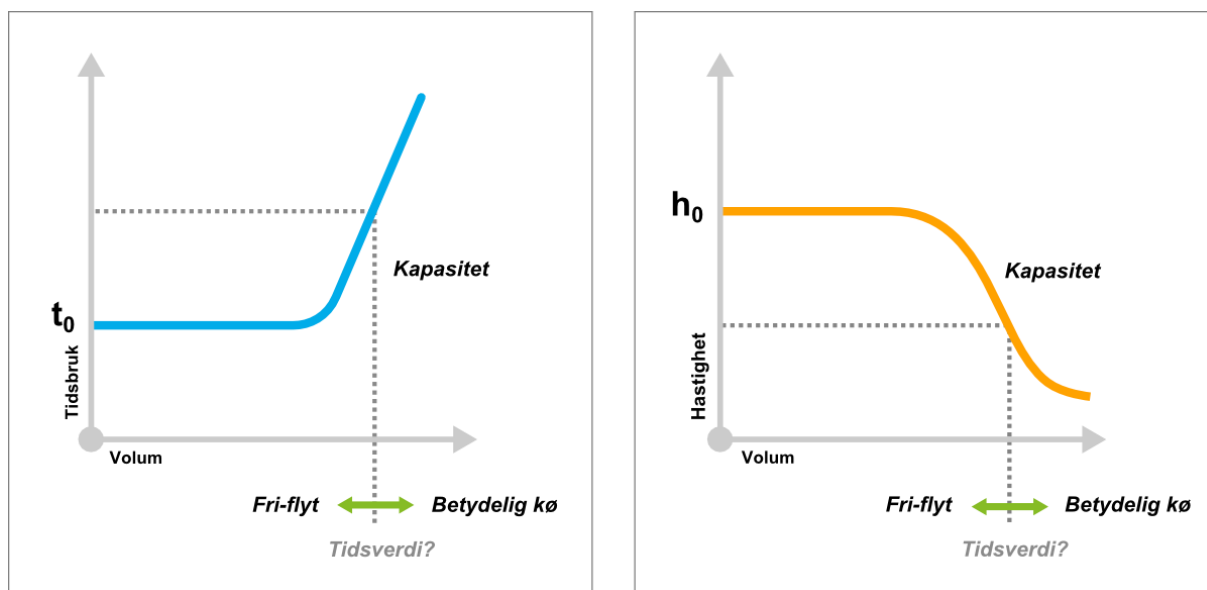
Differansen mellom en tidsmatrise beregnet i en rushtidssituasjon og en tidsmatrise beregnet for en trafikksituasjon utenom rush sier oss hvor mye ekstra tid som oppleves i rushtid. Dette tallet er ikke det samme som «tid i kø». All reisetid kan strengt tatt være kø. Dessuten er det slik at volume/delay-funksjonene begynner å endre verdi et stykke før det vi kan kalle «kapasitetsgrensen for kø». Dermed vil forsinket tid inneholde både tid i «litt forsinkelse», «moderat kø» og «betydelig kø». I avsnitt 3.2 ser vi nærmere på hvordan kø-tid eller en kø-tidsvekt kan beregnes med utgangspunkt i volume/delay-funksjonene.

### 3.2 EN FUNKSJON FOR BEREGNING AV VEKTET TID

I praksis kan vi se for oss flere forskjellige metoder for å anslå forskjeller mellom tid tilbrakt i og utenom kø i nytte-kostnadsanalyser. I dette prosjektet har vi vært innto to alternativer, som gir samme resultat, men som har ulike «mellomregninger». Alternativene er forskjellige i deres gjennomsiktighet og hvilke muligheter de gir for framstilling av resultater.

Det første alternativet innebærer å beregne separate matriser for tid tilbrakt i kø og utenom kø, og å knytte to ulike tidsverdier til disse. Det andre alternativet innebærer å anvende en kø-tidsvekt og produsere en matrise for vektet tid. Denne kan så inngå i nytteberegning sammen med én tidsverdi.

Begge metodene må legge til grunn en definisjon av kø, som vi har gjort operativ gjennom en matematisk funksjon. I alternativ 1 er hensikten med funksjonen, for hver enkelt lenke, å dele beregnet tid på lenken mellom «ordinær tid» og «tid i betydelig kø» (med en glidende overgang), slik at beregnet tid kan summeres i to ulike matriser. I alternativ 2 er hensikten med funksjonen å vekte modellert tid på hver lenke slik at denne kan summeres til én matrise for generalisert tid. Figur 6 viser hvordan volume/delay-funksjonene kan danne utgangspunkt for slike funksjoner. Høyre og venstre side av figuren illustrerer den samme mekanismen, men i det ene tilfellet illustrert som økt tidsbruk/forsinkelse, og i det andre tilfellet som redusert hastighet (helt konkret er det den første varianten som opererer i RTM23+, mens den andre i større grad formidles i Cube-RTM).



**Figur 6 Om innføring av to typer tid med utgangspunkt i volume/delay-funksjoner**

Figuren illustrerer angrepsmåten som vi legger til grunn i dette prosjektet, enten det er gjennom alternativ 1 eller 2 beskrevet ovenfor.

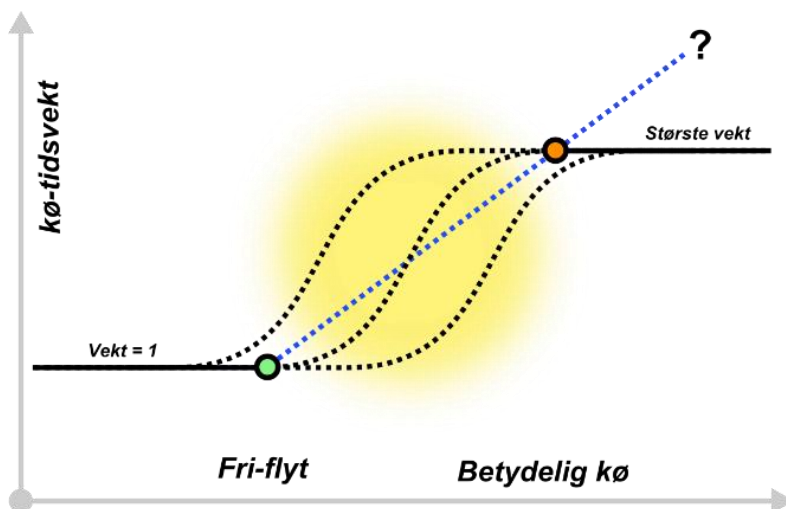
Tidlig i prosjektet ble alternativ 1 testet i praksis. Den impliserer separate trafikantnytteberegninger og å håndtere «parallele datasett». Det er da mulig å illustrere overgangen fra kø-tid til ordinær tid på en ganske så regnskapsmessig måte. Samtidig går det med mye tid til beregning og databehandling; tid som kunne vært spart ved en mer effektiv og målrettet angrepsmåte. Vi har derfor valgt å basere oss på alternativ 2 i beregningene og framstillingene i denne rapporten.

Det er tidligere påpekt at nettverksmodellens volume/delay-funksjoner er den eneste komponenten i modellsystemet som uttrykker forsinkelse og kø. Siden vi ikke skal innføre nye

metoder for modellering av trafikkflyt er det naturlig å ta utgangspunkt i disse funksjonene når vi skal etablere et uttrykk for kø-tid og/eller kø-tidsvekt.

Kø-tidsvekten som er estimert i verdsettingsstudien legger til grunn «betydelig kø», og «stated preference»-dataene gjenspeiler denne forutsetningen (presentert for respondentene). Det er imidlertid sannsynlig at den estimerte vekten i teorien kunne vært differensiert etter grad av kø; og at man kunne funnet lavere verdier knyttet til «moderat kø» enn til «betydelig kø». I transportmodellen, og i virkeligheten, forekommer ulike grader av kø/forsinkelse, og det er derfor ønskelig å ha med en differensiering av kø-tidsvekten. Dessuten er det i seg selv en fordel å unngå innslag av momentane steg (diskontinuerlige/ikke-deriverbare funksjoner).

La oss si at kø-tidsvekt som korresponderer med betydelig kø fra verdsettingsstudien er  $v_{maks}$ . Ønskede egenskaper ved en kø-tidsvekt,  $v$ , er altså at den er økende fra 1 til  $v_{maks}$  over et intervall fra «ingen kø» til «betydelig kø». Samtidig bør vi ikke ha verdier  $v > 1$  før situasjonen har beveget seg fra «ingen kø» til «litt kø» / «moderat kø». Dette er illustrert i figuren nedenfor, men som de stiplede linjene antyder er det ikke opplagt hvordan funksjonsforløpet skal velges.



**Figur 7 Om utforming av en funksjon for kø-tidsvekt**

Fortsettelsen av den stiplede blå kurven oppe til høyre er tatt med for å peke på ytterligere et spørsmål: Finnes det kø-situasjoner som er enda mer ugunstig enn forutsetningen i verdsettingsstudien, og dermed skal verdsettes enda høyere, med  $v > v_{maks}$ ? Vi velger å la dette spørsmålet ligge, og lar funksjonen ende på  $v_{maks}$ . I praksis er det ikke sikkert at resultatet ville blitt veldig annerledes dersom vi lot kurven fortsette. I tilfeller med «svært mye forsinkelse» vil transportmodellen i praksis finne en likevekt tilpasset konkurranseflaten mot andre transportmidler eller andre rutevalg for bil. Kombinert med liten etterspørsel knyttet til svært ugunstige reisvalg ville dette bidratt til å begrense det som vi i utgangspunktet kunne tro ville

være en stor effekt av å la kurven fortsette. Av hensyn til ryddighet i analysen som gjennomføres i dette prosjektet (og mangel på empiri) velger vi å ikke ta inn dette momentet.

Et annet moment som kan påvirke valget av funksjonsform er hensynet til likevekt og konvergens dersom vi tar i bruk kø-tidsvekt også i etterspørselsmodellen. Dersom kø-tidsvekter skal virke inn på effekt i etterspørselsmodellen (og ikke bare i nytteberegningen) må vi ha en «tilstrekkelig mild» overgang. Dersom skillet gjøres for momentant vil et tiltak som endrer kø-situasjonen kunne gi svingninger i likevekt som det blir vanskelig å for orden på i RTM/RTM23+. Hva som er en «tilstrekkelig mild» overgang fra 1 til  $v_{maks}$  er det vanskelig å si noe om på forhånd. Vi legger derfor heller opp til å teste dette i modellen i praksis. Utgangspunktet kan være en funksjonsform som følger volume/delay-funksjonene. Det vil si: vi velger innslagspunktet for  $v_{maks}$ , basert på en definert grad av forsinkelse, og lar funksjonsforløpet fra 1 til  $v_{maks}$  være proporsjonalt med forsinkelsen som volume/delay-funksjonene uttrykker.

