

# Muligheter for forbedret modellering av transporttiltak i by

TØI rapport 2035/2024 • Forfattere: Stefan Flügel, Christian Weber, Tom N. Hamre • Oslo 2024 • 91 sider

Transportmodeller er et sentralt verktøy i planlegging av transport og er bestandig under videreutvikling. Trender som urbanisering, mikromobilitet og automatisert transport, samt politiske ordninger som byvekstavgiftene og økt behov for scenariometodikk, øker behovet for mer dynamiske, detaljerte og mer fleksible transportmodeller i byer.

I den foreliggende rapporten foretar vi en systematisk gjennomgang av 10 transporttiltak og peker på konkrete muligheter for videreutvikling av RTM-systemet, samt muligheter som ligger i andre modelleringstilnærminger, deriblant agent-baserte transportsimuleringsmodeller.

Rapporten oppsummerer funnene fra et prosjekt på oppdrag fra NTP Transportanalyse og samfunnsøkonomi. Prosjektet hadde som oppgave å kartlegge behov for videreutvikling av eksisterende modellsystem (RTM) og andre metoder for transportanalyser i by.

Rapporten er et ledd i en prosess om vurdering og utvikling av framtidens transportmodeller og kan anses som en oppfølging av TØI rapport 1819/2021 «*Transportmodeller mot fremtiden. Muligheter for forbedrede modeller med fokus på reiser i byområder*». I foreliggende rapport gjør vi en mer systematisk gjennomgang av 10 tiltak og peker på konkrete muligheter for videreutvikling i RTM-modellsystemet, samt hvilke muligheter som ligger i andre modelleringstilnærminger.

Rapporten er begrenset til 10 analysebehov. Etter innspill fra oppdragsgiver har vi valgt følgende 10 tiltak/utviklingsdimensjoner:

1. Elbil som egen mode (reisemiddel)
2. Endre/forskyve avreisetid
3. Fleksible bompenger/veiprisering
4. Parameterjustering etter korona
5. Parkering og nullutslippssoner
6. Bildeling/Robotaxier
7. Mikromobilitet
8. Takstsystemer for kollektivtransport
9. Framkommelighet for (super)buss
10. Mikroskopisk/dynamisk trafikkavvikling

For en systematisk gjennomgang har vi definert 7 spørsmål som vi skal svare ut for hvert av de 10 tiltakene:

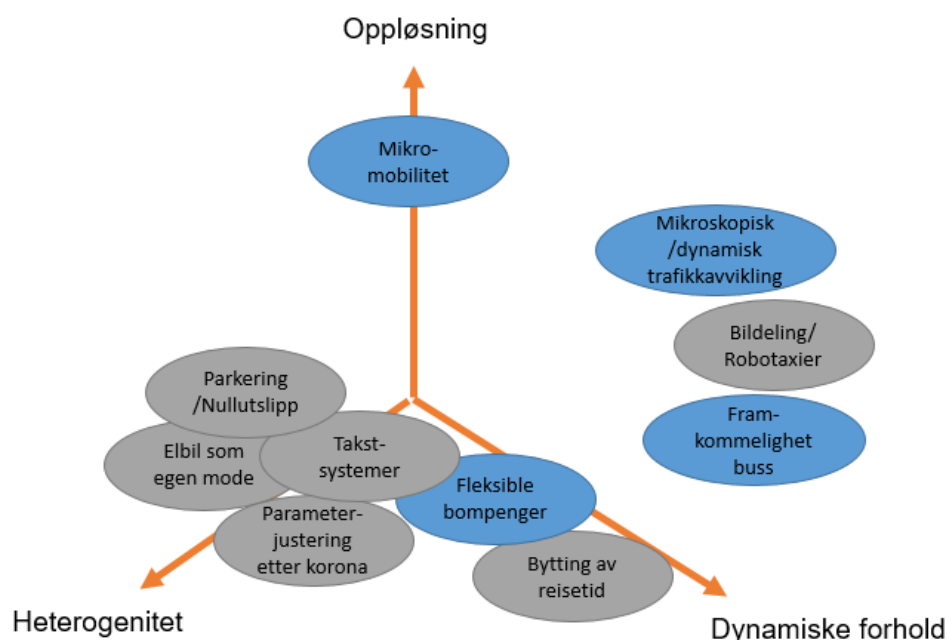
1. Hva går tiltaket ut på?
2. Hvilke adferdsdimensjoner og mekanismer er det viktig å fange opp?
3. Hvilke data trengs?
4. Hvordan håndteres tiltaket eller lignende tiltak i dagens RTM, og hva er begrensningene?
5. Hvilke muligheter finnes for videreutvikling av RTM-systemet?
6. Hvilke andre metoder/modeller kan brukes/utvikles for å analysere tiltaket?
7. Hvordan kan andre modeller konkret anvendes/videreutvikles?

Metodetilnærmingen har vært:

1. Å samle erfaringer blant prosjektmedarbeidere og andre forskere/konsulenter
2. Litteraturgjennomgang
3. Følge opp aktuelle og pågående prosjekter rundt modellutvikling
4. Uttesting av utvalgte tiltak i et modellrammeverk for agent-basert simulering (MATSim)

Rapporten inneholder ingen detaljerte beskrivelser av metodikken bak transportmodeller, og den forutsetter kjennskap til modellsystemet RTM. For en mer dekkende beskrivelse av agent-baserte modeller henviser vi til TØI rapport 1358/2014 og 1819/2021. RTM-systemet er nærmere beskrevet blant annet i Tørset et al. (2022).

