

Numerika rapport 1/2024

Videreutvikling av etterspørselsmodeller 2018-2024



Tittel	Videreutvikling av etterspørselsmodeller 2018-2024
Forfattere	Jens Rekdal (TØI), Tom N. Hamre (Numerika)
Dato	2024.04.22
Rapportnr.	1/2024
Forsidebilde	Tom N. Hamre
Sammendrag	Rapporten er et forsøk på å etablere en samlet dokumentasjon av arbeid med videreutvikling innenfor/rundt etterspørselsmodellen i perioden 2018-2024. Hovedformålet med rapporten er å samle dokumentasjon av ulike arbeidere, som i utgangspunktet er svært fragmentert. Oppsummeringen er basert på en mengde arbeidsdokumenter og notater, og omfatter temaer som drivlinje, førerkortinnehav, periodekortinnehav, skolereiser, kalibrering, med mer.

Forord

Siden opprinnelig lansering av ny Tramod-by (TB2) i 2018 er det gjennomført et forholdsvis stort omfang av oppfølgende arbeid. Noe av dette er knyttet til eliminering av feil, men det meste er videreutvikling med sikte på å hensynta nye aspekter ved utviklingen i transport for private reiser, og etterspurte nye resultater og kalibreringsmuligheter. Tilgang til nye/flere data har vært grunnlaget for mye av arbeidet (fører kort, kjøretøy og reisevaner).

Alle disse endringene/forbedringene er dokumentert i arbeidsdokumenter som oppdragsgiver har mottatt. Utfordringen er at dokumentasjonen har blitt svært fragmentert på denne måten. Formålet med denne rapporten er å gi en mer helhetlig og kompakt framstilling av de viktigste egenskapene ved etterspørselsmodellen slik den foreligger etter alle tilpassinger de siste 6 årene. Dette er også viktig for å sikre riktig bruk av modellsystemet.

Notatene som danner grunnlaget for denne rapporten er hovedsakelig skrevet av Jens Rekdal, med bidrag fra Tom Hamre. Foreliggende rapport er resultatet av en omfattende bearbeiding av dette materialet, og inneholder også elementer som ikke er dokumentert og formidlet tidligere.

Forfatterne, april 2024

Innhold

Introduksjon	5
1 Segmentering etter drivlinje	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Fra gjennomsnitt til segmenter	1
1.3 Turmatriser etter drivlinje.....	3
1.4 «Leg2-problemet» og etablering av mulighet for å spesifisere egne LoS-data for elbiler	11
1.5 Etablering av biler per drivlinje fra kjøretøyregisteret	16
1.6 Kalibrering av biltilgang mot biler fra kjøretøyregisteret.....	19
1.7 Dynamikk for kortsiktig og langsiktig utvikling i drivlinjeandeler	24
2 Geografisk kalibrering mot førerkortandeler	36
2.1 Bakgrunn og historikk.....	36
2.2 Etablering av target for kalibrering	38
2.3 Implementering i TB2	47
2.4 Eksempler – Testing.....	49
2.5 Effekter av endringer	53
3 Periodekortandeler for kollektivtransport	55
3.1 Bakgrunn	55
3.2 Kort om periodekortinnehav i TB2 og identifisering av bug	56
3.3 Kalibrering av periodekortandeler for arbeidsreiser etter alder.....	59
3.4 Kalibrering av førerkortandeler i befolkningen etter alder	60
3.5 Turmatriser etter billettype.....	62
3.6 Nødvendige endringer i TB2-koden og i input/output	64
3.7 Nærmere om kalibreringen	67
3.8 Tester	69
3.9 Retting av bug knyttet til arbeidsreiser på Leg-turer	69
4 Reviderte skolemodeller.....	72
4.1 Bakgrunn	72
4.2 Nytt modellopplegg	73
4.3 Mer om studenter og reiser til/fra universitet/høgskoler.....	77
4.4 Automatisk kalibrering av skolemodellene	82
4.5 Litt om bruk av det nye opplegget.....	84
4.6 Vedlegg: Nærmere om styrefilene til skolemodellene.....	84
5 Andre forbedringer.....	90
5.1 Ferjeproblematikk innledningsvis	90
5.2 Destinasjonskalibrering for arbeidsreiser	96

5.3	Produktsummen	97
5.4	Raskere beregninger ved reduksjon av valgsettet	101
5.5	Destinasjonsvalg for arbeidsreisene	109
5.6	Avstandskalibrering – ny metodikk.....	112
5.7	Leg2 – mulighet for begrensning av tilgjengelige destinasjoner.....	115
5.8	Segmentering og prognoser	118
5.9	Tidssonefiler – oppdatering med flere parametere.....	124

Introduksjon

Arbeidet med utvikling av ny etterspørselsmodell Tramod-by er i utgangspunktet dokumentert i:

TØI rapport 1814/2021: Etablering av etterspørselsmodell for korte personreiser. Teknisk dokumentasjon fra estimeringen. ([Lenke til rapport](#))

Det er en rapport som tar for seg modellene slik de ble utviklet, lansert og tatt i bruk i RTM-systemet i 2018. Fra 2018 og fram til dags dato er det gjort en del tilpassinger og forbedringer. Det er også utviklet noen metoder og tilleggsapplikasjoner som virker på utsiden av selve etterspørselsmodellen.

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet framstilling av arbeid som er gjort i perioden 2018-2024. Det vil si arbeider som i utgangspunktet er dokumentert i mange selvstendige arbeidsdokumenter og notater, og derfor framstår som fragmentert for modellbrukere.

Rapporten er ment for modellbrukere og andre som har en viss bakgrunnskunnskap om regionale transportmodeller. Som en kilde til løpende oppdatering av detaljer henviser vi for øvrig til nettsiden

<https://www.numerika.no/tramod/>

Her finner man en del teknisk informasjon som ikke er vektlagt i rapporten. Det gjelder beskrivelse av datafiler og øvrige forutsetninger, resultatfiler, begreper, forkortelser, metoder og sammenhenger. Vi oppfordrer til bruk av søkefunksjonen på nettsiden. Informasjon om NTM6 er også en del av nettsiden.

Rapporten er organisert etter fem hovedtemaer:

- Segmentering etter drivlinje
- Førerkortandeler
- Periodekortandeler
- Skolereisemodeller
- Andre forbedringer

Aktivitetene innenfor disse temaene spenner over et vidt spekter. Det gjelder alt fra datagrunnlag og kalibrering, til feilrettinger og tilpassinger i modellformuleringer.

Flere steder i denne rapporten kan det det være brukt forkortelser og begreper som ikke nødvendigvis er forklart hver gang, eller tatt for gitt. De viktigste er oppsummert i tabellen nedenfor (for flere detaljer henviser vi til nettsiden).

TB2	Kortnavn for ny versjon av Tramod-by fra 2018
Segment	En delmengde av befolkningen, karakterisert av kjennetegn som alder, kjønn, husholdningstype, med mer.
BHFK	Bilhold og førerkortinnehav
Segmenteringsmodellen	Modell for å etablere biltilgang som en egen segmentdimensjon, i tillegg til kjønn, alder og husholdningstype.
NVD, RD	Normalvirkedøgn, restdøgn
Rotfil	Fil med overordnede forutsetninger til modellkjøring. Hovedsakelig filnavn til andre forutsetninger.
Modellfaktorer, modellfaktorfil	Fil med faktorer og innstillinger som legges til grunn i modellsystemet. Eksempelvis km-kostnader for bil, eller rabattfaktorer.
Parameterfil	Fil med navn og verdier på estimerte koeffisienter i hver delmodell.
CD, CP, PT, BK, WK	Bilfører, bilpassasjer, kollektivpassasjer, syklist, gående.

<i>El, Hyb, Fos</i>	Drivlinje for kjøretøy: Elektrisk, hybrid, forbrenningsmotor bensin/diesel
<i>Arb, Tje, Fri, HLe, Priv, APB</i>	Reisehensikter arbeid, tjeneste, fritid, hente/levere, andre private, arbeidsplassbasert
<i>Leg-turer, Leg1, Leg2, Leg3</i>	Leg1=bostedbasert utreise, Leg2=tur til nytt ærend, Leg3=hjemtur
<i>AG</i>	Ofte brukt som prefiks i kortnavn på aldersgrupper («Age»)
<i>FIBI</i>	Firmabil
<i>DDS</i>	Dynamisk destinasjonselektering, for raskere beregninger.
<i>Leg2_filter_faktor</i>	Faktor for geografisk innskrenking Leg2-turer (omfanget av Leg-turer med en fot i tre kommuner)

1 Segmentering etter drivlinje

1.1 Bakgrunn

Alle modellene i TB2 er estimert på data fra RVU2013/14. I RVU2013/14 var andelen bilreiser gjennomført med elbil under 1% på landsbasis. Andelen bilreiser gjennomført med hybrider var enda lavere. Disse lave tallene understøttes av tall fra SSBs statistikkbank (tabell 12577). Andel av transportarbeidet for personbiler gjennomført med elbil var 0.3 % i 2013 og 0.9 % i 2014¹. I 2018, da den første versjonen av TB2 ble lansert, var elbilenes og hybridenes andel av transportarbeidet for personbiler i Norge på hhv. 6.7 % og 7.6 %. I 2022 var tilsvarende andeler hhv. 23 % og 14 %.

Fra 2014 til 2018 var altså økningen i elbilenes andel av transportarbeidet for personbilene i Norge på nær 650 %. I denne 4 årsperioden ble det altså arbeidet med utviklingen av TB2. I neste 4 årsperiode til 2022 har elbilenes andel av transportarbeidet økt med ytterligere 250 %, og prognosene når det gjelder utviklingen i elbilandelene i kjøretøyparken er forholdsvis optimistiske på elbilenes vegne.

I denne perioden, og spesielt de siste par-tre årene, er det arbeidet ganske intensivt med å ta høyde for utviklingen når det gjelder kjøretøyenes fordeling på drivlinje i TB2.

I elbilenes «barndom» var det forholdsvis gunstig både å kjøpe (fritak fra MVA) og bruke elbiler (gratis bomplasseringer, gratis ferjebruk (man betalte kun passasjertakst ved bruk av elbil), og forholdsvis lave kilometerkostnader). De seneste år har fordelene ved eie og bruk av elbiler gått noe ned i forhold til kjøretøy med fossil drivlinje, og i forhold til kjøretøy med hybride løsninger. Betalingen på mange bompengestasjoner har økt fra 0 til en andel på 0.5 i forhold til «fullpristakst» for fossile kjøretøy, og den samme utviklingen har vi fått på ferjesamband, hvor elbilene i «autopass-regimet» nå betaler 0.5 av «fullpristakst» for fossile kjøretøy på de fleste samband hvor det er betaling. Det har også blitt innskjerpinger knyttet til fritak for MVA for de dyreste elbilene, slik at de fordelene man hadde i de tidligste årene ikke lenger er like gunstige. Likevel er prognosene forholdsvis optimistiske når det gjelder videre utbredelse av biler med elektrisk drivlinje.

1.2 Fra gjennomsnitt til segmenter

Selv om andelene elbiler og hybrider var forholdsvis lave i estimeringsgrunnlaget ble det likevel tatt hensyn til denne type kjøretøy i estimeringen. I estimeringen ble det tatt hensyn til at hybrider og elbiler har lavere kilometerkostnader ved at man benyttet et gjennomsnitt for bilene. Dette ble beregnet på følgende måte:

$$KMK_{\text{snitt}} = KMK_{\text{fossil}} (1 - \text{Andel}_{\text{el}} - \text{Andel}_{\text{hybrid}}) + KMK_{\text{el}} * \text{Andel}_{\text{el}} + KMK_{\text{hybrid}} * \text{andel}_{\text{hybrid}}$$

I estimeringen var det ikke andeler, men den faktiske bruk av de ulike drivlinjene på reiser det ble estimert på. I implementeringen ble andelene fra RVU lagt inn per reisehensikt i modellfaktorer², og kilometerkostnadene per drivlinje ble også spesifisert her. Både i estimering og i implementering ble dermed utviklingen i elbilandelene ivaretatt, men på en gjennomsnittlig måte. I tidsrommet for estimeringen, og gitt de andeler som fantes i datagrunnlaget, virket som en fornuftig fremgangsmåte.

Andelen elbiler og hybrider utviklet seg imidlertid raskt i denne perioden, og ved inngangen til 2020 var elbilenes andel av totalt transportarbeid ca. 12 %, hvilket innebærer ca. en dobling av andelen vi hadde på samme tidspunkt i 2018.

¹ Hybrider ble først skilt ut fra ordinære bensin og dieseldrevne biler fra og med 2016 i denne statistikken.

² Det var ingen spesifikk geografisk variasjon i disse forutsetningene, men andelene kunne variere mellom modellområder, avhengig av gjennomsnittlig fordeling på drivlinje i hvert enkelt område.

Et arbeid med innføring av segmentering på drivlinje for kjøretøy ble startet opp i 2019. Dette ble gjort omtrent på samme måte som den segmenteringen som finnes i TB2 bl.a. når det gjelder størrelsen på reisefølget (TPZ) og firmabil (FIBI). Dette er «modellsegmenter» og ikke befolkningssegmenter³. Når det gjelder befolkningssegmentene så har vi estimater på antall personer per segment og grunnkrets. Når det gjelder «modellsegmentene» har vi normalt bare fordelingen (andelene) på segmentene per reisehensikt. Dette er gjerne tall som er utledet fra RVU (opprinnelig fra estimeringsgrunnlaget). Selv om vi kun har andeler for disse modellsegmentene, blir det gjennomført TB2-beregninger for hver kombinasjon av dem. De blir dermed behandlet like spesifikt som befolkningssegmentene.

I den første versjonen av TB2 med segmentering på drivlinje på kjøretøytyper, var det andelene (på el, hyb, fos) i modellfaktorer, som ble utnyttet til segmenteringen. I tillegg ble det lagt inn muligheter for å spesifisere faktorer for den andel elbiler skal betale av fullpris over bomstasjoner og på ferjer i modellområdet. Etter hvert ble det også satt av 4 datafelt i LoS-data hvor betaling (i rush og lavtrafikk) for elbiler kan beregnes separat. Det ble i tillegg lagt inn gjennomsnittsverdier for årlig kjørelengde per drivlinje i denne filen, som blir brukt til å justere litt på andelene i forhold til gjennomsnittlig årlig bruk av bilene. Dette hadde bl.a. med rekkeviddeproblematikk for elbiler å gjøre. Det var på dette tidspunkt naturlig å korrigere bruken av elbilene noe ned i forhold til andelene i kjøretøyparken.

Samtidig ser vi bl.a. i SSBs statistikk⁴ at nyere elbiler stadig får lengre gjennomsnittlige årlige kjørelengder, mens kjørelengdene for hybridene og fossile kjøretøy går ned. Det virker å være en noe økende gjennomsnittsalder på de to siste kjøretøytypene. Nybilsalget i 2022 var på knappe 200000 kjøretøy. Av disse var bare 6 % konvensjonelle fossile kjøretøy (ned 57 % fra 2020) mens 15 % var hybrider (ned 37 % fra 2020). Godt over 150000 (79 %) av nybilsalget i 2022 var kjøp av elbiler (opp 86 % fra 2020). I 2023 var elbilandel i nybilsalget 82%, og i januar 2024 92%⁵. Gjennomsnittlig årlig kjørelengde har totalt sett gått noe ned i perioden 2018-2022, og spesielt fra 2020 til 2022. Det kan være en effekt i dette at antallet kjøretøy i personbilkirken øker mer enn befolkningsmengden og at flere biler per person med førerkort gir noe lavere gjennomsnittlige årlige kjørelengder per bil.

I 2020 fikk vi tilgang til et datamateriale fra SVV som inneholdt antallet registrerte personbiler per kommune i Norge fordelt på drivlinjer (for 2015 og 2019). Det var en del spørsmål knyttet til presisjonen i disse filene som bl.a. gikk på leasing-problematikk (hvor blir leasede kjøretøy registrert), og på skillet mellom kjøretøy eid av privatpersoner og av foretak. På den annen side var det også et spørsmål om hvor presise nasjonale totaltall, eller totaltall for hvert modellområde, kunne være. Det var jo slike tall som ble benyttet i TB2 inntil da. Leveransen fra SVV ble etter hvert de første versjonene av Sdat_71 som inneholder sonetall for fordelingen av kjøretøyparken på elbiler, hybride kjøretøy og fossile kjøretøy. I de første versjonene av denne inputfilen til TB2 var det like andeler i alle soner innenfor hver kommune, men dette var for så vidt et fremskritt i forhold til samme andeler innenfor hvert modellområde (eller nasjonalt) slik fordelingen på drivlinje i TB2 var spesifisert frem til dette tidspunkt.

TB2 kunne dermed reprogrammeres slik at andelene for hver drivlinje ble hentet fra Sdat_71 og ikke lenger fra modellfaktorer. Dermed fikk vi innført en geografisk variasjon i andelene etter drivlinje, og selv om det var knyttet spørsmålstegn til presisjonen i dette nye grunnlaget for segmentering, så var fordelingen på kjøretøy etter drivlinje på geografisk nivå, åpenbart bedre enn totalandeler per modellområde (eller på nasjonalt nivå), som kunne inneholde de samme problemer som kommunetallene.

Det man nemlig kunne se i tallene fra SVV, og som man for så vidt også kan finne i SSBs statistikkbank, var hvordan fordeler som gratis bompengepasstinger og store rabatter på ferjesamband drev utviklingen i andelen elbiler i kommunene fra 2015 til 2019. I Bærum kommune,

³ I TB2 er det 600 befolkningssegmenter per grunnkrets, slik det er spesifisert i filen «tb2-biltilgang-13up.txt». Dette er antall bosatte personer etter alder (12 grupper), kjønn (2), familietype (5) og biltilgang (5).

⁴ Se bl.a. tabell «12578: Kjørelengder, etter kjøretøytype, drivstofftype, alder, statistikkvariabel og år» i SSBs Statistikkbank. Tallene ellers er her også hentet fra ulike tabeller i statistikkbanken.

⁵ <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemedieding/18035796/elbilare-2023-storst-elbilvekst-i-distriktene?publisherId=15519297&lang=no>

som har blant landets høyeste elbilandeler, var andelene hhv 5 % i 2015, 19 % i 2019 og 35 % i 2022. I 2019 hadde bare Finnøy (27 %, pga. Finnfast), Bergen (20 %), og Askøy (27 %), høyere elbilandel enn Bærum. I alle de nærmeste kommunene til Bergen var elbilandelen over 15 % (var godt under 10 % i 2015). I Oslo var både elbilandelen og hybridandelen på 17 % i 2019. Stavanger hadde hhv. 14 % og 8 % og tallene var noe tilsvarende i Sandnes, mens Sola og Randaberg begge hadde 18 % elbilandel. I Trondheim var andelene hhv 12 % og 8 %, og i Kristiansand hhv 14 % og 7 %. I region nord hadde Bodø de høyeste andelene på hhv 10 % og 5 %. Gjennomsnittet for hele region nord var hhv 3 % og 4 %, som likevel var en vekst på hhv 300 % og 450 % fra 2015.

1.3 Turmatriser etter drivlinje

Med en geografisk variasjon i segmenteringen på drivlinje implementert i TB2, var neste oppgave å etablere et opplegg for beregning av turmatriser etter drivlinje. Innledningsvis i dette arbeidet ble det arbeidet med et metodisk opplegg som etter hvert viste seg vanskelig å fullføre. Metoden baserte seg på en hensiktsmessig mellomlagring av valgsannsynligheter for elbilsegmentet. Disse skulle så utnyttes senere, sammen med elbilandelen for bostedssonen, når turene kommer inn i bildet. Dette fungerte fint for de rene t/r-turene, og på et tidspunkt hadde vi en variant av TB2, som beregnet elbil-matriser for alle reisehensikter for de rene t/r-turene. Når vi kom til leg-turene, hvor man går over fra enkeltsegmenter til et «gjennomsnittssegment», ble det etter hvert klart at en videre forfølgelse av egne beregninger for elbil-segmentet, både ville økt beregningstidene og bruk av RAM, såpass betydelig at vi måtte forlate plan A for beregning av elbilmatriser.

Plan B, som ble en naturlig konsekvens av det vi hadde lært i arbeidet med plan A, innebærer at matriser for elbil, hybrider, og fossile kjøretøy kan beregnes i etterkant av en ordinær kjøring av RTM til konvergens. For å kunne gjøre denne type etterberegninger er det lagt inn et nytt filter i rotfilen til TB2, kalt «Globalt_filter_kjtsegment». Normalt skal verdien settes til 0 og da foregår beregningene som før, og vi får totaltrafikk for CD i turmatrisene som skrives ut. Når en slik kjøring har konverget, og man ønsker å beregne egne turmatriser for eksempelvis elbil, benyttes samme datasett som i siste iterasjon fra den ordinære kjøringen (LoS-data og alle øvrige data) som input i en ekstra kjøring med verdi 1 for dette filteret. Da beregnes matriser og rammetall kun for CD med elbil. Tilsvarende benyttes verdier på 2 og 3 hvis man ønsker matriser for hybrid og fossile kjøretøy. Det er naturligvis viktig at nøyaktig samme datasett benyttes i de tre ekstrakjøringene som i den ordinære kjøringen. Da vil matrisene og rammetallene for elbil, hybrid og fossilt forholdsvis nøyaktig summere seg til de turmatrisene og rammetallene for CD som man hadde i opprinnelig kjøring med verdi 0 for filteret.

Tabell 1 Verdier for «Globalt_filter_kjtsegment» i rotfil for TB2

Navn	Verdi	Forklaring
Globalt_filter_kjtsegment	0	Ingen filtrering aktivert. Modeller fungerer som vanlig, og matriser for transportmiddel CD vil inneholde turer knyttet til alle kjøretøysegment (elbil, hybrid, fossil)
Globalt_filter_kjtsegment	1	Kjøretøysegment elbil beholdes. Segmentene hybrid og fossil elimineres, og matriser for transportmiddel CD vil kun inneholde turer knyttet til kjøretøysegment elbil. Andre matriser skrives ikke ut.
Globalt_filter_kjtsegment	2	Kjøretøysegment hybrid beholdes. Segmentene elbil og fossil elimineres, og matriser for transportmiddel CD vil kun inneholde turer knyttet til kjøretøysegment hybrid. Andre matriser skrives ikke ut.
Globalt_filter_kjtsegment	3	Kjøretøysegment fossil beholdes. Segmentene elbil og hybrid elimineres, og matriser for transportmiddel CD vil kun inneholde turer knyttet til kjøretøysegment fossil. Andre matriser skrives ikke ut.

Det er verdt å merke seg at kjøretøysegmentene kun omfatter CD (og CP, selv om matriser/rammetall for disse ikke skrives ut). Siden reisekostnadene for elbilsegmentet (og hybridsegmentet) vil være lavere enn for fossilsegmentet, vil TB2 gi høyere bilandel og lavere andel med andre transportmåter for elbilsegmentet.

Dette er en effekt som er naturlig når segmentene er implementert som de er, men som vi i utgangspunktet egentlig ikke har helt dekning for reisevanemessig. Er det sånn at personer i hushold med elbil bruker denne oftere og andre transportmidler sjeldnere enn personer i hushold uten elbil? Det er ikke helt enkelt å besvare dette spørsmål, men tabellen under er hentet fra RVU2019 og viser transportmiddelbruk i og rundt storbyer for personer med førerkort og både to førerkort og to biler i husholdet (øverste del), og personer med førerkort og 2 førerkort og 1 bil i husholdet (nederste del).

Vi ser at personene i hushold hvor minst en av bilene er elbiler bruker bilene oftest. For elbilgruppen ser altså elbilinnehaver ut til å gå på «bekostning» av korte turer til fots og med sykkel, og delvis også på bekostning av kollektivtransport.

Tabell 2 Transportmiddelbruk for personer bosatt i og rundt storbyer etter drivstofftype for bilene.

	WK	BK	CD	CP	PT	Annet	Totalsum	N
2 fk, 2 biler								
bare fossil	13 %	2 %	68 %	8 %	7 %	2 %	100 %	6171
1 elbil	10 %	3 %	74 %	6 %	6 %	0 %	100 %	4734
Totalt	12 %	3 %	70 %	7 %	7 %	1 %	100 %	10904
		Diff	6 %					
2 fk, 1 bil								
Fossil	23 %	7 %	44 %	9 %	15 %	1 %	100 %	10959
Elbil	17 %	5 %	55 %	7 %	15 %	1 %	100 %	1477
Totalt	22 %	7 %	45 %	9 %	15 %	1 %	100 %	12436
		Diff	10 %					

Rent teknisk kjøres modellen, for hver sone, for en tredeling av befolkningen i sonen korresponderende til de andeler som ligger i sdat_71. Forskjeller mellom de tre segmentene inngår imidlertid bare for transportmidlene bilfører og bilpassasjer. Modellen vil beregne resultatmatriser og andre resultatfiler for andre transportmåter, men når modellen kjøres for de spesifikke drivstoffsegmentene skrives det ut kun resultater for bilfører (gjelder også rammetall).

Det må presiseres at implementeringen av drivstoffsegmentene og produksjon av turmatriser for disse, er rent teknisk og kun knyttet til driftskostnadene. I dette inngår at eventuelle adferdsmessige og øvrige teknologiske aspekter ved bruk av de tre fremdriftsteknologiene, ut over kostnadsforskjellene, er fraværende. Verken «ladeangst» (dette begrepet omfatter vel både aspekter knyttet til rekkevidde og muligheter for underveis/destinasjons-ladning) eller lokale muligheter for bostedslading, påvirker bruken av elbilene slik dette nå er implementert.

Når elbilandelene øker, gir modellen økt bruk av bil på bekostning av de øvrige transportmåtene. Vi mener det er dekning for slike effekter i RVU-kjøringer for 2019. Det ser ut som om segmenter med elbil, sammenliknet med segmenter uten elbil, i større grad bruker bil på daglige reiser og i mindre grad sykler, går og reiser kollektivt, som vi ser tendenser til i Tabell 2 over. Spesielt gjelder dette i og rundt storbyene hvor bompengetrykket er høyere enn ellers, og elbilandelene derfor også er høyere.

Når vi sammenlikner totalturmatriser med elbilmatriser, finner vi at modellen gir høyere elbilandeler mellom områder der det er bompenger involvert. For dagens situasjon er elbilandelene blant bosatte i Oslo ca. 17 %, mens Fjellinjen de siste årene rapporterer om økende elbilandeler på 20-22 % over bomringene i Oslo. Dette stemmer brukbart med det tester med RTM23+ gir for «dagens situasjon» i Oslo-området.

I testingen av elbilopplegget har vi bl.a. benyttet en variant av RTM23+ og beregningsåret når det gjelder sonedata og nettverk er 2020⁶. Innledningsvis skal vi se på to alternativer. I referansesituasjonen brukes elbilandeler for 2019.

I begge alternativene er det lagt til grunn en økning i elbilandelene på 300 % i kommuner i modellområdet der elbilandelene i 2019 er under 10 %, og en økning på 200 % der elbilandelene i 2019 er over 10 %. Dette gir følgende endringer i elbilandelene i alternativ 1 og 2:

Tabell 3 Forutsatte elbilandeler i alternativ 1 og 2.

Navn	Nr	Alt. 1	Alt. 2	%
Bærum	3024	0.196	0.588	200 %
Asker	3025	0.187	0.561	200 %
Nittedal	3031	0.16	0.48	200 %
Oslo	301	0.168	0.504	200 %
Jevnaker	3053	0.059	0.236	300 %
Lunner	3054	0.094	0.376	300 %
Gran	3446	0.059	0.236	300 %
Ringerike	3007	0.056	0.224	300 %
Hole	3038	0.126	0.378	200 %

Andel hybrider er også økt noe i disse alternativene slik at andel fossile kjøretøy går ytterligere litt ned. Andelene av bompengesatsene som skal betales ved bruk av elbil er imidlertid økt fra et gjennomsnitt på 0.3 i referansesituasjonen til et gjennomsnitt på 0.5 i alternativ 1 og 2.

I alternativ 2 benyttes altså samme elbilandeler som i det andre alternativet, og i tillegg er de forutsatte andelene elbilene skal betale i parkeringskostnader satt til 1 (sdatt_7). I referanse og alternativ 1 er disse på 0.75 i sentrale Oslo og noe synkende med avstand fra sentrum, men høyere igjen i lokale sentra i nabokommunene rundt Oslo. I alternativ 2 må elbilistene altså betale samme pris for parkering som brukere av hybrider og fossile kjøretøy.

Tabell 4 viser rammetallene vi har i RTM23+, i referanse 2020 (sum utreiser eller besøk, ekskl. hjemreiser). Totalt har vi ca. 2.4 mill. besøk en virkedag i dette området, hvorav 1.1 mill. (48 %) med bil som fører. Av bilførerturene gjennomføres ca. 180000 (16 %) med elbil.

Tabell 4 Rammetall referanse 2020

	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	Elandel
Arbeid	277876	19299	217621	43979	69012	627789	47525	0.17
Tjeneste	82421	9747	53167	11315	18201	174852	13468	0.16
Fritid	172460	51428	66493	23763	152948	467091	27088	0.16
HentLev	212191	10235	16491	7056	37269	283242	31582	0.15
Privat	374972	81377	117273	22260	166850	762733	57970	0.15
Apbasert	12154	2684	19232	1316	15183	50568	1605	0.13
I alt	1132075	174770	490277	109689	459464	2366274	179238	0.16
Prosent	48 %	7 %	21 %	5 %	19 %	100 %	8 %	

I alternativ 1 er forutsatte elbilandeler økt betydelig (en økning i elbilandelene på 300 % i kommuner der elbilandelene i 2019 er under 10 %, og en økning på 200 % der elbilandelene i 2019 er over 10 %). Dette gir, som vi ser i Tabell 5 under, i overkant av 50000 nye bilførerturer per døgn og dette er en økning på 5 % fra referanse. Antall bilførerturer med elbil øker med nesten 364000 (203 %), og elbilandelen av turene samlet, øker fra 16 % til 46 %. Turer med utslippskjøretøy (fossil & hybrid) reduseres fra vel 950000 i referanse til ca. 630000 i alternativ 1 (-32 %). Antall turer totalt sett endrer

⁶ Alle beregningene er her gjennomført med «Leg2_filter_faktor» på 0, noe som begrenser den geografiske spredningen av leg2 turer slik at en turkjede maksimalt vil innebære besøk av én kommune utenfor bostedssonen. Hvis leg1 ender opp i en annen kommune enn bostedskommunen, vil leg2 måtte gjennomføres enten internt i den kommunen man har endt opp i i leg1, eller tilbake til bostedskommunen. Se kapittel 5.7 for mer om dette opplegget.

seg lite. Så økningen i bilreiser går på bekostning av andre transportmidler. Men sammensetningen på drivstoff går altså naturligvis sterkt i retning elbil.

Tabell 5 Rammetall alternativ 1 (elbilandeler kraftig opp jfr. Tabell 4)

	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	Elandel
Arbeid	296298	17778	206749	41466	65986	628277	141808	0.48
Tjeneste	86415	9454	51154	10517	17226	174765	40516	0.47
Fritid	180989	53233	64057	22853	147569	468700	82338	0.45
HentLev	216128	10378	15752	6761	35986	285005	96311	0.45
Privat	391010	83485	111157	21099	158740	765490	176825	0.45
Apbasert	12578	2734	18936	1299	15022	50568	5153	0.41
I alt	1183417	177061	467804	103994	440529	2372804	542950	0.46
Prosent	50 %	7 %	20 %	4 %	19 %	100 %	23 %	

Endring fra referanse 2020 (antall):								
	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	
Arbeid	18422	-1522	-10873	-2513	-3026	488	94283	
Tjeneste	3993	-293	-2013	-798	-975	-86	27048	
Fritid	8529	1805	-2436	-910	-5379	1608	55251	
HentLev	3936	143	-739	-294	-1283	1763	64729	
Privat	16038	2108	-6116	-1162	-8111	2757	118854	
Apbasert	424	50	-296	-17	-161	0	3548	
I alt	51342	2291	-22473	-5695	-18935	6530	363712	

Endring fra referanse 2020 (prosent):								
	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	
Arbeid	7 %	-8 %	-5 %	-6 %	-4 %	0 %	198 %	
Tjeneste	5 %	-3 %	-4 %	-7 %	-5 %	0 %	201 %	
Fritid	5 %	4 %	-4 %	-4 %	-4 %	0 %	204 %	
HentLev	2 %	1 %	-4 %	-4 %	-3 %	1 %	205 %	
Privat	4 %	3 %	-5 %	-5 %	-5 %	0 %	205 %	
Apbasert	3 %	2 %	-2 %	-1 %	-1 %	0 %	221 %	
I alt	5 %	1 %	-5 %	-5 %	-4 %	0 %	203 %	

Alternativ 2 er som alternativ 1 når det gjelder forutsatte elbilandeler og betaling av bompenger, men elbiler forutsettes her å betale samme sats som utslippskjøretøy for parkering. Da prises omfanget av bilreiser samlet sett, omtrent tilbake til utgangspunktet i referanse 2020, og bruken av elbil synker med knappe 50000 (-13 %) i forhold til alternativ 1. For bilførerturene synker elbilandelene beskjedent, fra 46 % i alternativ 1 til 44 % i alternativ 2.

