

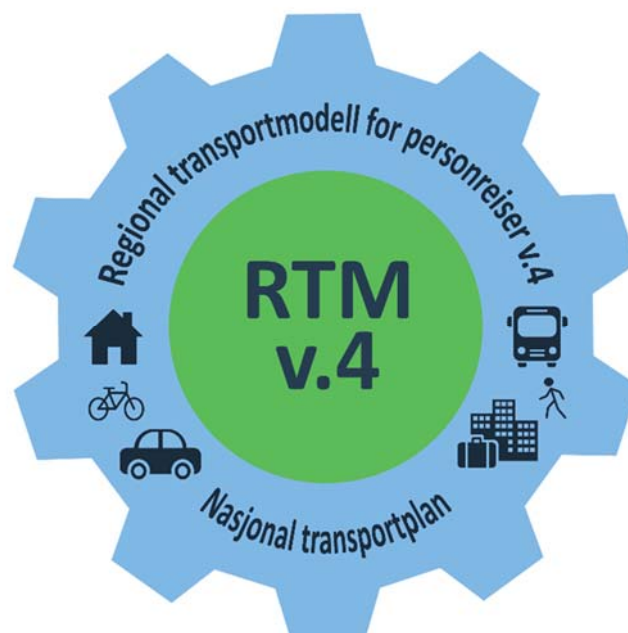
2021:01297 - Åpen

Rapport

Cube – Regional persontransportmodell versjon 4.4

Forfattere

Trude Tørset (NTNU)
Olav Kåre Malmin
Ellen Heffer Flaata (NTNU)
Odd André Hjelkrem



SINTEF Community

Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim
Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Rapport

Cube – Regional persontransportmodell versjon 4.4

EMNEORD:
RTM, Regional
transportmodell,
Regional
persontransportmodell

VERSJON
1.0

DATO
2022-10-28

FORFATTERE
Trude Tørset (NTNU)
Olav Kåre Malmin
Ellen Heffer Flaata (NTNU)
Odd André Hjelkrem

OPPDRAGSGIVER
NTP-virksomhetene

OPPDRAGSGIVERS REF.
Oskar Kleven

PROSJEKTNR
102020064

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
116

SAMMENDRAG

Denne rapporten beskriver persontransportmodellen Cube/RTM versjon 4.4. Rapporten er ment som en overordnet beskrivelse av modellen med prinsippbeskrivelse av de ulike mekanismene i modellen. Rapporten er delt inn i følgende tema:

- Modellbeskrivelse
- Inndata
- Tilleggsapplikasjoner
- Bruk av modellen
- Viktige begrep og konsepter i transportanalyse
- Ordliste

Vedlegget inneholder beskrivelser av ulike typer analyser som kan utføres på modellresultat.

UTARBEIDET AV
Trude Tørset

SIGNATUR


KONTROLLERT AV
María Díez-Gutiérrez

SIGNATUR

María Díez-Gutiérrez (Oct 28, 2022 11:03 GMT+2)

GODKJENT AV
Erlend Aakre

SIGNATUR

Erlend Aakre (Oct 28, 2022 11:07 GMT+2)

RAPPORTNR
2021:01297

ISBN
978-82-14-07690-5

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2022-10-28	Endelig versjon

Innholdsfortegnelse

Forord	5
1 Innledning	6
1.1 Organisering av modellutviklingen	6
1.2 Versjoner av RTM	7
1.3 Videre utviklingsplaner for RTM	7
2 Modellbeskrivelse	8
2.1 Modellområdet	9
2.2 Hovedprinsipper	10
2.3 Modellstruktur	15
2.4 Generaliserte kostnader i RTM	26
2.5 Tidsoppløsning	34
2.6 Beregning av fart og energi	35
3 Inndata	37
3.1 Sonedata	38
3.2 Nettverk og kollektivrutebeskrivelser	40
3.3 Parameterdata til etterspørselsmodellen	42
3.4 Faste turmatriser	43
3.5 Øvrige inndata	46
3.6 Modellens kvalitetssikring av inndata	49
3.7 Rimelighetskontroller	50
4 Tilleggsapplikasjoner	52
4.1 Resultatuttak til virksomhetenes trafikantnytteverktøy	52
4.2 Resultatuttak til spesielle analyser	53
4.3 Kalibrering av modellen	54
4.4 Andre tilleggsapplikasjoner	55
5 Bruk av modellen	57
5.1 Brukergrensesnitt	57
5.2 Geografisk utstrekning av modellområde	60
5.3 Splitting og sammenslåing av soner	62
5.4 Skript- og rapportfiler	63

5.5	Kalibrering og validering av modeller	66
5.6	Sentrale resultater	73
5.7	Forutsetninger og forenklinger i RTM.....	78
5.8	Rapportering av en transportanalyse med RTM.....	81
6	Viktige begrep og konsepter innen transportanalyser.....	85
6.1	Hva man snakker om når man snakker om modell	85
6.2	Modellnivå, hvilken modell skal benyttes når	85
6.3	God strategisk modell	86
6.4	Firetrinnsmetodikk.....	87
6.5	Scenario, referanse, tiltak.....	88
6.6	LoS-data, reisestandardbeskrivelse	89
6.7	Tidsverdier	89
6.8	Generaliserte kostnader	89
6.9	Nettfordeling og likevekt	90
6.10	Bruk av reisevaneundersøkelser (RVU).....	91
6.11	Valgmodeller	91
7	Ordliste	93
8	Referanser.....	100
BILAG/VEDLEGG		
A.1	Valgmuligheter for kjøring i brukergrensesnittet	103
A.2	Variabelbeskrivelse for nettverk og sonedata	105
A.3	Produsere plott	110

Forord

Denne rapporten er en beskrivelse av Regionale Persontransportmodeller (RTM) versjon 4.4. som slippes høsten 2022.

Denne rapporten gir en overordnet beskrivelse av dataflyt og beregninger i RTM. Den vil være nyttig for alle brukere av RTM som transportanalytikere og andre planleggere og bestillere av utredninger innen transportanalyse. Rapporten gir en introduksjon til teorien i og praktisk bruk av transportmodellen. Hver versjon av RTM følges av en teknisk dokumentasjon som beskriver mer detaljert transportmodellens mekanikk, samt en brukerbeskrivelse.

Om man ikke er kjent med transportanalysefaget fra før, anbefaler vi å ta en titt på kapittel 6 først. Her forklares de viktigste begrepene, definisjonene og teoriene som brukes i resten av teksten. Kapittel 2 beskriver selve RTM, inkludert hvordan et modellområde defineres, sammenhengen mellom etterspørsels- og nettverksmodellen og hvordan dataflyten ser ut i de ulike stegene. Deretter beskrives samtlige inndata til RTM i kapittel 3, både hvor de hentes fra og hvilket format de skal ha. Kapittel 4 forklarer hva de ulike tilleggsapplikasjonene som leveres sammen med RTM brukes til. Til slutt kommer et omfattende kapittel 5 som handler om bruk, med vekt på forståelse av hvordan man best setter opp RTM for å passe til den analysen man skal gjennomføre, hvilke forutsetninger man må ta hensyn til som modellbruker og for å tolke resultatene, og hvordan man bør håndtere usikkerhet.

Rapporten er skrevet av Trude Tørset, Ellen Heffer Flaata (begge NTNU) og Olav Kåre Malmin med bidrag fra Odd André Hjelkrem, begge i SINTEF. Student Ida Helene Skorge på NTNU har utarbeidet illustrasjonene og dataflytdiagrammene i kapittel 2.3. Rapporten er finansiert og kvalitetssikret av transportvirksomhetene i NTP gjennom rammeavtalen for utvikling av RTM versjon 4.

1 Innledning

Strategisk transportplanlegging er et fagområde for planlegging av hvordan vi løser transportbehovene til befolkningen og næringslivet fremover. Det investeres betydelige ressurser i samferdselssektoren for å oppnå et bærekraftig, effektivt og trafikksikkert transporttilbud. Transportanalyser benyttes som grunnlag til beslutninger om hvilke tiltak som skal realiseres. Det er ofte knyttet sterke politiske interesser til ulike tiltak, mens transportanalysene bør være objektive beslutningsstøtteverktøy. Transportanalyser består som oftest av beregninger med en transportmodell, men følges av vurderinger av usikkerhet i modellens håndtering av de ulike tiltakene og eventuelle tilleggsberegninger.

Regional transportmodell for personreiser (RTM) er en strategisk transportmodell, bygget etter prinsipper fra firetrinnsmetodikken (Ortúzar & Willumsen, 2011, s. 20) for å beregne etterspørselen etter reiser. Det viktigste bruksområdet er analyser av endringer i reisemønsteret når betingelsene endres for dagens situasjon eller for en fremtidig prognosesituasjon. Endringene består hovedsakelig av endringer i **arealbruk**; lokalisering av bosatte, næringsliv og andre aktiviteter som genererer transportbehov, **transporttilbud**; endringer i veg- og gatenettet, regulering av trafikken, kollektivtilbudet inklusive buss, tog, trikk og båt, og **prismekanismer** som billettpriser, parkering og bompenger.

RTM er utviklet for og brukes av transportetatene til analyser av transportprosjekter til Nasjonal Transportplan, men anvendes også til nær sagt alle andre transportanalyser i Norge. Denne rapporten beskriver hvordan RTM er bygget opp og hvordan den bør brukes. Den forklarer beregningsrutiner i modellen med sine muligheter, forenklinger og begrensninger. Transportanalyser med RTM krever en viss innsikt i hvordan modellen fungerer, og denne rapporten skal bidra til at de som bestiller og utfører transportanalyser får en grunnleggende forståelse for når og hvordan RTM skal brukes.

For noen analyser vil RTM være for grovmasket eller uegnet på andre måter. Da kan det være fornuftig å bruke andre verktøy. I andre tilfeller kan modellen brukes slik den foreligger, men det vil være nødvendig å gjøre faglige vurderinger i tillegg til modellberegningene. Vi har i avsnitt 6.2 skissert hvordan RTM og Aimsun kan brukes sammen slik at planleggere får litt beslutningsstøtte for valg av analyseverktøy. Dessuten har vi gitt anbefalinger til når og hvordan man kan gjøre faglige vurderinger av tiltak som tillegg til beregninger i RTM.

1.1 Organisering av modellutviklingen

Transportvirksomhetene; Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet, Nye Veier (siden 2018), Kystverket og Avinor har hatt ansvaret for utviklingen av transportmodellen siden 2001. Det ble etablert en arbeidsgruppe; NTP Transportanalyser, som har styrt arbeidet med å etablere og videreutvikle transportmodeller for person- og godstransport, og overgangen mellom transportmodeller og virkningsberegningsverktøy. Transportmodellen skulle opprinnelig benyttes til analyseoppgaver i det nasjonale transportplan-arbeidet, men benyttes nå i de fleste overordnede analyseoppgavene innen transport i Norge.

Statens vegvesen var tidligere organisert i fem regioner, og dette er fortsatt definert som forvaltningsnivå for modellen. Modelldesignet er uavhengig av analyseområde, men datagrunnlaget er spesifikt for hver region, og Statens vegvesen har derfor utnevnt en person i hver region som regionkontakt. De har ansvaret for datagrunnlaget i sine respektive regioner. Brukere av transportmodellsystemet kan kontakte de ulike utredningsenhetene på divisjon Transport og Samfunn i Statens vegvesen for å få tilgang til modellsystem og basis-inndata.

Kontaktperson i de geografiske enhetene i Statens vegvesen er:

- Nord: Hans Vidar Richardsen hans.richardsen@vegvesen.no
- Midt: Ali Taheri ali.taheri@vegvesen.no
- Vest: Erik Johannesen erik.johannesen@vegvesen.no og Stig Nyland Andersen stig.andersen@vegvesen.no
- Sør: Eli Sæterdal eli.saterdal@vegvesen.no
- Øst: Are Sturød are.sturod@vegvesen.no og Farid Esam farid.esam@vegvesen.no

Hver versjon av modellen kommer med en teknisk dokumentasjon for alle beregningsrutinene som modellen består av. Andre relevante rapporter kan finnes her:

<https://ntpmetode.no/rapporter-persontransportmodeller>

1.2 Versjoner av RTM

Versjonsnummer i RTM fungerer etter følgende nummerering: x.y.z. **x** representerer store endringer i modellsystemet som for eksempel helt ny etterspørselsmodell. **y** er et løpenummer som indikerer endringer i eller ny funksjonalitet i modellen. Det siste nummeret **z** indikerer versjon med feilrettinger, og skal i utgangspunktet ikke inneholde ny eller endret funksjonalitet.

RTM har gått gjennom fire store endringer, noe som gjør at vi i dag er på versjon 4. Overordnet har versjonene gått gjennom følgende utvikling:

1. Første versjon av RTM. I denne modellen ble programvaren TRIPS benyttet. Hver region hadde hvert sitt modelloppsett. Første versjon av etterspørselsmodellen Tramod, estimert på data fra RVU 2001.
2. Versjon 2 av RTM ble skrevet ved bruk av Voyager som scriptspråk. Modelloppsettet ble generalisert og satt opp slik at alle regioner kunne benytte samme modelloppsett.
3. Etterspørselsmodellen Tramod ble videreutviklet til Tramod-by for å bedre kunne modellere byproblematikk. Modellen ble estimert på RVU 2009.
4. Versjon 4 benyttet en forbedret versjon av Tramod-by, estimert på RVU 2013/14. Modellsystemet gjennomgikk store forbedringer. I versjon 4.3 ble det første gang innført beregning og netttutlegging av separate elbilmatiser for bil. Nytt i versjon 4.4 er bruk av separate kostnadsmatiser for elbil og mulighet for å hente elbilmatiser fra NTM6.

1.3 Videre utviklingsplaner for RTM

Modellen er i stadig utvikling, både for å videreutvikle funksjonaliteten og for å forenkle bruken av den. De siste årene har transportanalyser for byområder vært et viktig bruksområde, særlig i forbindelse med byvekstavtalene. Transportanalyser knyttet til tiltak for kollektivtransporten, syklende og gående er derfor områder hvor RTM vil utvikles videre. I tillegg har mikromobilitet, spesielt elsparkesykler, kommet som et alternativ til gange og sykkel og som et supplement som til- og frabringer for kollektiv, og dette vil implementeres i RTM etter hvert. Ser man noe framover, er det spådd en overgang til autonome kjøretøy, og siden prognosene i transportanalysene strekker seg langt fram i tid må det også lages en strategi for å håndtere denne utviklingen i RTM.

Den nasjonale godstransportmodellen benyttes i noen grad til analyser av tiltak av vegkorridorer, men har et format som ikke uten videre gjør den egnet til mer lokale analyser. For byområder er det derfor behov for en modul i RTM som også trekker inn gods, og denne bør omfatte alle næringsrelaterte turer som foregår der.

2 Modellbeskrivelse

Dette kapitlet beskriver den overordnede modelloppbyggingen av RTM versjon 4 implementert i Cube. Det er lagt vekt på å forklare prinsippene i beregningsgangen. En oppdatert teknisk beskrivelse med mer detaljer og forutsetninger i hver beregningsrutine er vedlagt modellversjonene.

RTM er implementert i programpakken Cube, som er en kommersiell programpakke som inneholder følgende funksjonalitet:

- Scenariohåndtering og et enkelt brukergrensesnitt
- Redigering av inndata og resultatvisning
- Interaktivt oppsett av et hierarkisk flytdiagram for kjøringsrekkefølge
- Skriptspråk (Cube Voyager) for å utføre ulike prosesser i en transportmodell

Etterspørselsmodellen Tramod-by, utviklet i et samarbeid mellom TØI, Møreforskning, Numerika og Sintef (Rekdal et al., 2021), er estimert på den nasjonale reisevaneundersøkelsen (NRVU) (Hjorthol et al., 2014), og er 'kjernen' i RTM. RTM etablerer inndata til og bearbeider resultatene fra Tramod-by ved å fordele etterspørselen (turene) i nettverket.

En transportmodell i Cube kan programmeres ved å sette en rekke Cube-skript i rekkefølge. Resultater fra et skript brukes videre i neste skript. Dette oppsettet er hierarkisk, slik at en samling skript som brukes til å gjøre en større oppgave grupperes sammen. Når modellen skal kjøres vil Cube lese inn alle skript i riktig rekkefølge, lagre dette til en lang skriptfil og starte opp beregningen. Det er også mulig å kode opp en modell i en enkelt skriptfil uten å benytte dataflyt, men dette vil være unødvendig krevende og blir kun gjort i svært spesielle tilfeller.

RTM-er implementert i den alternative programpakken Emme/3 (som RTM23+) blir ikke omtalt i denne rapporten. RTM23+ benyttes i Oslo og tidligere Akershus fylke. En rekke rapporter som omhandler RTM23+ er tilgjengelig på www.prosam.org.

Modellen kan i prinsippet kjøres for hele Norge. Dette vil imidlertid være svært uhensiktsmessig av flere årsaker, blant annet med tanke på beregningstid og arbeidsmengden forbundet med å kvalitetssikre de omfattende resultatene. I utviklingen av RTM ble det i utgangspunktet satt opp modeller for hver av de fem regionene i Statens vegvesen. Det ble videre utviklet delområdemodeller basert på inndata for hver region. De regionale modellområdene og første delområdemodellene har vært å regne for statiske i sin geografiske utstrekning.

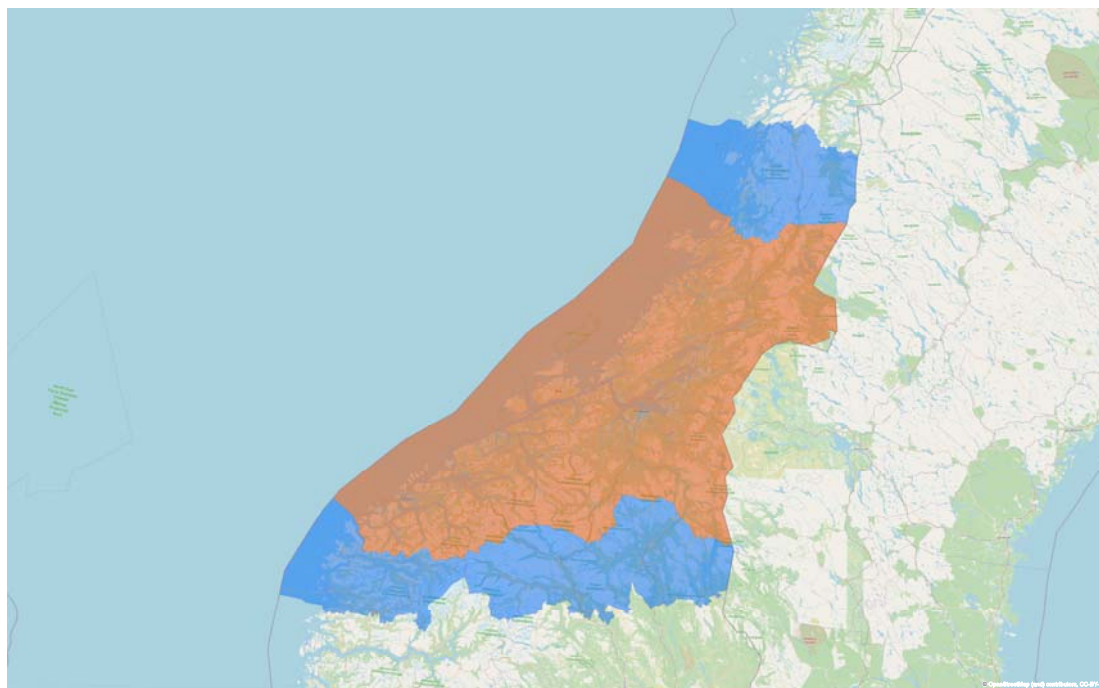
Videreutvikling av modellverktøyet har gjort det enklere å etablere modellområder som er tilpasset analysen som skal utføres. Størrelsen på modellområdet bestemmes som et kompromiss mellom ulike faktorer. Disse faktorene er blant annet analysens influensområde, kalibreringshensyn og beregningstid. Det finnes faktorer som taler for enten å redusere eller øke modellområdets størrelse og utstrekning: for eksempel på den ene siden å redusere beregningstid og arbeidsomfang forbundet med å etablere og validere en god modell, og på den andre siden sikre at alle effekter av et tiltak blir tatt med.

2.1 Modellområdet

Modellområde i RTM består av to hoveddeler, vist i Figur 1:

- Kjerneområde (rød farge)
- Bufferområde (blå farge)

I kjerneområdet foregår all turproduksjon i etterspørselsmodellen. Bufferområdets hensikt er å være mulige destinasjoner for turer produsert langs grensen av modellområdet. Alle tiltak som skal analyseres må ha et influensområde som befinner seg i kjerneområdet.



Figur 1: Modellområdes utstrekning for region midt

En transportmodell beregner turer mellom transportsoner. En transportsoner beskriver et areal med mest mulig homogene egenskaper, som for eksempel et boligområde eller industriområde (Ortúzar & Willumsen, 2011). I tidligere transportmodeller var det vanlig å sette opp transportsonene basert på skjønsmessige vurderinger, mens i RTM benyttes SSBs grunnkretsinnndeling som soneinndeling. SSB skriver dette om grunnkretser:

Formålet med å dele kommuner inn i grunnkretser er å ha små stabile geografiske enheter som kan gi et fleksibelt grunnlag for å arbeide med og presentere regionalstatistikk. Grunnkretser består av et geografisk sammenhengende område som er mest mulig ensartet når det gjelder natur og næringsgrunnlag, kommunikasjonsforhold og bygningsmessig struktur.¹

I litteratur som omhandler RTM benyttes ofte begrepene soner og grunnkretser litt om hverandre, siden sonene i RTM er grunnkretser. Men dette trenger ikke være tilfelle for alle transportmodeller, og andre sonestrukturer har vært utredet for RTM, for eksempel rutenett fra SSB (Malmin et al., 2019).

¹ <https://www.ssb.no/a/metadata/conceptvariable/var dok/135/nb>

2.2 Hovedprinsipper

RTM beregner transportetterspørsel for korte personreiser i et gitt område, for et bestemt transporttilbud og befolkning. Hovedenheten i modellen er en *kort tur*: en personforflytning mellom et startsted og et målpunkt med ett formål med lengde under 70 km. Andre turer tas også hensyn til for å få riktigere trafikkmengder, men omfanget av disse er beregnet utenfor modellen og inkluderes separat (se kapittel 2.3.3).

RTM er en firetrinnsmodell (se også avsnitt 6.4). De første tre trinnene – turgenerering, turfordeling og reisemiddelfordeling – beregnes i Tramod-by, som også kalles etterspørselsmodellen. Her beregnes:

1. Hvor mange turer som starter og slutter i hver grunnkrets.
2. Hvor mange turer som går mellom hver grunnkrets (og internt i hver grunnkrets)
3. Hvordan disse turene fordeler seg på ulike reisemiddel

Deretter tas resultatet fra Tramod-by (turmatriser fordelt på reisemiddel) inn i det fjerde steget:

4. Fordeling av turene i nettverket

Resultatene fra Tramod-by består av turmatriser for daglige korte turer som foregår i modellområdet. Med turmatrise menes en matrise med fra frasoner nedover vertikalaksen og tilsoner bortover horisontalaksen, og med antall turer for hvert sonepar i hver celle i matrisen.

Reisemidlene beregnet i Tramod-by er:

- Bilfører
- Bilpassasjer
- Kollektiv
- Gange
- Sykkel
- Innfartsparkering, kombinert bilfører og kollektiv

Reisehensiktene er:

- Arbeidsreiser
- Tjenstereiser
- Private reiser
- Hente og levere
- Fritidsreiser
- Arbeidsplassbaserte reiser (ærend som kan foregå i løpet av arbeidsdagen)

Turmatrisene er fordelt på en, to eller fire tidsperioder alt etter hvilket antall som er valgt av brukeren for analysen. Det endelige resultatet fra RTM er trafikk for normalvirkedøgn for hvert av de fem ulike reisemidlene fordelt i nettverket.

Implementeringen av etterspørselsmodellen i RTM sammen med nettfordelingstrinnet tar også høyde for at transporttilbudet og etterspørselen påvirker hverandre simultant: et godt tilbud gir høyere etterspørsel, men når det er høy etterspørsel (rushtrafikk) oppstår det gjerne kø på grunn av kapasitetsbegrensninger i transportnettets som er med på å senke attraktiviteten ved transporttilbudet.

Dette er løst ved at modellen kjøres flere ganger, i såkalte iterasjoner eller løkker/loops. For hver iterasjon brukes resultatene fra nettutleggingen i den forrige iterasjonen, som inkluderer reisetid på de

ulike lenkene (kalt Level of Service-data, eller LoS), som input til neste kjøring av etterspørselsmodellen. Etter et tilstrekkelig antall kjøring vil resultatene konvergere til et stabilt nivå, som vil si at resultatene mellom hver iterasjon endres minimalt. Hvorvidt man har oppnådd konvergens kan sjekkes i scenariorapporten for kjøringen (se kapittel 5.6.1).

Dersom man velger å kjøre RTM med bare én iterasjon over etterspørselsmodellen (altså ikke i løkke), er dette det samme som å anta at man har såpass lav etterspørsel i forhold til kapasiteten i vegnettet at kø ikke er et problem. Dette kan være en gyldig antakelse for enkelte modellområder og kalles en kapasitetsuavhengig kjøring.

Iterasjonene over etterspørselsmodellen må ikke forveksles med iterasjonene i nettutleggingssteget, der det søkes å oppnå likevekt i nettverket mellom ulike ruter. Det vil si at for hver iterasjon x over etterspørselsmodellen, kjøres y iterasjoner over nettutleggingen. Iterasjoner i nettutleggingen gjøres enten et bestemt antall ganger eller til det oppnås likevekt. Ved likevekt vil en ny kjøring ikke gi noen endringer i beregningsresultatet. Det er en balanse mellom reisetider på ulike ruter.

Normalvirkedøgn og årsdøgnstrafikk (ÅDT)

Et normalvirkedøgn er et gjennomsnittlig døgn som skal tilnærme en mest mulig normal arbeidsdag uten store utslag i vær eller føreforhold eller større utfart, slik at dette døgnet best beskriver en helt gjennomsnittlig hverdagssituasjon. Helgetrafikk inngår ikke i modellen. Et vanlig tall for å beskrive trafikk er årsdøgnstrafikk (ÅDT). ÅDT beskriver gjennomsnittlig daglig trafikk over et helt år, det vil si total akkumulert trafikk i et år dividert på 365. For å beregne riktig ÅDT på veglenker i en modell må man dermed minst beregne trafikk for en hel uke: 5 normalvirkedøgn + 2 gjennomsnittlige helgedøgn, og så dividere dette på 7. I tillegg bør en slik beregning inneholde utfartstrafikk på fredager og søndager.

Alle resultat og delresultat i RTM gjelder for normalvirkedøgn dersom ikke noe annet er spesifisert.

På veglenker i resultatnettverket for bilfører blir det beregnet en ÅDT-verdi, men siden vi ikke har alle trafikkbidragene for å beregne ÅDT riktig, benyttes faktorer for hver reisehensikt for å finne ÅDT. Tabell 1 viser de faktorene som er benyttet (Steinsland, 2007).

Tabell 1: Faktorer for beregning av ÅDT fra normalvirkedøgn

Reisehensikt	Faktor
Arbeid	0,775
Tjeneste	0,775
Fritid	1,109
Hente og levere	0,9
Privat	0,935
Andre (blant annet NTM6)	0,9

2.2.1 Trinn 1 til 3: Tramod-by

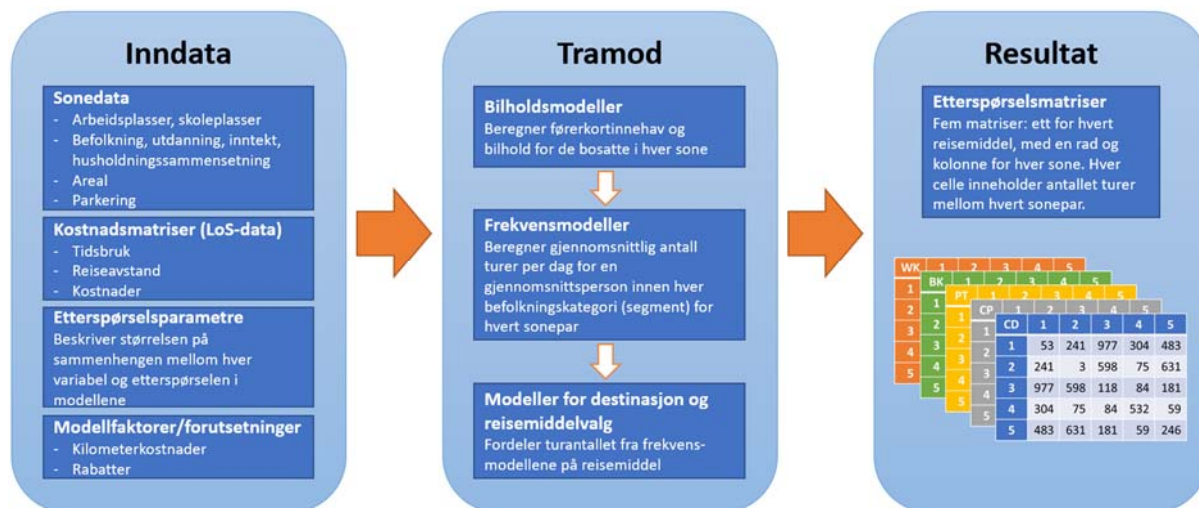
Tramod-by er som nevnt basert på den nasjonale reisevaneundersøkelsen fra 2013/14. Dette datasettet inneholder data om alle reisene til et representativt utvalg av landets befolkning (over 13 år) i løpet av en dag, inkludert reisemiddel, tidsbruk, formål og så videre. Sammenhengene mellom transportetterspørselen, som er output fra Tramod-by, og transportinfrastruktur og sonedata, som er input, er utledet fra (estimert på) de valgene som er observert i reisevaneundersøkelsen. Figur 2 viser en oversikt over hvordan beregningen i Tramod-by foregår.

I Tramod-by beregnes antall turer mellom hver sone i modellområdet basert på informasjon om sonenes befolkning og reisemål (for eksempel arbeidsplasser, butikker, osv.). Avstanden og kostnadene forbundet med reisen mellom sonene (avhengig av reisemiddel) er også sentrale inndata.

Ettersom valget om å foreta en tur består av mange “delvalg”, består Tramod-by-modellen av tre undermodellgrupper:

- Modeller for bilhold og førerkortinnhav
- Frekvensmodeller (trinn 1 i firetrinnsmetodikken)
- Modeller for destinasjon- og reisemiddelvalg (trinn 2 og 3 i firetrinnsmetodikken)

Disse er beskrevet i tur og orden under, med hovedvekt på hvordan de ulike modellgruppene henger sammen og hvilke resultater de produserer. Beskrivelsen er basert på dokumentasjonen til Tramod-by (Rekdal et al., 2021).



Figur 2: Oversikt over beregningsgangen i Tramod-by

Modeller for bilhold og førerkortinnhav (også kalt segmenteringsmodeller)

Som vist i Figur 2 er sonedata en av inndatypene til etterspørselsmodellen. Sonedata inneholder blant annet befolkningstall og fordeling av befolkningen på demografiske kategorier som kjønn, alder, familietype og husholdningsstørrelse (se kapittel 3.1 og vedlegg A.2.3 for detaljerte beskrivelser av sonedata). Ulike kombinasjoner av disse kategoriene kalles *befolkningssegmenter*. På gruppenivå varierer reisemønsteret mellom befolkningssegmentene, som er grunnen til at det gir et riktigere resultat å differensiere på disse når man beregner transportetterspørsel til og fra hver sone.

I tillegg er førerkortinnhav og bilhold faktorer som vil påvirke hvordan vi reiser, men det produseres ikke statistikk om dette på grunnkrets nivå. Derfor er det estimert en egen modell i Tramod-by som anslår antall personer i de ulike bilhold og førerkortinnhav-kategoriene i hver grunnkrets på bakgrunn av øvrig informasjon om befolkningen og transporttilbudet i grunnkretsen. Resultatet fra bilholdsmodellen brukes videre i beregningene i Tramod-by.

Frekvensmodeller

Frekvensmodellene tar utgangspunkt i sonedataene om befolkningen (inkludert bilhold- og førerkortinnhav fra forrige modell i Tramod-by) og ulike destinasjoner (arbeidsplasser, butikker, osv.) og beregner antall turer foretatt i løpet av en dag for hver gjennomsnittsperson innen hvert befolkningssegment. Dette blir deretter multiplisert med antall bosatte innen hvert segment i hver sone. Resultatet av frekvensmodellene er en liste med antall turer som starter i hver sone i modellområdet. Det er laget en modell for ulike alderssegment for å ta hensyn til at folk i ulike aldre har en tendens til å reise med ulik frekvens, men modellenes design er like – det eneste som varierer er parameterne.

I den tidligere versjonen av Tramod-by har man kun tatt utgangspunkt i bostedsbaserte rundturer² (rundturer som starter og slutter i hjemmet), men i nye Tramod-by er arbeidsplassbaserte rundturer skilt ut som en egen reisehensikt. Tramod-by opererer med rundturer på maksimalt tre ledd, og derfor vil det å skille ut arbeidsplassbaserte reiser fra de bostedsbaserte føre til mer realistiske turkjeder. I tillegg blir det da åpnet for at reiser som starter og slutter på arbeidsplassen foretas med andre reisemiddel enn det man valgte til jobb (som ikke er tilfelle om de hadde vært regnet som del av samme bostedsbaserte turkjede, som var tilfelle i tidligere versjon av Tramod-by). Turene i arbeidsplassbaserte rundturer er i stor grad tjenestereiser og private reiser.

Antall arbeidsplassbaserte rundturer skiller seg fra antall bostedsbaserte fordi det ikke er avhengig av antall bosatte i hver sone, men av antall ansatte som møter på jobb. Derfor er det estimert to modeller for arbeidsplassbaserte rundturer: én for oppmøtefrekvens på arbeidsstedet og én for reisefrekvens for arbeidsplassbaserte rundturer gitt oppmøte på jobb.

Modeller for destinasjon- og reisemiddelvalg

I den siste gruppen modeller i Tramod-by fordeles turene fra frekvensmodellene mellom soner (hver tur i fra-sonene blir tildelt en til-soner) og på reisemiddel. Det er laget en modell for hver av reisehensiktene, ettersom man som reisende tar ulike hensyn for ulike formål; for arbeidsreiser vil det typisk være viktigere å spare tid enn for fritidsreiser, for eksempel. De ulike formålskategoriene er:

- Arbeidsreiser: reiser til/fra arbeidsplass
- Tjenestereiser: reiser i arbeidets medfør
- Fritidsreiser: reiser til for eksempel uteliv eller idrettsaktiviteter
- Hente/levere andre personer: for eksempel hente i barnehage eller følge til helsetjenester
- Private reiser: reiser til for eksempel butikker og helsetjenester, renovasjon og banktjenester
- Arbeidsplassbaserte rundturer: reiser som både starter og slutter på arbeidsplassen

Turfordeling og reisemiddelfordeling er to separate trinn i firetrinnsmetodikken, men ettersom beslutningen om hvilken destinasjon man velger ofte henger sammen med hvilke reisemidler man har til rådighet (og omvendt – valg av reisemiddel påvirkes av hvor man skal), bør disse valgene ideelt sett modelleres simultant. Dette er også gjort for modellene for alle hensiktene unntatt arbeidsreisene (der valget om destinasjon kommer før valget om reisemiddel, siden dette oftere er mindre variabelt enn for andre reisehensikter). Disse modellene kalles MD-modeller (for *mode* og *destination*), og baseres på variabler som gjelder individet (f.eks. alder, kjønn), reisemiddelet (f.eks. reisetid, kostnad) og destinasjonen (f.eks. antall hoteller, butikker).

For arbeidsreiser tar man også hensyn til at man med periodekort for kollektivt i større grad velger kollektivt på reisene sine fordi det oppleves som gratis (fordi billetten allerede er betalt) enn om man ikke har periodekort. Det blir altså to modeller for arbeidsreiser: én for periodekortinnhav og reisemiddelvalg, og én for destinasjonsvalg. I sistnevnte modell har man tatt hensyn til sammenhengen mellom reisemiddel- og destinasjonsvalg ved å inkludere den såkalte logsummen fra reisemiddelmodellen som en variabel. Logsummen gir uttrykk for det samlede nivået på transporttilbudet (tilgjengeligheten på tvers av reisemiddel) mellom fra- og til-sonen.

Reisemidlene som det beregnes etterspørsel for er:

- Bilfører
- Bilpassasjer

² Vi har tidligere definert en tur som en forflytning fra A til B med ett reisemål (f.eks. jobb, skole, butikk, etc.). En rundtur er en serie turer som starter og slutter i samme sted, f.eks. hjem-barnehage-jobb-hjem (bostedsbasert rundtur med tre turer) eller jobb-butikk-jobb (arbeidsplassbasert rundtur med to turer).

- Kollektiv (inkluderer buss, trikk, T-bane, tog og hurtigbåt)
- Sykkel
- Gange

2.2.2 Trinn 4: Nettfordeling

I nettfordelingstrinnet (også kalt nettutlegging) fordeles turene mellom hver av sonene og for hvert reisemiddel på ruter i nettverket. Dette gjelder både turene beregnet i de forrige stegene i Tramod-by, og de andre typene turer som inkluderes fra eksterne modeller. Denne fordelingen avhenger ikke bare av korteste avstand mellom A og B, men av kapasiteten på de ulike delene av nettverket og hvilke ruter andre trafikanter velger. Kø kan føre til at man heller velger omveier, og dette er fanget opp i nettfordelingstrinnet gjennom sammenhengen mellom trafikkvolum og hastighetsnivå på veglenkene.

Nettfordelingen i RTM foregår ulikt avhengig av valgt tidsrom for resultat. Hvis modellen er kjørt med kun døgnresultat vil nettutleggingen foregå kapasitetsuavhengig, mens hvis modellen er kjørt med timesresultat i rushtidsperiodene vil hver rushtime bli lagt ut kapasitetsavhengig, det vil si mye trafikk fører til forsinkelse som igjen fører til endret rutevalg for å unngå denne forsinkelsen, mens lavtrafikkperiodene legges ut kapasitetsuavhengig.

Nettutlegging av kollektivtrafikk foregår slik at turene fordeles etter det rutevalget som blir etablert under beregning av kostnadsmatriser for kollektiv.

Detaljer rundt nettfordeling blir beskrevet i avsnitt 2.3.4.

2.2.3 Etterberegning trafikantnytte

Modellresultatene benyttes i svært mange tilfeller til å beregne trafikantnytte/konsumentoverskudd mellom et referanse- og utbyggingsalternativ. Prinsippene for beregning av trafikantnytte ble først beskrevet i Statens vegvesen sin veileder for beregning av trafikantnytte ved bruk av transportmodeller (Statens Vegvesen, 2007), men metoden har senere blitt utvidet for å beregne mer detaljert på de ulike kostnadskomponentene, spesielt for biltrafikken.

Beregning av trafikantnytte ut fra resultatene til transportmodellen gir føringer på en del prinsipper i transportmodellen. Det viktigste prinsippet er at transportmodellen skal gi det samme resultatet hver gang den kjøres med identiske inndata og forutsetninger. Modellen kan derfor ikke vært stokastisk. Dette ville ha gjort at trafikantnyttene ikke hadde vært forutsigbar og at sammenligning mot andre utbyggingsalternativ vil gi ulike svar. Krav fra trafikantnytteberegningen gir også føringer for kapasitetsavhengig nettutlegging av biltrafikk. Vi er avhengig av at endringer i biltrafikk kun forekommer der tiltakene skal gi virkninger, og ikke i andre deler av modellområdet. Dette gjør at vi ikke kan benytte de mest moderne metodene for kapasitetsavhengig nettutlegging. Dette temaet er mer utdypet i avsnitt 2.3.4 som beskriver nettutleggingen i RTM.

Trafikantnyttene beregnes ut fra:

- Endringer i reisetid, inkludert ventetider og overfartstider for kollektivtrafikk og ferger.
- Endringer i reisekostnader
 - Direktekostnader som bompenger og kollektivtakst
 - Distanseavhengige kostnader for bil beregnet ut fra drivstofforbruk og andre vedlikeholdskostnader for bil.

Verdsetting og vektning av endringer i reisetid hentes fra den nasjonale verdsettingsstudien (Flügel et al., 2020).

Beregningen av trafikantnytte er en matrisebasert beregning som gjennomfører en beregning for hver sone-til-sonerelasjon for alle kombinasjoner av reisemiddel, reisehensikt og tidsperiode. Beregningene benytter ulike tur- og kostnadsmatriser fra RTM:

- Turmatriser for hver tidsperiode:
 - Biltrafikk: Enten døgn eller rushtimer og lavtrafikkperioder
 - Kollektivtrafikk: Turmatriser for lavtrafikk, morgen- og ettermiddagsrush
 - Gange og sykkel: Døgnmatriser
- Kostnadsmatriser
 - Kostnadsmatriser for biltrafikk beregnes etter nettutleggingen. Disse inneholder reisetid, distanse, direktekostnader og drivstofforbruk for hver reisehensikt for hver tidsperiode
 - Kostnadsmatriser for kollektivtrafikk, gange og sykkel er de samme matrisene som inngår i etterspørselsmodellen. Disse blir ikke påvirket av resultatet fra nettutleggingen.

2.3 Modellstruktur

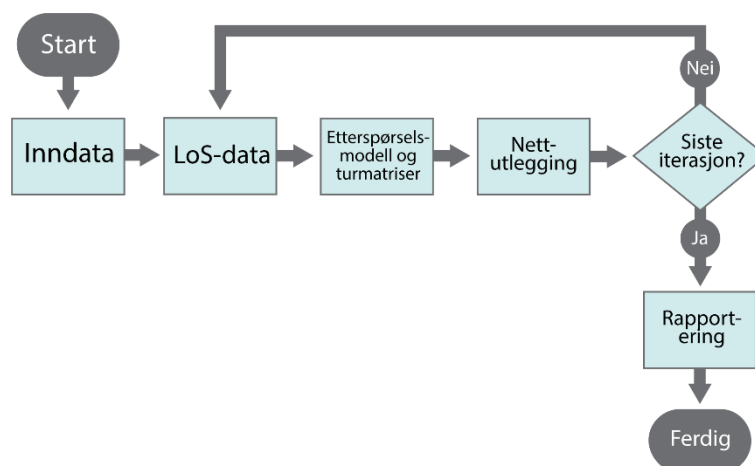
RTM består av en omfattende dataflyt som utfører de ulike operasjonene i en transportmodell:

1. Lesing og bearbeiding av inndata
2. Beregning av kostnadsmatriser (LoS-data)
3. Etterspørselsmodell og bearbeiding av turmatriser
4. Nettutlegging
5. Rapportering

Den hierarkiske dataflyten er satt opp i en gruppe for hver av de fem operasjonene. Den detaljerte beskrivelsen av hvilke operasjoner som utføres under hvilke forutsetninger er beskrevet i en teknisk dokumentasjon som følger hver modellversjon (i egen filmappe med ulike dokumentasjonsrapporter). Vi vil ikke gå detaljert inn på denne delen i denne rapporten.

Dette avsnittet beskriver hovedprinsippene i hvordan modellen er bygget opp ved hjelp av flytskjemaer. De ulike prosessene i flytskjemaene vil representere en eller flere skript eller undergrupper av skript i RTM, og selve kjølingsrekkefølgen kan også være litt forskjellig i RTM. Flytskjemaene i denne rapporten er ment å forklare hvilke prosesser som avhenger av hverandre, hvilke prosesser som kjøres med ulike betingelser og hvilke prosesser som inngår i iterasjonsløpet over etterspørselsmodellen.

Figur 3 viser en skisse over dataflyt i modellen. De fem operasjonene går etter hverandre. Hvis det er valgt kapasitetsavhengig etterspørselsberegning blir det etter nettutlegging av biltrafikk løkke tilbake til beregning av LoS-data for rushtrafikk slik at rushtrafikk blir beregnet som følge av resultat av nettutleggingen i forrige iterasjon over etterspørselsmodellen.



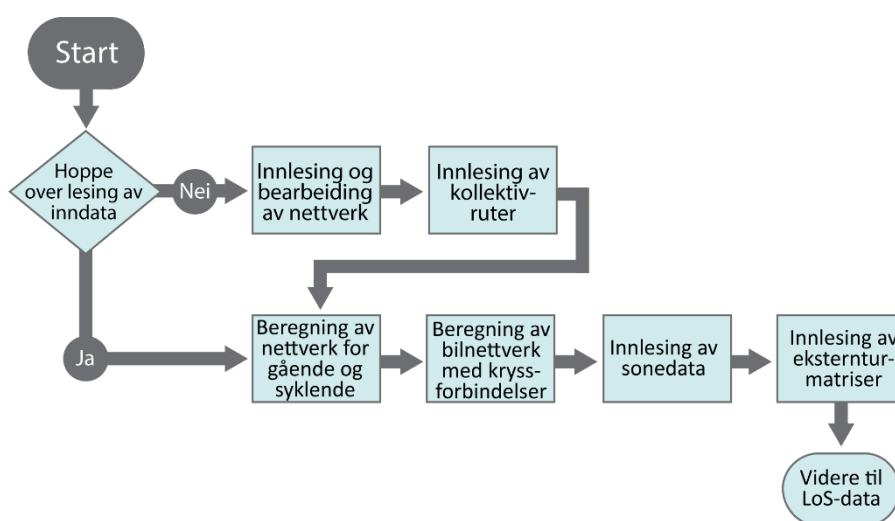
Figur 3: Overordnet dataflyt i RTM

2.3.1 Lesing og bearbeiding av inndata

Figur 4 viser overordnet flytskjema for prosessene i lesing av inndata. Dette steget i modellen sørger for å lese alle nødvendige inndata fra de ulike datakildene og tolke disse til videre bruk i modellen:

- Geodatabase med nettverk, kollektivrutebeskrivelse og bom- og fergesystem fra TNext (se kapittel 3.2 side 40)
- Terminalsoner fra Nasjonal godsmodell
- Eventuelle parkeringssoner for innfartsparkering
- Trafikktellinger

Resultatene fra denne innlesingen er nettverk med alle kostnadskomponenter og kollektivruter. I Cube er det mulig å redigere nettverkene og kollektivrutebeskrivelsene interaktivt slik at man enkelt kan kjøre scenarier med små endringer. Dette er ikke en anbefalt metode i store analyser siden det er vanskelig å ettergå beregningsoppsettet, men i en testfase kan det være mye tid å spare på å gjøre endringer direkte i nettverkene istedenfor å gå veien om TNext og eksport av geodatabase. Hvis nettverk eller kollektivruter endres interaktivt er det viktig å krysse av i brukergrensesnittets opsjoner at det ikke skal leses inn nettverk og kollektivruter på nytt.