Vi kan i utgangspunktet se for oss å basere dette på to mulige angrepsmåter:

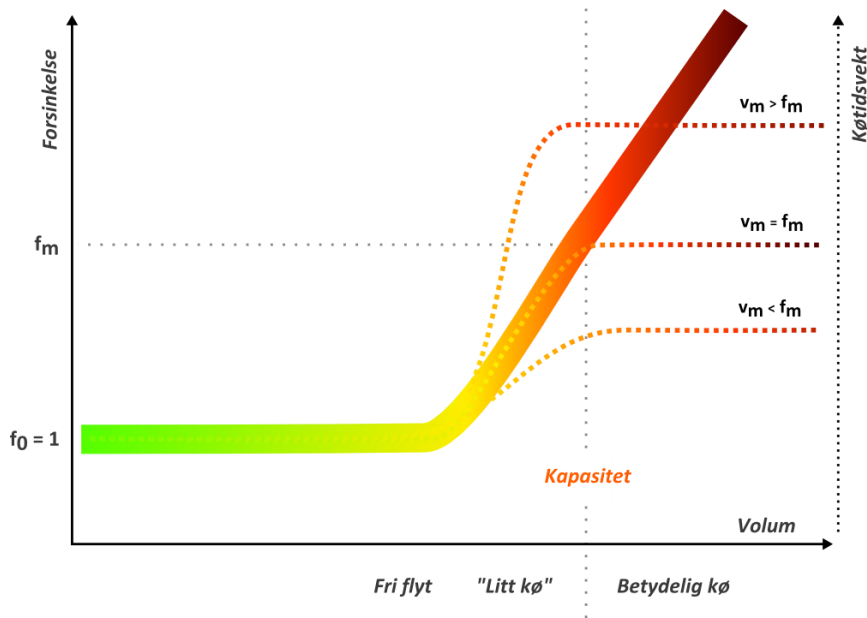
1. Betydelig kø = Når graden av forsinkelse overstiger et definert nivå
2. Betydelig kø = Når opplevd hastighet synker under et definert nivå

Det er fordeler og ulemper ved begge angrepsmåtene. En ulempe som er felles for begge er at endring av funksjon/fastsetting av ny funksjon i forbindelse med koding av nytt vegnett kan gi en inkonsistens. Selv om kvantifisering av kø er logisk *isolert sett* for hver enkeltlenke i et alternativ, så vil kvantifiseringen *relativt sett* kunne vi uheldige effekter *når vi setter ulike alternativer opp mot hverandre*. Et eksempel som allerede er nevnt er endring av skiltet hastighet. Det er ikke rimelig at endring av fartsgrense, f eks fra 80 til 90 km/t, i seg selv resulterer i en høyere grad av kø. Dersom begge disse v/d-funksjonene har, la oss si 20 km/t som hastighet for et gitt trafikkvolum, så ville forsinkelsen øke fra 4.0 til 4.5 som følge av endret skiltet hastighet. Det kan også tenkes tilfeller av at endring i andre karakteristika gir urimelige forskjeller i beregnet forsinkelse og vektet tid. Å benytte variant (2) over ville ikke gi den samme uheldige effekten i eksempelet med endret skiltet hastighet. Derimot ville den gi utfordringer knyttet til å definere hastigheter knyttet til «betydelig kø» for ulike vegtyper. Det er ikke satt av ressurser til å drøfte utforming av v/d-funksjoner i dette prosjektet, men vi anbefaler at det jobbes mer med dette før en kø-tidsvekt eventuelt tas med i modellverktøyene.

I dette prosjektet har vi valgt å legge variant (1) til grunn i beregningene i case'et, og mener at denne varianten belyser problemstillingen på en tilfredsstillende måte. Med denne metoden er det altså en streng kobling mot v/d-funksjonene, og funksjonsforløpet bestemmes av innslagspunktet for maksimal k-tidsvekt,  $v_m$ , gitt ved en grad av forsinkelse,  $f_m$ . Figur 8 viser hvordan dette vil se ut, med ulike nivåer på  $v_m$  satt opp mot forsinkelseskurven og en definert verdi på  $f_m$ . Merk at det er to y-akser i figuren. De stiplede linjene som illustrerer ulike mulige funksjoner for kø-tidsvekt legger til grunn at skalaen er lik for aksene. Vi lar  $f$  være «forsinkelse» uttrykt ved  $t/t_0$ , der  $t$  er tidsbruk på lenke i belastet nett, og  $t_0$  er tidsbruk i fri flyt. Forsinkelse  $f=1$  representerer altså fri flyt, mens  $f=2$  betyr at tidsbruken er doblet. Punktet  $f_m$  er det nivået



på forsinkelse som vi definerer som «betydelig kø», det vil si punktet der det er naturlig at hele kø-tidsvekten  $v_m$  skal gjøre seg gjeldende.



**Figur 8 Om kobling mellom v/d-funksjoner og funksjonsforløp for kø-tidsvekt**

Å implementere dette i praksis innebærer å håndtere  $t$ ,  $t_0$ ,  $f_m$  og  $v_m$  i en funksjon i nettverksmodellen. I Emme (med dagens programvareversjon) kan dette implementeres med bruk av standard analysefunksjonalitet. Tilsvarende metoder vi også kunne implementeres i Cube.

Funksjonene vist i figuren kan uttrykkes helt eksakt, ved hjelp av uttrykk som involverer elementene fra volume/delay-funksjonen og et element som ivaretar utflating rundt  $f_m$ . Det er imidlertid både akseptabelt og hensiktsmessig å tilnærme dette med et enklere uttrykk. Akseptabelt fordi angrepsmåten i utgangspunktet er en forenkling, og hensiktsmessig fordi det kan redusere regnetiden i modellverktøyet (greit å unngå eksponentialfunksjoner når det ikke er påkrevd). Hvis vi tar utgangspunkt i  $f$ , som allerede er beregnet når vi har et scenario med fri-flyt og ett med rushtidssituasjon, så kan vi beregne graden av kø [0-1] med uttrykket

$$(1) \quad g(f) = \min\left(\frac{f-1}{f_m-1}, 1\right)$$

Der  $g(f)$  er grad av kø, og  $f_m$  altså er det nivået på forsinkelse som skal gi hele kø-tidsvekten  $v_m$ . Det vil si at vi følger forsinkelsen opp til  $f_m$  og tillater så et knekkpunkt der funksjonen skal flate ut. Dette uttrykket for «graden av kø» sier da hvor mye av kø-tidsvekten ( $v_m$ ) som skal anvendes

på en lenke. Det også brukes til å summere opp kø-tid over rutevalget på en reiserelasjon. Kø-tiden blir da all tid på lenker der  $f$  overskrider  $f_m$ , men kun en andel av tiden der  $f_m > f > 1$ . Ved fri flyt på en lenke ( $f=1$ ) gir det altså 0 i kø-tid.

Tabellen nedenfor viser et eksempel på hvor mye kø-tid som beregnes med ulike forutsetninger for  $f_m$ . Her foregriper vi litt, og benytter eksempler på strekninger som inngår i beregningene for case'et som vi kommer tilbake til i kapittel 5. Her har vi ikke beregnet vektet tid, men basert oss på en funksjon som gir oss den delen av tidsbruken som tilbringes i «betydelig kø», gitt de ulike forutsetningene. For eksempel ser vi her at en biltur tar 24 fra Asker til Slependen i morgenrushtimen i referansesituasjonen i 2030. Med  $f_m=4$  beregnes 12 minutter av dette som tid tilbrakt i betydelig kø. Ved høyere verdier for  $f_m$  vil mindre og mindre tid stå igjen som kø-tid.

**Tabell 2 Opplevd tid ved anvendelse av kø-tidsfunksjon i RTM23+ (referanse 2030).**

	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørsvika
Fri flyt	22	13	8	12	13	13	13	13
Morgenrush	35	24	13	15	23	24	19	19
Ekstra tid i morgenrush	13	11	6	3	10	11	6	6
Gjennomsnittlig forsinkelse	1.6	1.9	1.7	1.2	1.7	1.9	1.4	1.4
Beregnet kø-tid, med parameter:								
$f_{max} = 1.5$	23	16	8	5	13	16	8	8
$f_{max} = 2.0$	19	15	7	4	11	14	7	7
$f_{max} = 3.0$	15	13	7	3	11	13	7	7
$f_{max} = 4.0$	12	12	6	3	10	12	6	6
$f_{max} = 6.0$	9	10	6	2	10	10	5	5
$f_{max} = 8.0$	8	9	5	1	9	8	4	4
$f_{max} = 20.0$	5	4	2	1	4	3	1	1

*NB! Tall for delstrekningene er hentet fra matriser og inkluderer dermed kjøring fra/til de utvalgte grunnkretsene*

Vi ser at beregnet kø-tid faller relativt jevnt fra forutsetningen 1.5 og nedover. Det er først ved svært høy verdi for  $f_m$  at det ikke beregnes nevneverdig med kø-tid. Beregningene våre vil uansett være ganske følsomme for denne forutsetningen. Valgt verdi på forutsetningen bør nok ligge et sted i intervallet 2 til 4. Vi kan tenke på dette som at hastigheten i en 80-sone reduseres ned til 40 eller 20 km/t før vi definerer det som «betydelig kø» og tar i bruk hele kø-tidsvekten. Utfallet av trafikantnytteberegningen vil selvsagt styres av dette.

Når vi skal beregne vektet tid på hver lenke kan vi benytte en vekt-faktor på formen

$$(2) \quad v(f) = 1 + (v_m - 1) \cdot g(f) ,$$

der  $v(f)$  er vekt faktoren,  $v_m$  er maksimal kø-tidsvekt, og  $g(f)$  er gitt ved formel (1) over.

### 3.3 METODEN STILLER KRAV TIL DESIGN OG BRUK AV FORSINKELSESFUNKSJONER

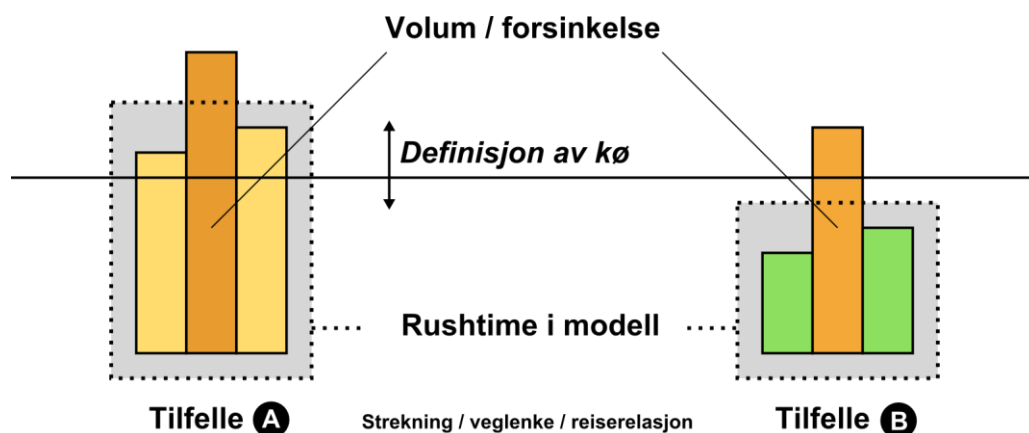
Som nevnt tidligere er det viktig at opplegget for å inkludere kø-tidsvekt fungerer hensiktsmessig og ikke gir vilkårligere eller konstraintuitive effekter.

Volume/delay-funksjonene i RTM23+ baserer seg på en såkalt konisk funksjonsform («hyperbolic conical sections», Spiess 1990). I Cube-RTM benyttes stykkevis lineære funksjoner for å uttrykke hastighet som funksjon av volum. Begge disse variantene av funksjoner kan danne utgangspunkt for beregning av kø-tid, men de kan skille seg litt fra hverandre med hensyn til mulige feil. Med «mulige feil» mener vi her potensialet for at valg som gjøres ved koding av funksjoner mot vegnett gir effekter som ikke er hensiktsmessige/riktige med hensyn til beregning av kø-tid.

En side av saken er selvsagt hvor godt funksjonene bidrar til å gjenspeile faktisk framkommelighet, men det er også viktig at forskjellene mellom funksjonene uttrykker en rimelig forskjell i framkommelighet og kø. Det viktigste å holde styr på i den sammenheng er kanskje, som påpekt i forrige avsnitt; skiltet hastighet. Dersom man skal bruke en metode av type som beskrevet i forrige avsnitt anbefaler vi at det gjøres en gjennomgang av forsinkelsesfunksjoner i Cube-RTM og RTM23+, slik at det kan vurderes eventuelle tilpassinger som sikrer best mulig kvalitet på kø-tidsberegning (dersom en metode av typen beskrevet i forrige avsnitt skal benyttes)

### 3.4 ØVRIG USIKKERHET

Det finnes selvsagt en rekke usikkerhetsmomenter i transportmodellen og nytte-kostnadsanalysen. Disse skal vi ikke redegjøre for her, men vi kan peke på et forhold som er spesielt relevant å trekke fram i forbindelse med beregning av tidsbruk og forsinkelse på lenker. Det handler om konsekvenser av forenklingen som gjøres ved å operere med 1 time som fineste tidsinndeling av etterspørsel/traffikksituasjon i nettverksmodellen. I RTM velges en «russtime» vanligvis som en «makstime» med hensyn til generell trafikkbelastning i nettverket. I virkeligheten vil det også innenfor denne timen være en «topp» som er mer belastet enn gjennomsnittet innenfor hele timen. Samtidig vil det også være perioder innenfor timen som er mindre belastet enn denne toppen (typisk rett før/etter rush). Figur 9 er et utgangspunkt for å diskutere hvilken konsekvens dette har for beregnet kø-tid eller vektet tid.