Tabell 6 Rammetall alternativ 2 (som alternativ 1, men elbiler betaler fullpris for parkering)

	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	Elandel
Arbeid	274586	19715	219179	44507	69641	627628	119603	0.44
Tjeneste	81877	9877	53135	11461	18359	174709	36003	0.44
Fritid	174947	52270	66083	23533	151036	467868	76939	0.44
HentLev	213688	10342	16512	7071	37182	284796	94384	0.44
Privat	376488	81804	116959	22199	165877	763327	163795	0.44
Apbasert	12068	2675	19295	1318	15212	50568	4897	0.41
I alt	1133655	176682	491163	110088	457307	2368896	495621	0.44
Prosent	48 %	7 %	21 %	5 %	19 %	100 %	21 %	

Endring fra referanse 2020 (antall):								
	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	
Arbeid	-3290	416	1558	528	628	-161	72077	
Tjeneste	-544	130	-32	146	158	-143	22535	
Fritid	2487	842	-410	-230	-1911	777	49852	
HentLev	1497	107	20	16	-86	1554	62803	
Privat	1517	427	-314	-62	-974	594	105825	
Apbasert	-86	-9	64	3	29	0	3292	
I alt	1580	1912	886	400	-2157	2621	316383	

Endring fra referanse 2020 (prosent):								
	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	CD(EL)	

Arbeid	-1 %	2 %	1 %	1 %	1 %	0 %	152 %
Tjeneste	-1 %	1 %	0 %	1 %	1 %	0 %	167 %
Fritid	1 %	2 %	-1 %	-1 %	-1 %	0 %	184 %
HentLev	1 %	1 %	0 %	0 %	0 %	1 %	199 %
Privat	0 %	1 %	0 %	0 %	-1 %	0 %	183 %
Apbasert	-1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	205 %
I alt	0 %	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	177 %

Disse effektene får vi altså med RTM23+ (som dekker områder som er på landstoppen når det gjelder elbilandeler) når elbilandeler og betalingsforutsetningene endres. Gitt måten drivstoffsegmentene er lagt inn på i TB2, og endringene som er regnet på, virker ikke effektene å være spesielt urimelige.

Tabellene under viser elbilandeler i de tre alternativene mellom utvalgte kommuner i modellområdet vestlige del⁷. Grunnlaget for elbilandelene er utreiser for rene tur/retur-reiser⁸, summert over reisehensikter. Forutsatte elbilandeler per kommune (i sdat_7) fremgår av siste kolonne i tabellene. Vi ser at gjennomsnittlig elbilandel (kolonnen «I alt») ut fra kommunene for noen kommuner blir litt høyere enn forutsatte andeler.

I referanse 2020 blir gjennomsnittlig elbilandel inn/ut/i Oslo 22 %. Merk at dette er i prosent av regional biltrafikk (kun trafikk beregnet med TB2) uten eksterntrafikk og tungtrafikk. Det er en klar tendens til at elbilandelene inn til Oslo (dvs. til kolonnen merket 301) fra omlandet i vest er høyere enn ved lokal bompengefri kjøring (dvs. til de andre kolonnene/kommunene). Gjennomsnittet for hele modellområdet blir 15 %.

Tabell 7 Elbilandeler referanse 2020

		301	3005	3007	3024	3025	3031	3038	3049	3053	3054	0	I alt	El. Foruts.
Oslo	301	22 %	21 %	20 %	22 %	19 %	16 %	16 %	16 %	n.a	6 %	20 %	22 %	17 %
Drammen	3005	7 %	5 %	3 %	4 %	4 %	0 %	1 %	5 %	n.a	n.a	5 %	5 %	6 %
Ringerike	3007	9 %	6 %	6 %	6 %	5 %	3 %	6 %	3 %	7 %	6 %	5 %	6 %	6 %
Bærum	3024	31 %	15 %	14 %	19 %	17 %	15 %	13 %	14 %	2 %	0 %	20 %	21 %	20 %
Asker	3025	32 %	20 %	16 %	22 %	19 %	19 %	16 %	18 %	n.a	n.a	26 %	20 %	19 %
Nittedal	3031	26 %	10 %	10 %	26 %	16 %	14 %	4 %	10 %	9 %	17 %	15 %	17 %	16 %
Hole	3038	19 %	10 %	13 %	13 %	12 %	12 %	12 %	11 %	15 %	11 %	12 %	13 %	13 %
Lier	3049	19 %	13 %	9 %	13 %	13 %	10 %	11 %	12 %	3 %	0 %	12 %	13 %	13 %
Jevnaker	3053	10 %	4 %	8 %	7 %	5 %	4 %	6 %	4 %	6 %	6 %	5 %	6 %	6 %
Lunner	3054	16 %	n.a	12 %	15 %	8 %	10 %	10 %	4 %	10 %	9 %	10 %	10 %	9 %
Andre	0	20 %	7 %	6 %	20 %	12 %	10 %	5 %	8 %	5 %	6 %	11 %	12 %	
I alt		22 %	7 %	7 %	19 %	17 %	13 %	10 %	11 %	6 %	9 %	11 %	15 %	

⁷ Resultatene for andre kommuner i modellområdet enn de som er gjengitt med navn og nummer i tabellene, finnes summert i kolonnen/linjen markert med «0».

⁸ Hadde vi tatt med leg turene og hjemreisene ville elbilandelene ikke vært så lett å tolke.

Når de forutsatte elbilandelene går kraftig opp, går også elbilandelene i turmatrisene kraftig opp. Gjennomsnittet for reiser inn/ut/i Oslo blir nå 58 %. Fra Asker og Bærum blir over 70 % av turene til Oslo gjennomført med elbiler. Gjennomsnittet for hele modellområdet er 45 %.

Tabell 8 Elbilandeler alternativ 1 (elbilandeler kraftig opp, j.fr. over)

		301	3005	3007	3024	3025	3031	3038	3049	3053	3054	0	I alt	El. Foruts.
Oslo	301	58 %	58 %	54 %	58 %	54 %	51 %	51 %	52 %	n.a.	45 %	55 %	58 %	50 %
Drammen	3005	30 %	22 %	19 %	22 %	22 %	8 %	15 %	21 %	n.a.	n.a.	21 %	22 %	22 %
Ringerike	3007	36 %	26 %	23 %	27 %	25 %	22 %	24 %	21 %	27 %	26 %	26 %	24 %	22 %
Bærum	3024	71 %	56 %	54 %	58 %	56 %	55 %	54 %	54 %	37 %	17 %	61 %	61 %	59 %
Asker	3025	72 %	59 %	55 %	62 %	56 %	59 %	57 %	56 %	n.a.	n.a.	65 %	58 %	56 %
Nittedal	3031	62 %	52 %	47 %	62 %	53 %	46 %	37 %	47 %	46 %	51 %	49 %	51 %	48 %
Hole	3038	52 %	38 %	39 %	42 %	41 %	39 %	36 %	38 %	43 %	40 %	41 %	39 %	38 %
Lier	3049	52 %	40 %	36 %	43 %	40 %	39 %	38 %	36 %	29 %	21 %	40 %	39 %	38 %
Jevnaker	3053	39 %	24 %	28 %	30 %	27 %	22 %	27 %	24 %	23 %	25 %	25 %	25 %	24 %
Lunner	3054	54 %	n.a.	44 %	51 %	42 %	40 %	41 %	37 %	40 %	37 %	40 %	40 %	38 %
Andre	0	54 %	27 %	28 %	54 %	41 %	37 %	27 %	30 %	26 %	29 %	36 %	38 %	
	I alt	58 %	27 %	25 %	57 %	52 %	44 %	33 %	36 %	25 %	35 %	38 %	45 %	

Når elbilene forutsettes å betale fulle satser for parkering, synker spesielt elbilandelene inn til, og i Oslo en del (til vel 50 %). Det er jo også i Oslo de aller fleste soner med forutsatt parkeringsbetaling befinner seg. Det er vel en viss tendens til at elbilbruken til områder uten parkeringsbetaling øker, men gjennomsnittet for hele modellområdet synker til 43 % elbilandel.

Tabell 9 Elbilandeler alternativ 2 (som alternativ 1 men elbiler betaler fullpris for parkering)

		301	3005	3007	3024	3025	3031	3038	3049	3053	3054	0	I alt	El. Foruts.
Oslo	301	52 %	56 %	56 %	55 %	57 %	54 %	54 %	55 %	n.a.	49 %	56 %	52 %	50 %
Drammen	3005	20 %	21 %	20 %	17 %	21 %	13 %	16 %	22 %	n.a.	n.a.	22 %	21 %	22 %
Ringerike	3007	25 %	24 %	23 %	23 %	24 %	23 %	24 %	22 %	28 %	26 %	25 %	23 %	22 %
Bærum	3024	62 %	56 %	56 %	57 %	58 %	59 %	57 %	58 %	39 %	22 %	61 %	58 %	59 %
Asker	3025	62 %	59 %	57 %	57 %	56 %	62 %	59 %	58 %	n.a.	n.a.	65 %	57 %	56 %
Nittedal	3031	53 %	46 %	48 %	54 %	53 %	47 %	40 %	50 %	48 %	52 %	50 %	49 %	48 %
Hole	3038	41 %	37 %	39 %	39 %	41 %	42 %	37 %	40 %	44 %	41 %	41 %	39 %	38 %
Lier	3049	40 %	39 %	38 %	38 %	40 %	42 %	40 %	37 %	32 %	20 %	41 %	39 %	38 %
Jevnaker	3053	27 %	21 %	29 %	25 %	26 %	23 %	27 %	25 %	23 %	25 %	25 %	25 %	24 %
Lunner	3054	44 %	n.a.	45 %	44 %	44 %	41 %	43 %	39 %	40 %	37 %	41 %	39 %	38 %
Andre	0	45 %	26 %	29 %	44 %	41 %	39 %	27 %	31 %	27 %	29 %	36 %	37 %	
	I alt	51 %	26 %	26 %	54 %	53 %	46 %	34 %	38 %	26 %	35 %	38 %	43 %	

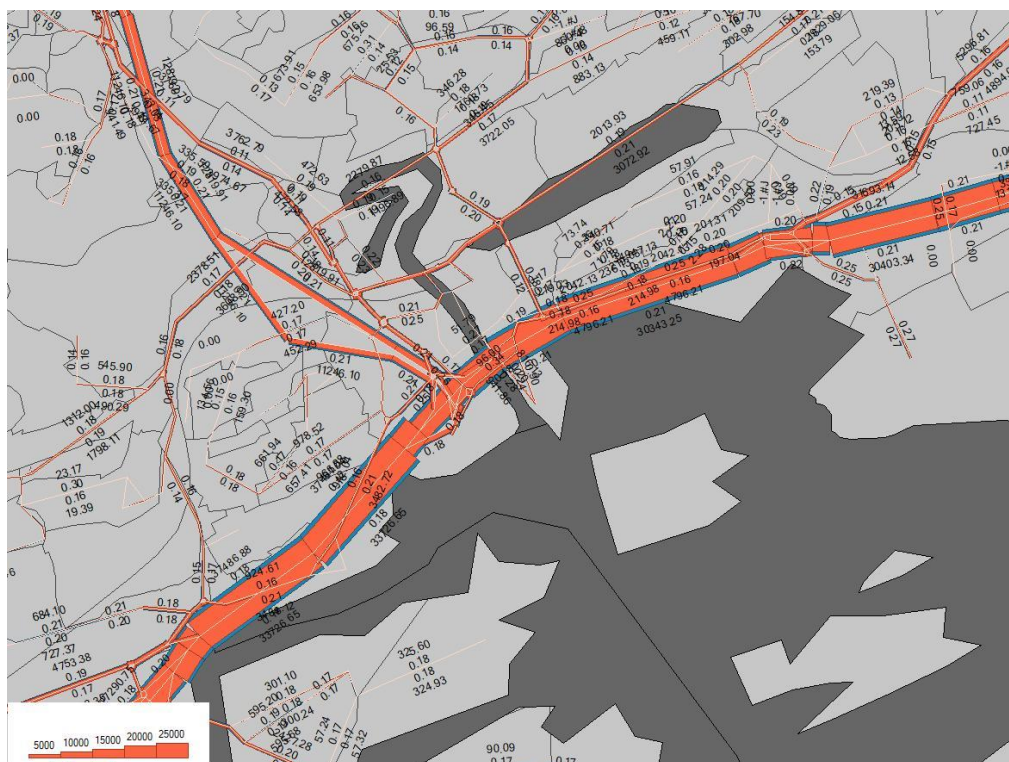
Grunnlaget for de påfølgende figurene er såkalt «Multiclass assignment» i EMME. Det er satt sammen matriser for følgende «trafikktyper»:

- Regionale reiser (utslipp; fossil/hybrid)
- Regionale reiser elbil
- Kort eksterntrafikk (skole, Sverige, flyplass, lokal)
- Lang eksterntrafikk (NTM6)
- Godstrafikk

Assignment-typen er generaliserte kostnader der kilometerkostnader (fossil) og bompenger (gjennomsnitt uten elbil) regnes om til tid som vektlegges (med invers tidsverdi) i tillegg til kjøretiden. For elbiler halveres vekt faktoren i forhold til fossile kjøretøy i og med at kostnadene for disse skal være rundt halvparten av kostnadene for fossil både når det gjelder kilometerkostnader og bompenger. Assignment gjøres for døgntrafikk med vd-funksjoner hvor timekapasiteten er multiplisert med 10. I figurene vises kun regionale reiser med utslippskjøretøy (rødt) og elbiler (blått). Tallene på lenkene er elbilandel (el/(el+utslipp), innerst) og sum regional (el+utslipp, ytterst).

I referanse 2020 ligger elbilandelene på vegnettet rundt Sandvika som vi ser rundt 20 %. På E18 fra Asker mot Sandvika er andelen 18 %, økende til 21 % videre inn mot Oslo sentrum (Figur 1).

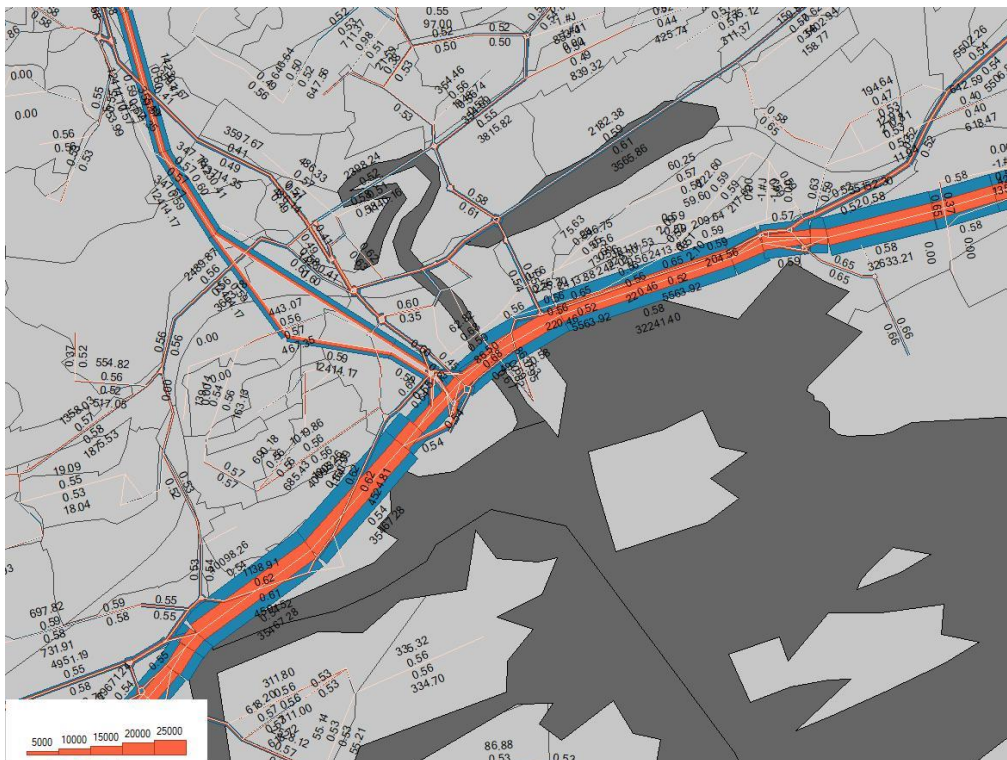
Figur 1 Trafikkvolumer⁹ og elbilandeler på vegnettet rundt Sandvika i referanse 2020



Når forutsatte elbilandeler går kraftig opp får vi også tilsvarende effekter på vegene. På E18 fra Asker mot Sandvika, er andelen 54 %, økende til 58 % videre inn mot sentrale Oslo. Totaltrafikken øker også litt (Figur 2).

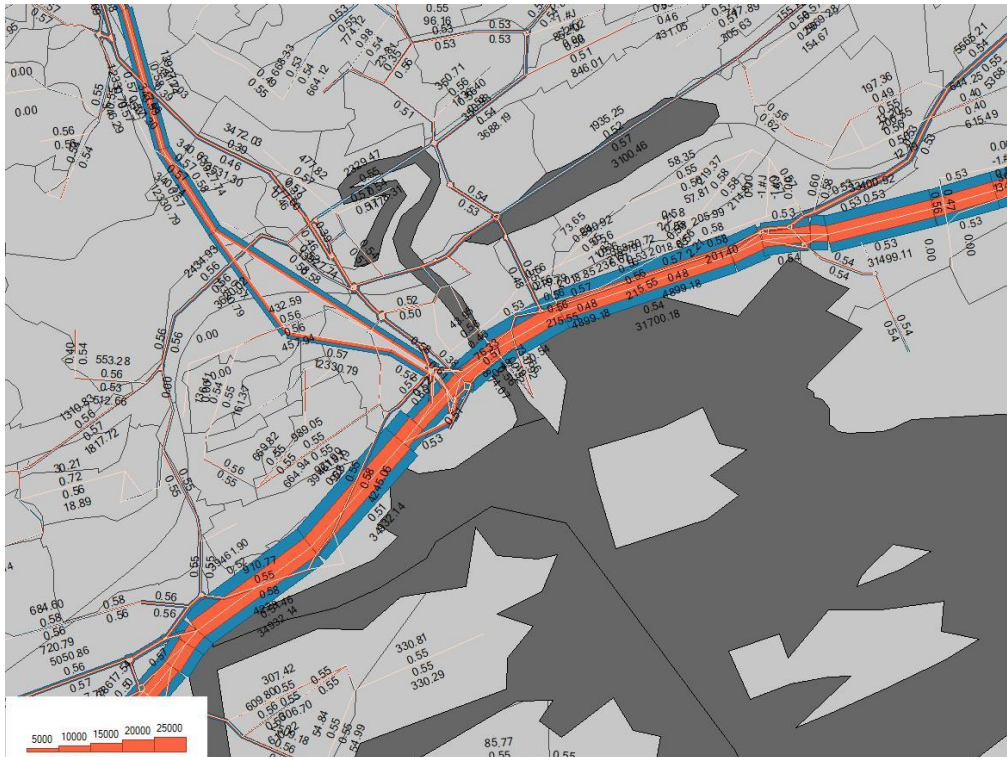
⁹ Volumene i plottet omfatter kun TB2-turer

Figur 2 Trafikkvolumer og elbilandeler på vegnettet rundt Sandvika i alternativ 1 (elbilandeler kraftig opp)



Når elbilistene må betale fulle parkeringskostnader, går elbilandelene noe ned. På E18 fra Asker mot Sandvika, er andelen 51 %, økende til 53 % videre inn mot Oslo. Totaltrafikken går noe ned i forhold til alternativ 1 (Figur 3).

Figur 3 Trafikkvolumer og elbilandeler på vegnettet rundt Sandvika i alternativ 2 (som alternativ 1, men elbiler betaler fullpris for parkering)



1.4 «Leg2-problemet» og etablering av mulighet for å spesifisere egne LoS-data for elbiler

Vinteren 2021/2022 innføres muligheten for å spesifisere et eget datasett med LoS-data for elbilsegmentet, med samme datafelt som for fossile kjøretøy. Dette er bl.a. påkrevet hvis man skal analysere ekstreme tiltak som 0-utslipssoner hvor fossile kjøretøy ikke tillates på sentrale veglenker i byområder. Etter hvert som en økende andel av bilførerturene gjennomføres med elbil er det også naturlig at det beregnes LoS-data spesifikt for disse, og ikke kun for fossile kjøretøy. Selv med strømkriser og høye renter vil elbilene ha et fortrinn knyttet til lavere kilometerkostnader enn fossile og hybride kjøretøy og samtidig et fortrinn når det gjelder prislappen for å passere bomstasjoner og å bruke ferjer. Dette kan gi forskjellige vegvalg for elbiler og fossile kjøretøy, og også forskjellig destinasjonsvalg og transportmiddelvalg.

Egne LoS-data for elbiler lages på samme måte som for konvensjonelle kjøretøy, men man vil gjerne ta hensyn til lavere kilometerkostnader og lavere bompenger/fergekostnader for elbiler i assignmentene. Dette vil kunne gi litt forskjellige vegvalg for elbiler og fossile kjøretøy i enkelte situasjoner. Merk at de globale faktorene i modellfaktorer for bompengerkostnader og ferjekostnader for elbil alltid vil gjelde, uavhengig av om det opereres med egne LoS-data for elbil eller ei. De modellspesifikke faktorene i modellfaktorer vil være de samme for elbiler som for fossile kjøretøy.

Ellers skal akkurat samme datafelter beregnes for elbil som for fossile kjøretøy. Bruker man LoS-data på omx-format skal datafeltene for elbil gis prefiks «E» (slik det er forutsatt for losdata på omx-format til TB2), og de vil da gjelde for elbilsegmentet når «LosDataHarElbil» er satt til «Ja» i rotfil. Matriser uten prefiks «E» vil da gjelde for segmentene fossil og hybrid. Bruker man LoS-data på tekstformat skal datafeltene for elbil komme med samme ordning som for fossile kjøretøy i to ekstra bolker, for lavtrafikk

og rush rett etter tilsvarende bolker for fossile kjøretøy i LoS-data filen slik at tekstfilen får 79 datafelter mot 62 uten egne LoS-data for ebiler.

I løpet av dette arbeidet var det en del fokus på «**Leg2-problemet**». Problemet består i at alle segmenter blir eliminert før beregning av destinasjonsvalget for Leg2. Slik sett kan man si at destinasjonsvalget for Leg2 (og dermed startstedet for Leg3) blir beregnet for et «gjennomsnittsegment». Destinasjonssannsynlighetene i Leg2 beregnes i korte trekk ved å summere alle segmenters reiser til ulike destinasjoner og dividere med totalt antall reiser, per transportmåte. Hvis det er store forskjeller mellom segmentenes destinasjonsvalg, som det eksempelvis vil være mellom elbilsegmentet og fossilsegmentene ved innføring av 0-utslippssone, der fossile kjøretøy ikke kan oppnå bestemte destinasjoner, så vil man dermed likevel kunne få noen fossile kjøretøy til disse destinasjonene i Leg2 (og reiser med fossile kjøretøy fra disse destinasjonene i Leg3).

Dette vil kunne skje ved en full kjøring med alle segmenter i TB2. I etter-kjøringer for hvert drivstoffsegment vil imidlertid dette ikke kunne skje, da Leg2 (og Leg3) for hvert drivstoffsegment beregnes uten innblanding av reiser for de to øvrige segmentene.

Dette betyr også at $Leg2_{full} \neq Leg2_{el} + Leg2_{hyb} + Leg2_{fos}$, eller med ord at Leg2 for en full kjøring ikke vil bli eksakt lik summen av Leg2 basert på kjøring for hvert drivstoffsegment (tilsvarende for Leg3). Dette problemet blir imidlertid kun merkbart ved forholdsvis ekstreme forskjeller i de gjennomsnittlige destinasjonssannsynlighetene mellom drivstoffsegmentene.

I slike situasjoner bør man kjøre etterberegninger per drivstofftype for å få riktig Leg2 og 3. Problemet er mulig å fikse for fulle kjøring også, men ikke uten et betydelig merforbruk av beregningstid (trolig mer enn en faktor på 2 ifølge tester), så vi anser at dette ikke er en farbar vei å følge. Vi har noen beslektede problemer knyttet til de deler av TB2-modellene der drivstoffsegmenteringen ikke inngår (turgenereringen, BHFK-modellene, periodekortinnhav). Disse utslagene vil være forholdsvis små (og heller ikke helt urimelige) og vil normalt ikke oppdages med mindre man er veldig detaljfokusert.

1.4.1 «Leg2-problemet» i praksis

Her skal vi se nærmere på hva «Leg2-problemet» betyr i praksis. Som nevnt skyldes Leg2-problemet den aggregering av reiser over segmenter som gjennomføres når destinasjonsvalget for Leg2-turene skal beregnes. For de rene tur/retur-reisene er destinasjonsvalget segmentspesifikt (hvert segment har i prinsippet sitt eget destinasjonsvalg). Når alle reiser i Leg1 er beregnet summeres disse over alle segmenter opp til hver destinasjon og dette gir en tur-vektor som gir grunnlag for å beregne en gjennomsnittsfordeling av reiser på destinasjoner og det er denne som benyttes som grunnlag for å beregne start- og endepunkter i Leg2. Når drivstofftyper nå er segmenter, blir destinasjonsfordelingen også gjennomsnittlig over disse. Dette betyr, eksempelvis ved innføring av en nullutslippssone, som dette eksempelet dreier seg om, og når andelen reiser med fossile kjøretøy er høy, så vil reisene med fossile kjøretøy også være med på å påvirke destinasjonsvalget i Leg2 for ebiler. Hvis vi kjører TB2 for hvert kjøretøysegment så skjer ikke dette, for da utelates de to andre segmentene enn det vi kjører for, fra beregningene. Den gjennomsnittlige fordelingen på destinasjoner eksempelvis for ebiler vil da bli riktig fordi fordelingene for de to øvrige kjøretøysegmentene ikke vil inngå.

Det eksempelet vi går gjennom her er hentet fra en test hvor det tenkes innført en nullutslippssone i Kristiansund kommune. Eksempelet er beregnet før et opplegg med dynamikk for elbilendringer var ferdigstilt (se kapittel 1.7) slik at vi her ikke får endringer i elbilandelene, men det er ikke så viktig - for poenget her er å vise omfanget og effektene av Leg2-problemet. Det er imidlertid klart at eksempelet som presenteres her er en stresstest av TB2/RTM, og at tiltaket som innføres neppe vil kunne bli realisert i praksis. Det ville i tilfelle påvirket innbyggere og næringsliv i området svært negativt, langs mange dimensjoner.

Vi fokuserer her kun på turene i Leg2, siden det er her problemet oppstår. Leg2-problemet vil gi følgefeil til Leg3, men disse feilene vil automatisk korrigere seg selv når modellen kjøres for enkeltsegmenter.

Den tenkte nullutslippssonen dekker hele sentrale Kristiansund (Gomalandet og Kriklandet for lokalkjente). I dette området bor det ca. 11000 innbyggere (36 % av bosatte i modellområdet som omfatter Kristiansund og Averøy (1554 i tabellene under) kommuner) og det er ca. 5500 arbeidsplasser (41 % av arbeidsplassene i modellområdet). Elbilandelen for de bosatte i dette området er på 8 %, mot 12 % for hele modellområdet (elbilandelene dras noe opp av en forholdsvis høy elbilandel i Averøy kommune (18 %), hvor hovedårsaken er forholdsvis høye bompenger i Atlanterhavstunnelen inn til Kristiansund med fritak for betaling for elbiler i store deler av bompengeperioden). Forholdsvis lave elbilandeler sentralt i Kristiansund kan trolig tilskrives at sentrum er ganske tett bebygget og at det dermed kan være snakk om problemer i forhold til bostedslading av elbilene.

Tabellen under viser bilførerturer i Leg2 mellom delområdene i modellområdet. Bilførerturene i tabellen er beregnet ved summering av Leg2-turene over drivlinjer i isolerte etterberegninger for hvert drivstoffsegment. Nullutslippssonen tenkes innført i området mellom delområdene 150502 og 150507, markert med røde tall innenfor rektangelet som er markert øverst til venstre i tabellen. Siden det verken er ferjer eller bomstasjoner i modellområdet vil omfanget av Leg2-turene for hovedkjøringen være ganske lik med tallene i tabellen under basert på summering av etterkjøringer for hvert drivstoffsegment.

Tabell 10 Leg2-turer, Referanse, Kristiansund & Averøy

	150501	150502	150503	150504	150505	150506	150507	150508	150509	150511	150512	150513	1554	I alt
150501	15	61	20	9	28	11	7	54	14	3	11	3	16	253
150502	74	351	113	53	160	62	42	335	90	21	70	21	106	1497
150503	27	126	42	19	57	22	16	122	35	9	28	9	39	551
150504	10	48	16	8	26	9	7	49	14	3	11	3	15	220
150505	30	141	45	26	84	30	20	151	42	10	32	10	50	670
150506	13	64	20	10	33	14	9	84	22	5	17	5	19	316
150507	8	38	12	7	22	9	7	53	16	4	13	4	11	203
150508	83	421	136	64	198	95	66	852	199	82	216	68	121	2600
150509	18	91	30	15	49	22	18	170	56	13	41	13	26	563
150511	4	18	6	3	10	4	4	63	12	48	30	12	4	219
150512	14	70	24	12	37	17	14	187	41	34	75	25	19	568
150513	4	17	6	3	10	4	4	49	11	11	22	11	5	156
1554	21	109	35	17	58	18	12	92	25	5	18	6	937	1354
I alt	321	1556	507	247	770	317	223	2261	577	247	585	190	1369	9169

Tabellen under viser elbilandelene i Leg2 turene i referansesituasjonen. Elbilandelene for Leg2-turene vil være noe varierende i modellområdet fordi Leg2 mellom delområder er en miks av turer for bosatte i ulike deler av modellområdet. I de mest sentrale områdene (150502 og 150503) er elbilandelene som vi ser høyere enn ellers innenfor det tenkte nullutslippsområdet og dette skyldes at det i hovedsak er besøkende fra andre områder med høyere elbilandeler enn de bosatte der, som gjennomfører disse turene.