Figur 4: Flytskjema for inndata

Etter at inndata er ferdig lest inn starter en etterbehandling av nettverkene. Det blir opprettet separate nettverksfiler for bilbruk og gange/sykkel. Alle lenker som ikke kan brukes av bil fjernes fra bilnettverket og verdier for forsinkelse i svingebevegelser legges inn i alle kryss. Dette er en statisk forsinkelse som er avhengig av svingebevegelse (rett fram, høye, venstre), kryssregulering og tidsperiode (rush- eller lavtrafikk) (Levin et al., 2015).

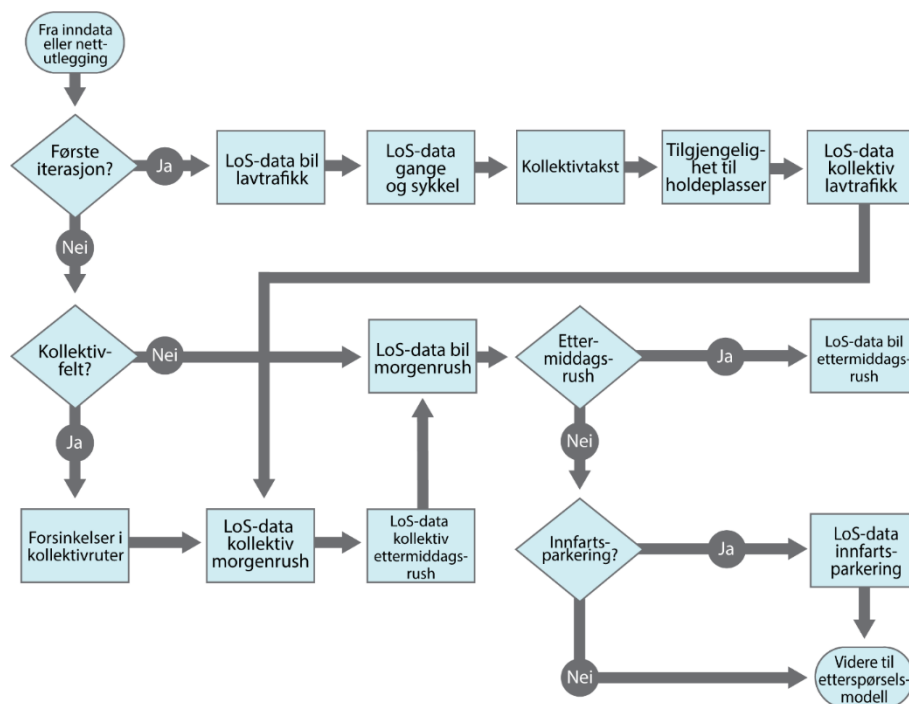
Nettverket (opprinnelig bilvegnettet) blir tilrettelagt for gående og syklende ved at alle envegskjørtveger blir tillatt i begge retninger. Beskrivelser av sykkelegenskaper som sykkel fart, om det er tilrettelagt infrastruktur, for eksempel egen sykkelbane, og antall høydemeter motbakke legges inn på hver lenke. Dersom viktige gangveger, sykkelveger eller snarveger som brukes av gående eller syklende mangler, må disse legges inn.

Sonedata filtreres fra nasjonale filer til de sonene som er i modellområdet. Det etableres nye sonedatafiler med modellområdets soners sekvensielle nummerering slik at disse enkelt kan kobles til nettverket. De tilpassede sonedatafilene kan også benyttes i GIS-analyser av modellområdet. I denne prosessen blir sonedata også konvertert til tekstfilformat som benyttes av Tramod-by.

Eksternturmatriser som leses inn på tabellformat filtreres og tillegges sekvensielle sonenummer slik at de kun inneholder soner som finnes i modellområdet. Hvis det leses inn en eksternturmatrise som inneholder soner som ikke finnes i modellområdet blir dette skrevet til en separat rapportfil med advarsler om denne prosessen. Hvis en eksternturmatrise ikke inneholder noen soner som finnes i modellområdet blir modellkjøringen avbrutt. Avsnitt 0 inneholder en beskrivelse av hvilke avvik som fører til avbrutt kjøring.

2.3.2 Beregning av kostnadsmatriser (LoS-data)

I det neste steget i modellkjøring blir det etablert en rekke kostnadsmatriser også kalt LoS-data (Level of Service) til Tramod-by. Disse prosessene foregår delvis i iterasjonsløkke over etterspørselsmodellen. Figur 5 viser det logiske oppsettet av beregning av LoS-data. I modellen foregår dette med litt mer innviklede rutiner slik at det er de samme skriptene som beregner LoS-data for hver av de ulike tidsperiodene. Dette gjøres for å unngå unødvendig duplisering av kode.



Figur 5: Flytskjema for beregning av LoS-data

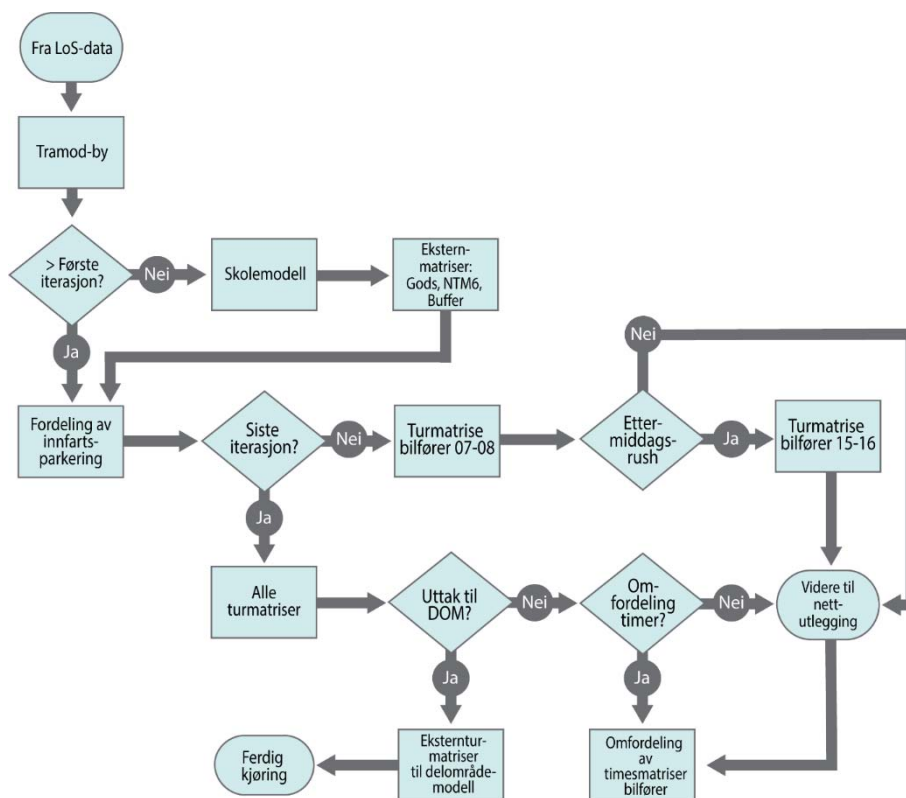
I første iterasjon av modellkjøringen blir det beregnet LoS-data for alle tidsperioder for alle reisemidler. Videre i iterasjonsløpet blir LoS-data oppdatert for rushtidsperiodene. Dette gjelder både for bil og også for kollektivtrafikk i tilfelle funksjonalitet for å beregne forsinkelse for buss utenom i kollektivfelt.

LoS-data for bil i rushtrafikk i første iterasjon over etterspørselsmodellen blir ikke tillagt tidsforsinkelser på lenker, mens kryssforsinkelse og bomtakster for rushtrafikk blir benyttet. Videre i iterasjonsløpet blir forsinkelser på lenker beregnet i nettutleggingen benyttet i både rutevalg og i kostnadsmatrisene. For å få modellen til å balansere med færrest mulig iterasjoner og å unngå store svingninger i resultatene mellom iterasjonene, blir alle kostnadsmatriser for rush vektet med kostnadsmatrisen fra forrige iterasjon.

LoS-data beregnes ved bruk av ulike rutevalg for fossilbiler og elbiler. Dette fører til at matrisene for fossil- og elbil vil inneholde ulike verdier for både distanse, tidsbruk og direktekostnader.

2.3.3 Etterspørselsmodell og bearbeiding av turmatriser

Hovedprosessene i *Etterspørselsmodell og turmatriser* er kjøring av Tramod-by og etterbehandling av turmatriser. I tillegg til disse prosessene, som foregår i hver iterasjon, blir også ulike faste turmatriser lest inn (se kapittel 3.4 side 43). Figur 6 viser logisk rekkefølge i beregningsprosessene.



Figur 6: Flytskjema for etterspørselsmodell og turmatriser

Etterspørselsmodell – Tramod-by

Tramod-by kjøres litt ulikt avhengig av hvor i beregningsgangen man befinner seg:

- Kjøring med full detaljeringsgrad foregår i siste iterasjon over etterspørselsmodellen.
- Redusert detaljeringsgrad hvor det først gjøres en filtrering av sonepar som skal beregnes basert på sannsynligheter for at det blir produsert turer. Dette reduserer beregningstiden betydelig, men

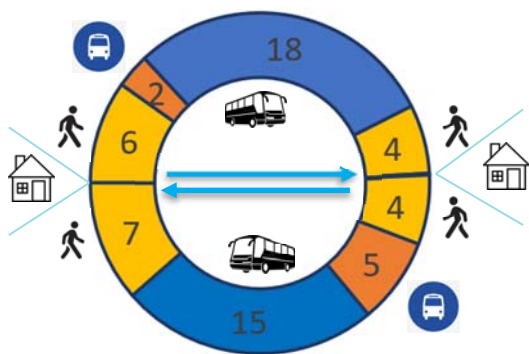
innfører noen unøyaktigheter i resultatene. Denne typen kjøring blir brukt når det ikke er siste iterasjon.

- Etablering av buffermatriser til delområdemodell. Ved denne typen kjøring blir det i siste iterasjon gjort slik at det ikke forekommer turproduksjon i delområdemodellens kjerneområde. Prosessen rundt etablering av delområdemodeller er beskrevet i detalj i teknisk dokumentasjon som følger modellen.

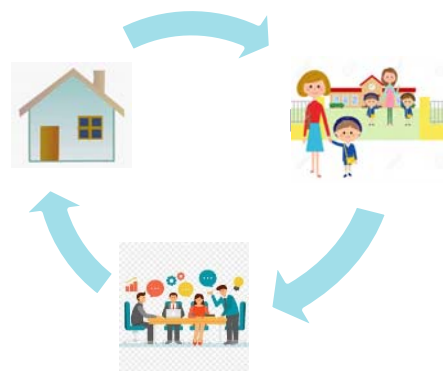
Etterspørsel blir beregnet for det antall tidsperioder som er valgt uavhengig av hvilken iterasjon som kjøres. Resultatene fra Tramod-by er turmatriser for hver tidsperiode for hvert reisemiddel; bilfører, bilpassasjer, kollektiv, gange og sykkel.

- Tur-retur-matriser
 - Arbeidsreiser
 - Tjenestereiser
 - Private formål
 - Hente og levere
 - Fritidsreiser
 - Arbeidsplassrelaterte reiser, for eksempel et privat ærend i arbeidstiden.
- Turkjeder
 - Leg 1
 - Leg 2
 - Leg 3

Tramod-by beregner to typer rundturer, og rundturene foregår med samme reisemiddel. Rundturene er enten tur hjemmefra til destinasjon og tilbake hjem igjen, eller turkjeder med 3 delreiser, hjemmefra til første destinasjon, så andre destinasjon og så hjem igjen. I virkeligheten kan turkjeder bestå av mange flere delreiser, men disse er ikke beregnet av Tramod-by.



Figur 7: Eksempel på en rundtur med 2 turer



Figur 8: Eksempel på rundtur med tre delreiser

Figur 7 viser en rundtur med to reiser, og reise-elementene med gange til holdeplass, venting ved holdeplass, reisetid om bord i en buss og gange til destinasjonen. Når man når målpunktet er reisen over. Reisemidlet er definert etter hva man reiste lengst med, og her er det buss. Figur 8 en rundtur hjemmefra, til barnehage og så til jobb. Her er ikke reiseelementene eller reisemiddel vist. Rundturene kan i virkeligheten være langt mer komplisert med mange bytter mellom reisemidler og mange reiseelementer, og med mange flere delreiser i turkjeder, så det at vi opererer med to tuper rundturer i RTM er en forenkling. Rundturene kan enten være bostedsbasert eller arbeidsplassbasert, noe som forteller hvor rundturen startet, hjemme eller på jobb.

Turkjedene er ikke splittet opp i reisehensikter i resultatmatrisene fra Tramod-by. I nettutleggingen og spesielt i beregningen av trafikantnytte er det nødvendig å vite hvilken reisehensikt hver av disse rundturene har. For å splitte opp rundturene i reisehensikter benyttes rammetallsfilen som Tramod-by produserer. Denne filen inneholder for hver tidsperiode en oppsummering av antall turer for hver reisehensikt for både tur-returmatrisene og turkjedematisene. Reisehensiktene for rundturene blir da beregnet basert på forholdstallet av turer for hver reisehensikt i rundtur og totalt antall turer i hver rundtur for hvert reisemiddel for hver tidsperiode. Denne metoden gjør at andelene av reisehensiktene fra turkjedematisene vil være lik i hele modellområdet.

Turmatriser produseres for et valgt antall tidsperioder:

1. En tidsperiode: Turmatrisen gjelder for hele døgnet. I etterspørselsberegningen tas det noe hensyn til forsinkelser i rush ved at reisetider med bil i rushtrafikk vektet sammen med reisetider i lavtrafikk.
2. To tidsperioder: Rushperiodene og lavtrafikkperiodene hver for seg. Rushperioden inneholder både morgen- og ettermiddagsrush. Rushforsinkelse inngår som en større andel av LoS-data for rushperiodene.
3. Fire tidsperioder: Hver rushperiode og hver lavtrafikkperiode for seg. LoS-data med forsinkelser inngår i stor grad i rushperiodene.

Alle turmatrisene bortsett fra turkjedene beskriver reisemønster fra bosted til destinasjon. For de arbeidsplassbaserte rundturene beskrives reisemønster fra arbeidsplass til destinasjon. For å finne turene tilbake til bosted må disse turmatrisene transponeres. Enkeltturene fra turkjedene blir summert inn i matriser og da blir forbindelsene mellom enkeltturene oppløst. Vi vil ikke ha informasjon om hva som var leg 1 for turer i matrisen for leg 2 i turkjeden.

Matrisene fra Tramod-by for turkjedene inneholder tre enkeltturer, leg 1 leg 2 og leg 3:

Leg 1: Turer fra bosted til destinasjon

Leg 2: Turer fra første til andre destinasjon

Leg 3: Turer fra bosted til andre destinasjon. Denne matrisen transponeres for å beskrive turer fra andre destinasjon tilbake til bosted

I tillegg til turmatrisene blir det skrevet ut en rekke summeringsfiler:

- Rammetallsfil med totalt antall turer per reisemiddel og reisehensikt fordelt på tur-retur-matriser og rundturmatriser. Denne filen benyttes blant annet til å anslå reisehensikter fra turmatrisene for rundturer.
- Diverse filer som beskriver segmentene i hushold, førerkort- og biltilgang.
- Mellomberegningsfiler for segmenteringsmodellen

Turmatriser for elbil

Turmatriser for elbil beregnes ved at Tramod-by kjøres på nytt med oppsett for kun å beregne bilførerturer med elbil. Turmatriser med fossilbil, diesel-, bensin-, og hybridbiler, beregnes fra differansen mellom totalmatrisene og elbilmatrisene. I nettutleggingen og beregning av trafikantnytte beregnes elbiler for seg. Beregning av elbilmatriser gjøres i siste iterasjon over etterspørselsmodellen.

Man kan velge om beregning av elbil også skal utføres under iterasjoner over etterspørselsmodellen for å lage mest mulig realistiske rushtidsdata. Dette vil medføre en del ekstra beregningstid. Denne opsjonen er nødvendig hvis kostnadsbildet for elbil fører til at det er vesentlige forskjeller mellom rutevalget for elbiler og fossilbiler. I byer hvor det er tette bompengesnitt vil dette vanligvis ikke være tilfelle.

Det er kun turmartisene fra Tramod-by og NTM6 inneholder elbilmatriser. Turmatriser fra skolemodellen, tilbringer til flyplass, turer til og fra Sverige og godsmatrisen, som er beskrevet i neste avsnitt, har ikke noe datagrunnlag for å splitte opp matrisene i elbiler. Alle turene i disse matrisene antas å benytte fossil- og hybridbiler.

Eksterne modeller og turmatriser

I løpet av første iterasjon over etterspørselsmodellen blir det tilrettelagt matriser som inneholder:

- Dynamiske matriser
 - Skolereiser fra skolemodellen
 - Turmatriser med lange reiser fra NTM6
- Statistiske matriser
 - Buffermatriser med turer fra bufferområdet
 - Turer til og fra Sverige
 - Turer til og fra flyplass
 - Godsmatrise

Skolereisemodellen er noe dynamisk ved at reisemiddelvalget avhenger av avstand mellom soner. Ved endring av reiselengde på grunn av et tiltak vil dette påvirke resultatene fra skolemodellen. Samtidig vil endringer i kollektivsystemet ikke påvirke resultatene i skolemodellen, ettersom reisemiddelfordelingen bare bestemmes etter avstand mellom hjem og skole. De fleste sonerelasjoner har et kollektivtilbud, og da går kollektivturene på det. Men, **skolemodellen vil også kunne produsere noen kollektivturer på sonerelasjoner som ikke har et kollektivtilbud**. Man må derfor være varsom med bruk av resultater fra skolemodellen, spesielt i nytte/kostnadsanalysen.

Turer fra NTM6 leses inn fra faste turmatriser som er hentet ut fra NTM6 med hjelp av en egen applikasjon. Ved bruk av NTM6 fra versjon 1.48.08 inneholder også turmatrisene elbilmatriser. Matrisene beskriver turer fra og til SSBs gruppering av grunnkretser, delområde, som er de seks første sifrene i grunnkretsnummeret. Turene fordeles videre til grunnkrets basert på sonedata. Ved endring av sonedata vil denne fordelingen justere seg. **I de fleste praktiske hensyn er NTM6-turer å betrakte som statiske**, men på grunn av denne fordelingen er det en viss dynamikk i modellen. Turer fra NTM6 er fordelt på lange- og mellomlange reiser. Mellomlange reiser er turer med reiselengde mellom 70 og 200 kilometer, mens lange reiser er reiser lengre enn 200 km.

Alle de eksterne turmatrisene blir splittet opp til timesmatriser for bilfører og kollektiv basert på andeler i parameterfilen.

Summering av turmatriser

Tramod-by produserer som nevnt turmatriser fra bosted til destinasjon. For at turmatrisene skal inneholde det komplette reisemønsteret, må turmatrisene transponeres³ for å legge til hjemreisen. Turmatrisene blir produsert for en, to eller fire tidsperioder. I tillegg blir de eksterne turmatrisene lagt inn i de ulike turmatrisene.

Hvilke matriser som summeres avhenger av hvor man er i prosessen.

- Når modellen er i iterasjonsløpet over etterspørselsmodellen er hensikten å beregne forsinkelser i morgen- og ettermiddagsrush for bil. Da blir bare turmatriser for kl 7 til 8 om morgenen og 15 til 16 om ettermiddagen produsert.

³ Når en matrise transponeres, speiles den om diagonalen.

- Når modellen er i siste iterasjon, blir det produsert døgnmatriser for alle reisemiddel. Kollektivturmatrisene blir beregnet for lavtrafikk, morgenrush og ettermiddagsrush siden disse tre tidsperiodene har ulike kollektivtilbud.
- Hvis det er valgt å ta ut resultat inndelt i enkelttimer blir disse beregnet for bil- og kollektivtrafikk etter siste iterasjon. Beregning av turmatriser for enkelttimer i rushperiodene er uavhengig av hvor mange tidsperioder som er kjørt i Tramod-by.

Døgnmatrisene beregnes ved å addere turmatrisene for tur-retur-turene med transponatet av seg selv. Rundturene blir fordelt til reisehensikter basert på reisehensiktfordelingen i rammetallsfilen. Reisehensiktene fra leg 1 og 2 blir summert direkte, mens leg 3 blir transponert før summering.

Beregning av timesmatriser benytter andeler for hvor mange turer starter utreise og hjemreise i hver time i rushperiodene. Andelene kommer i utgangspunktet fra RVU, men kan kalibreres lokalt mot timetellinger. Reisetidspunkt angis som andel av hele døgnet. Hvis etterspørselsmodellen er kjørt for flere tidsperioder blir disse andelene regnet om til å andel av tidsperioden. Turmatrisene for de ulike tidsperiodene gjelder for når utreisen ble foretatt. Vi kan dermed ikke beregne timesmatriser for retur tilbake til hjemmet basert på turmatrisene for de ulike tidsperiodene. I stedet blir timesmatrisene for retur beregnet fra døgnmatrisene for returen ved bruk av timesandeler av hele døgnet. Tabell 2 viser hvilke times som inngår i de ulike tidsperiodene.

Tabell 2: Summering av timesmatriser

Tidspunkt	Utreise 4 perioder	Utreise 2 perioder	Utreise 1 periode	Retur
06-07	Morgenrush	Rush	Døgn	Døgn
07-08				
08-09				
15-16	Ettermiddagsrush			
16-17				
17-18				
09-15	Formiddag	Lavtrafikk		
18-06	Kveld/natt			

Kollektivturmatrisene blir summert til periodematiser basert på tidspunkt for utreise og retur. Morgenrush blir summert fra timene 06 til 09 og ettermiddagsrush blir summert fra timene 15 til 18. Tabell 3 viser skjematisk hvordan kollektivmatrisene blir summert.

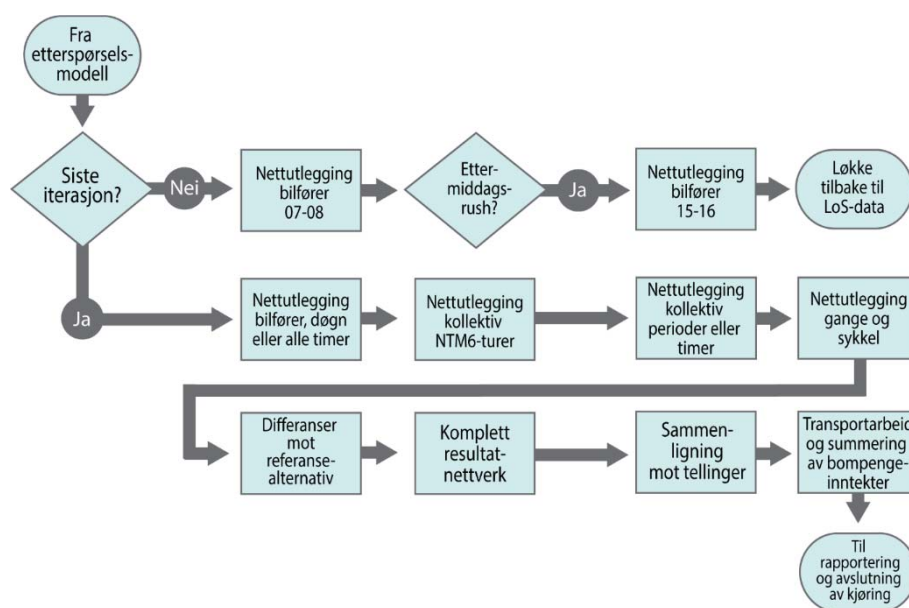
Tabell 3: Summering til periodematiser for kollektivtrafikk

Tidspunkt	Utreise 4 perioder	Utreise 2 perioder	Utreise 1 periode	Retur
06-09 Morgenrush	Morgenrush	Rush	Døgn	Døgn
15-18 Ettermiddagsrush	Ettermiddagsrush			
09-15	Formiddag	Lavtrafikk		
18-06 Lavtrafikk	Kveld/natt			

2.3.4 Nettutlegging

Nettutlegging foregår, som for beregning av turmatriser, i ulike prosesser avhengig av om modellen er i iterasjonsløp eller i siste iterasjon over etterspørselsmodellen. Figur 9 viser flytskjema for nettutlegging.

- Når modellen er i et iterasjonsløp, blir det gjennomført nettutlegging av morgenrushtime og ettermiddagsrushtime for bilfører. Trafikkavhengige forsinkelser blir skrevet til en nettverksfil som benyttes til LoS-databeregning for rushperiodene i neste iterasjon.
- Etter siste iterasjon over etterspørselsmodellen blir det gjennomført nettutlegging av alle reisemiddel.



Figur 9: Flytskjema for nettutlegging

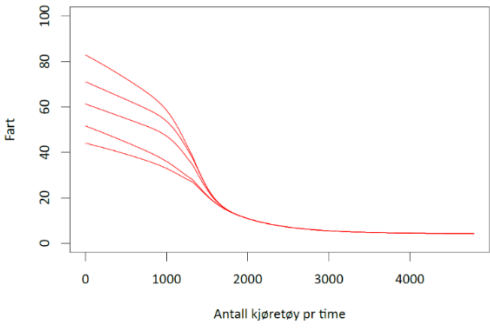
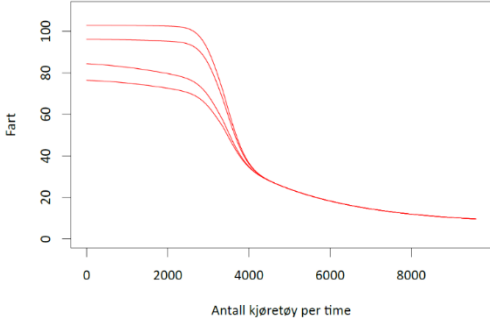
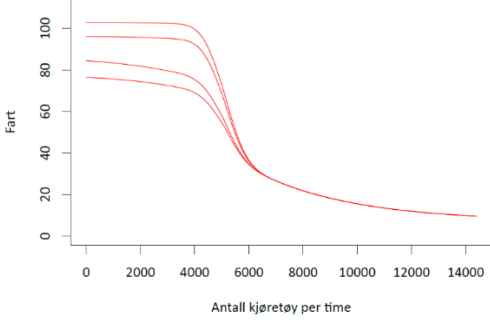
Bilførerturer

I nettutleggingen blir timetrafikk, enten det er makstimen i iterasjoner over etterspørselsmodellen, eller enkelttimer i sluttresultat, lagt ut kapasitetsavhengig på vegnettet. Dette medfører at trengsel på grunn av kapasitetsproblemer fører til at deler av de reisende velger andre ruter for å minimere sine forsinkelser.

RTM bruker en nettfordelingsalgoritme som kalles inkrementell lastning (incremental loading) (se også kapittel 6.9). Det finnes bedre metoder for å gi bedre likevekt i resultatene, som for eksempel "User Equilibrium", men det har vist seg at disse metodene ikke er forenelige med å benytte resultatene for å beregne nytte-kostnad på endringer i trafikk mellom to scenario. Dette skyldes i hovedsak at en andel av trafikken blir omfordelt mellom hver iterasjon etter en global faktor, noe som fører til at antall turer på vegnettet blir litt forskjellig både i nærheten av tiltaket og også i resten av modellområdet. Dette fører igjen til at endret trafikk slår ut på nytte-kostnadsberegningene, ikke bare på vegnettet i nærheten av tiltaket, men også i det øvrige modellområdet. For å ivareta hensynet til nytte-kostnadsberegninger benyttes inkrementell lastning i RTM (Tørset, 2015).

I nettutleggingen blir turmatrisene splittet opp i like store andeler og så lagt ut på nettverket. Andelen er lik 1 dividert med antall iterasjoner. I hver iterasjon av nettutleggingen blir hver andel av trafikken lagt ut etter beste rute for å minimere generalisert kostnad. Generalisert kostnader beregnes med ulike tidsverdier for hver reisehensikt. Tidsbruken i nettverket beregnes fra volume-delay-funksjoner (VDF) basert på total trafikk til og med forrige iterasjon. Ulike VDF-kurver som er benyttet er vist i Tabell 4. I praksis fungerer nettutleggingen da slik at på for eksempel en hovedveg blir vil det bygge seg opp mer og mer forsinkelse etter hvert som det legges på mer trafikk. Når forsinkelsen blir så stor at billigste rute ikke lenger er på hovedvegen, men går en annen veg, vil det bygge seg opp forsinkelse på den alternative ruten, og når denne blir for stor velges hovedvegen igjen.

Tabell 4: VDF-kurver for ulike vegtyper

	2-feltsveg 40, 50, 60, 70 og 80 km/t
	4-feltsveg 70, 80, 90 og 100 km/t
	6-feltsveg 70, 80, 90 og 100 km/t

Ideelt sett skal det når nettutleggingen er ferdig oppstå en likevekt som gjør at det ikke lenger er mulig å velge en bedre rute. Ved bruk av inkrementell nettutlegging krever dette at det må legges ut minst mulig andel av trafikken i hver iterasjon, og at antall iterasjoner går mot uendelig. Rent pragmatisk vil antall iterasjoner være lik det antallet som gjør at modellen ikke blir nevneverdig bedre av å kjøre flere iterasjoner. Testing av antall iterasjoner som er hensiktsmessig kan gjøres i en applikasjon som følger modellen, beskrevet i avsnitt 4.3.2.

Nettutlegging av biltrafikk foregår enten kapasitetsavhengig eller kapasitetsuavhengig. Hvis det er valgt å ta ut kun døgnresultat blir nettutlegging kapasitetsuavhengig. Hvis det er valgt å ta ut resultat fordelt på rushtidstimer blir hver enkelttime i morgen- og ettermiddagsrush lagt ut kapasitetsavhengig. Trafikktallene på lenker blir summert til normalvirkedøgntrafikk og ÅDT beregnes fra faktorer, vist i Tabell 1.

Kollektivtrafikk

Kollektivtrafikk blir lagt ut på nettverket etter ulik metode avhengig av valgt resultatinndeling. Ved nettutlegging av døgntrafikk blir kollektivtrafikk lagt for de tre ulike tidsperiodene: lavtrafikk, morgenrush og ettermiddagsrush. Ved timesresultat blir enkelttimene for rush og de to lavtrafikkperiodene lagt ut. De tre morgenrushtimene blir fordelt på rutetilbudet for morgenrush, og ettermiddagstimene blir lagt ut på tilbudet for ettermiddagsrush. NTM6-trafikken blir lagt ut på lavtrafikktilbudet avhengig av valg av resultatinndeling.

Forskjellen mellom nettutlegging av kollektivtrafikk og biltrafikk er at det for kollektivtrafikk ikke blir beregnet noe nytt rutevalg. Rutevalget for kollektivtrafikk benytter det rutevalget som blir etablert under beregning av LoS-data for kollektivtrafikk, se avsnitt 2.4.2. Rutevalget leses fra de binære rutevalgsfilene som ble produsert i LoS-databeregningen.

Nettutleggingen for kollektivtrafikk er ikke kapasitetsavhengig. Dette betyr at vi antar at kollektivsystemet som er kodet er i stand til å håndtere all kollektivtrafikk. Hvis metode for opplevd forsinkelse på grunn av trengsel om bord blir brukt vil dette påvirke rutevalget i LoS-databeregningen, og ikke i den endelige nettutleggingen.

Gange og sykkel

Gange og sykkel legges ut på nettverket for helt døgn uavhengig av tidsinndeling av resultat. Rutevalget som benyttes er det samme rutevalget som benyttes under produksjon av LoS-data.

2.3.5 Rapportering og eksterne prosesser

Ved hjelp av Cube Voyager er det mulig å starte eksterne prosesser. Dette er alle mulige kommandoer i operativsystemet eller eksterne kjørbare programfiler. I RTM kjøres etterspørselsmodellen Tramod-by som ekstern prosess. I tillegg finnes det en rekke skript programmert i Python3 som utfører oppgaver i modellen som krever mer avansert funksjonalitet enn Cube Voyager håndterer. Det er stort sett geometrisk tolking av geodatabaser og tolking av rutevalgsfiler som foregår i Python3. Det følger ved modellen en redusert installasjon av Python3 som fungerer uavhengig av om dette er installert på maskinen fra før av.

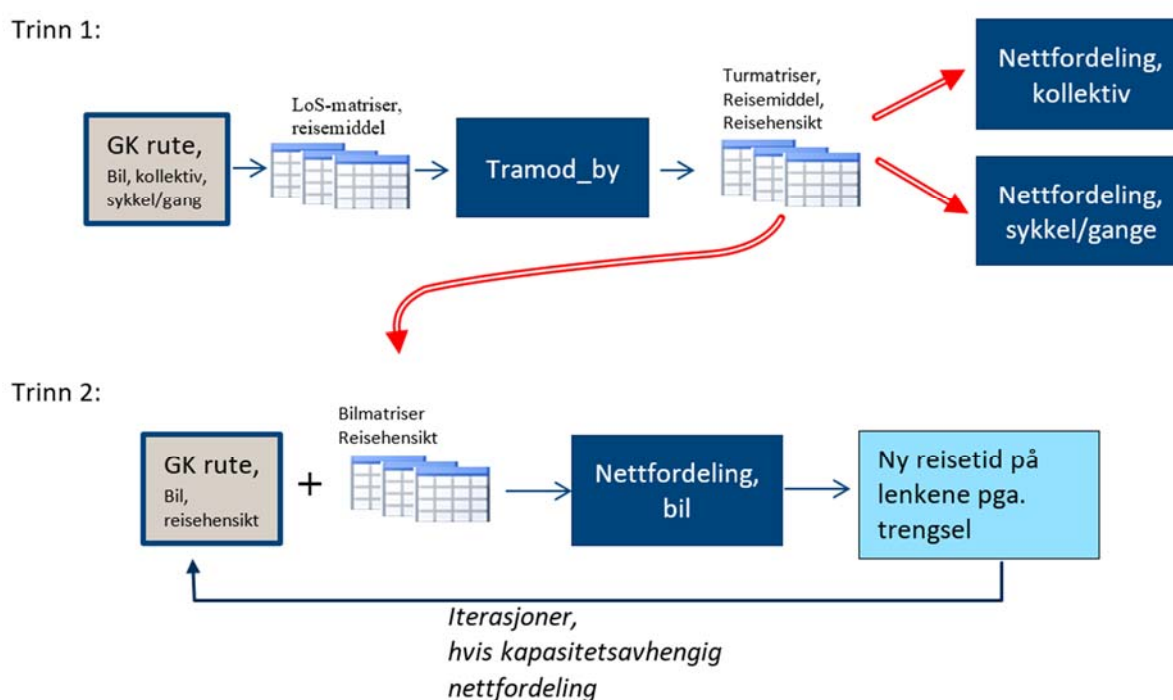
Til slutt i modellkjøringen blir det laget en **scenariorapport** i PDF-format. Denne blir generert i typesetterprogrammet LaTeX. Det følger med en redusert installasjon av dette systemet ved RTM.

2.4 Generaliserte kostnader i RTM

Generaliserte kostnader (GK) inngår på flere steder i RTM der rutevalget bestemmes; både før skimming av LoS-data og i nettutleggingen. Måten GK beregnes på har derfor mye å si for hvordan ulike kostnadskomponenter slår ut i beregningen. Hva generaliserte kostnader er er forklart i kapittel 6.8 (se også temaet tidsverdier i kapittel 6.7), mens vi her tar for oss bruken av generaliserte kostnader i RTM og hvordan de defineres for de ulike reisemidlene.

2.4.1 Hvor inngår generaliserte kostnader i RTM

Generaliserte reisekostnader (GK) brukes til å bestemme den beste ruten mellom alle soner i et transportnettverk. I Figur 10 vises hvilke beregninger i transportmodellen som bruker generaliserte reisekostnader.



Figur 10: Generaliserte kostnader (GK) i RTM

I beregningsgangen til RTM brukes GK i to av beregningstrinnene⁴. I trinn 1 brukes GK til å finne et rutevalg mellom hver sonerelasjon. Rutevalget brukes som utgangspunkt for å skimme Level of Service (LoS)-matriser til etterspørselsmodellen Tramod-by og hvor GK inngår i beregningen i firetrinnsmetodikken i Figur 40).

Skimming betyr å summere en variabel, for eksempel avstand, for alle lenker som inngår langs en bestemt rute. I trinn 2 benyttes GK i nettfordelingen for bilturer for å finne rutevalg for hver iterasjon. Rutevalget for kollektiv-, sykkel- og gangturer gjøres likt i begge trinn, mens man i trinn 2 for biltrafikk bruker parametere som er differensiert på reisehensikter og som er forskjellige fra de som brukes i trinn 1.

⁴ I praksis er dette henholdsvis trinn 2/3 og trinn 4 i firetrinnsmetodikken

2.4.2 Verdier av generaliserte kostnader for ulike trafikantgrupper

Formelen for beregning av generaliserte reisekostnader er i praksis en sammenvekting av ulempekomponenter knyttet til reiseaktivitet. I RTM er dette tre komponenter:

1. Reiseutgifter
2. Reisetid
3. Reiseavstand

Bil

Parameterverdier for generaliserte kostnader for bil er vist i Tabell 5 og Tabell 6. Disse tabellene viser tidskostnadene i henholdsvis trinn 1 (beregning av LoS-data) og trinn 2 (nettutlegging). Enhetsverdiene for rutevalg med bil er identiske for fossil- og elbil. I virkeligheten er de distanseavhengige kostnadene for elbil lavere enn fossilbil, men det har til gjeldende versjon ikke blitt utredet nye parameterverdier for rutevalg med elbil.

Ulempekomponenter som inngår i beregning av generalisert kostnad for rutevalg for bil er:


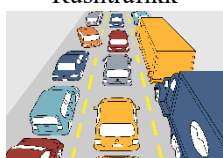
- **Utkjørt distanse.** Reiselengde langs en veglenke i kilometer.
- **Reisetid.** Reisetid langs en veglenke. Beregnes fra fartsmodell og påvirkes av forsinkelse fra VDF-kurver. I tillegg legges det til forsinkelser i kryss, se avsnitt 2.3.1.
- **Bompenger for bilfører.** Bompenger med timesregel antas å ikke påvirke rutevalget. Dette skyldes at vi ikke har noen god metodikk for å kun la det første bomsnittet påvirke et rutevalg.
- **Ankomstventetid på ferge.** LoS-data til Tramod-by inneholder både ankomstventetid og skjult ventetid, men i generalisert kostnad i rutevalget er det kun ankomstventetiden (Knutsen, 1995) som benyttes.

Tidsverdiene i trinn 1 tar hensyn til de forutsetningene som ble benyttet under etableringen av LoS-data for estimering av Tramod-by (Rekdal et al., 2021), mens tidsverdiene for trinn 2 ble estimert for best mulig å gjenskape trafikkens fordeling mellom hovedveger og sideveger (Steinsland, 2007). Rutevalgene som framkommer ved bruk av tidsverdier for trinn 2 blir også benyttet til å beregne kostnader til beregning av trafikantnytte.

Selv om tidsverdiene er ulike i de to trinnene, vil det mellom soner hvor det kun er ett mulig rutevalg bli det samme resultatet i kostnadsmatrisene.

Reisetid med bil tar hensyn til geometri og et fast tillegg for passering av kryss. Forsinkelsene gjennom kryss er avhengig av reguleringsform og om turen går i lavtrafikk eller rush. Dette er faste tillegg på reisetiden som ikke varierer med trafikken inn og ut av krysset.

Tabell 5: Parameterverdier i trinn 1 for biltrafikk

Tidsperiode	Tidskostnad		Distansekostnad	Vekt på direktekostnad
	p _{tid}			
	kr/minutt	kr/time	kr/km	kr/kr
Lavtrafikk 	1,58	94,8	2,25	0,8
Rushtrafikk 	1,7	102	2,25	0,8

Det er verdt å merke seg at tidskostnaden i rushtrafikk ikke nødvendigvis er knyttet til faktiske forsinkelser eller køståing, men er tidsbruken for bilkjøringen de timene som er definert som rushtimer.

Tabell 6: Parametre for GK benyttet i nettfordeling av bilmatrixene, trinn 2

Reisehensikt	Tidskostnad		Distansekostnad	Vekt på direktekostnad
	p _{tid}			
	kr/minutt	kr/time	kr/km	
Til og fra arbeid	1,20	72	0,70	0,30
I tjeneste	4	240	0,70	0,30
Fritid	1,60	96	0,70	0,30
NTM	5	300	0,70	0,30
Gods	7	420	4,90	0,50

Kollektiv

Generaliserte kostnader for kollektivtrafikanter består av vektete tidskomponenter, billett-kostnader og ombordstigningsstraff. Reiseavstand inngår ikke i som en egen komponent generaliserte kostnader fordi man forutsetter at trafikantene ikke verdsetter kortere eller lengre turer forskjellig på en tur med lik varighet, så lenge de sitter om bord i et kollektivmiddel. En rekke andre kvalitetsvariable for kollektivtrafikk er heller ikke tatt med i beregning av generalisert kostnad. Dette gjelder i stor grad subjektive egenskaper med en kollektivreise som komfort, punktlighet, sannsynlighet for gjenståing og trengsel (en eksperimentell beregning av trengsel kan benyttes, men krever mye av inndata, se avsnitt 5.7.6).

Rutevalget for kollektivtrafikk i Cube Voyager foregår i to trinn:

1. Kartlegging av alle mulige rutevalg mellom alle sonepar (enumeration). Mulige rutevalg begrenses av noe justerbare faktorer: tilgang til holdeplass (Malmin et al., 2017), maksimalt antall bytter og at det skal være en viss sannsynlighet for at ruten blir valgt.
2. Valg av mulige ruter (evaluation). Denne prosessen velger de beste rutevalgene og beregner sannsynlighetene for valg av hvert rutevalg. I denne prosessen blir også ventetider beregnet nøyaktig, siden dette er et resultat av hvilke rutevalg som blir valgt.



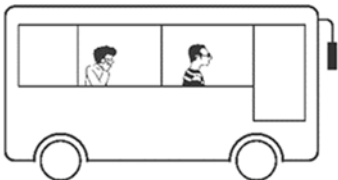
For å nøyaktig studere rutevalget mellom to soner, kan rutinen for LoS-datagenerering av kollektivtrafikk endres, som vist i Figur 11. Beskrivelsen av rutevalget skrives til filen "kollrapport.prn" for hver tidsperiode.

```
FILEO ROUTEO[1] =  
"{CATALOG_DIR}\Resultat\{Region}\{Progaar}\{Scenario_Code}\kollektiv\Kollektivrutevalg  
_@pnavn@_{Scenario_Code}.RTE" REPORTI=xx REPORTJ=yy TRACEI=xx TRACEJ=yy
```

Figur 11: Modifisert av script for å vise detaljer i rutevalget mellom sone xx og sone yy

Resultatet fra rutevalgsprosessene for hver tidsperiode (lav, morgenrush og ettermiddagsrush) skrives til binære rutevalgsfiler som senere blir benyttet i nettfordelingen av kollektivturer.

Tabell 7: Reisetidskomponenter i kollektivtrafikk

Tidskomponent	Vekt på tidskomponent
<p>Gangtid fra startsted til holdeplass, eventuelt mellom holdeplasser dersom man har bytter underveis og til endelig destinasjon. Det forutsettes at trafikantene går til fots med en hastighet på 5 km/time.</p> 	<p>Gangtid vektes 1,8 ganger høyere enn ombordtid.</p> <p>Det er satt en maksimal gangtid på 30 minutter gitt en ganghastighet på 5 km/time. For hver sone beregnes denne til avstanden langs transportnettet fra sonesentroide til nærmeste holdeplass. I praksis vil det ofte finnes snarveger som gjør gangavstanden kortere. Siden sonesentroiden bare er et punkt, mens startstedet varierer innenfor sonen, er det vanskelig å benytte lokale snarveier i tilbringermodellen.</p>
<p>Ventetid fra man ankommer holdeplassen til man går om bord, også ved bytter. Man skiller ofte mellom åpen og skjult ventetid, hvor åpen ventetid er den tiden man faktisk står og venter, mens skjult ventetid er ulempen ved å måtte forholde seg til en rutetabell. Skjult ventetid er dermed noe man kan erfare både ved start av turen og ved destinasjonen.</p> 	<p>Ventetid vektes 1,5 ganger høyere enn ombordtid.</p> <p>Det er også satt en maksimumsverdi for ventetid på 2 timer. Det betyr at hvis frekvensen er så lav at det går busser sjeldnere enn hver fjerde time, så regnes tilbudet som så lavfrekvent at brukerne uansett vet når bussen går og at skjult ventetid ikke blir lengre enn en 2 timer.</p>
<p>Ombordtid er den tiden passasjerene er om bord i kollektivmiddelet, enten det er buss, trikk eller tog. Denne tiden hentes fra rutetabellen.</p> <p>Skinnefaktor er et begrep som knyttes til bedre kjørekomfort om bord i kollektivmiddelet. Dette benyttes ikke i RTM.</p> <p>Egne kollektivfelt og prioritering av kollektiv gjennom lyskryss, kan gjøres på en svært forenklet måte, men forutsetter at kjørehastigheten for biltrafikk blir riktig, se avsnitt 3.2.1</p> <p>Trengsel om bord er mulig å bringe inn i nettfordelingen, men ikke i GK før LoS-dataene beregnes, se avsnitt 5.7.6.</p> 	<p>Ombordtiden er en referansetid og har ingen vekt, det vil si at den er vektet med 1,0.</p>

Ombordstigning er gitt en ulempe lik **10 minutter** som vi kan kalle en ombordstigningsstraff. Det betyr ikke at det tar 10 minutter å gå om bord i for eksempel en buss, men siden GK brukes for å finne en

realistisk rute er denne med likevel. Denne verdien er med fordi trafikantene like gjerne vil gå korte distanser, selv om det finnes et busstilbud som dekker en liten del av ruten. Dessuten vil ombordstigningsstraffen dekke det at passasjerer har ulemper ved å bytte buss underveis, så de bytter som regel ikke selv om det totalt sett ville gitt kortere reisetid, altså at de kunne byttet til en annen buss som går raskere til sluttholdeplassen. Noen ganger benyttes også en byttestraff, men det er ikke gjort i RTM. Slike straffe-komponenter påvirker GK og det rutevalget som ligger til grunn for skimmingen av LoS-matriser, men de inngår ikke i noen tidskomponenter i LoS-matrisene.




Takster for både enkeltbillett og månedskort legges inn i kostnadsmatrisene etter rutevalget. Takster inngår ikke i valg av rute. Dette er det historiske årsaker til og skyldes at det har vært krevende å legge til rette takster i form av enkeltbilletter og sonebasert system på en brukervennlig måte, samtidig som at rutinene i Cube Voyager for kollektiv rutevalg har vært problematiske når takster inngår. Vi kan dermed ikke i RTM i dag skille mellom dyre og raske kollektivmiddel eller billigere og trege alternativer.