**Figur 9 Om konsekvensen av begrenset detaljering av tidsdimensjonen**

Vi kan tenke oss to hypotetiske tilfeller av tidsbruk på en lenke, vegstrekning eller reiserelasjon. Trafikk innenfor en hel time er markert med grå boks med stiplet linje i hvert av tilfellene. Det er denne trafikken som inngår som volum til forsinkelsesfunksjonene. Vi kan se for oss at det i hvert tilfelle finnes en topp som i virkeligheten gir en lavere hastighet enn gjennomsnittet i rushtidstimen. Denne er markert som oransje søyle i hvert tilfelle. Når vi benytter en definisjon av «betydelig kø» som er koblet til forsinkelse modellert innenfor en hel enkelttime blir det imidlertid så grovmasket at vi ikke fanger opp dynamikken illustrert av de tre søylene innenfor tilfelle A og B. I tilfelle A er den gjennomsnittlige forsinkelsen såpass høy at vekting av tid trer i kraft. Riktignok ligger det en usikkerhet i at det ikke skiller på lavere vekt for trafikk innenfor de gule søylene og høyere vekt for trafikk innenfor oransje søyle, men alt i alt kan vi være komfortable med at vi i det minste får med en gjennomsnittlig vekting av tid innenfor timen. I tilfelle B er situasjonen annerledes. Her kommer ikke trafikknivået for timen opp på et nivå som utløser «betydelig kø» og vekting av tid. Det kan derimot finnes en belastning innenfor denne timen, markert med oransje søyle, som i prinsippet skulle utløst en vekting av kø-tid. Dette mister vi altså i den gjennomsnittspregede håndteringen av rushtidssituasjonen. En bedring i framkommelighet i et tilfelle som B vil altså ikke resultere i en ekstra nytte-gevinst sammenliknet med tradisjonell modell.

Isolert sett illustrerer tilfelle B over at vi kan undervurdere effekten av en endring. Konstruksjon av et eksempel som viser en potensiell overvurdering på en tilsvarende måte er ikke like åpenbar. Uten nærmere drøfting konkluderer vi (litt forsiktig) med at begrenset detaljering av tidsdimensjonen ikke representerer en overvurdering av endret kø-tidsulempe, snarere en undervurdering. Dette er igjen et argument (isolert sett) for å *ikke* nedjustere enhetsverdien for kø på noen måte.

## 4 BRUK AV VEKTET TID

### 4.1 TRAFIKANTNYTTE OG TIDSVERDIER

Det er flere grunner til at vi har valgt å operere med «vektet tid» framfor en kategorisering av tidsverdier. Ved å beregne vektet tid ved hjelp av en funksjon får vi implisitt med en antakelse om at kø-tidsvekten ikke er enten/eller, men stiger fra 1 til verdien som er funnet i verdsettingsstudien. Samtidig ville det være beregningsmessig uheldig å operere med kategorier av tidsverdier koblet mot kategorier av kø-situasjon. Ved å bruke vektet tid kan vi benytte en basis-tidsverdi (som før). Høyere tidsverdier knyttet til å kjøre i kø vil framtre som følge av at det inntreffer en vekting av tid, og dette vil vise seg i trafikantnyttens uten behov for å tilpasse noe i metodikken fra håndbok V712 eller i EFFEKT.

### 4.2 VEKTET REISETID I ETTERSSPØRSELSMODELL?

I dagens modell Tramod-by skiller det som kjent ikke på type tid. Det betyr at en endring i kø-tid ikke betyr noe mer enn endring i fri-flyt tid. Å skille på typer av tid ville kreve en reformulering og re-estimering av Tramod-by. Dette er et stort arbeid som kan vurderes gjort i videre modellutvikling. Det vi kan gjøre i denne omgang er å teste en modifisering av tidsvariabelen slik at det tas høyde for en kø-tidsvekt. Det er knyttet noen betenkeligheter til en slik modifisering i bruken av Tramod-by, som vi vil komme tilbake til, men først kan vi vise hvordan modifiseringen er tenkt.

Kjøretid med bil er i dag tid i form av all slags opplevd tid, enten det er fri-fly eller opplevd kø på en strekning. Hvis vi kaller tid i fri flyt for  $t_0$  og tid i kø for  $t_1$  så er det altså  $t=t_0+t_1$  som benyttes av modellen, men med én ulempefaktor på hele uttrykket  $t$ , og ikke  $t_0$  og  $t_1$  hver for seg. Vi kan se for oss å innføre en differensiering ved å regne ut en generalisert reisetidsvariabel  $t'$ , som kan gis som input til modellen i stedet for  $t$ .

$$t' = s \cdot (t_0 + v \cdot t_1),$$

der  $v$  er en vekt på kø-tid, og  $s$  er en skalaparameter. Å benytte variabelen over er ekvivalent med å modifisere tidskomponenten i nyttefunksjonene for bil i modellen, slik at det brukes separate koeffisienter for to typer tid.

I utgangspunktet ligger tidskomponenten slik i modellen:

$$U = \dots + c \cdot t + \dots$$

Ved å sette inn  $t'$  for  $t$  får vi

$$(1) U = \dots + c*s*(t_0+v*t_1) + \dots$$

Utrykket kan så skrives om til

$$U = \dots + c*s*t_0 + c*s*v*t_1 + \dots$$

Hvis vi så setter  $c*s=c_0$  og  $c*s*v=c_1$  så gir dette formen

$$(1) U = \dots + c_0*t_0 + c_1*t_1 + \dots$$

Fra tidsverdistudien finner vi en verdi på  $v$  (i størrelsesorden 3.5). Parameteren  $s$  kan tilpasses slik at overordnet reisemiddelfordeling bevares.

En slik modifisering av etterspørselsmodellen vil gi en større respons på redusert/økt kø-tid enn for fri-flyt tid (siden  $v>1$ ).

Som nevnt innledningsvis er det ikke uproblematisk å gjøre et slikt grep. Modellene er formulert og estimert med kun én type biltid, og andre koeffisienter er en konsekvens av dette. En metodisk bedre angrepsmåte ville vært å ta inn formuleringen (1), låse  $v$  til en fast verdi, og estimere koeffisienten  $c_0=c*s$ . Eventuelt undersøke om verdi for  $v$  fra tidsverdistudien også kan avledes med omtrent samme størrelse ved estimering på reisevanedata; det vil si å estimere både  $c_0$  og  $c_1$ . Da ville vi ha  $v=c_1/c_0$  (dersom det skulle vise seg å være mulig å estimere signifikante koeffisienter).

Mer at siden  $s<1$  så vil vi komme ut med en lavere tidsverdi for reiser uten kø, sammenliknet med opprinnelig modell.

Vi har etablert en metode for å teste dette opplegget, litt forenklet, i Tramod-by. Slik at vi får med effekter av kø-tidsvekt både i etterspørselsmodell og nytte. Vi har da lagt til grunn  $v=3.5$ , og har funnet en skalaparameter  $s=0.8$  ved hjelp av litt prøving og feiling. Verdien 0.8 innebærer altså at tid i fri-flyt representerer en mindre ulempe enn i dagens transportmodell; mens tid i kø altså vektet med inntil 3.5. Dette har selvsagt store konsekvenser på modellert reisemønster i modellen, men skalaparameteren 0.8 bidrar til at modellens rammetall gjenskapes for referansesituasjonen. En lavere verdi enn 0.8 ville gitt for mange bilreiser, og en høyere verdi ville gitt for få bilreiser. For et annet modellområde (RTM region eller delområdemodell) ville vi i prinsippet måtte finne en annen verdi på skalaparameteren.

Det viser seg imidlertid, ikke uventet, at modellkjøringene blir en del mer ustabile når vi tar i bruk dette grepet. Dermed trengs det flere iterasjoner mellom tilbud og etterspørsel, og betydelig mer regnetid for å oppnå likevekt.

### 4.3 VEKTING AV TID VIL BIDRA TIL Å FORSTERKE USIKKERHET

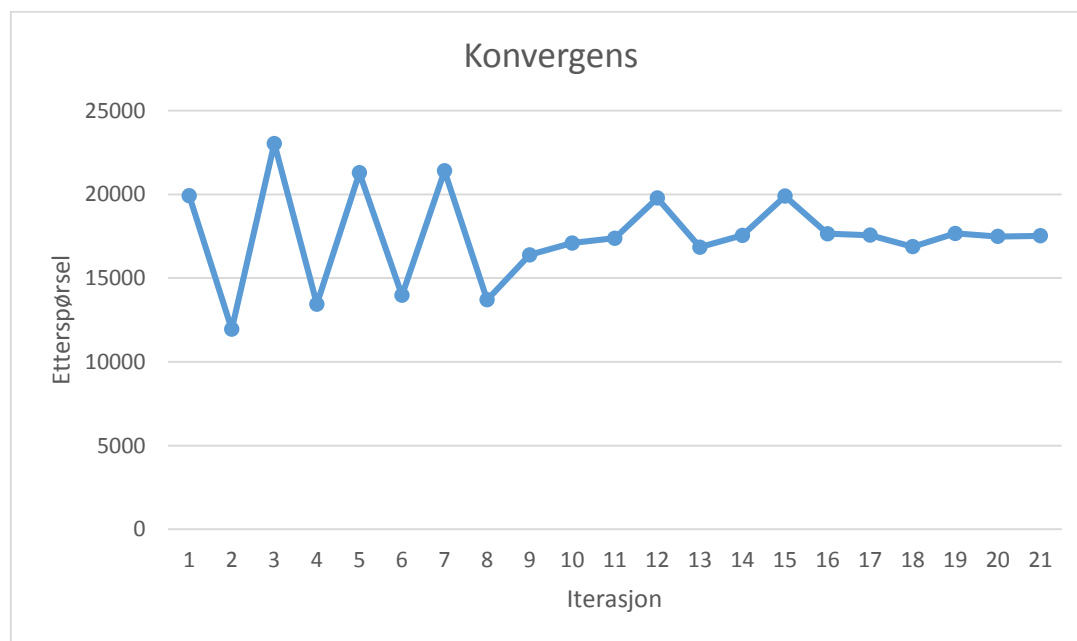
Som følge av feil i modellert referansesituasjon har vi allerede i dagens modellsystem et relativt stort potensial for feil i beregnet trafikantnytte av et tiltak. Dette handler både om feil i

reisemønster/volumer, transportmiddelfordeling og kø-situasjon. Når vi i tillegg innfører en vekting av kø-relatert tid vil det dermed på en måte også skalere usikkerheten. Det er viktig å være klar over at dersom kø-tidsvekt inkluderes i transport- og nytte-kostnadsanalyse vil det føre til ytterligere usikkerhet.

#### 4.4 ØKT DYNAMIKK GIR STØRRE UTFORDRINGER MED LIKEVEKT

Vi må forvente at innføring av en kø-tidsvekt i etterspørselsmodellen vil bidra til sterkere svingninger i modellsystemet, og kreve flere iterasjoner mot likevekt. Nedenfor gjengir vi konvergensforløpet for modellversjonen med kø-tidsvekt inkludert.

Vi tar utgangspunkt i vanlig modellering av referansesituasjonen, uten bruk av kø-tidsvekt, og bruker dennes reisemønster som startsituasjon (initieell etterspørsel) nå vi starter iterasjoner med testmodellen som inkluderer kø-tidsvekt. Figuren nedenfor viser svingninger i etterspørsel etter bilturer med ett endepunkt i Oslo, i rushtid. Som grunnlag for de 8 første iterasjonene er det brukt en vanlig dempefaktor (0.4). Vi ser da at svingningene fortsatt er store etter åtte iterasjoner. Dette tilsvarer ca 32 timer med regnetid. Fra iterasjon 8 og utover er det eksperimentert med lavere dempefaktorer. Iterasjon 9-11 viser utviklingen når vi benytter 0.1. Siden dette gir en voksende etterspørsel over flere iterasjoner tyder det på at vi har valgt en for lav faktor (en «lett oscillerende» vil gi raskere konvergens). Iterasjon 12-14 legger til grunn en faktor på 0.33, mens 15-17 benytter 0.25. På dette tidspunktet er likevekten relativt god. Iterasjon 18-21 legger til grunn 0.166 (det vil si at 1/6 av etterspørselsendringen tas med fra en iterasjon til neste).



Dette er altså ingen systematisk testing av likevekt og konvergens, men det illustrerer en betraktelig økt utfordring med konvergens i forhold til vanlig modell. Med vanlig modell vil avviket i de fleste alternativer være under 5% etter 8 iterasjoner; i testen som vises her er avviket fortsatt over 30% ved samme punkt (og samme dempefaktor). Problemet vil kunne imøtekommes ved å redusere dempefaktoren, men situasjonen blir likevel mer uoversiktlig med tanke på mer lokale svingninger som ikke vises i et så aggregert konvergensmål som her.