Tabell 11 Elbilandeler for Leg2-reiser, Referanse (Alternativ A)

	150501	150502	150503	150504	150505	150506	150507	150508	150509	150511	150512	150513	1554	I alt
150501	8 %	12 %	10 %	8 %	9 %	8 %	9 %	9 %	9 %	10 %	10 %	10 %	15 %	10 %
150502	12 %	17 %	14 %	12 %	12 %	12 %	12 %	13 %	13 %	15 %	14 %	14 %	22 %	15 %
150503	10 %	14 %	12 %	10 %	10 %	10 %	11 %	11 %	11 %	12 %	12 %	12 %	18 %	12 %
150504	8 %	12 %	9 %	8 %	8 %	8 %	8 %	9 %	9 %	9 %	9 %	10 %	15 %	10 %
150505	9 %	12 %	10 %	8 %	9 %	8 %	9 %	9 %	10 %	10 %	10 %	10 %	16 %	10 %
150506	8 %	12 %	9 %	8 %	8 %	8 %	8 %	9 %	9 %	10 %	10 %	10 %	15 %	10 %
150507	9 %	12 %	10 %	8 %	9 %	8 %	8 %	9 %	10 %	10 %	10 %	10 %	15 %	10 %
150508	9 %	13 %	10 %	9 %	9 %	9 %	9 %	9 %	10 %	10 %	10 %	10 %	15 %	10 %
150509	9 %	13 %	11 %	9 %	10 %	9 %	10 %	10 %	11 %	11 %	11 %	11 %	15 %	11 %

150511	10 %	14 %	11 %	9 %	10 %	10 %	9 %	10 %	10 %	8 %	10 %	9 %	11 %	10 %
150512	10 %	13 %	11 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	11 %	10 %	10 %	10 %	14 %	11 %
150513	10 %	13 %	11 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	11 %	10 %	10 %	9 %	13 %	10 %
1554	16 %	23 %	18 %	16 %	17 %	17 %	16 %	16 %	16 %	14 %	16 %	15 %	15 %	16 %
I alt	10 %	14 %	12 %	10 %	10 %	10 %	10 %	10 %	11 %	10 %	11 %	11 %	15 %	12 %

Nullutslippssonen er beregnet med egne LoS-data for fossile kjøretøy og for elbiler, hvilket er påkrevet i denne type beregninger. Fossile kjøretøy får her verken kjøre inn/ut av nullutslippssonen, eller inn/ut av grunnkretsene som befinner seg der. For fossile kjøretøy er altså nullutslippssonen utilgjengelig, også for de segmentene som er bosatt i sonen. Segmentene uten elbil må derfor la bilen stå. I hele modellområdet går antall personer i segmentet med full biltilgang ned med 19 %, (som i sin helhet skyldes reduksjoner i nullutslippssonen). I modellområdet reduseres bilførerturer med ca. 40 %, mens kollektivt, sykkel og turer til fots øker med godt over 100 %. Totalt sett går turer i modellområdet ned med 5 %. Her har vi altså ikke med den dynamikken som sørger for at elbilandelene vil øke, i regnestykkene.

Tabell 12 viser resultatene for Leg2 i en full kjøring for den tenkte nullutslippssonen med alle drivstoffsegmenter med. Tabell 13 viser summen av Leg2-matriser beregnet per kjøretøysegment i etterberegninger. Vi ser at resultatene blir forskjellige og differansene vises i Tabell 14.

Tabell 12 Leg2-turer. I full kjøring med alle drivstoffsegmenter i TB2, Nullutslippssone i Kristiansund

	150501	150502	150503	150504	150505	150506	150507	150508	150509	150511	150512	150513	1554	I alt
150501	137	18	6	2	4	2	1	10	3	1	2	1	6	191
150502	20	26	7	3	9	3	2	44	13	4	11	3	44	187
150503	6	8	2	1	3	1	1	14	4	1	4	1	13	59
150504	1	2	1	0	1	0	0	4	1	0	1	0	4	18
150505	4	7	2	1	3	1	1	13	4	1	3	1	15	56
150506	2	3	1	0	1	0	0	8	2	1	2	1	5	26
150507	1	2	0	0	1	0	0	5	2	0	1	0	3	16
150508	13	51	14	6	17	9	6	1093	283	109	298	97	26	2022
150509	3	12	3	1	5	2	2	242	90	19	63	20	5	469
150511	1	3	1	0	1	1	0	83	17	56	39	16	1	220
150512	2	10	3	1	4	2	2	255	62	44	104	36	4	529
150513	1	3	1	0	1	0	0	68	16	15	31	15	1	153
1554	7	43	11	5	17	5	3	24	6	2	5	1	1374	1505
I alt	196	189	52	21	67	27	19	1865	504	253	564	192	1501	5450

Tabell 13 Leg2-turer. Enkeltkjøring per drivstoffsegment summert, Nullutslippssone i Kristiansund

	150501	150502	150503	150504	150505	150506	150507	150508	150509	150511	150512	150513	1554	I alt
150501	171	6	2	1	2	1	0	4	1	0	1	0	2	192
150502	7	48	13	5	16	6	4	39	11	3	9	3	23	187
150503	2	15	4	2	5	2	1	12	4	1	3	1	7	59
150504	1	4	1	1	2	1	0	4	1	0	1	0	2	18
150505	2	13	3	2	5	2	1	12	3	1	3	1	8	56
150506	1	6	2	1	2	1	1	6	2	0	1	0	3	26
150507	1	4	1	0	1	1	0	4	1	0	1	0	2	16
150508	6	46	12	5	15	7	5	1110	288	110	301	98	15	2020
150509	1	10	3	1	4	2	1	247	93	19	64	20	3	469
150511	0	2	1	0	1	0	0	84	17	57	40	16	1	219
150512	1	9	2	1	3	1	1	258	63	44	105	36	3	529
150513	0	2	1	0	1	0	0	69	17	15	32	15	1	152
1554	3	25	7	3	10	3	2	14	4	1	3	1	1425	1500
I alt	198	190	51	21	67	27	19	1863	504	253	564	192	1495	5442

Dette betyr at differansene mellom Tabell 13 og Tabell 12 illustrerer den feilen vi får når det gjelder Leg2-turer i beregningene for nullutslippssonen, når vi baserer resultatene på en full kjøring i forhold til summen av turer over drivstofftyper i tre etterberegninger. Forskjellene vist i Tabell 14 er ikke spesielt

150504	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150505	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150507	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
150508	0	0	0	0	0	0	0	1036	271	102	281	92	3	1785	
150509	0	0	0	0	0	0	0	232	87	18	60	19	0	417	
150511	0	0	0	0	0	0	0	78	16	53	37	15	0	198	
150512	0	0	0	0	0	0	0	241	59	41	98	34	1	474	
150513	0	0	0	0	0	0	0	64	16	14	29	14	0	137	
1554	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	1289	1292	
I alt	170	0	0	0	0	0	0	1653	449	229	506	173	1294	4474	

Leg2-problemet er i hovedsak et problem når det gjelder segmenter med store forskjeller i Leg1-sannsynligheter for destinasjonsvalg mellom segmenter. Vi kan minne om at Leg1 sannsynlighetene beregnes for hvert segment separat, men det er når disse aggregeres over segmenter for å etablere sannsynlige gjennomsnittlige start- og målpunkter i Leg2, at unøyaktighetene oppstår. I eksempelet her har vi en ekstrem situasjon med en forholdsvis stor og inngripende nullutslippssone, som gir store forskjeller i mulighetene for start- og målpunkt for Leg2-turene. Feilene (vist i Tabell 14) blir likevel forholdsvis moderate, spesielt når vi tar høyde for alle andre turer som gjennomføres med ulike reisehensikter. Elbilandelene i dette området er forholdsvis moderate, og det er mulig at effektene kunne blitt større med en mer lik fordeling mellom elbiler og fossile kjøretøy.

Man bør altså forholde seg til Leg2-problemet hvis det er store forskjeller i destinasjonsvalg mellom segmenter. Har man høye bompenger eller ferjekostnader, kombinert med store fordeler for elbil involvert i analysene, bør man kanskje koste på seg i hvert fall en test for å undersøke i hvilken grad Leg2-problemet er involvert. Dette gjøres ved å kjøre modellen isolert for hvert enkelt kjøretøysegment i et eller flere alternativ. Nå er det vel slik at fordelene ved bruk av elbil når det gjelder bompasseringer og på fergesamband, har sunket en del de siste årene, men samtidig så har også elbilandelene økt.

Det kan påpekes at man egentlig ikke trenger å konstruere Leg2-matriser i hver av kjøringene for å undersøke dette. Hvis man får forskjeller på OD-nivå mellom den totale turmatrisen for den fulle kjøringen, og summen av totale turmatriser for de tre enkeltkjøringene som er større enn avrundingsforskjeller, og dette utgjør noen prosenter i totaltrafikken for de OD-parene det gjelder, så har man i hvert fall et vurderingsgrunnlag.

1.5 Etablering av biler per drivlinje fra kjøretøyregisteret

Det neste trinnet i videreutvikling av RTM/TB2-systemet i retning av bedre håndtering av de forholdsvis store endringene som pågår, og er forventet å fortsette i de kommende neste tiår, ble å forsøke å få en bedre og mer geografisk detaljert oversikt over elbilandel enn på kommunenivå. Kort sagt er det behov for informasjon om antall kjøretøy som disponeres av bosatte i grunnkretser, samt disse kjøretøyenes fordeling på drivstofftype (elbil, hybrid, fossil). Dette behovet er altså todelt og blir grunnlaget for videre utvikling av TB2 når det gjelder drivlinje langs to hoved-dimensjoner:

1. Antallet biler kan brukes til kalibrering av modellert tilgang til bil (segmenteringsmodellen).
2. Fordelingen etter drivstofftype er viktig input til Tramod-by, gjennom sonedatafil sdat_71 som forsøkes oppdatert fra kommunenivå til grunnkrets-nivå.

Fra Statens vegvesen har vi fått data fra kjøretøyregisteret pr 13.03.2022, i form av datasett som kalles «ADK-12» eller «Regtek». Dette inneholder alle registrerte, avregistrerte og vrakede kjøretøy i Norge, og er i utgangspunktet på ca. 6,5 Gb og har over 11 millioner records. Mange av disse er imidlertid kjøretøy som vil filtreres bort fra grunnlaget vi skal jobbe videre med.

Det er gjennomført filtrering av dette datamaterialet i flere steg:

1. Fjerner alle kjøretøy der kjøringens art ikke er spesifisert som egentransport.

2. Fjerner alle kjøretøy der teknisk kode ikke er M1, M1G, N1 og N1G. Det vil si at vi beholder personbiler med maks 8 seter, og i utgangspunktet også varebiler med totalvekt opp til 3500 kg, samt "terrenggående" varianter av disse to gruppene (for personbil vil en typisk SUV falle i kategorien terrenggående).
3. Fjerner alle kjøretøy med teknisk underkode SA, som indikerer campingbil/bobil (antakelsen er at disse i liten grad benyttes til daglig lokal kjøring).
4. Fjerner alle kjøretøy som er første gang registrert tidligere enn 13.03.1992. Dette er pr definisjon veteranbiler (antakelsen er at disse ikke brukes hyppig til daglig lokal kjøring, og dermed ikke representerer biltilgang på samme måte som nyere biler).
5. Fjerner alle kjøretøy som ikke eies eller leases av privatpersoner. I denne kategorien finner vi leasingfirmaer, bilforhandlere, forsikringsselskaper, utleiefirmaer, en lang rekke kommuner, samt andre offentlige og private virksomheter. Dette filteret fjerner til sammen 350 000 biler. Disse kan ikke knyttes til privatperson på en gitt adresse, og må derfor utgå fra datagrunnlaget vi bruker videre.

Når det gjelder leasing så benytter vi informasjon (privatadresse) om oppgitt leasing-taker dersom dette er privatperson.

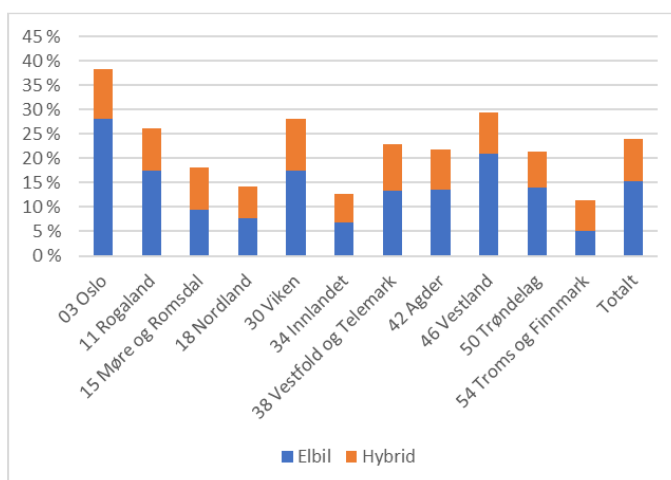
Vi teller opp antall elbiler, hybridbiler og fossilbiler med en logikk som tar hensyn til alle mulige kodeprinsipper og kombinasjoner av verdier under datafeltet TEKN_DRIVST i datamaterialet. Her er det verdt å merke seg at et kjøretøy med flere oppgitte drivstofftyper ikke nødvendigvis er en hybridbil. Det kan i mange tilfeller også være en elbil med flere el-motorer. Dette hensyntas med vår metodikk.

Vår bearbeiding gir en nasjonal elbilandel på 15.3%, pr 13.03.2022. Til sammenlikning rapporterer SSB 13.8% for summen av personbiler og varebiler kategorisert som egentransport, pr 31.12.2021. Vi kan anta at våre filtreringer i punkt 3 og 4 over bidrar til å øke elbilandelen i forhold til SSBs statistikk, mens punkt 5 bidrar til å redusere elbilandelen. Vi tror nok vår prosessering av datamaterialet er noe mer tilpasset transportmodellene enn det vi får presentert i SSBs standardtabeller.

Figurene under viser litt utvalgt statistikk fra den nye sonedatafilen (Sdat_71) som er etablert, på ulike geografiske nivåer/inndelinger. Alle figurene viser elbilandelene og hybridandelene «stabled» og resten er dermed fossilandelene. Vi går ikke ned på grunnkretser i disse figurene, men kommer tilbake til grunnkrets-nivået i neste avsnitt.

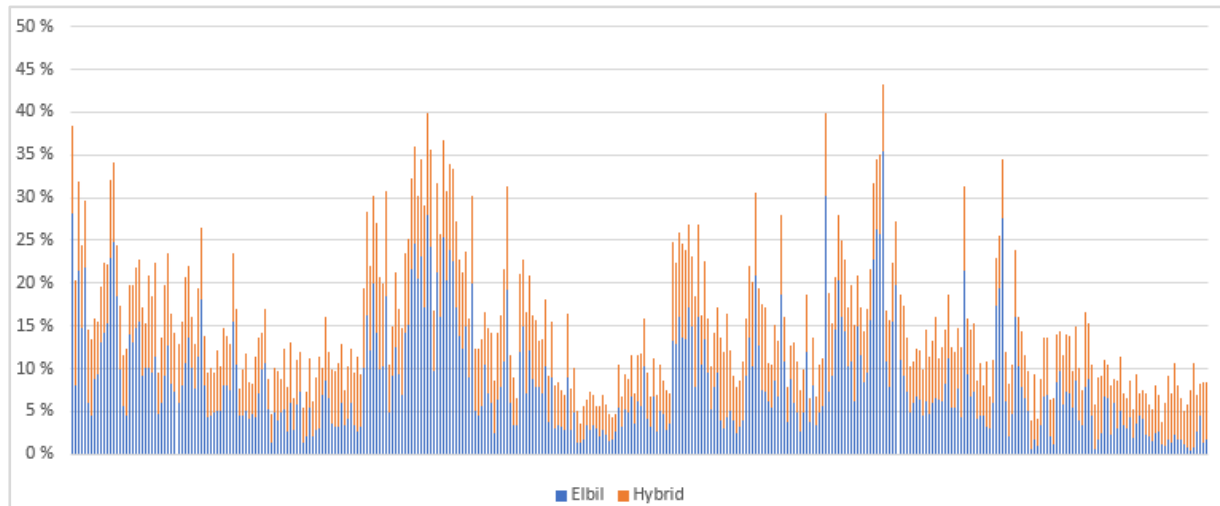
Den første figuren viser elbilandeler og hybridandeler per fylke i det datamaterialet som er etablert. Som vi ser er Oslo fylket med høyest elbilandel på dette tidspunktet, mens Vestland, Viken og Rogaland følger etter. Nordland, Innlandet og Troms og Finnmark ligger i andre ende av skalaen.

Figur 4 Elbilandeler og hybridandeler per fylke



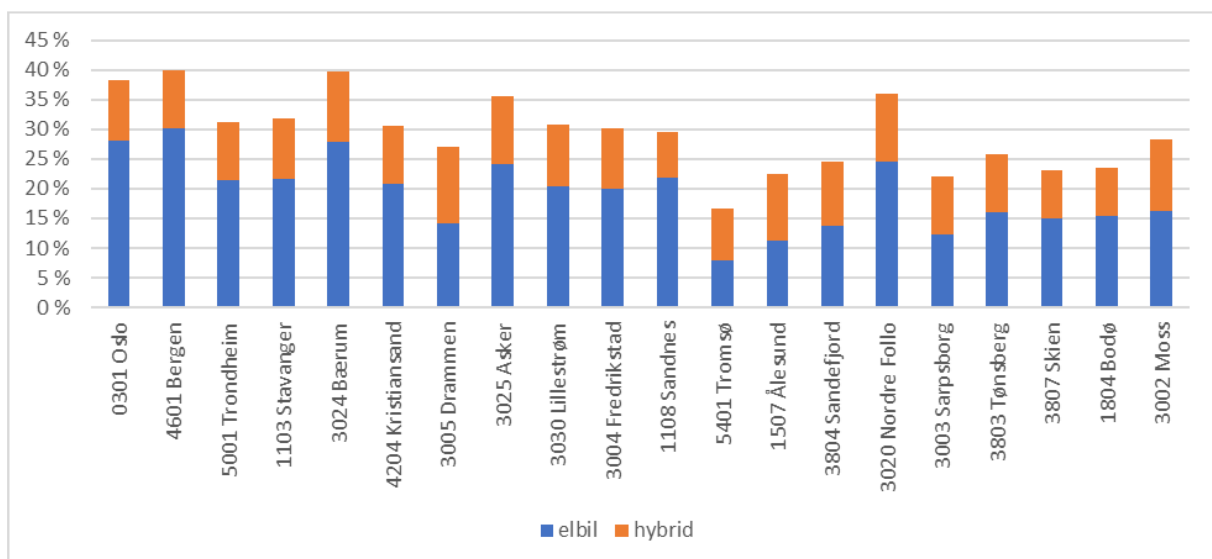
Figur 5 viser variasjonen mellom landets kommuner. Oslo er jo både fylke og kommune og på kommunenivået er Oslo noe lavere rangert når det gjelder elbilandeler. Både i Viken og Vestland finnes kommuner med høyere elbilandeler enn Oslo, selv om fylket de hører under gir lavere andeler.

Figur 5 Elbilandeler og hybridandeler per kommune



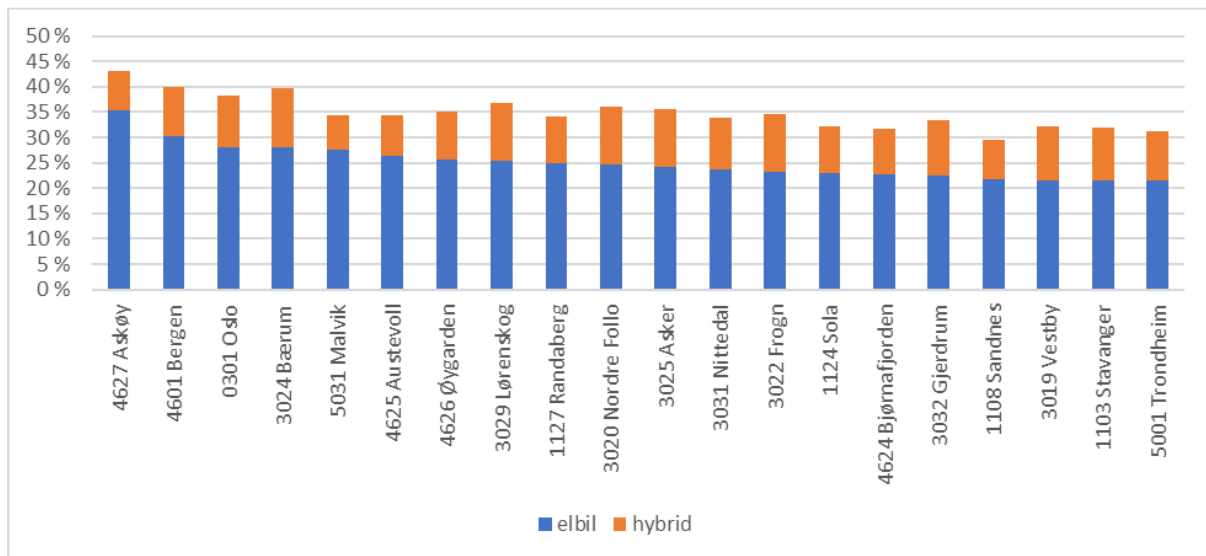
Figur 6 viser elbilandeler og hybridandeler i de 20 mest folkerike kommunene i Norge. Bergen og Bærum kommer litt høyere ut enn Oslo når det gjelder elbilandeler. Drammen, Tromsø, Ålesund og Sandefjord kommer under 15 % elbilandel ifølge dette materialet.

Figur 6 Elbilandeler og hybridandeler per kommune, de 20 mest folkerike kommunene i Norge



Til slutt viser Figur 7 elbilandeler og hybridandeler i de 20 kommunene i Norge med høyest elbilandel. 8 av kommunene har høyere elbilandel enn 25 % på dette tidspunktet, men alle de 20 har høyere elbilandel enn 20 %.

Figur 7 Elbilandeler og hybridandeler per kommune, de 20 kommunene i Norge med høyest elbilandel



Prosesseringen av dette datamaterialet gir oss altså grunnlag for å konstruere en ny Sdat_71 (fordeling av kjøretøy på elbil, hybride kjøretøy og fossile kjøretøy) til bruk i segmenteringen på drivlinje i TB2. Det gir oss imidlertid også en mulighet for å kalibrere BHKF-modellene mot totalt antall kjøretøy per grunnkrets.

1.6 Kalibrering av biltilgang mot biler fra kjøretøyregisteret

De tre BHKF-modellene er i utgangspunktet segmenteringsmodeller som fordeler våre 120 befolkningssegmenter (alder (12), kjønn (2), familietype (5)) videre inn etter biltilgang¹⁰. Biltilgang går på om personen selv har førerkort eller ikke, og videre på totalt antall personer med førerkort, og totalt antall biler i husholdningene. På dette tidspunkt i modellutviklingen (årsskiftet 21/22), var det allerede implementert to former for geografisk kalibrering av modellene for biltilgang:

1. Kalibrering av førerkortinnehavet på geografisk nivå (registerdata fra førerkortregisteret og befolkningsregisteret)
2. Kalibrering av biltilgang generelt på geografisk nivå

Ingen av disse mulighetene var imidlertid i bruk på denne tiden, den første pga. feil i datagrunnlaget (se eget kapittel 2 i denne rapporten), og den andre pga. mangelfulle/usikre data å kalibrere mot på geografisk nivå¹¹. Når vi nå, som beskrevet i avsnittet over, har etablert antall kjøretøy per grunnkrets fra kjøretøyregisteret, av forholdsvis god kvalitet, ble tanken at dette datasettet kunne utnyttes til kalibrering av BHKF-modellene på geografisk nivå. Dette innebærer å få gjennomført punkt 2 over, på registerdata som SVV besitter.

I utgangspunktet beregner BHKF-modellene ikke antall biler, men ved å gjøre noen forutsetninger knyttet til antall biler en person i et segment genererer, kan antallet biler som følger av en gitt fordeling på bilholdsegmenter likevel estimeres. Det er tre multinomiske BHKF-modeller (logit) som kjøres for tre husholdningsstørrelser, med alternativer som indikert i Tabell 17. Tabellen viser også antall kjøretøy per

¹⁰ I noen millisekunder (per sone) har vi her også husholdningsstørrelse (1 voksen (18 år +), 2 voksne, og 3+ voksne) som segment fordi det er egne modeller langs denne dimensjonen i BHKF-opplegget. Når BHKF-beregningene er ferdig har vi dermed befolkningen fordelt på 600 segmenter pr grunnkrets.

¹¹ I utgangspunktet var det vel her meningen å utnytte RVU-data, men disse er mer usikre desto mer detaljert man går inn i geografien, og inneholder dessuten skjevheter.

person som kan tenkes å befinne seg (eies av) husholdninger etter husholdningsstørrelse (antall personer 18 år og eldre) og biltilgangssegment.

Personer i segment nr. 1 til 3 i tabellens nummerering vil ikke ha noen biler. Personer i segment 4 har full biltilgang, og disse vil «normalt» ha 1 bil per voksen med førerkort, uavhengig av husholdningsstørrelse. Personer i segment 5 vil ha færre biler per person enn det er antall voksne med førerkort. I hushold med to voksne med førerkort vil dette bli 0.5 biler per person. I hushold med tre eller flere voksne med førerkort vil det minst være én bil mindre enn antall voksne med førerkort. Hvis husholdet har tre voksne med førerkort kan det altså være 1 bil (0.33 biler per person), eller 2 biler (0.67 biler per person). Hvis husholdet har fire voksne med førerkort, kan det være 1 bil (0.25 biler per person), 2 biler (0.5 biler per person) eller 3 biler (0.75 biler per person).

Tabell 17 Alternativer i BHFK-modellene, anslag på antall biler per person etter alternativ

Segment nr	Kode	Segment	1 voksen 18+	2 voksne 18+	3+ voksne 18+
1	DBTP	Ikke førerkort/ikke bil i hh	0	0	0
2	GBTP	Ikke førerkort/men bil(er) i hh	n.a.	0	0
3	DBTF	Førerkort/ikke bil i hh	0	0	0
4	FBTF	Førerkort/minst like mange biler som personer med førerkort i hh	1	1	1
5	GBTF	Førerkort/færre biler enn personer med førerkort i hh	n.a.	0.5	?

Når det gjelder personer med god biltilgang (segment nr. 5) så er det altså husholdningsstørrelsen tre eller flere voksne hvor det er vanskeligst å si noe presist om hvor mange biler det er per person. For personer med full biltilgang kan det selvfølgelig tenkes at enkelte husholdninger har flere biler enn voksne med førerkort. I Tabell 18 er antall biler per person etter biltilgang hentet ut fra RVU2018 og 2019. Her ser vi at personer i segment 5 i hushold med 3 eller flere voksne i gjennomsnitt har 0.53 biler per person. Vi ser også at respondenter som tilhører segmentet med full biltilgang (segment nr. 4) i gjennomsnitt rapporterer at det har tilgang til noe mer enn 1 bil.

Tabell 18 Alternativer i BHFK-modellene, antall biler per person etter alternativ, RVU2018-2019.

Segment nr	Kode	Segment	1 voksen 18+	2 voksne 18+	3+ voksne 18+
1	DBTP	Ikke førerkort/ikke bil i hh	0	0	0
2	GBTP	Ikke førerkort/men bil(er) i hh	n.a.	0	0
3	DBTF	Førerkort/ikke bil i hh	0	0	0
4	FBTF	Førerkort/minst like mange biler som personer med førerkort i hh	1.19	1.10	1.12
5	GBTF	Førerkort/færre biler enn personer med førerkort i hh	n.a.	0.50	0.53

Vi vet fra før at RVU er skjev når det gjelder førerkortinnehav. Dette betyr ikke nødvendigvis at materialet også er skjevt når det gjelder gjennomsnittlig antall biler selv om vi ikke helt kan utelukke det¹². Respondentene i RVU er bedt om å rapportere alle biler husholdet har tilgang til. De har dermed trolig rapportert inn biler som ikke nødvendigvis brukes så mye til personreiser i dagliglivet. Dette kan være ulike former for lastebiler, campingbiler, veteranbiler, og andre «garasjebiler» (kabrioletter, mm.).

Det er nok også trolig en del forskjeller her mellom by og land. I tettbygde byområder er det naturligvis større kostnader knyttet til den «ekstra» bilen enn det er på landsbygda. Internt i byene kan det også være geografiske forskjeller avhengig av en rekke faktorer. En del av disse forskjellene vil imidlertid gå på fordeling på bilholdsegmenter og ikke nødvendigvis på gjennomsnittlig antall biler per segment. Det er heller ikke veldig store forskjeller mellom Tabell 17 og Tabell 18 over. For de aller fleste områder ligger nok gjennomsnittstallene et sted mellom de to, når vi først og fremst er ute etter tall for biler som er i bruk i dagliglivet.

¹² Personer med høy utdannelse, og sannsynligvis også da personer med høyere inntekter enn gjennomsnittet, er overrepresentert i RVU. Dette kan bety at personer med førerkort som er med i undersøkelsen har et noe høyere bilinnehav enn personer med førerkort som ikke er med.

Hovedidéen med dette arbeidet var å utnytte tall som i de to tabellene over til å beregne estimater på antall kjøretøy fra BHFK-modellene i TB2, så presist som mulig. Videre var tanken at, siden vi nå har forholdsvis presise tall for kjøretøyparken på geografisk nivå (se forrige kapittel), så kunne dette datamaterialet utnyttes til kalibrering av bilholdsmodellene på geografisk nivå. En annen anvendelse av beregning av antallet kjøretøy fra bilholdsmodellene i TB2, vil være å utnytte dem i forbindelse med prognoser, både når det gjelder fremtidige scenarier generelt, men ikke minst knyttet til innarbeiding av langsiktige prognoser for utviklingen i andelene etter drivlinje (dette kommer vi tilbake til i neste kapittel).

Det har, som nevnt, lenge eksistert en mulighet for geografisk kalibrering av bilholdsmodellene, eller segmenteringsmodellene, som disse modellene også kan kalles. Kalibreringen kan gjennomføres helt ned til grunnkrets-nivået. Denne muligheten er neppe hyppig brukt bl.a. pga. mangel på data å kalibrere mot.

Input-filen det her er snakk om er «sdat_segmod_kalib». Normalt vil denne filen ligge på samme sted som der man har øvrige sonedata. Dette er en fil med 11 kolonner, og linjer likt/identisk med grunnkretsene i modellen man kjører:

1	grk
2	1vp_DBTF_K
3	1vp_FBTf_K
4	2vp_FBTf_K
5	2vp_DBTF_K
6	2vp_FBTf_K
7	2vp_GBTF_K
8	3vp_FBTf_K
9	3vp_DBTF_K
10	3vp_FBTf_K
11	3vp_GBTF_K

Tabellen over viser «overskriften» til de 11 kolonnene i datafilen. Tallene som spesifiseres i selve tabellen her adderes til konstantleddene i de tre segmenteringsmodellene. Konstantleddene i modellene vil da variere med grunnkrets.

I dette arbeidet ble det etablert en ny TB2-kode som skriver ut antall personer per befolkningssegment per husholdningsstørrelse på grunnkretser¹³. Dette blir tre datafiler på samme format som hovedresultatet fra segmenteringsmodellene, «tb2-biltilgang-13up.txt». Summerer man tallene i de tre nye utskriftene element for element vil man få en fil som er eksakt lik hovedresultatet fra segmenteringsmodellene.

Det ble også etablert to nye applikasjoner, «kalib_segmod.py» og «biler_segmod.py».

Den første applikasjonen, «kalib_segmod.py», beregner antallet biler per person med full og god biltilgang (FBTF og GBTF) for hver husholdningsstørrelse basert på forutsetninger om antall biler per person (se Tabell 17 og Tabell 18). Resultatet i form av «antall biler fra modell», sammenholdes med empiri (antall biler beregnet fra kjøretøyregisteret), og det etableres en kalibreringsfaktor¹⁴ per grunnkrets/delområde, som adderes til allerede eksisterende konstantledd i segmenteringsmodellene slik at vi får en variasjon i konstantleddene på grunnkrets-nivå som bringer antall biler nærmere empiri. Denne applikasjonen kjøres i iterasjoner med fulle TB2/RTM-beregninger. I hver iterasjon blir kalibreringsfilen «sdat_segmod_kalib_*.txt» oppdatert med nye konstantledd i segmenteringsmodellene. Det er ikke satt noe konvergenskrav i denne kalibreringen, så her må

¹³ I tillegg til «tb2-biltilgang-13up.txt» skrives det ut slike filer for hver husholdningsstørrelse 1 voksen, 2 voksne og 3+ voksne over 13 år: «tb2-biltilgang-13up-1vp.txt», «tb2-biltilgang-13up-2vp.txt» og «tb2-biltilgang-13up-3vp.txt»

¹⁴ Ln(det vi skal ha/det vi har), hvis antallet biler fra modell er høyere enn empiri, blir dette forholdet lavere enn 1, og dermed blir faktoren negativ, og modellens resultater skal justeres ned. I motsatt fall blir faktoren positiv og modellen skal justeres opp.

brukeren følge litt med underveis, og avslutte kalibreringen når man er fornøyd. Erfaringsmessig skulle 3-5 iterasjoner holde.