Som beskrevet i TØI rapport 1819/2021 kan man systematisere behov for modellutvikling i by langs tre dimensjoner: a) heterogenitet b) oppløsning og c) dynamiske forhold. Figur S1 gjør et forsøk på en innledningsvis kartlegging av tiltakene etter disse tre dimensjoner.



Figur S1: Illustrasjon av ti tiltak i lys av tre modellutviklingsdimensjoner.

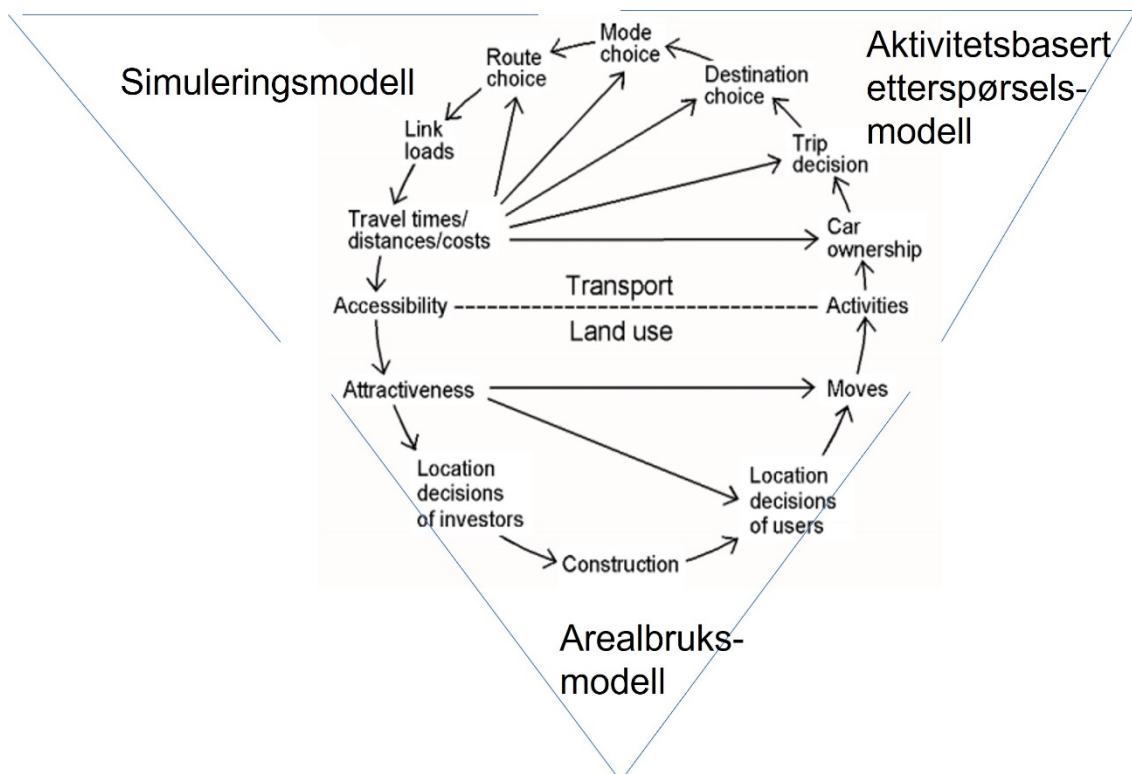
Ved siden av disse fundamentale begrensningene (forhåndsbestemte befolkningssegmenter sone-struktur, og statisk modellering innenfor gitte tidsperioder) kan det argumenteres for at RTM-modellsystemet har en grunnleggende svakhet ved at modellsystemet er forholdsvis

ufleksibelt. Dette gjelder både i anvendelse (utover funksjonaliteten som ligger i Cube-grensesnittet) og i modellutviklingen.

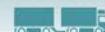
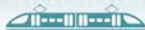
I den systematiske gjennomgangen diskuterer vi sentrale behov for å fange opp ulike adferdsdimensjoner og mekanismer. Behovene vil variere betydelig mellom de 10 tiltakene. Vurdering av behovene vil være nødvendig for å finne ut av hvilke modelltyper som kan forventes å gi de beste svarene på fremtidige problemstillinger og hvilke modelltyper det er verdt å satse på i transportplanleggingen fremover.

Vi ser på fire typer modeller/modellsystemer som er relevante for bytransport; tre modeller som er i bruk i Norge i dag (riktignok i sterkt varierende grad) og ett mulig modellsystem for fremtiden.

- Modelltype 1 (M1) er en klassisk trafikksimuleringsmodell med eksogen etterspørsel. Et eksempel på dette er Aimsun som anvendes av SVV for å modellere detaljert trafikkflyt i byer.
- Modelltype 2 (M2) er dagens RTM-system med TraMod\_by som etterspørselsmodell og trafikkavviklingsmodell kodet i Cube Voyager.
- Modelltype 3 (M3) er agent-baserte trafikksimuleringsmodeller. MATSim og POLARIS er de mest brukte rammeverkene for agent-baserte modeller, men det finnes mange flere alternativer.
- Modelltype 4 (M4) er et modellsystem bestående av en LUTI-modell, en aktivitetsbasert etterspørselsmodell (ABDM) og en trafikksimuleringsmodell. Et slik modellsystem ansees å være det mest omfattende og mest detaljerte system som man kan bygge sammen ut fra kjente modeller. Figur S2 illustrerer hvordan en slik modell kan være sammensatt.