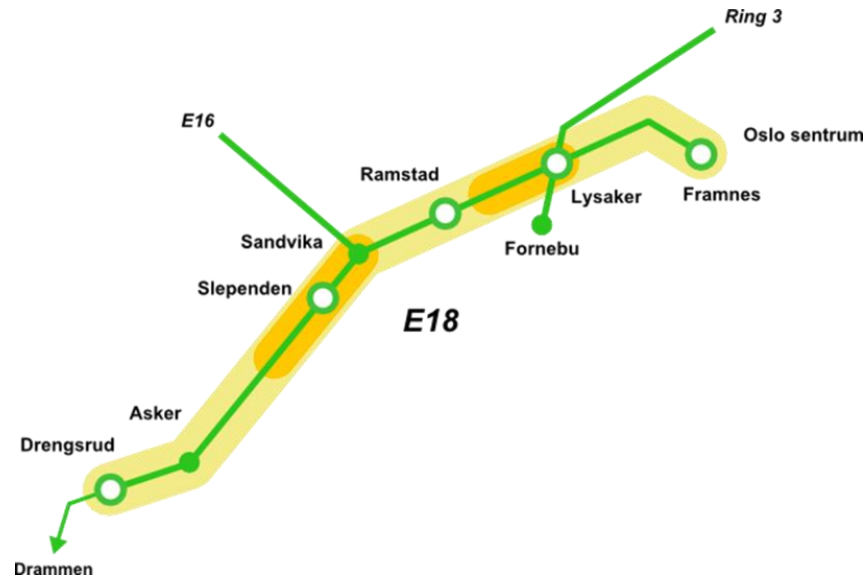
## 5 CASE-STUDIE E18 VESTKORRIDOREN

Metodikken som er foreslått i kapittel 3 kan testes ut i en konkret modellanalyse, og det er også hensikten med dette prosjektet. En slik øvelse vil vise hvorvidt tankegangen lar seg gjennomføre fullt ut, og om den gir forventede og rimelige resultater. I tillegg kan dette brukes til å belyse, og muligens styrke hypotesen i avsnitt 1.1.

Vi har valgt utbygging av E18 vestkorridoren som case. Dette faller godt inn i konteksten i dette prosjektet. Strekningen er en korridor til/fra by, den har klare kapasitetsbegrensninger og et relevant tiltak vil bidra til å endre kø-situasjonen i korridoren. Ved å ta i bruk en kø-tidsvekt må vi altså forvente en høyere trafikanntytte av tiltak som bedrer framkommeligheten. Eller mer generelt: En annen sammensetting av trafikanntytte som følge av bedret eller forverret framkommelighet.

### 5.1 OM UTBYGGINGSPROSJEKTET

Utbyggingsprosjektet er tidligere analysert, samlet og for ulike delstrekninger/etapper. En full utbygging kan strekke seg fra Drengsrud vest for Asker til Framnes/Filipstad. Aktuelle endepunkter for utbyggingen kan også være Slependsen, Ramstadsletta og Lysaker. Med utgangspunkt i tilgjengelig datagrunnlag (kodet vegnett med mer) fra Statens vegvesen region Øst har vi valgt ut fire alternativer som vil benyttes i case-studien. De tre første har østlig endepunkt ved Lysaker, og innebærer utbygging enten til Ramstadsletta, Slependsen eller Drengsrud (Asker). Det siste alternativet har også med strekningen mellom Lysaker og Framnes i øst (med Drengsrud som endepunkt i vest). I Figur 10 er strekninger med særskilt mye rushtidsforsinkelse vist med oransje.



**Figur 10 Case E18 vestkorridoren.**

Ved å ta med ulike underalternativer, og ikke bare full utbygging, vil vi kunne studere hvordan forskjeller i trafikantnytte kan framstå annerledes ved bruk av kø-tidsvekt, og kanskje observere en annen rangering av underalternativer (eller i det minste en viss endring i styrkeforhold).

Tabell 3 nedenfor uttrykker kapasitetsproblemene i en del av Oslo-området i 2014 og 2030. Det vil si; tallene viser *modellert* forsinkelse på et utvalg av strekninger, i morgenrushtimen 08-09. En faktor på 1.0 innebærer samme tidsbruk i rushtidstimen som i en fri-flyt situasjon. Vi har valgt ut to sett av soner (grunnkretser). Et sett som er spesielt relevant for reiser i vestkorridoren, og et sett som er nyttig for å vise situasjonen mer «på kryss og tvers». Reiserelasjonene som de to settene av soner spenner opp er vist i henholdsvis venstre og høyre del av tabellen.

La oss se på Asker-Filipstad, som utgjør omtrent hele strekningen Drengsrud-Framnes. Her er forsinkelsen modellert til 2.8 i modellens 2014-situasjon, og øker til 3.0 i modellens 2030-situasjon. Det tilsvarer en økning i forsinkelse på ca 10%, vist som 1.1 på rosa bakgrunn i nederste del av tabellen. Vi ser at de fleste cellene i disse matrisene opplever en forverret framkommelighet fra 2014 til 2030. Med andre ord vokser etterspørselen i større takt enn transporttilbudet klarer å imøtekomme. I hver tabell er de tre største verdiene også markert med svart omriss. Vi ser at reiser mellom Høvik og Fornebu utsettes for den største økningen i kø/forsinkelse; en faktor på 2.4 (økt forsinkelse fra 1.7 til 4.0). For relasjonen Høvik-Lysaker er økningen «kun» 50% (1.5), noe som betyr at redusert framkommelighet fra E18/Lysaker til Fornebu er den største utfordringen i dette tilfellet. Dette virker ikke urimelig, tatt i betraktning den store økningen i arbeidsplasser (+ ca 9.000) og bosatte (+ ca 14.000) på Fornebu som er forutsatt fram til 2030. Etterspørselseffekter som følge av dette, både øst og vest for Lysaker, er

en viktig del av endringene i trafikkbildet fram til 2030 (sammen med stor vekst i hele modellområdet).

Tabell 3 uttrykker også potensialet for ekstraeffekten vi skal forvente som følge av å inkludere en kø-tidsvekt i nytte-kostnadsanalysen. Spart tid på en relasjon med høy grad av forsinkelse i utgangspunktet vil gi større nytte enn tilsvarende spart tid på en relasjon med mindre grad av forsinkelse.

**Tabell 3 Modellert forsinkelsesfaktor (tid i rushtid/tid i fri-flyt) på utvalgte reiserelasjoner, samt endring fra 2014 til 2030.**

2014																
Vestkorridoren									By/tettsted							
	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørsvika	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Drammen		1.7	2.3	2.3	2.7	2.3	2.7	2.6	1.1	1.2	1.6	1.9	1.7	1.7	1.8	
Asker	1.3		1.9	2.3	2.9	2.3	2.8	2.7	1.0	1.7	1.0	2.0	1.7	1.7	1.9	
Slependen	1.4	1.2		1.6	2.5	1.8	2.5	2.5	1.0	1.1	1.8	2.1	1.8	1.6	1.7	
Sandvika	1.3	1.2	1.1		1.2	1.1	1.8	1.9	1.1	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3	1.4	
Høvik	1.3	1.2	1.2	1.1		1.1	1.8	1.9	1.2	1.1	1.2	1.4	1.1	1.1	1.1	
Lysaker	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0		1.6	1.6	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	
Filipstad	1.4	1.3	1.3	1.2	1.3	1.2		1.2	1.4	1.4	1.4	1.7	1.3	1.1	1.2	
Bjørsvika	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.1		1.3	1.3	1.3	1.6	1.2	1.1	1.0	
2030																
Vestkorridoren									By/tettsted							
	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørsvika	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Drammen		1.5	1.9	2.0	2.3	2.0	2.6	2.5	1.1	1.5	2.2	2.2	1.9	2.0	2.0	
Asker	1.6		1.8	2.1	2.7	2.0	3.0	2.8	1.0	1.3	4.0	2.4	2.0	2.3	2.4	
Slependen	1.6	1.3		1.8	2.7	1.8	3.1	2.8	1.2	1.1	2.3	1.4	1.4	1.8	1.9	
Sandvika	1.5	1.3	1.1		1.1	1.4	2.7	2.4	1.5	1.7	1.4	1.5	1.4	1.9	1.9	
Høvik	1.5	1.3	1.2	1.2		1.7	2.7	2.4	1.3	1.4	1.2	1.9	1.2	1.2	1.3	
Lysaker	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3		1.9	1.8	1.2	1.3	1.2	1.6	1.2	1.3	1.3	
Filipstad	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3		1.4	1.3	1.4	1.3	1.9	1.2	1.2	1.5	
Bjørsvika	1.5	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2		1.2	1.3	1.2	1.8	1.3	1.2	1.3	
2030/2014																
Vestkorridoren									By/tettsted							
	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørsvika	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Drammen		0.9	0.8	0.9	0.8	0.8	1.0	0.9	1.0	0.9	1.3	1.4	1.1	1.1	1.2	1.1
Asker	1.2		1.0	0.9	0.9	0.9	1.1	1.0	1.0	1.2	2.4	1.2	1.2	1.4	1.3	
Slependen	1.2	1.1		1.1	1.1	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	1.3	0.7	0.8	1.2	1.1	
Sandvika	1.1	1.1	1.0		0.9	1.2	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.5	1.2	1.4	1.3	
Høvik	1.1	1.1	1.0	1.1		1.5	1.4	1.3	1.1	1.2	1.0	1.4	1.1	1.1	1.1	
Lysaker	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3		1.2	1.1	1.0	0.9	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2	
Filipstad	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.0		1.2	1.0	1.0	0.9	1.1	0.9	1.0	1.3	
Bjørsvika	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	1.1		1.0	1.0	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	

0

## 5.2 BEREGNINGER OG HOVEDRESULTATER

Vi har benyttet PROSAMs seneste versjon av RTM23+, med tilhørende forutsetninger og kalibrering (tilpasset og testet høsten 2015). Det er gjort tre sett av modellberegninger, med

kombinasjonen av RTM23+ og EFFEKT. De to siste tar opp i seg grepene som er etablert som mulig løsninger i kapittel 3/4. Første sett (A) er modellkjøringer med standard metodikk og forutsetninger. I andre sett (B) er kø-tidsvekting anvendt i trafikantnytteberegningene. I tredje sett (C) er kø-tidsvekting i tillegg (forsøksvis) lagt til grunn i etterspørselsmodellen (Tramod-by). I det siste tilfellet har vi kun beregnet alternativ 4 (full utbygging Framnes-Drengsrud). Tabell 4 viser en oversikt over de ulike beregningene.

**Tabell 4 Oversikt over modellkjøringer**

	Vekting av kø-tid		Beregnete alternativer				
	Trafikantnytte	Etterspørsel	Ref	Lys.- Ram.	Lys.- Slep.	Lys.- Drengs.	Framn.- Drengs.
<b>A - Standard trafikantnytteberegning</b>			x	x	x	x	X
<b>B - Vekting av kø i trafikantnytte</b>	x		x	x	x	x	x
<b>C - Vekting av kø i etterspørselsmodell og trafikantnytte</b>	x	x	x				x

Når det gjelder beregningen med vekting av kø i etterspørselsmodellen og trafikantnyttene (C) innebærer dette altså etablering av en ny referansesituasjon (generalisert tidsvariabel og skalaparameter 0.8 beskrevet i avsnitt 4.2).

Før vi kommer tilbake til detaljer i beregningene vil vi peke på hovedresultatene som kommer ut i nytte-kostnadsberegningene. I vedleggene gjengis også flere detaljer fra EFFEKT.

Tabell 5 viser hovedresultater fra EFFEKT. Forskjeller mellom standard beregning og beregning der vi vektet kø (settene A og B) handler her altså først og fremst om trafikantnytte («trafikanter og transportbrukere»), som nærmest dobles. Dette fører til at netto nytte pr budsjettkrone (NNB) opplever en generell heving i alle alternativer.