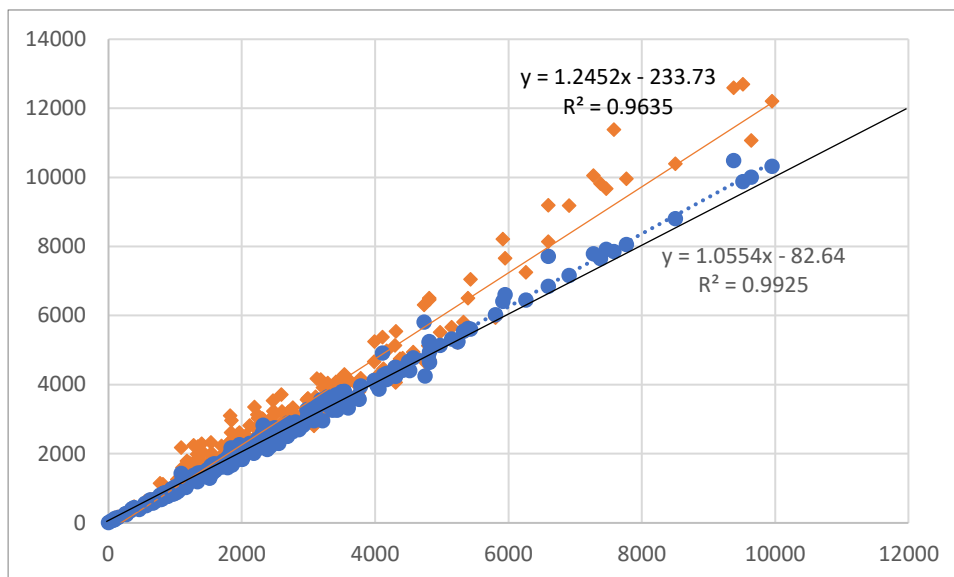
Den andre applikasjonen, «biler_segmod.py», beregner kun kjøretøy fra TB2 beregningene, uten å gjennomføre kalibreringen. Applikasjonen bør settes opp med samme forutsetninger som er satt i selve kalibreringen. Det kan være hensiktsmessig å sette i gang denne applikasjonen i hver iterasjon etter at TB2-beregninger er gjennomført. Da vil man få estimerer for antall kjøretøy på grunnkretser i modellområdet man gjør beregninger for i hvert alternativ som beregnes. I forbindelse med langsiktig dynamikk/ivaretagelse av prognoser etter drivlinje, er denne filen påkrevd (se neste kapittel).

Kalibreringen kan gjennomføres på grunnkretsnivå eller delområdenivå. Dette spesifiseres ved hjelp av parameteren «kalib_nivaa», som kan settes til «grunnkrets» eller «delomraade» i styrefil til applikasjonen.

Figur 8 viser antall kjøretøy fra kjøretøyregisteret (x-aksen) plottet mot beregnede kjøretøy fra RTM23+ (y-aksen) i en referansesituasjon (oransje ruter), med inputdata tilsvarende Tabell 17 (med 0.5 biler per person i segment 5 i hushold med 3+ voksne). Her er det benyttet delområder i sammenstilling/kalibrering (knappe 300 i modellområdet). Vi ser at forutsetningene her gir forholdsvis brukbart sammenfall i delområder med under ca. 4000 kjøretøy. Over denne grensen gir modellen for høye verdier sammenliknet med registerdata fra kjøretøyregisteret.

Klyngen som i modellen får mer enn 10000 kjøretøy er delområder som Rudene, Fossum, Langerud, Østensjø, Bjerke, Grefsenlia og Grorud. Som vi ser skal alle disse delområdene ha færre enn 10000 kjøretøy, og disse blir som vi ser ganske betydelig nedkalibrert (blå punkter) når kalibreringsapplikasjonen kjøres. Totalt antall kjøretøy i registerdataene er ca. 720000 i hele modellområdet. Uten kalibrering gir modell og forutsetninger ca. 830000 kjøretøy (15 % over). Med kalibrering blir antall kjøretøy i modellen ca. 740000 (2 % over) i dette eksempelet.

Figur 8 Kalibreringsresultater for kjøretøy i RTM23+



Det er verdt å merke seg at det er antallet personer i segmenter med førerkort og tilgang til bil som blir kalibrert med denne metodikken. I alle modellområder hvor vi har testet dette blir antall personer i disse segmentene nedkalibrert. Det er også verdt å merke seg at jo færre biler som forutsettes per person i de ulike segmentene (jfr. Tabell 17 og Tabell 18), dess mindre styrke blir det i nedkalibreringen. Hadde vi brukt forutsetningene i Tabell 18 i stedet for forutsetningene i Tabell 17, ville vi i utgangspunktet få høyere estimerer på kjøretøy fra modellen, og dermed en større grad av nedkalibrering. Siden kjøretøy eid av private/offentlige bedrifter/foretak ikke er med i target, og en viss

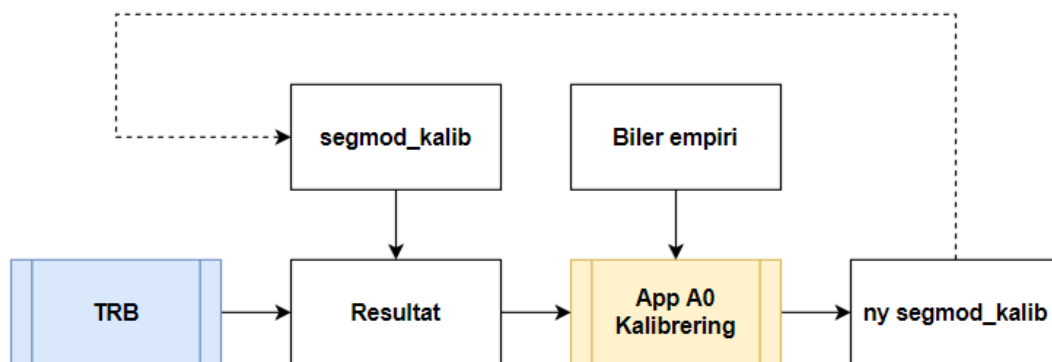
andel av disse kjøretøyene benyttes av privatpersoner til privat kjøring, kan det muligens anbefales at modellens resultater ikke kalibreres alt for mye ned.

Figur 9 og Figur 10 viser beregningsgangen for de to applikasjonene som er omtalt over. Begge applikasjonene kan gjennomføres mellom iterasjonene i RTM og startes umiddelbart etter at TB2-beregningene er ferdig. Den første kjøres bare når det skal kalibreres, men den andre med fordel kan kjøres hele tiden, hvis man ønsker et estimat på antall registrerte biler som tilsvarer biltilgangen i modellberegningene, og informasjon om hvordan antall biler kan forventes å endre seg når man legger inn tiltak.

Applikasjonen «kalib_segmod.py» benytter resultater fra TB2, «empiri» for biler, filen «segmod_kalib», som er kalibreringskonstanter hvor man gjerne kan starte ut med 0 for alle verdier, samt informasjon om «normalt antall biler per segment» (angitt i rotfilen til applikasjonen, se Tabell 17 og Tabell 18 over), til å beregne nye kalibreringskonstanter til segmod_kalib.txt. I neste iterasjon gjøres det samme, og man får eventuelt et nytt sett med verdier og gammel fil skal da oppdateres med de nye endringene.

Applikasjonen «biler_segmod.py» bruker informasjon om «normalt antall biler per segment» (angitt i rotfilen til applikasjonen, se Tabell 17 og Tabell 18 over) til å beregne et estimat på antall registrerte kjøretøy som følger av biltilgangen som beregnes (TB2_biler.txt). Hvis man skal legge til grunn prognoser for fordeling på drivlinje vil en slik resultatfil være påkrevd.

Figur 9 Illustrasjon av beregningsgang for applikasjonen «kalib_segmod.py»



Figur 10 Illustrasjon av beregningsgang for applikasjonen «biler_segmod.py»



Merk imidlertid at i datagrunnlaget for kjøretøy fra kjøretøyregisteret er foretakseide kjøretøy som kan brukes privat, ikke tatt med i den private kjøretøyparken. Dette fordi de er registrert på firmaadresser. Men i og med at en andel av disse kan brukes privat (ifølge RVU), så gir metodikken en underestimert av antall kjøretøy som befolkningen har tilgang til for privat bruk. Dette bør vi kunne ta høyde for ved å justere opp det empiriske grunnlaget med 5-10% (dette er ikke lagt til grunn i eksemplene).

1.7 Dynamikk for kortsiktig og langsiktig utvikling i drivlinjeandeler

Når vi ser på eldre statistikk for elbilandeler i kommunene er det ganske påfallende at høye elbilandeler er knyttet til «bompengetrykket» i kommunen. Vi har plukket frem to ekstremtilfeller på dette (kilde for tallene er SSB¹⁵).

I Finnøy kommune i Rogaland ble ferjeavløsningsprosjektet «Finnfast» åpnet i 2009. I åpningsåret var bompengekostnaden om lag 200 kr per retning for fossile kjøretøy og hybrider, mens elbiler var fritatt for bompenger inntil august 2019 hvor bompengene for elbilene ble satt til kr 42 per retning. Elbilandelen i 2015 var her på 16 %, økende til 26 % i 2019. Sommeren 2020 ble bompengestasjonene nedmontert som en følge av et budsjettforlik mellom FRP og regjeringen, og sambandet ble bompengefritt. Fra 2015 til 2019 har Finnøy kommune hatt den suverent høyeste elbilandelen blant kommunene i landet, men også en forholdsvis lav vekst i elbilparken/andelene i perioden fra 2015 til 2019. I 2020 ble Finnøy sammenslått med Stavanger kommune slik at de siste års utvikling ikke er lett tilgjengelig.

Mellom Averøy kommune og Kristiansund kommune i Møre og Romsdal, ble Atlanterhavstunnelen åpnet for trafikk i 2009 med bompengesats for fossile kjøretøy på 83 kr. Inntil 2018 kjørte elbilene gratis i tunnelen og fra 2018 var taksten 50 % av fullpris. I 2015 var elbilandelen i kommunen på 10 % økende til 17 % i 2019. Bompengerevurderingen ble fjernet i 2020 (jfr Finnfast). I Averøy kommune har elbilandelen av kjøretøyparken vært suverent høyest i M&R fylke. Veksten i elbilparken har imidlertid vært moderat fra 2015 til 2019, og fra 2019 til 2020 har det vært en svak reduksjon i elbilandelene.

Til sammenlikning har elbilandelene i Oslo kommune langt på vei doblet seg annethvert år. Elbilandelen var 5 % i 2015 og 17 % i 2019. I 2020 var elbilandelen 22 %. I Bærum kommune viser tallene i denne perioden en nærmest identisk utvikling. På nasjonalt nivå var elbilandelen i kjøretøyparken til sammenlikning 3 % i 2015, 9 % i 2019, 12 % i 2020 og 20 % i 2022.

Det er mange forhold som har påvirket den utviklingen som er skissert over:

Momsfritaket på elbiler spiller utvilsomt en stor rolle. Dette fritaket «treffer» først og fremst nybilkjøpere, dvs. segmenter med høy inntekt, og siden bruktbilmarkedet for elbiler foreløpig er ganske begrenset (men økende år for år) når det gjelder tilbud, vil det trolig fremdeles gå noen år før det blir volumer nok til at segmenter med lavere inntekt får innpass i elbilmarkedet i noen særlig grad. Det kan være dyre kjøretøy/merker som driver utviklingen av teknologien bl.a. når det gjelder rekkevidde og ladehastighet, og dette kan forsinke spredningen av elbiler.

I elbilutviklingens spede begynnelse (2010-2015) var elbiler fritatt for **bompenger** og en stor porsjon av **ferjebillettene** (man betalte kun for personene i elbilene på ferjer). Elbilene ble også gitt tilgang til kollektivfelt i byområder hvor disse finnes. I dag betaler vel elbiler mellom 30% og 50 % av fullpris på de fleste bomsamband, og 50 % av ferjebillettene på de fleste ferjesamband (med AutoPass-regulativ). Dessuten har det noen steder blitt begrensninger i bruk av kollektivfelt (f eks kun 2+ i rushtid).

Elbiler og hybrider har også en **gunstigere kilometerkostnad** enn fossile kjøretøy. I denne sammenheng kan vi hekte på usikkerhet i forhold til strømpriser og forskjeller i disse mellom regioner i Norge og for så vidt også «strømtilbud» når det gjelder utbygging av ladeinfrastruktur ved bosted og destinasjoner i urbane deler av landet.

Dette bringer oss inn på aspekter knyttet til bileierne i dette landet. Er utviklingen i elbilandeler over tid skissert innledningsvis, kun drevet av økonomiske incentiver, eller er det her også aspekter knyttet til holdningsendringer i norsk befolkning?

Klimarapporter er forholdsvis pessimistiske med tanke på fremtidig klima og det å kunne nå de utslippsmål som er ansett som nødvendig. Nasjonale og lokale myndigheter lanserer planer om

¹⁵ Tabell 07849 i statistikkbanken. Det som er tatt ut er personbiler registrert til egentransport etter drivstofftype. Merk at unøyaktigheter først og fremst knyttet til leasingbiler kan forekomme.

begrensninger i bruk av fossile kjøretøy (0-utslippssoner) i byene som blir behørig omtalt og omdiskutert i nasjonale og lokale media, og som påvirker befolkningens forventninger til fremtiden.

Strømkriser i deler av landet og krigsutbrudd i Europa har ført til økende energipriser. I tillegg har vi hatt pandemi. I det hele tatt er folk flest påvirket av diverse inngripende inntrykk/konsekvenser, og det er overveiende sannsynlig at dette har påvirket folks holdninger de siste årene, og spesielt de siste par/tre årene.

Alt dette kan karakteriseres som utenforstående endringer, eller eksogene skift, som en tverrsnittsmodeLL estimert på data fra en «mye roligere» tidsepoke (2013/2014) ikke på langt nær klarer å ta hensyn til. Spesielt ikke oppstandelse og konsekvenser av pandemier og krigsutbrudd.

I lys av alt det ovennevnte bør det være klart at ingen tverrsnittsmodeLL estimert på historiske RVU-data vil kunne reprodusere lokale endringer i elbilandeler, som skissert over, over tid. For å kunne gjøre dette må man ha et opplegg som blant annet håndterer:

- Tilbud/etterspørsel/priser på biler per drivstofftype i nybilmarkedet og bruktbilmarkedet
- Levealder på bilene etter drivstofftype
- Omfang av import/eksport av bruktbiler per drivstofftype mellom «modellområder»
- Endringer i fordelsbeskatning (momsfritak) ved kjøp av elbiler
- Endringer i kostnadsfordeler (rabatter) på ferje/bomsamband ved bruk av elbiler
- Holdningsmessige endringer i «miljøbevissthet» blant bileiere
- Holdningsmessige konsekvenser av omtale av planer om radikale endringer (0-utslippssoner)
- Holdningsmessige konsekvenser av markedsføring/reklame for elbiler
- Signaler fra bilprodusentene/forhandlere om årstall for produksjonsstopp/salgsstopp i Norge, for fossile kjøretøy

Høsten 2021 ble vi utfordret av oppdragsgiver for modellutviklingen (NTP-etatene) til å forsøke å ta inn elbilutviklingen i TB2/RTM. Dette resulterte i et forprosjekt hvor mulighetene ble vurdert. Som nevnt over, dreier årsakene til elbilutviklingen seg om en miks av en lang rekke forhold, som det er svært vanskelig, med forholdsvis små midler, å ta inn i et modellkonsept der alle modeller er estimert på tverrsnittsdata fra en forholdsvis rolig epoke (2013/14) i elbilalderens spede barndom. I forprosjektet ble det derfor tidlig klart at dette ikke kunne dreie seg om endringer i selve TB2-koden, men om eksterne applikasjoner som endrer på segmentandelene for elbiler (el), hybride kjøretøy (hyb) og fossile kjøretøy (fos). **Disse andelene er eksogene input til TB2 og er spesifisert i Sdat_71.**

I forprosjektet ble det utviklet et opplegg/konsept for å bedre inkludere/håndtere dagens elbilandeler og utviklingen i disse for fremtidige år. Dette ble fremlagt for oppdragsgiver. Konseptet er basert på et «mindset» der dagens andeler og utviklingen over tid kan dekomponeres i to:

- «Kostnadstrykk» etter drivlinje i et modellområde, og da spesielt besparelser som oppnås ved bruk av elbil. Hvis det legges inn tiltak som favoriserer elbiler så vil elbilandelene gå opp, og hvis tiltaket går i disfavør av elbiler (eks. høyere betalingsandeler over bomstasjoner og/eller ferjesamband) så går elbilandelene ned. Endringene beregnes i TB2 men vil gi seg utslag i endret Sdat_71.
- Langsiktig utvikling, dvs. eksterne framskrivninger for framtidsår når det gjelder fordelingen på drivstofftyper (som muligens ikke tar hensyn til alle kulepunktene i listen over, men som i hvert fall holder orden på «regnskapet»). For framtidsår beregner en egen applikasjon en ny fordeling av kjøretøy etter drivlinje på grunnkretser/delområder i kommunene som er «konsistent» med utgangspunktet i referanseåret og med den eksterne prognosen for framtidsåret som legges til grunn. Man kan ha ulike eksterne prognoser basert på ulike nasjonale/regionale/kommunale forutsetninger. Da vil modellkjøringer for disse gi ulike elbilandeler/matriser, avhengig av forskjellene i prognosene.

Fordelen ved bruk av elbil for dagens situasjon vil være innbakt i dagens elbilandeler for det nivå vi har data for (kommune, delområder, eller grunnkrets). Endringer i denne fordelingen vil kunne utløse et

«kortsiktig skift» blant bosatte når det gjelder ønsket om å anskaffe elbil. Her er det et spørsmål når det gjelder dosering av dette skiftet.

Den langsiktige utviklingen i elbilandelene må hentes fra eksterne framskrivninger. Det finnes her, etter det vi forstår, ulike kilder som mulige informasjonsleverandører. Framskrivningene bør imidlertid være regionalisert på kommuner, og det er mulig dette krever tilleggsarbeider for å komme opp med tall som kan anvendes. Når det gjelder håndtering av den langsiktige utviklingen ble det i forprosjektet foreslått å innarbeide disse prognosene til TB2 ved å bruke mininfo matrisebalansering med dagens fordeling på drivstofftyper (på grunnkrets nivå/delområdenivå) som utgangspunkt. Prognosene vil nødvendigvis være usikre, og derfor vil det nok være gunstig å tenke scenarier (L-M-H) når det gjelder den langsiktige utviklingen i kjøretøyparkens fordeling på drivlinjer.

1.7.1 Om kortsiktig dynamikk

1.7.1.1 Formalitetene

De såkalte logsummene fra hver enkelt MD-modell (reisehensikter) reflekterer den «nyttien» hvert segment som inngår i disse, har av den valgsituasjon de står overfor når de skal velge transportmiddel og destinasjon. Denne «nyttien» avhenger også av reisehensikt, hvilken nytte som kan oppnås ved å besøke en gitt destinasjon (destinasjonsvariable, er det mange arbeidsplasser i nærheten, mange butikker, fritidsreisemål, etc.), og hvor stor oppofrelsen er for å komme seg dit (hvor lang tid tar det å gå/sykle, er det kollektivtilbud, tar det lang tid å kjøre, er det bompenger eller ferjer, etc.).

Når det gjelder de tre kjøretøysegmentene vi nå har innført etter drivlinje, som er **el(bil)**, **hyb(rid)** eller **fos(sil)**, så vil det være en viss forskjell når det gjelder gjennomsnittlige logsummer for disse tre segmentene. El(bil) vil normalt ha høyere logsummer enn hyb(rid) og fos(il). Elbiler har lavere driftskostnader, og normalt lavere bompengerbetalinger og ferjetakster enn de to andre segmentene. Hybride kjøretøy har normalt lavere kjørekostnader enn fossile kjøretøy. Forskjellene i logsummer mellom disse kan imidlertid endres gjennom tiltak, og det er i korthet dette vi har lagt opp til å utnytte når det gjelder kortsiktig dynamikk rundt endringer i drivlinje.

Formalitetene rundt de kortsiktige endringene er for så vidt veldig enkle. Utgangspunktet er andelene private kjøretøy per drivstofftype og grunnkrets¹⁶. Disse andelene kan benevnes som $Q(dt)$, der dt (drivstofftype) er el(bil), hyb(rid) eller fos(sil). Så er det slik at vi kan innføre $\ln(Q(dt)) = K_{dt}$ som konstanter i en logitmodell¹⁷, og den vil da gi den observerte fordeling i alle grunnkretser, eksempelvis:

$$Q(el) = \exp(K_{el}) / (\exp(K_{el}) + \exp(K_{hyb}) + \exp(K_{fos})) \quad (1)$$

Funksjonen (1), her er fotskrift for grunnkrets/delområde droppet, vil altså reprodusere elbilandelene i grunnkretsene eksakt. Tilsvarende for de øvrige drivstofftypene ved å bytte ut telleren i (1) med eksponensialet av andelene for de to øvrige drivstofftypene. I logitmodeller er det også slik at man kan «normalisere» det ene alternativet, eksempelvis fos(sil), til 0 ved å ta differanser mellom andelene for de to øvrige alternativene og fossilalternativet. Dette betyr at vi har nyttefunksjoner som kan skrives:

$$U(el) = K_{el} - K_{fos} \quad (2)$$

$$U(hyb) = K_{hyb} - K_{fos} \quad (3)$$

$$U(fos) = 0 \quad (4)$$

¹⁶ Se bl.a. dokumentasjon av etablering av datasett for private kjøretøy per grunnkrets for 2022 («Data fra kjøretøyregisteret», Numerika 2022). BHFK-modellene bør være geografisk kalibrert mot samme datasett (det er etablert en «automatisk» rutine for dette dokumentert i MFM notat av 28.04.22 – JRE/TNH – 55226). Modellene i TB2 bør kjøres på data i nærheten av samme årstall, og det samme gjelder for måltall (target) for de øvrige kalibreringsmuligheter som finnes i og rundt TB2-modellene (telling, arbeidsplasser, Od-mønster for arbeidsreiser, etc.).

¹⁷ $\exp(\ln(Q(dt)) = Q(dt)$, dvs. at eksponentialen av logaritmen til et tall er lik tallet

Funksjonene (2)-(4) vil, plugget inn i logitmodeller (5)-(7), gjenspeile fordelingen på drivstofftyper i hver enkelt grunnkrets eksakt. Ved å gjennomføre slike beregninger i en datafil med andeler per drivlinje, vil alle grunnkretser/delområder få samme fordeling som det «observerte» materialet:

$$Q(\text{el}) = \exp(K_{\text{el}} - K_{\text{fos}}) / (\exp(K_{\text{el}} - K_{\text{fos}}) + \exp(K_{\text{hyb}} - K_{\text{fos}}) + 1) \quad (5)$$

$$Q(\text{hyb}) = \exp(K_{\text{hyb}} - K_{\text{fos}}) / (\exp(K_{\text{el}} - K_{\text{fos}}) + \exp(K_{\text{hyb}} - K_{\text{fos}}) + 1) \quad (6)$$

$$Q(\text{fos}) = 1 / (\exp(K_{\text{el}} - K_{\text{fos}}) + \exp(K_{\text{hyb}} - K_{\text{fos}}) + 1) \quad (7)$$

Dette er vel og bra for referansesituasjonen hvor observert fordeling på drivstofftyper korresponderer så bra som mulig i årstall mot nettverk og øvrige sonedata. Modellene for biltilgang bør også være kalibrert mot antall biler totalt i datagrunnlaget, enten på grunnkretsnivå eller på delområder. Vi er imidlertid også ute etter å få endringer i fordelingen på drivstofftyper, dvs. en viss realistisk variasjon/ending mellom grunnkretsene, hvis man har tiltak som påvirker de kortsiktige fordelene ved å bruke elbil/hybrid. Dette kan gjøres ved å modifisere nyttefunksjonene over.

$$U(\text{el}) = K_{\text{el}} - K_{\text{fos}} + \delta(f(x,y,z,...) - \text{korr-el}) \quad (8)$$

$$U(\text{hyb}) = K_{\text{hyb}} - K_{\text{fos}} + \delta(g(x,y,z,...) - \text{korr-hyb}) \quad (9)$$

$$U(\text{fos}) = 0 \quad (10)$$

I nyttefunksjonene for el og hyb innfører vi en funksjon av variabler som varierer mellom grunnkretser (delområder), samt en korreksjonsfaktor, som gjør at vi får samme totale fordeling på drivstofftyper i området (grunnkretsen) som vi hadde i utgangspunktet. I (8) og (9) er det slik at:

$$f_{\text{ref}}(x,y,z,...) = \text{korr-el} \quad (11)$$

og

$$g_{\text{ref}}(x,y,z,...) = \text{korr-hyb} \quad (12)$$

Dette betyr at korreksjonsfaktorene per grunnkrets er lik med referansesituasjonens funksjonsverdi, slik at de to ekstra leddene i (8) og (9) summeres til 0 når man beregner for referansesituasjonen. Da sitter man kun igjen med (2) og (3) når drivstoffmodellene kjøres for referansesituasjonen, og dette gjør at resultatene blir eksakt lik med «observert» fordeling på drivstofftyper i referanse.

Hva så med funksjonene $f(\cdot)$ og $g(\cdot)$? Som nevnt innledningsvis er det her nærliggende å trekke inn logsummene. Logsummene er som nevnt *ett* tall for hver MD-modell for hvert segment i modellen, og for hver grunnkrets som inngår i modellen. Selv om en logsum bare er ett tall, så er dette tallet et resultat av en forholdsvis kompleks beregning som omfatter destinasjonsvariable, segmentvariable, LoS-variable, transportmiddelfordeling, mm, eller kort sagt alle variabler som inngår i hver modell til alle tilgjengelige destinasjoner, med alle transportmåter. De aller fleste logsummene har en verdi i størrelsesorden 5 til 15, og enheten her er «nytte» per reise (t/r).

Hvis man deflaterer tallet med kostnadskoeffisienten i hver modell, får man noe i retning av «nytte målt i kroner» per reise (t/r). For arbeidsreiser hvor kostnadskoeffisienten er -0.016 finner vi da at variasjonsområdet 300 til 1000 kr vil dekke de aller fleste logsummer målt i kroner. Det er imidlertid verdt å påpeke at denne nytten ikke reflekterer nytten av selve arbeidsreisen, men mer nytten av å være bosatt et gitt sted, omkranset av et tilbud i form av arbeidsplasser i gunstig avstand, med et gitt transporttilbud per transportmåte og med et gitt «nivå» på interne transportressurser (førerkort og biltilgang), og med gitte kjennetegn på segmentet i seg selv (alder, kjønn, familietype og husholdningsstørrelse).

Modellene for bostedsbaserte reiser i TB2, har et varierende antall segmenter, men de tre drivstoffsegmentene (el(bil), hyb(rid) og fos(sil)) inngår i samtlige av disse. Som nevnt vil det normalt være slik at logsummen i en gitt MD-modell, for el-segmentet er høyere enn logsummen for hyb-segmentet, som igjen er høyere enn logsummen for fos-segmentet, for et gitt segment i en gitt sone.

Elbiler har lavere km-kostnad enn hybrider, og har normalt og foreløpig fordeler over bomstasjoner og på ferjesamband. Hybrider har lavere km-kostnad enn fossile biler, men har ingen fordeler over bomstasjoner eller ferjesamband. Dette er forhold som slår ut i logsummene, men utslaget (prosentvis) er avhengig av en lang rekke andre faktorer som nevnt over i forbindelse med arbeidsreisene. På denne bakgrunn har vi landet på følgende formulering av funksjonene $f(\cdot)$ og $g(\cdot)$:

$$f(\cdot) - 0 = (LS_{el,alt} - LS_{fos,alt}) \quad (13)$$

og

$$g(\cdot) - 0 = (LS_{hyb,alt} - LS_{fos,alt}) \quad (14)$$

Her er LS et gjennomsnitt av logsummene for alle segmenter med full og god/delvis biltilgang (FBTF og GBTF) vektet sammen over de bostedsbaserte MD-modellene, med unntak for tjenestereiser (hvor arbeidsgiver er forutsatt å dekke kostnadene). Fotskriften «alt» dreier seg om det alternativet man kjører modellen for. Korreksjonsleddene i (8) og (9) er beregnet med samme formel som for referansesituasjonen, slik at uttrykket « $f(\cdot) - \text{korr-el}$ » blir 0 i referanse. Faktoren δ i formel (8) og (9) er en doseringsfaktor som er gitt en god del fokus i testingen (se omtale under).

Dette er i korte trekk formalitetene i konseptet for kortsiktig dynamikk. Det er utviklet 2 applikasjoner i Python, som kan gjennomføre disse kalkulasjonene mellom iterasjonene i RTM. I avsnittene under beskrives input og output fra disse applikasjonene.

1.7.1.2 Applikasjoner for kortsiktig dynamikk

Det er laget 2 nye applikasjoner som gjennomfører de nødvendige beregninger for kortsiktig dynamikk. Input, output og beregninger gjennomført av applikasjonene er beskrevet under. Hvis man har modellberegninger hvor man ønsker å ta høyde for kortsiktig elbil-dynamikk anbefaler vi at disse kjøres i RTM mellom hver iterasjon med TB2. Unntaket er for kjøring der man går fra et referanseår (eks 2020) til et prognoseår (eks 2040), hvor man heller skal benytte opplegget for langsiktige endringer i fordelingen på drivstofftyper, se neste avsnitt.

I tillegg kan det også være lurt å kjøre en applikasjon som beregner «sannsynlig antall biler per grunnkrets» (biler_segmod.py, se kapittel 1.6) basert på resultatene fra BHFK-modellene, og forutsetninger om antall biler per segment for biltilgang, mellom hver iterasjon når man gjennomfører beregninger for et gitt år med en gitt referansesituasjon fra samme årstall. Dette er ikke strengt tatt nødvendig, men beregningen tar nesten ikke tid, og i enkelte sammenhenger kan det være gunstig å ha «modellens forslag» til totalt antall biler per grunnkrets tilgjengelig i rekken av datautskrifter fra modellopplegget.

Logsummer_kjt.py

Denne applikasjonen beregner de gjennomsnittlige og sammenvektete logsummene for elbil, hybrid og fossil, per sone. Applikasjonen kjøres i forbindelse med det alternativet man gjennomfører beregninger for, først for referansesituasjonen (OBS: resultatmappe må angis) og så for det alternativet man beregner, slik at det normalt vil være 2 rotfiler (ref og alt) og altså 2 kjøring av denne applikasjonen.

I applikasjonens rotfil spesifiseres antall tidssoner som er lagt til grunn i beregningen. Denne informasjonen brukes til å hente logsummer fra de ulike logsum-filene. Merk at Tramod-by nummererer tidssoner fra 0 til 3 (jfr. nummerering av outputmatriser). For arbeidsreiser hentes logsummer alltid fra fil for tidssone 0, uavhengig av verdien på antall_tidssoner (1, 2 eller 4). For andre reisehensikter avhenger det av antall_tidssoner: Dersom antall_tidssoner er 2 eller 4 hentes det logsummer fra filene for tidssone 1. Dersom antall tidssoner er 1 hentes det logsummer fra filene for tidssone 0.

Resultatkatalogen for referansekjøringen må også spesifiseres. Det er herfra informasjonen om logsummer i referansesituasjonen hentes. Man må også spesifisere hvordan logsummene fra de 4 reisehensiktene som inngår i logsumberegningene skal vektes sammen. Denne informasjonen kan

hentes eksempelvis fra en rammetallsfil for referansesituasjonen og spesifiseres i form av antall reiser (eventuelt i 1000 reiser), eller i form av andeler som summeres til 1.