Figur S2: Strukturen i et mulig "state-of-the-art" transportmodellsystem. Figur er tilpasset basert på Wegener (2014).



Tabell S1 viser hvordan ulike adferdsdimensjoner er håndtert i ulike modelltyper. Vi inndeler i:

- «Ikke inkludert»: adferdsdimensjonen fanges ikke opp eller spiller ingen rolle i modellsystemet
- «Eksogent»: adferdsdimensjonen er representert ved faste inndata og predikeres ikke av selve modellen
- «Endogent»: adferdsdimensjonen predikeres innad i modellsystemet. I noen tilfeller legger vi til «detaljert» eller «forenklet» for å indikere detaljeringsgraden i hvordan adferdsdimensjonen modelleres.

Tabell S1: Adferdsdimensjoner og mekanismer i de fire ulike modelltypene.

Adferdsdimensjon	M1: Klassisk trafikksimulering med eksogen etterspørsel	M2: RTM-system (TradMod_by + Cube Voyager)	M3: Agent-baserte trafikkmodeller (f.eks. en standard MATSim-modell)	M4: LUTI+ABDM+ trafikksimulering
Bosettings-/arbeidsstedsvalg	Ikke inkludert	Eksogent (arbeidssted endogent, som del av destinasjonsvalg for arbeidsplasser)	Eksogent	<b>Endogent</b>
Biltilgang	Ikke inkludert	<b>Endogent</b>	Eksogent	<b>Endogent</b>
Valg av/kjøp av biltype	Ikke inkludert	Eksogent	Eksogent	Eksogent (muligens endogent)
Valg av periodekort	Ikke inkludert	<b>Endogent</b> (arbeidsreiser)	Eksogent	<b>Endogent</b>
Reisefrekvens	Eksogent	<b>Endogent</b>	Eksogent	<b>Endogent</b>
Destinasjonsvalg	Eksogent	<b>Endogent</b>	Eksogent	<b>Endogent</b>
Transportmiddelvalg	Eksogent	<b>Endogent</b>	<b>Endogent</b> (noe forenklet)	<b>Endogent</b>
Valg av avreisetidspunkt	Eksogent	Ikke inkludert	<b>Endogent</b>	<b>Endogent</b>
Valg av rute	<b>Endogent</b>	<b>Endogent</b> , noe forenklet	<b>Endogent</b> , detaljert	<b>Endogent</b> , detaljert
Kjøreadferd som påvirker trafikkflyt	<b>Endogent</b>	Ikke inkludert	<b>Endogent</b> (sterkt forenklet)	<b>Endogent</b> (noe forenklet)

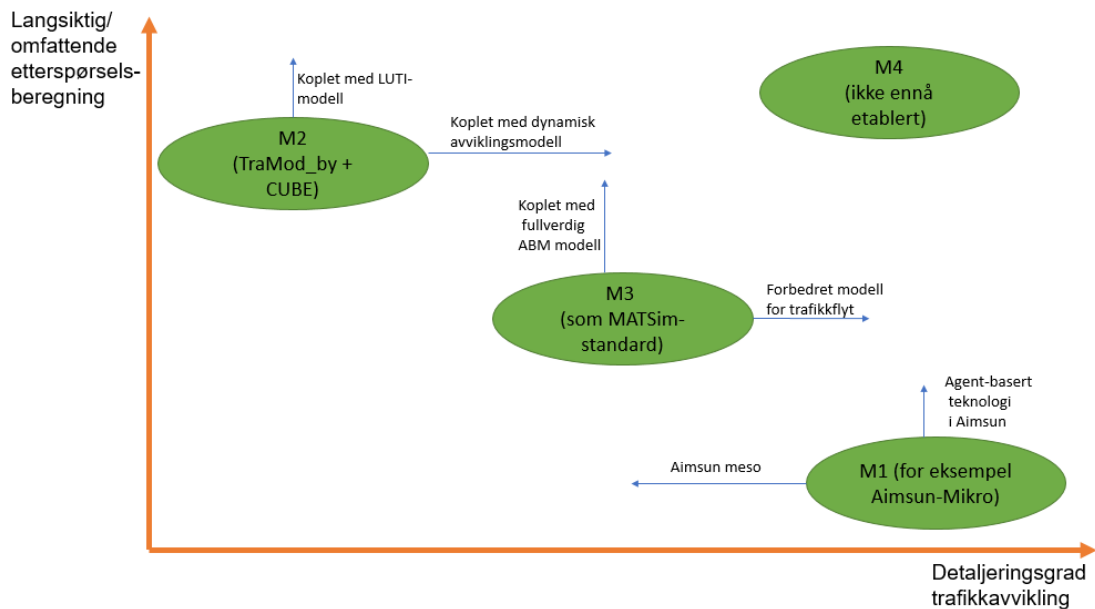
I M1 leses etterspørselen inn som eksogene data og det modelleres rutevalg og kjøreadferd i veinettet.

I M2 modelleres etterspørselen med en modell for biltilgang og klassiske modeller for reisefrekvens, transportmiddel- og destinasjonsvalg. Uten bruk av tilleggsmodeller ligger tidsperioden fast og etterspørselen leses inn «statisk» i en trafikkavviklingsmodul i Cube Voyager. I Cube Voyager legges trafikken ut på nettverket. Rutevalget modelleres på en makroskopisk og deterministisk måte og LoS-matriser oppdateres før disse sendes tilbake til etterspørselsmodellen.