**Tabell 5 Hovedresultater fra EFFEKT**

Utbyggingsplan	A Standard beregning				B Beregning med vektet kø i trafikantnytte				C Vektet kø i ettersp. og traf. nytte.
	L-R	L-S	L-D	F-D	L-R	L-S	L-D	F-D	F-D
	1	2	3	4	1	2	3	4	4
Trafikanter og transportbrukere	9.95	9.72	16.03	17.83	15.27	19.45	29.14	32.17	24.80
Operatører	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Det offentlige	14.02	24.66	41.68	45.01	14.03	24.67	41.69	45.02	-44.12
Ulykker	0.26	0.75	1.14	1.45	0.24	0.73	1.12	1.43	1.33
Støy og luftforur.	0.33	0.79	0.89	0.88	0.33	0.79	0.89	0.88	0.59
Restverdi og annet	1.04	1.41	1.54	1.60	1.04	1.41	1.54	1.60	1.60
Skattekostnad	-2.80	-4.93	-8.34	-9.00	-2.81	-4.93	-8.34	-9.00	-8.82
Netto nytte, NN	-5.21	16.90	30.40	32.24	0.05	-7.22	17.34	17.95	-24.63
NN pr budsjettkrone, NNB	<b>-0.37</b>	<b>-0.69</b>	<b>-0.73</b>	<b>-0.72</b>	<b>0.00</b>	<b>-0.29</b>	<b>-0.42</b>	<b>-0.40</b>	<b>-0.56</b>
Første års forrentning (%)	2.5	1.4	1.2	1.2	3.7	2.7	2.2	2.3	1.8

Fallet i NNB fra alternativ 1 til 2, 3 og 4, skyldes liten nytteeffekt<sup>2</sup> ved å ta inn delstrekningen Ramstadsletta-Slependen, kombinert med økte utbyggingskostnader. Dette fører til at NNB, som i utgangspunktet er negativ, faller fra -0.37 til -0.69. Deretter holdes NNB på omtrent samme nivå når strekningen videre til Drengsrud tas med, og videre når strekningen Framnes-Lysaker tas med.

Merk at de fleste postene vil være like i A og B, siden trafikkvolumer er de samme. Det er kun beregningen av *trafikantnytte* som påvirkes av en kø-tidsvekt her, og styrer endringen i NN og NNB lenger ned.

I beregningen der vi tar høyde for kø-tidsvekt også i etterspørselsmodellen (C) ser vi at modellen responderer sterkere på endringer i framkommelighet enn i de andre beregningene. I dette tilfellet ser vi spesielt tre forskjeller fra B4, som kan drøftes nærmere. Det blir en reduksjon i gevinst knyttet både til trafikantnytte, ulykker og støy/luftforurensning. Dette har logiske forklaringer.

Når det gjelder ulykker og støy/luftforurensning skyldes den negative effekten etter alt å dømme at trafikk vil øke mer som følge av bedret framkommelighet i etterspørselsberegning

<sup>2</sup> Fenomenet har ikke direkte å gjøre med framkommelighet på E18. Design av omkringliggende lokalveier og tilførselsveier fører til negativ trafikantnytte for deler av turer som ikke er innom motorveien. Videre bidrar marginale økninger i distanse/reisetid på deler av E18 utenom rush til negativ nytte i lavtrafikkperioder. I sum fører dette til at positiv trafikantnytte for E18 mellom Ramstadsletta og Slependen i rush ikke framtrer tydelig i nøkkeltall for døgntrafikk/år.

der kø-tidsvekt er inkludert (C4) sammenliknet med beregningene der kø kun er vektet i trafikantnytt (B4). Her kan det imidlertid være svært komplekse forskjeller, siden ulykker avhenger både av egenskaper ved vegstandard og ÅDT, og vi har enhetsverdier knyttet til ulike type skader.

Drift og vedlikehold vises ikke eksplisitt i Tabell 5, men fra vedleggene 1e/2e/3a kan vi se at forskjellene er marginale mellom angrepsmåtene A, B og C.

Når det gjelder trafikantnytt kan det i utgangspunktet framstå som kontraintuitivt at denne er lavere i beregningen der kø-tid er vektlagt i etterspørselsberegning og trafikantnytt (C4) enn når kø kun er tatt hensyn til i trafikantnytt (B4), siden etterspørselsmodellen skal respondere mer på endringer i framkommelighet. Fenomenet framstår imidlertid som logisk når vi ser på hvilke mekanismer knyttet til tilbud/etterspørsel som gjør det gjeldende. Det er spesielt to forhold som spiller inn her.

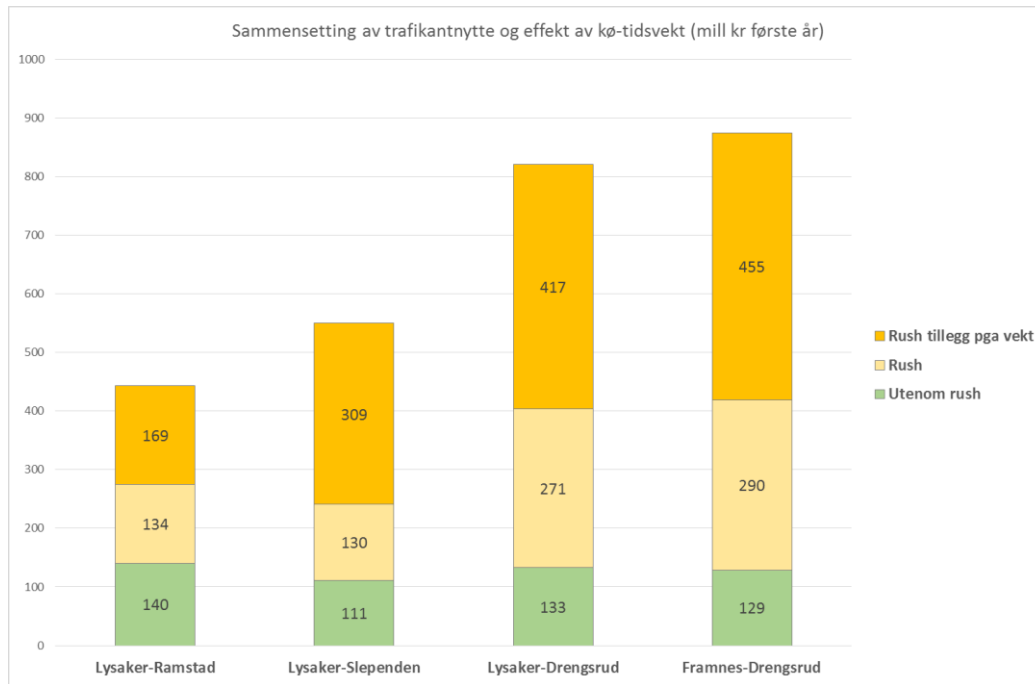
- Endret reisemønster og trafikknivåer i referansesituasjonen
- Samspillet mellom forsinkelsesfunksjoner og latent etterspørsel

Det første handler om at antall biler gjennom kø-belastede strekninger jevnt over er redusert i den nye referansesituasjonen som er etablert i C (biltrafikk i modellområdet som helhet er imidlertid opprettholdt). Selv om responsen på bedret framkommelighet er høyere vil lavere trafikkgrunnlag der tiltaket spesielt godt altså bidra til å redusere nytten.

Det andre kan handle om at det ikke er konsistens mellom all forekomst av tidsuleppe i modellsystemet (jf Figur 2). I trafikksituasjoner som er kapasitetsbegrenset, ved at framkommelighet bidrar til å redusere etterspørselen, kan vi si at det ligger en latent etterspørsel, som vil utløses dersom kapasiteten bedres. Kapasitetsbegrensningen er uttrykt gjennom forsinkelsesfunksjonene. Det er også en nøkkel til å forstå differansen mellom 25 og 32 mrd i trafikantnytt. Forsinkelsesfunksjonene er like i B og C (det vil si uvektet med hensyn til opplevd tid i kø).

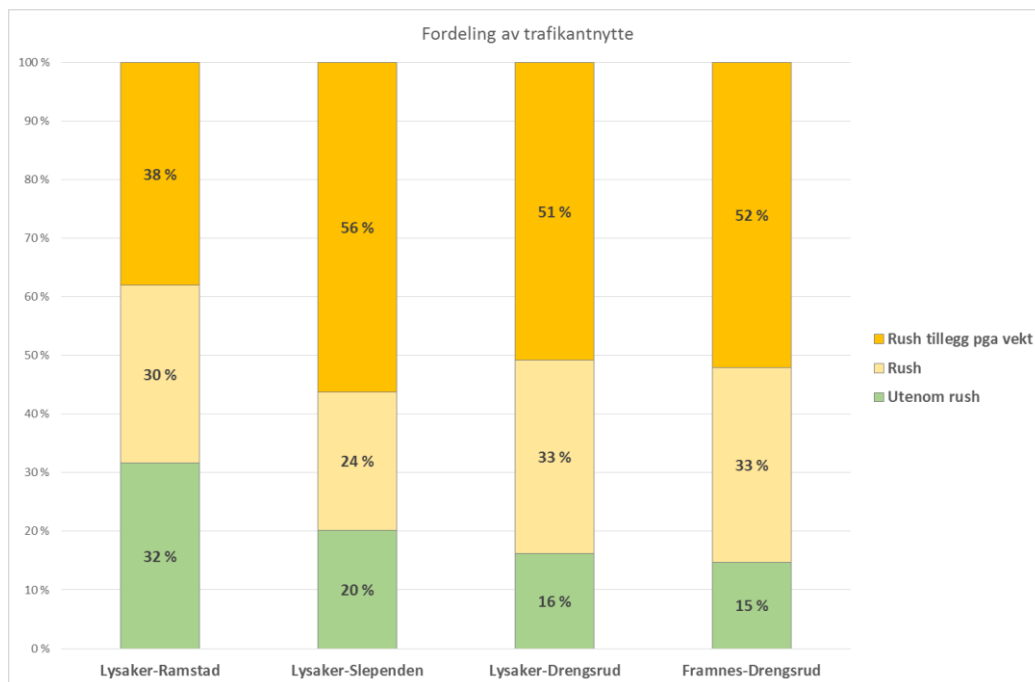
De to neste figurene viser hvordan kø-tidsvektingen opptrer i beregnet trafikantnytt i settet (B). Størrelsen på nytte er her inndelt med hensyn til trafikksituasjon, og for rushtid er det også skilt på hva som stammer fra «vanlig tid» og hva som stammer stammer fra en vekting av kø-tid. Figur 11 viser trafikantnytt for bilreiser (mill kr første år), mens Figur 12 viser de ulike komponentenes andel for hvert alternativ. Vi ser her forklaringen på hvorfor rangeringen av alternativene endres når kø-tidsvektingen tas med. Lysaker-Slependen lå i utgangspunktet

lavest (jf Tabell 5), men nytte-tillegget på 309 mill kr som følge av vektet kø-tid bidrar til at alternativet kommer ut høyere enn Lysaker-Ramstad.



**Figur 11 Trafikantnytte bilreiser (mill kr første år)**





**Figur 12 Trafikantnytte; andeler basert på Figur 11**

De to neste tabellene viser modellerte endringer i reisetider som følge av utbyggingen, med fulle modellkjøringer lagt til grunn (det vil si inkludert alle etterspørselseffekter). Fra Tabell 6 ser vi bedringer markert med grønn bakgrunn, og forverring markert med rød bakgrunn, for de utvalgte relasjonene som belyser situasjonen i Vestkorridoren. Tabell 7 viser tilsvarende tall for det andre settet av utvalgte sonerelasjoner («By/tettsted»). Her kan det pekes på mye, og det må understrekes at dynamikken i transportmodellen åpner for svært komplekse effekter.

I Tabell 7 er det spesielt reiser til/fra Haslum (forbedring) og til/fra Høvik (forverring) som skiller seg ut. Det første handler konkret om Bærumsdiagonalen, som er en forutsatt del av alle alternativer, og vil bedre tilgjengeligheten mellom mye av øvre og nedre Bærum.