Det må også spesifiseres hvor resultatene fra beregningene skal lagres. Vanligvis bør resultatene lagres på den normale resultatkatalogen for TB2.

Rotfilen for det alternativet man gjennomfører beregninger for (alternativet som referanse skal måles mot) har samme struktur. Men her skal input hentes fra resultatkatalogen til TB2, dvs. fra resultatene fra den iterasjon som nettopp er ferdigberegnet. Resultatene fra logsum-beregningene skrives også til samme mappe.

Dynamikk_kjt.py

Mens logsummer_kjt.py beregner datagrunnlaget, er det applikasjonen dynamikk_kjt.py som står for selve den kortsiktige dynamikken. Vi har en observert fordeling på drivstofftyper, og et sett med logsummer fra referanse. Basert på de tiltak som legges inn beregnes altså nye logsummer som aggregeres opp til én logsum for hver drivstofftype per grunnkrets. Dynamikken behandles så ved bruk av logitmodellene vist i funksjonene (8) – (10) over.

I denne applikasjonen inneholder referansesituasjonens sdat_71 observert fordeling (i referanse) på kjøretøysegmenter. Tradisjonelt har denne filen vært plassert sammen med øvrige sonedata til TB2, men siden denne filen her vil variere mellom alternativer, kan det være gunstig å kopiere den til mappen for resultater for referansesituasjonen og navngi den til eksempelvis «sdat_71_modellert_dynamikk.txt», for å indikere at denne nå er scenariospesifikk. Plassering og navn for de to logsumfilene beregnet med applikasjonen «Logsummer_kjt.py» omtalt over må også inngis. Det er forskjellene mellom disse to filene som står for dynamikken. Doseringen av effektene, eller koeffisienten til logsumdifferansene (δ i formlene over) skal også inngis. I våre tester har vi benyttet doseringsverdier på 5, 10, 15 og 20. Vi anbefaler at det tas utgangspunkt i doseringsverdien 10 ved videre testing/tilpassing og anvendelse av metodikken.

Det er til slutt lagt inn en mulighet for å eliminere negative differanser mellom logsummene ($LS_{el}-LS_{fos}$ og $LS_{hyb}-LS_{fos}$). Negative differanser vil gi lavere elbilandeler i alternativet enn i referanse. Spørsmålet her er hvorvidt man anser elbilutviklingen som irreversibel, eller om man kan se for seg scenarier der utviklingen stagnerer/reverseres. I lys av signaler fra store bilprodusenter om produksjonsstopp for fossile kjøretøy om noen år, er kanskje det sistnevnte forholdsvis usannsynlig, men ved en politikk der fordelene ved daglig bruk av elbiler i forhold til fossile kjøretøy utjevnes, kan det tenkes at denne drivkraften i elbilutviklingen får stadig mindre påvirkning. De siste årene har vi også hatt en strømkriser som må ha utjevnet fordelene ved daglig bruk av elbiler i forhold til fossile kjøretøy. Siden 2013 er strømprisen mangedoblet i Sør-Norge, mens prisen på bensin/diesel kun omtrent er doblet (hjemmelading har imidlertid hatt nytte av strømstøtten).

1.7.2 Nærmere om langsiktig dynamikk

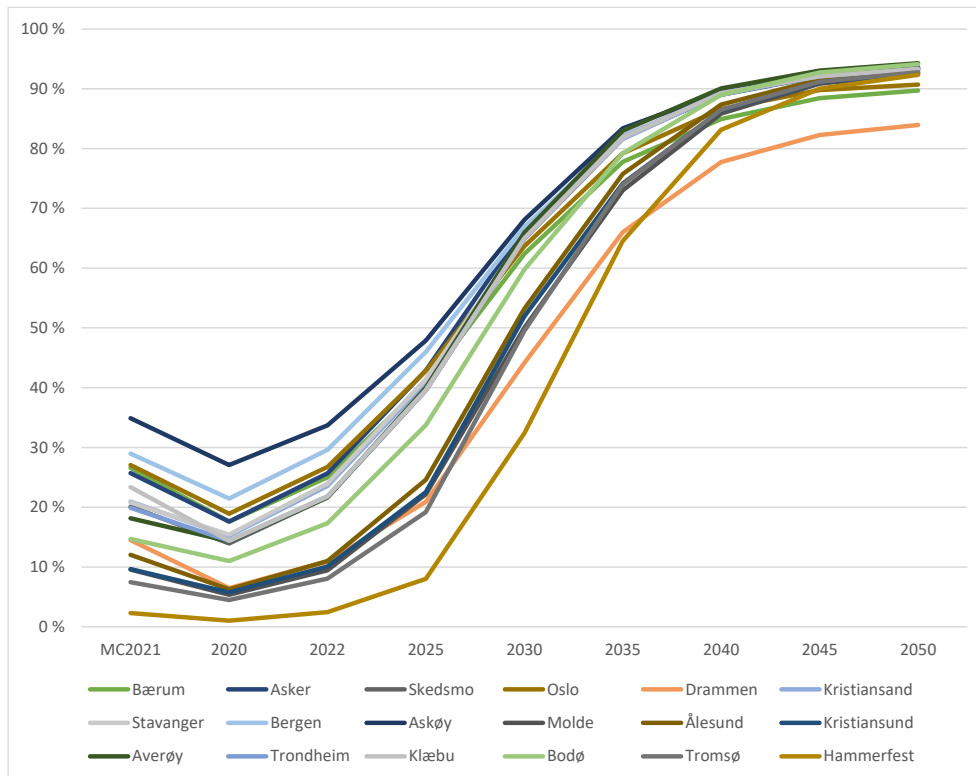
NTP – Transportanalyser, har fått utarbeidet langsiktige prognoser for utviklingen i fordelingen av kjøretøy etter drivstofftype (Sintef 2022).

Vi har mottatt et datamateriale med årlige tall for fordelingen på drivstofftyper fra 2020 til 2050 (med 2010 og 2020 kommune/grunnkretsinndeling). Geografisk nivå i materialet er grunnkretser, men prognosene varierer kun med kommuner. På bakgrunn av dette datamaterialet har vi etablert filer for prognosedata på kommunenivå (regioninndeling for 2010 og 2020) for årstallene 2025, 2030, 2035, 2040, 2045 og 2050 i tillegg til 2020 og 2022. Figur 11 under ¹⁸ viser prognosene for et utdrag av disse igjen. Det er forholdsvis stor spredning i elbilandelene rundt 2020, men etter hvert som tiden går ligger det i materialet at veksten er høyere i kommuner med lave elbilandeler i dag, slik at i prognosene for 2050 så ligger elbilandelene i de fleste kommunene på mellom 90 % og 95 %. Drammen kommune, er

¹⁸ «MC2021» i figuren referer til et materiale etablert av Multiconsult, som vi fikk anledning til å analysere innledningsvis i arbeidet, før vi fikk en egen dataleveranse fra kjøretøyregisteret.

vel den kommunen som skiller seg litt ut med en høyere elbilandel «observert» i 2021, enn i prognosen for 2022, og med en noe svakere elbilutvikling enn de øvrige kommunene.

Figur 11 Utvikling i elbilandeler fra rundt 2020 til 2050 (kilde: Sintef 2022), 2010 kommuneinndeling



Vi har altså «eksterne» prognoser for utviklingen i drivstoffandelene. Disse ligger til grunn for opplegget selv om de kan være relativt usikre. *Det kan være et poeng å få oppdatert disse hyppig etter hvert som årene går for å ta høyde for faktisk utvikling i kommunene, og få bedre utgangstall for beregningene av prognoser.* Så vil det trolig også være slik at det kan oppstå «eksterne» endringer i forutsetninger som både kan forsinke og fremskynde utviklingen. I forbindelse med TB2/RTM-beregninger kan denne type usikkerhet delvis håndteres ved å benytte ulike prognoseår for fordelingen på drivstofftyper for et gitt fremtidsår. I modellberegninger for 2040 kan man eksempelvis bruke prognoser for 2035 (eller 2030) som et lavt anslag på drivstoffordelingen, og 2045 (eller 2050) som et høyt anslag. Da vil man kunne få et spenn når det gjelder anslag på fremtidige bompengainntekter, utslipp, eller hva man er interessert i, som bl.a. vil si noe om usikkerheten når det gjelder hastigheten på endringene i fordelingen på drivstofftyper.

Metodikken for å inkludere **langsiktige prognoser** for utviklingen av kjøretøy etter drivlinje, er basert på «mininfo»-matrisebalansering der fremtidige data for *antall kjøretøy fordelt på drivstofftyper* danner en bibetingelse for den fremtidige fordelingen av kjøretøy på drivstofftyper per kommune. Denne metodikken «konserverer» fordelingen man i utgangspunktet har per grunnkrets/delområde, dvs. den informasjon man har om fordelingen i utgangspunktet, men justerer tallene slik at den fremtidige fordelingen på kommunenivå, treffes eksakt¹⁹. Dette gjøres på en måte som sørger for at vi ikke får noen negative tall, noe man fort kan ende opp med hvis man forsøker seg på prosentvise endringer, eller annen metodikk. Med denne metodikken blir Sdat_71 oppdatert til et gitt fremtidsår, som stemmer med de kommunale prognosene man legger til grunn, men som også altså gir en fordeling på grunnkretser/delområder som varierer med den variasjon man hadde i referanseåret (observert Sdat_71).

¹⁹ Samme metodikk benyttes i rammetalls kalibreringen i TB2.

For at dette skal kunne fungere, må vi imidlertid ha data for *fremtidig kjøretøymengde per kommune og for alle grunnkretser innenfor kommunene*, i det modellområdet man gjør beregninger for. Det holder m.a.o. ikke med de prosentvise fordelingene per kommune og grunnkrets (som ligger i Sdat_71). Det er her applikasjonen «biler_segmod.py», omtalt i et avsnitt over, kommer inn. Som beskrevet beregner denne applikasjonen det antall biler som følger av en gitt fordeling av personer på segmenter med full (FBTF) og god (GBTF) biltilgang som fører etter husholdstørrelse, på grunnkretser/delområder. Når TB2 kjøres for et framtidsår, med endret befolkningsmengde, og kanskje noen tiltak som er vedtatt satt i verk i perioden, vil man dermed også få geografiske framskrivinger for endringer i kjøretøyparken i det modellområdet man ser på. Totalt antall biler oppsummert per kommune inngår i metodikken som er etablert for langsiktig dynamikk når det gjelder fordeling på drivlinje.

Vi kan belyse det som skjer i denne metodikken gjennom et lite eksempel for Kristiansund kommune på Nordmøre i Møre og Romsdal fylke. Dette er en kommune som vi har gjennomført testberegninger for, og hvor vi dermed har data/resultater klare. Kristiansund har 57 grunnkretser og 12 delområder, så av hensyn til størrelser på tabeller så holder vi oss i dette eksempelet på delområdenivå. Selv om alle beregninger her gjennomføres på grunnkretsnivå, så vil resultatene av beregningene også stemme for delområder.

Sett at vi har kjørt modellen for en «kjent fremtid», hvor vedtatte prosjekter, som kan tenkes å påvirke transporten i kommunen, er kodet inn i nettverket, men med dagens sonedata for øvrig som input. Vi får da følgende antall kjøretøy og kjøretøyfordeling på drivstofftyper i dette alternativet:

Tabell 19 Antall biler og fordeling på drivstoff i Kristiansund i «kjent fremtid» med dagens sonedata (2018)

Delområde	NR	Elbiler	Hybrid	Fossil	Biler i alt	% EL	% FOS & HYB
Innlandet	150501	110	115	585	810	14 %	86 %
Kirkelandet sentrum	150502	56	171	989	1216	5 %	95 %
Vestre bydel	150503	78	140	764	982	8 %	92 %
Kringsjø	150504	80	101	634	815	10 %	90 %
Nordre bydel	150505	144	197	1227	1568	9 %	91 %
Gomalandet	150506	63	107	645	815	8 %	92 %
Teistholmen	150507	37	48	473	558	7 %	93 %
Nordlandet	150508	119	232	1362	1713	7 %	93 %
Dale	150509	227	281	1234	1743	13 %	87 %
Frei	150511	119	127	810	1057	11 %	89 %
Rensvik	150512	189	169	1285	1643	12 %	88 %
Bjerkelund	150513	77	64	623	764	10 %	90 %
I ALT	1505	1301	1753	10631	13685	10 %	90 %

Så har vi en befolkningsprognose for 2040 som ser ut som følger, sammenliknet med dagens situasjon:

Tabell 20 Befolkningsprognose for 2040 sammenliknet med befolkning 2018 i Kristiansund

Delområde	NR	BEF2018	BEF2040	%
Innlandet	150501	1414	1399	-1 %
Kirkelandet sentrum	150502	2440	2596	6 %
Vestre bydel	150503	1987	2078	5 %
Kringsjø	150504	1492	1460	-2 %
Nordre bydel	150505	2683	2721	1 %
Gomalandet	150506	1401	1490	6 %
Teistholmen	150507	940	950	1 %
Nordlandet	150508	3031	3004	-1 %
Dale	150509	3127	3069	-2 %
Frei	150511	1750	1734	-1 %
Rensvik	150512	2796	2759	-1 %
Bjerkelund	150513	1255	1262	1 %
I ALT	1505	24317	24520	1 %

Som vi ser øker befolkningen, ifølge prognosen, kun med 1 %, og med noe varierende omfang i ulike områder. Det totaltallene skjuler, er fordelingen på alderssegmenter:

Tabell 21 Endring i befolkning per alderssegment fra 2018 til 2040 i Kristiansund

Alder fra	Alder til	2018	2040	Endring	%
0	19	5496	4630	-867	-16 %
20	34	4586	3997	-589	-13 %
35	59	7936	7641	-295	-4 %
60	+	6298	8252	1954	31 %
	I alt	24317	24520	204	1 %

Tabellen viser her at befolkningsøkningen i kommunen i hovedsak dreier seg om segmenter som er over 60 år (med full og god tilgang til bil) mens reduksjonen for aldersgruppene under 20 (i hovedsak uten tilgang til bil som fører) motsvarer i reduksjon, omtrent halvparten av økningen i den eldste aldersgruppen. Dette er forhold som påvirker prognosen for antall biler.

Vi kjører så «kjent fremtid» med befolkningsprognoser for 2040 (uten endringer i annen input, så som realinntektsvekst; inntekt påvirker bilholdet i modellen) og med langsiktig dynamikk for å treffe på prognosene for utvikling i fordeling på drivlinje for 2040. For Kristiansunds tilfelle er drivstoffprognosen for 2040 86 % elbiler, 5 % hybrider og 9 % fossile kjøretøy. Dette gir summer på bunnlinjen på hhv. 12537 (el), 769 (hyb), 1208 (fos) og 14514 biler totalt når totalt antall biler per grunnkrets, beregnet ut fra antall personer i bilholds-segmentene per grunnkrets, summeres og kombineres med andelene fra prognosen.

Tabell 22 Antall biler og fordeling på drivstoff i Kristiansund i 2040 med LoS fra «kjent fremtid» og med prognoser for 2040 når det gjelder drivstoffordeling og befolkning, men med dagens sonedata og input ellers.

Delområde	NR	Elbiler	Hybrid	Fossil	Biler i alt	% EL	% FOS & HYB
Innlandet	150501	783	32	42	858	91 %	9 %
Kirkelandet sentrum	150502	1012	132	199	1343	75 %	25 %
Vestre bydel	150503	921	70	96	1087	85 %	15 %
Kringsjø	150504	751	39	60	849	88 %	12 %
Nordre bydel	150505	1462	79	123	1665	88 %	12 %
Gomalandet	150506	749	53	82	885	85 %	15 %
Teistholmen	150507	494	25	67	587	84 %	16 %
Nordlandet	150508	1456	125	193	1773	82 %	18 %
Dale	150509	1626	86	99	1810	90 %	10 %
Frei	150511	998	44	72	1113	90 %	10 %
Rensvik	150512	1558	56	110	1724	90 %	10 %
Bjerkelund	150513	728	27	65	820	89 %	11 %
I ALT	1505	12537	769	1208	14514	86 %	14 %

I Tabell 23 vises modellens (og de øvrige forutsetningenes) anslag på biler i 2018 og 2040. Vi ser at endringene i antall biler er vesentlig høyere enn endringene i befolkning, mens det også er tendenser til at variasjonen i elbilandelene i delområder «konserveres» fra 2018 til 2040 (der det er lavest andel elbiler i 2018 er det også lavest andel i 2040 og der det er høyest andel elbiler i 2018 er det også høyest andel elbil i 2040. Likevel synes det å være en trend at veksten i elbilandelene til 2040 er høyere der elbilandelene er lave i 2018.

Tabell 23 Endringer i «biler» og elbilandeler fra 2018 til 2040 i Kristiansund.

Delområde	NR	BILER2018	BILER2040	% Endring	% EL 2018	% EL 2040	% EL VEKST
Innlandet	150501	810	858	6 %	14 %	91 %	570 %
Kirkelandet sentrum	150502	1216	1343	10 %	5 %	75 %	1537 %
Vestre bydel	150503	982	1087	11 %	8 %	85 %	966 %
Kringsjø	150504	815	849	4 %	10 %	88 %	796 %
Nordre bydel	150505	1568	1665	6 %	9 %	88 %	855 %
Gomalandet	150506	815	885	8 %	8 %	85 %	998 %

Teistholmen	150507	558	587	5 %	7 %	84 %	1165 %
Nordlandet	150508	1713	1773	3 %	7 %	82 %	1079 %
Dale	150509	1743	1810	4 %	13 %	90 %	589 %
Frei	150511	1057	1113	5 %	11 %	90 %	694 %
Rensvik	150512	1643	1724	5 %	12 %	90 %	684 %
Bjerkelund	150513	764	820	7 %	10 %	89 %	780 %
I ALT	1505	13685	14514	6 %	10 %	86 %	808 %

Dette eksempelet viser hovedaspektene ved det opplegget som er fundert ut for å ivareta langsiktige endringer i fordelingen på drivstofftyper. For å inkludere langsiktige eksterne prognoser for utviklingen i fordelingen på drivstofftyper i kjøretøyparken er det nødvendig med 2 applikasjoner som kjøres mellom iterasjonene i RTM (i etterkant av TB2-beregningene). Den første er «biler_segmod.py», omtalt over, og den andre er «Langsiktig-kjt.py» som gis en kort omtale under.

«Langsiktig-kjt.py» er den applikasjonen hvor bl.a. balanseringen foregår. Denne appen startes etter at «biler_segmod.py» er ferdig. I første iterasjon er TB2 kjørt med prognosedata (befolkning og øvrige inputdata), og «biler_segmod.py», og «langsiktig-kjt.py» startes umiddelbart etter at TB2-kjøringen er ferdig.

Det er tre inputfiler:

- Sdat_71 fra en kjøring for referanseåret med samme LoS-data/nettverk som i innværende kjøring
- Siste tb2-biler.txt fra resultatmappen
- En datafil med kommunale prognoser for året man kjører for (her 2040)

Applikasjonen «langsiktig-kjt.py» gjennomfører beregninger for alle kommuner i modellområdet. Beregningene starter med den lavest nummerte kommunen og forsetter til alle kommuner er ferdigberegnet. For hver kommune benyttes foreliggende Sdat_71 per grunnkrets/delområde (fra referansealternativet i første iterasjon, og for forrige iterasjon i påfølgende iterasjoner), multiplisert med foreliggende «tb2-biler.txt» (fra «biler_segmod.py») per grunnkrets/delområde til å danne en «prior» som utgangspunkt for beregningene, men radsummen per kommune byttes ut med den radsummen man får når totalt antall biler per kommune multipliseres med de kommunale prognosene.

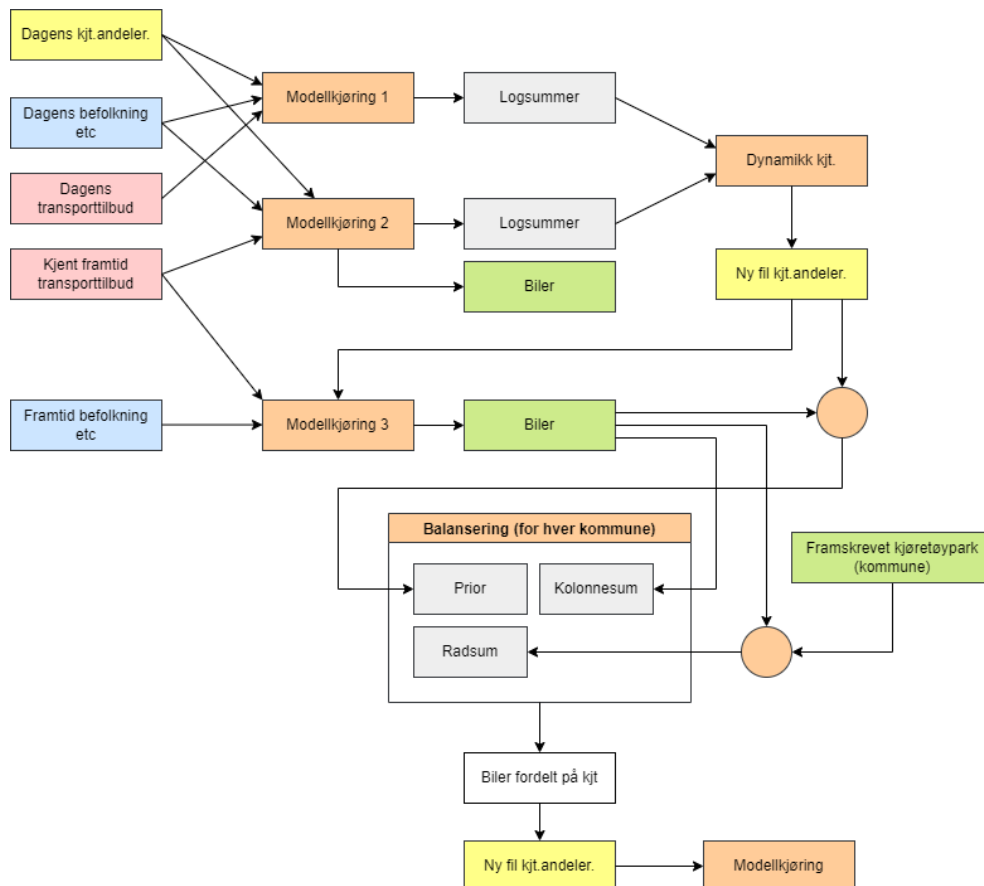
Output er først og fremst en ny Sdat71 som vil inneholde en ny kjøretøyfordeling på drivstofftyper som per kommune korresponderer med de kommunale prognosene for det årstallet man kjører for, men som per grunnkrets også konserverer eventuelle forskjeller mellom grunnkretser som man har i referansesituasjonen. Det skrives også ut en «oppsummeringsrapport» per kommune (kommuner_info.txt) som inneholder kommunale endringer ifølge prognosen, og en rapport (grunnkretser_info.txt) som trekker frem grunnkretser som skiller seg ut i den ene eller andre retningen, som man kanskje bør følge opp realismen i. De to resultatfilene «over_pre» og «over_post» gir også informasjon om grunnkretser som før eller etter har «avvikende» verdier i forhold til den kommunale prognosen.

1.7.3 Oppsummering om beregningsopplegget

Figur 12 representerer et forsøk på å synliggjøre ulike sider ved det konseptet vi har presentert i avsnittene over. Modellkjøring 1 i figuren er kjøringen for dagens situasjon hvor man på forhånd har kalibrert inn modellen med de kalibreringsgrep vi har til rådighet, og som har vært nødvendig for å få modellen til å reprodusere det man tror man vet om hvordan saker og ting skal være i det modellområdet man ser på. Dette gjelder også geografisk kalibrering av BHKF-modellene i noen runder for å øke modellens treffsikkerhet mot antall biler per grunnkrets i modellområdet.

Merk at det her kan være noe «rusk» i stedfestingen av biler på grunnkretser, og hvis det er litt forskjell mellom årstall for befolkningsdata og årstall for bildata, så kan dette føre til litt avvik mellom modelltall og observasjoner i seg selv. Hvis antall biler i observasjonene er høyere enn totalbefolkning (18+) i

Figur 12 Skisse for beregningsgang ved inkludering av kortsiktig og langsiktig dynamikk for fordeling på drivstofftyper



Merk at det kan være kjørt mange modellkjøringer mellom modellkjøring 1 (1.a, 1.b,...) og 2 og etter modellkjøring 2 (2.a, 2.b,...) med analyser av tiltak for dagens situasjon. Analyser for dagens situasjon er tross alt mye mer treffsikre enn analyser i fremtiden fordi det der fremme er en rekke andre usikkerhetsmomenter knyttet til analysene enn det er i analyser for i dag (dreier seg i første rekke om usikkerhet i prognoser for input for fremtidige år).

I modellkjøring 3, benyttes nettverk som i kjent fremtid, men årstallet for sonedata og øvrig input, **endres fra referanseår til prognoseår**. Her benyttes også resultatfil for kjøretøyandeler fra modellkjøring 2 som input. I modellkjøring 3 benyttes også opplegget for «langsiktig dynamikk» som kombinerer «biler» for prognoseåret, med prognoser for kjøretøyfordelingen per kommune i prognoseåret, med resultatfil for kjøretøyandeler fra modellkjøring 2 som prior, for å balansere ut prognoser for kjøretøyandeler etter drivstofftype for prognoseåret.

Modellkjøring 3 benyttes videre som referansesituasjon for prognoseåret og beregninger av tiltak som skal gjennomføres der fremme i tid. Her kan man godt benytte «kortsiktig dynamikk» for å beregne alternativene (i modellkjøring 4, 5, 6,...), men hvis elbilandelene der fremme er opp mot og over 80 %, så vil effektene bli svært moderate i forhold til de man har i dagens situasjon hvor elbilandelene i de aller fleste kommuner/modellområder er under 20 % og kanskje også vesentlig lavere enn det.

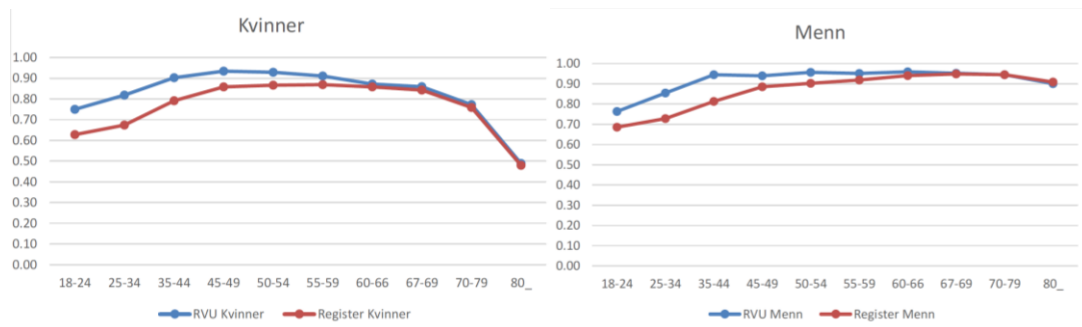
2 Geografisk kalibrering mot førerkortandeler

2.1 Bakgrunn og historikk

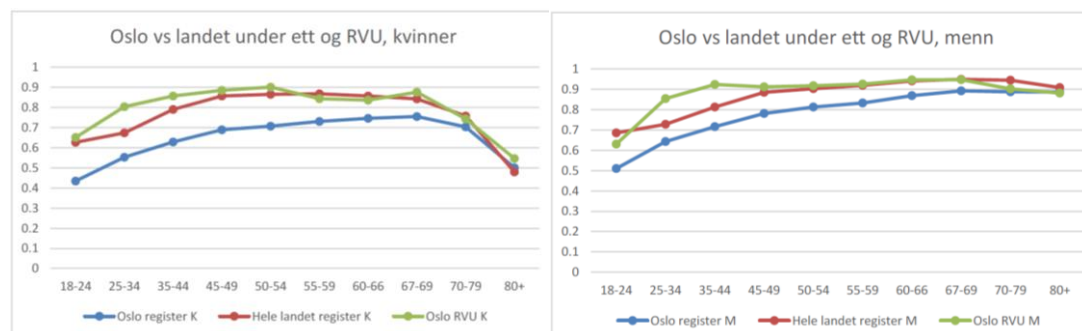
Arbeidet knyttet til kalibrering av BHKF-modellene i TB2 mot registerbaserte førerkortandeler i befolkningen har en lang historikk. Allerede mot slutten av «hovedavropet» for utvikling av dette modellsystemet i 2017/18 la Vegdirektoratet frem tall som viste store forskjeller mellom RVU-data (fra RVU2013/14) som alle modellene i TB2 er estimert på, og data fra folkeregister/førerkortregister. Førerkortandelene beregnet ut fra sistnevnte var vesentlig lavere enn førerkortandelene beregnet ut fra RVU. Spesielt store forskjeller var det i de 4 største byene i Norge, og av disse spesielt store forskjeller i Oslo.

Figur 13 og Figur 14 under viser de andelene som ble fremlagt per aldersgruppe nasjonalt og i Oslo kommune. Både på nasjonalt nivå og i Oslo kommune er forskjellene som vi ser størst for de yngste aldersgruppene. I Oslo er forskjellene vesentlig større enn på nasjonalt nivå og for mange av aldersgruppene er førerkortandelene i Oslo (RVU) høyere enn nasjonalt (register) (se venstre del av de to figurene i Figur 14).

Figur 13 Førerkortandeler på nasjonalt nivå i registerdata og i RVU for hele landet, kvinner og menn



Figur 14 Førerkortandeler i Oslo kommune i registerdata og i RVU i Oslo, kvinner og menn



Det var naturlig å peke på forekomsten av bosatte innvandrere som hovedårsak til forskjellene. I 2015 var det om lag 430000 innvandrere (fra land utenom EU/EØS-området) bosatt i Norge²⁰ (ca. 8 % av befolkningen) hvorav ca. 125000 bosatt i Oslo (20 % av befolkningen) og ca. 47000 bosatt i de 3 øvrige storbyene (ca. 15 % av befolkningen). I bydeler som Søndre Nordstrand, Alna, Stovner og

²⁰ Innvandrere (fra Asia, Afrika, Sør- og Mellom-Amerika, og Tyrkia) og norskfødte med innvandrerforeldre

Grorud i Oslo, er andelen innvandrere fra denne delen av verden opp mot og over 40 %. Dette er en befolkningsgruppe som må avlegge norsk førerkortprøve for å kunne kjøre bil i Norge, selv om de har førerkort fra hjemlandet fra før når de kommer til Norge, og det kan være grunn til å anta at førerkortandelene i denne befolkningsgruppen kan være noe lavere enn i befolkningen ellers. Det er også grunn til å anta at befolkningen i denne gruppen er vanskeligere å rekruttere til å delta i en RVU. I tillegg er det ganske store skjevheter i RVU når det gjelder utdanningsnivå. Det er en betydelig overrepresentasjon av IO (intervjuobjekter) med høy utdanning i RVU og en like stor underrepresentasjon av IO med lav utdanning. Dette kan bidra noe til det vi ser i figurene over, med forholdsvis lave førerkortandeler i registerdata i forhold til RVU. (Vår hypotese er at folk med høyere utdanning har høyere førerkortinnehav en befolkningen ellers).

I 2018 ble det avtalt et forprosjekt om dette temaet og Vegvesenet produserte et massivt datamateriale hvor befolkning med førerkort i Norge, via personnummeret ble koblet mot folkeregisteret og hvor personer med og uten førerkort ble telt opp i grunnkretser etter alder og kjønn. Dette ble gjort for 1996 og med 5 års intervaller videre til 2016 og i tillegg for hvert år fra 2013 til 2018. Dette var et svært sensitivt materiale uten noen form for «prikking».