I M3 tar man utgangspunkt i faste lister som representerer reiseplaner for en syntetisk befolkning. I M3 modelleres endringer i transportmiddelvalg, avreisetidspunkt og rutevalg for hver agent (enkeltperson) i den syntetiske befolkningen.

Ved M4 vil de fleste adferdsdimensjoner kunne modelleres endogent. Ideelt sett bør oppbygningen være modulær slik at man kun kjører modulene isolert ved behov. Samtidig skal modulene være integrerte og konsistente med hverandre. Den ideelle enheten for dette er agent-basert, evt. hushold-basert. Dette gjelder også den langsiktige modulen selv om agent-basert tilnærming virker mindre utbredt for arealbruksmodellering.

Figur S3 illustrerer to overordnede egenskaper ved modellene. Y-aksen viser langsiktig og omfattende etterspørselsberegning (bosettingsvalg, destinasjonsvalg, reisefrekvens), mens x-aksen viser detaljeringsgrad i trafikkavviklingen (dynamisk oppbygging av kø, mikroskopiske interaksjoner).



Figur S3: Modelltypenes kapabilitet.

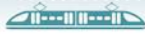
Blant «dagens» modeller (M1 til M3) har RTM (M2) størst omfang av langsiktig etterspørselsberegning, mens klassiske mikroskopiske simuleringsmodeller (M1) har høyest detaljeringsgrad i trafikkavvikling. En standard MATSim modell (M3) ligger et sted mellom disse. Et «state-of-the-art» transportmodellsystem (med en vellykket integrering av en LUTI-modell) vil score noe bedre enn RTM på omfattende etterspørselsmodellering og likt/noe dårligere enn klassiske trafikksimuleringsmodeller på detaljeringsgrad i trafikkavvikling (avhengig av detaljeringsnivå til den integrerte simuleringsmodellen).

Det er viktig å huske at dagens modeller kan bli utvidet slik at de vil forbedres i én eller begge dimensjoner. Dette er illustrert med pilene i Figur 2.7. En standardmodell i MATSim kan f.eks. score omtrent likt som RTM på langsiktig etterspørselsmodellering om den er koblet mot en fullverdig aktivitetsbasert etterspørselsmodell. På den andre siden kan dagens mesoskopiske trafikkflytmodeller bli erstattet av en mikroskopisk versjon. I dette tilfellet ville den få omtrent samme detaljeringsgrad som en mikroskopisk Aimsun-modell.

Som del av prosjektet har vi også uttestet følgende tiltak i MATSim: endring av avreisetidspunkt, fleksible bompenger og robotaxier. Vi gjør dette basert på et hypotetisk scenario med et veldig enkelt nettverk og fiktive og forenklede etterspørselsdata (reiseplaner). Valget om et stilisert case (framfor full implementering) er motivert av at det da er mye enklere å isolere og forstå effektene av de mekanismene man tester ut. Vi viser til kapittel 4 for dokumentasjon av tiltakene i MATSim.

Tabell S2 oppsummerer vurderingen våre basert på kartlegging i rapporten.

Kolonnen «mulig i RTM på lengre sikt» vil kreve ny estimering, og for flere tiltak også ny oppbygging av kildekoden i TraMod\_By.

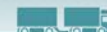
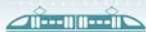


Tabell S2: Oppsummering av mulighetsstudien.

Tiltak	Mulig i RTM på kort sikt	Mulig i RTM på lengre sikt (ny estimering, større endring i kildekode)	Forbedringspotensial med dynamiske og agent-baserte modeller
Elbil som egen mode	Segmentering etter drivlinje; implementert i Hamre and Rekdal (2024)	Eget alternativ i MD-modellen* ved ny versjon; større endringer i segmenteringsmodellen (uklart utbytte)	Moderat (fordeler for elbiler mest mht. ladning)
Endre/forskyve reisetidspunkt	Tilleggsmodeller for forskyvning av reiseperiode; (pågående implementering av SINTEF i CUBE)	Større endringer i frekvensmodellen (tidsdifferensiert) (uklart utbytte)	Stort; gevinster fra modeller med eksplisitt representasjon av døgntid
Fleksible bompenger/veiprisering	Tilpasninger i rutevalgmodellen; finere fordeling av LoS (per time)	Noen forbedringsmuligheter i kombinasjon med elbil og forskyvning av tidsperiode	Moderat; noe større hvis bompenger kan forventes å ha betydelige dynamiske effekter
Parameterjustering etter korona (med unntak av trengselskostnader)	Ulike muligheter for rekalkulering, f.eks. reisehensikter i frekvensmodellen	Estimering av «post korona»-preferanser ved re-estimering basert på nye RVU data	Moderat; noen fordelinger med aktivitetsbasert tilnærming, spesielt med tanke på hjemmekontor
Endring i trengselskostnader etter korona (eller under ny pandemi)	Funksjonalitet i CUBE for å «balansere» rutevalget	Begrenset mulighet/nytte av å ta det med i etterspørselsmodell --> tilpasse (PROSAM rapport)	Begrenset (mye kan dekkes av Trenklin)
Parkering og nullutslippssoner	Scenario-analyser ved manipulering av eksisterende sonedata / tilpasning av destinasjonsmodell i kombinasjon med elbil	Helhetlig integrering i nystimert destinasjonsmodell	Lite, med mindre man vil modellere tilgjengelighet av parkeringsplasser på mer detaljert/dynamisk måte
Bildeling/Robotaxier	Muligheter for justeringer/kalibrering i segmenteringsmodellen for å approksimere økt biltilgang	Større forbedringer i segmenteringsmodellen rundt bildeling; Robotaxier vanskelig å fange opp i fullt omfang	Veldig stor pga. mulighet for å fange opp dynamikken mellom tilbud og etterspørsel (endogen tilgjengelighet/ ventetider)
Mikromobilitet	Virker vanskelig (justerte analyser samlet med sykkel) --> justere hastighet	Egen mode i etterspørselsmodellen ved nystimering, egen beregning av LoS; segmentering knyttet til tilbringertid (uklart utbytte)	Stort med tanke på mulig detaljeringsgrad og muligheten for å predikere tilgjengelighet endogent
Takstsystemer i kollektivtransport	Forbedringer innenfor eksisterende CUBE rammeverk	Utvidet funksjonalitet i spesifisering av takstsystemer; forbedret håndtering av periodekort i nystimert modell (noen begrensinger)	Lite (noe større for tidsdifferensierte billetter; kjøp av periodekort kan muligens bedre forklares innenfor aktivitetsbaserte modeller)
Framkommelighet (super)buss	Tilrettelegging på nettverkssiden (dedikert fil for superbuss)	Kapasitetsavhengige reisetider med kollektivt (inkl. superbuss)	Moderat hvis fokus på reisetider; stort for kømodellering i byområder
Mikroskopisk/dynamisk trafikkavvikling	Ekstern kopling mot Aimsun eller MATSim (uklart utbytte)	Kopling/integrering med andre verktøy; innenfor Cube kan Avenue være en mulighet	Stort hvis vekt på samspill med etterspørselsiden