**Tabell 6 Relative endringer i reisetider (1=uendret); Vestkorridoren**

		Alternativ: Lysaker-Ramstadsletta															
		Friflyt (utenom rush)				Morgenrusstid											
		Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika
Drammen		1.00								1.02	1.06	1.06	1.09	0.97	0.95	0.96	
Asker		1.08	1.00							1.06	1.07	1.12		0.93	0.92	0.93	
Slependen			1.02	1.00							1.06	1.15		0.86	0.86	0.88	
Sandvika				1.02	1.00								1.02	0.85	0.80	0.84	
Høvik					1.02	1.00				1.01				0.67	0.78	0.83	
Lysaker						1.00	1.00			0.96	0.92	0.89	0.90	1.12			
Filipstad								1.00	1.00	0.98	0.98	0.98	1.17	1.02		1.02	
Bjørnvika									1.00	0.99	0.98	0.98	1.14	1.02			

		Alternativ: Lysaker-Slependen															
		Friflyt (utenom rush)				Morgenrusstid											
		Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika
Drammen		1.00	1.00	1.04	0.99		0.82			1.04	1.09	1.09		0.92	0.92	0.93	
Asker		1.03	1.00	1.12	1.05	1.09	0.78	1.06	1.05	1.08	1.08	0.94	0.84	0.86	0.87		
Slependen		1.09	1.27	1.00	1.13	1.14	0.70	1.07	1.05	1.05	1.19	1.01	0.83	0.72	0.77	0.81	
Sandvika		1.03	1.08	1.27	1.00	0.73	0.71	1.02	1.02	1.06	1.17	1.44		1.06	0.83	0.81	0.85
Høvik		1.00	1.02	1.21	1.11	1.00	0.92	1.16	1.11	1.01	1.59	1.40		0.73	0.84	0.88	
Lysaker		1.00	1.02	1.13	1.07	1.23	1.00	1.00	1.00	0.96	0.92	1.18	1.11	1.13	1.03	1.03	
Filipstad		1.00	1.01	1.11	1.06	1.18	1.00	1.00	1.07	0.98	0.97	1.20	1.15	1.17	1.02	1.02	
Bjørnvika		1.00	1.01	1.08	1.05	1.13	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	1.17	1.12	1.14	1.02		

		Alternativ: Lysaker-Drengsrud															
		Friflyt (utenom rush)				Morgenrusstid											
		Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika
Drammen		1.00	0.94	0.99	0.96	0.98	0.80	0.98	0.98	1.12	0.98	0.98	0.92	0.86	0.88	0.89	
Asker		1.04	1.00	0.83	0.84	0.86	0.66	0.91	0.92		0.77	0.83	0.76	0.73	0.77	0.80	
Slependen		1.05	1.14	1.00	1.11	1.12	0.70	1.06	1.05	1.03	1.14	1.06	0.93	0.81	0.84	0.87	
Sandvika		1.09	1.20	1.25	1.00	0.73	0.71	1.02	1.02	1.06	1.22	1.32		1.07	0.86	0.84	0.87
Høvik		1.03	1.07	1.19	1.11	1.00	0.92	1.16	1.12	1.06	1.45	1.40		0.76	0.88	0.91	
Lysaker		1.03	1.05	1.12	1.08	1.23	1.00	1.00		0.96	0.95	1.10	1.11	1.14	1.05	1.04	
Filipstad		1.03	1.04	1.10	1.06	1.18	1.00	1.00	1.07	0.99	1.14	1.15	1.18	1.02		1.02	
Bjørnvika		1.02	1.04	1.08	1.05	1.13	1.00	1.00	1.00	0.99	1.12	1.12	1.14	1.02			

		Alternativ: Lysaker-Drengsrud															
		Friflyt (utenom rush)				Morgenrusstid											
		Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika	Drammen	Asker	Slependen	Sandvika	Høvik	Lysaker	Filipstad	Bjørnvika
Drammen		1.00	0.99	1.04	1.00	1.00	0.84	1.00	1.00	1.11	0.98	0.98	0.92	0.86	0.87	0.89	
Asker		1.05	1.00	0.86	0.86	0.87	0.69	0.91	0.94	1.01	0.77	0.83	0.76	0.72	0.76	0.79	
Slependen		1.06	1.14	1.00	1.11	1.10	0.73	1.05	1.05	1.03	1.13	1.05	0.93	0.80	0.83	0.87	
Sandvika		1.10	1.20	1.25	1.00	0.79	0.70	1.00	1.02	1.07	1.21	1.32		1.06	0.87	0.83	0.87
Høvik		1.04	1.07	1.19	1.12	1.00	0.93	1.15	1.13	1.02	1.06	1.45	1.41		0.76	0.86	0.90
Lysaker		1.04	1.05	1.12	1.08	1.23	1.00	1.00	1.01	0.97	0.94	1.10	1.11	1.12	1.02	1.04	
Filipstad		1.03	1.04	1.10	1.06	1.18	1.00	1.00	1.15	0.98	1.00	1.14	1.15	1.18	1.03	1.09	
Bjørnvika		1.03	1.04	1.08	1.05	1.13	1.00	1.00	1.00	0.99	1.12	1.13	1.15	1.03	1.02		

**Tabell 7 Relative endringer i reisetider (1=uendret); by/tettsted**

Alternativ: Lysaker-Ramstadsletta																	
Fri flyt (utenom rush)							Morgenrushtime										
	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika		Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Haslum				0.67	0.86	0.89	0.82	0.82	Haslum	0.98	0.84	0.64	0.73	0.79	0.83	0.83	
Høvik			0.92	1.32	1.16	1.11	1.11	1.11	Høvik	0.98	0.82	0.51	0.68	0.76	0.83	0.83	
Jar	1.08	1.21		1.28	0.98	0.98			Jar	1.11	1.15	0.74	0.85	0.91	0.96	0.96	
Fornebu	0.84	1.26	0.99				1.02	1.02	Fornebu	0.76	0.91	0.97	1.02	1.06	1.06		
Smestad	0.87	1.20							Smestad	0.96	1.20	0.94	0.92	1.09	1.03	1.02	
Nydalen	0.91	1.12							Nydalen	0.97	1.14	0.97	0.95	1.04	1.02	1.03	
Helsfyr	0.91	1.13							Helsfyr	0.95	1.13	1.01	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00
Bjørsvika	0.91	1.13							Bjørsvika	0.95	1.14	1.01	0.95	1.00	1.00	1.01	1.00

Alternativ: Lysaker-Slependen																	
Fri flyt (utenom rush)							Morgenrushtime										
	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika		Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Haslum			1.02	0.67	0.85	0.89	0.82	0.82	Haslum	0.98	0.83	0.63	0.72	0.79	0.84	0.83	
Høvik				1.32	1.16	1.11	1.11	1.11	Høvik	0.99	0.84	0.58	0.75	0.82	0.89	0.88	
Jar	1.08	1.21		1.27	0.98	0.98			Jar	1.14	1.16	0.78	0.87	0.93	0.99		
Fornebu	0.84	1.26	0.99				1.02	1.02	Fornebu	0.80	0.91	0.98	1.04	1.09	1.09		
Smestad	0.87	1.20							Smestad	0.99	1.20	0.95	0.94	1.13	1.04	1.03	
Nydalen	0.91	1.12							Nydalen	1.14	0.97	0.96	1.04	1.03			
Helsfyr	0.91	1.13							Helsfyr	0.97	1.12	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00
Bjørsvika	0.91	1.13							Bjørsvika	0.97	1.14	0.95	0.95	1.00	1.01	1.01	1.00

Alternativ: Lysaker-Drengsrud																	
Fri flyt (utenom rush)							Morgenrushtime										
	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika		Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Haslum			1.02	0.67	0.85	0.89	0.82	0.82	Haslum	0.98	0.83	0.66	0.74	0.81	0.85	0.85	
Høvik				1.32	1.16	1.11	1.11	1.12	Høvik	0.99	0.84	0.62	0.78	0.86	0.91	0.91	
Jar	1.08	1.21		1.09	0.98	0.99			Jar	1.14	1.16	0.82	0.87	0.95			
Fornebu	0.84	1.26	0.99				1.02	1.02	Fornebu	0.80	0.91	0.99	1.05	1.10	1.10		
Smestad	0.87	1.20							Smestad	1.20	0.95	0.95	1.15	1.04	1.03		
Nydalen	0.91	1.12							Nydalen	1.14	0.97	0.97	1.05	1.03			
Helsfyr	0.91	1.13							Helsfyr	0.98	1.13	0.97	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
Bjørsvika	0.91	1.13							Bjørsvika	0.97	1.14	0.96	0.96	1.00	1.01	1.01	1.00

Alternativ: Lysaker-Drengsrud																	
Fri flyt (utenom rush)							Morgenrushtime										
	Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika		Haslum	Høvik	Jar	Fornebu	Smestad	Nydalen	Helsfyr	Bjørsvika
Haslum			1.02	0.66	0.85	0.89	0.82	0.82	Haslum	0.98	0.83	0.67	0.75	0.81	0.84	0.84	
Høvik				1.32	1.16	1.11	1.11	1.12	Høvik	0.99	0.84	0.62	0.79	0.86	0.90	0.90	
Jar	1.08	1.20		1.09	0.99	0.99			Jar	1.14	1.16	0.82	0.88	0.95			
Fornebu	0.84	1.26	0.99				1.02	1.02	Fornebu	0.80	0.91	0.99	1.05	1.09	1.09		
Smestad	0.87	1.20							Smestad	1.21	0.95	0.95	1.14	1.04	1.03		
Nydalen	0.91	1.12							Nydalen	1.14	0.97	0.97	1.05	1.03			
Helsfyr	0.91	1.13							Helsfyr	0.98	1.13	1.01	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00
Bjørsvika	0.91	1.13							Bjørsvika	0.97	1.14	0.96	0.96	1.00	1.00	1.00	1.02

## 6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Kapittel 3 viser hvordan kunnskap om kø-tidsulempe i prinsippet kan tas i bruk i nytte-kostnadsanalyser som mindre tilpasninger av dagens modellverktøy. Dersom vi legger til grunn at kø-tidslempe kun skal virke i selve trafikantnytteberegningen kan dette oppnås med relativt begrensede tilpassinger i eksisterende transportmodell. Dersom kø-tidsulempe skal gjøres gjeldende også i etterspørselsmodellen krever det videre arbeid og utvikling. I avsnitt 4.2 ble kø-tidsulempe forsøkt inkludert ad hoc i en etterspørselsmodell. Det ble i hovedsak gjort for å få et første inntrykk av hvordan etterspørselseffekter vil kunne opptre, og hvordan de kan påvirke trafikantnyttene i case-studien. En kø-tidsvekt til bruk med etterspørselsmodellen bør imidlertid estimeres innenfor det rammeverket RTM er basert på, altså reisevanedata og modellbygging med en konsistent håndtering av alle ulempefaktorer samlet.

Resultatene for E18 vestkorridoren viser, ikke uventet, at en kø-tidsvekt betyr mye for trafikantnyttene, og dermed gir et skift i NNB for alle alternativer. Et interessant funn i case-studien er at underalternativer rangeres annerledes. Ulike tiltak møter kapasitetsproblemene ulikt, og en kø-tidsvekt vil generelt bidra til en annen differensiering av effektene (det er dette vi ser for settene A og B i forrige kapittel).

Når kø-tidsvekt kun inkluderes i beregning av trafikantnytte er det i praksis ingen andre poster enn trafikantnytte som påvirkes i EFPEKT. Når kø-tid håndteres i etterspørselsmodell får vi også effekter på ulykker og støy/forurensing. I beregning C4 i case'et blir dette imidlertid vanskelig å tolke og sammenlikne med A- og B-settene, siden det er etablert en ny referansesituasjon som ikke er like gjennomarbeidet og kalibrert som vanligvis ville vært tilfelle for en modell (reisemønsteret i referanse endrer seg mye når kø-tids). C4 fungerer derfor mest som et isolert eksempel.

Vi peker på to forhold som bør tas i betraktning: Med økt dynamikk følger det både økt usikkerhet og større utfordringer med å oppnå likevekt i transportmodellen. Dette har implikasjoner for tolkning og bruk av modellresultater, og bruk av modellene. Vi snakker da spesielt om tilfellet der kø-tidsvekt inkluderes i Tramod-by, men det vil også være økt usikkerhet når vi tar inn kø-tidsvekt kun i nytteberegningen. Ytterligere økning i regnetid i dagens RTM er en tydelig ulempe ved å inkludere kø-tidsvekt i etterspørselsmodellen.

I utgangspunktet framstår det derfor som mest aktuelt å ta med kø-tidsbegrepet kun i trafikantnytteberegningen. Da begrenser vi usikkerheten noe, og unngår betydelig økning i regnetid. Vi har likevel fått med en komponent som bidrar til et bedre grep om tiltak som endrer kø-situasjonen, samtidig som vi vet at effekten fortsatt vil være undervurdert.

Når det gjelder behov for videre arbeid peker vi spesielt på to temaer. Det ene er volume/delay-funksjoner. Dersom slike funksjoner skal brukes i beregninger av tid i kø bør det arbeides mer

med å sikre hensiktsmessig utforming av funksjoner. Det andre er et mulig behov for tilpassing av tidsverdier for spesifikke reisehensikter når en kø-tidsvekt skal inngå.