Sykkel

LoS-data for sykkel inneholder en rekke egenskaper om sykkeltilbudet. Dette er reisetid og -distanse, data om infrastruktur og høydedata.

I beregning av reisetid og rutevalg for sykkel inngår infrastruktur for gående og syklende. I modellen finnes tre ulike tilbud for syklende, vist i Tabell 8. Ulike typer infrastruktur vektet ulikt i rutevalg og i generalisert tid i LoS-data. De ulike vektene er fra 1,0 for å sykle i egen sykkelbane, 1,6 og 1,7 for å sykle på heholdsvist gang/sykkelveg og på sykkelfelt. Sykling i vegbanen gir vekt på 2,0.

Tabell 8: Ulik infrastruktur for sykkel i RTM

	<p>Gang- og sykkelveg</p> <ul style="list-style-type: none"> • Angis med vegstatus = 'G' • Separat lenke • Feltkode: 1#2 • Vektes med faktor 1,6 i rutevalg
	<p>Sykkelfelt</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lenke med vegstatus = 'V' • Endres i feltkoden i TNExt • Typisk feltkode: 1#2#3S#4S • Vektes med faktor 1,7 i rutevalg
	<p>Sykkelbane med fortau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lenke med vegstatus = 'G' • Feltkode med sykkelfelt: 1S#2S • Ikke skille på sykkelbane med fortau og sykkelekspressveg • Vektes med faktor 1,0 i rutevalg

En stor utfordring med modellering av sykkel i rutevalg er at nettverket som beskriver gang- og sykkelveger ikke er sammenhengende:

- Overgang fra GS-veg til fortau fører til at lenken ender i løse luften.
- I kryss går ofte GS-lenker på tvers av veglenkene uten at det gis mulighet til å forflytte seg over til vegnettet.

Denne problemstillingen er delvis løst ved en funksjon i TNext som kan projisere GS-veglener normalt ned på vegnettet og dermed indikere at vegen har en parallell gang- og sykkelveg. Informasjon om eventuell sykkelbane med fortau kommer ikke med i denne projiseringen, slik at veglener med parallell GS-veg vil vektas med samme faktor (1,6) som GS-veg i rutevalget.

Bruk av elsykkel inngår ikke i RTM, verken i beregning av reisetid eller reisemiddelvalg, siden Tramodby ble estimert på RVU fra 2013/14 og elsykkelbruk den gang var begrenset.

LoS-data for sykkel inneholder distanse og tidsbruk for bruk av ulike infrastruktur på hver rute. Reisetid med sykkel kan beregnes ved hjelp av to ulike fartsmodeller:

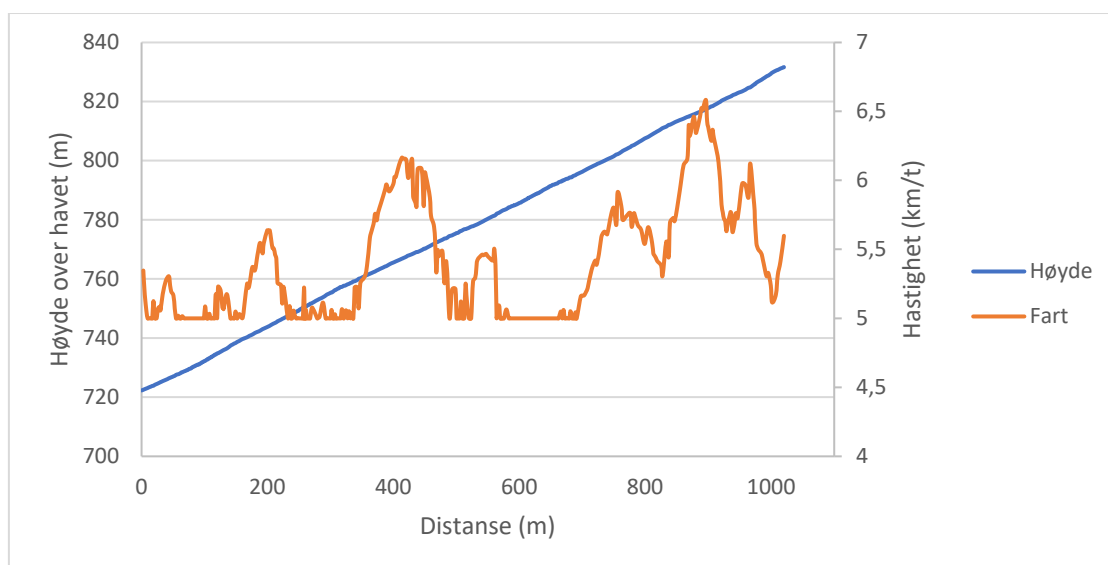
- Regresjonsmodell (Flügel et al., 2017)
- Energimodell (Arnesen et al., 2020)

Det er to vesentlige forskjeller på disse to fartsmodellene. Regresjonsmodellen beregner en hastighet basert på stigning mellom start og slutt punkt på lenken og er estimert på et stort datagrunnlag, mens energimodellen tar hensyn til vertikal- og horisontalkurvatur på hver lenke, men datagrunnlaget for modellen er begrenset. Vertikalkurvaturen benyttes spesielt til at kinetisk energi blir ivarettatt fra en nedoverbakke og inn i en motbakke. Horisontalkurvaturen bidrar til at hastigheten må reduseres inn i en krapp sving.

I by der det stort sett er rette og relativt flate veglener er det liten forskjell på resultatet mellom disse to modellene, mens der det finnes bratte bakker blir forskjellen større. Det første eksempelet, vist i Figur 12, er en bratt motbakke med gjennomsnittlig 13 % stigning. Energimodellen beregner i løpet av denne klatringer varierer hastigheten fra minste hastighet på 5 km/t til 6,5 km/t. Gjennomsnittlig hastighet for denne lenken er 5,38 km/t. Regresjonsmodellen gir 11,77 km/t på denne lenken. For å sette disse tallene litt i perspektiv så krever 5,38 km/t i 13 % motbakke omtrent 200 watt av syklisten⁵. 11,77 km/t vil kreve omtrent 450 watt innsats. Gjennomsnittlig maksimal effekt en normalt trent mann kan yte er på omtrent 250 watt⁶ (kvinner ca 200 watt). Regresjonsmodellens 11,77 km/t i en så bratt bakke er urealistisk i modellering av gjennomsnittlige personers sykkeladferd.

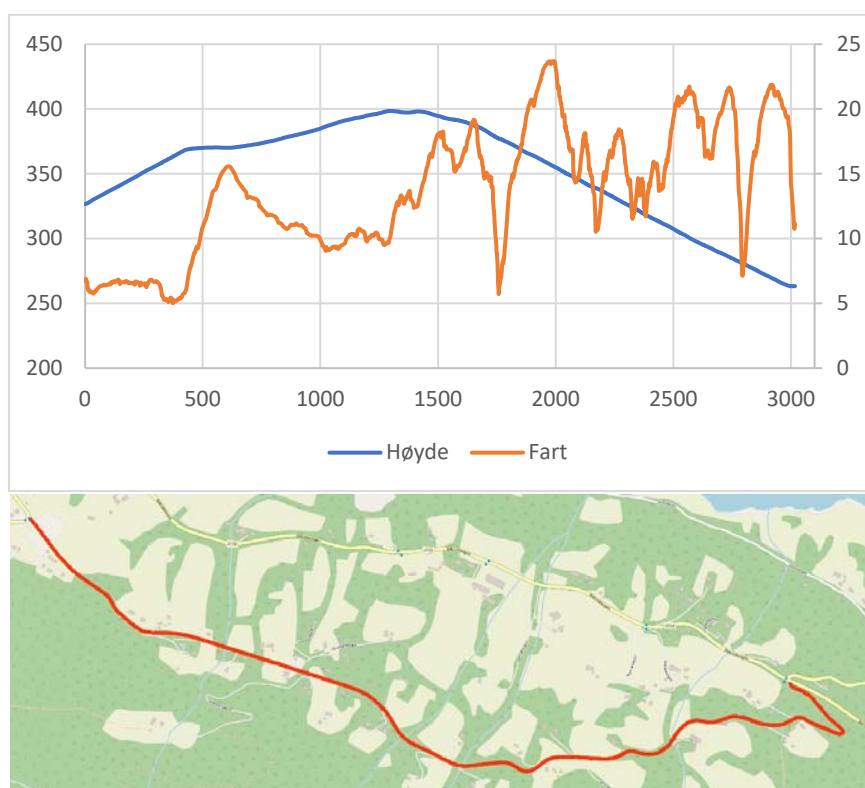
⁵ <https://www.omnicalculator.com/sports/cycling-wattage>

⁶ <https://www.cyclinganalytics.com/blog/2018/06/how-does-your-cycling-power-output-compare>



Figur 12: Eksempel på beregning av sykkelfart i energimodell, kontinuerlig motbakke

Det andre eksemplet, Figur 13, viser en mer kupert lenke med motbakke av ulik gradient avløst av en lang utforkjøring inkludert en krapp hårnålssving. Strekningen har maksimal stigning på 20 % og maksimalt fall på 24 %. Gjennomsnittlig fall på hele strekningen er 2. Hastigheten langs lenken beregnet med energimodellen varierer mellom 5 og 15 km/t i klatrepartiet mens i utforkjøringen nås det en maksimal hastighet på 23,5 km/t. Siden utforkjøringen er svingete så varierer hastigheten ned mot 5 km/t i de krappeste svingene. Gjennomsnittlig hastighet på hele lenken er 11,71 km/t. Regresjonsmodellens hastighet er 25.02 km/t, over dobbelt så raskt som energimodellhastighet.



Figur 13: Eksempel på beregning av sykkelfart i energimodell, kupert

Gange

Det lages to LoS-datamatiser for gangturer: avstander og tid. Gangavstandene er skimmet fra gangnettverket. Da er det benyttet avstandsmatrisen og forutsatt en gangtid på 5 km/time. Siden det bare er gangtid som benyttes som kostnadskomponent, vektet denne ikke om til en GK-verdi, men brukes som den er.

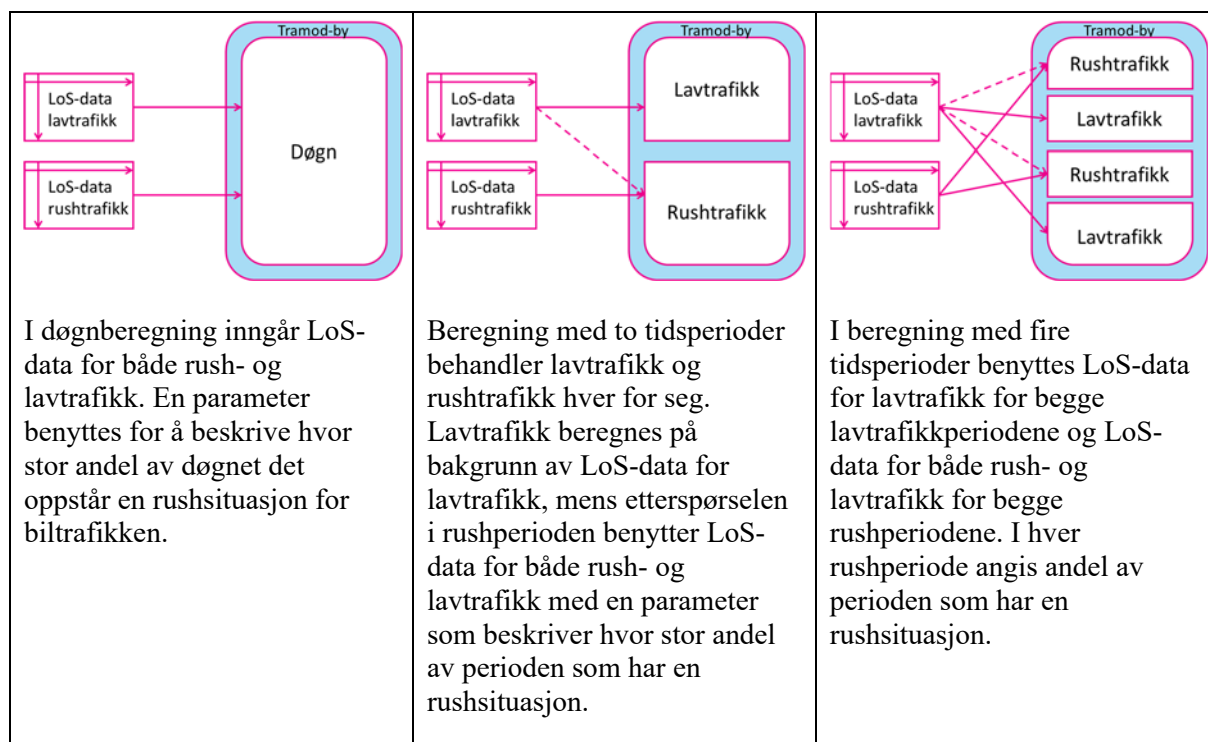
2.5 Tidsoppløsning

2.5.1 Tidsoppløsning i beregning av etterspørsel

Tramod-by kan kjøres med ulike tidsperioder for beregning av etterspørsel. Det kan velges mellom tre ulike oppsett:

- **1 periode:** Døgnberegning. Resultatet er en turmatrise for hver reisehensikt og reisemiddel.
- **2 perioder:** Rush- og lavtrafikkperioder. Rushperiodene gjelder for både morgen og ettermiddagsrush.
- **4 perioder:** To rushperioder og to lavtrafikkperioder.

Figur 14 viser sammenhengen mellom LoS-data og beregning med ulike antall tidsperioder. Uavhengig av hvor mange tidsperioder som benyttes i beregning er sammensetningen av LoS-data den samme. Både rush- og lavtrafikk inneholder summen av kostnader for tur og retur. Selv om det velges å beregne LoS-data for rushtrafikk med separate kostnader for tur i morgenrush og retur i ettermiddagsrush, vil resultatet være et vektet gjennomsnitt. Endringer i tilbudet eller forsinkelser i ettermiddagsrush vil dermed også påvirke etterspørselen i morgenrush.



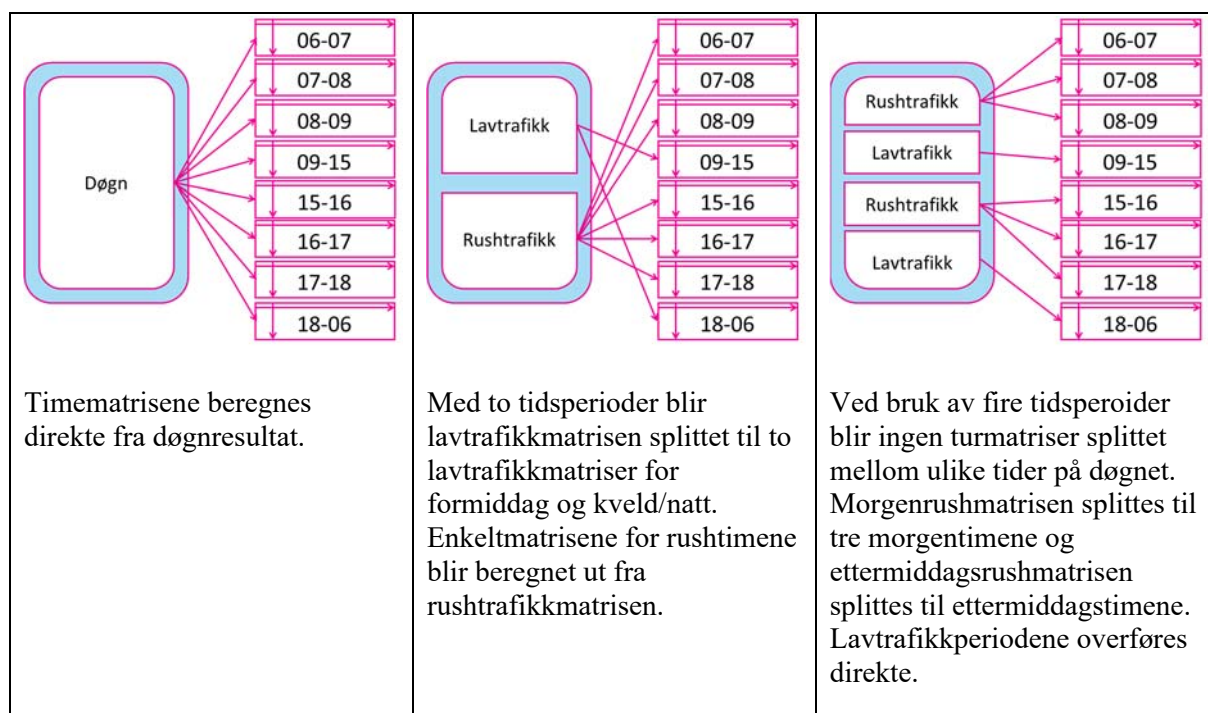
Figur 14: Tidsinndeling i Tramod-by

2.5.2 Tidsoppløsning i resultat

Uavhengig av hvor mange tidsperioder som er valgt i beregningen av etterspørsel, kan resultatene deles opp i to ulike perioder:

- **Døgn:** Turmatrisene inneholder bare en matrise for hvert reisemiddel og reisehensikt. All nettutlegging behandler kapasitetsuavhengig. Det er ikke mulig å skille på hvilke trafikanter som betaler bompenger med lavtrafikk takst eller rushtrafikk takst.
- **Enkelttimer i rush og lavtrafikkperioder:** Hver rushperiode splittes i enkelttimer mellom kl 06 og 09 samt 15 til 18. Nettutlegging av enkelttimene foregår kapasitetsavhengig. Lavtrafikkperiodene, 09-15 og 18-06, behandles kapasitetsuavhengig i en matrise for formiddag og en matrise for kveld/natt.

Figur 15 viser overføring fra resultatmatriser fra Tramod-by til enkeltmatriser for hver time.



Figur 15: Tidsinndeling i resultat

2.6 Beregning av fart og energi

Metodikken for estimering av kjørefart og energiforbruk er beskrevet i detalj i (Hjelkrem et al., 2017). Kjørefarten blir bestemt av en regresjonsmodell hvor dekkebredde, stigning, fall og krumning er forklaringsvariabler. Det er estimert fartsmodeller for ulike kategorier av fartsgrense: 2-feltsveg med fartsgrense 70, 80 eller 90 km/t, 2-feltsveg med fartsgrense 50 eller 60 km/t, og 4-feltsveg med fartsgrense 70, 80, 90 eller 100 km/t. For øvrige fartsgrenser er estimert fart satt til fartsgrense da det ikke fantes datagrunnlag til å estimere modeller. Resultatet fra regresjonsmodellen er utgangspunktet for kjørefart på veier uten trafikk. Dersom trafikkvolumet er større enn null, vil kjørefarten justeres i henhold til estimerte volume-delay-funksjoner (VDF).

Energiforbruket blir estimert med utgangspunkt i kjørefart og egenskaper knyttet til kjøretøytyper. Det blir beregnet for uniforme segment av hver rute i henhold til følgende formel:

$$E_R = \sum_{i=0}^N \left(\frac{P_{LDM,i}}{\eta_{kjt}} + \frac{P_{AUX,i}}{\eta_{kjt}} \right) \Delta t$$

hvor E er energibehovet i kWh for rute R som er delt inn i N segmenter, P_{LDM} er effektbehovet knyttet til fremdrift, P_{AUX} er effektbehovet knyttet til støttesystemer, η er virkningsgraden til drivlinjen, og t er tidsbruk på segmentet. For å beregne drivstofforbruk i kjøretøy med forbrenningsmotor blir det benyttet energiinnhold og brennverdi for hvert drivstoff til å konvertere til liter drivstoff forbrent. Dette blir videre benyttet til å estimere utslipp basert på utslippsfaktorer.

3 Inndata

Tabell 9 viser de viktigste inndataene som inngår i RTM. Dette kapittelet inneholder beskrivelser av hver av kategoriene, hva de inneholder og hvilket format de er på.

Tabell 9 Oversikt over inndata i RTM

Kategori	Innhold	Forklaring	Format	Kilde(r)
Sonedata	<ul style="list-style-type: none"> • Befolkning • Husholdninger • Utdanning og inntekt • Arbeidsplasser • Skoleplasser • Areal • Transport/parkering • Øvrig 	Beskriver bosetting og aktivitet i grunnkretser for hele landet	DBF-tabell	SSB, Kartverket
Vegnett og kollektiv-rute-beskrivelser	<ul style="list-style-type: none"> • Vegnettverk (inkl. bomsnitt, vegtype, fartsgrense, kapasitet) • Kollektivruter (inkl. frekvens i lav- og rushtrafikk) • Sonenoder og -tilknytninger 	Beskriver transporttilbudet og koblingen mellom vegnettet og sonedataene	Geodatabase	NVDB Entur
Parameter-filer	<ul style="list-style-type: none"> • Parameterfiler for delmodellene i Tramod-by • Tidssonefiler for de ulike antall tidsperioder i Tramod-by • Transprobfiler for tidsperiodene i Tramod-by • Modellfaktorer som ikke er scenariospesifikke • Husholdsinntekt for ulike segment i Tramod-by • Timeandeler for reisemiddel og reisehensikter 	Inneholder parametre for modellene i Tramod-by, både estimerte for hele landet, og de som er kalibrert av bruker.	JSON	
Faste matriser	<ul style="list-style-type: none"> • NTM6 • Godsmodellen • Skolemodellen • Eksternurer fra Sverige • Tilbringer til flyplass • Eksternmatriser korte reiser (buffermatriser) 	Beskriver transportetterspørsel som ikke beregnes i etterspørselsmodellen i RTM: reiser >70 km, godstrafikk, skolereiser, reiser til/fra Sverige og reiser inn/ut av bufferområdet	OD-matriser	Tilleggs-applikasjoner, selvstendige modeller

3.1 Sonedata

Et sentralt datagrunnlag for transportmodellen er data om befolkningen og plasseringen av målpunkt (destinasjoner) som skaper transport. Denne typen data leveres av Statistisk sentralbyrå (SSB) på grunnkrets nivå. Grunnkretser er SSBs inndeling av landet i om lag 14 000 områder som er forholdsvis ensartede i bebyggelse og natur. For hvert slikt område har vi blant annet informasjon om bosatte i grunnkretsen, antall og type arbeidsplasser, skoleplasser, størrelse og parkeringsforhold.

Det er hovedsakelig etterspørselsmodellen som bruker sonedata. Sonedata er delt opp i en rekke ulike filer som beskriver hvert sitt tema. Dokumentasjonen til Tramod-by (Rekdal et al., 2021) beskriver i et eget avsnitt alle sonedatafilene som Tramod-by leser inn. Tramod-by leser inn sonedata på teksttabellformat med fast rekkefølge på variablene. I RTM i Cube er det valgt at brukerne legger inn sonedata på databasefilformat (DBF). Dette gjør det enklere å modifisere sonedatafilene i arbeidet med å sette opp nye prognoser. Modellen leser disse filene og skriver ut sonedatafiler på tekstformat for de sonene som finnes i modellområdet før kjøring av Tramod-by.

De sonedatafiler som blir levert med modellen eller som er tilgjengelig på erom har blitt produsert i forbindelse med estimeringen av Tramod-by av enten Numerika, Møreforskning eller SINTEF (Rekdal et al., 2021). Sonedata har siden blitt revidert og oppdatert.

I sonedatafilene inn i Tramod-by finnes det utvalgte variabler som inneholder kommunenummer og fylkesnummer, samt at det finnes variabler som er totalsum av andre variable (for eksempel totalt antall bosatte). Alle disse datafeltene som er mulig å fylle ut eller regne ut basert på annen informasjon i sonedatafilene eller nettverket er tatt bort i inndatafilene på DBF-format.

Hver sonedatafil dekker hele landet, og leveres med modelloppsettet. Alle sonedatafiler bortsett fra befolkning og arbeidsplassdata benyttes uavhengig av prognoseår og finnes i mappen `\inndata\sonedata\`. Befolkningsdata og arbeidsplassdata er tilgjengelig for alle kombinasjoner av prognoseår, befolkningsutvikling og grunnkretsinnndeling. Ønskede filer for befolkning og arbeidsplasser må lastes ned fra Statens vegvesen sitt erom. For å enkelt komme i gang med en modellkjøring ligger befolkningsdata og arbeidsplassdata for 2020 tilgjengelig på mappen med eksempelfiler: `\eksempelfiler\sonedata\`.

Innholdet i hver type fil er oppsummert under (for en mer detaljert oversikt se dokumentasjon av Tramod-by):

Befolkning: Befolkningsfilen angir antall personer i hver grunnkrets fordelt på kjønn og alderskategori. Hver alderskategori spenner over fem år. I katalogen ligger det befolkningsfiler for ulike årstall, for inneværende år og for prognoseår. Befolkningsfremskrivningene er produsert av SSB og basert på trender i befolkningstallet fra de siste fem år. Dermed tar ikke befolkningsprognosene hensyn til hva endringene skyldes, og om det som har drevet befolkningsendringene vil fortsette å være til stede også i fremtiden. Derfor er det nødvendig å kontrollere og muligens justere befolkningsfilen for prognoseåret dersom man forventer en annen vekst/reduksjon, for eksempel et nytt boligområde, eller at transporttiltaket som modelleres vil påvirke befolkningstallet.

Prognosefilene for befolkningen kommer også i ulike varianter angitt av fire bokstaver, for eksempel MMMM, LMHH, MHLH osv. Disse er SSBs koder for antatt utvikling i de fire ratene som driver befolkningstallet: hhv. fruktbarhet, levealder, innenlandsk flytting og innvandring. Bokstavene står for enten lav, middels eller høy utvikling i hver av disse ratene.

Dersom man skal gjennomføre en analyse der man ønsker å legge til grunn en annen befolkningsutvikling enn den i prognosefilene fra SSB har Rambøll utviklet "Integrert metodikk for

arealbruksprognoser for bruk i regionale transportmodeller" (INMAP). Dette er en modell for å ta hensyn til at endringer i tilgjengelighet som følge av transportprosjekter på lang sikt vil kunne påvirke befolkningsutviklingen. Mer informasjon om dette er gitt på KIT-samarbeidets nettsider⁷ og spesielt dokumentasjonsrapporten *Arealbruksutvikling på grunnkrets nivå* (Uteng & Kittilsen, 2015).

Husholdninger: Husholdningsfilen beskriver hvordan personer i ulike kjønn-alders-kategorier i hver grunnkrets fordeler seg på ulike husholdningsstørrelser og familietyper. Filen har én kolonne for hver kombinasjon av kjønn-alderskategori-husholdsstørrelse-familietype, der verdien i hver celle angir andelen som grunnkretsens personer i en gitt kjønn-alderskategori utgjør i en gitt husholdsstørrelse-familietype-kombinasjon. Husholdningsdata er delt inn i SSB-delområde, som er et aggregat av de grunnkretsene med like 6 første siffer i grunnkretsnummeret.

Utdanning og inntekt: Denne filen beskriver både yrkesaktive bosatte og ansatte i hver grunnkrets, samt gjennomsnittlig bruttoinntekt for bosatte i grunnkretsen. For bosatte yrkesaktive er det gitt antall og fordeling etter mengde utdanning (lav-middels-høy), og for ansatte er det gitt antall, fordeling på alderskategorier og kjønnsfordeling.

Arbeidsplasser: Her oppgis antall arbeidsplasser i hver grunnkrets innen ulike næringskategorier. I tillegg er det to kolonner for antall arbeidsplasser innen typisk manns- og kvinnedominerte yrker. Dette datasettet leveres av SSB. I tillegg følger det med prognoser for arbeidsplassdata for utvalgte år fram til 2050. Disse er etablert ved å fremskrive SSBs arbeidsplassdata i takt med prognosene for bosatte i yrkesaktiv alder.

Skoleplasser: Her oppgis antall elevplasser for hver grunnkrets i grunnskole, ungdomsskole, videregående skole og høyskole/universitet.

Areal: Arealfilen inneholder fordelingen av grunnkretsens areal på ulike arealkategorier (f.eks. bymessig bebyggelse, vann, industri, osv.). Disse er utledet fra Kartverkets N50-kartdata.

Transport/parkering: Her oppgis timespris for kort- og langtidsparkering, samt andel som har parkeringskort etter arbeidssted, og andel uten egen boligparkering etter bosted.

Kjøretøyandeler: Angir andeler av kjøretøyene i hver grunnkrets som er el-, hybrid- og fossilbil. Andelene er basert på framskrivinger av kjøretøyparken.

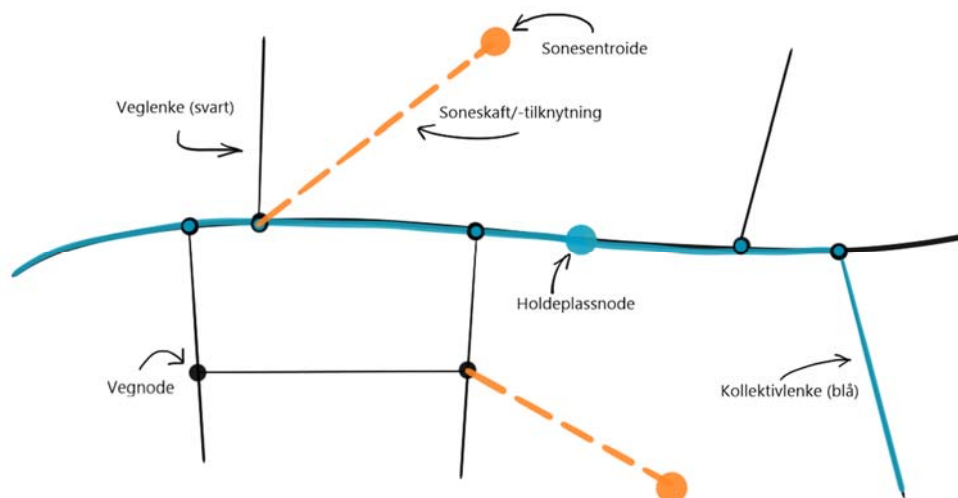
Øvrig: Her oppgis ymse informasjon om fylke-, kommune og ev. bydelsnummer, samt total befolkning, antall hoteller og antall fritidsboliger.

Kalibrering segmenteringsmodell: Dette er en sonedatafil som inneholder konstanter for valgmodellene for de ulike segmentene i bilhold-førerkortmodellen. Det er ikke til nå utviklet noen verktøy for å hjelpe til i kalibreringsarbeidet av segmenteringsmodellen. Tramod-by leser dette inn fra en fil med verdier for hver grunnkrets. I Cube/RTM-implementeringen er det valgt å legge inn kalibreringsdata i parameterfilen, siden kalibrering er noe man gjør under etablering av et modellområde og at disse verdiene skal være konstante i hele analysen. Kalibreringsverdier kan gis inn for et kommunenummer (4 siffer), et delområdenummer (6 siffer) eller grunnkretser (8 siffer). Verdiene legges inn på JSON-format i parameterfilen, beskrevet i teknisk dokumentasjon. Under kjøring av RTM blir en tekstfil med grunnkretsspesifikke kalibreringsverdier til Tramod-by produsert fra verdiene i parameterfilen.

⁷ www.kit-samarbeidet.org/inmap/

3.2 Nettverk og kollektivrutebeskrivelser

Nettverk og kollektivrutebeskrivelser definerer transporttilbudet i modellen for alle reisemidlene ved hjelp av noder/punkter og lenker/linjer. Figur 16 viser et eksempel på hvordan disse kan se ut.



Figur 16 Prinsippkisse av veg- og kollektivrutenett

3.2.1 Vegnett

Veinettet som beskriver transporttilbudet for bil, gående og sykkel består av to typer elementer: noder og lenker. Hver lenke spennes alltid mellom to noder. En veistreking kan bestå av en enkeltlenke eller en rekke av lenker. Som regel er lenkene aggregert fra datagrunnlaget i NVDB (Norsk vegdatabank) slik at det kun oppstår ny lenke der egenskapene på lenken endres, eller det må finnes en node på grunn av holdeplass eller kryss. Typiske egenskaper som bestemmer aggregering er: hastighet, antall felt og vegreferanse. Hver lenke og node har en rekke egenskaper som beskriver funksjonen til veglenken eller noden. Disse egenskapene er organisert i tabeller som følger vegnettet.

Et eksempel på sonesenetroider er vist i oransje i Figur 16. Disse representerer grunnkretser i form av et punkt som er plassert i hver grunnkrets' geometriske tyngdepunkt, sentroiden. Mellom hver sonesenetroide og nettverket går en eller flere sonetilknøyninger (også kalt soneskraft, vist med stiptet linje). All trafikk til og fra sonen legges på soneskraftet før den kommer ut på vegnettet. I noen tilfeller kan dette bli urimelig, for eksempel i tilfeller der en grunnkrets har to nærliggende bussholdeplasser, og et soneskraft som er koblet på nært den ene holdeplassen og langt fra den andre, slik at gangveien fra sone til den andre holdeplassen blir urimelig lang. Dette kan bøtes på ved å lage et ekstra soneskraft. Lengden til soneskraftet representerer den gjennomsnittlige distansen og tidsbruken for å kjøre, sykle eller gå inn og ut av sonen. Turer internt i sonen vil aldri komme ut på nettverket og distanse og tidsbruk for internturer leses inn som inndata i tillegg til nettverket. Det vil være en viss sammenheng mellom størrelsen på internavstanden og lengden på soneskraftene. Dette avhenger av størrelsen på sonen og tettheten til bebyggelsen.

Tabell 19 og Tabell 20 i vedlegg A.2.1 gir en oversikt over egenskaper for noder og lenker i nettverket etter at det er lest inn fra TNext og behandlet i inndata-rutinene i RTM.

Kollektivfelt

Kollektivfelt er angitt i vegnettet fra NVDB gjennom feltkodene. Om man ønsker å beregne forsinkelse i kollektivrutene på lenker der det ikke er kollektivfelt, kan dette angis som en valgmulighet i

brukergrensesnittet. Når denne valgmuligheten brukes, overføres forsinkelsene som er beregnet for biltrafikken som følge av kø, til kollektivrutene. Metoden går ut på at forsinkelser utover tidsbruk ved friflytshastighet overføres til tidsangivelsene i kollektivrutene for rush (Tørset, 2005). Metoden vil kun tilføre forsinkelser til kollektivrutene, det vil ikke være mulig å hente inn forsinkelser.

3.2.2 Kollektivruter

Hver kollektivrute er definert ved vegnettsnodene den starter, stopper og passerer gjennom. Nodene der det er holdeplass (som den aktuelle ruten stopper ved) er flagget, og reisetid mellom hver holdeplassnode kodet inn sammen med rutedefinisjonen. I tillegg oppgis rutenes frekvens i morgenrush, ettermiddagsrush og lavtrafikk.

Kollektivrutedefinisjonen er todelt: informasjon om selve ruten og stoppmønster. Disse egenskapene gis inn ved bruk av to tabeller. De viktigste egenskapene i kollektivbeskrivelsen er beskrevet i Tabell 21 og Tabell 22 i vedlegg A.2.2.

Tidligere har kollektivrutene vært kodet manuelt. Dette har vært tidkrevende. Etter at arbeidet med Entur ble ferdigstilt er alle rutedata for Norge distribuert åpent og på et felles standardformat Netex. Dette åpner for at rutene kan kodes automatisk, og TØI har utviklet en applikasjon kalt Netex2TNext (Kwong & Ævarsson, 2018) som tar netex-filer som input og eksporterer rutebeskrivelser til vegnettet. Dette sparer tid og arbeid, men det er likevel viktig at brukeren kontrollerer at de importerte rutene er riktig kodet for både rush- og lavtrafikk.

Kollektivtilbudet skal være kodet slik at alle soner som skal ha et tilbud må ha et tilbud i alle periodene; lavtrafikk, morgenrush og ettermiddagsrush. Det er fortsatt mulig å ha ruter som kun har et tilbud en i av periodene, men dette må da være et supplement til andre ruter. I RTM gjennomføres det en kontroll av kollektivsystemet som sjekker at det mellom hver sonerelasjon finnes:

1. Mulighet for å reise tur og retur i lavtrafikk
2. Mulighet for å reise tur i morgenrush
3. Mulighet for å reise retur i ettermiddagsrush
4. Mulighet for å reise i rush og i lavtrafikk

Hvis ikke alle disse fire betingelsene er oppfylt, vil det ikke være mulig å beregne turer mellom disse sonene. For å sikre dette blir alle kostnader i LoS-data for kollektiv mellom soner med tilgjengelighetsproblemer satt til verdien 0 for alle tidsperioder. Det følger en applikasjon med RTM som kan benyttes til å analysere hvor tilgjengelighetsproblemene finnes. Bruk av denne applikasjonen er beskrevet i avsnitt 4.4.2 og i teknisk dokumentasjon av modellen.

Det er svært viktig ved automatisk koding av kollektivruter at dette gjøres med tanke på hvilke krav modellen har til kollektivruter. Selv om et område kun har et kollektivtilbud i rushperiodene i den virkelige verden, så må dette området også ha et lavtrafikktilbud i modellen.

3.2.3 Bearbeiding i TNext

Veinettet eksporteres fra Nasjonal vegdatabank (NVDB), som er Statens vegvesens database over veinettet i Norge, og omfatter alle veger med lengde over 50 meter fra skogsbilveier til europaveier. For å sette sammen vegnettet og kollektivrutene på et format som er leselig for RTM har Sintef utviklet et programtillegg til ArcMap, TransportNettExtension (TNext), der dataene leses inn, redigeres og så eksporteres til et format som leses av RTM. TNext omfatter redigering av både nettverk og kollektivrutebeskrivelser.

Selv om inndataene også kan redigeres i brukergrensesnittet i Cube anbefales det å redigere i TNext. Da er det lettere å holde orden på hvilke endringer som er gjort, og man kan lage flere versjoner av

samme veinett (f.eks. med ulike tiltak/scenarier) i samme fil. For mer informasjon om TNext anbefales det å lese brukerveiledningen (Kroksæter et al., 2021).

Det har blitt etablert nettverk og kollektivrutebeskrivelser for de fem regionene i TNext. Disse datasettene danner et godt utgangspunkt for mindre delområdemodeller. I TNext defineres disse modellområdene ved å gjøre et utvalg av hvilke noder og lenker som skal inngå i området. Som regel er det enkelt å gjøre dette ved å benytte et polygon og så velge alle noder og lenker som krysser og ligger inne i dette polygonet. Et utgangspunkt for dette polygonet kan være kommunegrensene for de utvalgte kommunene for modellen. **Det er svært viktig å tilpasse polygonet for delområdemodeller til nettverket.** Dette må gjøres for å sikre at vegnettet i modellområdet henger sammen og ikke nødvendigvis går inn og ut gjennom området. En detaljert beskrivelse av etablering av delområdemodeller finnes i teknisk dokumentasjon som følger modellen.

3.3 Parameterdata til etterspørselsmodellen

Parameterdata til etterspørselsmodellen benyttes for å beskrive forutsetningene for beregning av etterspørsel for et modellområde. Med parameterdata menes i hovedsak verdier som inngår i de ulike nyttefunksjonene i de ulike delmodellene i etterspørselsmodellen. I tillegg kommer parametere som beskriver fordeling av turer mellom tidsperioder og andre forutsetninger som kilometerkostnader og rabattordninger. Dokumentasjonen til Tramod-by (Rekdal et al., 2021) har en detaljert gjennomgang av parameterverdiene og nyttefunksjonene.

Inndata til Tramod-by er delt i et sett parameterfiler for de ulike nyttefunksjonene og et sett modellfaktorer som beskriver andre forutsetninger som kilometerkostnader og rabatter.

Parametersettet til Tramod-by kan deles opp i ulike kategorier avhengig av hva som kan justeres. Filsettet som leses av Tramod-by inneholder begge typer parametere som beskrevet under, noe som gjør det utfordrende å vite hva som endret og ikke i et kalibreringsarbeid.

- Parameterverdier knyttet til hver variabel i nyttefunksjonene. Disse ble estimert under modelletableringer og skal ikke endres såfremt det ikke blir gjennomført en re-estimerting av etterspørselsmodellene. Det er en fil for hver turproduksjonsmodell for hver reisehensikt, og en fil for hver reisemiddelvalg- og destinasjonsmodell for hver aldersgruppe.
- Parameterverdier som beskriver konstanter til nyttefunksjonene. Disse inngår i de samme filene som nevnt over, men kan justeres for å tilpasse modellen til et modellområde i en rammetallskalibrering.
- Modellfaktorer i en egen fil som beskriver andre forutsetninger enn nyttefunksjonene, men som inngår i kalibrering av et modellområde. Dette er i praksis alle faktorer som ikke er et kronebeløp for en enhet eller andeler.
- Modellfaktorer i samme fil som beskriver kilometerkostnader for ulike biltyper og ulike rabatter for bompenger og ferger. Denne gruppen faktorer kan justeres i ulike scenarier.

Parameterfil på JSON-format

Det er totalt 25 tekstfiler med parameterverdier som benyttes av Tramod-by. Det har vist seg svært krevende å holde oversikt over at alle filer er de som er gjeldende for et modellområde og det har også vært en utfordring å sikre at alle riktige filer har blitt tatt i bruk når en modell har blitt sendt videre til andre miljø. For å gjøre det enklere å forvalte modeller ble det i forbindelse med utvikling av versjon 4 av Cube/RTM laget et system for å samle i en eneste fil alle parameterverdier og beskrivende informasjon om hver enkelt verdi. Ved hver parameter følger ulike metadata, som for eksempel når verdien ble endret og en beskrivelse av hva som forårsaket denne endringen. Hver parameter inneholder også en historikk over tidligere verdier og beskrivelser. Figur 17 viser eksempel på en parameter (arb_0) i turgenerering i aldersgrupper 13 til 14 med verdien -2.7393. Beskrivelsen viser at denne ble estimert i januar 2018. Region *Utgangspunkt* viser til at dette er en parameter som framkom generelt og gjelder hele landet. Hvis en parameter justeres som en tilpasning til et bestemt modellområde er det viktig at region angis med navn på modellområdet slik at det kommer tydelig fram at dette er noe som kun gjelder for et gitt område.

```

"parameterfil": {
  "PAR_TG_AG13_24": {
    "beskrivelse": "Estimert januar 2018",
    "region": "Utgangspunkt",
    "dato": "12.02.2018",
    "historie": [],
    "par": {
      "arb_0": {
        "verdi": -2.7393,
        "kilde": {
          "beskrivelse": "Estimert januar 2018",
          "region": "Utgangspunkt",
          "dato": "12.02.2018"
        },
        "historie": []
      }
    }
  }
}

```

Figur 17: Eksempel på parameteroppføring i JSON-fil

Formatet på denne filen er lesbart for både menneske og maskin, men ved manuell redigering må man være svært nøye med komma og parenteser. Det finnes verktøy på nett, for eksempel <https://jsonlint.com/>, som kan validere filen med forståelige feilmeldinger. RTM vil kun gi tilbakemelding om at filen ikke kan leses hvis strukturen ikke er riktig.

3.4 Faste turmatriser

Transportetterspørselen som beregnes i RTM dekker bare turer kortere enn 70 km, for personer over 13 år. For å få en riktigst mulig representasjon av trafikken totalt inkluderes derfor såkalte faste matriser i tillegg til de som beregnes i RTM. De faste matrisene er tabeller som angir antall turer fra og til hver sone. De kalles faste fordi turantallet (etterspørselen) ikke beregnes i kjøringen av RTM, og ikke påvirkes av tiltak og endringer som er kodet inn i transporttilbudet. Det er ulike matriser for ulike turtyper, og disse er:

- Dynamiske turer kortere enn 70 km
- Bufferturer kortere enn 70 km
- Godstrafikk
- Lange reiser lengre enn 70 km fra NTM6
- Tilbringer til flyplasser
- Turer til og fra Sverige
- Skolereiser

3.4.1 Dynamiske turer kortere enn 70 km

Den viktigste typen turer er de dynamiske turene som blir produsert i etterspørselsmodellen. Dette er turer med reiselengde kortere enn 70 km. Med dynamiske turer menes turer som endrer seg som følge av ulike tiltak. Alle dynamiske turer har sitt opphav i modellens kjerneområde, med destinasjoner både i kjerneområdet og bufferområdet. Etterspørselsmodellen produserer ikke turer med destinasjon i eksterntsoner.

3.4.2 Bufferturer kortere enn 70 km

De neste typen turer er det vi kaller bufferturer. Dette er også turer med reiselengde kortere enn 70 km, men turens opphav er fra bufferområdet. Disse turene er ikke dynamiske, men legges inn som statiske turmatriser. Hensikten med denne typen turer er å bidra til et riktig trafikknivå på lenker som går inn og ut av kjerneområdet, samt å bidra til kø og forsinkelser på vegnettet i bufferområdet og på veger ut av kjerneområdet. Dette kreves for at de dynamiske turene med destinasjon i bufferområdet skal være påvirket av trengsel. I eksempelet med Hønefoss-modellen vil det være viktig at det er framkommelighetsproblemer på hovedvegnettet E16/E18 slik at det ikke blir for attraktivt å pendle til Oslo med bil. Bufferturene lages i en egen rutine i RTM som heter 'Turmatriser til delområdemodell'. Denne skal kjøres som del av en kjøring av hele regionen som delområdet ligger i, sammen med utklippet nettverk som definerer delområdet.

3.4.3 Godstrafikk

Godstrafikk inngår ikke i etterspørselsmodellen i RTM. Godstrafikk legges inn i modellen som en fast matrise. Denne kan enten hentes ut fra Nasjonal Godstransportmodell (Madslie et al., 2012) eller estimeres basert på annet grunnlag. Nasjonal Godstransportmodell tar utgangspunkt i varestrømsmatriser som angir produksjonsmengder og etterspørsel for hver sone i modellen for 32 ulike varegrupper. Sonestrukturen i godsmodellen er ikke lik sonestrukturen i RTM-modellen. Modellen beregner basert på varestrømmene en reisemiddelfordeling for hver av varekategoriene. Matrisene for vegtransport med lastebil kan benyttes i RTM ved å benytte applikasjonen "Lastebilmatrise til RTM". Forenklinger rundt godsmatrisen blir diskutert i kapittel 5.7.2.

3.4.4 Personturer lengre enn 70 km

Personturer som er lenger enn 70 km beregnes i en egen etterspørselsmodell kalt Nasjonal transportmodell versjon 6, NTM6 (Rekdal et al., 2014) NTM6 har et grovere nettverk, gjør beregninger for hele landet (i stedet for regioner, som RTM) og har reisemidlene fly, kollektiv, bilfører og bilpassasjer. Etter at modellområdet for RTM er definert, kan matriser med lange reiser som går i, inn, ut eller gjennom modellområdet i RTM etableres med egen applikasjon for NTM6 som følger RTM.