\* MD-modellen refererer til nested logit-modellen for «mode» og «destinasjon» i TraMod\_by.





Vår mulighetsstudie viser at følgende tiltak/modelldimensjoner kan håndteres godt innenfor RTM-systemet:

- Parameterjustering etter korona (med unntak av trengselskostnader)
- Parkerings- og nullutslippssoner
- Elbil som egen mode
- Fleksible bompenger (hvis fleksibilitet er begrenset til faste tidsperioder og hvis endring av reisetidspunkt ikke forventes å spille en stor rolle).

*Parameterjustering etter korona* (med unntak av trengselskostnader) og *Parkerings- og nullutslippssoner* kan i stor grad fanges opp med forbedret kalibrering og/eller manipulering av nyttefunksjoner og sonedata.

Langsiktige preferanseendringer etter korona vil man på lengre sikt kunne fange opp ved en reestimering av TraMod\_By med post-korona reisevanedata. På kort sikt burde økt hjemme-kontor fanges opp via en kalibrering av frekvensmodellen (mindre arbeidsreiser).

I tilfellene *Elbil* og *Fleksible bompenger* har det blitt gjennomført videreutviklingsprosjekter etter oppstart av dette prosjektet. Disse har ført til forbedrede virkemåter i RTM, eller vil gjøre det i nær fremtid. Det kan argumenteres for at 1) de foreslåtte og delvis gjennomførte endringene i stor grad maksimerer potensialet i RTM og 2) at forslagene på lengre sikt har begrenset nytte innenfor statiske og makroskopiske modellsystemer.

For en god modellering av *Fleksible bompenger* og *Tidsdifferente takstsystemer* bør man fange opp bytting/forskyving av avreisetidspunkt. Forskyving av avreisetidspunkt kan implementeres i RTM til en viss grad, men det gjør modellen mye mer komplisert og beregningstung. Generelt vil tiltakene som har en mer dynamisk karakter bli bedre fanget opp i modeller som har en eksplisitt representasjon av tid.

Det samme gjelder tiltakene *Framkommelighet (super)buss* og *Mikroskopisk/dynamisk trafikkavvikling*. Disse fanges bedre opp med andre typer modeller. Det er teknisk mulig å koble TraMod\_By med en dynamisk og mikro-/mesoskopisk avviklingsmodell, men implementeringen vil nødvendigvis medføre transformasjoner av data for å håndtere ulike datastrukturer. Integrerte modeller som har samme datastruktur i etterspørselsmodellering og trafikkavvikling (som MATSim har) er foretrukket. *Framkommelighet (super)buss* kan muligens fanges opp greit nok i RTM/Cube Voyager hvis man er interessert i reisetider (og ikke romlig utbredelse av kø) og man legger ressurser i å kalibrere VDF-funksjoner og hastighetsmodeller.