En kritisk forutsetning for beregning av trafikantnytte i et prosjekt der kø-situasjonen endres er verdien på  $f_m$  i avsnitt 3.2; det vil si nivået på forsinkelse som gir hele kø-tidsvekten  $v_m$ . Som grunnlag for analysen har vi benyttet  $f_m=4$ , men er det selvsagt mulig å vurdere tilpassinger basert på et eventuelt videre arbeid.

Den grunnleggende inkonsistensen som er påpekt i avsnitt 1.3 er også et tema som det kan jobbes mer med. Dette handler ikke spesifikt om kø-tidstemaet, men bli ekstra relevant i den sammenheng.

Foreliggende enhetsverdi for kø har i utgangspunktet en form og kvalitet som vi opplever som egnet, men ikke ubetinget. Innvendingene gjelder først og fremst bruk av en kø-tidsvekt i etterspørselsmodell. Som nevnt innledningsvis har det urealistiske implikasjoner for reiser der en stor del av reisetiden tilbringes i kø (å velge en omveg på 3,5 timer vil være like attraktivt/representere like stor ulempe som å sitte 1 time i betydelig kø). Vi har også pekt på at manglende kobling mellom andel tid i kø og forutsatte drivstoffkostnader (som øker ved kø-kjøring) gir en estimert kø-tidsvekt som ikke kun handler om tid, men inkluderer et element av kjørekostnad.

At det ikke foreligger noen form for differensiering vil også kunne by på utfordringer, eller i det minste være en kilde til usikkerhet i analyser der det er fokus på spesifikke typer transportere. Vi har en gjennomsnittlig kø-tidsvekt, men vet lite om hvordan denne varierer med egenskaper ved de reisende og hensikten med reisene de utfører. I nytteberegningene i case-studien legger vi til grunn tidsverdier slik de forutsettes spesifikt for ulike reisehensikter i EFFEKT, men veier altså opp tid basert på beregnet grad av kø. Det betyr det samme som å skalere opp tidsverdier uavhengig av reisehensikt. Dersom verdsettingsstudien hadde avdekket ulike kø-tidsvekter for ulike reisehensikter ville dette vært aktuelt å bruke som grunnlag for differensiert kø-tidsvekting.

Tramod-by videreutvikles i 2016. Det kan i den sammenheng være aktuelt å teste en form for kø-tidsulempe i modellformulering og estimering. Dette må imidlertid være en noe enklere variant enn det som er vist i denne rapporten, og basere seg på størrelsen «ekstra tidsbruk i rushtid» (som differansen mellom tid i rush og tid i fri flyt). Årsaken til dette handler om tilgang til data i estimeringen. Etablering av et opplegg for kø-tidsberegning (av typen som vist og testet i denne rapporten) er ikke en del av modellutviklingsarbeidet. Produksjon av Losdata til bruk i estimering baserer seg på eksisterende RTM. Dersom det skulle vise seg at en signifikant parameter for kø-tid (eller ekstra tidsbruk i rush) kan estimeres og implementeres så vil det være et godt utgangspunkt for videre utvikling (med et mer sofistikert kø-tidsbegrep i eventuelt senere modellarbeid). Samtidig er det viktig å bemerke at en eventuelt estimert kø-tidsparameter (basert på RVU2013/14 og andre data og føringer) i prinsippet ikke vil være sammenfallende med den etablerte kø-tidsvekten fra verdsettingsstudien. I estimeringsarbeidet

er hensikten å gjøre «funn» fra reisevanedata framfor å låse sammenhenger og forhold fra andre kilder.

## REFERANSER

- Statens vegvesen (2014): Konsekvensanalyser. Håndbok V712.
- Statens vegvesen (2015): Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6. Rapport nr. 358.
- Statens vegvesen (2015): Brukerveiledning EFFEKT 6.6. Rapport nr. 356.
- Minken, Harald og Hanne Samstad (2005): Nytt-kostnadsanalyser i transportsektoren: Rammeverk for beregningene. TØI rapport 798/2005. Transportøkonomisk institutt.
- Jens Rekdal, Odd I. Larsen, Arne Løkketangen og Tom N. Hamre (2013): Tramod\_By Del 1: Etablering av nytt modellsystem. Møreforskning rapport 1313.
- Trude Tørset m.fl. (2013): Cube – Regional persontransportmodell versjon 3. SINTEF-rapport A24717.
- Olav Kåre Malmin (2013): Cube – Teknisk dokumentasjon Regional persontransportmodell versjon 3.3. SINTEF-rapport A24718.
- Trude Tørset m. fl. (2012): Verktøy til transportanalyser i by. SINTEF-rapport A23560.
- Hanne Samstad m. fl. (2010): Den norske verdsettingsstudien. Sammendragsrapport. TØI-rapport 1053/2010.
- Samstad, Hanne, Marit Killi og Rolf Hagman (2005): Nyttetekostnadsanalyser i transportsektoren: parametere, enhetskostnader og indekser. TØI rapport 797/2005. Transportøkonomisk institutt. Oslo
- Hanne Samstad (2014): Oppdatering av enhetskostnader i nyttetekostnadsanalyser i Statens vegvesen. COWI
- Stefan Flügel m. fl. (2014): Evaluation of methods for calculating traffic assignment and travel times in congested urban areas with strategic transport models
- Heinz Spiess, (1990) Technical Note—Conical Volume-Delay Functions.

## VEDLEGG

I vedleggene gjengis detaljerte resultater fra nytte-kostnadsanalysen basert på EFFEKT. Rekkefølgen på pdf-utskriftene er som følger:

1. Beregninger **uten noen form for kø-tidsvekt**
  - a. Sammenstilling (b-e)
  - b. Lysaker-Ramstadsletta
  - c. Lysaker-Slependen
  - d. Lysaker-Drengsrud
  - e. Framnes-Drengrud
2. Beregninger basert på **kø-tidsvekt kun i nytteberegning** (ikke i transportmodell)
  - a. Sammenstilling (b-e)
  - b. Lysaker-Ramstadsletta
  - c. Lysaker-Slependen
  - d. Lysaker-Drengsrud
  - e. Framnes-Drengrud
3. Beregninger basert på **kø-tidsvekt både i nytteberegning og transportmodell**
  - a. Framnes-Drengsrud

Merknad om beregningen basert på kø-tidsvekt både i nytteberegning og transportmodell (3a og 3b): Dette innebærer *ikke* noen dobbelttelling av endring i tidsulempe/trafikanthytte. Gjennom transportmodellen får vi etterspørselseffekten (mer differensiert pga håndtering av kø-tid). Gjennom nytteberegningen får vi den tilhørende nytteeffekten.



1a

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b>	<b>1</b>
Akershus	<b>Sammenstilling av alternativer</b>	<b>Dato :</b>	<b>22.12.2015</b>

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	
Melloml./lange reiser: / 0 %		

Evt. følsomhetsanalyse

Utbyggingsplaner	%-endring anleggskostnader	%-endring trafikkfall
1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta		
2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependsen		
3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud		
4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud		

Utbyggingsplan	RESULTATER FOR PERIODEN 2022 - 2061 (1000 kr diskontert)			
	1	2	3	4
Trafikanter og transportbrukere	9 954 442	9 724 562	16 026 462	17 832 605
Operatører	12 045	12 172	11 103	10 098
Det offentlige	-14 016 640	-24 659 309	-41 675 993	-45 011 496
Ulykker	263 972	753 156	1 140 196	1 446 200
Støy og luftforur.	332 693	794 204	890 180	881 860
Restverdi og annet	1 042 810	1 407 190	1 540 865	1 601 561
Skattekostnad	-2 803 329	-4 931 863	-8 335 201	-9 002 301
Netto nytte NN	-5 214 006	-16 899 888	-30 402 388	-32 241 474
NN pr budsjettkrone NNB	-0,37	-0,69	-0,73	-0,72
Internrente (%)				
Første års forrentning (%)	2,5	1,4	1,2	1,2

1b

<b>EFFEKT</b>	<b>6.60</b>	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b>	<b>1</b>
<b>Akershus</b>		<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b>	<b>22.12.2015</b>

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente:	4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå :	2016	Analyseperiode :	40 år
Mva for investering :	17,5 %	Sammenligningsår :	2022	Levetid :	40 år
Mva for drift/vedl.hold :	22,0 %	Skattefaktor :	1,20		

UTBYGGINGSPLAN : 1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta U n	12 960 003	2015	2022	5,5 år	13 335 843	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	13 335 843
					Sum, diskontert (inkl mva)	15 406 299
					Sum, diskontert (ekskl mva)	13 111 744

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	9 954 442		9 954 442
	Ulempeskostnader for fejetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	9 954 442	0	9 954 442
Operatører	Kostnader	-511 277	-523 322	12 045
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-511 277	-523 322	12 045
Det offentlige	Investeringer	-13 111 744		-13 111 744
	Drift og vedlikehold	-31 575 854	-29 708 297	-1 867 557
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 474 662	163 512 001	962 661
	SUM	119 787 064	133 803 704	-14 016 640
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-178 754 128	-179 018 100	263 972
	Støy og luftforurensning	-48 648 237	-48 980 930	332 693
	Andre kostnader	1 042 810	0	1 042 810
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	23 957 419	26 760 747	-2 803 329
	SUM	-202 402 136	-201 238 282	-1 163 853
<b>SUM</b>		<b>-73 171 906</b>	<b>-67 957 900</b>	<b>-5 214 006</b>

Netto nytte	<b>NN = -5 214 006</b>	Netto nytte pr budsjettkrone	<b>NNB = -0,37</b>	Budsjettkostnad	-14 016 640
		Internrente %		Første års forrentning	2,5 %

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

**Prosjekt :** 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

**UTBYGGINGSPLAN :** 2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependen

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åp- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependen U n	21 659 996	2015	2022	6,0 år	22 288 136	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	22 288 136
					Sum, diskontert (inkl mva)	25 944 314
					Sum, diskontert (ekskl mva)	22 080 268

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061			
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)			
		Planlagt	Alternativ 0	Endring	
<b>Trafikanter og transportbrukere</b>	Trafikantnytte	9 724 562		9 724 562	
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0	
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0	
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0	
	SUM	9 724 562	0	9 724 562	
<b>Operatører</b>	Kostnader	-511 150	-523 322	12 172	
	Inntekter	0	0	0	
	Overføringer	0	0	0	
	SUM	-511 150	-523 322	12 172	
<b>Det offentlige</b>	Investeringer	-22 080 268		-22 080 268	
	Drift og vedlikehold	-33 325 015	-29 708 297	-3 616 718	
	Overføringer	0	0	0	
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 549 678	163 512 001	1 037 677	
	SUM	109 144 395	133 803 704	-24 659 309	
<b>Samfunnet forøvrig</b>	Ulykker	-178 264 944	-179 018 100	753 156	
	Støy og luftforurensning	-48 186 726	-48 980 930	794 204	
	Andre kostnader	1 407 190	0	1 407 190	
	Restverdi	0		0	
	Skattekostnad	21 828 884	26 760 747	-4 931 863	
	SUM	-203 215 595	-201 238 282	-1 977 313	
<b>SUM</b>		<b>-84 857 788</b>	<b>-67 957 900</b>	<b>-16 899 888</b>	
Netto nytte	<b>NN = -16 899 888</b>	Netto nytte pr budsjettkrone	<b>NNB = -0,69</b>	Budsjettkostnad	-24 659 309
		Internrente %		Første års forrentning	1,4 %

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud U n	36 160 001	2015	2022	6,0 år	37 208 640	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	37 208 640
					Sum, diskontert (inkl mva)	43 312 400
					Sum, diskontert (ekskl mva)	36 861 618

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	16 026 462		16 026 462
	Ulempeskostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	16 026 462	0	16 026 462
Operatører	Kostnader	-512 219	-523 322	11 103
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-512 219	-523 322	11 103
Det offentlige	Investeringer	-36 861 618		-36 861 618
	Drift og vedlikehold	-35 296 566	-29 708 297	-5 588 269
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 285 896	163 512 001	773 894
SUM	92 127 711	133 803 704	-41 675 993	
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-177 877 904	-179 018 100	1 140 196
	Støy og luftforurensning	-48 090 750	-48 980 930	890 180
	Andre kostnader	1 540 865	0	1 540 865
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	18 425 547	26 760 747	-8 335 201
SUM	-206 002 242	-201 238 282	-4 763 960	
<b>SUM</b>		<b>-98 360 288</b>	<b>-67 957 900</b>	<b>-30 402 388</b>
Netto nytte NN = -30 402 388		Netto nytte pr budsjettkrone NNB = -0,73	Budsjettkostnad -41 675 993	Forste års forrentning 1,2 %
		Internrente %		