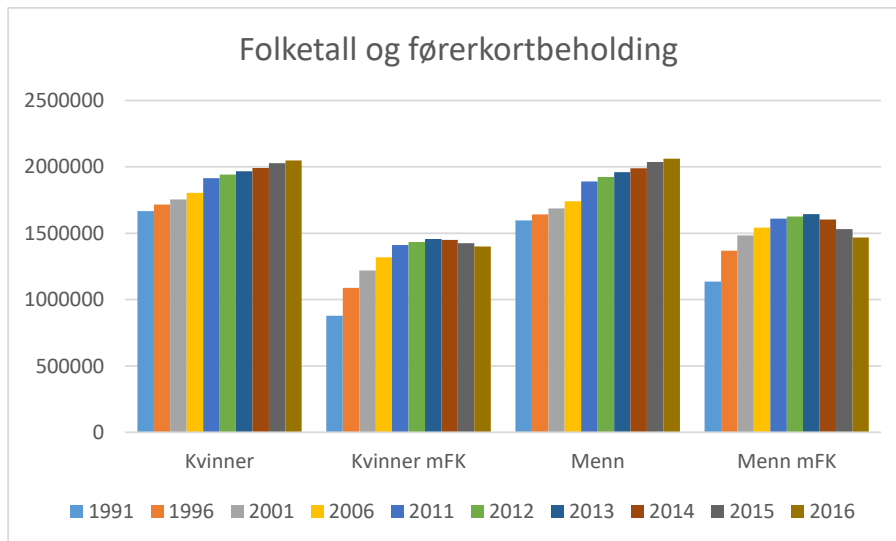
I det påfølgende hovedprosjektet ble det utviklet et opplegg for geografisk kalibrering i TB2-koden mot disse dataene for et referanseår. Dette opplegget krevde imidlertid en del egeninnsats av modellbrukeren for å kunne etablere en «ikke sensitiv» target for kalibreringen i sitt modellområde. Dette opplegget er resirkulert med en del tilpasninger i det nå foreliggende videreføringsprosjektet, men denne gang uten forutsatt egeninnsats av modellbrukeren utenom selve kalibreringen.

I løpet av hovedprosjektet ble det imidlertid avdekket feil i datamaterialet fra og med 2014. En feil som viser seg å få økende konsekvens for de senere årstallene. Referanseåret i hovedprosjektet var 2016 og dataene fra dette årstallet var ganske sterkt preget av de nevnte feil i materialet.

Figur 15 gir en oppsummering av antall personer over 18 år totalt og med førerkort for kvinner og menn på landsbasis i datamaterialet, og vi ser at fra og med 2014 begynner antall personer med førerkort å synke, både blant menn og kvinner. Antallet kvinner og menn totalt øker imidlertid forholdsvis jevnt fra 2011 til 2016. I datamaterialet fører dette til en ganske betydelig nedgang i førerkortandeler, og når dette etter hvert **viste seg å skyldes en feil**, ble arbeidet satt på vent for å få korrigert disse feilene.

I og med at fødselsnummer inngår i prosesseringen setter dette store krav til databehandlere, datalagring og prosessering mht. sensitivitet. Det pågikk også en tidkrevende juridisk prosess i Vegdirektoratet med sikte på å etablere nye og feilfrie data. Prosjektet ble dermed vesentlig forsinket.

Figur 15 Oppsummering av antall personer over 18 år, totalt og med førerkort for kvinner og menn (med feil i data i senere år).



Det er grunn til å bemerke at problematikken her dreier seg om de tre modellene for biltilgang i TB2 (BHFk-modellene). Det er tre modeller etter husholdningsstørrelse som beregner biltilgangen i TB2 (hushold med kun én voksen 18+, hushold med to voksne 18+, og hushold med tre eller flere voksne 18+). Når disse modellene estimeres på RVU-data, så «skrus» førerkort- og biltilgangen inn mot estimeringsgrunnlaget. Når estimeringsgrunnlaget avviker fra registerdata, så har vi egentlig en situasjon som det bør tas høyde for når det gjelder kalibrering.

Det opprinnelige datagrunnlaget er mer detaljert enn vi har behov for. Vi kan nøye oss med antall personer med førerkort på delområder, bredere aldersgrupper, og kjønn. Sonebefolkningen har vi «kontroll på» i Sdat1. Det ble avklart at Vegdirektoratet kunne levere antall personer med førerkort på delområder, grupperte aldersgrupper og kjønn via en nøkkel for stedfesting som ble etablert (adresser påkoblet delområdenummer ved hjelp av informasjon i matrikkelen). Denne dataleveransen er definert som «ikke sensitiv», og siden materialet uansett skal aggregeres opp ytterligere blir problemstillinger knyttet til sensitivitet enda mindre.

2.2 Etablering av target for kalibrering

For et gitt segment er førerkortandelene definert som forholdet mellom antall personer i segmentet med førerkort og totalt antall personer i segmentet. Segmentene det her er snakk om er alder og kjønn. I tillegg er det en viss geografisk oppløsning i dette. Som utgangspunkt er det derfor to sentrale datakilder som ligger til grunn for arbeidet, befolkning og befolkning med førerkort. I tillegg er antall utlendinger (fra EU13 som bor i Norge uten ha norsk statsborgerskap) ansett som forholdsvis viktig. I dette kapittelet omtales disse tre datakildene og hvor disse er hentet fra.

2.2.1 Befolkning

Befolkningsdata i dette arbeidet er hentet fra den siste sdat1-filen som er i bruk i RTM. Denne er markert med 2022 i navnet, men dataene reflekterer befolkningen per 01.01.22, altså helt ved inngangen av 2022. Datafilen er en av grunnlagsfilene i RTM som oppdateres oftest, og inneholder befolkning per alder (20) og kjønn (2) på grunnkrets nivå.

2.2.2 Befolkning med førerkort

Disse data er skaffet til veie av Vegdirektoratet og utgangspunktet er førerkortregisteret. Vegdirektoratet har kodet spesifikke adresser fra førerkortregisteret mot adresser fra matrikkelen (fra Kartverket) og summert førerkortdata opp til delområder. Adresser fra matrikkelen er påkodet delområdenummer. Dette er et arbeid som er gjennomført av konsulentene i dette prosjektet. Datafilen levert av Vegdirektoratet inneholder følgende data per delområde:

- KJØNN
- ALDERSGRUPPE
- KOMMUNE_NR (fra førerkortregisteret)
- KOMMUNE_NAVN
- DELOMRÅDE (fra matrikkelen)
- ANTALL FØRERKORT

Det er 10 aldersgrupper per delområde i denne datafilen og det er telt opp antall personer med førerkort (minst klasse B) per alder og kjønn per delområde.

2.2.3 Utlendinger/innvandrere

Når det gjelder utlendinger og innvandrere, så spiller de av disse som er innvandret fra land i EU/EØS-området, og 13 andre navngitte land, en rolle for de førerkortandeler som beregnes (vi kaller disse landene heretter for EU13²¹, se www.vegvesen.no/forerkort/har-forerkort/forerkort-i-og-utenfor-norge/innbytte-av-eu-eos-forerkort). Hovedregelen for innvandrere fra EU13 er at disse fritt kan benytte sitt eventuelle førerkort fra hjemlandet til bilkjøring i Norge (samme regler gjelder for nordmenn utvandret til et av landene i EU13). De kan også fritt bytte sitt førerkort fra hjemlandet til et norsk førerkort uten å måtte ta førerprøve på nytt. (De som ikke bytter kan altså oppgi å ha førerkort i RVU, uten at det framgår av førerkortregisteret.)

Her kan det bemerkes at innvandrere fra land utenfor EU13 som hovedregel, etter en kort stund bosatt i Norge, må avlegge førerprøve for norsk førerkort for å kunne kjøre bil i Norge, selv om de har førerkort fra hjemlandet når de kommer til Norge. Innvandrere fra land utenfor EU13 vil derfor inngå både i det norske førerkortregisteret og i befolkningsregisteret, og i den grad denne befolkningsgruppen har lavere førerkortandeler enn bosatte i Norge ellers, vil dette være reflektert i det datamaterialet som her skal benyttes i kalibreringen.

Tabellen under viser omfanget av innvandrere fra EU13, 18 år og eldre, bosatt i Norge per 01.01 for årstallene 2018-2022. I 2022 dreier det seg om knappe 350000 innvandrere fra disse landene, som er om lag 8 % av befolkningen, 18 år og eldre. Av disse har knappe 45000 skiftet til norsk statsborgerskap. Fra 01.01.2020 ble det gjennomført en lovendring hvor det ble tillatt å ha flere statsborgerskap i tillegg til norsk statsborgerskap. Til 2021 og 2022 har dette som tabellen viser medført en merkbar økning i antallet innvandrere med norsk statsborgerskap.

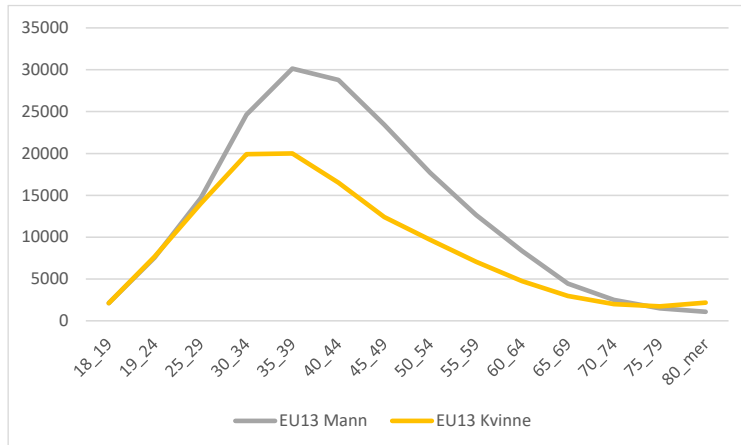
Tabell 24 Personer innvandret fra EU13, bosatt i Norge per 01.01 2018-2022, etter statsborgerskap og kjønn.

Årstall	2018	2019	2020	2021	2022
Norsk Mann	12442	12551	12652	13908	19111
Norsk Kvinne	17811	17859	17957	19197	25350
Utl Mann	168935	170971	177074	179164	179534
Utl Kvinne	116534	119437	123442	124806	122949
Norsk	30253	30410	30609	33105	44461
Utlending	285469	290408	300516	303970	302483
I alt	315722	320818	331125	337075	346944

²¹ I tidligere dokumentasjon er disse landene omtalt som EU12, men etter brexit, så har det altså blitt EU13.

Figuren under viser aldersfordelingen blant menn og kvinner når det gjelder personer innvandret til Norge med utenlandsk statsborgerskap per 01.01.2022. Som vi ser er det for det første vesentlig flere menn enn kvinner i aldersgruppene mellom 30 og 69 år. Kvinnene har for det andre, en noe lavere gjennomsnittsalder, og en markert topp mellom 30 og 39 år. Toppen blant menn er mellom 35 og 44 år.

Figur 16 Personer innvandret fra EU13, bosatt i Norge per 01.01.2022, med utenlandsk statsborgerskap



Som nevnt er altså hovedregelen at innvandrere fra EU13 om ønskelig kan bytte til et norsk førerkort, eller benytte sitt eventuelle førerkort fra hjemlandet til kjøring i Norge²². Vegdirektoratet opplyser at i overkant 10000 personer byttet til norsk førerkort i 2022²³. Det finnes imidlertid ingen statistikk over omfanget innvandrere fra EU13 som har byttet til norsk førerkort i førerkortregisteret. Utenlandske førerkort inngår ikke i det norske førerkortregisteret, men alle utlendinger som bruker sitt førerkort fra hjemlandet vil inngå i befolkningstallene som modellene i TB2 kjøres på. Samtidig er det slik at antallet innvandrere fra disse landene er et såpass stort tall at det vil påvirke de førerkortandelene som beregnes, spesielt for de aldersgrupper som har høye volumer av innvandrere fra EU13.

Vi forutsetter (1) i utgangspunktet at alle innvandrere fra EU13 som har skiftet til norsk statsborgerskap og som har førerkort, også har skiftet til norsk førerkort. I og med at dette antallet er forholdsvis lavt i forhold til alle innvandrere fra EU13 samlet, har ikke denne forutsetningen så veldig stor betydning. Forutsetningen innebærer at vi kan se bort fra innvandrere fra EU13 som har skiftet til norsk statsborgerskap.

Hvis vi nå regner ut en nasjonal førerkortandel (basert på nasjonale totaltall fra de tre datakildene) uten å ta hensyn til innvandrere fra EU13 med utenlandsk statsborgerskap, får vi en andel på 0.80²⁴ (for befolkningen 18 år og eldre). Mye kan imidlertid tyde på at denne andelen blir for lav til å reflektere faktisk nasjonal førerkortandel i Norge. Dette fordi en del av innvandrerne fra EU13 vil ha et førerkort fra hjemlandet som er gyldig for bilkjøring i Norge.

Hvis vi regner ut den nasjonale førerkortandelen under forutsetning av at alle utlendinger fra EU13 med utenlandsk statsborgerskap har førerkort, men ingen av dem har byttet til norsk førerkort, får vi en andel på 0.86²⁵. Siden ikke alle av disse kan forventes å ha førerkort, og siden en god del av dem vil ha byttet til norsk førerkort (se to avsnitt over, og note 23), vil denne andelen trolig være noe høy.

²² Dette gjelder for øvrig også nordmenn som har tatt førerkort i et av EU13-landene.

²³ I løpet av årene 2015, 2016 og 2017 har vi tall som indikerer at ca. 20000 personer årlig byttet inn sitt utenlandske førerkort i et norsk.

²⁴ $FKA_1 = (\text{antall personer med førerkort}) / (\text{antall personer})$. 18 år eller eldre

²⁵ $FKA_2 = (\text{antall personer med førerkort} + \text{antall innvandrere fra EU13}) / (\text{antall personer})$. 18 år eller eldre

Vi forutsetter (2) at en mer «korrekt» førerkortandel for bosatte i Norge ligger midt mellom de to foregående anslagene, hvilket vil gi 0.83²⁶ som et nasjonalt anslag. Dette betyr en forutsetning om at halvparten av innvandrere fra EU13 har et førerkort fra hjemlandet som benyttes til kjøring i Norge. Vi har som nevnt ingen statistikk å validere denne forutsetningen med, bortsett fra årlige tall for bytte til norsk førerkort nevnt over.

Data for innvandrere fra EU13 er bestilt og mottatt fra SSB i februar 2023. Det er to filer per årstall. Den ene filen gir opplysninger om antall innvandrere fra EU13, per kjønn og aldersgruppe, med og uten norsk statsborgerskap per kommune i Norge²⁷. Innvandrere fra EU13 som har fått norsk statsborgerskap dropper vi å behandle videre under forutsetning (1) over, at alle disse som har hatt førerkort, har byttet til norsk førerkort, og dermed vil inngå i materialet fra det norske førerkortregisteret. Den andre filen angir antall innvandrere fra EU13 på kjønn og delområder (innvandrere med norsk statsborgerskap droppes i den videre bearbeiding også her). I den videre prosessering kombineres disse to filene slik at vi får en aldersfordeling på kjønn, når det gjelder antall utlendinger fra EU13, som stemmer overens med kommunedatanivået, og et antall per kjønn som stemmer overens med delområdenivået. Vår vurdering er at å få aldersfordelte tall per delområde ville gitt alt for stor andel «prikkinger» (skjuling av eksakte tall av hensyn til sensitivitet). Samme strategi er fulgt på flere andre input-data til TB2.

2.2.4 Prosessering/bearbeiding av data

Vi har altså 3 ulike datakilder som i første instans skal sammensettes til en felles datafil per delområde. Befolkningstallene fra Sdat1, per 01.01.2022, inneholder total befolkning på alder og kjønn (inkl. innvandrere fra EU13, med eller uten førerkort, og med eller uten norsk statsborgerskap) per grunnkrets. Vegdirektoratets datafil fra førerkortregisteret inneholder kjønn og alder på alle førerkortinnehavere (kun norske førerkort) per delområde. Filene for innvandrere fra EU13 inneholder alle innvandrere som ikke har skiftet til norsk statsborgerskap, etter kjønn og alder. På denne bakgrunn etableres en datafil med alle data samlet der den geografiske oppløsningen er delområder.

2.2.4.1 Etablering av grunnlag per delområde

Dataprosesseringen gir en tabell for hvert delområde som vist under. Det er her 6 aldersgrupper som er et aggregat av standard aldersgruppering i TB2. Disse grunnlagstabellene er kvalitetssikret så langt det har latt seg gjøre innenfor rammene av prosjektet.

Nummer	Kjønn	Alder	Befolkning	Befolkning m. førerkort	Innvandrere fra EU13 (utl. statsborgerskap)	Førerkortandel (ujustert)	Førerkortandel (justert)
Delområdenummer	Kvinner	18-24					
		25-34					
		35-44					
		45-59					
		60-69					
		70+					
	Menn	18-24					
		25-34					
		35-44					
		45-59					
		60-69					
		70+					

²⁶ $FKA_S = (\text{antall personer med førerkort} + \text{antall innvandrere fra EU13} \cdot 0.5) / (\text{antall personer})$. 18 år eller eldre

²⁷ Det er også bestilt, og mottatt fra SSB en datafil på samme format i bydeler i storbyene. Tanken her var å behandle bydeler i storbyene på samme måte som kommuner ellers. Men siden grensene for bydelene ofte går på tvers av grunnkrets/delområde-grensene, og på grunn av tids- og kostnadsrammer i prosjektet har vi måttet nedprioritere arbeid knyttet til å tilpasse data for grunnkretser/delområder til bydeler. Dette kan eventuelt gjøres ved en senere anledning.

Vi har imidlertid støtt på noen problemer, som man ofte gjør når man prøver å få konsistens ut fra sammenstilling av data fra ulike kilder. Vi har i første omgang identifisert fem delområder med åpenbare feil i data/datakoblingen (svært liten førerkortandel). Dette er delområdene 150717, 380505, 461806, 500145 og 544405. For disse har vi lagt inn en manuell justering, på et hensiktsmessig sted i prosesseringen. For hver av disse delområdene velger vi da *fk*-andeler pr *kj/ald* fra et delområde «i nærheten», og bruker disse andelenes personer til å lage nye tall for *fkort pr seg*, for hvert av de problematiske delområdene.

I delområder med førerkortandel lavere enn 55% legges det inn gjennomsnittlig førerkortandel for de øvrige delområdene i kommunen. Dersom kommunen kun har ett delområde legges det i slike tilfelle inn 85% (dette vil plassere kommunen tilsvarende i sekvensen der områder er sortert etter økende førerkortandel). En slik kommune vil slås sammen med andre kommuner med få bosatte/ofte høye andeler (ikke delte kommuner) i samme fylke. Vi tenker da at feil data i enkelte kommuner «jevner seg ut» i de større aggregatene.

Påkobling av delområde via adresse svikter for ca. 1% av materialet. Dette er altså 1% av antall førerkort, som potensielt ikke er jevnt fordelt i geografien, men kan utgjøre mer i visse delområder. Spesielt hvis det er en hel vei/gate, med mange adresser og førerkortinnehavere, som har falt ut på grunn av manglende match. Dette kan være bakgrunnen for at et sett av spesifikke delområder blir spesielt synlige som «merkelige», og noen også som «ganske merkelige», med hensyn til førerkortinnehav.

De nevnte 1% kunne sannsynligvis vært redusert til ca. 0% dersom det hadde vært mulighet for å etablere en koblingsnøkkel med utgangspunkt i en faktisk adresseliste tatt ut av førerkortregisteret (dvs. alle unike adresser til førerkortinnehavere). Dette reiser personvernproblematikk, og ville kreve et avtaleverk for konsulent. Et alternativ kunne vært at vi sammen med vårt adresseregister med delområder (fra Matrikkelen) hadde levert en metode (programkode) for såkalt «fuzzy matching», som er en metode som gir «beste omtrentlige treff» i tilfeller der det er små forskjeller i adresse i de to datakildene (f.eks. skrivefeil i vei-/gatenavn, feil i husnummer «a, b, c», el likn). Det viktigste vil være å få koblet på riktig delområdenummer, og da er slike små forskjeller ofte uten betydning.

2.2.4.2 Aggregering til faste aggregater innenfor kommuner/fylker

Denne prosessering består i å lage en felles target-fil som kan legges til grunn når det gjelder kalibrering mot FK-andeler i alle regionale modeller. I aggregeringen tas det utgangspunkt i datafilen beskrevet i forrige avsnitt. Aggregeringen gjøres fylkesvis og deretter for hver kommune innenfor fylkene. Først beregnes en total førerkortandel per kommune innenfor hvert fylke, og kommunene sorteres etter stigende total førerkortandel. Prosesseringen videreføres per kommune innenfor fylket. Det beregnes en total førerkortandel per delområde innenfor kommunen. Gruppering av delområder gjøres ved å kjøre en løkke over alle delområder sortert etter stigende førerkortandel innenfor hver kommune. For det første fylket (Oslo) og det første delområdet i den første kommunen, starter gruppenummereringen på 1. Det beregnes her en kumulativ førerkortandel og kumulativt antall personer, og dersom førerkortandel har økt med minst 3% OG antall personer er minst 5000 (18 år+) så økes gruppenummer med 1, og kumulative verdier for personer og førerkortandel nullstilles. Dersom siste gruppe i kommunen ender opp med færre enn 5000 personer så slås denne gruppen sammen med den foregående. Deretter fortsetter prosesseringen på samme måte for neste kommune.

Kommuner med færre enn 5000 bosatte over 18 år, behandles særskilt. Disse slås sammen til én felles storkommune per fylke som blir utsatt for samme prosessering av data som ordinære kommuner.

Selv om vi i prosesseringen av data benytter aggregerte førerkortandeler (per kommune i fylker, og per delområder innenfor kommuner), blir det beregnet førerkortandeler per aldersgruppe og kjønn for hvert av de geografiske aggregatene.

Vi adderer inn halvparten av utlendingene (til tallet over brøkstreken) ved beregning av førerkortandeler. Til slutt begrenses beregnede førerkortandeler per aldersgruppe/kjønn til intervallet [45%, 95%]. Per

geografiske aggregat ser target-filen ut som indikert i tekstboksen under. Med de regler som blir lagt til grunn i aggregeringen, blir det til sammen 310 forskjellige geografiske aggregater i targetfilen. Grunnkretsenes tilhørighet til aggregatene spesifiseres i en egen input-fil til TB2.

Aggregatnummer	Kjønn	Alder	Førerkortandel (just)
Aggregatnummer	Kvinner	18-19	
		20-24	
		25-34	
		35-44	
		45-49	
		50-54	
		55-59	
		60-66	
		67-69	
		70+	
	Menn	18-19	
		20-24	
		25-34	
		35-44	
		45-49	
		50-54	
		55-59	
		60-66	
		67-69	
		70+	

Tekstboksen under oppsummerer reglene benyttet i beregning av førerkortandeler og avgrensning av de geografiske aggregatene.

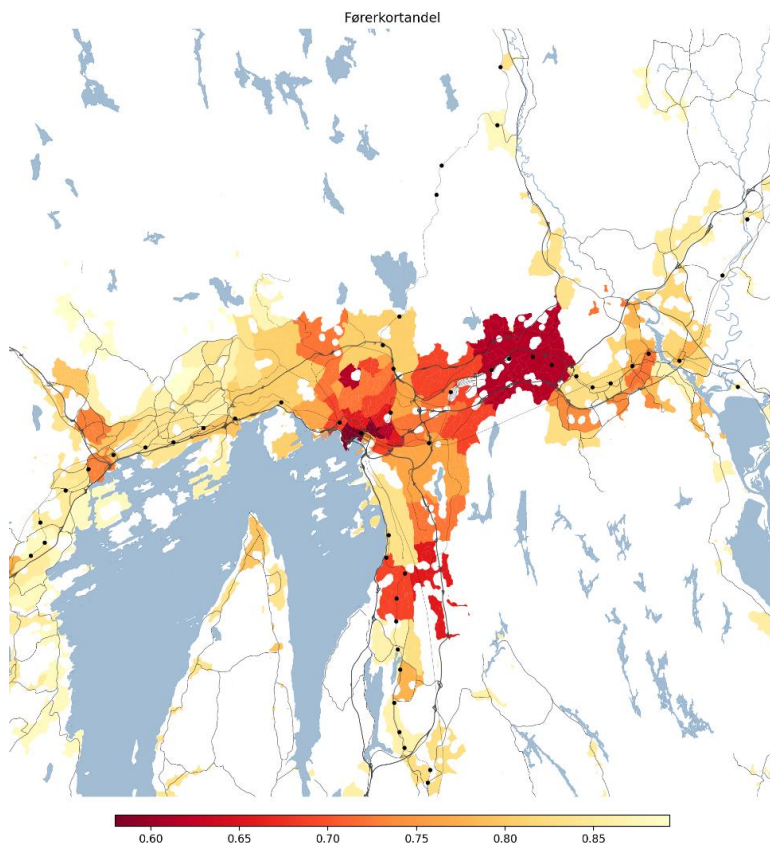
Antall bosatte i kommunene (18 år eller eldre)	Behandling/kommentar
Inntil 5000	Aggregeres til én felles "storkommune" per fylke, som behandles likt med større kommuner ellers
Mellom 5000 og 10000	Vil kun få én gruppe (må være minst 5000 bosatte i en gruppe for å etablere flere)
Over 10000	Vil kunne få flere grupper avhengig av antall bosatte og forskjellene i totale førerkortandeler (3-prosent regelen) i delområdene i kommunen

2.2.4.3 Noen eksempler på resultater fra prosesseringen.

Prosesseringen av data gir oss altså 310 forskjellige geografiske områder i Norge å kalibrere BHFK-modellene mot. I dette avsnittet skal vi vise litt resultater fra prosesseringen, og vi starter i Oslo.

I Oslo får vi 9 forskjellige områder med tilnærmet like førerkortandeler innenfor hvert område. Figur 17, hvor vi også har tatt med noe av det nærmeste omlandet rundt Oslos grenser, indikerer den inndelingen vi kommer ut med. Vi har de laveste førerkortandeler i Sentrum1 og Grønland (0.58 i snitt, til sammen ca. 9700 bosatte 18 år og eldre), og de høyeste i Holmenkollen og noen ytre deler av Oslo (0.87 i snitt, til sammen ca. 8300 bosatte 18 år og eldre). De aller fleste bosatte i Oslo bor i andre deler av byen enn i disse to avgrensningene. Det er lave førerkortandeler øverst i Groruddalen og lengst sør i Oslo, og i sentrumsnære områder. Høye andeler i Oslo vest og nord, samt Nordstrand. Vi må påpeke av de geografiske aggregatene ikke blir sammenhengende områder, men kan bestå av delområder i forskjellige deler av byen, med forholdsvis like førerkortandeler.

Figur 17 Førerkortandeler i Osloområdet.

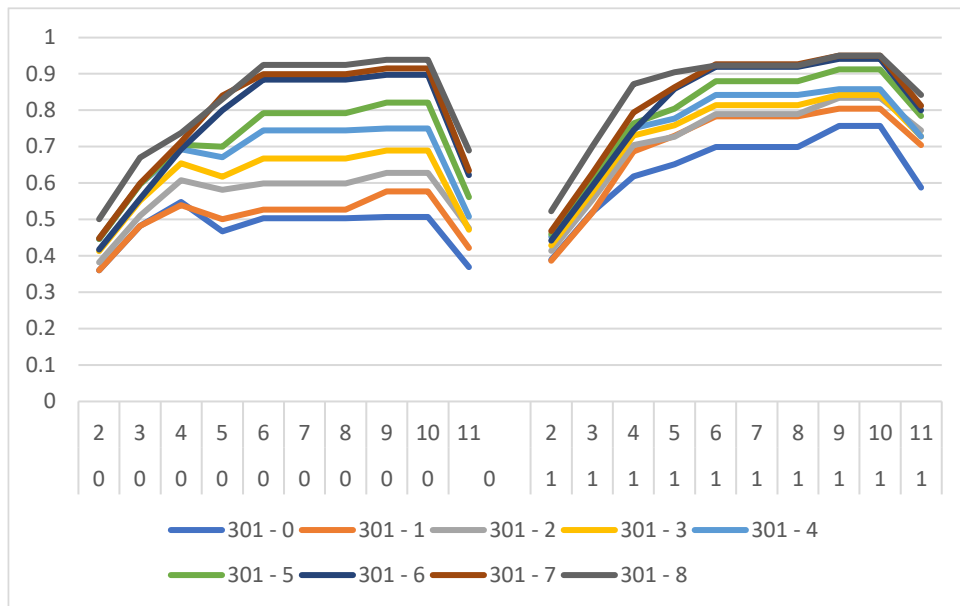


Figur 18 viser førerkortandelene etter alder og kjønn i de 9 geografiske inndelingene i Oslo²⁸. Vi ser for det første at det er mye større spredning over de 9 områdene i førerkortandelene blant kvinner (venstre del av figuren) enn det er blant menn. For det andre ser vi at i de tre gruppene med høyest andeler er førerkortandelene for kvinner og menn forholdsvis like. I de tre gruppene med høyest førerkortinnehav finner vi delområder som Grefsenlia, Tåsen, Holmen, Bekkelaget, Røa og Holmenkollen for å nevne de mest befolkningsrike. I disse tre aggregatene bor det til sammen ca. 120000 personer fra 18 år og eldre (ca. 21 % av befolkningen i disse aldersgruppene i Oslo). I de tre gruppene med lavest førerkortandeler finner vi delområder som Ulsholt, Fossum, Grorud, Sentrum og Rudene, som de mest befolkningsrike. I disse tre aggregatene bor det til sammen ca. 130000 personer fra 18 år og eldre, (ca. 23 % av befolkningen i disse aldersgruppene i Oslo). I Oslo er det nok større spredning i førerkortandelene etter geografi enn i alle andre kommuner i Norge. Total gjennomsnittlig førerkortandel er 0.72 i Oslo kommune.

²⁸ Nederste forklaringslinje langs x-aksen: 0 = Kvinner, 1 = Menn

Øverste forklaringslinje langs x-aksen: Alder i 10 forskjellige alderssegmenter fra 18 år (gruppe 2) og eldre (opptil 11). Se tekstboks for aldersinndeling. Denne inndelingen gjelder for alle figurer av denne type i dette avsnittet.

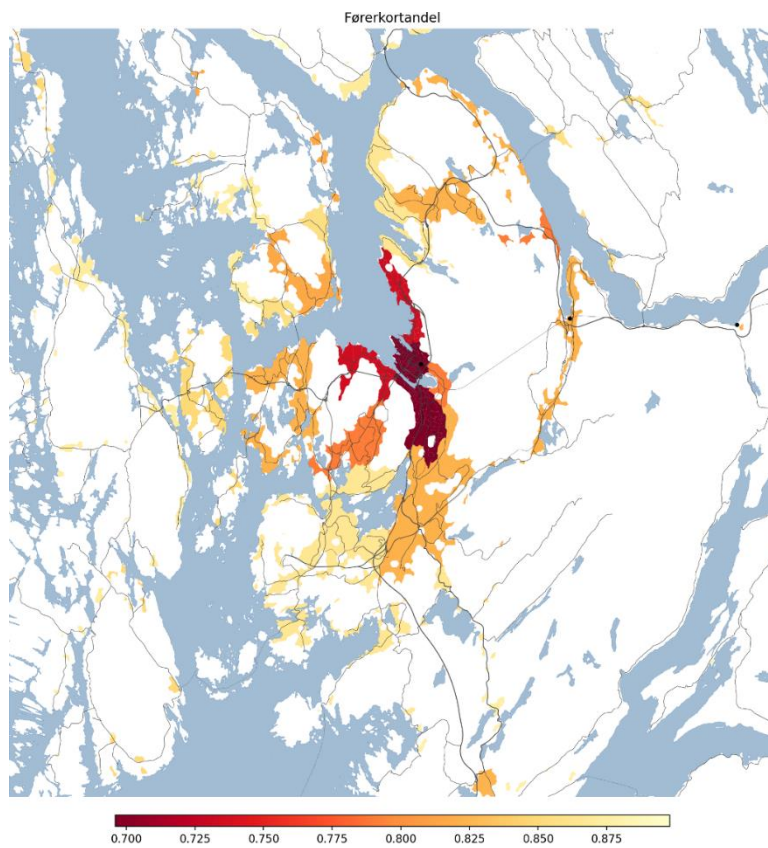
Figur 18 Førerkortandeler etter alder og kjønn (kvinner til venstre og menn til høyre) i 9 geografiske aggregater i Oslo (target)



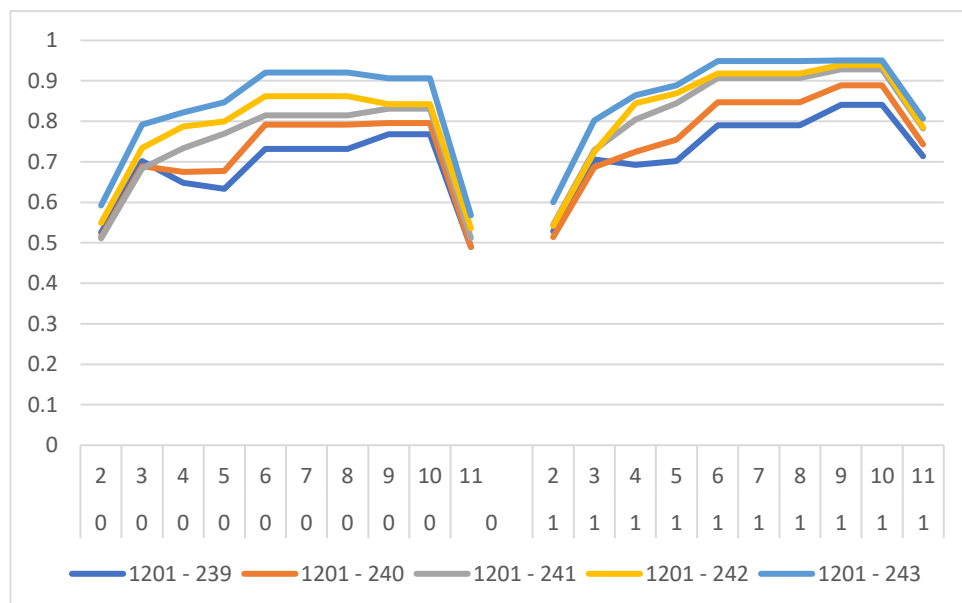
I Bergen får vi 5 forskjellige geografiske aggregeringer når vi benytter de aggregeringsreglene som er omtalt over. Figur 19 viser førerkortandeler i disse aggregatene. Vi har også tatt med en del av omlandet til Bergen kommune i figuren. Vi får lavest førerkortandeler sentralt i Bergen, og høyere utover mot utkantområdene.