NTM6-matrisene til et modellområde i RTM er organisert som en matrisetabell med frasoner, tilsone og så en rekke datafelt for alle kombinasjoner av reisehensikt og reiselengde. Reisehensiktene i NTM6 er arbeidsreiser, tjenestereiser og fritidsreiser. Reiselengdene er lange (over 200km) og mellomlange (70 til 200 km) reiser. NTM6-turene er i utgangspunktet ÅDT. Dette konverteres til normalvirkedøgn med en faktor på 1/0.9. Frasoner og tilsone i turtabellene gjelder SSB delområde (6 første sifrene i grunnkretsnummeret). Turene fordeles til grunnkretser i hvert delområde etter andel befolkning i hver grunnkrets.

3.4.5 Tilbringer til flyplass

Tilbringertrafikk til flyplasser beregnes i en egen modell (Rekdal & Zhang, 2019) Her beregnes tilbringertrafikk til flyplassene for flypassasjer. Turene fordeles på bilfører, bilpassasjer, drosje, leiebil, kollektivtransport og til fots/sykkel. I RTM brukes kun kollektiv- og bilturene. Returene fra flyplass beregnes ved å transponere matrisen for tilbringereturer. Arbeidsreiser til ansatte på flyplassen dekkes av Tramod-by. Tilbringereturene er faste matriser som inneholder turer med bil og kollektiv til flyplasser. Disse turene blir ikke påvirket av tiltak i RTM, verken antall eller fordeling mellom bil og kollektiv. I

noen modellområder, som for eksempel Hønefossmodellen som ikke inneholder noen flyplass vil flyplassmatrisen inneholde turer til en ekstermsone.

3.4.6 Turer til og fra Sverige

Sverigeturer preger en vesentlig grad av vegnettet i sørøstre deler av landet. Det ble i forbindelse med arbeidet med å etablere en delområdemodell for Østfold estimert turmatriser med trafikk til og fra Sverige (Steinsland & Madslie, 2008) basert på trafikktegninger på grensepunktene og antakelser om destinasjonskommuner, delvis basert på vegkantintervju.

- Godstrafikk
- Personbiler
- Bussreiser
- Togreiser

De faste matrisene for sverigeturer inngår i RTM som egen reisehensikt. Rutevalg og tidsverdier sammenfaller med NTM6 fritidsreiser.

3.4.7 Skolereiser

Skoleturer beregnes i skolemodellen (Rekdal, 2009) som kjøres som en del av hovedberegningen i RTM. Hovedhensikten med å ta i bruk skolemodellen i RTM er å gi en riktigere kollektivandel i byene. Skolemodellen består av tre modeller: grunnskole, videregående og universitet. Skolemodellen tar utgangspunkt i befolkningen i skolealder i hver sone, antall elev-/studieplasser på grunnskole, videregående og universitet i sonene og avstanden mellom soner. Skolemodellen fordeler turene til og fra grunnskole og videregående på reisemidlene gange og kollektivt, og universitetsturene på gange, kollektivt og bilfører. Valg av sykkel inngår ikke i skolereisemodellen, dette inngår sammen med gange. Vi har ikke gjort noe forsøk på å splitte skolereiser i separate turmatriser for gange og sykkel. Resultatet av skolemodellen er syv matriser:

- Grunnskoleturer totalt
- Grunnskoleturer med kollektiv
- Videregåendeturer totalt
- Videregåendeturer med kollektiv
- Universitetsturer totalt
- Universitetsturer med kollektiv
- Universitetsturer med bil

Antall gangturer beregnes som differansen mellom totalmatrisene og de øvrige reisemidlene.

Skolemodellen er å regne som dynamisk siden den vil endre resultat som følge av tiltak på veg, men det er kun reisedistanse som fører til endringer. Skolemodellen vi dermed ikke kunne gi flere kollektivreiser som følge av et bedre kollektivtilbud. Skolereisemodellen er utdatert og resultatene fra denne må brukes med forsiktighet, spesielt i nytte-kostnadsanalyser. Hvis en analyse gir veldig store utslag i nytten av skoleturer, må man være skeptisk og analysere hvorfor dette oppstår.

3.4.8 Format for matrisefilene

De faste turmatrisene som skal leses inn i en analyse har ulikt format avhengig av type matrise. Matriseformatet er beskrevet i teknisk dokumentasjon av modellen. Felles for alle de faste matrisene, bortsett fra Sverige-turer, er at de skal inneholde et antall turer fra og til et grunnkretsnummer eller ekstermsonennummer. NTM6-matrisene skal inneholde SSB-delområde (6 siffer) eller ekstermsonennummer. Godsmatrisen skal inneholde grunnkretsnummer, ekstermsonennummer eller

terminalnummer. De ulike typene faste matriser er delt i to ulike grupper avhengig av format på inndatafilen:

- Tekstfil med turer i fast kolonnerekkefølge. Format beskrevet i Tabell 10.
 - Godstransport
 - Tilbringertrafikk til flyplasser
 - Buffermatriser
- Databasefil med faste feltnavn
 - Lange reiser fra NTM6. Feltnavn som kombinasjon av reisemiddel, reiselengde og reisehensikt. F.eks. CD_M_ARB – bilfører, mellomlang, arbeid.
 - Sverigematriser. Kan gis inn som fire separate filer for hvert reisemiddel eller en fil som inneholder alle reisemidler. Feltnavn skal være:
 - Personbile (Begrenset til 10 tegn)
 - Busspass
 - Togpass
 - Godsbiler

Tabell 10: Format for faste matriser på teksttabellformat

Matrise	Felt 1	Felt 2	Felt 3	Felt 4	Felt 5	Felt 6	Felt 7	Felt 8	Felt 9	Felt 10	Felt 11
Gods	Frasone	Tilsone	Turer								
Bilfører	Frasone	Tilsone	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Hente/levere	Privat	AP-basert	Leg 1	Leg 2	Leg 3
Bilpassasjer	Frasone	Tilsone	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Hente/levere	Privat	AP-basert	Leg 1	Leg 2	Leg 3
Kollektiv	Frasone	Tilsone	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Hente/levere	Privat	AP-basert	Leg 1	Leg 2	Leg 3
Gange	Frasone	Tilsone	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Hente/levere	Privat	AP-basert	Leg 1	Leg 2	Leg 3
Sykkel	Frasone	Tilsone	Arbeid	Tjeneste	Fritid	Hente/levere	Privat	AP-basert	Leg 1	Leg 2	Leg 3
Flyplass bil	Frasone	Tilsone	Turer								
Flyplass kollektiv	Frasone	Tilsone	Turer								

3.5 Øvrige inndata

I tillegg til inndataene beskrevet i forrige avsnitt må det også gis inn noen ytterlige beskrivelser av transportsystemet. Disse øvrige inndataene er satt opp med standardverdier, men kan endres.

3.5.1 Bomtakst utenfor TNext

Eksportdatabasen fra TNext inneholder, i tillegg til nettverk og kollektivrutebeskrivelser, en tabell med bompengekostnader for bomstasjonene som er definert i nettverket. I mange prosjekter vil det være nødvendig å gjennomføre en analyse over ulike bomtakster, og siden det er lite hensiktsmessig å lage en database for hver endring i takster kan disse leses inn spesifikt i egne tabeller. Tabellen over bomtakster må ha det samme formatet som tabellen som eksporteres fra TNext, og denne kan leses inn som separat databasetabell eller som en tabell i en geodatabase.

3.5.2 Internavstand

I avsnitt 3.2.1 forklares bruk av internavstand for å definere avstandene for internturer i sonene. Det kan angis separate avstander for bil, gange og sykkel. Filen med internavstander som følger modellen inneholder data for alle grunnkretser, men datamaterialet stammer fra den gang RTM ble etablert første gang tidlig på 2000-tallet. Filen må inneholde følgende datafelt:

- **Grunnkrets**
- **Bil** angir distanse for bil i kilometer. Tidsbruk regnes fra en antatt hastighet på 30 km/t.
- **Gang** angir distanse å få i kilometer. Modellen antar 5 km/t i hastighet.
- **Sykkel** gir distanse å sykle i kilometer. Sykkelhastigheten antas å være 15 km/t.

Det benyttes ikke internavstand for kollektivtrafikk siden det ikke er mulig å foreta en intern reise i en sone med kollektivtrafikk i modellen.

3.5.3 Kollektivtakster

Det er to måter man kan definere kollektivtakst i RTM på: avstandsbasert og sonebasert. For soner der sonebasert takst er definert brukes prisen for enkeltbillett og månedskort ved beregning av direktekostnad for en kollektivreise. Dette gir rom for ulike takstsystemer i ulike områder i modellen. For soner uten angitt sonebasert takst benyttes avstandsbasert takst, der prisen avhenger av hvor lang reisen er. Det følger eksempelfiler for avstandsbasert kollektivtakstberegning med RTM-oppsettet, og modellen kjører fint med disse.

Takstene for kollektivtrafikk er ikke oppgitt i kollektivrutebeskrivelsene fra TNext, men leses inn ved å benytte tre ulike tabeller som beskriver takstsystemet. Først kobles grunnkretser mot takstsoner i takstsoner-filen. Deretter kodes takstsonerelasjoner til ulike takster (ettersom kryssing av soner gjerne fører til høyere priser) i takstsonetabell-filen. Til sist angis prisene for enkelt- og månedsbillett samt avstandsbaserte priser i taksttabell-filen. Variablene i sistnevnte er vist i Tabell 11. En svakhet med beregning av kollektivtakst er at de lange reisene som er overført fra NTM6 vil få påkodet en takst som er basert på plasseringen av eksterntsonen til endelig målpunkt. Dette vil ikke påvirke etterspørselsberegningen, men spesielt i modulen for beregning av kollektivselskapenes kostnader og inntekter vil de lange reisene bidra med for lave billett-kostnader.

Koding av kollektivtakst er beskrevet i et eget notat "Etablering av takstmatriser for kollektiv" (Ranheim, 2013) tilgjengelig på Statens Vegvesens transportanalyse-erom.

Sonebasert kollektivtakst defineres ved å først beskrive kobling mellom grunnkretser eller kommunenummer og kollektivtakstsoner, og videre beskrive takstnummer for en reise mellom alle kollektivtakstsoner. Til slutt beskriver taksttabellen kostnaden for hvert takstnummer. Dette gjør det mulig å blande avstandsbasert takst og sonebasert takst. I taksttabellen angis pris for sonebasert takst eller en formel for avstandsbasert takst. Formelen for avstandsbasert takst er:

$$\text{Takst} = \begin{cases} E_{min} & \text{hvis } E_{min} > t * \\ E_{maks} & \text{hvis } E_{maks} < t * \\ t * & \text{ellers} \end{cases}$$

$$\text{der } t * = E_{konst} + E_{km} \cdot \text{Distanse}$$

Tabell 11: Innhold i taksttabell-filen

Feltnavn	Beskrivelse
Takst	Takstnummer fra takstsonetabellen.
Aar	Prisnivå for takstene. Dette brukes for å justere prisnivå til 2014 til etterspørselsmodellen.
E Sone	Pris for enkeltbillett i sonebasert takst.
M Sone	Pris for månedskort i sonebasert takst.
E Min	Minstepris for enkeltbillett på avstandsbasert takst.
E Konst	Konstant for beregning av takst, enkeltbillett avstandsbasert.
E KM	Kilometerkostnad, enkeltbillett.
E Maks	Maksimalpris enkeltbillett avstandsbasert.
M Min	Minimumspris avstandsbasert månedskortpris.
M Konst	Konstant for beregning av månedskort, avstandsbasert.
M KM	Kilometerkostnad månedskort
M Maks	Maksimalpris månedskort, avstandsbasert.

3.5.4 Innfartsparkering

Tramod-by har en funksjonalitet for å beregne turmatriser for trafikanter som benytter innfartsparkering. Dette foregår ved at det ved jernbanestasjoner som har innfartsparkering blir opprettet fiktive soner som fungerer som endepunkt for bilturer og startpunkt på kollektivturer for arbeidsreisen fra hjemmet. På hjemreisen benyttes sonen for å bytte mellom kollektiv og bil. I matrisene oppstår disse turene som både bil- og kollektivturer til og fra parkering-sonene. Det er i matrisene ikke mulig å koble disse turene sammen.

Ved beregning av trafikantnytte som følge av innfartsparkering er det svært viktig at det er like mange parkeringssoner i både før- og ettersituasjonen, på grunn av at trafikantnytteberegningen er matrisebasert.

Innfartsparkering defineres ved at det legges inn en egen definisjonsfil på enten jernbanestasjoner eller et egendefinert sted, for eksempel en bussterminal. Definisjonsfilen for innfartsparkering er vist i Tabell 12.

Tabell 12: Variabelnavn i definisjon av innfartsparkering

Variabel	Beskrivelse
Navn	Stasjonsnavn
Plasser	Antall parkeringsplasser
Belegg	Observerte parkeringsbelegg (brukes ikke)
MNDP	Parkeringskostnad månedskort
DAGP 2	Parkeringskostnad enkeltbillett, dividert med 2
Tog	Stasjonen er betjent av tog (0/1)
Buss	Stasjonen er betjent av buss (0/1)
Baat	Stasjonen er betjent av båt (0/1)
Taxi	Stasjonen er betjent av taxi (0/1)
Fly	Stasjonen er betjent av fly (0/1)
Cycle	Stasjonen har sykkelparkering (0/1)
Venterom	Stasjonen har venterom (0/1)
Leskur	Stasjonen har leskur (0/1)
Billettsal	Stasjonen har billettsalg (0/1)
Servering	Stasjonen har kiosk eller matservering (0/1)
WC	Stasjonen har WC (0/1)
Minibank	Stasjonen har minibank (0/1)
Avstand_da	Avstand til dagligvare (meter)
Kalib	Kalibreringskonstant til nyttefunksjonen

3.5.5 Tellinger på Nortraf-format

Trafikktellinger til validering av kalibrering av modellberegning i dagens situasjon legges inn i to trinn:

1. Tellepunktnummer markeres på lenker i TNext. Tellepunktet må være på Nortraf-format eller annet nummerformat. De nye tellepunktnumrene inneholder bokstavkoder som i gjeldende versjon av TNext og RTM ikke kan bruke. Dette vil bli endret på i senere versjoner etter 4.3.
2. Trafikkdata for hvert tellepunktnummer leses inn fra en databasetabell (DBF). Format på denne filen er vist i Tabell 13.

Tabell 13: Beskrivelse av trafikkdata i tellepunkt

Navn	Beskrivelse	Påkrevd
Tellepunkt	Tellepunktnummer	Ja
Veg	Vegnummer	
Meter	Meter på hovedparsell	
HP	Hovedparsell	
N R	Årstall	Ja
Felt	Feltretning (0-begge, 1-med, 2-mot)	Ja
L Klasse	Lengdeklasse (kun 20, alle biler, benyttes i modellen)	Ja
ADT	ÅDT	Ja
YDT	YDT	
Time 1	Time 00-01	
..	..	
Time 24	Time 23-24	

3.6 Modellens kvalitetssikring av inndata

Modellen har noen rutiner for å kontrollere at utvalgte inndata ikke inneholder feil. Disse testene utføres for å unngå at modellen gir feilmeldinger som kan være vanskelige å tolke eller kjøringssavbrudd på grunn av følgefeil. Automatiske sjekker av inndata vil ikke kunne avsløre om inndata inneholder urimelige verdier eller er feilkodet.

De fleste automatiske testene gir ved feil et kjøringssavbrudd, men noen tester vil kun gi advarsler siden det finnes analysetilfeller hvor man ønsker å gi inn data som fører til advarsler.

3.6.1 Feil i inndata som fører til kjøringssavbrudd

Feil av typene som er listet opp i dette avsnittet vil på et eller annet tidspunkt i modellkjøringen føre til avbrudd eller regnefeil. Dette kan gjerne oppstå mot slutten av modellkjøringen etter mange timers beregning.

- Sammenligningsscenario for differanseplott som angitt i brukergrensesnittet finnes ikke. Dette gjelder ikke når scenarioet sammenlignes mot seg selv. Denne feilmeldingen kan typisk oppstå hvis et scenario har fått endret scenariokode ved overføring av modeller mellom PCer.
- Separat fil for bomtakster har feil format.
- Sonedatafilene mangler nødvendige datafelt.
- Feil format på fast matrise. Disse krever minimum tre datafelt; frasone, tilsone og antall turer, men de fleste eksternturmatrisene har flere datafelt. Denne feilen oppstår som regel hvis det har blitt koblet inn feil filnavn i brukergrensesnittet.
- Ingen av sonene i en fast matrise finnes i modellområdet. Da vil matrisen ikke ha noen hensikt. Dette oppstår hvis feil fil er pekt på i brukergrensesnittet.
- Feil format på fil med internavstander.

- Feil i kollektivrutebeskrivelser:
 - Operatørnummer er lik 0.
 - Tid mellom avganger er lik 0.
 - Mode er lik 0.
- Sammenlignings- eller tiltaksalternativet i Trafikantnyttemodulen er ikke kjørt for valgt tidsinndeling i resultat, eller ikke kjørt i det hele tatt.
- Antall soner og sonerekkefølge i sammenligningsalternativet er ikke likt antall soner og sonerekkefølge i tiltaksalternativet. Denne feilen kan slå ut hvis det for eksempel finnes en grunnkrets ekstra i tiltaket.

3.6.2 Feil i inndata som fører til advarsel

Følgende avvik i inndata vil skrives ut som advarsler i rapportfilene fra modellen. Dette er feil som ikke vil føre til kjøringssvikt, men som kan gi uforklarlige utslag i resultatene. Årsaken til at denne typen feil ikke gir kjøringssvikt er at det i noen tilfeller vil være ønskelig å kjøre en analyse med slike avvik med vilje. For eksempel kan det under en modelletablering være ønskelig å kjøre modellen uten faste matriser for NTM6-trafikk eller godstrafikk.

- Sone i nettverket finnes ikke i sonedatafilene. Sonen vil ikke inngå i beregningene i Tramodby, men den vil for eksempel kunne motta faste matriser. Eksternsoner og terminalsoner fra godsmodellen vil ikke inngå i denne sjekken.
- Filnavn for fast matrise mangler.

3.7 Rimelighetskontroller

Det blir i løpet av modellberegningen utført noen rimelighetskontroller som følger av de inndata som blir gitt. Disse rimelighetskontrollene er utskrift av asymmetri i avstandsmatrisene for bil og en utskrift av soner som ikke har noe tilbud.

3.7.1 Asymmetri i avstandsmatrisen

Asymmetri i avstandsmatrisene og følgelig også resten av kostnadsmatrisene oppstår hvis det i nettverket finnes et brudd som bare gjelder den ene kjøreretningen. Dette oppstår som regel hvis en envegskjørt veglenke er snudd feil vei. Dette kan ofte opptre i T-kryss med trafikkøye. Her vil nettverket bli splittet i to envegskjorte lenker forbi trafikkøya, og i noen tilfeller vil disse lenkene være envegskjørt i samme retning. Denne typen lenker er i tillegg svært korte lenker som gjør det vanskelig å oppdage ved visuell kontroll, og dette er helt umulig å oppdage under innlesing av data.

Tabell 14 viser et eksempel på asymmetrietest som blir rapportert i scenariorapporten. For hvert avstandsintervall (fra – til) i antall kilometer vises det hvor mange sonerelasjonen hvor differansen i reiseavstand mellom tur og retur er innenfor avstandsintervallet. 98 % av sonerelasjonene i modellområdet i dette eksempelet har en differanse under en kilometer. Imidlertid så har en promille av sonerelasjonene større enn ti kilometer differanse mellom tur og retur. Siden antallet sonerelasjoner som blir påvirket er såpass lite er det grunn til å anta at dette foregår i ytterkanten av modellområdet. For å finne ut hvilke soner som lager problemer kan man studere resultatmatrisen fra asymmetri-testen og finne ut mellom hvilke soner som gir det største avviket.

Tabell 14: Eksempel på utskrift av symmetri i avstandsmatrisen

Fra	Til	N	Andel
0	1	9230417	98%
1	2	196346	2.1%
2	3	9304	0.1%
3	4	804	0.0%
4	5	3220	0.0%
5	6	2038	0.0%
6	7	256	0.0%
7	8	242	0.0%
8	9	2504	0.0%
9	10	296	0.0%
10+		10198	0.1%

3.7.2 Utskrift av soner uten tilbud

Tabell 15 viser eksempel på utskrift av soner uten tilbud i scenariorapporten. Når en sone ikke har noe tilbud betyr dette at den enten ikke er koplet til nettverket eller at nettverket ikke har framkommelighet fra en sone til andre soner. For kollektivtrafikk betyr en sone uten tilbud at det ikke finnes noe kollektivtilbud.

Tabell 15: Eksempel på utskrift av soner uten tilbud

Reisemiddel	Soner
Bil	14010207 15020604 15460107 16011202 16200306 16200307 16270203 16270215 0 14130101
Kollektiv lav	4300305 4300306 4300307 4340105 4340205 4340206 4340207 4340208 4390104 4390107 4410110 4410111 5110111 5130102 5140111 5140205 5140206 5140207 5150102 14010202 14310201 14310206 14330101 14450305 15020509 15020604 15040502 15040503 15040603 15041006 15041007 15200405 15240123 15240124 15250205 15430206 15460107 15540304 15630212 15760109 16014219 16015232 16015233 16120202 16130101 16130104 16130105 16130106 16130107 16130111 16130112 16170101 16170102 16170103 16170105 16170201 16170202 16170214 16200306 16200307 16240101 16240105 16270203 16270215 16300105 16300109 16300110 16320104 16330105 16330108 16400101 16440217 16530501 16530503 16530504 16530506 16530509 16630504 16630505 16640117 16640118 16640120 16640121 16640122 16650101 17030101 17030204 17030308 17030309 17110103 17110105 17110106 17110113 17210606 17240201 17250105 17250110 17360114 17360115 17360116 17360119 17380106 17380109 17390101 17390105 17390106 17400101 17400106 17420113 17420114 17420115 17490101 17490102 17490105 17490106 17490107 17490108 17490109 17490110 17500205 17500208 17500209 17550101 17550102 17550103 17550104 18110102 18250103 18250107 18250108 18250109 18260102 18260103 18260104 18260105 18260106 18260107 18260108 18260109 18260110 18260111 18260112 4280605 4290210 4290114 5440106 14260115 14130101 15020505 17020309 15570102 16011104
Kollektiv rush	14010202 14310201 14310206 15020509 15020604 15040502 15040503 15040603 15200405 15240123 15240124 15430206 15460107 15540304 15630212 15670112 16014219 16015232 16015233 16130107 16200306 16200307 16270203 16270215 16300105 16320104 16330105 16400101 16530501 16530503 16530504 16530506 16530509 16630504 16630505 17380109 17490107 17500201 18110109 18110110 18110113 18110114 18110115 18260108 18260109 18260110 18260111 18260112 4280605 5440106 14130101 15020505 17020309 15570102 16011104
Kollektiv e.rush	14010202 14310201 14310206 15020509 15020604 15040502 15040503 15040603 15200405 15240123 15240124 15430206 15460107 15630212 16014219 16015232 16015233 16130107 16200306 16200307 16270203 16270215 16400101 16530501 16530503 16530504 16530506 16530509 16630504 16630505 17490107 18110109 18110113 18110114 18110115 18260108 18260109 18260110 18260111 18260112 4280605 5440106 14130101 15020505 17020309 15570102 16011104
Gang og sykkel	14010207 14390310 15020509 15020604 15020707 15040603 15200408 15460107 15460108 15460109 16014219 16200301 16200306 16200307 16270203 16270215 16530501 16530503 16530504 16530506 16530509 18200109 14130101 15020505 17020309 14200304 15570102 16011104 18150101 18180107

Tabellen i dette eksempelet viser flere problemer med modellområdet. For biltrafikk finnes det svært få soner som ikke har tilbud, men hvor noen har dem har et tilbud i kollektivtrafikken. Kanskje ligger noen av disse sonene på en øy med båtforbindelse, men uten vegforbindelse? I listen over soner som ikke er tilgjengelig med bil ligger også en sone med nummer 0. Dette er en åpenbar feil i datagrunnlaget som må sjekkes ut.

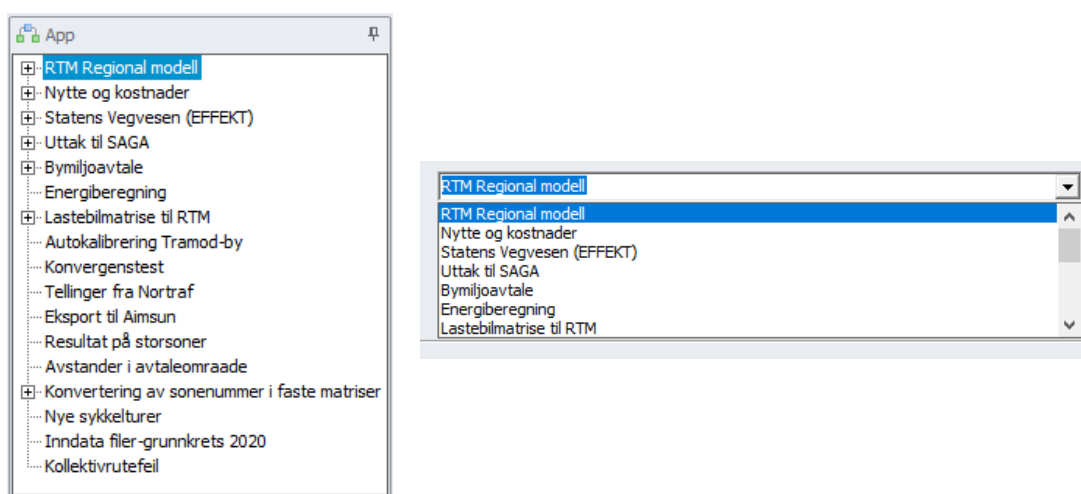
Hvis en scenariorapport inneholder en utskrift av soner uten tilbud som i dette eksempelet hvor det er lite samsvar mellom tilgjengelighet i kollektiv lavtrafikk og rushtrafikk må kjøringen forkastes og inndata rettes opp.

4 Tilleggsapplikasjoner

I tillegg til selve transportmodellen følger det ulike applikasjoner for å utføre diverse etter-analyser og hjelpeapplikasjoner for kalibrering av et modellområde. Applikasjonene kan grupperes inn i fire kategorier:

- Resultatuttak til virksomhetenes trafikantnytteverktøy
- Resultatuttak til spesielle analyser
- Kalibrering av ulike deler av modellen
- Andre tilleggsapplikasjoner

Figur 18 viser hvor tilleggsapplikasjonene befinner seg i Cube. De kan enten åpnes ved fra App-vinduet, eller fra nedtrekksmeny i brukergrensesnittet.



Figur 18: Tilleggsapplikasjoner i RTM

4.1 Resultatuttak til virksomhetenes trafikantnytteverktøy

4.1.1 Nytte og kostnader

Applikasjonen "Nytte og kostnader" består av to moduler:

- Trafikantnyttemodul
- Kollektivmodul

Trafikantnyttemodulen benyttes til å beregne trafikantenes konsumentoverskudd mellom to beregningsalternativ. Konsumentoverskudd beregnes av trafikantenes verdsetting av endringer i tidsbruk og kostnader mellom de to alternativene. Trafikantnytteberegningen er mer detaljert forklart i avsnitt 2.2.3.

Kollektivmodulen beregner kollektivselskapenes utgifter og inntekter basert på kollektivrutene som er kodet opp i et scenario og mengden trafikanter som bruker kollektivtilbudet. Utgiftene beregnes ved å multiplisere ulike enhetspriser for kjørte vognkilometer og vognbehov, mens inntektene beregnes fra takstmatrisene multiplisert med turmatrisene for kollektivtrafikk. Kollektivmodulen beregner totaltall

for et gitt alternativ, i motsetning til Trafikantnyttemodulen som beregner resultater som endringer mellom to alternativ.

Resultatene fra disse to modulene benyttes videre i Statens vegvesens nytte-kostnadsanalyseverktøy EFFEKT.

4.1.2 Uttak til EFFEKT

"Uttak til EFFEKT" er en applikasjon som benyttes til å produsere en datafil som leses av EFFEKT. Filen inneholder alle lenker i modellområdet, og inneholder trafikkmengder for ulike tidsperioder. Til slutt i filen finnes en oppsummering av trafikantenes bompenggekostnader og informasjon om årstall for prisnivå.

I tillegg til datafilen på tekstfilformat lagres data til EFFEKT i en geodatabasefil. Denne databasen inneholder også resultater fra applikasjonen "Uttak til Saga".

4.1.3 Uttak til Saga

Saga er Jernbanedirektoratets regnearkbaserte nytte-kostnadsanalyseverktøy. Denne applikasjonen tilrettelegger summerte data fra transportmodellresultater slik at disse kan legges inn i regnearket. Resultatene fra applikasjonen lagres i samme geodatabase som EFFEKT-data.

Applikasjonen beregner samleresultat for ulike transportmidler og reisehensikter:

- Antall turer
- Billettinntekter
- Transportarbeid i byområder, tettsteder og utenfor tettbygde strøk
- Antall bytter
- Togproduksjon/rutekilometer
- Trafikantnytte

4.2 Resultatuttak til spesielle analyser

4.2.1 Eksport til Aimsun

Denne applikasjonen skriver tekstbaserte turmatriser som kan importeres inn i meso- og mikrosimuleringsverktøyet Aimsun. Applikasjonen gir mulighet til å avgrense et modellområde ved bruk av polygonverktøyet i Cube og skrive ut turmatriser for dette området. Matrisene kan også manipuleres for kalibreringsformål ved å utføre enkle summerings- og multiplikasjonsoperasjoner på sonerelasjoner. Dette vil sikre at kalibreringsgrepene blir med i prognoseberegninger.

4.2.2 Bymiljøavtale

Applikasjon for bymiljøavtale beregner transportarbeid for fordelt på reisemiddel og reisemål i henhold til målsettinger i bymiljøavtalene:

- Turer i avtaleområdet.
- Turer til og fra avtaleområdet, fordelt på lenker i og utenfor avtaleområdet.
- Turer utenfor avtaleområdet, fordelt på lenker brukt til gjennomkjøring og utenfor området.

Avtaleområdet defineres i TNext ved å sette en variabel **avtaleomr** lik 1. Resultatet fra applikasjonen skrives til et regneark. Dette inneholder resultater totalt og fordelt på kommuner. Kommuneinndelingen gjelder hvilken kommune transportlenkene befinner seg i, ikke hvor turene startet og sluttet.

4.3 Kalibrering av modellen

4.3.1 Autokalibrering av Tramod-by

Applikasjon for automatisk kalibrering av Tramod-by leser rammetall fra reisevaneundersøkelsen og kjører Tramod-by i kalibreringsmodus for å justere til konstantene i nyttefunksjonene slik at rammetall fra etterspørselsmodellen passer best mulig med rammetall fra RVU. RVU-data kan enten leses direkte via API for modellens kjerneområde eller leses inn fra tekstfil som inndata til applikasjonen.

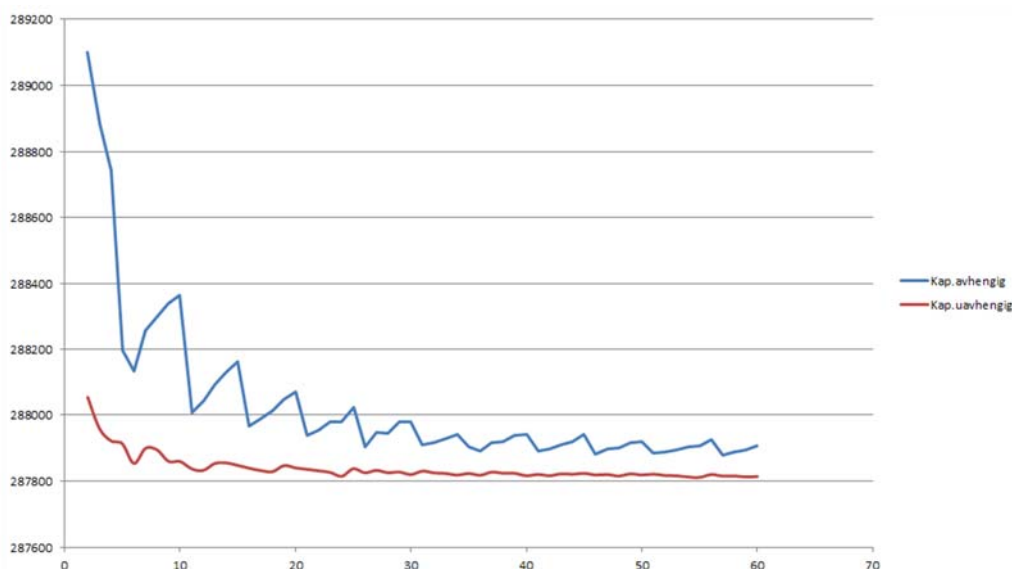
Resultatet fra kalibreringsapplikasjonen er en ny parameterfil med oppdaterte konstanter og metadata. Det skrives også ut en tabell som viser kalibreringsforløpet for manuell etterkontroll av prosessen.

Problemstillinger rundt valg av modellområdets størrelse og kalibrering er beskrevet i avsnitt 0.

4.3.2 Konvergenstest av nettutlegging

Nettutleggingen av biltrafikk i RTM gjøres etter metoden *incremental assignment* som betyr at det i hver iterasjon blir lagt ut en andel av turmatrisen, og i neste iterasjon blir rutevalget påvirket av den forsinkelsen som oppstår på grunn av dette. Denne metoden må brukes for å unngå utslag i nytte-kostnadsanalysen (Tørset, 2015). For at denne metoden skal gi likevekt i resultatet kreves det et svært stort antall iterasjoner slik at andelen turer som legges ut hver gang er svært få. Det vil imidlertid være noen praktiske begrensninger på hvor mange iterasjoner som kan kjøres, og avvik fra likevekt vil endres i mindre grad etter hvert som antall iterasjoner økes. Erfaringsmessig blir resultatene best etter 10-20 iterasjoner, og kjøring med flere enn dette gir svært liten forbedring i resultatene.

Denne applikasjonen kjører nettutlegging av makstime morgen med et økende antall iterasjonen og skriver ut en rapport med avvik i transportarbeid mellom alle iterasjoner og en nettutlegging basert på beste rute basert på forsinkelsene fra det kapasitetsavhengige nettutleggingen. Teoretisk skal det ved likevekt være et avvik på 0, men i praksis vil ikke dette forekomme. Figur 19 viser en grafisk oppstilling av resultatet fra applikasjonen. Blå linje viser trafikkarbeid for kapasitetsavhengig nettutlegging. Rød linje viser trafikkarbeid ved kapasitetsuavhengig nettutlegging med bruk av forsinkelser fra den kapasitetsavhengige nettutleggingen.



Figur 19: Eksempel på test av antall iterasjoner i nettutlegging

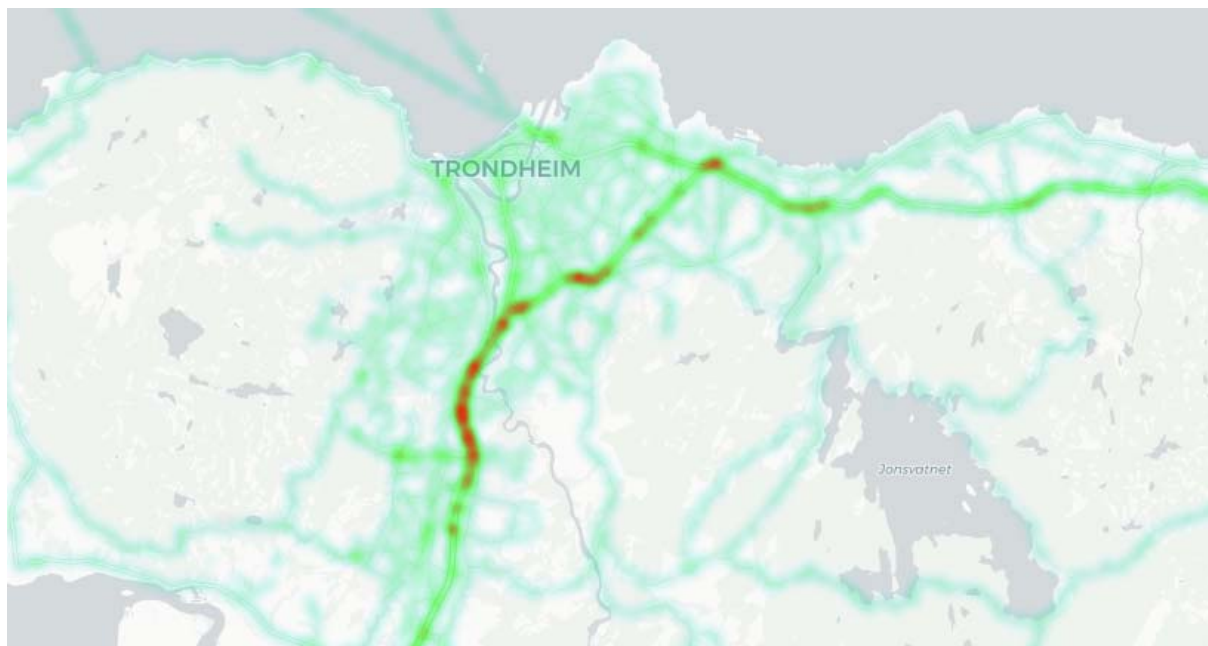
Rent pragmatisk vil det riktige antall iterasjoner være det antallet hvor forbedringen i resultat ikke blir spesielt forbedret ved å kjøre flere iterasjoner, og hvor også beregningstid inngår i vurderingen.

4.4 Andre tilleggsapplikasjoner

Dette avsnittet gir en oversikt over resten av tilleggsapplikasjonene i RTM.

4.4.1 Energiberegning

Applikasjon for energiberegning av modellresultat kjører beregning av drivstofforbruk og utslipp for alle kjøretøy i modellområdet. Resultatet vises i tabell og interaktivt kart fra en html-fil i resultatmappa. Energiberegningen og visning på kart benyttes samme metode som er brukt i Energikart for Norge (Hjelkrem et al., 2022).



Figur 20: Eksempel på energiberegning av modellresultat

4.4.2 Lastebilmatrise til RTM

Applikasjon for å hente ut lastebilmatrise fra en kjøring av nasjonal godsmodell til et modellområde i RTM. Resultatet fra denne applikasjonen er en godsmatrise med turer fordelt på grunnkretser og terminalsoner.

Den nasjonale godsmodellen beregner varestrømmer som fordeles til transportmidler mellom soner som har en grovere inndeling enn grunnkretsene som benyttes i RTM. Sonene i godsmodellen er delt mellom endepunkt og godsterminaler for omlasting. I Trondheim finnes det 8 soner og 6 terminaler for lastebil. I tillegg finnes det terminalsoner for båt og jernbane, men disse er ikke relevante i RTM og tas dermed ikke videre med. Når lastebilmatriser fra godsmodellen skal overføres til RTM blir denne trafikken fordelt fra soner til grunnkretser etter en enkel fordelingsmodell, mens terminalene blir koblet til nettverket uten fordeling.

Fordelingsmodellen fra godsmodellsoner til grunnkrets er svært enkel:

- Grunnkretser kobles til den nærmeste godsmodellsonen i nettverket
- Andel som fordeles til hver grunnkrets beregnes etter antall arbeidsplasser med varehandel (A30VH, A31VH, A32VH, A33VH og A34VH)

Inndata til applikasjonen er nettverk og lastebilmatrise fra godsmodellen, utskjøringsnettverk for modellområdet i RTM og en skaleringsfaktor/kalibreringsfaktor som multipliseres med hele resultatmatriser. Denne faktoren kan benyttes til å kalibrere lastebilmatrisen lokalt mot tellinger av tunge kjøretøy og andre datakilder. En mer detaljert kalibrering av lastebilmatrisene må man gjøre i godsmodellen.

4.4.3 Kontroll av kollektivruter

Denne applikasjonen kan kjøres for å kontrollere og skrive ut kollektivruter som bidrar til symmetriproblemer i modellen. Applikasjonen analyserer kollektivtilbudet for rush- og lavtrafikk i scenarioet og skriver ut de kollektivrutene som går mellom holdeplasser hvor det ikke finnes noe tilbud i retur (se avsnitt 3.2.2). For å rette opp dette problemet må brukeren justere eller supplere kollektivrutene i TNext.

4.4.4 Tellinger fra Nortraf

Gammel applikasjon som ikke lenger er i bruk. Det er gjort tilgjengelig en ny applikasjon for å sette opp telldata for biltrafikk fra trafikkdata.no på Statens vegvesen sitt erom.

4.4.5 Resultat på storsoner

Resultat på storsoner aggregerer turmatrisene for døgn til storsoner definert i en koblingstabell i inndata til applikasjonen. Resultatet skrives ut til csv-filer med matrisetabeller.

4.4.6 Avstander i avtaleområde

Tilleggsapplikasjon til bymiljøapplikasjonen som skriver ut reisedistanse mellom alle soner fordelt på reisedistanse inne i og utenfor avtaleområdet.

4.4.7 Konvertering av sonenummer i faste matriser

Gammel applikasjon som ble benyttet til å konvertere faste matriser fra sonenummer basert på fylkesnummer + 10, tilbake til ordinært fylkesnummer. Denne overgangen ble introdusert med modellversjon 4.

4.4.8 Nye sykkelruter

Applikasjon som forsøker å identifisere helseeffekter ved nyskapte sykkelruter mellom to alternativ.

4.4.9 Konvertering til grunnkrets 2020

Applikasjon som konverterer sonenummer i faste matriser fra grunnkretsinnndeling 2010 til 2020. Konverteringen foregår ved hjelp av en koblingstabell.

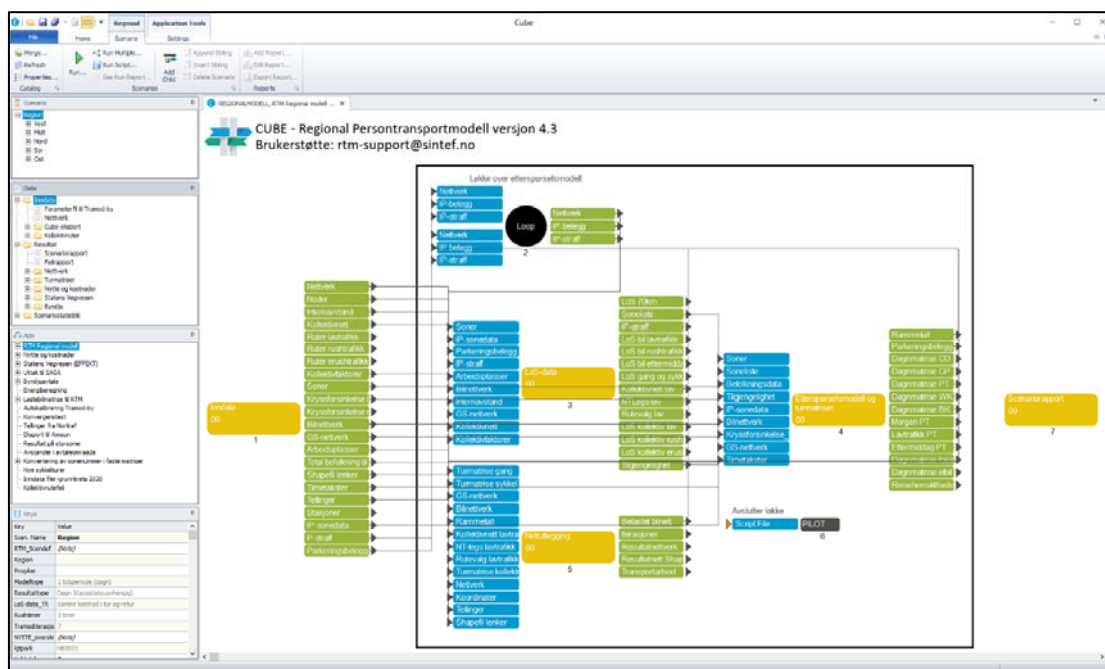
5 Bruk av modellen

Dette kapittelet omhandler temaer som er relevante for brukere av modellen, men også andre som er interesserte i hvordan modellen fungerer. Dette inkluderer både konkrete veiledninger til brukergrensesnittet, prinsipper for kalibrering og validering og en gjennomgang av hvordan man bør håndtere usikkerhet i modellen.

5.1 Brukergrensesnitt

Figur 21 viser hvordan Cube ser ut når RTM åpnes. Skjermen er delt inn i fem hoveddeler:

- **Scenario:** Forvaltning av scenario
- **Data:** Lenker til å åpne inndata for redigering og resultatfiler
- **App:** Liste over alle tilleggsmodellene i RTM
- **Keys:** Liste over alle filnavn, opsjoner og valg som må velges i hvert scenario. Ved å åpne et scenario blir disse valgene vist i et eget skjermbilde med forklaringer som gjør det enklere å redigere scenario.
- **Hovedskjermen** består av det hierarkiske flytskjemaet som er selve modellen. Ved å åpne de ulike delmodellene i App-vinduet vil ulike flytskjemaer dukke opp her. Brukergrensesnitt for oppsett av modellen eller resultatvindu åpnes også opp her.

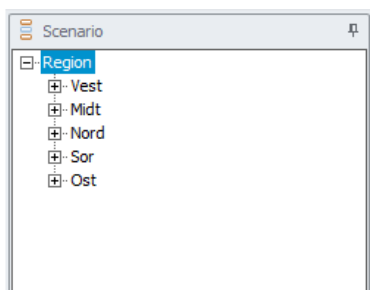


Figur 21: Skjermbilde av startsidene i RTM

Beregningen i RTM er bygget opp sekvensielt med beregningsgrupper, her vist med gule bokser i hovedskjermen. Rekkefølgen på beregningen er gitt ved et tall under beregningsboksen. De blå og grønne boksene representerer henholdsvis inndatafiler og resultatfiler fra beregningene. Fargene på boksene kan endres av brukerne. Beregningsgruppene kan flyttes i skjermbildet ved å velge File-Properties-Model User. Hvis du nå ikke får til å flytte boksene, lagre modellen og .cat-fil, lukk modellen og åpne den på nytt.

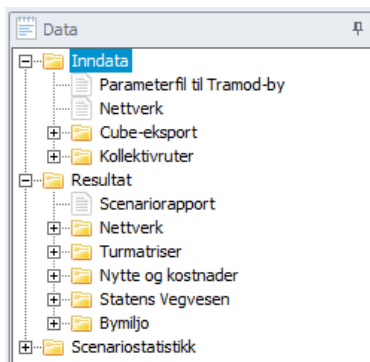
Ved å dobbeltklikke på en av de gule boksene, går man et hakk ned i beregningshierarkiet og alle beregningsrutiner eller beregningsbokser i dette nivået vil da vises i skjermbildet. Dette gir en visuell oversikt over beregningsgangen. Trykk F9 eller “Go to parent” for å gå oppover igjen i beregningshierarkiet. Det er dessverre ikke mulig å zoome inn eller ut i dette vinduet, men det er mulig å flytte boksene for å «rydde» eller gjøre beregningen mer synlig. Man kan også endre fontstørrelse for å redusere størrelsen på programboksene noe.