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud U n	39 215 001	2015	2022	6,0 år	40 352 236	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	40 352 236
					Sum, diskontert (inkl mva)	46 971 672
					Sum, diskontert (ekskl mva)	39 975 892

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	17 832 605		17 832 605
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	17 832 605	0	17 832 605
Operatører	Kostnader	-513 224	-523 322	10 098
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-513 224	-523 322	10 098
Det offentlige	Investeringer	-39 975 892		-39 975 892
	Drift og vedlikehold	-35 543 926	-29 708 297	-5 835 629
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 312 026	163 512 001	800 025
	SUM	88 792 208	133 803 704	-45 011 496
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-177 571 900	-179 018 100	1 446 200
	Støy og luftforurensning	-48 099 070	-48 980 930	881 860
	Andre kostnader	1 601 561	0	1 601 561
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	17 758 446	26 760 747	-9 002 301
	SUM	-206 310 964	-201 238 282	-5 072 681
<b>SUM</b>		-100 199 374	-67 957 900	-32 241 474

Netto nytte	NN = -32 241 474	Netto nytte pr budsjettkrone	NNB = -0,72	Budsjettkostnad	-45 011 496
		Internrente	%	Forste års forrentning	1,2 %

2a

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	Sammenstilling av alternativer	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prismivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	
Melloml./lange reiser: / 0 %		

Evt. følsomhetsanalyse

Utbyggingsplaner	%-endring anleggskostnader	%-endring trafikk tall
1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta		
2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependsen		
3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud		
4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud		

Utbyggingsplan	RESULTATER FOR PERIODEN 2022 - 2061 (1000 kr diskontert)			
	1	2	3	4
Trafikanter og transportbrukere	15 270 763	19 454 052	29 141 840	32 169 994
Operatører	129	256	-814	-1 818
Det offentlige	-14 027 867	-24 670 536	-41 687 220	-45 022 723
Ulykker	244 072	733 256	1 120 296	1 426 300
Støy og luftforur.	329 467	790 978	886 954	878 633
Restverdi og annet	1 042 810	1 407 190	1 540 865	1 601 561
Skattekostnad	-2 805 574	-4 934 108	-8 337 446	-9 004 547
Netto nytte NN	53 799	-7 218 913	-17 335 525	-17 952 601
NN pr budsjettkrone NNB	0,00	-0,29	-0,42	-0,40
Internrente (%)				
Første års forrentning (%)	3,7	2,7	2,2	2,3

2b

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengarud NIP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
1 Etappe 1. E18 Lysaker - Ramstadsletta V n	12 960 003	2015	2022	5,5 år	13 335 843	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	13 335 843
					Sum, diskontert (inkl mva)	15 406 299
					Sum, diskontert (ekskl mva)	13 111 744

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	15 270 763		15 270 763
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	15 270 763	0	15 270 763
Operatører	Kostnader	-511 277	-511 406	129
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-511 277	-511 406	129
Det offentlige	Investeringer	-13 111 744		-13 111 744
	Drift og vedlikehold	-31 575 854	-29 688 281	-1 887 573
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 474 662	163 503 212	971 450
	SUM	119 787 064	133 814 931	-14 027 867
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-178 754 128	-178 998 200	244 072
	Støy og luftforurensning	-48 648 237	-48 977 703	329 467
	Andre kostnader	1 042 810	0	1 042 810
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	23 957 419	26 762 993	-2 805 574
	SUM	-202 402 136	-201 212 911	-1 189 225
<b>SUM</b>		<b>-67 855 586</b>	<b>-67 909 385</b>	<b>53 799</b>

Netto nytte	NN = 53 799	Netto nytte pr budsjettkrone	NNB = 0,00	Budsjettkostnad	-14 027 867
		Internrente	%	Første års forrentning	3,7 %

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependen

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
2 Etappe 1+2. E18 Lysaker - Slependen V n	21 659 996	2015	2022	6,0 år	22 288 136	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	22 288 136
					Sum, diskontert (inkl mva)	25 944 314
					Sum, diskontert (ekskl mva)	22 080 268

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	19 454 052		19 454 052
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	19 454 052	0	19 454 052
Operatører	Kostnader	-511 150	-511 406	256
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-511 150	-511 406	256
Det offentlige	Investeringer	-22 080 268		-22 080 268
	Drift og vedlikehold	-33 325 015	-29 688 281	-3 636 734
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 549 678	163 503 212	1 046 466
	SUM	109 144 395	133 814 931	-24 670 536
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-178 264 944	-178 998 200	733 256
	Støy og luftforurensning	-48 186 726	-48 977 703	790 978
	Andre kostnader	1 407 190	0	1 407 190
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	21 828 884	26 762 993	-4 934 108
	SUM	-203 215 595	-201 212 911	-2 002 685
<b>SUM</b>		<b>-75 128 298</b>	<b>-67 909 385</b>	<b>-7 218 913</b>

Netto nytte	<b>NN = -7 218 913</b>	Netto nytte pr budsjettkrone	<b>NNB = -0,29</b>	Budsjettkostnad	-24 670 536
		Internrente	%	Forste års forrentning	2,7 %



2d

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
3 Etappe 1+2+3. E18 Lysaker - Drengsrud V n	36 160 001	2015	2022	6,0 år	37 208 640	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	37 208 640
					Sum, diskontert (inkl mva)	43 312 400
					Sum, diskontert (ekskl mva)	36 861 618

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	29 141 840		29 141 840
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	29 141 840	0	29 141 840
Operatører	Kostnader	-512 219	-511 406	-814
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-512 219	-511 406	-814
Det offentlige	Investeringer	-36 861 618		-36 861 618
	Drift og vedlikehold	-35 296 566	-29 688 281	-5 608 285
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 285 896	163 503 212	782 683
	SUM	92 127 711	133 814 931	-41 687 220
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-177 877 904	-178 998 200	1 120 296
	Støy og luftforurensning	-48 090 750	-48 977 703	886 954
	Andre kostnader	1 540 865	0	1 540 865
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	18 425 547	26 762 993	-8 337 446
	SUM	-206 002 242	-201 212 911	-4 789 331
<b>SUM</b>		<b>-85 244 910</b>	<b>-67 909 385</b>	<b>-17 335 525</b>

Netto nytte	NN = -17 335 525	Netto nytte pr budsjettkrone	NNB = -0,42	Budsjettkostnad	-41 687 220
		Internrente	%	Første års forrentning	2,2 %

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

**Prosjekt :** 1 E18 Framnes-Drengsrud NTP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

**UTBYGGINGSPLAN :** 4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengsrud

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengsrud V n	39 215 001	2015	2022	6,0 år	40 352 236	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	40 352 236
					Sum, diskontert (inkl mva)	46 971 672
					Sum, diskontert (ekskl mva)	39 975 892

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061														
		Planlagt	Alternativ 0	Endring												
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)														
<b>Trafikanter og transportbrukere</b>	Trafikantnytte	32 169 994		32 169 994												
	Ulempeskostnader for fjerjetrafikanter	0	0	0												
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0												
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0												
	<b>SUM</b>	<b>32 169 994</b>	<b>0</b>	<b>32 169 994</b>												
<b>Operatører</b>	Kostnader	-513 224	-511 406	-1 818												
	Inntekter	0	0	0												
	Overføringer	0	0	0												
	<b>SUM</b>	<b>-513 224</b>	<b>-511 406</b>	<b>-1 818</b>												
<b>Det offentlige</b>	Investeringer	-39 975 892		-39 975 892												
	Drift og vedlikehold	-35 543 926	-29 688 281	-5 855 645												
	Overføringer	0	0	0												
	Skatte- og avgiftsinntekter	164 312 026	163 503 212	808 814												
	<b>SUM</b>	<b>88 792 208</b>	<b>133 814 931</b>	<b>-45 022 723</b>												
<b>Samfunnet forøvrig</b>	Ulykker	-177 571 900	-178 998 200	1 426 300												
	Støy og luftforurensning	-48 099 070	-48 977 703	878 633												
	Andre kostnader	1 601 561	0	1 601 561												
	Restverdi	0		0												
	Skattekostnad	17 758 446	26 762 993	-9 004 547												
	<b>SUM</b>	<b>-206 310 964</b>	<b>-201 212 911</b>	<b>-5 098 053</b>												
<b>SUM</b>		<b>-85 861 986</b>	<b>-67 909 385</b>	<b>-17 952 601</b>												
<table border="1"> <tr> <td>Netto nytte</td> <td><b>NN = -17 952 601</b></td> <td>Netto nytte pr budsjettkrone</td> <td><b>NNB = -0,40</b></td> <td>Budsjettkostnad</td> <td>-45 022 723</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Internrente %</td> <td></td> <td>Første års forrentning</td> <td>2,3 %</td> </tr> </table>					Netto nytte	<b>NN = -17 952 601</b>	Netto nytte pr budsjettkrone	<b>NNB = -0,40</b>	Budsjettkostnad	-45 022 723			Internrente %		Første års forrentning	2,3 %
Netto nytte	<b>NN = -17 952 601</b>	Netto nytte pr budsjettkrone	<b>NNB = -0,40</b>	Budsjettkostnad	-45 022 723											
		Internrente %		Første års forrentning	2,3 %											

<b>EFFEKT</b> 6.60	<b>Prissatte konsekvenser</b>	<b>Side :</b> 1
Akershus	<b>Totale kostnader</b>	<b>Dato :</b> 22.12.2015

Prosjekt : 1 E18 Framnes-Drengrud NIP august 2015

Kalkulasjonsrente: 4,0 / 3,0 / 2,0 %	Felles prisnivå : 2016	Analyseperiode : 40 år
Mva for investering : 17,5 %	Sammenligningsår : 2022	Levetid : 40 år
Mva for drift/vedl.hold : 22,0 %	Skattefaktor : 1,20	

UTBYGGINGSPLAN : 4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud

Vegnett	Anleggskostnad i gitt prisnivå	Åpn- år	Anleggs- periode	Anleggskostnad (1000 kr)		
4 Etappe 1+2+3+4. E18 Framnes - Drengrud VD n	39 215 001	2015	2022	6,0 år	40 352 236	
					Sum, ikke diskontert (inkl mva)	40 352 236
					Sum, diskontert (inkl mva)	46 971 672
					Sum, diskontert (ekskl mva)	39 975 892

Aktører	Komponenter	KOSTNADER I PERODEN 2022 - 2061		
		Totale kostnader (1000 kr diskontert)		
		Planlagt	Alternativ 0	Endring
Trafikanter og transportbrukere	Trafikantnytte	24 801 984		24 801 984
	Ulempekostnader for ferjetrafikanter	0	0	0
	Helsevirkninger for GS-trafikk	0	0	0
	Utrygghetskostnader for GS-trafikk	0	0	0
	SUM	24 801 984	0	24 801 984
Operatører	Kostnader	-517 834	-517 158	-676
	Inntekter	0	0	0
	Overføringer	0	0	0
	SUM	-517 834	-517 158	-676
Det offentlige	Investeringer	-39 975 892		-39 975 892
	Drift og vedlikehold	-36 319 698	-30 466 107	-5 853 591
	Overføringer	0	0	0
	Skatte- og avgiftsinntekter	177 402 109	175 694 855	1 707 254
	SUM	101 106 519	145 228 748	-44 122 229
Samfunnet forøvrig	Ulykker	-191 505 848	-192 833 628	1 327 780
	Støy og luftforurensning	-52 022 673	-52 608 818	586 145
	Andre kostnader	1 601 561	0	1 601 561
	Restverdi	0		0
	Skattekostnad	20 221 309	29 045 756	-8 824 448
	SUM	-221 705 652	-216 396 689	-5 308 963
<b>SUM</b>		<b>-96 314 983</b>	<b>-71 685 099</b>	<b>-24 629 884</b>

Netto nytte	NN = -24 629 884	Netto nytte pr budsjettkrone	NNB = -0,56	Budsjettkostnad	-44 122 229
		Internrente	%	Første års forrentning	1,8 %