Figur 20 viser førerkortandelene etter alder og kjønn i de 5 geografiske inndelingene i Bergen. I inndelingen med lavest førerkortandeler finner vi delområdene Bergen sentrum, Solheim og Fridalen – Slettebakken. Her bor det ca. 45000 personer fra 18 år og eldre (20 % av totalen). Total gjennomsnittlig førerkortandel er 0.70 i dette området. I inndelingen med høyest førerkortandeler finner vi bl.a. delområdene Tertnes – Salhus, Fana, Ytrebygda og Bønes. Her bor det ca. 51000 personer 18 år og eldre (22 % av totalen i Bergen). Her er total gjennomsnittlig førerkortandel 0.87. I hele Bergen kommune er total gjennomsnittlig førerkortandel 0.79 mot 0.72 i Oslo.

Figur 19 Førerkortandeler i Bergen med omland



Figur 20 Førerkortandeler etter alder og kjønn i 5 geografiske aggregater i Bergen (target)



2.3 Implementering i TB2

Implementering og virkemåte i TB2 kan forklares med utgangspunkt i fem nye parametere i rotfilen til modellen. Disse parameterne er vist i tabellen nedenfor.

Parameter	Eksempelverdi
Fkort_Kalib_Mode	3
Fkort_Kalib_Target	fkkalib_target.txt
Fkort_Kalib_Groups	fkkalib_gruppedef_rtm23.txt
Fkort_Kalib_Values	fkkalib_values_14apr.txt
Fkort_Kalib_Tolerance	0.01

Hver parameter, og virkemåte i koden, er nærmere beskrevet nedenfor (selve kodingen i C++ omtales ikke her).

Fkort_Kalib_Mode

Denne kan settes til verdi 0, 1, 2 eller 3. Disse verdiene har følgende betydning:

0. Ikke gjør noe (ikke bruk eller beregn kalibrering)
1. Beregn nye *Fkort_Kalib_Values*. Overskriv til fil *Fkort_Kalib_Values*.
2. Beregn nye *Fkort_Kalib_Values* og adder til evt forrige. Overskriv til fil *Fkort_Kalib_Values*.
3. Anvend *Fkort_Kalib_Values*. Ingen beregning av nye.

Med andre ord er det verdiene 1, 2 eller 3 som aktiverer førerkortkalibrering.

Fkort_Kalib_Target

Dette er fila med førerkortandeler for kombinasjoner av kjønn og aldersgrupper, fordelt på geografiske aggregater. Hver record har formatet:

1. Geografisk aggregat, nummer
2. Kjønn, nummer (0=kvinne, 1=mann)
3. Aldersgruppe, nummer (2-11, se forklaring i egen tabell)
4. Førerkortandel (i intervallet 0.0-1.0)

I tabellen nedenfor vises et eksempel, med alle verdier for hele geografisk aggregat 134 og noen av de første for aggregatene 135:

134	0	2	0.456
134	0	3	0.61
134	0	4	0.561
134	0	5	0.652
134	0	6	0.736
134	0	7	0.736
134	0	8	0.736
134	0	9	0.748
134	0	10	0.748
134	0	11	0.508
134	1	2	0.479
134	1	3	0.641
134	1	4	0.708
134	1	5	0.772
134	1	6	0.879
134	1	7	0.879
134	1	8	0.879
134	1	9	0.915
134	1	10	0.915
134	1	11	0.746

135	0	2	0.474
135	0	3	0.635
135	0	4	0.723
135	0	5	0.716
135	0	6	0.786

Det er ikke nødvendig å lage seg en egen fil med de geografiske aggregatene som inngår i modellområdet man kjører TB2 for. Landsdekkende fil *Fkort_Kalib_Target* med 310 aggregater (nummerert 0-309) kan benyttes. Det er vel og merke ikke noe i veien for å gjøre et utdrag fra denne fila, så lenge man har med alle aggregat-nummere som det refereres til i fila *Fkort_Kalib_Groups*.

Merk at aldersgrupper i utskriftene er nummert 2-11. Disse tallene refererer til idx0 i tabellen nedenfor, med tilhørende aldersintervall fra-til (i andre TB2-sammenhenger kan det være idx1 som det refereres til).

idx1	idx0	Alder fra	Alder til
1	0	13	15
2	1	16	17
3	2	18	19
4	3	20	24
5	4	25	34
6	5	35	44
7	6	45	49
8	7	50	54
9	8	55	59
10	9	60	66
11	10	67	69
12	11	70	99

Merk imidlertid også at aldersgruppene 2-11 (dvs. 10 aldersgrupper fra og med 18 år) kun inngår i utskriftene fra kalibreringen. I input-filen, og i selve kalibreringen, opereres det med 6 aldersgrupper der 18-24 åringene (2 aldersgrupper), 45-59 åringene (3 aldersgrupper) og 60-69 åringene (2 aldersgrupper) er slått sammen. I utskriftene for de 10 aldersgruppene blir det her felles verdier for de aldersgrupper som er slått sammen i input/kalibrering.

Fkort_Kalib_Groups

Dette er å betrakte som en typisk sonedatafil, med samme format som øvrige sonedatafiler. Det vil si at den må dekke alle grunnkretser i modellområdet, og med rekkefølge som andre sonedatafiler. Fila *Fkort_Kalib_Groups* skal ha to verdier pr record:

1. Grunnkretsnummer
2. Geografisk aggregat, nummer

Alle geografiske aggregater må ha et matchende nummer i *Fkort_Kalib_Target*.

Fkort_Kalib_Values

Denne fila kan både leses og produseres av TB2. Dersom den ikke eksisterer så startes det med verdier = 0. Bruk av/produksjon av fila styres av parameter *Fkort_Kalib_Mode* (se over). Strukturen på fila er den samme som for fila *Fkort_Kalib_Target*. Forskjellen er at siste kolonne nå inneholder beregnede kalibreringskonstanter framfor target-verdier.

Fkort_Kalib_Tolerance

Dette er en verdi som bestemmer hvorvidt det skal kalibreres videre på en gitt kjønn/alder-kombinasjon innenfor et gitt geografisk aggregat. Dersom $\text{abs}(\text{target-modell}) < \text{Fkort_Kalib_Tolerance}$ så vil det ikke gjøres videre kalibrering i dette tilfellet. Hvis *Fkort_Kalib_Tolerance* er satt til f.eks 0.01 så vil dette oftest i praksis bety at i tilfeller der modellen ligger for høyt så vil den kalibreres ned mot et avvik på maks +1%, mens det i tilfeller der modellen ligger for lavt så vil den kalibreres opp til et avvik på maks -1%. Det kan selvsagt hende at avviket blir mindre, avhengig av hvor stort «hopp» som gjøres inn i toleranseintervallet i en gitt iterasjon. Det kan i prinsippet også hende at dette hoppet blir såpass

stort at man havner «på den andre siden» av target. I så fall vil toleransen gjøre seg gjeldende «fra den andre siden».

Merk at TB2 ikke kjører iterasjoner i kalibreringsprosessen i seg selv, men kun beregner nye kalibreringsverdier etter inneværende iterasjon i kjøreopplegget i RTM. RTM må altså settes opp med iterasjoner i en prosess. Det vil altså være den iterasjonsprosessen man setter opp i RTM som bestemmer hvorvidt man i kalibreringen ender opp innenfor *Fkort_Kalib_Tolerance* i alle celler.

2.4 Eksempler – Testing

Vi har testet kalibreringsforløp, og resultater før og etter kalibrering ganske inngående med RTM23+ og med en delområdemodell for Agder. Dokumentasjon av testing er et forholdsvis stort materiale som vi ikke kan vise detaljert her. Vi nøyer oss med et kort resyme.

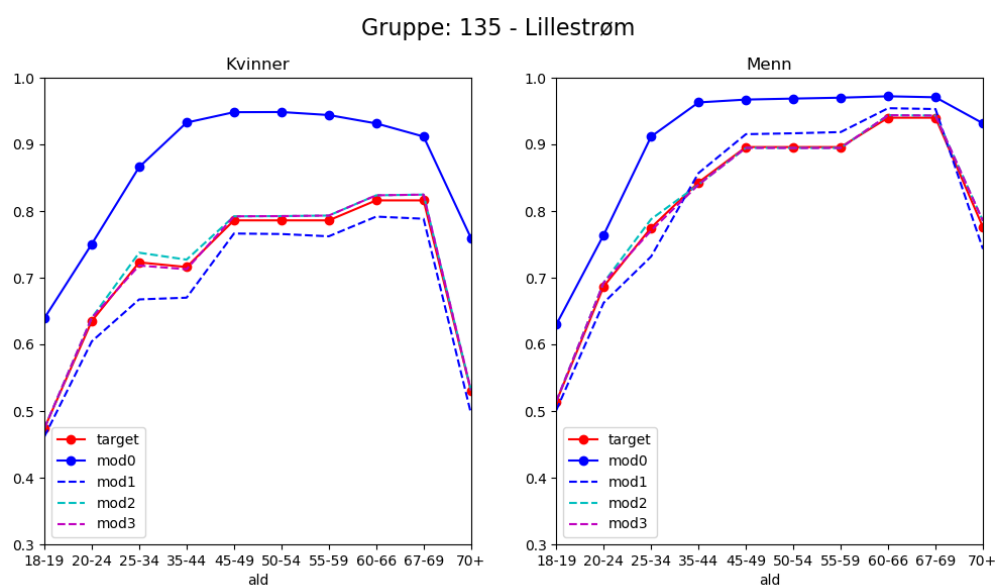
2.4.1 Kalibreringsforløp

Figur 21 viser et eksempel på kalibreringsforløp for førerkortandeler, for et geografisk aggregat i Lillestrøm kommune (gruppe 135 i dette tilfellet, men merk at dette er en nummerering som stammer fra en litt tidligere generering av aggregater enn den endelige). Target vises i rødt, sammen med utgangspunkt mod0 i modellen og tre kalibreringsiterasjoner mod1-mod3. Vi ser at vi starter et godt stykke over target i mod0, og at første iterasjon havner under target for alle aldersgrupper for kvinner og noen aldersgrupper for menn. Etter to nye iterasjoner havner vi svært nærme target. Figuren viser at førerkortinnhaved (og dermed biltilgangen) skal forholdsvis mye ned sammenliknet med utgangspunktet.

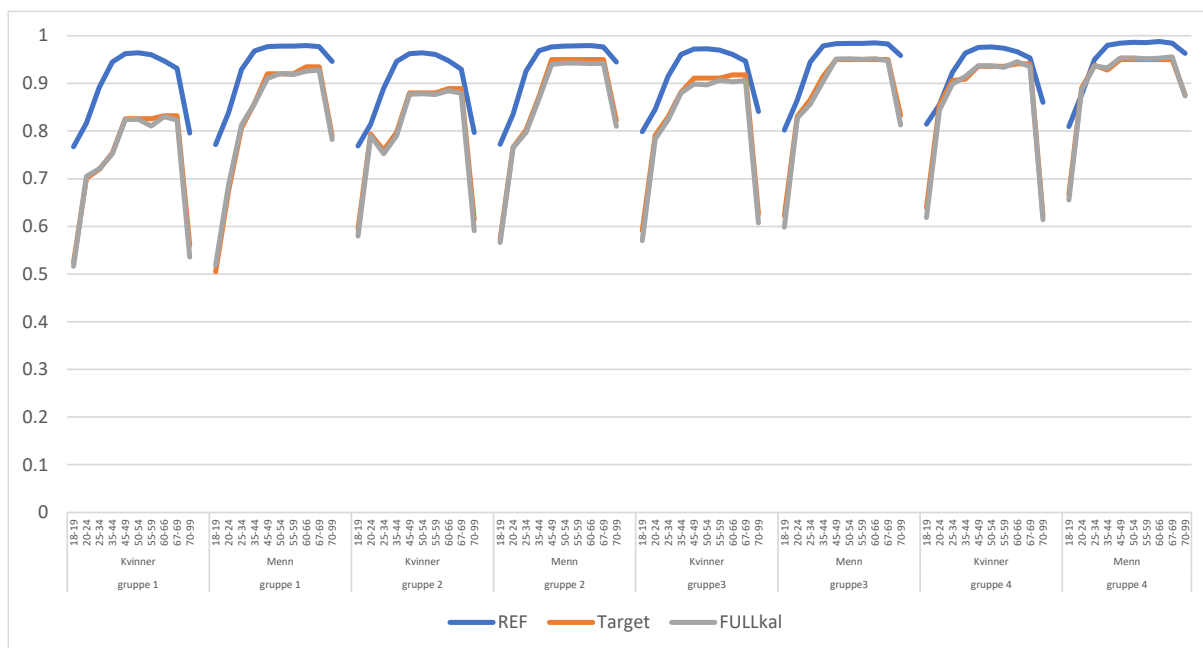
Figur 22 viser i prinsippet det samme for 4 soner i Kristiansand som Figur 21 viser for Lillestrøm, men uten iterasjonene. I figuren ser vi at førerkortandelene øker noe fra gruppe 1 til gruppe 4, og at nedkalibreringen blir sterkest i gruppe 1 (sentrale områder) og reduseres med økende gruppenummer. Dette er naturlig slik kalibreringsopplegget er implementert og forklart i avsnittene over.

Vi kan knytte noen kommentarer til selve kurvene i de to figurene. Referanse (mod0 for Lillestrøm) er i begge figurer output når det gjelder førerkortandeler fra modellen, som er estimert på RVU med matematiske formuleringer som gir relativt polynomliknende «glatte» kurver. Target er her aggregert fra 11 til 6 aldersgrupper og vil ha samme andel innenfor hver aggregerte aldersgruppe. Vi mener dette er av mindre betydning for resultatene i forhold til forskjellen mellom ukalibrert modell (referanse og mod0 i de to figurene) og target. Hovedpoenget er imidlertid å vise at kalibreringen fungerer i den forstand at man til syvende og sist havner på de førerkortandeler vi har i target for de aktuelle grupperingene av soner.

Figur 21 Eksempel på kalibreringsforløp for førerkortandeler, Lillestrøm



Figur 22 Eksempel på kalibrering for førerkortandeler. 4 sonegrupper i Kristiansand, etter kjønn og alder



2.4.2 Påfølgende rammetallskalibrering

Når kalibrering mot registerbaserte førerkortandeler skal implementeres for første gang i et modellområde, bør man starte ut med «det beste» referansealternativet man har i det området man ser på. Med «det beste» referansealternativet menes her at man, hvis nødvendig, har tatt i bruk de øvrige kalibreringsrutinene vi har. Det vil si tilpassing i form av trafikktegn for bil, data for pendling, rammetall fra RVU, oppmøteprosenter for arbeidsreiser, reisedistanser, periodekortinnhav for kollektivtransport (se eget kapittel), antall kjøretøy i kjøretøyparken (se eget kapittel), etc.

Ut fra denne referansesituasjonen bør man først sette i gang en **isolert kalibrering av førerkortandelene**. Denne vil, etter 4-5 iterasjoner sørge for at førerkortandelene går ned, spesielt i bynære områder, og i tråd med den target som er etablert på registerdata i dette prosjektet.

TB2 skriver som alltid ut en fil som heter «tb2-biltilgang-delmodeller-18up.txt». Til denne filen skrives en oppsummering fra de tre delmodellene for biltilgang. For delområdemodellen for Agder ser filen fra referansesituasjonen slik ut:

Tabell 25 Oppsummering biltilgang (18 år og eldre), Referanse 2020, Delområdemodell for Agder

	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt	IFK	FK
Totalt:	9114	7832	10659	146105	65969	239678	16946	222733
HH 1 vp	6473	0	5293	48458	0	60223	6473	53751
HH 2 vp	2268	4602	3496	79457	41361	131185	6870	124314
HH 3+ vp	372	3230	1871	18190	24607	48270	3602	44668
Andel	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt	IFK	FK
Totalt:	4 %	3 %	4 %	61 %	28 %	100 %	7 %	93 %
HH 1 vp	11 %	0 %	9 %	80 %	0 %	100 %	11 %	89 %
HH 2 vp	2 %	4 %	3 %	61 %	32 %	100 %	5 %	95 %
HH 3+ vp	1 %	7 %	4 %	38 %	51 %	100 %	7 %	93 %

Når kalibreringen er gjennomført endres denne datafilen/tabellen mot kalibreringsverdiene som legges til grunn. Resultatet for Agder kan som eksempel studeres i Tabell 26. Vi legger spesielt merke til at andelen av befolkningen (18 år og eldre) uten førerkort, summert over husholdstørrelsene, er økt fra 7% til 16%, mens andelen av befolkningen med førerkort er redusert fra 93% til 84% i dette området.

Tabell 26 Oppsummering biltilgang (18 år og eldre), etter kalibrering mot førerkortandeler, delområdemodell for Agder

	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt	IFK	FK
Totalt:	20991	18394	11409	129812	59073	239678	39385	200294
HH 1 vp	14789	0	5394	40040	0	60223	14789	45434
HH 2 vp	5372	11873	3924	73136	36880	131185	17245	113940
HH 3+ vp	830	6521	2091	16635	22192	48270	7351	40918
Andel	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt	IFK	FK
Totalt*:	9 %	8 %	5 %	54 %	25 %	100 %	16 %	84 %
HH 1 vp	25 %	0 %	9 %	66 %	0 %	100 %	25 %	75 %
HH 2 vp	4 %	9 %	3 %	56 %	28 %	100 %	13 %	87 %
HH 3+ vp	2 %	14 %	4 %	34 %	46 %	100 %	15 %	85 %
Endring	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt	IFK	FK
Totalt:	130 %	135 %	7 %	-11 %	-10 %	0 %	132 %	-10 %
HH 1 vp	128 %		2 %	-17 %		0 %	128 %	-15 %
HH 2 vp	137 %	158 %	12 %	-8 %	-11 %	0 %	151 %	-8 %
HH 3+ vp	123 %	102 %	12 %	-9 %	-10 %	0 %	104 %	-8 %

* Merk: tall på blå bakgrunn benyttet til endelig rammetallskalibrering for alternativet «FULLkal»

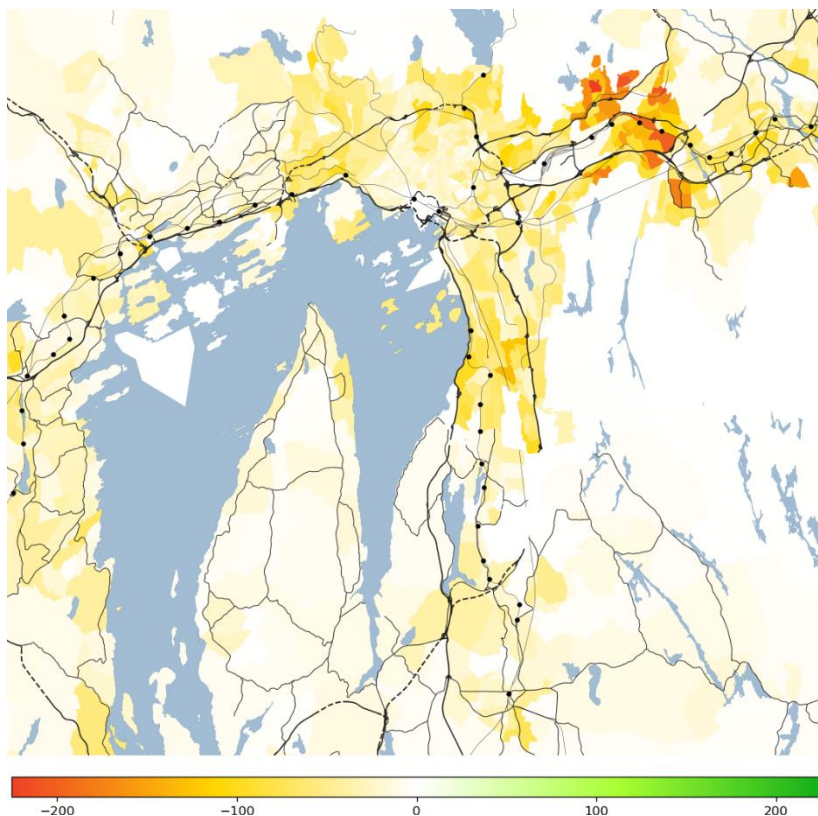
Reduksjonen i antallet personer med førerkort gir naturligvis endringer i transportmiddelvalget og dermed forskyvninger i rammetallene som vi møysommelig hadde kalibrert inn i den opprinnelige referansesituasjonen, og som vi forhåpentligvis var fornøyd med i utgangspunktet. I eksempelet med Agder-modellen går reiser som bilfører ned med 10 % (nesten 35000 turer), mens bilpassasjer går opp med 10 % (ca. 4000 turer). Kollektivtransport øker med 36 %, sykkel med 30 % og reiser til fots med

23 %. Etter isolert kalibrering av førerkortandeler stemmer dermed rammetall lite med det vi har brukt en del ressurser på å få til i den opprinnelige referansesituasjonen.

Vi må derfor komme oss tilbake til noe i retning av det vi hadde før. Dette må bety at færre personer med førerkort reiser mer med bil, og at mobiliteten blant personer uten førerkort er lavere, enn det vi har i dette alternativet. Det vi må gjøre er å gjennomføre **en ny rammetallskalibrering**, med de samme rammetall i transportmiddelvalget som vi brukte i referansesituasjonen, men i denne må vi benytte de celler som er markert med blått i Tabell 26 som target for BHFK-modellene, **i stedet for RVU-data** for denne kalibreringsinputen. Dette vil konservere kalibreringen mot førerkortandeler, men samtidig bringe oss langt på vei tilbake til den samme **transportmiddelfordeling** som vi hadde i referansesituasjonen hvis vi itererer lenge nok i denne «tilbakekalibreringen».

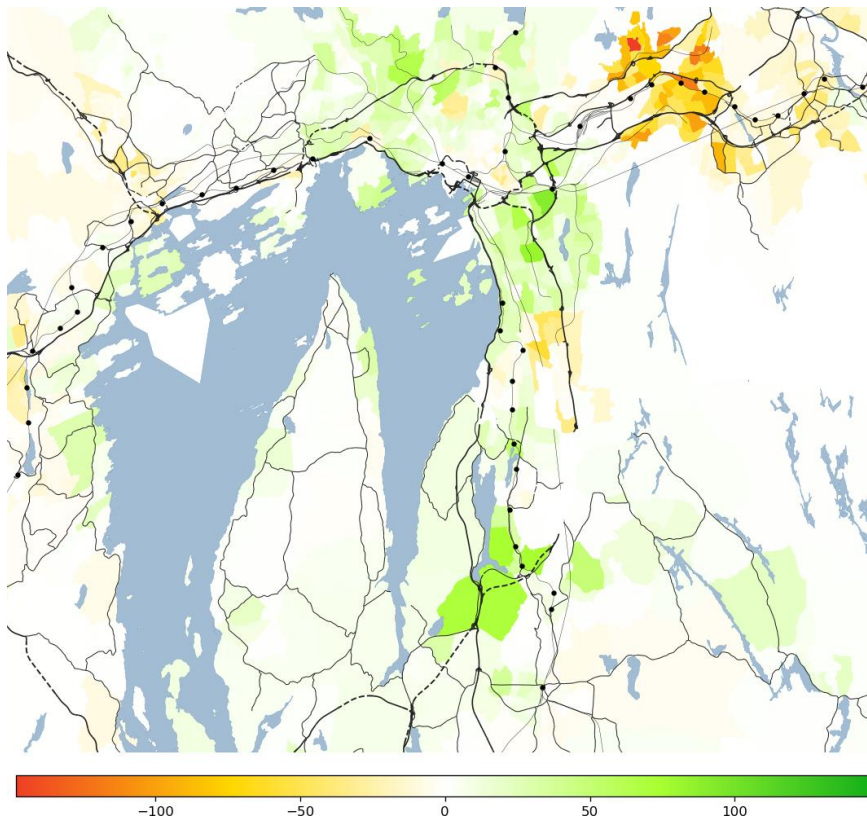
Vi går nå litt tilbake til RTM23+ modellen og Oslo-området for å vise et par figurer. Figur 23 viser reduksjon i bostedsbaserte **bilturer** i Oslo-området når vi kalibrerer ned førerkortinnhavedet. Som figuren viser, får vi de største endringene øverst i Groruddalen og ned mot de sørligste deler av Oslo. Små reduksjoner sentralt i Oslo må skyldes at en svært liten andel av bostedsbaserte turer her gjennomføres med bil.

Figur 23 Endring i bostedsbaserte utreiser som bilfører, etter kalibrering av førerkortinnhavedet



Figur 24 viser effektene av å kalibrere bilførerturene opp igjen (og øvrige turer ned igjen) for bostedsbaserte utreiser med bil. Som vi ser, får vi fremdeles de største endringene øverst i Groruddalen og ned mot de sørligste deler av Oslo. I en rand rundt sentrale Oslo får vi en svak økning i bostedsbaserte turer som gjennomføres med bil.

Figur 24 Endring i bostedbaserte utreiser som bilfører, etter kalibrering av førerkortinnhav OG rammetall for turer



2.5 Effekter av endringer

Til tider har vi referert til dette forholdsvis lange prosjektet for «førerkorteksperimentet». I hele prosjektperioden har det vært usikkerhet knyttet til i hvilken retning prosjektet skulle gå og hva som skulle komme ut i enden av det. Det er nå laget et opplegg som på én måte korrejerer for de skjevhetene man fant i RVU2013/14 (og som også ligger i nyere RVU-er) når det gjelder førerkortandeler sammenliknet med førerkortandeler i registerdata. Det vi egentlig gjør i dette prosjektet er å si at de personer uten førerkort som har deltatt i RVU har samme preferanser/vilkår/rammebetingelser som personer uten førerkort som har frafalt spørreundersøkelsen. Dette kan ingen vite noe eksakt om, men det kan hevdes å være faktorer som tyder på at de som har frafalt RVU er forskjellig fra de som har deltatt, uten at det kan sies noe bastant om dette heller.

Både i Agdermodellen og i RTM23+ er det regnet på hva modellen gir før implementering av kalibrering mot førerkortandeler, og etter.

I RTM23+ har vi regnet på økte bompenger, og på økt avgangsfrekvens for kollektivtransport, begge endringer ganske stilisert. Før kalibrering gir økte bomsatser på 20 % en reduksjon på i overkant av 12000 bilførerturer i modellområdet. Etter kalibrering gir det samme tiltaket en reduksjon på knappe 11000 bilførerturer. Før kalibrering gir en økning på 20 % i avgangsfrekvens nesten 39000 flere kollektivturer. Etter kalibrering gir det samme tiltaket i overkant av 38000 flere kollektivturer.

I Agder har vi regnet på «Kollektivstrategi 2030», som er en pakke for forbedring av kollektivtilbudet i Kristiansand og mellom Kristiansand og nabokommunene i regionen. Tiltakene inkluderer økt frekvens, egne «metrolinjer», økt flatedekning, og fremkommelighetstiltak i bussnettet. I tillegg bygges ny EV36 mellom Gartnerløkka og Kolsdalen, og det innføres 11 nye bomstasjoner i tillegg til de eksisterende 5

med timesregel og satser som er noe høyere enn dagens. Det bygges også gang/sykkelveg gjennom hele byen (fra Vige til Kolsdalen).

Før kalibrering av førerkortandeler i modellen gav tiltaket en svak (1 %) reduksjon i biltrafikk og gang/sykkel og over 30 % økning i kollektivtrafikken. I etter-situasjonen reduseres biltrafikken med knappe 1 %, og gang/sykkel med vel 2 %, mens kollektivtrafikken øker med 26 %.

Eksemplene over viser at kalibrering av førerkortinnehav mot registerdata ikke gir store forskjeller i effekter av de tiltakene vi har analysert. Det er betryggende at effektene i tidligere analyser, uten slik kalibrering, ikke ser ut til å ha vært særlig påvirket av avvikene når det gjelder førerkortinnehav.

3 Periodekortandeler for kollektivtransport

3.1 Bakgrunn

Helt siden de første versjoner av TraMod_By, har det vært slik at MD-modellen for arbeidsreiser har vært nestet over periodekortinnehav, med egne nyttefunksjoner for observasjoner med og uten periodekort for kollektivtransport. Dette betyr at sannsynligheten for at et segment har periodekort i forbindelse med arbeidsreisen dermed ligger implisitt i modellstrukturen. Det har også hele tiden vært slik at MD-modellene for de fire andre bostedsbaserte reisehensiktene (tjeneste, hente/levere, fritid og privat), har utnyttet informasjon om dette segmentspesifikke periodekortinnehavet (en andel av populasjonen i segmentet), på en måte som gjør at for denne andelen, så fremstår kollektivtransport som gratis²⁹. Det er også slik disse er estimert, med pris på 0 hvis observasjonen har periodekort.

I forbindelse med arbeid med TB2-koden som pågikk rundt årsskiftet 2020/21, ble det ved en tilfeldighet oppdaget at de beregnede andelene av segmentene som får månedskort, er svært lave, og mye lavere, eksempelvis i Oslo-området og i Møre og Romsdal, enn det vi får når vi ser på billettsalgsdata sammenholdt med befolkningsstørrelser. Denne oppdagelsen var urovekkende og krevde etter vår oppfatning oppmerksomhet. Vi så også at periodekortinnehavet blant de yngste og eldste segmentene viser størst avvik, og dette skyldes at for disse aldersgruppene er det ikke behovet for arbeidsreiser, men fritidsaktiviteter/private ærend og reiser til/fra skole i kombinasjon med lave førerkortandeler og lav tilgang til bil som skaper behov for periodekort.

Det ble iverksatt et arbeid, først og fremst for å finne og eliminere en eventuell bug knyttet til beregningene av periodekortinnehavet i modellene. Det ble klart at bugen eventuelt måtte befinne seg et sted i kriker og kroker av koden vi ikke har arbeidet med tidligere, slik at vi måtte søke opp og gå gjennom eldre dokumentasjon og gammel korrespondanse om dette tema. Derneft måtte koden skrive ut flere resultatfiler om dette temaet for å sette oss på sporet av problemet. Det ble etter hvert funnet en bug, og denne må ha vært der helt siden de første versjonene av Tramod ble introdusert ca. rundt 2005.