Til venstre er det 4 ulike bokser med ulik informasjon. Øverst vises scenariostrukturen hvor det er et hierarki av beregningsscenarioer. Den neste viser datastrukturen. Under denne ligger applikasjonene og hierarkiet i beregningsgangen. Den øverste av disse viser RTM. Den nederste viser ulike settinger eller parametere (Keys/nøkler) for beregningen som man kan sette i brukergrensesnittet. Ved å klikke på RTM-appen vil flytdiagrammet dukke opp i hovedbildet på skjermen, se Figur 21.



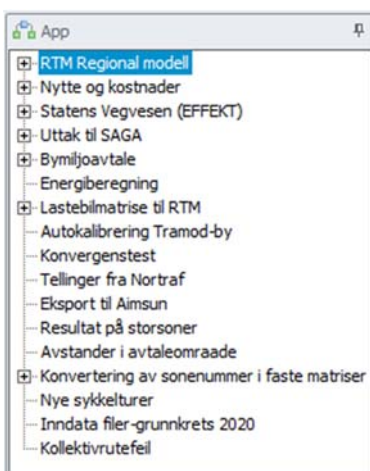
Scenario-vinduet er ferdig oppsatt med basis-scenario for hver region og prognoseår. Scenario organiseres hierarkisk. Nye scenarioer kan opprettes under hver region eller separat. Det er ingen krav til hvordan dette organiseres.

Den hierarkiske oppbyggingen fungerer slik at hvis et scenario opprettes under et eksisterende, vil det nye scenarioet arve alle oppsett. Dette gjør det enkelt å lage nye scenario som bare skal ha få endringer fra det opprinnelige scenarioet.



Data-vinduet inneholder lenker til viktige inndata og resultatfiler. Andre filer som ikke finnes her kan åpnes direkte fra flytskjemaet i selve modellen eller fra filutforskeren.

Scenariorapporten som lages etter hver kjøring er en PDF-fil som dessverre ikke lar seg åpne fra verken Data-vinduet eller flytskjemaet. Denne må åpnes direkte fra filutforskeren.



Alle tilleggsapplikasjonene i RTM finnes i **App-vinduet**. De ulike delmodellene ble beskrevet i kapittel 4.

Key	Value
Scen. Name	Tromso_2020
RTM_Scendef	(Note)
Region	Tromso
ProgAar	2020
Modelltype	1 tidsperiode (døgn)
Resultattype	Døgn (Kapasitetsuavhengig)

Keys-vinduet viser ulike valgte kjøringstillinger og scenarionavn for scenarioet som er valgt i Scenario-vinduet.

I tillegg til visningene over er det et eget brukergrensesnitt for input av inndata og andre valg for scenariodefinsjon. Dette er vist i detalj i vedlegg A.1.

5.1.1 Styring av dataflyt

En ny funksjonalitet fra versjon 4.4 er en mulighet i brukergrensesnittet til detaljert å styre dataflyten i modellen ved å kunne velge hvilke beregningstrinn som skal kjøres. Ved å velge bort beregningstrinn kreves det at man:

- Har kjørt scenariet fra før med samme periodeinndeling og resultatinnndeling og ikke har slettet resultatfiler eller midlertidige resultatfiler.
- Velger å krysse av for muligheten til å kopiere nødvendige filer fra referansescenario. Det kreves også i denne muligheten at referanse er kjørt med samme betingelser som scenariet man ønsker å kjøre.

Bortvalg av beregningstrinn vil gi ulike konsekvenser for beregningsgangen:

- Hvis beregning av LoS-data for bil eller turmatriser er valgt bort vil modellen ikke kjøre i et iterasjonsløp over etterspørselsmodellen.
- Bortvalg av beregning av timematiser vil kun påvirke beregning av timematiser for eksterntmatrisene og skolemodellen. Hvis Tramod-by blir kjørt vil timematiser blir produsert uansett. Hvis Tramod-by ikke kjøres, mens det er valgt å beregne timesmatriser, vil timematisene bli beregnet basert på tidligere Tramod-by-resultat.

Styring av dataflyt kan benyttes til en rekke muligheter, men samtidig gir dette en del frihet med ansvar. Uheldige valg vil kunne påvirke resultatet, og spesielt hvis det skal kjøres nytte-kostnadsanalyser må man være svært påpasselig med at alle scenarier er kjørt med like betingelser. Scenariorapporten inneholder en liste over hvilke beregningstrinn som er utelatt under beregningen.

Eksempler på styring av dataflyt er:

- Under en modelletablering kan enkelte justeringer testes uten å kjøre mange tidkrevende operasjoner som ikke påvirkes av justeringene. For eksempel kan innlesning av sonedata og eksternturmatriser være tidkrevende.
- Ved manuell justering av nettverk eller kollektivrutebeskrivelser i Cube-grensesnittet må man velge å ikke lese inn geodatabase for å unngå at endringene blir overskrevet. Denne funksjonen het tidligere "Hoppe over innlesing av nettverk og kollektivrutebeskrivelser".
- Kjøring med faste turmatriser foregår ved å velge bort beregning av turmatriser og velge å kopiere nødvendige filer fra referanse
- Kalibrering av timeandeler kan nå enkelt utføres ved kun å velge beregning av timematiser og nettutlegging bil.

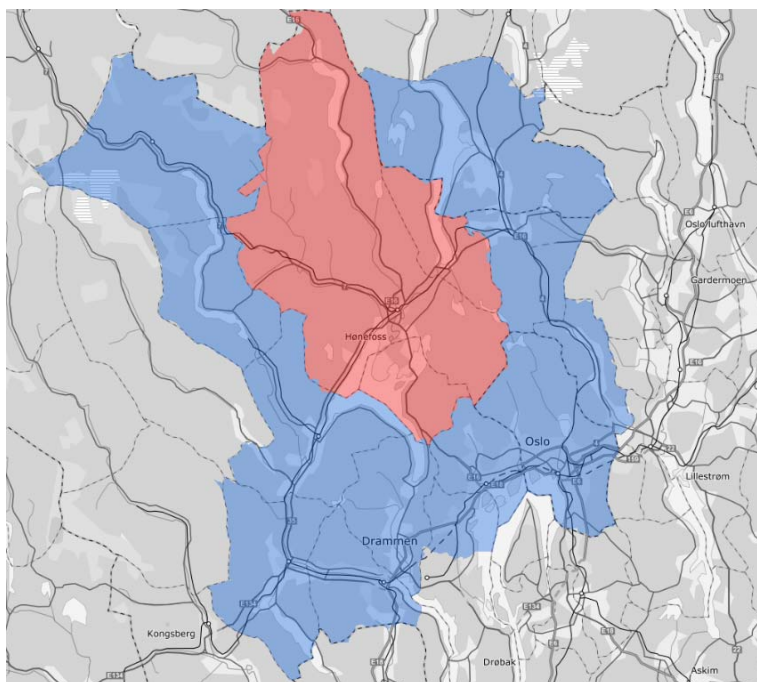
5.2 Geografisk utstrekning av modellområde

Dette delkapitlet beskriver faktorer som bestemmer hvor stor geografisk utstrekning et modellområde bør ha. Det bør være en overordnet målsetning å redusere modellområdet for å spare beregningstid og lette arbeidet med etablering og kalibrering.

5.2.1 Ulike typer modellområder

Figur 22 viser modellområdets sammensetning for delområdemodell Hønefoss. Det røde området definerer kjerneområdet og det blå viser bufferområdet. Turproduksjonen i modellen forgår fra kjerneområdet. Disse turene kan ha destinasjon i enten kjerneområdet eller i bufferområdet. Siden hensikten med denne modellen er å studere tiltak i infrastruktur i Hønefoss-området er det ikke nødvendig å ha med Oslo i kjerneområdet siden vi antar at turer produsert i Oslo i svært liten grad påvirkes av tiltak i Hønefoss, og hvis det skulle finnes noen få turer som blir påvirket vil dette være så få at det ikke er verd den ekstra beregningstiden det gir med å ta med Oslo i kjerneområdet.

Bufferområdet sin hensikt er å tilby destinasjoner for turer fra kjerneområdet. Oslo inngår for eksempel i arbeidsmarkedet for bosatte i Hønefoss, men samtidig er reiseavstand mellom Hønefoss og Oslo på 60 km, så det er helt i ytterkanten. Asker, Bærum og Sandvika vil være mer aktuelle destinasjoner for arbeidsreiser i denne modellen.



Figur 22: Sammensetning av et modellområde. Rødt område definerer kjerneområdet, mens blått viser bufferområdet.

Hvis man tar bort bufferområdet fra et modellområde og kun benytter et kjerneområde slik at det foregår turproduksjon i hele modellen vil alle turene måtte finne en destinasjon i kjerneområdet. I Hønefosseksempelen hvor det finnes mange arbeidsplasser utenfor kjerneområdet vil de turene som hadde destinasjoner i bufferområdet måtte finne destinasjoner i kjerneområdet. Dermed ville trafikken på lenker bli skjjevfordelt. Modellområder uten bufferområder krever at det ikke finnes noen interessante destinasjoner utenfor modellområdet.

Influensområde for tiltak som skal studeres

En modell må kunne svare på alle virkningene av tiltak uten at dette skal være geografisk begrenset. Dette gjelder alle mulige tiltak som skal studeres i en analyse. Dette vil intuitivt tale for at modellområdet bør være størst mulig slik at vi ikke går glipp av noen virkninger, og her er det viktig å tenke på hva modellen teknisk sett modellerer. RTM produserer kun turer med reiselengde kortere enn 70 km, og i de fleste tilfeller har de aller fleste turene en reiselengde kortere enn 40-50 km. Det vil dermed ikke ha noen hensikt at modellen strekker seg mer enn 70 km i reiselengde fra et infrastrukturtiltak eller en tilbudsending i kollektivrutene.

Et rimelig enkelt grep for å finne influensområdet til et eller flere tiltak er å kjøre tiltakene i modellen for hele regionen og studere differanseplott for bil- og kollektivtrafikk. Dette kan utføres med rimelig kort beregningstid ved å sette modellen helt kapasitetsuavhengig. Influensområdet som er nødvendig for å studere tiltakene er der det finnes endringer i transportmønsteret. De delene av modellområdet hvor det ikke finnes endringer kan utelates fra det endelige modellområdet. Området med ubetydelig endring i trafikk kan vurderes i kompromiss med andre faktorer.

Det vil være nødvendig å gjennomføre en slik tidliganalyse av alle scenario i en utredning slik at modellområdets utstrekning ikke påvirker resultatene.

Turproduksjon og kalibrering

Turproduksjonen foregår fra alle soner i modellens kjerneområde. De fleste kalibreringsmuligheter i modellen påvirker hele turproduksjonen. I en modell som inneholder flere byområder vil man da måtte velge hvilken by som modellen skal tilpasses. For eksempel er det en utfordring i Agder-modellen at både Kristiansand og Arendal er store byer, og at disse samtidig ligger så langt unna hverandre, 65 km, at det ikke vil være noen samvirkende effekter mellom disse byene. Kalibrering mot rammetall, bilhold/førerkortinnhav og reiselengder vil påvirke begge byområdene og vi kan ende opp med en modell som ikke gir noen god tilpasning til noen av byene. Hvis analysen omfatter tiltak i Arendal er det dermed viktig at modellen tilpasses Arendal. For å få til dette kan gjerne Kristiansand og andre områder som ligger for langt fra Arendal tas ut fra kjerneområdet.

Hele kommuner

Teknisk sett kan en modell settes opp basert på en samling med grunnkretser. Men det er noen momenter som gjør at det er viktig at et kjerneområde består av en samling hele kommuner. Ved rammetallskalibrering sammenlignes antall turer i modellen med antall turer i RVU for de kommunene som inngår og så justeres parameterverdier i etterspørselsmodellen slik at turer i modellen passer med turer i RVU, både totalt antall og reisemiddelfordeling. Hvis en modell består av en halv kommune, vil vi ikke lenger kunne sammenligne turproduksjonen med RVU direkte.

Skolemodellen har også vist seg å kunne gi ulogiske resultater når den kjøres for halve kommuner.

Beregningstid

Et svært viktig moment ved å redusere modellens omfang er å få en modell som har minst mulig beregningstid. De aller fleste operasjoner i RTM gjøres for alle mulige kombinasjoner av fra- og tilsoner. En dobling av antall soner vil dermed gi fire ganger så stor beregningstid.

For modeller som inneholder byområder ønsker man også å kjøre modellen kapasitetsavhengig, noe som bidrar ytterligere til beregningstid.

Det er svært krevende å opprette, kalibrere og kjøre analyser med en modell som har lang beregningstid. Med svært lang beregningstid menes modeller som ikke kjøres ferdig over natta. Siden slike modeller er krevende å etablere finnes det en risiko for at dette arbeidet ikke blir gjort så bra som det burde og vi risikerer å få modellresultater med stor usikkerhet som følge av dette.

Eksisterende modeller

Det er tidkrevende å etablere et nytt modellområde med alt det innebærer av tilrettelegging av inndata og kalibrering. Hvis det allerede finnes en godt tilpasset modell som passer til formålet vil dette vekke høyt i valg av modellområde. Ved bruk av eksisterende modeller til en ny analyse er det viktig å gjennomgå denne nøye for å sikre at det tas i bruk riktige inndata, riktig fil med etterspørselsparametre og at modellen kjøres med de forutsetningene som ble benyttet da modellen ble kalibrert.

Før en eksisterende modell kan tas i bruk er det viktig å gjøre seg kjent med modellen: Til hvilket formål ble modellen i utgangspunktet utviklet for? Er den kalibrert, og hvilke resultater var viktige ved forrige kalibrering? Hvilke snarveier ble tatt, eller elementer ble nedprioritert for å gå gjennomført analysen innenfor gitte tidsrammer? Hva var forutsetningene for å ta ut eksterne matrisene?

Erfaringsmessig er det å ta i bruk eksisterende modeller og få identiske resultat en krevende oppgave som krever stor oppmerksomhet på detaljer. Bruk av eksisterende modeller i en analyse krever at det gjøres en validering av modellresultat og vurdering av om dette vil være egnet til å gi de svar som analysen etterspør.

Selv om man tar i bruk en eksisterende modell bør man vurdere om det er mulig å redefinere utvalgte kommer fra kjerneområde til bufferområde.

Oslo

Oslo har 589 grunnkretser, men hvis vi tar med alle kommunene i arbeidsmarkedet rundt indre Oslofjord blir antall grunnkretser omtrent 1500. I mange delområdemodeller blir dette området tatt med på grunn av at man antar at dette er viktig for modellen. I tillegg er dette modeller som kjøres med full kapasitetsavhengighet med timeinndeling av resultat. Dette har ført til at modellene får mellom 1000 og 2000 soner ekstra litt avhengig av hvilke kommuner rundt Oslo som tas med. Disse ekstra sonene gir en betydelig økning i beregningstid som gjør modellen tyngre å etablere og bruke i analyser.

I kalibrering av modellen vil turproduksjonen for alle de bosatte i Oslo føre til at det blir en sterk vridning av reisemiddelfordelingen mot Oslo-borgerne sine reisevaner. Disse har en større preferanse mot kollektivtrafikk enn i områdene utenfor Oslo. Hvis formålet med modellen er å studere virkninger utenfor Oslo vil dermed reisemiddelfordelingen bli feil.

Ved etablering av en modell må man undersøke om tiltakene antas å påvirke turproduksjonen i Oslo. I tilfelle nei kan Oslo tas ut av kjerneområdet til modellen, slik som i eksempelet fra delområdemodell Hønefoss. Videre må man undersøke om tiltakene kan påvirke turer med Oslo som destinasjon. Hvis dette heller ikke er tilfelle, kan Oslo tas helt ut av modellområdet.

Denne diskusjonen avhenger helt av hvilke typer tiltak som skal analyseres. Hvis det gjelder tiltak som forventes å påvirke korte reiser fra Oslo-området er det klart at det må settes opp et modellområde hvor Oslo inngår i kjerneområdet.

5.3 Splitting og sammenslåing av soner

Sonedatainndelingen i RTM følger SSB sin grunnkretsinnndeling. Alle sonedata, beskrevet i avsnitt 3.1, følger grunnkretsinnndelingen. Husholdningsdata er delt inn i SSBs delområder med seks siffer istedenfor åtte i grunnkretsnummeringen.

5.3.1 Når kan det være nødvendig å endre soneinndelingen?

Inndelingen av grunnkretser er ikke skreddersydd for transportmodellering, men mer generelle statistiske bruksområder. Grunnkretsene er typisk små og tette i byområder, mens de er større i mer

rurale strøk. De skal i prinsippet være så ensartede som mulig med tanke på bygningsmessig struktur og tilgang på kommunikasjonsmidler. Dersom man vil modellere endringer i arealbruk; for eksempel nye boligområder eller etablering av industri og andre aktiviteter, kan det derfor være aktuelt å endre soneinndelingen. I en transportmodell bør sonene være relativt homogene når det kommer til innhold av antall bosatte og aktivitet.

Om man for eksempel oppretter aktivitet eller boliger i en geografisk stor sone vil man kunne få mye soneintern trafikk som ikke legges ut på nettverket. Dette vil gi for lave lenkevolumer i dette området. Man vil også kunne få ubalanse i etterspørselsmodellen, ved at denne sonen blir større i attraktivitet enn andre soner. Et tredje mulig problem er at trafikken som ikke er soneintern legges ut i ett punkt i nettverket (via sonetilknytningen), som vil gi veldig høy trafikkbelastning i ett punkt og for lav i andre.

5.3.2 Gjennomføring i praksis

1. Bestemme seg for soneinndeling
2. Bestemme sonenummerering. Nummereringen må stemme med fylke-, kommune- og områdenummer (de seks første sifrene av grunnkretsnummeret). For at innlesingen av husholdningsdata skal være riktig, må en splittet sone beholde de seks første sifrene i sonenummeret.
3. Endre sonedatafilene i riktig dataformat (dbf). Dette kan gjøres i regneark eller GIS. Gratisprogramvaren LibreOffice kan lese og skrive dbf-filer direkte.
4. Redigere nettverk i TNEExt. Opprette, flytte og/eller slette sentroidenoder og sonetilknytninger.
5. Duplisere og redigere grunnkretskart som benyttes til å gi sonenummer til soner i TNEExt. Dette er å flytte grenser eller splitte polygonlaget for grunnkretsinnndelingen slik at grensene samsvarer med endringene i steg 4, og at sonesentroidene ligger innenfor hvert sitt polygon. Her må nye grunnkretsnummer fra steg 2 legges inn på redigerte grunnkretser. Sonesentroidene i nettverket får overført riktig nummerering fra grunnkretspolygonene når databasen eksporteres.
6. Spesifisere det nye grunnkretslaget som skal brukes i TNEExt-eksporten
7. Eksportere nettverket og kollektivrutebeskrivelsene til ny geodatabase (.gdb). Om dette ikke blir gjort riktig, og det er flere sentroider innenfor samme grunnkretspolygon, vil man få feilmelding ved eksport om at sentroider som deler grunnkrets får negativt fortegn foran sonenummer. Grunnkretspolygoner som mangler sentroider gir ikke feilmelding.

5.4 Skript- og rapportfiler

En egenskap ved RTM er at den bygget opp av en samling skriptfiler som kan åpnes, leses og redigeres av brukeren fra flytskjema-brukergrensesnittet, av brukere så vel som modellutvikler. Dette gjør at modellen er helt transparent, noe som åpner for tre ting:

1. man kan **gjennomgå** ulike detaljer av kjøringen for å fastslå akkurat hvordan den henger sammen og få en bedre forståelse for beregning og resultat,
2. man kan **tilpasse** modellen til analysen, enten det skulle være å legge til egne beregningsrutiner eller produsere andre resultater enn de som RTM produserer (dette må gjøres med varsomhet, og rapporter må gjøre rede for hvilke endringer som er gjort), og
3. det blir lettere å **feilsøke** kjøringssavbrudd når man kan undersøke koden og rapportfilene.

Samtidig kan både rapportfiler og skriptfiler være kryptiske. I dette delkapittelet vises først de grunnleggende elementene i en skriptfil, og deretter hvordan man kan finne rapportfiler og hva de kan brukes til.

5.4.1 Anatomien til en skriptfil

En programboks har alltid en skriptfil knyttet til seg, og den er lokalisert øverst til venstre i den grafiske representasjonen av modellen, se Figur 25. Filutvidelsen for skript er .s. En skriptfil inneholder kommandoer skrevet i en *script editor*. Kommandoene er skrevet i et relativt enkelt programmeringsspråk tilrettelagt for håndtering av beregninger med nettverk og matriser. Syntaksen definerer hvilke kommandoer som kan benyttes og hvordan de må organiseres i .s-fila for at Cube Voyager skal lese disse riktig. Et eksempel på en enkel skriptfil i et program av typen MATRIX er vist i Figur 23.

```

; Do not change filenames or add or remove FILEI/FILEO statements using an editor. Use
Cube/Application Manager.
RUN PGM=MATRIX PRNFILE="C:\REGMOD_V4.2.2\APPLIKASJONER\RTM\LOS-DATA\LDMAT00G.PRN" MSG='Skriver
ut Los-data for kollektiv, rush'
FILEI MATI[5] =
"{CATALOG_DIR}\Resultat\{Region}\{Progaar}\{Scenario_code}\los\LOS_70km_{Scenario_Code}.MAT"
FILEI MATI[4] =
"{CATALOG_DIR}\Resultat\{Region}\{Progaar}\{Scenario_code}\los\LOS_Kollektiv_erush_{Scenario_C
ode}.MAT"
FILEI MATI[3] =
"{CATALOG_DIR}\Resultat\{Region}\{Progaar}\{Scenario_code}\los\LOS_Kollektiv_rush_{Scenario_Co
de}.MAT"
FILEO MATO[2] = "{Temp_Dir}\RTM\Tramod\data\{Scenario_code}\tb2-los-pt-R.mat",
MO=201-205 DEC=5*2 NAME=PT_TidTilbr_0,PT_TidOmbord_0,PT_TidVent_0,PT_AntP_0,PT_EnkBill_0
FILET PATH="{Temp_dir}\Cluster"
PARAMETERS ZONEMSG=10
FILLMW MW[701] = mi.3.Gangtid,Ombordtid,Ventetid,Boardings,Takst
FILLMW MW[751] = mi.4.Gangtid.T,Ombordtid.T,Ventetid.T,Boardings.T,Takst.T
MW[1]=mi.5.1
JLOOP
  IF (MW[1][J]=1)
    LOOP m=1,5
      mw[200+m][J]=mw[700+m][J]+mw[750+m][J]
    ENDLLOOP
  ENDF
ENDJLOOP
ENDRUN

```

Figur 23: Eksempel på en skriptfil for et MATRIX-program

Alle skriptfiler starter med en tekst som advarer mot å skrive inn filnavn som går inn i og kommer ut av programmet, de skal kobles til på annet vis. Denne linjen leses som tekst fordi den starter med semikolon (;). Uansett hvor man plasserer et semikolon i .s-fila, så tolker programmet resten av den setningen som tekst som ikke er en del av beregningen. Dette brukes til å kommentere beregningen slik at andre som leser filen lettere forstår hva som skjer i programmet.

Deretter følger en kommando som starter programmet (RUN PGM=MATRIX) og alle filer som programmet skal bruke og produsere; inndata og utdata.

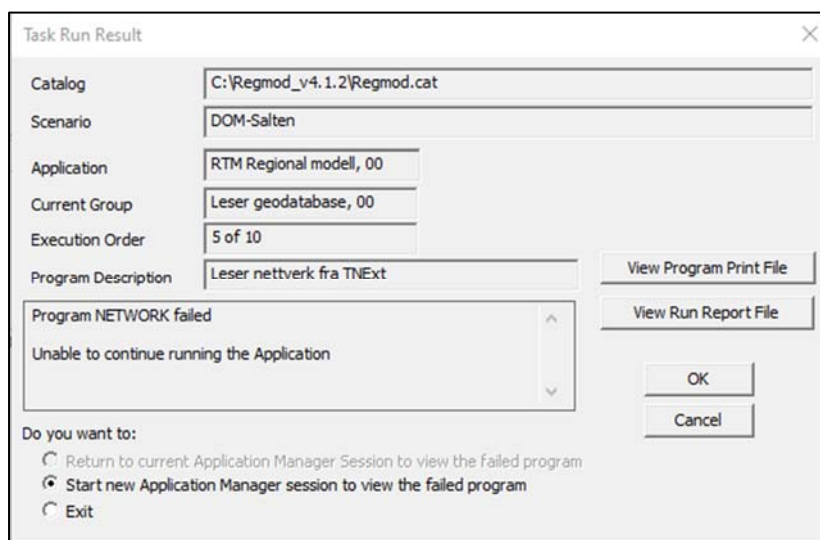
En av styrkene ved Cube Voyager er at man kan bruke KEYS i programmet. Dette er globale parametere som kan kalles ved å putte navnet på den i krøllparenteser: {KEY}. I RTM er dette brukt til å kalle opp programsnutter, parametere og filnavn.

Cube Voyager utfører kommandoene sekvensielt og for matriser og nettverk. For matriser gjennomføres all kode for hver rad, frasone, i matrisen. Hvis inndata er en tabell gjennomføres all kode for hver rad. I nettverksberegning gjennomføres all kode for hver lenke i nettverket. Hvis noe kode skal utføres for eksempel i start eller slutt av beregningen må dette spesifiseres med logiske kontroll av hvor man befinner seg i prosessen. Denne automatiske løkken over matriser, tabeller og nettverk er den største forskjellen mellom Cube Voyager og ordinære programmeringsspråk som man må definere alt dette selv.

Til slutt står kommandoen (ENDRUN) som gir programmet beskjed om at beregningen er ferdig.

5.4.2 Feilsøking

Hver programboks skriver hver sin lille rapport om kjøringen (program print file), og hver scenariokjøring en rapport om kjøringen som helhet (run report file). Figur 24 viser kjøringvinduet slik det ser ut når man har fått et kjøringssvikt. Her får man valg om å åpne både rapportfilen for programboksen som førte til avbruddet (program print file), og rapporten for hele beregningen (run report file).



Figur 24 Skjermbilde fra kjøringvinduet når en beregning har stoppet

Program print file



Figur 25 Eksempel på programboks med lenkede filer, med skriptfil øverst til venstre og printfil til høyre

Figur 25 viser et eksempel på hvor printfilen kan åpnes fra for en programboks. Den ligger i tillegg i katalogstrukturen, og overskrives hver gang programmet kjøres. Man får også tilbud om å åpne denne hver gang en beregning stopper opp på grunn av en feil (for den aktuelle programboksen der kjøringen stoppet), og det bør man takke ja til for å se hva som har gått galt.

Run report file

Run report file, eller kjøringssvikt, produseres parallelt med en kjøring og inneholder rapporter fra hver av programboksene. Den viser også hvor lang tid kjøringen tok. Rapportfilene har, som printfilene, innhold som minner om skriptfilene ettersom de skrives parallelt med kjøringen og rapporterer hva som er blitt gjort. I tillegg vil det stå meldinger gir beskjed dersom det har oppstått noe underveis som kan ha konsekvens for kjøringen. Advarsler (W for *warning*) fører ikke til kjøringssvikt, i motsetning til feil (F for *fatal error*), som for eksempel kan være at en fil mangler eller har feil format. Noen av feilmeldingene som produseres i sjekk av inndata, beskrevet i avsnitt 3.6, havner i kjøringssviktfilen. Hvis modellen stopper opp uten at man finner fornuftige feilmeldinger i hvert program sin printfil, må man sjekke kjøringssviktfilen. Feilmeldinger produsert av sjekker i RTM har benevnelsen F(RTM) i denne filen.

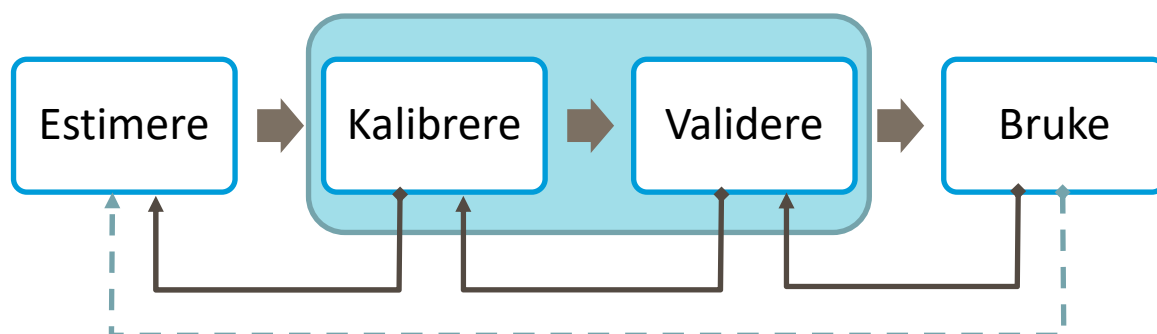
5.5 Kalibrering og validering av modeller

5.5.1 Hva er kalibrering og validering?

Kalibrering av transportmodellen er en sammenligning av beregningsresultater fra transportmodellen mot observerte verdier, for eksempel trafikktegninger eller reisevaneundersøkelser. Hensikten vil som oftest være å korrigere transportmodellen slik at resultatene stemmer bedre med virkeligheten. Alternativt vil man dokumentere avvik mellom transportmodell og virkeligheten som kan påvirke resultatene. Kalibreringsfasen er også den fasen hvor man sjekker inngangsdata til modellen for feil. Det som justeres i kalibreringen er inngangsdata og parametere.

Valideringen skal bestemme om transportmodellen er egnet til analyseformålet, eventuelt hvilke svakheter eller usikkerheter som kan slå ut på resultatene ved bruk av transportmodellen til analyser.

Klargjøring av en transportmodell for bruk går gjerne i faser slik som vist i Figur 26. I den første fasen bestemmes funksjonalitet og modelldesign, og parametere bestemmes eller estimeres. I den neste fasen, kalibrering, justeres inngangsdata, koding eller parametere slik at resultatene stemme bedre med observerte verdier. Validering er en sammenligning mot observerte verdier, gjerne andre enn dem som ble benyttet til å estimere modellen, for å kontrollere modellens gyldighet. Sjekking av tidsverdier mot verdsettelsesstudier, elastisiteter mot empiriske undersøkelser, resultater av før- etterundersøkelser, totaltall på bileierskap mot offisielle register er eksempler på kontroller som kan være nyttige for validering av transportmodellene. Kalibreringsfasen og valideringsfasen går som regel til dels over i hverandre som figuren viser, i tillegg kan det være nødvendig å gå tilbake til tidligere faser hvis modellen ikke fungerer hensiktsmessig før man tar den i bruk.



Figur 26: Faser i arbeidet med å klargjøre en transportmodell for bruk (United States. Federal Highway Administration, 2010)

I kalibreringen kan det lønne seg å tenke firetrinnsmetodikk, slik at man begynner med å sjekke turantallet, både de som beregnes av Tramod-by og de faste matrisene før man går videre. Vi har vanligvis ikke så gode data å sjekke destinasjonsvalget mot, annet enn reiselengdefordeling og fra/til mønsteret på et aggregert nivå fra RVU. Reisemiddelfordelingen kan sjekkes mot RVU og kontrolleres mot billettstatistikk. Trafikktegninger benyttes til å kontrollere nivå på trafikken og rutevalget i transportmodellen.

5.5.2 Rammetallskalibrering

Rammetallskalibrering er et begrep som betyr at man ser på totaltall i en tabell med totalt antall turer fordelt på reisemiddel og reisehensikt samlet.

Det er laget en rutine for å kalibrere parametrene i Tramod-by. Rammetall fra RVUene er tilgjengelig via <https://www.numerika.no/rammetall/>. Man velger selv hvilke kommuner som skal inngå og det blir oppgitt hvor mange respondenter fra RVU rammetallene er basert på. fra RVU. Bruker må selv vurdere om grunnlaget for rammetallene er godt nok. For bykommuner med tilleggsutvalg i NRVU er dette ikke

noe problem, men for andre kommuner kan det være nødvendig å trekke inn et større område enn modellområdet for å få et stort nok utvalg respondenter.

Rammetallene er inngangsdata til en egen tilleggsapplikasjon som kommer med RTM. Denne produserer nye justerte parameterfiler til Tramod-by (se også kapittel 4.3.1 side 54)

Opprinnelig ble metoden rundt rammetallskalibrering satt opp ved å benytte RVU2014, enten med data fra nedlastbar fil eller ved å benytte API i rammetallskalibreringsapplikasjonen. Data fra RVU 2018/2019 kan ikke lenger direkte benyttes inn i rammetallskalibreringen. Beskrivelse av hvordan man går fra for å kalibrere mot 2018/2019-data er beskrevet på nettsidene til Numerika: <https://www.numerika.no/rammetallskalibrering/>

Rammetall beregnet i Tramod-by er et av resultatene fra RTM som inkluderes i scenariorapporten (se kapittel 5.6.1 side 73)

5.5.3 Kalibrering mot trafikkteLLinger

TrafikkteLLinger er et viktig datagrunnlag ved kalibrering av transportmodeller. Det finnes et stort antall trafikkteLLinger som er tilgjengelig og det har stort sett høy og forutsigbar kvalitet. Statens vegvesen har en egen portal, www.vegvesen.no/trafikkdata.no for beskrivelse av tellegrunnlaget med tilgang til dataene. Det finnes både kontinuerlige teLLinger og periodiske teLLinger, og teLLinger av motorkjøretøy og sykler.

For kalibrering av transportmodell mot trafikkteLLinger er det hovedsakelig teLLinger av biltrafikk som benyttes og da kan det være fornuftig å sammenligne normalyrkesdøgn, altså hverdagstrafoikk som RTM beregner. Det bør også defineres et arbeidsmål for hvor godt transportmodellen skal stemme med teLLinger før den er god nok. Forslag til avvik er vist i Tabell 16. Det kan være ulike årsaker til avvik og eventuelle tiltak for å korrigere transportmodellen bør samsvare med årsakene til at det er avvik.

Tabellen er satt opp etter noen bestemte prinsipper som kanskje kan være til hjelp når man skal sette egne arbeidsmål:

1. For det første bør man ha større ambisjoner for å treffe på aggregerte tall, for eksempel tette snitt, enn enkelttall, fordi man da også har kontroll på totaltrafikken i området. For enkeltlenker med stor trafikk, er det også gjerne et aggregat av antall bilturer og rutevalg mellom mange sonerelasjoner. I tabellen betyr det at det relative avviket bør synke med høyere trafikk tall.
2. Man bør ha høyere ambisjoner om å treffe sikre teLLinger, og derfor er det skilt mellom kontinuerlige teLLinger og periodiske teLLinger.

Et tilleggsmoment kan være at man bør legge mye innsats inn i å få trafikkvolumet på veger med et såpass høyt trafikkvolum at det ligger nær eller på sammenbrudd ved kapasitetsavhengig nettutlegging så riktig som mulig. Ekstra viktig blir det hvis dette gjelder veger som blir påvirket av eventuelle tiltak modellen skal brukes til å analysere. Dette er fordi slike veger kan gi relativt store utslag på trafikantnytt.

Det er noen vurderinger som ikke er vist i tabellen, men som kan trekkes inn for enkelte analyser. Man kunne definert særskilte ambisjonsnivå knyttet til høyere varians på teLLingene, hvis modellområdet inneholder områder med betydelig sesongtrafikk som gir utslag på NYDT. I tillegg kan det være riktig å ha høyere ambisjoner for treff på teLLinger nært tiltaksområdet eller viktige veglenker for analysen.

Noe som heller ikke er vist i tabellen er det totale avviket. Dersom de fleste sammenligninger med teLLingene ligger på minussiden eller på plussiden, betyr det at det jevnt over at transportmodellen beregner henholdsvis for lite eller for mye trafikk, og da bør det korrigeres, så det er en vurdering som må gjøres i tillegg til kontroll av enkeltteLLinger.

Det er ikke satt opp sammenligning av godstrafikk i transportmodellen mot tunge kjøretøy fra trafikkteilingene, ettersom teilingene kun skiller på lengdekatgorier. De lengste kjøretøykatgoriene kan være grunnlag for kalibrering av godstrafikk matrisene.

Tabell 16: Forslag til arbeidsmål for kalibrering mot vegtrafikkteilinger
(litt justert fra Tørset et al., 2013)

Trafikkteiling [NYDT]	Kontinuerlige teilinger, minst 80 % oppetid på telleutstyret		Periodiske teilinger	
< 500	-	± 50 %	-	-
500	± 100	± 20 %	± 250	± 50 %
1 000	± 200	± 20 %	± 500	± 50 %
5 000	± 1 000	± 20 %	± 2 000	± 40 %
10 000	± 1 500	± 15 %	± 3 000	± 30 %
50 000	± 5 000	± 10 %	± 10 000	± 20 %
>50 000	± 1 000	± 5 %	± 10 000	± 20 %

Dersom resultatene fra transportmodellen avviker mer fra teilingene enn arbeidsmålene, bør man gå litt dypere inn i beregningene for å prøve å finne årsaken(e) til dette og vurdere å gjøre korreksjoner. Det er ikke alltid at det er fornuftig eller nødvendig, det kan også være tilfeller hvor tellegrunnlaget er feil eller ikke representerer gjennomsnittet på en god måte, og da er det ikke noe mål å korrigere modellen. Men selv om trafikkteilingene er gode, kan det forekomme gode grunner til å ikke korrigere, men ta med seg informasjonen om avviket inn i analysene og diskutere resultatene i lys av dem.

Hvordan man skal (og om man skal) korrigere transportmodellen er avhengig av hva som er årsakene til avviket. Mulige årsaker kan være (listen er ikke uttømmende, og punktene kan overlappe).

- Turmatrisene fra etterspørselsmodellen har for mye eller for lite trafikk
- De faste matrisene har for mye eller for lite trafikk
- Destinasjonsvalget har skjevheter, enten pga feil i sonedata eller attraksjonskraften til forklaringsvariablene (eksempler: hovedkontorproblematikk, oppdaterte arbeidsplassdata eller andre attraksjonsdata, kjøpesenter)
- Reisemiddelfordelingen har skjevheter
- Uheldig plassering av sonetilknytninger til transportnettet
- Feil i transportnettkodingen
- Intertrafikk blir ikke nettfordelt
- Rutevalget har skjevheter pga feil beregnet hastighetsnivå på strekninger eller gjennom kryss

Tiltak for å justere modellen kan være:

- Justere parametrene i modellen utover rammetallskalibreringen
- Justere lengdene og plasseringen av sonetilknytningene
- Justere internavstander
- Endre hastighetskodingen eller kapasitetskodingen
- Legge inn spesifikke forsinkelser gjennom kryss
- Skalere matriser
- Justere celler i matrisene

5.5.4 Kalibrering av timestrafikk

Kalibrering av timetrafikk utføres for å få riktig trafikknivå på lenker i kapasitetsavhengig nettutlegging slik at vi videre får riktig beregnet forsinkelse og reisetid i rushtimene. Dette er viktig siden reisetid i rush inngår i beregning av etterspørselen. Hvis trafikkmengden på hovedveger er for stor etter døgnkalibrering, kan en timekalibrering bidra til å beregne riktigere forsinkelser på disse lenkene og dermed kan dette føre til at det blir riktigere trafikknivå over døgnet. Timeandelene som foreligger i modellens parameterfil er beregnet på grunnlag av RVU2009 (Tretvik, 2011).

Utgangspunktet for kalibrering av timetrafikk er andelene av hvor mange turer som foregår i hver time for hver reisehensikt og hvert reisemiddel. Timesmatrisene som går inn i nettutleggingen blir konstruert fra disse andelene. Hvis trafikken for en time har stort avvik mellom modell og telling må timeandelene justeres.

Når modellen skal kalibreres for timetrafikk må man være nøye med utvalget av tellepunkt. Det vil være umulig å kalibrere et stort modellområde slik at timetrafikken stemmer i alle tellepunkt. Det første man må gjøre er å velge ut hvilket område som man ønsker at modellen skal treffe best mulig mot timetellinger. I tillegg er det viktig å velge ut tellepunkt slik at det gjør det mulig å identifisere døgnvariasjoner. Den vanligste metoden er å benytte tellepunkt på inn- og utfartsveger til et bysentrum. Da vil man få fram de typiske arbeidsreisetoppene i morgen- og ettermiddagsrush, noe som gjør det enklere å sette opp andelene for arbeidsreiser.

Prosessen med å sette andelene for de ulike reisehensiktene for bilførerturer er iterativ og kan være tidkrevende. Underveis i arbeidet må man også gjøre noen vurderinger av tellingene for døgntrafikk i og med at etterspørselen vil endre seg som følge av endret rushtrafikk.

Helt overordnet går kalibreringen i tre gjentakende steg:

1. Justere andeler for reisehensikter
2. Kjøre modellen
3. Sammenligne timetrafikk mot tellinger

Det vil ikke være mulig å gjøre endringer av andeler basert på hvert individuelle tellepunkt. Ved å summere timetrafikk og tellinger for alle tellepunkt som er valgt i kalibreringen for hver retning vil det være enklere å få et overblikk over totalsituasjonen. I scenariorapporten for en modellkjøring med timesresultat finnes en figur med sammenligning mellom timetrafikk og tellinger over hele døgnet. Denne figuren viser sum begge retninger, slik at den er litt utfordrende å bruke til kalibreringsformål. De underliggende datafilene for tellinger kan leses inn i regneark slik at det kan produseres sammenligningskurver for hver retning.

En metode for å kjøre modellen for kalibrering av timetrafikk er å starte overordnet og ved å kjøre nettutlegging av timetrafikk kapasitetsuavhengig i første runde. Dette gjøres ved å sette en iterasjon i nettutleggingen av timetrafikk i brukergrensesnittet. Når nivået begynner å komme på plass kan man skru på kapasitetsavhengighet og så kjøre videre. For å redusere beregningstiden til noe håndterlig benyttes dataflytfunksjonaliteten i brukergrensesnittet slik at det kun kjøres (krever at modellen allerede er kjørt for scenariet som skal kalibreres):

- Konstruere timematriser
- Nettutlegging bil

De nye andelene for timetrafikk må skrives inn i parameterfilen for modellområdet. Figur 27 viser skjermbilde av applikasjonen for å redigere parameterfilen til modellen (RtmParameterEditor v0.1). I skrivende stund en det kun timeandeler som er redigerbare i denne editoren. Denne editoren gjør det

mulig å endre andelene for hver time for hver reisehensikt for hvert reisemiddel. Applikasjonen er tilgjengelig på Statens vegvesen erom for transportanalyser.

Figur 27: Parametereditor for å redigere timeandeler

5.5.5 Et annet mål på avvik: GEH

GEH er et mål på avvik mellom beregnede og observerte verdier introdusert av Geoffrey E. Havers på 1970-tallet. Det er benyttet for avvik mellom tellinger og trafikkvolum på lenker, men kan også brukes for kontroll av andre beregningsresultat. Utgangspunktet for GEH er å kombinere absolutt og relativt avvik.

Beregningen av GEH:

- a = absolutt avvik
- r = relativt avvik
- m = modellberegnet verdi
- t = observert verdi

Absolutt avvik:

$$a = \sqrt{(m - t)^2}$$

Relativt avvik:

$$r = \frac{\sqrt{(m-t)^2}}{\frac{(m+t)}{2}}$$

Vi legger merke til at a og r i praksis er absoluttverdier, og dermed får positivt fortegn. Dermed viser ikke GEH om man har gjennomgående for lite eller for mye trafikk. Dessuten brukes gjennomsnittet av den beregnede og observerte verdien for beregning av relativt avvik.

GEH:
$$GEH = \sqrt{a \cdot r} = \sqrt{\frac{2 \cdot (m-t)^2}{m+t}}$$

La oss ta noen eksempler basert på Tabell 16:

Tabell 17: Eksempler på beregninger av GEH

Trafikktelling [NYDT]	Beregnet [NYDT]	GEH [$\sqrt{Kjt/Normaldøgn}$]
500	400	4,71
1 000	1 200	6,03
5 000	6 000	13,48
10 000	12 000	19,06
10 000	8 000	21,08
50 000	45 000	22,94
50 000	52 000	8,86

Dets synes som et ambisiøst men realistisk arbeidsmål at GEH-verdien skal ligge under 15-20 for de fleste observasjoner. GEH er nok mest vanlig å bruke for kalibrering på **timetrafikk**, og anbefalingene da er at arbeidsmålet bør være å få en høy andel av verdiene til å ligge på under 5.

5.5.6 Kalibrering av hastighetsnivået på vegnettet

I RTM beregnes bilenes fart på lenkene ved hjelp av fartsgrensen, fartsmodell som gir hastighetsreduksjon på grunn av geometri, VDF-kurvene der det oppstår kapasitetsproblemer og etterspørselen (se kapittel 2.3.4 side 23). Det gir sammen med forsinkelser gjennom kryss reisetider mellom sonepar og på enkeltlenker. Reisetider mellom to definerte sted i modellen kan sammenlignes mot observerte reisetider fra ulike datakilder:

- Statens vegvesens portal for reisetider på noen strekninger rundt de største byene i Norge, www.reisetider.no.
- Prognoser for reisetider i Google Maps. Dette kan gjøres interaktivt eller ved bruk av API. Bruk av API er gratis for små datamengder, men det påløper en kostnad etter et gitt antall spørringer.

Ved slike sammenligner av reisetider må man være presis ved valg av utgangspunkt og destinasjon for turene. Reisetid på sonetilknytninger må ikke tas med. I byområder kan også modellen og observerte reisetider ha ulike rutevalg.

Hvis det er avvik i byområder, kan dette kalibreres ved å legge inn målte eller beregnede forsinkelser på lenker eller i kryss. Lenkeforsinkelse kan legges inn steder hvor det er åpenbart at fartsgrensen ikke kan holdes, for eksempel i smale bygater skiltet 50 km/t eller svært smale landeveger. Lenkeforsinkelser legges inn i nettverket i TNext ved å benytte datafeltet *Anslått fart*. Anslått fart kan kun brukes til å redusere friflytfarten fra fartsmodellen. Anslått fart må ikke brukes til å legge inn estimater for trafikkforsinkelser. Dette må gå gjennom VDF-kurvene. I kryss hvor man kan observere at tidsbruk i krysset er langt høyere enn de faste forsinkelsene kan dette legges inn som spesiell kryssforsinkelse på noder i TNext, vist i Figur 28. Tidsforsinkelser i kryss kan modelleres ved bruk av SIDRA eller lignede programmer.