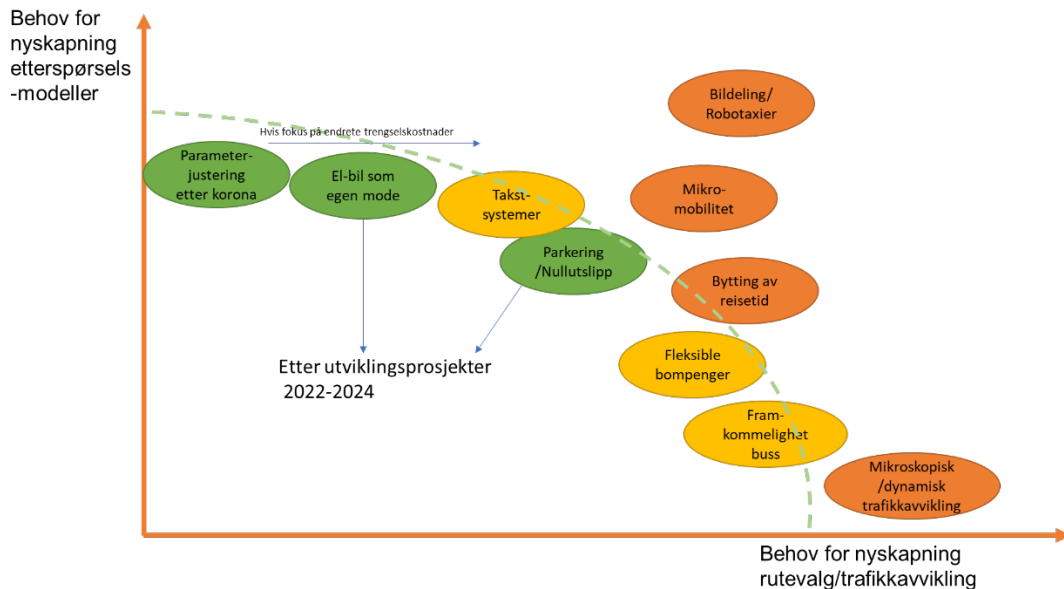
Modellering av *Robotaxier* (med endogen ventetid) og *Mikromobilitet* (med endogen tilgjengelighet) vil ikke kunne fanges opp i RTM-systemet på en god måte. Her vurderes behov for state-of-the-art modeller som nødvendig.

Innad i RTM-systemet kan man gjøre en videre oppdeling av behovene i 1) behov for nyskaping på etterspørselssiden (TraMod\_By) og 2) på avviklingssiden (Cube-Voyager). Figur S4 prøver å illustrere dette.

Den grønne stiplede linjen indikerer vår vurdering av om tiltakene kan håndteres i RTM på en god måte. Tiltakene som ligger til høyre av den stiplede linjen håndteres best utenfor RTM.

Fargekodene indikerer hvor godt de ulike tiltakene i Figur S4 kan fanges opp i RTM. **Grønn** – kan fanges opp i RTM på en god måte, evt med forbedringer som kan iverksettes på kort sikt, **gul** – tiltakene kan analyseres i RTM på en tilfredsstillende måte, men det finnes noen fundamentale begrensninger som ikke lar seg løse godt i RTM og **rød** – vanskelig å fange opp i RTM på en god måte. Merk at «endring i avreisetid» og «mikroskopisk/dynamisk trafikkavvikling» kan delvis løses med eksterne modeller som kan kobles mot RTM.

I forhold til arbeidsdokumentet 51874 som ble publisert i 2022 har vi tilført noen piler som indikerer status i 2024. I 2024 er behovet for nyskaping knyttet til «elbil som egen mode» mindre siden implementering av segmenter fanger opp mye av funksjonaliteten til dette tiltaket (se avsnitt 3.1.4).



Figur S4: Forenklet illustrering av behov for nyskaping i forhold til dagens RTM-system (den grønne striplete buen).

Figur S4 viser at de fleste tiltakene som man vanskelig kan fange opp i RTM krever nyskaping både i etterspørselsmodellen og i trafikkavviklingsmodellen. Unntaket er *Mikroskopisk/dynamisk trafikkavvikling*, der primært trafikkavviklingsmodellen trengs å forbedres. For robotaxier, mikromobilitet og endring i avreisetidspunkt vil det ikke være nok med justeringer i modellen eller å utvide eller erstatte enkelte deler av modellsystemet. For slike analyser er det behov for andre modellsystemer. Dette omtales nærmere i neste avsnitt.

Som beskrevet i forrige avsnitt finnes det et behov for nye modeller for flere av de 10 analyserte tiltakene i denne rapporten. I dette avsnittet vurderer vi hvilke andre modeller som egner seg best til å fange opp tiltakene på sikt.

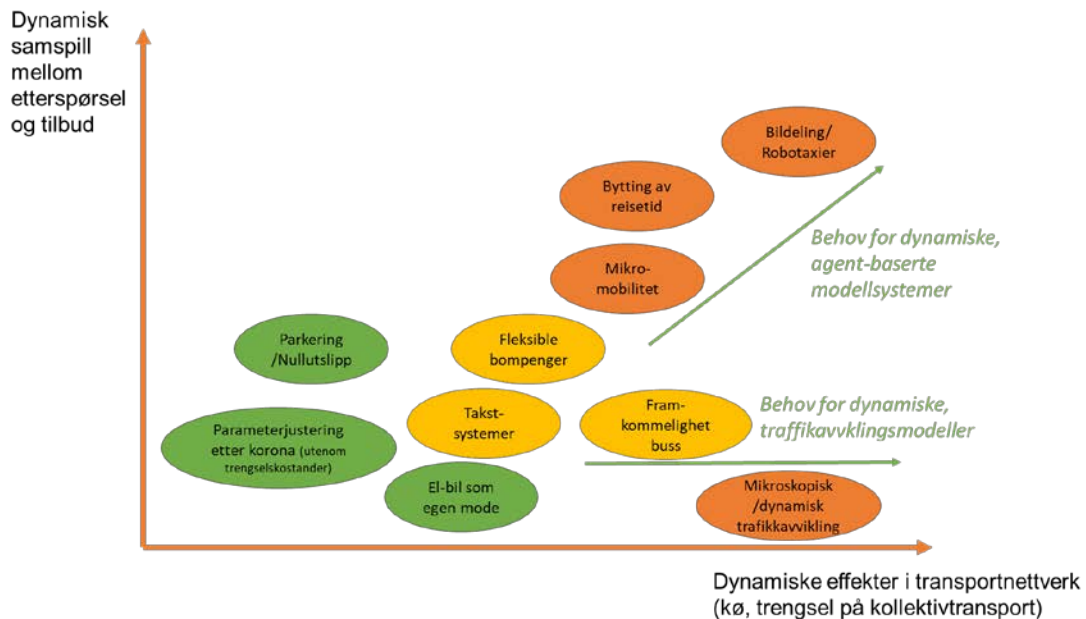
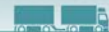
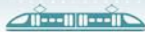
Vi tar utgangspunkt i modellene som er beskrevet i kapittel 2.4:

1. Dynamiske avviklingsmodeller (diskutert her i kombinasjon med TraMod\_By)
2. Agent-baserte trafikksimuleringsmodeller
3. State-of-the-art-modell bestående av arealbruksmodell, aktivitetsbasert etterspørselsmodell og trafikksimuleringsmodell .

Tilnærming 1 prøver å koble TraMod\_by opp mot dynamiske avviklingsmodeller (som Aimsun, evt. Trenklin for tognettverket). Ulempen er at etterspørselsmodelleringen fortsatt vil være statisk og at endring i avreisetidspunkt ikke kan fanges opp uten tilleggsmoduler.

Denne utfordringen kan løses med agent-baserte trafikksimuleringsmodeller som MATSim. Her har man mulighet til å fange opp dynamisk samspill mellom etterspørsel og tilbud. Som beskrevet i vår gjennomgang av tiltakene er dette mest sentralt for tiltakene *robotaxier*, endring i *avreisetidspunkt* og *mikromobilitet*. Figur S5 illustrerer dette.





Figur S5: Behov for dynamisk samspill mellom etterspørsel og tilbud og behov for interaksjon mellom enkeltkjøretøy og/eller personer; fargekoder: **grønn** – kan fanges opp i RTM på en god måte, evt. med forbedringer som kan fullføres på kort sikt; **gul** – tiltakene kan analyseres i RTM på en tilfredsstillende måte, men det finnes; **rød** – vanskelig å fange opp i RTM på en god måte.

Rapporten diskuterer hvordan mulighetsstudien vår kan bidra til å formulere anbefalinger rundt fremtidens transportmodeller.

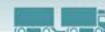
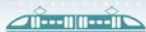
Et krav til transportmodeller som har fått mye medvind de senere år, er behovet for å fange opp effekter av ulike komplekse framtidsscenarioer og at man synliggjør usikkerheten i det som ligger i implisitte og eksplisitte antakelser.

Dette medfører to overordnede mål: 1) å kunne analysere mange ulike framtidsscenarioer inkludert effekter av ny teknologi, 2) raskere beregningstid slik at mange scenarioer/kombinasjoner av scenarioer kan testes.

Målene setter ulike – og til dels motstridende – krav til transportmodellene. Første mål krever fleksible transportmodeller, og for noen typer analyser detaljerte og dynamiske modeller. Andre mål krever forenklede transportmodeller for å redusere beregningstiden.

I denne sammenheng er det igjen interessant å se på forskjeller i analysebehov mellom byområder og på regionalt/nasjonalt nivå. Noen av framtidsscenarioene vil trolig være mer sentrale i byer og vil derfor kreve god representasjon i bymodeller, mens andre tiltak vil være mer relevant for regionale analyser, f.eks. motorveiprosjekter. Et annet eksempel er mikromobilitet som vil kreve eksplisitt representasjon i byanalyser, mens tiltaket kan forsøkes fanget opp på en forenklet måte ved regionale analyser/i regionale modeller, f.eks. ved å justere ned tilbringertiden til tog og langdistansebusser.

På grunn av høyere oppløsning og krav om å beregne nettverksavhengige reisetider, vil bymodeller ofte innebære lange beregningstider. Det er vanskelig å unngå uten at man kaster ut nødvendige detaljer fra modellen. En mulig løsning på sikt kan være at man lager meta-modeller basert på maskinlæring eller andre teknikker. Spesialmodeller som selvstendige etterspørselsmodeller (som MPM23 eller ADA) kan være egnet for noen typer analyser (disse tar forholdsvis lite tid å kjøre gjennom siden de ikke nettutlegger reisene). Et annet eksempel på en spesialmodell er Trenklin, som har forholdsvis kort beregningstid og kan brukes for noen typer analyser.



Som diskutert i rapporten er RTM/NTM6-modellsystemet godt egnet for regionale/nasjonale analyser med strategisk karakter. For målsetting 1 kan det tenkes at TraMod\_by kan gjøres enda mer fleksibel. For mål 2 bør man vurdere å forenkle RTM-modellen (f.eks. færre soner, færre segmenter, ingen/færre iterasjoner). Noe av dette er allerede mulig å styre gjennom opsjoner som er programmert i brukergrensesnittet i Cube.

Denne diskusjon er oppsummert i tabell S3.

Tabell S3: Vurdering av utfordringer/muligheter knyttet til krav om å synliggjøre flere framtidsscenarioer.