Forsinkelser

Forbud Forsinkelse
 Egendefinerte Autogenererte
 Status: Aktiv Ugyldig
 Antall vist: 1

ID	Navn	Første node	Kryssnode	Siste node	Forsinkelse[min]
291		2601053	2601056	2621219	0.25

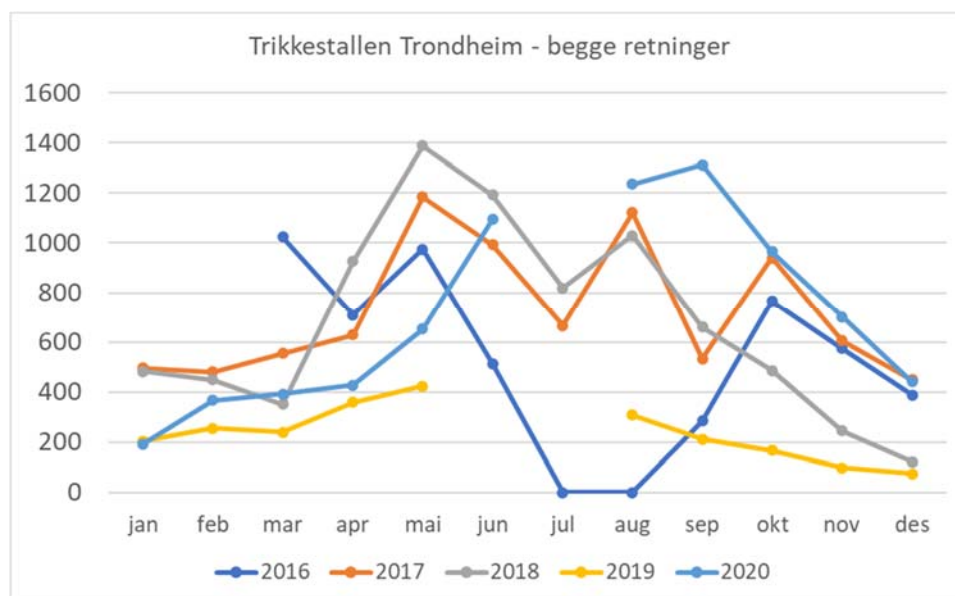
Figur 28: Egendefinert svingeforsinkelser i TNext

Det er viktig at tiltak for kalibrering av reisetider i nettverket utføres i referansevegnettet, og at alle alternativ som skal sammenlignes mot referansen inneholder de samme kalibreringstiltakene. Ellers vil vi kunne få beregnet trafikantnytte som følge av endringer av kalibreringstiltak.

5.5.7 Kalibrering av transportmodellen mot sykkelteillinger

Det finnes etter hvert mange sykkelteillingspunkter hvor datagrunnlaget er tilgjengelig via trafikdata.no på trafikdata-portalen til statens vegvesen. De fleste av disse er imidlertid opprettet etter 2017, mange av dem har mangelfullt datagrunnlag og data fra og med 2020 er trolig lite representative pga. pandemien. Plasseringen av punktene virker fornuftig med tanke på å bruke dem til kalibrering av sykkeltrafikken, så her ligger det et potensiale på sikt for sammenligning mot transportmodellen. En av utfordringene ligger i at volumet av sykkeltrafikk har større sesongvariasjoner enn biltrafikk, pga vær og føreforhold. Variansen blir dermed større, noe man må ta hensyn til ved sammenligning, og det er ikke utviklet noen retningslinjer for en slik sammenligning enda. Det virker fornuftig å basere en slik sammenligning på et trafikkgrunnlag som er basert på flere år og tillate relativt høyt avvik sammenlignet med biltrafikk. Man bør også sjekke kvaliteten på tellegrunnlaget for ÅDT-beregningen.

Et eksempel på tellegrunnlag som viser sesongvariasjon og variasjon over år er vist i Figur 29. Trikkehallen ligger sør for Trondheim sentrum med tilrettelagt trasé for sykling. Det har vært rivings- og byggearbeider i perioder som har påvirket trafikken.



Figur 29: ÅDT sykkeltrafikk pr måned

5.6 Sentrale resultater

Bruksområdet for resultater fra en beregning er todelt: først brukes resultatene til å kontrollere at beregningen gikk som den skulle, og deretter brukes de som grunnlag for analyser av tiltakene, og til presentasjoner av disse. Hvilke resultater det er relevant å trekke fram i analyser og presentasjoner vil avhenge av hvilket tiltak som analyseres og hvilke problemer tiltaket skal avhjelpe. Analysen bør svare på om tiltaket bidrar positivt på problemet og eventuelt hvor mye. Dessuten vil det hjelpe om resultatene settes i sammenheng med usikkerheten i beregningene (mer om dette i kapittel 5.8.2).

Med unntak av scenariorapporten, som er en tekstfil, tas resultatene ut i det grafiske grensesnittet i Cube fra resultatnettverket. Da er det lettere å kjenne geografien hvis man legger et kart som viser landskapet inn i visningen.

Sentrale resultater fra beregningen er:

- reiseomfang, gitt ved totalt antall turer,
- transportarbeid (person-km) og trafikkarbeid (kjt-km),
- reisemiddelfordelingen,
- reisetider mellom ulike områder,
- forsinkelser,
- trafikkvolum på enkeltlenker,
- passasjergrunnlag på kollektivmidler og ferjer, og
- inntekt fra bominnkreving.

Resultater fra transportmodellen kan også bearbeides i GIS for å lage presentasjoner, både av problemanalysen (hvilket problem er det tiltaket skal avhjelpe) og analysen av tiltakene.

Noen av resultatene fra transportmodellberegningen inngår også i ulike tilleggsapplikasjoner for nytte-kostnadsanalyser og resultattolkinger, beskrevet i kapittel 4.

5.6.1 Scenariorapport

Scenariorapporten er en PDF som inneholder informasjon om:

- Oppsettet av en beregning (som beregningsår, tidsinndeling og modellbruger).
- Inndata som er brukt (inkludert definisjon av modellområdet).
- Kvalitetssjekker for inndata.
- Resultater fra etterspørselsmodellen (spesielt reisemiddel- og reisehensiktsfordeling).
- Resultater fra nettutleggingen (spesielt transportarbeidet).

Reisemiddel- og reisehensiktsfordeling

Figur 30 viser et eksempel på hvordan reisemiddel- og reisehensiktsfordeling er presentert i scenariorapporten.⁸ Det er en kolonne per reisehensikt i modellen i tillegg til for hver av de faste matrisene. Reisemidlene står langs radene. I tillegg står totalt antall turer i første kolonne.

⁸ Figuren viser tabell 11 fra scenariorapporten, som inneholder alle turer, inkludert fra eksternturmatrisene. I tillegg finnes en tabell 10 som bare inneholder turene fra Tramod-by.

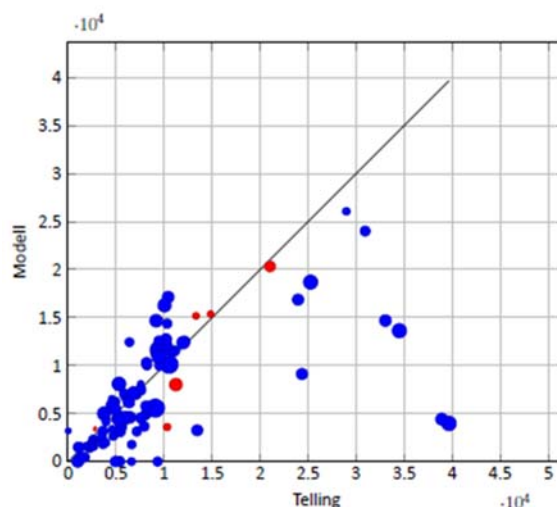
Reisemiddel	Turer	Andel	Faste matriser								Lange reiser					
			Arbeid	Tjeneste	Fritid	Henteleverer	Privat	APbasert	Innfart-P	Skole	Flyplass	Gods	Tjeneste	Arbeid	Fritid	Sverige
Bilfjører	168621	54%	27452	10615	19946	26378	64872	1925	0	9069	2900	2122	409	235	2697	0
Bilpassasjer	17361	6%	3083	1179	6300	759	4116	361	0	0	0	0	70	30	1464	0
Kollektiv	38253	12%	9967	939	4149	671	4354	963	0	15148	1694	0	47	26	293	0
Gang	80361	26%	12087	6613	13175	6357	19334	3277	0	19518	0	0	0	0	0	0
Sykkel	6763	2%	2579	592	1221	578	1444	349	0	0	0	0	0	0	0	0
Totalt	311359		55168	19939	44791	34744	94120	6876	0	43736	4594	2122	526	290	4454	0

Figur 30 Eksempel på reisemiddel- og reisehensiktsfordelingstabell i scenariorapporten

Reisemiddel- og reisehensiktsfordelingen brukes både til å validere modellen (kontrollere tallene mot observerte tall i RVU), presentasjon av reisemiddelfordelingen (som er et sentralt resultat i seg selv), og sammenligne scenarier.

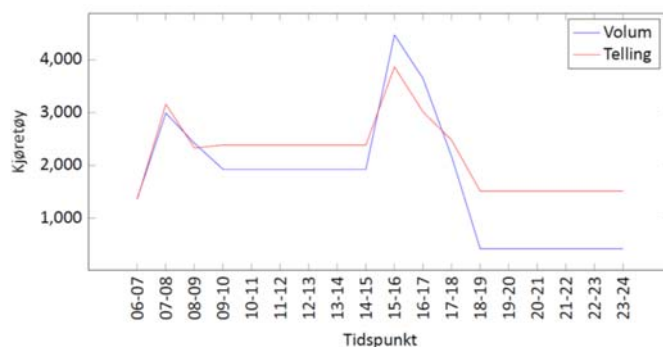
Tellinger

Figur 31 viser eksempel fra scenariorapporten på sammenligning mellom modellresultat og tellinger. Figuren viser modellert antall turer for et døgn og tellinger for alle registreringspunkt som ligger inne med data i modellens kjerneområde. Størrelsen på sirklene i grafen viser datakvaliteten hvor større radius betyr mindre spredning og/eller flere dager med registrering. Fargekodene viser om registreringspunktet er kontinuerlig (blå) eller periodisk (rød). Kontinuerlige tellepunkt som ikke har registrert trafikk alle yrkesdagene i et år markeres også med rød farge. Regresjonslinjen fra tidligere versjoner av scenariorapporten er byttet ut med en hjelpelinje som viser et 1 til 1-forhold mellom tellinger og modellresultat. For å vurdere om modellen treffer godt mot tellinger, bør de kontinuerlige tellepunktene med stor sirkel ligge nærmest mulig hjelpelinjen. Store sirkler som ligger langt fra hjelpelinjen, så vist nederst til høyre i figuren må sjekkes ut nærmere.



Figur 31: Eksempel på sammenligning mellom døgnresultat i modellen mot tellinger

Figur 32 viser variasjonskurven over døgnet hvis modellen er kjørt med timesresultat. Kurven viser summen av alle tellepunkt. Rushtrafikkperiodene viser hver enkelttime som blir beregnet i modellen. Lavtrafikkperiodene viser et gjennomsnitt av hver time, siden det ikke blir beregnet trafikk for hver enkelttime for disse periodene.



Figur 32: Eksempel på sammenligning mellom timesresultat og tellinger

Transportarbeid

Transportarbeidet er definert som summen av hvor langt befolkningen beveger seg i løpet av et døgn, for ulike reisemiddel. I scenariorapporten er dette oppsummert i en tabell for hver av kommunene i modellområdet, som Figur 33 viser et eksempel på, uttrykt i både person-km og person-timer.

Kommune	Område	Bilfører		Bilpassasjer		Kollektiv				Gang		Sykkel	
		Distanse	Tid	Distanse	Tid	Ombord		Tilbringer		Distanse	Tid	Distanse	Tid
Tromsø	Land	534763	9067	69840	1138	38522	1011	1352	270	4832	966	10738	532
	Tettsted	354493	8710	30406	749	38300	1745	6255	1251	27983	5597	17064	972
	By	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Totalt	889256	17777	100245	1887	76822	2756	7607	1521	32815	6563	27803	1504

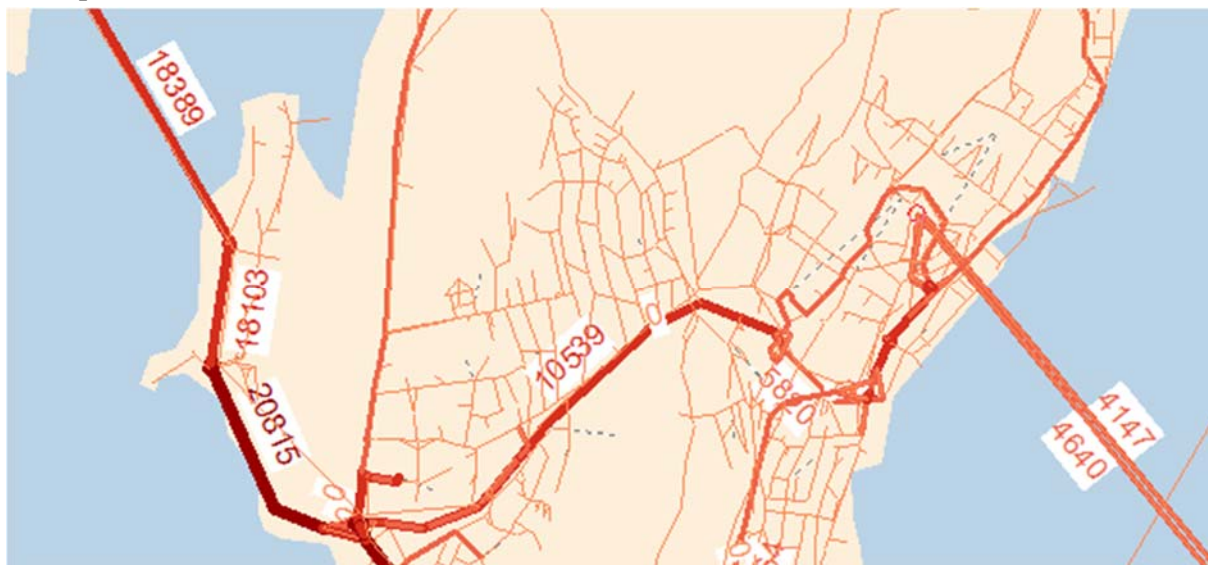
Figur 33 Utdrag fra transportarbeidstabell i scenariorapporten

Reisemiddelfordelingen beregnes på basis av turer, og sier derfor ikke noe om fordelingen av reisemiddel på antall reiste kilometer. For eksempel vil et tiltak kunne lede til reduksjon i bilandelen i reisemiddelfordelingen, men likevel økt transportarbeid fordi de turene som tas får lenger reisevei i snitt. For utslippsmessige vurderinger er det derfor viktig å ta transportarbeidet i betraktning.

5.6.2 Resultatnettverk

Man kan fremstille utallige plott som grafisk viser resultatene av en beregning. Her tar vi for oss de vanligste. Se også vedlegg A.3.2 for en beskrivelse av hvordan disse kan lages i Cubes brukergrensesnitt.

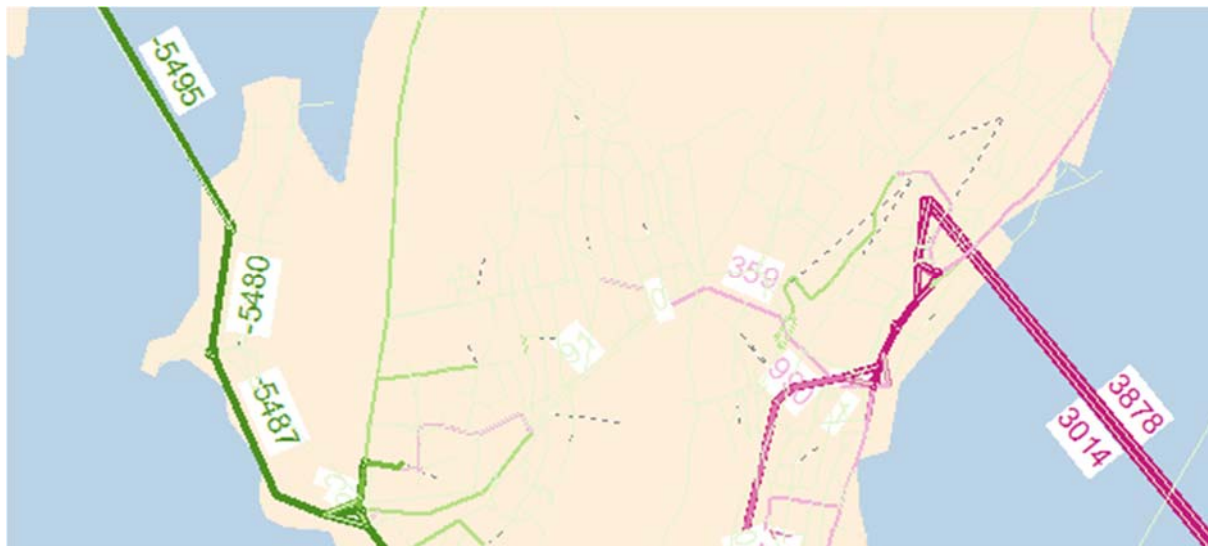
ÅDT-plott



Figur 34 Eksempel på ÅDT-plott

ÅDT-plottet viser lenkevolumer for en gitt trafikantgruppe i nettverket, gjerne både med linjetykkelse og -farge, og tall for de lenkene man er mest interessert i.

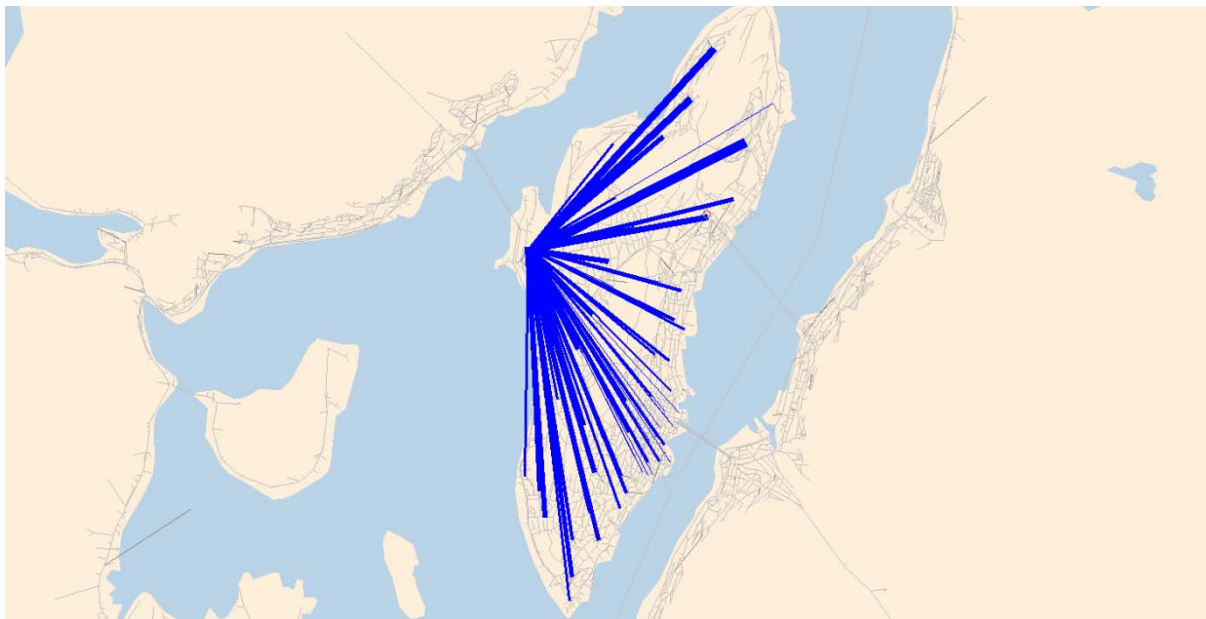
Differanseplott



Figur 35 Eksempel på differanseplott

Differanseplottet egner seg for å vise rutevalgseffekter fra et scenario til et annet. Farger, linjetykkelse og tall viser endringen i lenkevolum for en trafikantgruppe mellom to scenarioer, typisk et basisscenario og et tiltaksscenario. I Figur 35 har man fått en sterk reduksjon i biltrafikk på de grønne lenkene, og en sterk økning på de rosa.

Ønskelinjediagram

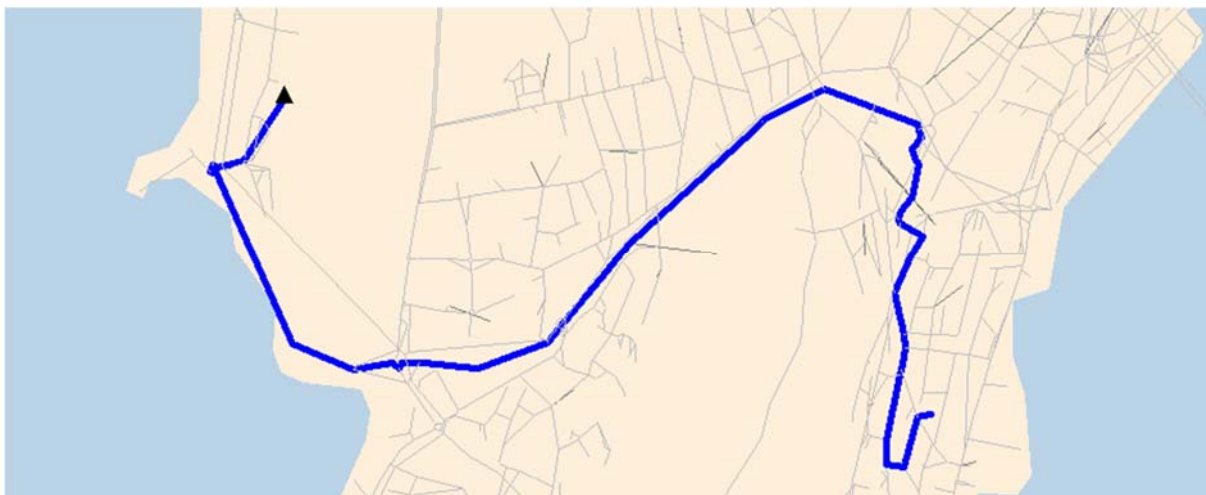


Figur 36 Eksempel på ønskelinjediagram

Ønskelinjediagrammet viser grafisk hvordan turer fordeler seg fra en sone til andre soner. Linjetykkelsen tilsvarer trafikken på hver av sonetilknytningene. I Figur 36 vises fordelingen av arbeidsreiser fra flyplass-sonen til de øvrige sonene på Tromsøya.

Rutevalg

Rutevalgsplokk viser rutene som trafikken er beregnet å ta mellom to soner. Ved kapasitetsuavhengige beregninger (iterasjon = 1) vil det bare være ett rutevalg mellom to soner, mens det ved kapasitetsavhengig beregning (iterasjoner > 1) vil kunne være flere.



Figur 37 Eksempel på rutevalgsviisning mellom to soner

Selected link

Selected link-plott viser, for et gitt snitt i nettverket, hvilke ruter denne trafikken tar mellom sine respektive OD-par.



Figur 38 Eksempel på selected link-plott

5.7 Forutsetninger og forenklinger i RTM

Dette delkapitlet gjennomgår utvalgte forutsetninger og forenklinger i beregningene med RTM som kan føre til misforståelser. Disse er ikke nødvendigvis problematiske, men det er viktig å ha en forståelse av hvilke begrensninger modellen har for å unngå å bruke modellen og presentere resultater fra den på feil måte. Flere av disse temaene er også kandidater for videre utvikling i senere versjoner av RTM.

5.7.1 Skolereiser

Modellen for skolereiser, beskrevet i avsnitt 3.4, er en svært enkel modell for først og fremst å beregne etterspørsel etter kollektivreiser, og ble i sin tid innlemmet i RTM for å bidra til at kollektivandelen for et modellområde skulle ligge på et forventet nivå. Skolemodellen produserer også gangturer og noen få bilturer til høyskoler og universiteter. Inndata til skolemodellen er befolkning, antall skoleplasser på ulike nivå og avstand mellom soner. Ved utbygging av nye boligområder er det viktig at det også legges inn skoleplasser i disse områdene, spesielt på grunnskolenivå.

Skolemodellen kan gi høye reiselengder til høyskoler og universiteter. Dette fordi pendling fra bostedskommune langt unna er lagt inn som mulighet i gravitasjonsmodellen for denne type reiser.

På grunn av de store forenklingene i skolemodellen anbefaler vi å holde turer fra denne utenom virkningsberegninger med Trafikantnyttmodulen.

5.7.2 Gods- og annen næringstransport

Godstransport dekker frakt av varer til og fra bedrifter. Det dekker alle mulige innsatsvarer til industri, produkter fra industri til terminaler og varer fra terminaler til butikker. Varene fordeles på kjøretøykategorier og på antall kjøretøy mellom soner. I denne fordelingen inngår også tomkjøring (Madslie et al., 2012, s. 108). Sonene i den nasjonale godsmodellen er langt mer aggregert enn grunnkrets, typisk finnes det én sone for et mindre byområde og noen flere for de største byene.

Annen næringstransport dekker alle andre turer i næringsformål, inklusive for eksempel håndverkernes turer, serviceturer og hjemlevering. Dette kalles med et samlebegrep mobile tjenesteytere.

En av utfordringene er at vi ikke vet helt hvilke turer som faller utenom Tramod-by (tjenesteturer) og godsmodellen. Vi mistenker at det kan være et betydelig antall, siden spesielt mobile tjenesteytere (håndverkere osv) ikke inngår i modellen (Flügel et al., 2021, s. 20). En annen utfordring er hvordan vi kan tilrettelegge resultater i form av lastebilturer fra godsmodellen til bruk i RTM.

Godstrafikk kan ha tre ulike kilder inn i RTM. Enten er godstrafikk hentet fra den nasjonale godsmodellen, fra en fast matrise estimert i 2008 fra Statens vegvesen sine tellinger holdt sammen med varetransportundersøkelsen fra 2003 (Tørset, 2006), eller det er laget en egen godsmatrise basert på trafikktegninger lokalt i modellområdet. Felles for disse framgangsmåtene er at det er en utfordring å dekke alle turer innen gods- og næringstransport.

De private turene beregnes av Tramod-by. Tjenesteturene som dekkes av Tramod-by inkluderer også turer i forbindelse med næringsvirksomhet. Det betyr at turer som håndverkere, hjemmehjelper, fraktselskap og lignende skal være dekket av Reisevaneundersøkelsen og da være inkludert i turer fra Tramod-by. Det er imidlertid få turer i RVUen av denne kategorien. Kun 3 % av turene er tjenesteturer. Tellingene gjort manuelt i vegnettet viser at gods- og annen næringstransport utgjør mellom 15-20 % av trafikken. Da er næringsturene forsøksvis gjenkjent ved at det er uniformerte lette biler.

5.7.3 Parkering

Kostnadene for parkering angis for hver grunnkrets i sonedataene. Det er ikke mulig å ha ulike parkeringstiltak i samme grunnkrets, slik at kostnadene må oppgis som et gjennomsnitt. Her er det en kostnad for korttidsparkering (kpark) og en for langtidsparkering (lpark). I tillegg er det oppgitt andel arbeidstakere i sonen med parkering dekket helt eller delvis av arbeidsgiver ved arbeidsplassen (pkort_arb) og andel som ikke har egen boligparkering ved bosted (ikke_pbolig). Parkeringskostnadene inngår i nyttefunksjonene for bil i de forskjellige reisemiddelvalgmodellene.

I modellen antas man å parkere i destinasjonssonen. Det er dermed ikke mulig å parkere i en annen sone enn den reisen slutter i.

Det er ikke kodet inn parkeringskapasitet, slik at det ikke er noen begrensninger på antall parkeringsplasser i en sone.

Beskrivelsen av parkering i sonene påvirker ikke metode for å benytte innfartsparkering, hvor parkeringsplassene defineres opp i separat datafil (se avsnitt 3.5.4).

5.7.4 Omfordeling av timetrafikk som følge av timebaserte bompenger

Rekdal og Hamre (2011) beskriver en metode for å endre reisetidspunkt for enkelttimer i rushperiodene ved bruk av en enkel logit-modell hvor timedifferensierte bompenger og reisetid inngår i nyttefunksjonene. Denne metoden er implementert i RTM som en opsjon til kjøringen. Resultatet av metoden er refordelte timesmatriser for biltrafikk. Totalt endres ikke antall turer for hele morgenrush- og ettermiddagsrushperioden, og likeså blir ikke etterspørselen i Tramod-by endret. Denne metoden kjøres etter siste iterasjon over etterspørselsmodellen og påvirker kun timesmatriser for fossilbil i nettutlegging og trafikantnytte.

5.7.5 Avstandsbånd

Korte reiser: inntil 70 km

Tramod-by beregner etterspørsel etter turer på med reiselengde opp til 70 km basert på avstandsmatrisen for bilfører. I praksis settes begrensningen på 150 km for å sikre at destinasjonssoner kan nås både i før- og ettersituasjonene ved for eksempel fergeavløsningsprosjekt. Erfaringsmessig viser reiselengdefordelingen av turmatriser fra Tramod-by at det blir produsert få turer over 50 km.

Lange reiser: over 70 km

Transportmodellen NTM6 for lange og mellomlange månedlige reiser (Rekdal et al., 2014) beregner turmatriser for lange og mellomlange reiser. NTM6 har samme reisehensikter som de korte reisene fra Tramod-by, men i tillegg til reisemidlene fra RTM beregner NTM6 en matrise for flyreiser. De øvrige kollektivreisemidlene er samlet i en turmatrise for kombinerte kollektivturer. NTM6 beregner to separate sett med turmatriser for alle reisemiddel og -hensikter i NTM6-modellen:

- Mellomlange reiser mellom 70 og 200 km
- Lange reiser lengre enn 200 km.

5.7.6 Kollektiv

Ventetid i kollektivtrafikk

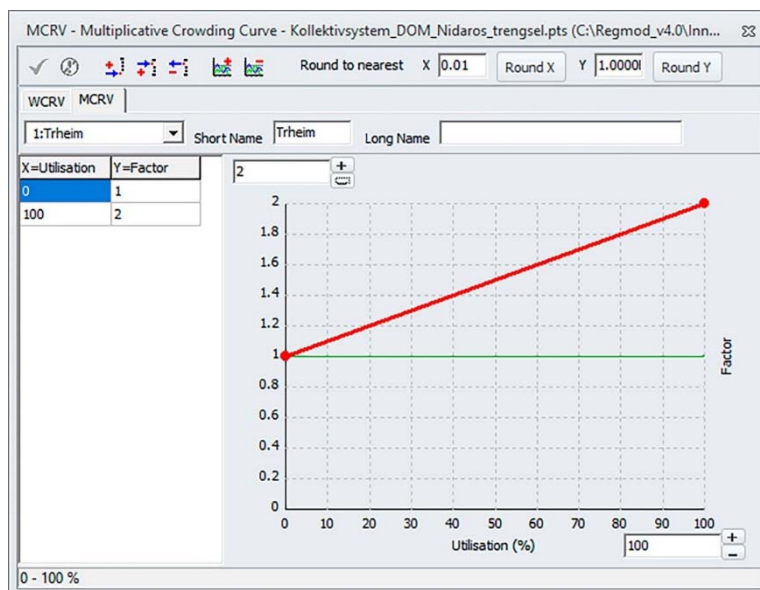
I beregning av ventetid i kollektivtrafikk, enten første påstigning eller ved bytte, antas det at de reisende ankommer på holdeplassen på et tilfeldig tidspunkt og at det ikke er korrespondanse. Gjennomsnittlig ventetid blir da 50% av tid mellom de avgangene som kan benyttes til destinasjon. Hvis en holdeplass betjenes av en buss dit man skal med en avgang i timen, blir ventetiden en halvtime. Hvis det er en halvtime mellom avgangene, eller at to ulike bussruter med timesfrekvens kan benyttes, blir gjennomsnittlig ventetid et kvarter. RTM benytter ikke rutetabellene for å beregne avgangstidspunkt fra holdeplassene, slik at flere tilgjengelige ruter får en gjennomsnittlig fordeling over timen (Kwong, 2018). Ventetiden på kollektivmiddel er begrenset oppover til to timer.

Som regel vet de reisende som benytter kollektivtrafikk til sine daglige reiser når avgangene er, og de vil ikke stå og vente spesielt lenge på en avgang. Man kunne dermed tenke seg å ikke modellere spesielt lange ventetider på holdeplassene, men da vil man få noen modelltekniske utfordringer. Spesielt vil det å øke frekvensen på et kollektivtilbud ikke føre til at tilbudet blir mer attraktivt i modellen. Dette kunne løses ved at tid mellom avganger inngår i nyttefunksjonene i etterspørselsmodellen, men det vil være svært vanskelig å konstruere LoS-data som inneholder tid mellom avganger når flere ruter kan benyttes. Kort ventetid uavhengig av frekvens vil også gi problemer med beregning av trafikantnyttens av kollektivtiltak. Redusert tid mellom avganger vil ikke føre til økt nytte.

I kollektivberegningene i modellen blir det ikke delt på faktisk ventetid og skjult ventetid. Når man skal reise kollektivt vil lav frekvens føre til mindre fleksibilitet og mer skjult ventetid.

Trengsel om bord i kollektivtrafikk

Det er fra og med RTM versjon 4 introdusert en mulighet for å definere såkalte ulempekurver for trengsel om bord i kollektivtransport. Bruk av disse krever at en har kodet kapasitet om bord i kjøretøyene på de ulike rutene for hele modellområdet. Ulempekurven beskriver sammenhengen mellom utnyttelsesgraden (antall om bord delt på kapasitet) og opplevd ulempe, gitt ved en faktor på ombordtid. Denne må defineres av brukeren. Hvordan dette gjøres er gjennomgått i teknisk dokumentasjon til modellen. Det bør defineres ulike ulempekurver for ulike typer kjøretøy, ettersom ulempen forbundet med utnyttelsesgraden avhenger av forholdet mellom antall sitte- og ståplasser.



Figur 39 Ulempekurve som funksjon av kapasitetsutnyttelse om bord

5.7.7 Elbil

Elbilsalget i Norge har eksplodert siden RVU2013/14, som Tramod-by ble estimert på, ble gjennomført. I RTM skiller det ikke på ulike biltyper i beregning av bilførerturner. Siden versjon 4.2 av RTM ble det gitt mulighet til å angi bom- og fergetakster for elbil spesielt, og siden versjon 4.3 blir det produsert turmatriser spesielt for elbil. Andel av eierskap av elbil i soner inngår som en del av sonedata. Dette benyttes i beregning av turmatriser i Tramod-by

5.7.8 Fritidstrafikk

RTM beregner kun yrkesdøgntrafikk, altså mandag til fredag. Årsdøgntrafikk beregnes deretter gjennomsnittlig som $0,9 \cdot \text{YDT}$ for de enkelte veglenkene. Typiske reiser forbundet med helg og fritid, som reiser til hytta, gjenspeiles derfor ikke i modellen. Dette fører til at beregnede trafikknivåer på typiske utfartsveier kan bli for lave i forhold til tellinger, ettersom denne typen veier gjerne har mer trafikk i helgene enn på hverdager. Et eksempel på dette er Rv. 13 mot Myrkdalen, der RTM beregner en ÅDT på ca. 100, mens trafikktelling viser 1500.

5.8 Rapportering av en transportanalyse med RTM

En analyse med RTM bør dokumenteres, og selv om innholdet vil variere med analyseformålet vil det alltid være visse ting som bør med. Dette kapittelet beskriver noen av de viktigste.

5.8.1 Hva bør inngå i en rapport fra en beregning?

Dette delkapitlet gir et forslag til hva som bør inngå i rapporteringen fra bruk av RTM i en transportanalyse med vekt på modelletablering, bruk av modellen og resultater. Dette kan være en egen rapport i en større analyse eller et kapittel i en mer avgrenset analyse.

Introduksjon

Innledningsvis bør prosjektet presenteres, gjerne med kart og beskrivelse av særtrekk ved området der prosjektet skal bygges, også med beskrivelse av transporttilbudet slik det er nå, inkludert eventuelle utfordringer. Prosjektet bør forklares, hvilke vurderinger som er gjort, om det er gjort transportanalyser

tidligere hvor prosjektet har inngått, hvilket plannivå det tilhører, hvilke problemer det skal avhjelpe og hvilke alternativer som er foreslått.

Transportanalysen bør også presenteres, hva formålet med analysen er, hvilke krav som stilles til analysen, hvilke valg som er tatt innledningsvis; hvilke beregningsår, oversikt over scenarioer gjerne med en kort beskrivelse og korte beskrivende navn. Dessuten kan det være lurt å tidlig spesifisere hvilke resultater som er kritisk for beslutninger basert på transportanalysen.

Modelletablering

Beskrivelsen bør dekke hvilken modell som er opprettet/benyttet, influensområdet, hvilket år basisscenarioet er laget for og eventuelle valg eller justeringer som er gjort i modellen. Det vil også være nyttig å angi hvem eller hvilket miljø som har satt opp modellen.

Rapporten bør ha med beskrivelse av datagrunnlag for validering, kalibreringsgrep og en sammenligning mellom observerte og modellerte verdier. I tillegg bør det gjøres en vurdering av modellens egnethet til å gjenspeile dagens situasjon og til å fange opp effekter av tiltakene. Dersom modellen bare delvis dekker analysebehovet, bør det skisseres hvordan dette vil tas hensyn til.

Rapporten bør inneholde en oversikt over alle inndata med dato og kilde (se også kapittel 3 side 37). Her kan det også gis en oversikt over data som tenkes brukt i følsomhetsanalyser.

Scenarioer og forutsetninger for dem

Hvert enkelt scenario bør beskrives med forutsetninger for beregningen og resultater fra beregningen. Dersom scenarioene består av en rekke tiltak, bør det vurderes å gjøre egne beregninger av hvert tiltak for å synliggjøre effektene av enkelttiltak ettersom ulike tiltak kan forsterke hverandre eller utjevne hverandre.

I dette kapitlet kan det være nødvendig å sammenligne beregningene også med tidligere gjennomførte beregninger av samme tiltak, og synliggjøre årsakene til eventuelle avvik i beregningsresultat.

Følsomhetsanalyser gjøres ved beregning av egne scenarioer hvor en og en variabel, og noen ganger - flere variabler, endres for å teste hvor stort utslag de gir på resultatene. Det gir et grunnlag for vurdering av usikkerhet i beregningene. Forutsetninger og beregningsresultat av følsomhetsanalyser kan som regel presenteres på en enklere måte enn hovedscenario.

Tilleggsberegninger som gjøres i andre verktøy eller med andre metoder knyttet til scenarioene bør også presenteres her.

Sammenligning av resultater

Dette er kanskje det mest interessante kapitlet for planleggere og beslutningstakere, og formålet er å forklare effekter av prosjektet på transportetterspørselen. Dessuten skal man vise forskjeller mellom de ulike alternativene. Dersom det finnes dokumenterte erfaringer med tilsvarende prosjekter, kan resultatene vurderes opp mot dem. Forskjeller mellom scenarioene, og en eventuell rangering, kan også drøftes i lys av usikkerhet i resultatene, blant annet vist gjennom følsomhetsanalyser.

5.8.2 Tolkning av modellresultater i lys av usikkerhet

Usikkerheten ved resultatene, hva som er kildene til den, og hva som er gjort for å håndtere den, er spesielt viktig for at en leser skal kunne tolke resultatene som presenteres. Rapporteringen bør blant annet forholde seg til innholdet i kapittel 5.7, men ikke utelukkende: enhver analyse har andre spesifikke forutsetninger og antakelser som må redegjøres for.

Beregningene er framskrivninger

Resultatene fra RTM er framskrivninger. Ved å kjøre RTM spør man: basert på observasjoner av hvordan et utvalg av befolkningen har tatt transportvalg tidligere, og gitt at befolkningen, arealbruken og transporttilbudet fortsetter i samme retning som de siste årenes utvikling, hvordan blir transportetterspørselen frem i tid? Og hvordan vil et tiltak slå ut gitt disse forutsetningene?

Målet med RTM er med andre ord *ikke* å se inn i krystallkulen og anslå fremtiden. Da måtte man ha forsøkt å forutse endringer i teknologi og samfunn på en helt annen måte, og ikke bare fremskrive historiske trender. Et nærliggende eksempel er elsparkesykler: disse ble populære i de største byene etter reisevaneundersøkelsen i 2013/14, og dermed er de ikke tatt hensyn til i etterspørselsmodellen, og ikke i RTM. En kjøring av RTM for 2020 vil bli «feil», ettersom disse turene ikke er med. Likevel vil RTM kunne gi en god pekepinn på effektene av et tiltak, og spesielt sammenligne ulike scenarier.

Overforklare resultater

Analysene skal vise og forklare resultatene fra beregningene. Det er viktig her å forklare hvilke forutsetninger og forenklinger beregningene bygger på slik at resultatene framstår i en riktig kontekst. Noen vanlige misforståelser kan være greit å unngå:

Ikke forklar resultatene fra beregningene med mekanismer som ikke beregningene tar hensyn til. Et eksempel er økningen i el-syssel-andelen eller bruk av ulike mikromobilitetstjenester. Dette er transportmidler som i økende grad er blitt tatt i bruk og som har andre egenskaper enn ordinære sykler, og sparkesykler finnes ikke i modellen. Dersom disse egenskapene ikke er reflektert i modellen i dag, er ikke dette noe som kan påvirke beregningene. Derimot kan det ha en betydning for valg av reisemiddel i virkeligheten og derfor bør modellresultatene kommenteres i lys av en forventet utvikling. Se kapittel 5.7 for en gjennomgang av mekanismer i modellen som kan føre til misforståelser.

Bruken av de faste matrisene kan også føre til feiltolkninger. Disse inngår i modellen for å sikre at all trafikk er med i totaltall og på lenkevolum presentert i analysen. I og med at disse er faste, vil ikke fra-til-mønster eller reisemiddelvalg endre seg på grunn av et tiltak. De kan imidlertid endre rutevalg dersom det finnes alternativer. Det betyr at dersom man setter en svært høy bomtakst på en bomstasjon på en lenke som er eneste mulighet for disse trafikantene, vil de benytte denne lenken uansett hvor høy taksten er. I virkeligheten er selvsagt ikke dette realistisk. Trafikantene har en grense for hvor mye de vil være villig til å betale, og vil finne andre måter å løse dette på dersom bomtaksten ble urimelig høy. *Det vil ikke være riktig å kommentere i analysen at disse ikke bryr seg om at bomtaksten er høy, selv om det kan framgå slik fra beregningene.*

Noen av beregningsrutinene er lagt inn i transportmodellen som en mulighet uten at de er godt begrunnet i empiri. Det gjelder kollektivfelt, omfordeling av timetrafikk, virkning av trengsel om bord i kollektivmidler. Kapittel 5.7 forklarer hvordan disse beregningsrutinene fungerer og hvilke forutsetninger som er lagt til grunn. Men modellen er ikke smartere enn de data den bygger på, derfor er det grunn til å tolke slike resultater med sunn skepsis.

5.8.3 Følsomhetsanalyser

Følsomhetsanalyser brukes for å finne ut hvordan ulike verdier på uavhengige variabler påvirker de avhengige variablene. De uavhengige variablene i RTM er alle mulige inngangsdata og parametere, mens de avhengige variablene er resultater fra RTM. Følsomhetsanalyser kan også kalles en Hva-Hvis-analyse. Følsomhetsanalyser gjøres ved at man gjør en beregning hvor man justerer inngangsdata eller parametere, gjerne basert på hvor usikre tallene er for å anslå hvor mye usikkerhetsbidrag som kommer av disse. Man justerer da gjerne én og én variabel.

Følsomhetsanalyser bør som et minimum gjøres for ulike prognoser for sonedata i enhver transportanalyse. Hvilke andre følsomhetsanalyser som bør gjøres er avhengig av hva som skal

analyseres, men takster i bommer og kollektivsystem, inntektsnivå og bilholdsutviklingen er sentrale variabler.

5.8.4 Lagring av modellberegninger

Rapportering trenger ikke begrenses til en rapport. Selv om det ikke er gjort i særlig grad hittil, bør ferdige modeller (ekskludert Resultater, som er unødvendig for reproduisering av beregningene og tar mye plass) deles under erommet for NTP-Transportanalyse (under03 Prosjektanalyser>02 Ferdige analyser). Dette gjør at andre enkelt kan laste dem ned, inkludert riktig modellversjon, for kvalitetssjekk og backcasting-analyser. Ved opplasting av modellresultat er det viktig å være pragmatisk med tanke på størrelse av filer. Hvilke filer må tas vare på for å senere se på resultatene, og hvilke filer tar bare stor plass uten at disse kan bidra til å se på resultater. Erfaringsmessig er rutevalgsfilene for kollektivtrafikk svært store uten at de kan benyttes av etteranalyser eller interaktiv visning.

Gjenskaping av modellresultat

RTM er en deterministisk modell og dermed skal modellresultat kunne gjenskapes ved å kjøre modellen med eksakt de samme inndata og betingelser som den opprinnelige kjøringen. Vår erfaring er at det krever at gjenskaping av en kjøring krever svært nøye og detaljert gjennomgang av modelloppsettet.

6 Viktige begrep og konsepter innen transportanalyser

Dette kapitlet forklarer og drøfter noen viktige begreper og introduserer sentral teori som brukes i transportanalyser.

6.1 Hva man snakker om når man snakker om modell

Ordet modell brukes ofte og ofte om ulike ting når vi snakker om transportmodeller. Det kan være men i RTM, delområdemodeller, undermodeller, etterspørselsmodeller og modeller for spesifikke geografiske områder, som for eksempel Hønefoss-modellen. Man snakker gjerne om ‘modellen’ uten at det nødvendigvis er gitt hva man snakker om dersom man ikke er kjent med konteksten. Dette kan skape unødvendig forvirring.

‘Modell’ brukes om noe som gir en forenklet beskrivelse av virkeligheten. Dermed er RTM i seg selv en modell, men er også sammensatt av mange mindre modeller som beskriver sammenhenger på mer detaljert nivå. For eksempel kalles en rutine for å bestemme hastighet på hver lenke i nettverket for et gitt reisemiddel en fartsmodell, og Tramod-by er navnet på etterspørselsmodellen i RTM, som utgjør ett av stegene i beregningene i RTM (og Tramod-by inneholder også flere delmodeller – det er i grunn modeller hele veien ned).

Når man i stedet snakker om for eksempel Hønefoss-modellen er dette en konkret implementering av RTM for et bestemt geografisk område rundt Hønefoss. Da er det gjerne bestemt hvilken avgrensning man mener er hensiktsmessig for analysebehovet, og det er utarbeidet inndata og kalibrert parameterverdier spesifikt for dette området. Ofte brukes RTM med denne spesifikke avgrensningen for flere analyser for Hønefoss, og den blir da regnet som en “standard” for modellering av persontransport i området, selv om en versjon av Hønefoss-modellen kan være ulik en annen avhengig av hvilke andre data og antakelser som er gjort i modelloppsettet for øvrig. Dermed etableres disse navnene i dagligtalen i analysemiljøet uten at det betyr at disse modellene er ‘ferdige’ og ikke skal endres eller kontrolleres – brukeren må alltid passe på at modellen er oppdatert, har riktige inndata, parametere og innstillinger for de spørsmålene man ønsker å besvare.

6.2 Modellnivå, hvilken modell skal benyttes når

Hvilken modell som bør brukes i en analyse avhenger av hva analysen skal gi svar på. Normalt tenker man at dess lenger tidshorisont på prognosene dess mindre vet man om detaljer og dermed vil en grovere detaljering være tilstrekkelig. Tiltakene som skal vurderes kan være strategiske, taktiske eller operasjonelle. Disse henger ofte sammen med tidshorisont ved at de strategiske har langt tidsperspektiv, operasjonelle har kort tidsperspektiv og taktiske har et tidsperspektiv på mellomlang sikt.

Det operasjonelle nivået i denne sammenhengen er nært knyttet til **hvordan** man praktisk skal iverksette en bestemt løsning best mulig. Et eksempel på en operasjonell analyse er optimalisering av kryssregulering, gjerne for å gi bedre framkommelighet gjennom ett kryss, enten generelt eller for spesifikke trafikanter, for eksempel busser. I slike analyser er det behov for en detaljert beskrivelse av transportsystemet og trafikkgrunnlaget.

I en taktisk analyse vil man finne ut hvordan man kan oppnå en bestemt målsetting, men man må gjerne veie flere hensyn opp mot hverandre. Man må kanskje prioritere mellom ulike trafikanter. Et

eksempel på en taktisk analyse er vurdering av trafikksituasjonen i et byområde, hvor man vurderer hvor de ulike trafikkstrømmene bør gå og eventuelt prioriteres.

Strategiske vurderinger er gjerne knyttet til langsiktige planer eller tiltak for å nå et eller flere bestemte mål. Strategisk planlegging handler mer om **hvilke tiltak** man prioriterer mer enn hvordan disse skal utformes. Et eksempel på strategisk planlegging er alternative vegtraséer for en ny forbindelse. I slike analyser er det behov for å få med de viktigste egenskapene med transportsystemet og trafikkgrunnlaget, men detaljer er mindre viktig.

Strengt tatt kan man da knytte tilgjengelige analyseverktøy til de ulike nivåene, hvor SIDRA er et eksempel på et verktøy på operasjonelt nivå, Aimsun på taktisk nivå og RTM på strategisk nivå.

De ulike nivåene som er beskrevet over har også en geografisk dimensjon, ved at operasjonelle analyser er svært lokale, for eksempel et enkeltkryss, taktiske gjerne er for et byområde, mens strategisk gjerne er en bykommune eller større.

Det finnes analyseoppgaver som krever bruk av flere verktøy og som ligger mellom disse nivåene. Et eksempel er fremkommelighetsproblemer i bystrøk som kanskje må løses både gjennom mer detaljerte studier om hvordan man styrer trafikken, ved bruk av Aimsun eller Sidra, og mer overordnede strategiske grep som å begrense biltrafikken og tilrettelegge for alternative transportformer.

De siste årene er det blitt stadig større behov for et analyseverktøy for strategiske analyser i byområder som dekker alle trafikantgrupper. Byvekstberegningene er eksempler på analyser hvor slike verktøy etterspørres, og gjelder kanskje spesielt for taktiske og strategiske beslutninger knyttet til kollektivtransport, syklende og gående. Et eksempel kan være hvor man vil bygge sykkelbane. Slike analyser er mer lokale, og de krever en større detaljeringsgrad enn det som har vært vanlig i strategiske analyser og er mer orientert mot løsninger for grønne transportformer enn det som har vært vanlig tidligere. Det er et mål å utvikle RTM for å dekke dette behovet bedre eller alternativt utvikle et nytt verktøy som er mer tilpasset byanalyser.

6.3 God strategisk modell

Hvilke egenskaper som definerer en god transportmodell er avhengig av kontekst og det kan nok også være ulike synspunkter på dette. Her er det trukket fram aspekter ved en modell som kanskje kan brukes som utgangspunkt for å beskrive modellens egnethet til spesifikke analyseoppgaver.

En god modell passer til den analysen man vil bruke den til. Det betyr at det er analysen som bestemmer hvilke egenskaper med modellen som er viktig. Man må derfor vite en del om hvilke forklaringsfaktorer som er viktig for den analysen som skal gjennomføres og hvilke typer resultater som er viktige for analysen.

Gitt at man har analysen i tankene ved vurdering av en transportmodell, kan følgende kriterier brukes:

- Den beskriver dagens transporttilbud og planlagte endringer i dette på en realistisk måte
- Den beskriver hvor folk bor og hvor det er arbeidsplasser og ulike aktiviteter som folk reiser til
- Den har med relevante faktorer som forklarer trafikantenes valg
- Den har en valgmodell som gjenspeiler hvordan forklaringsfaktorene virker sammen
- Den har parametere som gjenspeiler hvordan trafikantene vektlegger ulike variabler og som er statistisk signifikante
- Den er transparent, godt dokumentert og enkel å bruke, slik at den brukes riktig
- Den gir plausible og realistiske resultater.

Det kan sikkert finnes flere momenter også, litt avhengig av hva man legger i de ulike punktene over. Det som også er sikkert er at det er flere sider ved en transportmodell som kan måles langs en egnethetsskala, både en teoretisk side og en praktisk side. Ulike brukere vil sannsynligvis vurdere dette forskjellig. Brukergrensesnittet i RTM er laget slik at brukeren kan få til å kjøre en beregning med modellen uten at man kan så mye om innmaten. Man trenger for eksempel ikke å ta stilling til hvilke matriser som skal brukes hvor, dette er gjort klart på forhånd. Andre bruker ikke brukergrensesnittet, men kjører egne varianter av beregninger med etterspørselsmodellen Tramod-by og nettanalyseprogrammer og andre delkomponenter som dekker egne behov og preferanser. Uansett hvordan man bruker modellen vil det være å viktig å dokumentere hva som er gjort for å sikre at analysen kan etterprøves.

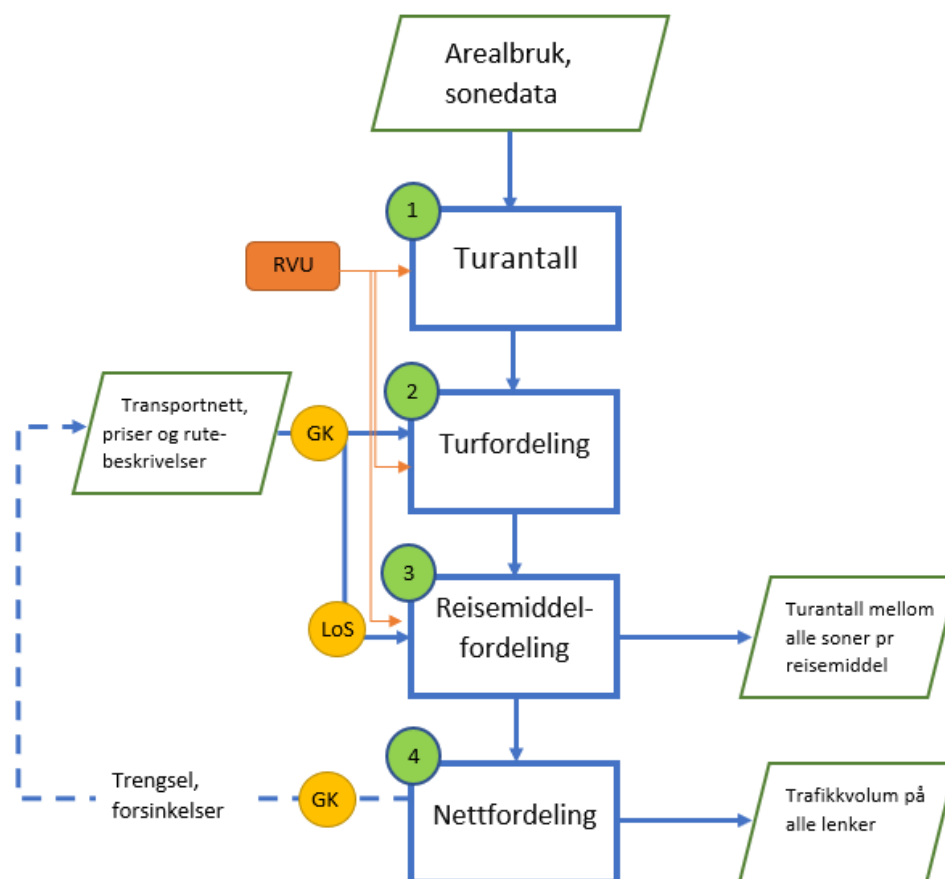
6.4 Firetrinnsmetodikken

Firetrinnsmetodikken ble utviklet på 1950-tallet for å beregne trafikkprognoser. De fire trinnene er turproduksjon, turfordeling, reisemiddelfordeling og nettfordeling og representerer fire valgdimensjoner: 1) å reise, 2) hvor skal man reise/destinasjonsvalg, 3) hvilket reisemiddel/reisemiddelvalg og 4) langs hvilken rute/rutevalg. Tradisjonelt var firetrinnsmodellen bygget opp sekvensielt, slik at resultater fra forrige beregningstrinn var inndata til neste beregningstrinn.

Etterspørselsmodellen Tramod-by beregner de tre første trinnene i firetrinnsmetodikken i en hierarkisk valgmodell. Trinnene i firetrinnsmetodikken utgjør nivå i den hierarkiske valgmodellen og variablene knyttet til hvert nivå tilsvarer variabler i en sekvensiell modell. I en hierarkisk logitmodell knyttes nivåene sammen gjennom spesielle variabler kalt logsumvariabler. Det betyr for eksempel at det samlede transporttilbudet til en gitt sone er med på å påvirke hvor attraktivt det er å reise til denne sonen i forhold til andre soner.

Tabell 1: Trinn i firetrinnsmetodikken

Trinn	Beregning	Valg
1	Turproduksjon	Foreta en reise
2	Turfordeling	Destinasjonsvalg
3	Reisemiddelfordeling	Reisemiddelvalg
4	Nettfordeling	Rutevalg



Figur 40: Skisse som viser beregningsgangen i firetrinnsmetodikken

6.5 Scenario, referanse, tiltak

Et **scenario** i transportmodellen er en beregning basert på en gitt kombinasjon av inndata, og en samling scenarioer (med samme geografiske utstrekning), med ulike beregningsår og trafikktilbud eller sonedata utgjør en modell. En kjøring av et scenario gir et datasett med resultatfiler. Et scenario kan være følgende:

- Dagens situasjon. Dette er det scenarioet som modellen er kalibrert for. Det er i praksis et år hvor man har data å kalibrere modellresultater mot
- Referansesituasjon for et gitt framtidig år. Med referanse menes som regel en tenkt situasjon med vedtatt boligutbygging/befolkningsvekst og planlagt infrastrukturbygging. Referanse omtales også som sammenligningsalternativ
- Tiltak eller tiltaksalternativ beskriver en tenkt utbygging eller endring fra referansesituasjonen. I denne typen scenario må det velges hvilket scenario beregningen skal sammenlignes mot i differanseplott og i nytte-kostnadsberegninger.

Modellen gjennomfører beregninger likt uavhengig av om scenarioet er et tiltak eller en referansesituasjon. Effekten av tiltaket er differansen mellom tiltaksalternativ og referansesituasjonen for samme år.

6.6 LoS-data, reisestandardbeskrivelse

Reisestandardbeskrivelser, oftest kalt Level of Service-data eller bare LoS-data, er data som inneholder «kostnader» forbundet med å reise mellom hver sone i nettverket.⁹ Dette kan være direktekostnader (i kroner), tid eller avstand.

Hvert tilgjengelige reisemiddel har hvert sitt sett med LoS-data, som kommer i form av matriser – en for hver type «kostnad». Kollektivtransport, for eksempel, vil kunne ha mange: en for om bordtid, en for ventetid, en for billett-kostnader, en for gangavstand til og fra holdeplass, og så videre. Hver celle i matrisen angir kostnaden for ett sonepar, og en LoS-matrise har derfor samme størrelse som OD-matrisene.

Kostnadene i LoS-matrisene bestemmes ved å skimme nettverket, som vil si å summere opp verdiene langs den aktuelle rute i nettverket, beskrevet i avsnitt 2.4.

6.7 Tidsverdier

Tidsverdier er faktorer som kobler sammen tidsbruk og en kroneverdi, slik at tid brukt på reisen kan måles i en kroneverdi. Man kommer fram til tidsverdier gjennom å studere avveininger trafikantene gjør, for eksempel ved hjelp av egne spørreundersøkelser; se verdsettingsstudien (Flügel et al., 2020). Tidsverdiene varierer etter både reisemiddel og reisehensikt.

Hvis reisen går med bil eller gange vil tidsverdien i de fleste tilfeller være konstant hele turen. For turer med kollektivtransport er det imidlertid flere deler av turen, tidskomponenter, og hver av dem har ulik tidsverdi. Som oftest måles verdien på de ulike tidskomponentene opp mot verdien på ombordtiden. Et eksempel er ventetid på holdeplass, som oftest har høyere tidsverdi enn ombordtid. Med andre ord er vi villige til å betale mer for å spare ett minutt ventetid, enn vi er for å spare ett minutt ombordtid, rett og slett fordi det er mer behagelig å være om bord enn å vente på holdeplass. For sykkel vektet tidsbruk ulikt etter ulik type infrastruktur (avsnitt 2.4.2, sykkel).

I RTM benyttes tidsverdier til beregning av trafikantnytte. En oppdatering av tidsverdier fra verdsettingsstudier vil ikke påvirke etterspørselen.

6.8 Generaliserte kostnader

Generaliserte kostnader er de samlede kostnader eller ulemper forbundet med å gjennomføre en reise på en bestemt måte. I RTM brukes generaliserte kostnader i nettfordelingen for å vurdere rutevalg opp mot hverandre, men de brukes også i andre analyser for å vurdere gjennomsnittlige effekter av tiltak for bestemte steder og/eller grupper, og er dermed et sentralt begrep innen transportanalyser.

⁹ Begrepet Level of Service brukes også om forholdet mellom trafikkflyt og kapasitet i vegnettet, men det er ikke relevant her.

Ortuzar og Willumsen (2011, s. 177) inkluderer tid, avstand og utlegg i sin definisjon av generaliserte kostnader. Balcombe et al. (2004, s. 39) har oppsummert bidragene til generaliserte kostnader med et restledd, men uten avstandsleddet. Den mest generelle definisjonen er dermed:

$$GK = a_0 + c + l \cdot p_l + \sum_i p_i \cdot t_i$$

hvor	GK	= generaliserte kostnader [kr]
	a_0	= restledd [kr]
	c	= billett-kostnader og andre direktekostnader [kr]
	l	= avstand [km]
	p_l	= avstandsavhengige kostnader [kr/km]
	p_i	= tidsverdi for tidskomponent i [kr/minutt]
	t_i	= reisetidskomponent i [minutter]

Formelen over kunne vært skrevet enda mer spesifikt hvis vi hadde knyttet beregningen til reisemiddel, reisehensikt og fra-til sonerelasjon. Selv om disse spesifikasjonene er droppet i formelen, vil selvsagt GK variere for de ulike sonerelasjonene, og a-ene, p-ene og t-ene kan også variere for reisemiddel og reisehensikt.

Avstandsavhengige kostnader kan være inkludert i direktekostnadsleddet for å få med utgifter til drivstoff og avskrivninger og drift av et kjøretøy. Det viser seg imidlertid at trafikantene i liten grad selv tar hensyn til slike kostnader når de bestemmer seg for om de vil gjennomføre en reise og hvordan. Det er viktigst å inkludere de beslutningsrelevante komponentene i generaliserte kostnader, og å vekte komponentene i henhold til den ulempen trafikantene *opplever* med dem.

6.9 Nettfordeling og likevekt

I nettfordelingen fordeles turene fra OD-matrisene i nettverket. Dette gjøres for alle reisemidlene etter tur. I avsnitt 2.3.4 beskrives de metodene som er benyttet i RTM. Det må skilles på nettfordeling av trafikk på veg og trafikk på et kollektivtilbud. Dette avsnittet omhandler nettfordeling av biltrafikk.

Det finnes mange måter å fordele turene i nettverket på, men den kanskje enkleste er å, for hvert sonepar i nettverket, identifisere den korteste ruten (eller den med lavest GK), og legge alle turene som går mellom soneparet ut langs denne. Dette kalles All-or-nothing-assignment (Sheffi, 1984). I mange tilfeller gir denne metoden et godt nok resultat, men det oppstår spesielt problemer når nettverket har kapasitetsproblemer: trafikkmengdene nærmer seg kapasiteten i enkelte deler av nettverket, og det blir trengsel og reduserte kjørehastigheter. Når det oppstår forsinkelser vil andre rutevalg mellom to soner bli mer aktuelle og deler av trafikken vil velge disse alternative rutene.

Når nettfordelingen er beregnet ferdig skal det i følge Wardrops prinsipp (Wardrop & Whitehead, 1952) være en brukerlikevekt slik at det ikke skal være mulig å velge en ny rute som går raskere, eller gir mindre generalisert kostnad. Dette prinsippet krever at alle trafikantene søker å optimalisere sin egen reise samtidig som at de er fullt ut informert om kostnadene forbundet med alle alternative ruter. I en strategisk modell kan vi anta at de fleste trafikantene har valgt den ruten som gir dem laveste reisekostnader, selv om daglige variasjoner i trafikkmønster fører til at dette stort sett ikke er tilfelle.

For videre lesning om nettfordeling og likevekt, se Sheffi (1984) og Bell (1997).

6.10 Bruk av reisevaneundersøkelser (RVU)

Reisevaneundersøkelser (RVUer) er en systematisk kartlegging av reisemønster. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen i Norge er gjennomført jevnlig siden 1985. Man ber et representativt utvalg av befolkningen om informasjon om dem selv, om hvilke reisemuligheter de har og om alle deres private turer for en bestemt dag. Undersøkelsen kan besvares gjennom et telefonintervju eller selvutfylling på web (Hjorthol et al., 2014).

RVUer har to viktige funksjoner når det gjelder RTM. Den viktigste er at de brukes til å **estimere parametere** til etterspørselsmodellen Tramod-by. Dette gjøres på nasjonalt nivå. Grunnlaget for estimeringen er grovt sett at valgalternativene beskrives gjennom ett sett av variabler for respondentene. Verdien på variablene hentes fra RTM for å få en konsistent beskrivelse. RVUen viser hva respondentene faktisk valgte. Parameterne bestemmes så slik at fordelingen av de faktiske valgene blir de mest sannsynlige.

I tillegg brukes RVUen til **rammetallskalibrering**. Prosessen justerer konstantleddet i nyttefunksjonene for reisemiddelfordelingen, slik at fordelingen stemmer med RVU-data lokalt.

6.11 Valgmodeller

Som vist i Figur 40 består en firetrinnsmodell av fire delmodeller som predikerer de ulike valgene forbundet med en reise. Det finnes ulike strategier for modellering av valg, men en mye brukt type modell i transportsammenheng er multinomiske logitmodeller. Disse egner seg når utfallsvariabelen er et valg mellom et lite antall diskrete alternativer som ikke rangeres, som for eksempel valg mellom ulike reisemiddel.

I en multinomisk valgmodell (Ben-Akiva & Lerman, 1985) setter man opp et uttrykk for nytten (U , for utility) forbundet med hvert alternativ. I praksis har nytten ofte negativt fortegn: man regner inn kostnader, tidsbruk, avstand og andre ulemper forbundet med hvert reisemiddel. Eksempelvis kan et nytteuttrykk for sykling kan se slik ut:

$$U_{sykkel} = ASC + \beta_{tid} \cdot tid + \beta_{avstand} \cdot avstand + \beta_{kvinne} \cdot kvinne + \varepsilon$$

der

- U_{sykkel} = nytten forbundet med å velge sykkel (for en gitt person og et gitt sonepar)
- ASC = alternativ-spesifikk konstant
- β = parameterne som estimeres i valgmodellen, og angir nyttebidraget fra hver variabel
- tid = variabel for tidsbruk på sykkel mellom sonene
- avstand = variabel for avstand mellom sonene
- kvinne = dummy-variabel for kjønn: 1 hvis kvinne, 0 hvis mann
- ε = restledd

og uttrykket for sannsynligheten for å velge sykkel er:

$$P(sykkel) = \frac{e^{U_{sykkel}}}{\sum_i e^{U_i}}$$

Nevneren i brøken i formelen er summen av eksponentene av alle nyttefunksjonene for hvert reisemiddel i valgmodellen. Dermed blir summen av alle sannsynlighetene (P) lik 1.

Størrelsen på U har ikke noen praktisk betydning, og er bare relevant sammenlignet med nytteuttrykkene for de alternative reisemidlene i valgsettet. Betaene i uttrykkene er parameterne som er funnet ved hjelp av estimering på en reisevaneundersøkelse.

ASC kalles også konstantleddet, og fanger opp preferansen for hvert reisemiddel (alt annet likt) relativt basisalternativet, som har $ASC=0$. Hvilket alternativ som er basisalternativet er vilkårlig. Om gange er basisalternativet og sykkel har en høy, positiv ASC, vil dette indikere at man liker bedre å sykle enn å gå, selv om summen av variablene vektet med parameterne i resten av nytteuttrykkene er like.

Epsilon er et feilledd, som er en stokastisk variabel – vi kjenner den ikke, for den inneholder alle de faktorene vi ikke har observert og inkludert i nytteuttrykket, men som likevel påvirker valget. Til grunn for logitmodellen ligger en antakelse om at sannsynlighetsfordelingen til epsilon er logistisk.

7 Ordliste

Agentbaserte transportmodeller: Agentbaserte transportmodeller kjennetegnes ved at de modellerer enkeltvis autonome individer, som har ulike preferanser og tar beslutninger som påvirker hverandre. Disse skiller seg fra tradisjonelle firetrinnsmodeller (som RTM), som modellerer trafikkstrømmer.

Aktivitetsbaserte transportmodeller: Aktivitetsbaserte modeller tar i større grad enn tradisjonelle firetrinnsmodeller hensyn til aktivitetene som personer foretar i løpet av en dag. Aktivitetenes tidspunkt beregnes først, og deretter finnes turkjedene mellom dem. Aktivitetsbaserte innfallsvinkler er mer varierte enn firetrinnsmodeller, men tar gjerne hensyn til starttid på døgnet, aktivitetenes varighet, interaksjon mellom husholdningsmedlemmer og sammenheng mellom aktiviteter i løpet av en uke.

Aimsun: Programpakke for mesoskopisk modellering av trafikkstrømmer, brukes ofte for evaluering av kapasitet i mindre deler av veinettet i byområder.¹⁰

Alternativ-spesifikk konstant (ASC): Parameter i valgmodeller som ikke henger sammen med en variabel. Kalles også konstantledd. Det er denne som justeres når man kalibrerer etterspørselsmodellen Tramod-by.

API: Programmeringsgrensesnitt mot annen applikasjon. Bruk av API gjør at et program kan kommunisere med et annet program eller nettsted ved bruk av et dokumentert sett med kommandoer.

ArcMap: Program for å lese, redigere, analysere, lagre og presentere geografiske data som en del av ArcGIS-programpakken fra Esri.¹¹ Brukes sammen med TNEst for redigering av nettverks- og rutedata til RTM.

Basisscenario: Modelloppsett for en «dagens situasjon», som man har trafikk tall for som modellen er kalibrert mot. Danner utgangspunkt for bygging av øvrige scenarier.

Buffer/bufferområde: Et område (belte) rundt modellområdet i en DOM som inkluderes i modellen for å ta hensyn til turer som enten går ut av eller inn i modellområdet fra området rundt. Disse beregnes ved å kjøre modellen for hele regionen som delområdet ligger i og eksportere turene som krysser delområdeavgrensningen til en eksternturmatrise (buffermatrise) som brukes som inndata i DOM-en. Se delkapittel 5.2.1 for en fyldigere beskrivelse.

Cube: Programpakke utgitt av Bentley Systems for etablering av makroskopiske transportmodeller. RTM er implementert i Cube.¹²

Delområdemodell (DOM): Betegnelse på en modell som har en mindre geografisk avgrensning enn de fem hovedregionene. En slik avgrensning er hensiktsmessig for å spare beregningstid, men krever at influensområdet for tiltakene man ønsker å modellere ligger innenfor delområdet. Eksternturer er statiske og påvirkes ikke av tiltak som er modellert i delområdet.

Deterministisk: At en modell er deterministisk vil si at et scenario gir akkurat samme resultat hver gang det kjøres. Ett sett av inndata skal gi eksakt samme resultat uavhengig av når eller på hvilken maskin det kjøres. Det kan imidlertid forekomme ørsmå forskjeller mellom maskiner, avhengig av

¹⁰ www.aimsun.com

¹¹ www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-desktop

¹² www.bentley.com/en/products/brands/cube

avrundingsregler, men det skal dreie seg om svært små forskjeller, typisk et par turer. Motstykket til en deterministisk beregning er en stokastisk en.

Differanseplott: Plott som viser forskjellen i lenkevolum på hver lenke (ved hjelp av tallvisning og graderte fargekoder) mellom det kjørte scenarioet og et sammenligningsscenario.

Direktekostnad: Utgifter i kroner. Begrepet brukes ofte for å skille utgifter fra andre «kostnader» forbundet med en reise, som tidsbruk og avstand.

Dynamisk/statisk: I RTM handler stort sett dette begrepsparet om turene: dynamiske turer er de som beregnes i etterspørselsmodellen, mens statiske turer er lagt inn som inndata. Kun den dynamiske etterspørselen vil reagere på modellerte tiltak. Imidlertid brukes begrepene iblant også i forbindelse med køproblematikk og fordeling av turer i nettverket. Da henviser statisk og dynamisk til modellens representasjon av tid. En dynamisk modell inkluderer valg av reisetid og interaksjoner mellom kjøretøy. En statisk modell, som RTM, representerer trafikken som gjennomsnittssituasjoner i gitte tidsintervall. Trafikken i ett intervall påvirker ikke trafikken i det neste.

EFFEKT: Statens vegvesens beregningsprogram for nytte og kostnader for vegprosjekter. EFFEKT kan benytte trafikkdata fra RTM og resultater fra trafikantnyttemodulen.

Estimere: Å estimere en modell vil si å bestemme parameterne i modellen basert på et datagrunnlag som omfatter de sammenhengene man ønsker at modellen skal beskrive. Ta for eksempel en enkel regresjonsanalyse der man observerer x og y et gitt antall ganger, og vil utlede en lineær sammenheng ($y = a + bx$) mellom de to basert på det datagrunnlaget. Når man gjennomfører regresjonen og finner a og b , har man estimert disse parameterne. Det finnes ulike strategier for å bestemme parameterne: i Tramod-by er det brukt maximum likelihood-estimering, som vil si at man har valgt parametre ut fra hvilke parametre det er mest sannsynlig at ligger til grunn for de observerte valgene. Estimering må ikke forveksles med kalibrering. En kalibrering justerer også parameterne, men bare for at resultatene fra modellen skal stemme overens med rammetallene for et gitt område.

Firetrinnsmodell: En type strategisk modell for å lage transportprognoser der beregningen foregår i fire trinn: turfrekvens, turfordeling, reisemiddelfordeling og rutefordeling. Et motstykke til firetrinnsmodeller er aktivitetsbaserte transportmodeller.

Generaliserte kostnader (GK): Et mål på samlet kostnad forbundet med en reise der de ulike komponentene (for eksempel billettpris, bomtakst, tidsbruk) er uttrykt i kroneverdi. Disse kostnadene inkluderer både direkteutgifter og tidsbruk. Tidsbruk omsettes i kroner ved hjelp av tidsverdi, som er et estimert mål på betalingsvilje for å spare ett minutt. Ulike tidskomponenter (ombordtid, ventetid, gangtid) kan ha ulik tidsverdi. Se også kapittel 6.8.

Geodatabase: En database for lagring av geografiske data. Brukes for å lagre nettverks- og rutedata for input til RTM.

Godsmodellen: Nasjonal godstransportmodell, modell utviklet av Transportøkonomisk institutt for beregning av varestrømmer og godstransport i Norge. Matriser fra godsmodellen benyttes som inndata til RTM (Madslie et al., 2012).

Grunnkrets: SSBs geografiske inndeling av landet til bruk som enhet i statistikk. Norge er delt inn i om lag 14 000 grunnkretser, og grunnkretser utgjør minste geografiske enhet i RTM. I forbindelse med RTM brukes begrepene grunnkrets og sone ofte om hverandre, ettersom sonestrukturen er den samme som grunnkretsinnndelingen.

Hierarkiske nodenumre: Grunnkretsnumre er et eksempel på hierarkiske nodenumre – av de åtte sifrene angir de to første sifrene fylket, de to neste kommunen, de to neste området i kommunen og de to siste grunnkretsen.

Influensområde: Området der man kan forvente at et tiltak vil kunne endre transportetterspørselen. Et influensområdes størrelse avhenger av den eksisterende infrastrukturen, befolkning- og arbeidsplassfordeling i området samt selve tiltaket. Se også delkapittel 5.2.1.

Internavstand: Uttrykk for gjennomsnittlig reiseavstand internt i en sone, altså for turer som starter og slutter i samme sone. I RTM blir ikke disse turene lagt ut på nettverket, og får derfor alle internavstand som turavstand.

Iterasjon: Hvor mange ganger man gjentar en prosess. Ved en iterasjon gjør man prosessen en gang, mens ved fire gjentas prosessen fire ganger. Iterasjoner gjør det (blant annet) mulig å tilnærme seg et resultat når man modellerer prosesser der ulike underprosesser påvirker hverandre simultant.

JSON: Tekstfilformat som er lesbart både for menneske og maskin. Parameterfilene i RTM er på JSON-format.

Kalibrere: Å kalibrere en modell vil si å justere modellens konstantleddparametre slik at resultatene stemmer overens med situasjonen i modellområdet. Dette er nødvendig fordi parametrene i Tramod-by gjelder hele landet, mens en modell for et bestemt område vil kunne ha andre forutsetninger og transporttilbud enn landsgjennomsnittet, og dermed gi gale resultater om parametrene ikke justeres for å speile dette. Når modellen gir resultater som stemmer overens med observerte reisemiddelvalg og trafikkmengder i et nåtidsscenario, er modellen kalibrert.

Konstantledd: Parameter i valgmodeller som ikke henger sammen med en variabel. Kalles også alternativ-spesifikk konstant. Denne parameteren gir uttrykk for det generelle konkurranseforholdet mellom ulike reisemiddel. Det er konstantleddene som justeres når man kalibrerer etterspørselsmodellen Tramod-by.

Lenke: Enhet i den geografiske representasjonen av transportnettverket. En lenke er en rett linje som knytter sammen to punkter, eller noder. En lenke i nettverket vil ha samme egenskaper for hele lenken, men ulike lenker som utgjør et nettverk kan ha varierende egenskaper.

Level of Service (LoS): Mål som ofte inngår i LoS-dataene er reisetid, reisekostnader og avstand. LoS-data er organisert i matriser, der hver celle representerer en sonerelasjon, og inneholder reisetiden/reisekostnadene/avstanden mellom de to sonene. Til sammen representerer disse dataene transporttilbudsnivået i modellområdet.

Logsum: Et mål for summen av nytten forbundet med de ulike valgalternativene i en valgmodell. Logsummen er ikke en størrelse som har noen objektiv betydning, men er relevant fordi den kan sammenlignes på tvers av valgsett: dersom to soneforbindelser har ulik logsum i en reisemiddelvalgmodell, vil man kunne argumentere for at soneforbindelsen med høyest logsum har et bedre transporttilbud totalt sett.

Makroskopisk: Modellnivå for stor skala og strategiske beslutninger. Kjentetegnes av lav detaljeringsgrad, regionalt eller nasjonalt modellområde og beregninger med trafikkstrømmer heller enn enkeltkjøretøy.

Mesoskopisk: Modellnivå mellom makro- og mikroskopisk. Kjentetegnes av høy detaljeringsgrad, men med et noe større modellområde enn mikroskopiske modeller.

Mikroskopisk: Modellnivå for liten skala og operasjonelle beslutninger. Kjentetegnes av høy detaljeringsgrad og svært lokalt modellområde (for eksempel veikryss).

Matrise: En matrise er for alle praktiske formål en tabell, som kan være rektangulær (ulikt antall kolonner og rader) eller kvadratisk (likt antall kolonner og rader). En symmetrisk matrise er lik når den transponeres, det vil si når rader og kolonner byttes om.

Nytte:¹³ Begrep i valgmodeller som omfatter kostnader og ulemper forbundet med hvert valgalternativ (og burde slik sett bli kalt unytte, selv om det rent teoretisk ikke er noe i veien for at nytten også har positivt fortegn). I transportsammenheng omfatter nytten tidsbruk, avstand og kostnader forbundet med reisen. Disse elementene er regnet sammen til ett tall som utgjør nytten ved hjelp av parametere som uttrykker elementenes relative vektning mot hverandre, bestemt av befolkningens preferanser. (Har for eksempel tidsbruken en høy parameter i forhold til kostnader, vil det si at det er viktigere for gjennomsnittspersonen å spare ett minutt enn å spare én krone.)

NeTEx: en europeisk standard for utveksling av rute- og tidtabelldata for kollektivtransport.¹⁴

NeTEx2TNext: Et programtillegg til ArcMap for innlesing av rutedata på Netex-format til TNext, utviklet av Transportøkonomisk institutt (Kwong & Ævarsson, 2018).

Node: Enhet i den geografiske representasjonen av transportnettverket. En node er et punkt definert av et x- og y-koordinat. En node i transportnettverket representerer enten et skifte mellom to ulike typer veglenker, en bussholdeplass eller et kryss.

NTM6: Nasjonal transportmodell for personreiser lenger enn 70 km. Utviklet av Møreforskning og Transportøkonomisk institutt. Turmatriser fra NTM6 benyttes som inndata til RTM (Rekdal et al., 2014).

NVDB: Nasjonal vegdatabank. Inneholder geografisk informasjon og annen informasjon om veier i Norge, blant annet for bruk i transportmodeller. Nettverksdataene som brukes i RTM er hentet fra NVDB.

NVD/NVDT/NYDT: Hhv. normalvirkedøgn, normalvirkedøgntrafikk, normalyrkesdøgntrafikk. Et normalvirkedøgn eller -yrkesdøgn er en vanlig arbeidsdag, og NVDT eller NYDT er årsgjennomsnittlig trafikk for et virkedøgn.

OD-matrise, turmatrise: OD står for Origin-Destination, og en OD-matrise vil si en matrise som angir antall turer mellom sonene. Man kan lese ut turene fra sone sone x til sone y ved å lese verdien i cellen angitt av rad x (fra-sonen) og kolonne y (til-sonen). En OD-matrise er alltid kvadratisk (like mange kolonner som rader). Verdien i celle (x, x) angir antall internturer i x, det vil si turer som både starter og slutter i sone x.

Operasjonell analyse: Analysenivå der målet er å bestemme hvordan man best kan iverksette en bestemt løsning, for eksempel optimalisere trafikkavviklingen gjennom et kryss.

Parameter: En parameter er et tall/en størrelse som beskriver en sammenheng mellom variablene og beregningsresultat. Disse holdes konstant mellom scenarioene, også i prognosesenarioer. Implisitt betyr det at vi forutsetter at trafikantene for eksempel vektlegger ulemper av ulike slag likt over tid. I en reisemiddelvalgmodell har man for eksempel et sett med parametre som beskriver sammenhengen

¹³ Nytte i valgmodeller er ikke det samme som nytte i nytte-kostnadsanalyser. Nytte i nytte-kostnadsanalyser tolkes som positive virkninger av et tiltak.

¹⁴ <http://netex-cen.eu/>

mellom hver av variablene forbundet med reisen (tidsbruk, avstand, kostnad osv), og sannsynligheten for at et individ velger hvert reisemiddel. Parametre må ikke forveksles med variable.

Rammetall: Tall som viser reisemiddelfordelingen for et bestemt område, for eksempel fra reisevaneundersøkelsen eller som resultat fra RTM. Disse kan sammenlignes og brukes i kalibrering (rammetallskalibrering).

Referansescenario: Referansesituasjon for et gitt framtidig år. Med referanse menes som regel en tenkt situasjon med vedtatt boligutbygging/befolkningsvekst og planlagt infrastrukturbygging. Referansescenarioet omtales også som sammenligningsalternativ.

Reisevaneundersøkelse (RVU): Studie der målet er å evaluere befolkningens reisevaner og -preferanser.

Revealed preference: Metodikk for reisevaneundersøkelser der man samler data om observerte valg. Den nasjonale reisevaneundersøkelsen er et eksempel på en revealed preference-studie. Motstykket til revealed preference er stated preference.

RTM23+: Modellsystem i Emme (alternativ programpakke til Cube) som også bruker Tramod-by som etterspørselsmodell. RTM23+ dekker Oslo og omegn (Rekdal & Larsen, 2008).

Rundtur: En rundtur består av en serie med to eller flere turer der den siste turen stopper der den første begynte.

Scenario: Et oppsett av modellen som har et konkret sett med inndata og parametre for en spesifikk geografisk utstrekning og beregningsår. Hvert scenario gir ett beregningsresultat.

Segment: Også kalt befolkningssegment. Inndeling av befolkning i grupper basert på sosioøkonomiske variabler, for eksempel kjønn, inntekt, alder osv. Ett segment er en kombinasjon av de ulike variablene. Brukes i etterspørselsmodellen Tramod-by for å skille mellom grupper med ulike reisevaner.

Sekvensielle nodenumre: Sekvensielle nodenumre starter på 1 og teller seg oppover.

Selected link: Analyse av reisemønster for turer som passere en node, lenke eller kollektivrute.

Sidra: Kommersielt program for mikroskopisk beregning av trafikkavvikling i kryss.¹⁵

Skimming: Summering av reiseulempe (som direktekostnader, tid, avstand), langs en reiserute.

Skolemodellen: Enkel etterspørsels- og reisemiddelvalgmodell for skolereiser (Rekdal, 2009).

Sone: En geografisk inndeling av et område som brukes som grunnenhet i modellen. Trafikken til/fra en sone representeres i et punkt. Sonene i en transportmodell kan være definert på mange ulike vis ut fra analysebehov og detaljeringsgraden til inngangsdataene, men i RTM brukes grunnkretser som soner fordi dette er den minste enheten som SSB utgir statistikk for. Et høyere antall soner kan gi større nøyaktighet, men vil også kunne øke beregningstiden betraktelig.

Sonedata: Statistikk om innholdet i sonene i et modellområde på tabellformat.

¹⁵ <https://www.sidrasolutions.com/>

Sonesentroide: En node (punkt) i nettverket som representerer hver sone. En sentroide er et massesentrum, så hver sonesentroide er plassert i sonens massesentrum, eller tyngdepunkt. All trafikk/til fra sonen modelleres å komme til/fra sonesentroiden.

Soneskift: Ettersom soner representeres ved punkter må trafikken fra disse punktene kobles til vegnettverket. Dette gjøres med et soneskift, som er en linje mellom sonenoden (også kalt sonesentroiden) og vegnettet. Avstanden og tidsbruken på soneskiftet representerer gjennomsnittlig reiseavstand/-tid i sonen. I realiteten vil ikke trafikken fra en sone komme ut i bare ett punkt, men det er mulig å definere flere soneskift per sonesentroide.

Strategisk analyse: Analysenivå der målet er å svare på hvordan man kan nå et overordnet politisk mål, for eksempel vri transportetterspørselen fra forurensende transportformer over på kollektivt, sykkel og gange.

Stated preference: Metodikk for reisevaneundersøkelser der man ber respondenten svare på hvilket valg de ville ha gjort, gitt en spesifisert valgsituasjon. Tidsverdistudien er et eksempel på en stated preference-studie. Motstykket til stated preference er revealed preference.

Stokastisk: En stokastisk modell bruker verdier som trekkes tilfeldig fra en eller annen fordeling. Stokastiske prosesser, spesielt i nettutlegging, kan benyttes i strategiske modeller, men da vil resultatet variere for hver gang modellen kjøres. Det er som regel mulig å overstyre dette ved å bestemme et frøtall i programmet, og da trekkes det ikke tilfeldig lenger. I Norge benytter vi strategiske modeller for å gi grunnlag til nytte/kostnadsberegninger, og dette er lite forenelig med stokastiske modeller siden nytten fra ulike scenario blir sammenlignet mot hverandre. I mikrosimuleringsverktøy benytter man seg av stokastiske prosesser, og for å finne et godt resultat blir disse kjørt mange ganger.

Taktisk analyse: Analysenivå der målet er å svare på hvordan man kan nå et bestemt mål, for eksempel forbedre fremkommeligheten for sykklister i en by.

Tidsverdi: Uttrykk for betalingsviljen for å spare ett minutt, varierer med person og hva tiden blir brukt på (f.eks. har ventetid og ombordtid ofte forskjellig tidsverdi). I transportanalyse brukes tidsverdier i generaliserte kostnader for å regne sammen ulike tidskomponenter forbundet med en tur til ett uttrykk i kr.

TNext: Forkortelse for TransportNettExtension. Programtillegg til ArcMap som brukes for å redigere og vedlikeholde nettverks- og rutedata til bruk i RTM. TNext er utviklet av Sintef (Kroksæter et al., 2021).

Trafikkarbeid: Produktet av gjennomsnittlig reiselengde og antall turer med et gitt kjøretøy/reisemiddel per døgn. Måles i kjøretøy-km (kjt-km).

Tramod-by: Etterspørselsmodellen i RTM, basert på den nasjonale reisevaneundersøkelsen og utviklet av Møreforskning. Ofte bare kalt Tramod (Rekdal et al., 2021).

Transportarbeid: Produktet av gjennomsnittlig reiselengde og antall turer per døgn for befolkningen. Måles i person-km (pers-km), eller, om man snakker om godstransport i stedet for persontransport, tonn-km.

Transprob: En av parameterfilene til Tramod-by. Angir fordelingen av trafikk på tidsperioder.

Tur/reise: En tur er i den nasjonale reisevaneundersøkelsen og RTM definert som en forflytning mellom to steder med ett formål. Dermed er en forflytning til arbeidsplassen der man leverer barnet i barnehagen på veien definert som to turer: en hente/levere-tur og en jobbtur. Derimot kan man benytte ulike transportmidler på en tur: å sykle til togstasjonen og deretter ta toget og siden trikk er definert som én

tur, gitt at man ikke er innom andre formål på veien (som en kiosk eller lignende). Ordene tur og reise brukes om hverandre og defineres likt.

Turkjede: En turkjede er en rundtur som består av tre eller flere turer. I RTM er grensen satt til tre turer, slik at man enten har tur-retur-turer (som ikke er turkjeder), eller turkjeder med tre turer (også kalt legs).

Validere: Å validere en modell vil si å kjøre den med inputdata som beskriver en observert situasjon, og sammenligne resultatene med observerte rammetall og trafikkmengder for å kontrollere at den gir realistiske resultater.

Variabel: En variabel er en størrelse som gis som input til modellen, og er noe som er gjenstand for endring eller variasjon. I RTM er inndata variabler, men også noen beregningsresultat blir variabler som benyttes som inndata i neste beregningstrinn. Disse kan være uendret for ulike scenarioer og over tid, eller de kan endres og dermed være med å **definere scenarioet**. Eksempler på variabler er antall bosatte i en sone eller bomtaksten i et bomsnitt. Variabler må ikke forveksles med parametere: om en modell har samme sett med parametere og ulike variable (input) vil resultatene være sammenlignbare – men ikke dersom parametersettene er ulike.

Vdf-kurve: Vdf står for volume delay function, og en vdf-kurve er en grafisk representasjon av en funksjon som beskriver sammenhengen mellom trafikkmengden gjennom et punkt på en strekning, og hastigheten som kjøretøyene holder. For lave trafikkmengder gir vdf-kurven høy hastighet: det er få kjøretøy på veien og de kan holde fart opp mot fartsgrensen. Dette kalles friflytshastighet. For høye trafikkmengder bryter etter hvert trafikken sammen, og kø oppstår. Da synker hastigheten. I realiteten vil man kunne observere både høy og lav hastighet ved høye trafikkmengder, men vdf-kurven gir en brukbar tilnærming til virkeligheten som kan anvendes i transportmodellen for å estimere forsinkelse som følge av kø.

YDT: Yrkesdøgntrafikk. Årsgjennomsnittlig trafikk for yrkesdøgn (mandag til fredag) som passerer et punkt på en vegstrekning.

ÅDT: Årstdøgntrafikk. Gjennomsnittlig trafikk per døgn over et år som passerer et punkt på en vegstrekning.

8 Referanser

- Arnesen, P., Malmin, O. K., & Dahl, E. (2020). A forward Markov model for predicting bicycle speed. *Transportation*, 47(5), 2415–2437. <https://doi.org/10.1007/s11116-019-10021-x>
- Balcombe, R., Mackett, R., Paulley, N., Preston, J., Shires, J., Titheridge, H., Wardman, M., & White, P. (2004). The demand for public transport: a practical guide. *TRL REPORT TRL 593*. <https://trid.trb.org/view/700059>
- Bell, M. G. H. (1997). *Transportation network analysis*. J. Wiley.
- Ben-Akiva, M. E., & Lerman, S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*. MIT Press.
- Flügel, S., Hasle, A. H., Hulleberg, N., Jordbakke, G. N., Veisten, K., Magnussen, K., Sundfør, H. B., & Kouwenhoven, M. (2020). *Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer. Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2020* (TØI-rapport Nr. 1762/2020). Transportøkonomisk institutt.
- Flügel, S., Hulleberg, N., Fyhri, A., Weber, C., Ævarsson, G., & Skartland, E.-G. (2017). *Fartsmodell for sykkel og elsykkel* (TØI-rapport Nr. 1557/2017). Transportøkonomisk institutt.
- Flügel, S., Madslie, A., Hulleberg, N., Steinsland, C., & Johansen, B. G. (2021). *Transportmodeller mot fremtiden. Muligheter for forbedrede modeller med fokus på reiser i byområder* (TØI-rapport Nr. 1819/2021). Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Hjelkrem, O. A., Arnesen, P., Rennemo, O., Dahl, E., Thorenfeldt, U. K., Kroksæter, A., Kristensen, T., & Malmin, O. K. (2017). *Kjøretøybasert beregning av fart, energi og utslipp* (SINTEF-rapport 2017:00031). SINTEF Teknologi og samfunn.
- Hjelkrem, O. A., Rennemo, O., Dahl, E., Malmin, O. K., & Karlsson, H. (2022). *Energikart. Et verktøy for å beregne, visualisere og analysere energibruk i transportsektoren i Norge* (SINTEF-rapport 2022:00827). SINTEF Community, Trondheim.
- Hjorthol, R., Engebretsen, Ø., & Uteng, T. P. (2014). *Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14 - nøkkelrapport* (TØI-rapport Nr. 1383/2014). Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Knutsen, T. (1995). *Trafikkberegning og samfunnsøkonomisk nytte av ferjeavløsningsprosjekter* [Rapport]. Asplan Viak.
- Kroksæter, A., Babri, S., Diez, M., & Venæs, J. (2021). *Brukerveiledning TransportNettExtension for ArcMap, versjon 2.90* [SINTEF Notat]. SINTEF Community, Trondheim.
- Kwong, C. K. (2018). *Tidtabellbasert kollektivrutevalg og modellering av korresponderende ruter med CUBE Voyager* (TØI rapport Nr. 1633/2018). Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Kwong, C. K., & Ævarsson, G. (2018). *Automatisk rutekoding for regionale persontransportmodeller* (TØI-rapport Nr. 1624/2018). Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Levin, T., Tørset, T., Malmin, O. K., & Rennemo, O. (2015). *Data og metoder for modellering av biltrafikkens fart i transportmodeller* (SINTEF-rapport Nr. A26649). SINTEF Teknologi og samfunn.