Mål	Bymodeller	Regionale/Nasjonale modeller (utenom byer)
Å kunne analysere en større bredde av framtidsscenarioer	Fleksible transportmodeller; en del framtidsscenarioer vil kreve mer dynamiske og detaljerte modeller	Mulig å fange opp noen framtidsscenarioer i RTM på en mer overordnet måte (ved justering av forutsetninger/inndata)
Raske beregningstider slik at mange scenarioer kan testes	Detaljerte modeller er nødvendigvis beregningsintensive, men bruk av «meta»-modeller kan være en løsning	Behov for å forenkle RTM (f.eks. færre soner, færre segmenter, ingen/færre iterasjoner). Det ligger en del funksjonalitet for dette allerede i CUBE

I tillegg til målene om stor variasjon i framtidsscenarioer og raskere beregningstid, er det også identifisert noen flere generelle mål rundt transportmodellutvikling:

- Mer intuitive transportmodeller
- Bedre visualisering av resultater
- Etterprøvbare og robuste beregninger (spesielt for NKA)

Agent-baserte og aktivitetsbaserte modeller kan oppfattes som mer intuitive for transportplanleggere og folk flest siden disse modellene prøver å etterligne faktiske prosesser (enkelt personer som reiser for å gjennomføre aktiviteter). RTM-modellen krever mye innsikt i de underliggende mekanismene og konseptene for å «forstå» hva som skjer i modellen. Et eksempel er «soneattraktivitet» (som styrer destinasjonsvalg i RTM), som er et mye mer abstrakt konsept enn plassering av aktiviteter (som styrer destinasjonsvalg i aktivitetsbaserte modeller).

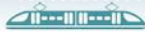
Simuleringsbaserte modeller har trolig et bedre utgangspunkt for visualisering av resultater. Siden resultater kommer mer disaggregert og med eksplisitt tidsdimensjon, finnes det for eksempel bedre muligheter for å bruke videosnutter til å illustrere effektene i nettverk.

Simuleringsbaserte modeller er typisk stokastiske modeller. Det har en fordel ved at modellene kan synliggjøre ulike likevektssituasjoner. For å få robuste resultater som inndata i NKA, innebærer dette at man bør kjøre modellen flere ganger med samme inndata. Dette vil – andre ting likt – innebære lengre beregningstider og er en ulempe fra et praktisk perspektiv. På den andre siden er den metodiske framgangsmåten mer realistisk siden den fanger opp at det vil finnes mange ulike fremtidige likevektssituasjoner i virkeligheten.

Ved siden av spesifikke modellkrav knyttet til egenskaper ved selve tiltakene som skal analyseres, henger spørsmål om best egnet modell også sammen med det konkrete formålet ved analysen. Formålet med analyser varierer ofte mellom

1. steg i planleggingsprosessen (tidlig planleggingsfase, konseptutredning, nytte-kostnadsanalyse, følsomhetsanalyser)
2. overordnet prosess (analyser for Nasjonal transportplan, ruteplanlegging, detaljerte spesialanalyser for utslipp, effekter av nye transportformer osv.).

Merk også at personene som utfører analysene kan være forskjellige (transport-/ruteplanlegger, «modelleksperter», akademiker).



Krav til modellene som brukervennlighet, beregningstid, detaljgrad, presisjonsnivå og robusthet kan være veldig forskjellige for ulike sammenhenger/formål (i tillegg til selve tiltaket). Dette taler egentlig for å ha en stor «verktøykasse», dvs. tilgang til mange ulike transportmodeller. Det finnes imidlertid begrenset med midler til modellutvikling og noen typer analyser krever også etterprøvnbarhet i beregningene og forutsetningene. Dette kan fort bli vanskelig/umulig å opprettholde ved bruk av mange forskjellige modeller.

Med tanke på langsiktig modellutvikling er det derfor viktig å se videre på behovene som finnes, dvs. hvilke tiltak og framtidsscenarioer vi ønsker å kunne fange opp og hvilke brukerkrav som finnes til modellene. Deretter kan vi velge hvilke modelltyper vi bør satse på basert på hvordan ulike modeller kan møte disse behovene.

For detaljerte analyser i by anbefaler vi videreutvikling av agent-baserte modeller og – på sikt – integrering med aktivitetsbaserte etterspørselsmodeller og arealbruksmodeller.

Dette står også i sammenheng med argumentet om at TraMod\_By på mange måter har tatt ut sitt potensial, og at det ikke er hensiktsmessig å presse inn flere elementer i modellkonseptet og kildekode.

Det finnes muligheter for å ta i bruk og utvikle mer funksjonalitet i Cube. Videre bruk av *Cube Voyager* har i midlertidig noen fundamentale begrensinger fordi modellen er statisk og makroskopisk. Innenfor Cube-rammeverket kan man vurdere å ta i bruk en mesoskopisk avviklingsmodell i form av *Cube Avenue*. Å ta i bruk et slikt system vil kreve at man øker (norsk) kompetanse på disse modellene, og at man på sikt utvikler dynamiske etterspørselsmodeller som kan koples opp mot slike typer modeller uten at det krever uheldige datatransformasjoner og informasjonstap.

For dynamiske etterspørselsmodeller anbefales det å utvikle modeller som er mikroskopiske (agent-baserte) og aktivitetsbaserte. Disse modellene har en rik, realitetsnær og intuitiv datastruktur. MATSim kan være et egnet rammeverk for å komme i gang med slike nye typer modeller. At rammeverket er åpen kildekode og har moduler som bygger på koder og erfaringer fra internasjonale miljøer gjør det mulig å ta i bruk modellen forholdsvis raskt. Nye datatyper (som «stordata RVU») vil på sikt også gi bedre og større datagrunnlag for å etablere og estimere aktivitetsplaner og underliggende adferdsparametere for agent-baserte og aktivitetsbaserte modeller.