- Madslie, A., Steinsland, C., & Grønland, S. E. (2012). *Nasjonal godstransportmodell. En innføring i bruk av modellen* (TØI-rapport Nr. 1247/2012). Transportøkonomisk institutt.
- Malmin, O. K., Hjelkrem, O. A., & Babri, S. (2017). *Vurdering av betydning av tilgjengelighet til holdeplasser i RTM* (SINTEF-rapport Nr. A28062). SINTEF Teknologi og samfunn.
- Malmin, O. K., Tørset, T., & Hamre, T. N. (2019). *Vurdering av alternativ til grunnkretser som soner i RTM* (SINTEF-rapport 2017:00591). SINTEF Byggforsk.
- Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling Transport*. Wiley. <http://books.google.no/books?id=qWa5MyS4CiwC>
- Ranheim, P. (2013). *Etablering av takstmatriser for kollektiv*. https://www.vegvesen.no/e-room/2/eRoomReq/Files/NTP/NTP-Transportanalyse/0_66a2/Etablering%20av%20takstmatriser%20for%20kollektiv%20-%20mai%2013.docx
- Rekdal, J. (2009). *Om skolereiser i RTM23 og Fredrik*. Møreforskning.
- Rekdal, J., & Hamre, T. N. (2011). *Preferanse for reisetidspunkt – prosedyre for forskyving mellom timer*. Møreforskning, Numerika.
- Rekdal, J., Hamre, T. N., Flügel, S., Steinsland, C., Madslie, A., Hoff, A., Zhang, W., & Larsen, O. I. (2014). *NTM6 – Transportmodeller for reiser lengre enn 70 km* (Rapport Nr. 1414). Møreforskning Molde AS.
- Rekdal, J., & Larsen, O. I. (2008). *RTM23+ Regional modell for Oslo-området* (Rapport Nr. 0806). Møreforskning Molde AS.
- Rekdal, J., Larsen, O. I., Malmin, O. K., Hulleberg, N., Flügel, S., & Madslie, A. (2021). *Etablering av etterspørselsmodell for korte personreiser* (TØI-rapport Nr. 1814/2021). Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Rekdal, J., & Zhang, W. (2019). *Etablering av matriser for tilbringertrafikk til flyplasser for 2017* (Rapport Nr. 1915). Møreforskning Molde AS.
- Sheffi, Y. (1984). *Urban transportation networks: equilibrium analysis with mathematical programming methods*. Prentice-Hall.
- Statens Vegvesen. (2007). *Nytte-kostnadsanalyser ved bruk av transportmodeller* (Rapport Nr. 2007/14). Utbyggingsavdelingen.
- Steinsland, C. (2007). *Vekting i nettutlegging for Regional modell*. Transportøkonomisk institutt.
- Steinsland, C., & Madslie, A. (2008). *Regional transportmodell – Tilpasning i Nedre Glomma*. Transportøkonomisk institutt.
- Tretvik, T. (2011). *Tidsprofiler for reisehensikter og reisemåter fra nasjonal RVU 2009*. SINTEF Teknologi og samfunn.
- Tørset, T. (2005). *Kollektivtransportmodellering. Kan eksisterende transportmodeller utvikles slik at de blir mer egnet til analyser av kollektivtransport?* NTNU.

- Tørset, T. (2006). *Godsmatriser til RTM for EFFEKT 6-beregninger* (SINTEF-rapport Nr. A06104). SINTEF Teknologi og samfunn.
- Tørset, T. (2015). *Nettfordelingsmetoder i Regional transportmodell for persontransport* (SINTEF-rapport Nr. A26650). SINTEF Teknologi og samfunn.
- Tørset, T., Malmin, O. K., Bang, B., & Bertelsen, D. (2013). *CUBE-Regional persontransportmodell versjon 3* (SINTEF-rapport Nr. A24717). SINTEF Teknologi og samfunn.
- United States. Federal Highway Administration (Red.). (2010). *Travel Model Validation and Reasonableness Checking Manual - Second Edition* (dot:55924). FHWA-HEP-10-042. <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/55924>
- Uteng, A., & Kittilsen, O. J. (2015). *Arealbruksutvikling på grunnkrets nivå*. Rambøll.
- Wardrop, J. G., & Whitehead, J. I. (1952). Some theoretical aspects of road traffic research. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, 1(5), 767–768. <https://doi.org/10.1680/ipeds.1952.11362>

A Vedlegg

A.1 Valgmuligheter for kjøring i brukergrensesnittet

Dette vedlegget gir både en forklaring av de ulike valgmulighetene i brukergrensesnittet, og viser et eksempel på et ferdig utfylt oppsett. Tabell 18 gir en forklaring på de ulike valgmulighetene, og er hentet fra den tekniske dokumentasjonen.

Tabell 18: Valgmuligheter for en modellkjøring

Navn	Beskrivelse	Standardverdi
Tidsinndeling av etterspørselsmodellen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Beregning for hele døgnet. Beskrivelsen av russtrafikk for bil legges vektet inn som en mindre andel LoS-data. 2. Rushperiodene og lavtrafikkperiodene hver for seg. Rushperioden inneholder både morgen- og ettermiddagsrush. Rushforsinkelse inngår som en større andel av LoS-data for rushperiodene. 4. Hver rushperiode (6-9 og 15-18) og hver lavtrafikkperiode (09-15 og 18-06) for seg, totalt 4 perioder. LoS-data med forsinkelser inngår i stor grad i rushperiodene. 	1
Tidsinndeling av resultat	<p>Døgn: Turmatriser gjelder for hele døgnet. Kapasitetsuavhengig nettutlegging av alle turmatriser</p> <p>Timer: Turmatriser for hver enkeltime i rushperiodene og en matrise for hver av de to lavtrafikkperiodene. Kapasitetsavhengig nettutlegging av bilmatrisene i rushperiodene.</p>	Døgn
Metode for beregning av tur+retur i LoS-data	<p>Samme kostnad i tur og retur: LoS-data beregnes for morgenrush og modellen antar samme kostnader for returreisen ved å addere LoS-datamatisene med seg selv. Separat beregning av kostnader for tur og retur: LoS-data beregnes for både morgenrush og ettermiddagsrush. LoS-datamatisene inneholder kostnader for tur pluss transponatet av kostnadene for retur.</p> <p>Separat beregning vil kreve ekstra beregningstid, men vil være nødvendig ved et par tilfeller:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruk av kollektivfeltmetodikk - Bruk av bompenger med timesregel <p>Modellen vil avbryte kjøringen hvis det ikke er samsvar mellom disse valgene</p>	Samme kostnad i tur og retur
Antall iterasjoner over etterspørselsmodellen	<p>1: Kapasitetsuavhengig beregning av etterspørsel. Forsinkelser i rush inngår ikke i etterspørselsberegningen. Bruker kun utenfor byområder og for testkjøringer uten etablering av modellområder eller test av funksjonalitet</p> <p>2+: Antall iterasjoner må settes slik at det er likevekt i beregningen slik at en ekstra iterasjon ikke endrer resultatene. Hvor mange iterasjoner som er nødvendig kan undersøkes ved å bruke egen applikasjon vedlagt modellen.</p>	7
Vekting av tid i kø i Trafikantnyttmodulen	<p>I beregning av tidsbruk mellom soner i kostnadsmatriser til trafikantnyttmodulen blir tidsbruk på lenker hvor hastighetsnivået blir påvirket av annen trafikk vektet avhengig av mengden trengsel. Denne opsjonen påvirker ikke RTM-resultatene, kun trafikantnytteberegninger. Vekting av tid foregår i forbindelse med nettutlegging av trafikk. Dette valget påvirker dermed RTM-beregningen. Hvis denne opsjonen endres, må nettutlegging kjøres på nytt.</p>	Ja

Kontinuerlige tidsverdier i Trafikantnyttmodulen (TNM).	Tidsverdier som benyttes for korte reiser i TNM uttrykkes som en funksjon av reiselengde i referanse. Påvirker ikke etterspørselsberegningen. Denne opsjonen kan endres uten å kjøre RTM på nytt.	Ja
Vekting av vegstandard i TNM	Reisetid vektet avhengig av vegstandard. Påvirker ikke RTM-resultatet, men vektingen foregår i forbindelse med nettutlegging. Endring av opsjonen krever ny kjøring av nettutlegging.	Nei
Innfartsparkering	Kjøre modul for innfartsparkering. Påvirker kun arbeidsreiser. Krever at parkeringsplasser for innfartsparkering er kodet og kalibrert.	Nei
Legge inn buffermatriser	Lese buffermatriser og legge inn turer fra disse	Nei
Ta bort interne turer i buffer i sluttresultat	Opsjon for å ta bort intern trafikk i bufferområder i endelig resultat. Kan være nyttig hvis f.eks. Oslo inngår i bufferområder og hvor antall bufferturer vil overgå antall turer fra kjerneområdet. Dette for å gjøre virkninger av modellen mer synlig og unngår uønskede effekter i trafikantnytteberegningen. Påvirker kun buffermatrisene.	Ja
Legge inn eksternturer fra Sverige	Lese inn eksternturmatriser til og fra Sverige	Nei
Beholde skoleturer i nettfordeling og nytteberegninger	Skolemodellen i RTM har en rekke svakheter som kan føre til uønskede nytteeffekter. Skolemodellen er viktig for å gi riktig kollektivandel i reisemiddelfordelingen. Skoleturer kan inngå i nytteberegningene ved å velge denne opsjonen.	Nei
Benytte frekvens for lavtrafikk der det ikke er kodet rushfrekvens	Kollektivrutes kodes slik at hvis det ikke er angitt tid mellom avganger i en tidsperiode betyr dette at denne ruten ikke har tilbud i denne tidsperioden. Denne opsjonen vil hjelpe til å sikre at det er et tilbud i alle tidsperioder	Ja
Benytte frekvens for rush der ettermiddagsrush ikke er kodet	Tilsvarende som opsjonen over vil frekvenser for morgenrush benyttes hvis det ikke er kodet spesifikk frekvens for ettermiddagsrush.	Ja
Beregne forsinkelse for kollektiv utenom kollektivfelt	Benytter metode for å tilføre kollektivrutene forsinkelse fra biltrafikk der det ikke finnes kollektivfelt. Denne opsjonen må velges i alle scenarier i en analyse og krever at LoS-data for tur og retur beregnes separat. Påvirker reisetid og rutevalg i rushperiodene.	Nei
Omfordele trafikk fra timedifferensierte bompenger	Denne opsjonen refordeler timematrixene basert på timedifferensierte bompenger. Dette gjøres etter at etterspørselsmodellen har kjørt gjennom siste iterasjon og vil dermed ikke påvirke etterspørselen. Nettutlegging, forsinkelser og trafikantnytteberegning blir påvirket.	Nei
Lagre rutevalgsfil for bil	Lager rutevalgsfiler fra nettutlegging, enten for døgn eller for hver enkelttime avhengig av valg av resultatinnndeling. Rutevalgsfilene kan benyttes til analyser av rutevalg og selected link-analyser. Kan krever stor diskplass	Nei
Slette alle midlertidige filer etter kjøring	Sletter temp-katalogen som blant annet inneholder råfiler for inndata og resultater fra Tramod-by. Anbefales ikke å velge sletting under modelletablering.	Nei
Hoppe over innlesing av nett og rutebeskrivelser	Gir mulighet for å endre på vegnett og kollektivrutebeskrivelser interaktivt i Cube. Hvis denne opsjonen ikke velges, vil endringene skrives over ved neste kjøring.	Nei
Kun beregning av LoS-data og rutevalg	Denne opsjonen gjør det mulig å kjøre et scenario med faste etterspørselsmatriser. Krever at matriser er manuelt kopiert fra et annet scenario og at disse har lik tidsinndeling.	Nei

A.2 Variabelbeskrivelse for nettverk og sonedata

A.2.1 Feltkoder i nettverket

Nettverket er delt i noder (punkter) og lenker. I tillegg til den geografiske representasjonen (x- og y-koordinater) har hvert element en rekke egenskaper. Disse er forklart i Tabell 19 og Tabell 20.

Tabell 19: Liste over egenskaper for lenker

Variabel	Beskrivelse
A	Sekvensiell fra-node
B	Sekvensiell til-node
ANODE	Fra-nodenummer
BNODE	Til-nodenummer
DISTANCE	Avstand i kilometer
VK	Vegklasse
VS	Vegstatus
VN	Vegnummer
HP	Hovedparsell
HP_ID	Kilometerings-ID
SPEED	Hastighet (km/t)
LANES	Feltkode (for eksempl 1#2#3#4)
LINKTYPE	Lenketype: 1-5: Ev,Rv,Fv,Kv,Pv 7: Ferje 10-13: Buss, trikk, T-bane, tog 15: Gange og sykkel 30-31: Sonetilknytninger (bil,kollektiv)
TELLEPUNKT	ID-nummer for tellepunkt
DEKKEBREDDE	Bredde på vegdekke
MASSETYPE	Kode for dekke
YIELD	Vikepliktindikator på B-node
TIME	Tidsbruk i minutt
FELT	Antall felt, beregnet fra feltkoden
KOLLFELT	Indikator for kollektivfelt (1/0)
FERGEDIST	Avstand på fergelenker
GANGTID	Tidsbruk å gå langs lenkern
SYKKELTID	Tidsbruk å sykle langs lenken
BOMBF_L/R	Bompenger bilfører lav-/rushtrafikk
BOMEL_L/R	Bompenger elbil lav-/rushtrafikk
BOMBP_L/R	Bompenger bilpassasjer lav-/rushtrafikk
BOM T L/R	Bompenger tunge biler lav-/rushtrafikk
BOMTIME_L/R	Bompenger med timesregel lav-/rushtrafikk
BOMTIMEL_L/R	Bompenger med timesregel elbil lav-/rushtrafikk
BOMTIME_TL/R	Bompenger med timesregel tunge biler lav-/rushtrafikk
FERGEBF	Fergekostnad bilfører
FERGEEL	Fergekostnad elbil
FERGEBP	Fergekostnad bilpassasjer
OVERFART	Overfartstid ferje
SKJULTVENT	Skjult ventetid ferje
ANKOMSTVENT	Ankomstventetid ferje
FM SPEED	Friflytshastighet fra fartsmodell, lette kjøretøy
FM_SPEED_T	Friflytshastighet fra fartsmodell, tunge kjøretøy
FM TIME	Friflytstid fra fartsmodell, lette kjøretøy
FM TIME T	Friflytstid fra fartsmodell, tunge kjøretøy
CAPACITY	Kapasitet på lenken. Benyttes kun til å beregne V/C-forhold

Tabell 20: Liste over egenskaper for noder og soner

Variabel	Beskrivelse
N	Sekvensielt sone-/nodenummer
HNR	Hierarkisk sone-/nodenummer
X	X-koordinat
Y	Y-koordinat
Z	Z-koordinat
GRUNNKRETS	Grunnkretsnummer
SONE	Soneindikator (1/0)
KJERNE	Kjerneindikator (1/0)
KRYSSSTYPE	Kryssstype for beregning av kryssforsinkelse
LYSKRYSS	Lyskryssindikator (1/0) for beregning av kryssforsinkelse
KOMMUNE	Kommunenummer
FYLKE	Fylkesnummer
KOMMUNENAVN	Navn på kommune
NAVN	Navn på grunnkrets eller P-plass
SUB_TYPE	Indikator for delområdemodell
OLD_NODE	Nodenummer i hovedmodell for delområdemodell
TYPE	Bokstavkode for å beskrive sone/node: K - Kjerne B - Buffer E - Eksternsone I - Innfartsparkeringsone T - Terminal for godsmatrise
STASJON	Navn på togstasjon

A.2.2 Feltkoder i kollektivrutebeskrivelser

Kollektivrutene beskrives ved hjelp av to tabeller. Den første tabellen, Tabell 21, viser datafelt som benyttes for å beskrive hver rute. Tabell 22 viser data som beskriver hver holdeplass i hver rute.

Tabell 21: Viktigste egenskaper i beskrivelse av kollektivruter

Variabel	Beskrivelse
ID	Rutenummer
NAME	Rutenavn
SHORTNAME	Kortnavn for ruten
MODE	Kode for kollektivmiddel: 1-2: Buss, henholdsvis langdistanse og ordinær 3-5: Bane, trikk, tog 6-7: Hurtigbåt og ferge 8: Fly
OPERATOR	Selskaps-id
DIRECTION	Retningsindikator 1-envegs eller 2-tovegs. Som regel benyttes 1
ROUTETYPE	1: Fram og tilbake 2: Ringrute
SERVICETYPE	1: Lokal rute 2: Ekspressrute
FREQUENCY/ FREQUENCYRUSH/ FREQUENCYRUSH	Tid mellom avganger i minutter for gjeldende tidsperiode. Blankt felt eller 0 indikerer at ruten ikke går i tidsperioden.

Tabell 22: Viktigste egenskaper i beskrivelse av stoppmønstre

Variabel	Beskrivelse
ROUTE	Rutenummer
ROUTEPOS	Løpenummer
STOP	1: Holdeplass, blank: stopper ikke
TIMETO/ TIMETORUSH/ TIMETOERUSH	Passeringstidspunkt i tidsperioden (HHMM)
NNTIME/ NNTIMERUSH/ NNTIMEERUSH	Tidsbruk fra forrige holdeplass i minutter
ONOFF	A: Kun avstigning P: Kun påstigning Blankt gir begge muligheter
DWELL/ DWELLRUSH/ DWELLERUSH	Ventetid på holdeplassen i minutter

A.2.3 Sonedata

Dette avsnittet gir en oversikt over variabler i sonedatafilene (Rekdal et al., 2021). Utvalget av variabelnavn er tilpasset databasetabellene som benyttes av Cube/RTM, de resterende datafeltene som kreves av Tramod-by blir beregnet i RTM. Dette gjelder alle datafelt som inneholder summer av andre datafelt i samme fil.

Tabell 23: Sonedata befolkning

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	Sonenummer
M_0_4	Menn fra 0 til 4 år
M_5_9	Menn fra 5 til 9 år
[...]	Menn fordelt på aldersgrupper à 5 år
M_90_94	Menn fra 90 til 94 år
M_95_up	Menn fra 95 år og opp
K_0_4	Kvinner fra 0 til 4 år
K_5_9	Kvinner fra 5 til 9 år
[...]	Kvinner fordelt på aldersgrupper à 5 år
K_90_94	Kvinner fra 90 til 94 år
K_95_up	Kvinner fra 95 år og opp

Tabell 24 : Sonedata husholdning

Segment	Dimensjoner
grunnkrets	
Kjønn (2)	Kvinne, mann
Alder (12)	AG13_15, AG16_17, AG18_19, AG20_24, AG20_24, AG25_34, AG35_44, AG45_49, AG50_54, AG55_59, AG60_66, AG67_69, AG70_89
Husholdstørrelse (3)	1 voksen person, 2 voksne personer, 3+ voksne personer
Familietype (5)	Enslig uten barn, enslig med barn, par uten barn, par med barn, flere voksne

Tabell 25: Sonedata fordeling av yrkesaktive etter bosted og utdanning, ansatte etter arbeidssted og utdanning

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	
sYBLU	Andel bosatte yrkesaktive med lav utdanning
sYBMU	Andel bosatte yrkesaktive med medium utdanning
sYBHU	Andel bosatte yrkesaktive med høy utdanning
sYB	Antall yrkesaktive etter bosted
sYALU	Andel ansatte med lav utdanning
sYAMU	Andel ansatte med medium utdanning
sYAHU	Andel ansatte med høy utdanning
sYA1524	Andel ansatte 15-24 år
sYA2534	Andel ansatte 25-34 år
sYA3554	Andel ansatte 35-54 år
sYA5566	Andel ansatte 55-66 år
sYA67up	Andel ansatte 67+ år
sYAM	Andel ansatte menn
sYAK	Andel ansatte kvinner
sYA	Antall ansatte etter arbeidssted
innt_idx_sone	Indeks for geografisk variasjon i inntekter mellom delområder
brinnt17up	Bruttoinntekt for personer 17 år og eldre

Tabell 26: Sonedata arbeidsplasser

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	
A10PRI	Primærnæringer
A20SEK	Sekundærnæringer (ekskl. sA21SEK)
A21SEK	Avfallshåndtering
A30VH	Ikke publikumsattraktiv varehandel/agentur/engros
A31VH	Høyfrekvent publikumsattraktiv varehandel (butikker med bredt utvalg)
A32VH	Lavfrekvent publikumsattraktiv varehandel
A33VH	Hotell/restaurant/bespising/kiosk
A34VH	Lavfrekvent publikumsattraktiv verksted
A40TJE	Produksjon av tjenester som ikke inngår under (ikke publikumsattraktive)
A41TJE	Helsestudio-, massasje- og solstudiovirksomhet, idrett, frisør, skjønnhetspleie
A42TJE	Kino, kunst, fornøyer, kultur, fritid, museer, biblioteker
A43TJE	Reisebyrå, post, bank, utleie, etc.
A50OFF	Offentlig administrasjon
A60UND	Lavfrekvent undervisning
A61UND	Grunnskoleundervisning
A62UND	Videregående undervisning
A63UND	Universitet/høyskole undervisning
A70HSOS	Helse og sosial sektor som ikke inngår under
A71HSOS	Alminnelige sykehus (ikke sykehjem/psykiatri), legetjeneste, poliklinikker, tannhelse
A72HSOS	Barnehager, barnepark, SFO og fritidsklubber
A73HSOS	Institusjoner (ekskl. rusmiddel og psykiatri)
Malint	Mannsdominerte arbeidsplasser
Femint	Kvinnedominerte arbeidsplasser

Tabell 27: Sonedata skoleplasser

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	Grunnkrets
sBarnesk	Skoleplasser i barneskolen
sUngdsk	Skoleplasser i ungdomsskolen
sVgskole	Skoleplasser i videregående skole
sHogUni	Studieplasser universitet/høyskole

Tabell 30 : Sonedata arealkategorier

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	
sAreal1	Bymessig bebyggelse
sAreal2	Tett bebyggelse
sAreal3	Åpent område
sAreal4	Idrettsplass
sAreal5	Industri (Industriområde, Steinbrudd, Steintipp)
sAreal6	Lufthavn (Lufthavn + Rullebane)
sAreal7	Vann (Elv, Ferskvann/innsjø, hav)
sAreal8	Annet (Dyrket mark, Utmark, Myr, Skog, Snøisbre, Hyttefelt, alpinbakke, golfbane, gravplass)
sAreal9	Park
sBAreal1	Bygninger i Bymessig bebyggelse
sBAreal2	Bygninger i Tett bebyggelse
sBAreal3	Bygninger i Åpent område
sBAreal4	Bygninger i Idrettsplass
sBAreal5	Bygninger i Industri (Industriområde, Steinbrudd, Steintipp)

Tabell 28: Sonedata parkering

Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	
kpark	Pris korttidsparkering/time
lpark	Pris langtidsparkering/døgn
pkort_arb	Andel arbeidstakere i sonen med pkort etter arbeidssted (RVU)
ikke_pbolig	Andel uten egen boligparkering etter bosted (RVU)

Tabell 29: Sonedata andre tema

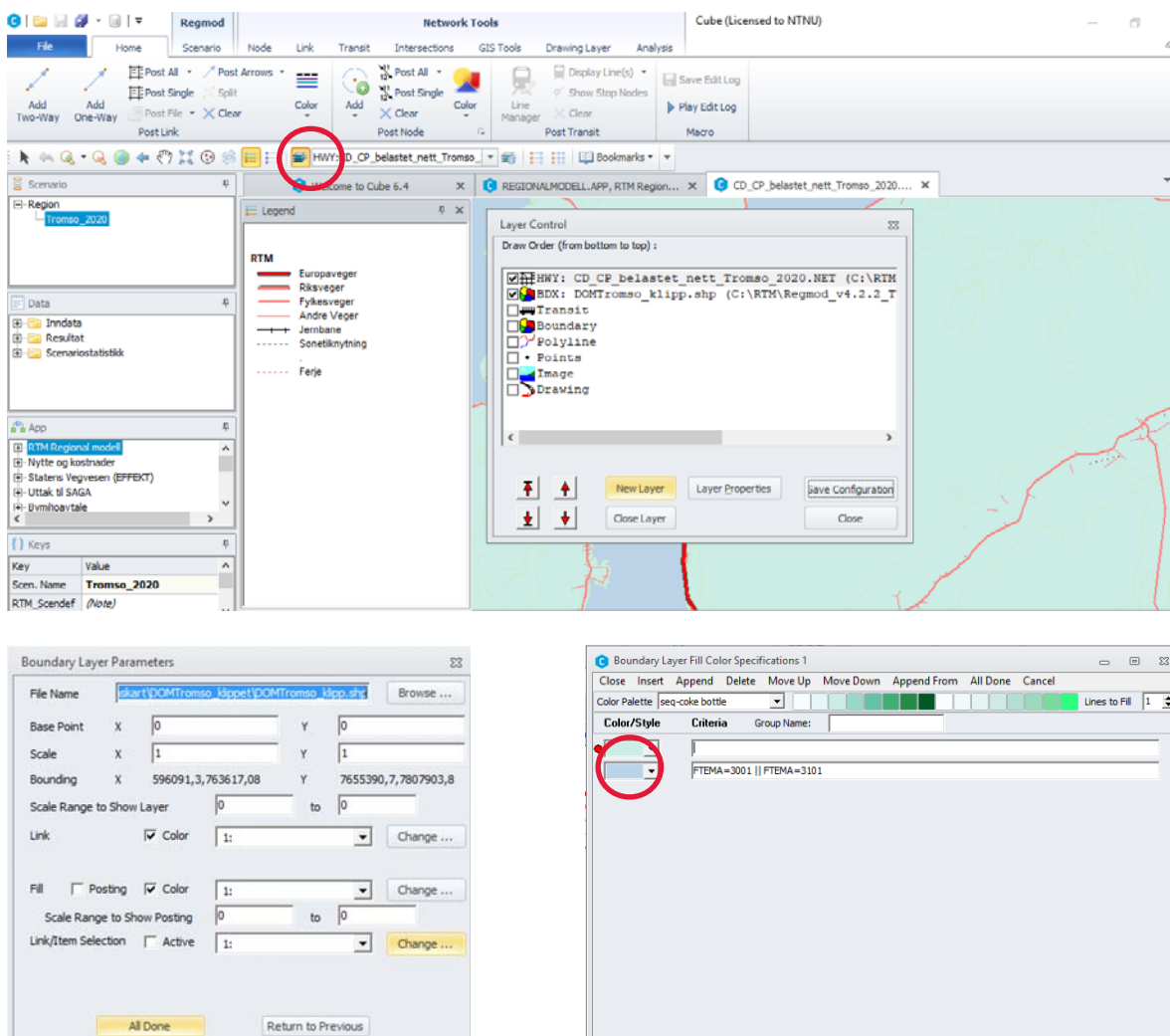
Variabel	Beskrivelse
grunnkrets	
hoteller	Antall hoteller
hytter	Antall hytter og fritidshus

sBAreal6	Bygninger i Lufthavn (Lufthavn + Rullebane)
sBAreal7	Bygninger i Vann (Elv, Ferskvann/innsjø, hav)
sBAreal8	Bygninger i Annet område
sBAreal9	Bygninger i Park

A.3 Produsere plott

A.3.1 Bakgrunnskart

Bakgrunnskart legges inn som et eget lag i visningen. Layer control kommer opp når man velger kartlagene (rød sirkel i Figur 41). Ved å velge layer properties får man endret farger på flater og grenser i kartet. Kartet i figuren er blått for hav (FTEMA=3001 & FTEMA=3101) og grønt for alle andre tema. Tegnforklaringen som vises i Legend kan endres ved å klikke på Color (over den røde sirkelen).



Figur 41: Legge inn bakgrunnskart

A.3.2 Lenkeplott

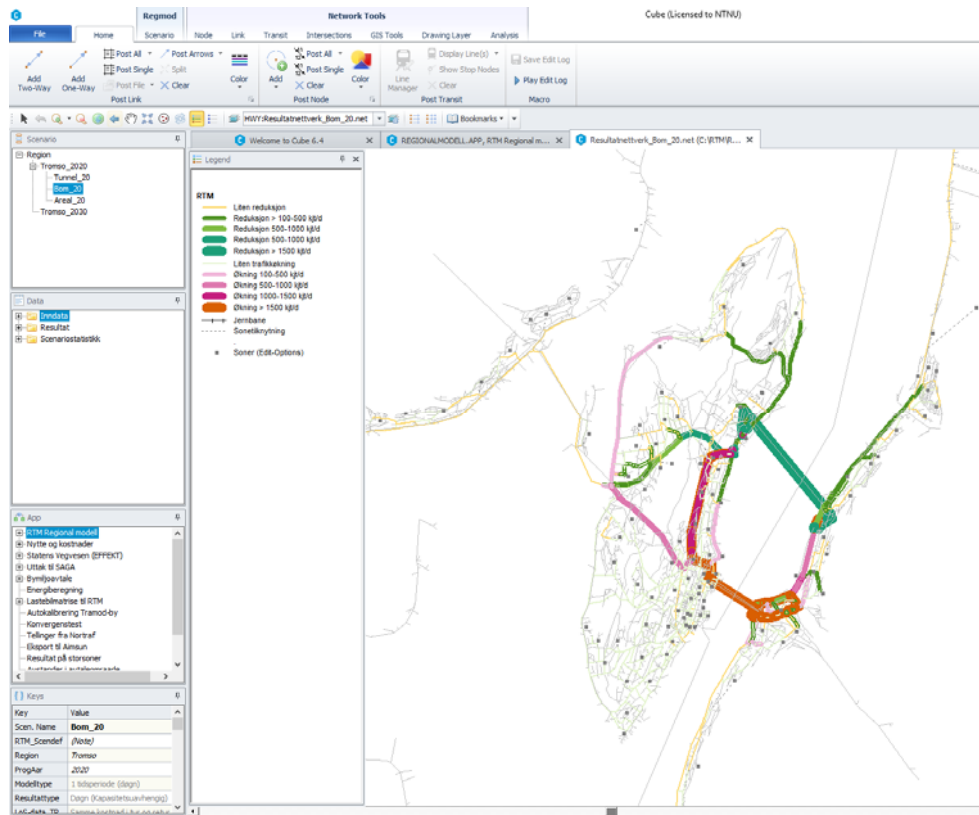
For å vise informasjon om lenkene bruker man «Post», enten for en enkelt lenke (Post Single) eller for alle (Post All). Dersom man trykker på pil-ned (til høyre for Post all) kommer det opp en del ferdig definerte visninger. Man kan også definere egne Postings. Et nyttig kriterium for visninger kan være $A > B$, at A-nodenummeret er større enn B-nodenummeret, noe som er enten gyldig eller ikke gyldig for alle toveislenker. Da vises tall bare på den ene siden av lenken, og det kan gjøre visningen litt ryddigere hvis man vil presentere toveistrafikken. Noen enveislenker vil da ikke vise informasjon. Noen koder er gitt i lenkeinformasjonen på vegnettet for å tilrettelegge for visninger. Eksempler er: CD= Car driver, CP= Car passenger, ender med 2 =attributtet er summen av begge retninger, ender med R=rush, ender med L= lavtrafikk. I versjon 4.4 av RTM benyttes også kjøretøykodene FO og EL som indikerer fossilbil og elbil.

Tabell 31 : Volumfelt i resultatnettverk for bil

Variabel	Beskrivelse
CD TOT	Totalt antall biler på lenken, A-B-retning
CD TOT2	Totalt antall biler på lenken, sum begge retninger
CD ADT	ÅDT på lenken, en retning. Beregnet med faktorer
CD ADT2	ÅDT på lenken, sum begge retninger. Beregnet med faktorer
CD ARBEID	Arbeidsreiser
CD TJENESTE	Tjenestereiser
CD FRITID	Fritidsreiser
CD HENTLEV	Hente og levere
CD PRIVAT	Private reiser
CD APBASERT	Arbeidsplassbaserte reiser
CD SKOLE	Skoleturer
CD FLYPLASS	Tilbringer til flyplass
CD GODS	Gods
CD NTM6	Lange reiser fra NTM6
CP TOT	Totalt antall bilpassasjer på lenken, A-B-retning
CP TOT2	Totalt antall bilpassasjer på lenken, sum begge retninger
CP ADT	ÅDT bilpassasjer, en retning.
CP ADT2	ADT bilpassasjer, sum begge retninger.
CP ARBEID	Arbeidsreiser
CP TJENESTE	Tjenestereiser
CP FRITID	Fritidsreiser
CP HENTLEV	Hente og levere
CP PRIVAT	Private reiser
CP APBASERT	Arbeidsplassbaserte reiser
CP NTM6	Lange reiser fra NTM6
KAPTID xx yy	Tidsbruk for lette kjøretøy mellom kl xx og yy.
KAPTID T xx yy	Tidsbruk for tunge kjøretøy mellom kl xx og yy.
CD TOT xx yy	Total trafikk, en retning
CD TOT2 xx yy	Total trafikk begge retninger
CP TOT xx yy	Bilpassasjer, en retning
CP TOT2 xx yy	Bilpassasjer sum begge retninger

A.3.3 Differanseplott

Differanseplott viser økning eller reduksjon av biltrafikk på den enkelte lenke vist med farge, grønn for reduksjon og rød for økning, og lenketykkelse, som viser størrelsen på økningen eller reduksjonen. Visningen er predefinert i RTM (se menyen ved klikka pila under Color i verktøygruppen Post Link).



Figur 42: Differanseplott som viser effekten av å innføre bompenger på 50 kr på tunnelen øst for Tromsø

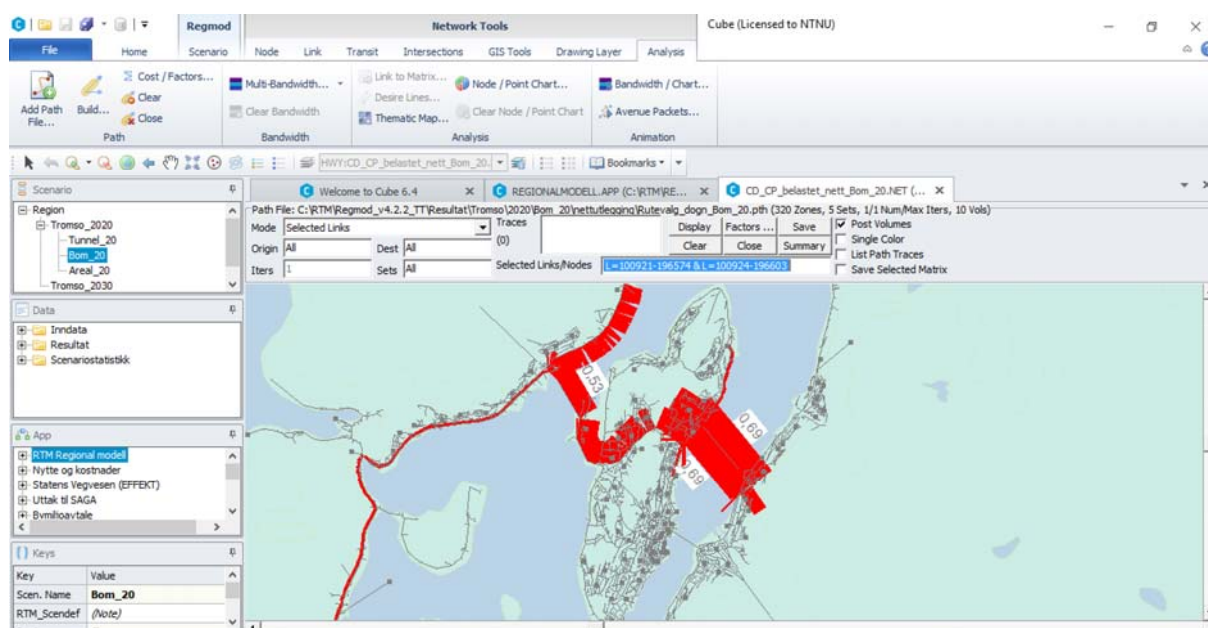
A.3.4 Selected link-analyse

En selected link analyse viser hvor trafikken på en bestemt lenke kommer fra og skal til. Man kan også lage en selected link analyse for flere lenker. Det kan for eksempel være nyttig hvis man vil vise hvilke OD-par som betaler i en eller flere bomstasjoner eller hvilke OD-par som benytter en fergestrekning.

For å lage en selected link analyse må man ha tatt vare på rutevalgsfilen. Dette er et valg i brukergrensesnittet. Filen blir normalt veldig stor, derfor blir den slettet som del av beregningen hvis ikke denne opsjonen er valgt.

Man åpner Path-filen under Analyse – Add Path file. Pathfilen ligger under Resultat\Region\Delområde\Scenario\nettverk. For eksempel ...Resultat\Tromso\2020\Tromso_2020\nettverk.

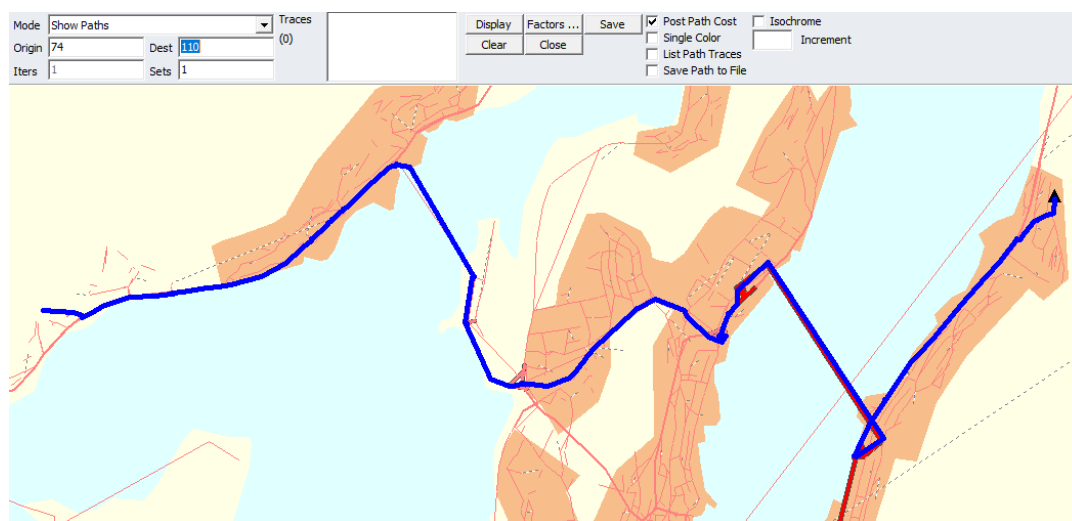
Under Mode kan man velge Selected Link. Bruk musen til å klikke på lenker, & for å velge flere lenker og * for å indikere at du velger toveislenker. Under Sets, velg hvilke matriser som inkluderes i analysen.



Figur 43: Selected link på lenkene som har fått bominnkreving øst for Tromsøya

A.3.5 Rutevalg

Figur 44 viser mulighet for interaktiv visning av rutevalg i Cube. Visning av rutevalg tar i bruk samme rutevalgsfil som benyttes til selected link-analyser beskrevet i forrige avsnitt. I denne visningen kan man velge fra- og tilsoner, iterasjon (enten en eller alle) og reisehensikter (enten en eller alle).

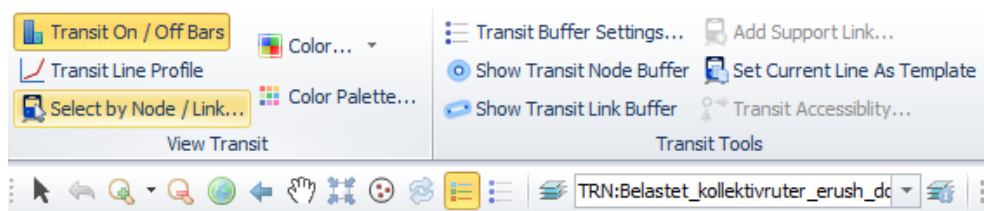


Figur 44: Interaktiv visning av rutevalg

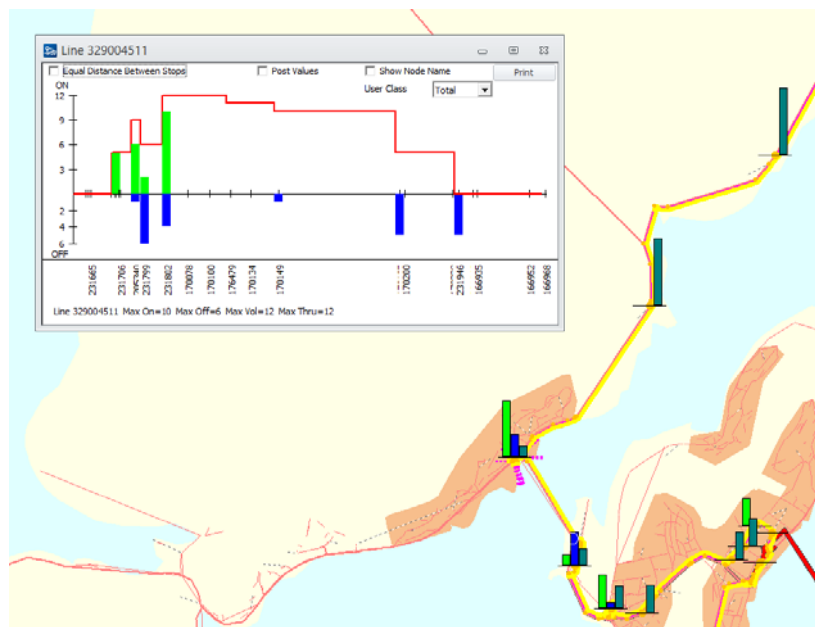
A.3.6 Av- og påstigninger i kollektivtrafikk

En lite kjent funksjon i Cube er muligheten til å studere av- og påstigningsmønsteret for kollektivruter. Dette gjøres ved å laste inn filene "Belastet_kollektivruter_lav/rush/erush.lin" for scenarioet. Disse filene inneholder kollektivrutebeskrivelser med passasjervolum mellom hver holdeplass.

For å kunne utføre denne analysen må man først lese inn filene med belastede kollektivruter i TRN-laget i kartet, vist nederst til høyre i Figur 45. Når dette er valgt må man velge hvilken kollektivrute som skal analyseres. Dette gjøres i menyknappen "Display lines" i gruppen "Post Transit" på hjem-knapperaden. Når ruten er valgt kan man trykke på "Transit On / Off Bars" for å få stolpediagram på hver holdeplass, og "Transit Line Profile" for å få en profil av ruta, vist i Figur 46.



Figur 45: Funksjoner i Cube for visning av av- og påstigningsmønster

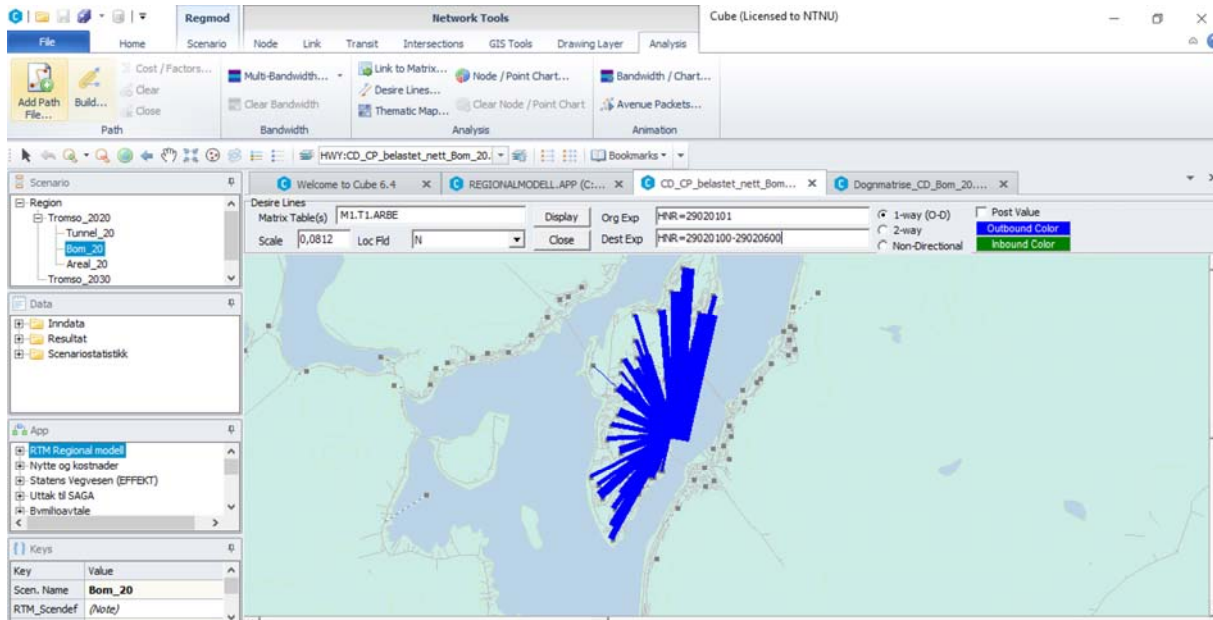


Figur 46: Av- og påstigningsmønster for utvalgt kollektivrute

A.3.7 Ønskelinjer

Ønskelinjer kan vises som trafikkvolum mellom ulike soner vist som rette linjer og ikke langs nettverket. Tykkelsen på linjene viser trafikkvolumet mellom sonene.

Først åpnes den matrisen man ønsker å benytte. I menyen Analyse kan man nå velge Link to Matrix. Da blir det mulig å velge Desire lines.



Figur 47: Ønskelinjer med arbeidsreisematrixen



Teknologi for et bedre samfunn