Når bugen ble korrigert så vi at korreksjonen ikke nødvendigvis løste all problematikk rundt dette temaet. Vi hadde også lært såpass mye knyttet til behandlingen av temaet i TB2-koden at vi kom på sporet av en metodikk for beregning av turmatriser for kollektivtrafikk fordelt på reiser med enkeltbillett og månedskort. Dette har siden de første Tramod-versjonene ble introdusert stått høyt på «ønskelisten» til en del brukermiljøer (spesielt i Prosam). Det ble derfor etter hvert iverksatt et oppfølgingsprosjekt, fase 2, som skulle se på nettopp dette, muligheten for innkalibrering av periodekortandeler bedre mot observerte andeler, og muligheten for å kunne skrive ut turmatriser for kollektivreiser gjennomført med enkeltbillett og med periodekort.

²⁹ For den nye reisehensikten arbeidsplassbaserte reiser antas kollektivreiser å bli gjennomført med enkeltbillett. Det er riktignok en RVU-utledet variabel som inneholder andelen av yrkesaktive på arbeidssstedet som har månedskort, men funksjonen til denne variabelen er kun å øke sannsynligheten for at den arbeidsplassbaserte reisen gjennomføres med kollektivtransport med økende månedskortandel for de yrkesaktive etter arbeidsssted.

3.2 Kort om periodekortinnnehav i TB2 og identifisering av bug

I modellen for transportmiddelvalg for arbeidsreiser skilles det mellom reiser foretatt av periodekortinnnehavere og reiser foretatt av personer uten periodekort. Fra dokumentasjonen av denne modellen har vi klippet ut følgende tekst:

Vi har 4 nyttefunksjoner UCD, UCP, UBK og UWK (for hhv. bilfører, bilpassasjer, sykkel og gange). Disse er identiske enten IO har periodekort eller ikke.

For kollektivtransport (PT) har vi 2 nyttefunksjoner:

- UPTX hvor prisen på enkeltbillett inngår (konstantledd: PT_00)
- UPTC hvor det ikke inngår noen kostnad og hvor konstantleddet er et annet enn for UPTX (konstantledd: PTC_00)

Vi kan da lage en egen nyttefunksjon for periodekortinnnehav:

$U_{\text{kort}} = \ln[\exp(UCD) + \exp(UCP) + \exp(UPTC) + \exp(UBK) + \exp(UWK)] + \beta \cdot \text{mndkortpris}/21 + \text{«andre variable»} + \text{konstantledd (UK_00, } \beta = \text{generisk kostnadskoeffisient)}$

Vi har altså *logsummen fra reisemiddelvalget for de med kort + mndkortpris/21* i nyttefunksjonen.

«Andre variable» er variabler som kan bidra til å forklare nytten av kortinnnehav utover besparelser i forbindelse med arbeidsreisen. Det viktigste her er indikatorer for hvor mye man kan tenkes å bruke periodekort for andre reiser enn arbeidsreisen.

Sannsynligheten for kortinnnehav (q) blir da:

$$q = \frac{e^{U_{\text{kort}}}}{e^{UCD} + e^{UCP} + e^{UPTX} + e^{UBK} + e^{UWK} + e^{U_{\text{kort}}}}$$

Sannsynligheten for CD kan da skrives:

$$\text{Prob}(CD) = \frac{e^{UCD}}{e^{UCD} + e^{UCP} + e^{UPTX} + e^{UBK} + e^{UWK} + e^{U_{\text{kort}}}} + q \cdot \frac{e^{UCD}}{e^{UCD} + e^{UCP} + e^{UPTC} + e^{UBK} + e^{UWK}}$$

Tilsvarende uttrykk får vi for de andre reisemåter (ved å bytte ut « e^{UCD} » med nyttefunksjonene for andre transportmidler, eksempelvis « e^{UBK} » for sykkel).

I fremstillingen over varierer sannsynligheten for kortinnnehav (q), med destinasjon og segment (alder, kjønn, familietype og biltilgang). Vi har altså egentlig q_d^s . Segmenteringen fanger opp at noen segmenter har ingen eller dårlig tilgang til bil og følgelig generelt kan ha stor nytte av periodekort og tilsvarende høy sannsynlighet. Sannsynligheten for at en person i et gitt segment, som foretar en arbeidsreise, skal ha periodekort, er da et veid gjennomsnitt over alle destinasjoner:

$$Q^s = \sum_d q_d^s P_d^s,$$

hvor P_d^s er sannsynligheten for at arbeidsreisen for segment s, går til destinasjon d og hvor $\sum_d P_d^s = 1$.

Q^s representerer periodekortandelene for den delen av befolkningen som gjennomfører arbeidsreiser, dvs. de yrkesaktive, selv om yrkesaktivitet egentlig ikke inngår i modellene eksplisitt. For de øvrige reisehensiktene vil det være ulike sannsynligheter for at en person i et gitt segment har foretatt en reise til arbeid (og dermed kunne antas å ha anskaffet periodekort). Q^s må derfor skaleres i forhold til dette.

TG-modellen(e) beregner gjennomsnittlig antall reiser (besøk) med ulike formål per segment (T_j^s). TG-modellene er poisson-logit. Hvis vi betegner gjennomsnittlig antall arbeidsreiser (forventningsverdien) for a^s for segment s, så er sannsynligheten for 0 arbeidsreiser, $p_0^s = \exp(-a^s)$, i en poissonmodell. Sannsynligheten for 1 eller flere arbeidsreiser er dermed $(1 - p_0^s)$.

Periodekortandelen per segment når det gjelder øvrige reisehensikter enn arbeidsreiser, kan dermed skrives:

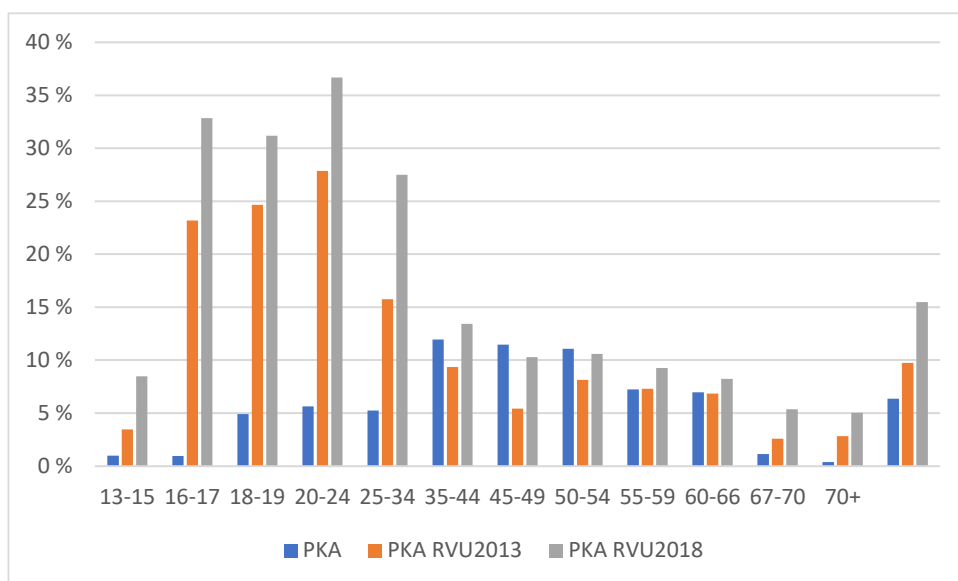
$$PKA^s = (1-p_0^s) * Q^s = (1 - \exp(-a^s)) * Q^s.$$

Når det gjelder denne siste utregningen fant vi en bug i det som var gjeldende TB2-kode. Bug-en består i at denne utregningen gjennomføres to ganger på to forskjellige steder i koden. I den siste utregningen benyttes resultatet fra den første som argument. Den endelige PKA^s blir dermed mye lavere enn det den egentlig skulle vært.

Vi kan imidlertid også merke oss følgende: Formelen for PKA^s vil aldri kunne gi verdier på $PKA^s > Q^s$ (dvs. periodekortandeler i befolkningen som er høyere enn periodekortandeler for arbeidsreisene for det aktuelle segment). Dette vil gi for lave periodekortandeler for segmenter som sjelden gjennomfører arbeidsreiser, noe vi har tatt tak i, i «fase 2» av prosjektet.

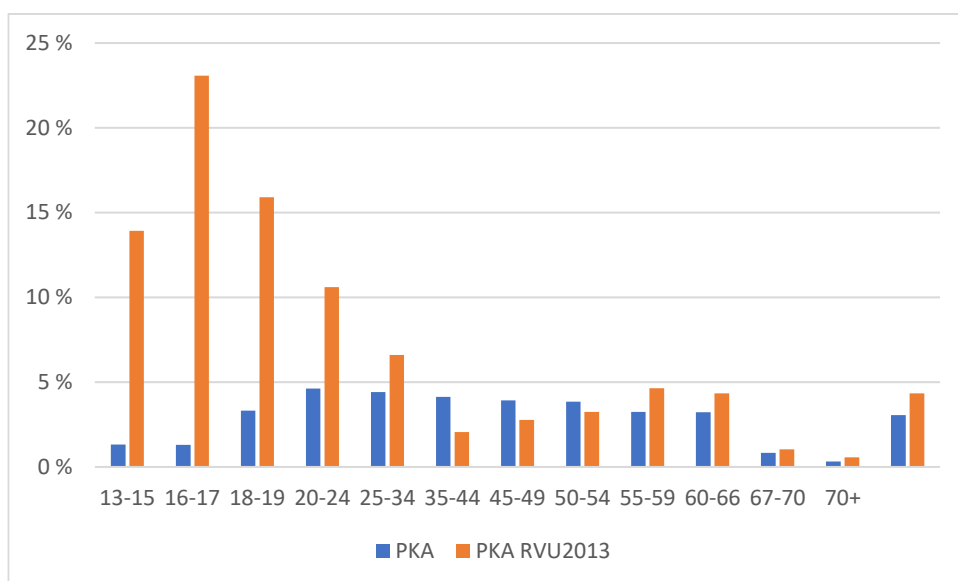
De tre figurene under viser periodekortandeler i befolkningen (PKA^s) beregnet med delområdemodeller for Trøndelag, Møre og Romsdal og med RTM23+, etter korreksjon av bug (PKA), sammenliknet med RVU-data for periodekortandeler fra 2013/14 og 2018, etter alder. Figurene viser med ganske stor klarhet at det, selv etter korreksjon av bugen, er behov for et opplegg for å øke periodekortandelene i den generelle befolkningen i modellene spesielt blant de yngste og eldste. Figurene viser også at RVU-data viser en klar vekst fra 2013 til 2018 i periodekortinnhøvet i befolkningen (i RVU2018 var det for få observasjoner for Møre og Romsdal til å skrive ut data etter alder).

Figur 25 Periodekortandeler i modell der bugen er fikset (PKA), og i $rvu2013/14$ ($PKA RVU2013$) og $rvu2018$ ($PKA RVU2018$), etter alder, Trøndelag

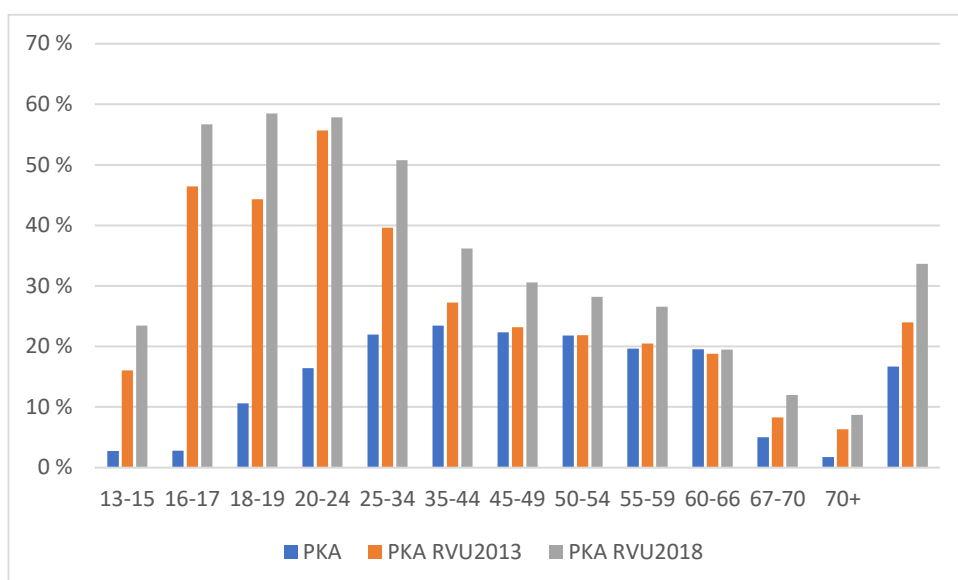


Årsaken til at figurene ikke viser resultater før korrigering av bug, er at det før korrigering ble så få personer med periodekort at det ikke slår ut i søylene i figuren. I Trøndelag ble andelen 0.5 %, i Møre og Romsdal knappe 1 % og i RTM23+ kun ca. 0.2 % av befolkningen med periodekort.

Figur 26 Periodekortandeler i modell alternativ 1 og 2, og i rvu2013/14, etter alder, Møre og Romsdal



Figur 27 Periodekortandeler i modell (PKA), og i rvu2013/14 og rvu2018, etter alder, RTM23+



Men selv etter korreksjonen viser figurene at det er behov for oppjustering av periodekortandelene i befolkningen i de tre modellområdene.

3.3 Kalibrering av periodekortandeler for arbeidsreiser etter alder

Som figurene i forrige avsnitt viser, er det forholdsvis store forskjeller i periodekortinnhavedet i befolkningen mellom RVU-data og de resultater modellen gir. Det er imidlertid også noe avvik for arbeidsreisene, hvor utgangspunktet for periodekortandelene i befolkningen (dvs. for øvrige reisehensikter) også bestemmes. Begge disse to aspektene bør derfor kalibreres.

En hensiktsmessig metode for kalibrering av periodekortinnhavedet er relativt lik for arbeidsreiser og for periodekortinnhavedet på reiser som befolkningen foretar ellers (øvrige reisehensikter). Det vil være mest effektivt å kalibrere periodekortinnhavedet i arbeidsreisemodellen først, før man gjør kalibrering av andelene for befolkningen ellers (siden det siste i utgangspunktet avhenger av det første). Kalibreringskonstanter kan beregnes som logaritmen til empirisk verdi (fra RVU eventuelt korrigert mot data fra billettsalg i det området man ser på) dividert med modellert periodekortandel³⁰, og verdiene legges inn i egne parametere etter alder (se avsnittet om endringer i TB2-koden under). Modellert periodekortandel for arbeidsreisene skrives nå ut som øverste del av fila «tb2-pka-aggres.txt», fra TB2-koden.

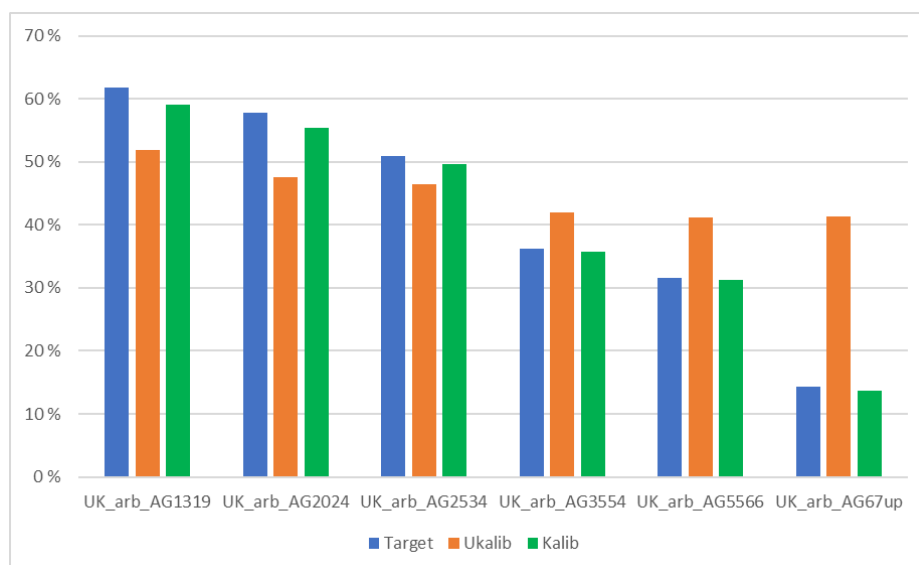
I modellen for arbeidsreiser er det 6 aldersgrupper og det blir dermed 6 forskjellige kalibreringsverdier/konstanter når man gjennomfører denne type kalibrering. Disse 6 verdiene skal nå spesifiseres i parameterfilen for arbeidsreiser. Verdiene blir da parametere som adderes inn sammen med UK_00 i modellen for arbeidsreiser, ved modellkjøring. UK_00 er et konstantledd i arbeidsreisemodellen for alle alternativer der reisene foregår med periodekort. Dette konstantleddet får da et tillegg (positivt eller negativt) som drar periodekortinnhavedet opp eller ned avhengig av fortegnet på kalibreringsverdien. Man kan i praksis la UK_00 være uendret. Når man kalibrerer for alle aldersgrupper, vil man i praksis også kalibrere inn overordnet periodekortinnhavedet i arbeidsreisemodellen.

Det vil vanligvis være behov for å gjenta beregningen og addere inn nye verdier på de forrige. Det vil si å oppdatere verdiene til alle parametere som nå skal være spesifisert i parameterfilen for arbeidsreiser.

Dette opplegget er testet av oss bl.a. i RTM23+. Figur 28 viser resultatene av kalibreringen. Merk at det selvsagt kunne vært kjørt flere iterasjoner med kalibrering, men andelene ligger her uansett betydelig nærmere target enn utgangspunktet, for alle aldersgrupper. Som vi ser blir periodekortinnhavedet for arbeidsreiser for personer under 34 år kalibrert opp, mens andelene blant personer over 34 blir kalibrert ned.

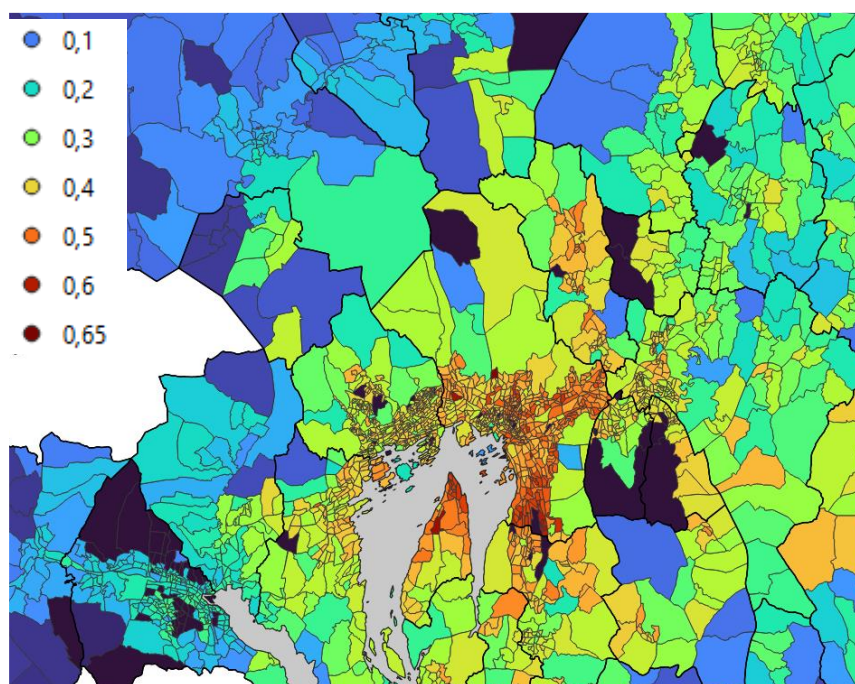
³⁰ $\ln(\text{«det vi skal ha»}/\text{«det vi har»})$ er et ofte benyttet uttrykk når det gjelder de ulike kalibreringsgrepene tilknyttet TB2-koden/beregninger.

Figur 28 Kalibrering av periodekortandeler i RTM23+, arbeidsreiser



Figur 29 viser modellberegnete periodekortandeler for arbeidsreiser innenfor RTM23+ (etter retting av bug og etter kalibrering). Vi ser at andelen er spesielt høye i indre by, i Groruddalen, på Nesodden og sør i Oslo. I tillegg er det noe variasjon mellom grunnkretser i området ellers, men med tendenser til høyere andeler i tettstedet generelt, og sannsynligvis med fokus der det er godt kollektivtilbud.

Figur 29 Periodekortandeler for arbeidsreiser i Oslo



3.4 Kalibrering av førerkortandeler i befolkningen etter alder

Omregning fra periodekortandel i arbeidsreisemodellen til periodekortandel i befolkningen, for et segment s , er i utgangspunktet formulert som:

$$a_s^{bef} = a_s^{arb} (1 - e^{-r_s})$$

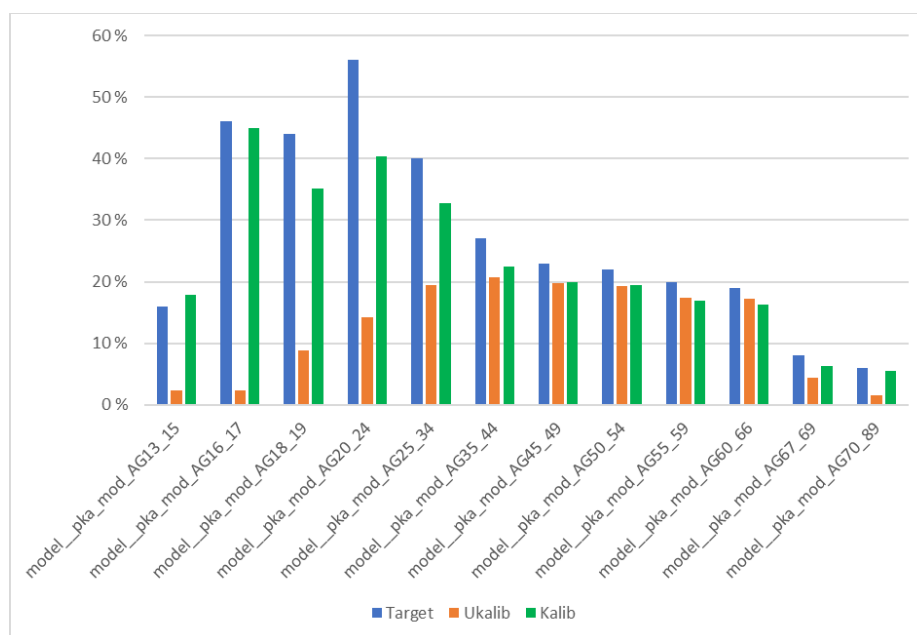
Der a_s^{arb} er periodekortandel for segment s i arbeidsreisemodellen, og r_s er antall arbeidsreiser for segment s. Det vil si at 0 arbeidsreiser i utgangspunktet gir 0 i periodekortandel. I ny modellversjon adderer vi inn nye aldersspesifikke konstanter (k_s), slik at vi får en justert verdi for r_s :

$$a_s^{bef} = a_s^{arb} (1 - e^{-(r_s+k_s)})$$

De aldersspesifikke konstantene (k_s) skal nå ligge i inputfilen modellfaktorer til TB2. Det er her 12 aldersgrupper som er lik med standard aldersinndeling for personer 13 år og eldre i TB2. Hver aldersgruppe (s) skal ha sin egen verdi (k_s) som på samme måte som for arbeidsreisene beregnes som logaritmen til empirisk andel dividert med modellert periodekortandel. I hver kalibreringsiterasjon vil vi oppnå en hensiktsmessig justering som skal adderes til justeringen foretatt i forrige iterasjon. Modellert periodekortandel finner man i resultatfilen «tb2-pka-aggres.txt». Det vil vanligvis være behov for å gjenta denne beregningen og addere inn resultatet i k_s hver gang. Det vil si å oppdatere verdiene til alle parametere som er listet opp i avsnitt 3.6.1.3.

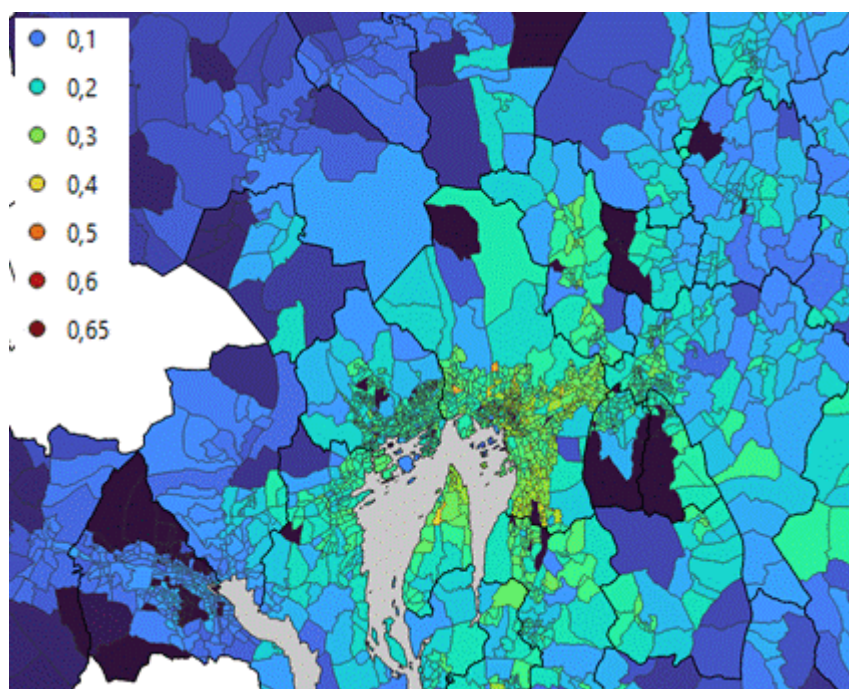
I RTM23+ blir resultatene etter noen iterasjoner som vist i Figur 30. Figuren viser at periodekortandelene i befolkningen ligger vesentlig nærmere «target» etter kalibrering enn før, og spesielt blant de yngste og eldste alderssegmenter.

Figur 30 Kalibrering av periodekortandeler i RTM23+, befolkningen



Figur 31 viser samme utsnitt som Figur 29, men nå for befolkningen/øvrige reiser. Det er beholdt samme skala som i Figur 29, for å illustrere nivåforskjellen. Geografiske forskjeller ser ut til å følge samme mønster som for periodekortandeler knyttet til arbeidsreiser.

Figur 31 Periodekortandeler for øvrige reiser i Oslo



3.5 Turmatriser etter billettype

Det er nå etablert en mulighet for utskrift av egne turmatriser for kollektivtransport for reiser som gjennomføres med enkeltbillett og med månedskort fra TB2. Dette må eventuelt gjøres i etterkant av en konvergent standard beregning uten et slikt skille, og med eksakt samme input (LoS-data og øvrige data/forutsetninger) som i «hovedberegningen». Man vil da få ut turmatriser for alle bostedsbaserte kollektivreiser³¹ fordelt på enkeltbillett og periodekort. Summert over transportvolum vil disse eksakt tilsvare summen av kollektivreisene fra «hovedberegningen». Tabell 27 viser rammetall for en referansesituasjon, beregnet i en delområdemodell for Trøndelag. Det vises kollektivreiser med enkeltbillett (EB) og periodekort (MK), som betyr at det er gjennomført slike etterberegninger for begge billett-typer. Vi ser at andelen av kollektivreisene til arbeid som gjennomføres med periodekort her blir 70 %, mens andelen totalt er 54 %.

Tabell 27 Rammetall i referanse, inkl. kollektivreiser med enkeltbillett (EB) og månedskort (MK), delområdemodell for Trøndelag

	CD	CP	PT	BK	WK	I alt	Andel PT	PT EB	PT MK	Andel MK
ARB	120293	5969	18965	19335	20152	184715	10 %	5678	13287	70 %
TJE	34284	2638	3392	2429	8248	50991	7 %	1755	1638	48 %
FRI	81252	16213	8226	6675	39285	151651	5 %	4339	3887	47 %
HLEV	60458	2809	3574	3069	18329	88238	4 %	1403	2171	61 %
PRIV	162280	14687	16769	7923	75821	277480	6 %	9233	7536	45 %
APBAS	13495	826	1810	111	1000	17242	10 %	1810	0	0 %
TOT Besøk	472062	43141	52736	39543	162834	770316	7 %	23914	28822	54 %

Beregningene av egne kollektivmatriser for billetttypene for bostedsbaserte reiser med unntak for arbeidsreisene tar utgangspunkt i formel nummer 2 i avsnittet over. Vi gjentar formelen her:

³¹ Arbeidsplassbaserte kollektivreiser er i sin helhet forutsatt gjennomført med enkeltbillett.

$$a_s^{bef} = a_s^{arb} (1 - e^{-(r_s + k_s)})$$

Formelen sier at periodekortandelene for hvert segment i befolkningen (i hver grunnkrets) er en funksjon av periodekortandelene for arbeidsreiser, justert for antallet arbeidsreiser segmentet gjennomfører, men antall arbeidsreiser korrigeres for en empirisk fundert kalibreringskontant som avhenger av segmentets alder. Periodekortandelene for hvert segment i befolkningen skrives nå til en egen fil (se avsnittet under for detaljer). For denne delen av befolkningen vil kollektivtransport fremstå som gratis på reisetidspunktet for bostedsbaserte reiser som ikke er arbeidsreiser. Det vil likevel ikke være slik at alle reisene som gjennomføres av personer med periodekort gjennomføres med kollektivtransport. Det vil være en del korte reiser, og reiser til destinasjoner hvor det ikke finnes kollektivtilbud, eller hvor kollektivtilbudet er «dårlig», som i praksis blir gjennomført med andre transportmidler.

Når det gjelder bostedsbaserte reiser utenom arbeidsreiser beregnes antall personer med periodekort per segment og grunnkrets basert på formelen over og denne delen av befolkningen utsettes for en ordinær TB2-beregning under forutsetning av at kollektivtransport er gratis. Dette gir turmatriser for personer med periodekort.

Resten av befolkningen har ikke periodekort, og utsettes for en TB2-beregning under forutsetning av at alle betaler pris for enkeltbillett. Her vil kollektivtransport altså fremstå med en monetær kostnad til forskjell fra beregningen for reiser med periodekort, noe som vil gi lavere kollektivandeler for denne delen av befolkningen til de samme destinasjoner. Dette gir turmatriser for personer uten periodekort. Beregningene av spesifikke turmatriser for billettyper gjøres altså som nevnt i to egne modellkjøringer i etterkant av en konvergent full standard modellkjøring hvor begge billettyper er inkludert (se neste avsnitt).

For de bostedsbaserte arbeidsreisene er beregningene noe annerledes. Årsaken er at i denne modellen er reiser med og uten periodekort alternativer, og ikke segmenter som i de øvrige bostedsbaserte modellene. For disse reisene dreier det seg om å få på plass en metodikk for å «nulle ut» etterspørselen etter kollektivreiser for den billettypen som ikke skal inngå i etterberegningen. Det er nettopp dette som er gjort. Når modellen skal kjøres for å beregne turmatriser med periodekort blir den delen av etterspørselen som ligger under nestet «enkeltbillett» ikke med, og omvendt når det gjelder kjøring for å beregne turmatriser med enkeltbillett.

I de tester som er gjennomført i forbindelse med denne modellutviklingen er det imidlertid avdekket en problematisk effekt (som trolig skyldes en bug) som krever nærmere omtale. Denne oppstår på *reiser med månedskort når kun enkeltbillettprisene reduseres*. Den naturlige effekten er da at antall kollektivreiser med månedskort skal gå noe ned, og den effekten oppstår også for alle reisehensikter når det gjelder rene tur/retur reiser. Antall arbeidsreiser i leg 1 øker imidlertid noe og dette gir noen følgefeil med økt reiseomfang med månedskort også i leg 2 og 3. Det er trolig at denne effekten også oppstår når modellen kjøres uten segmenteringen på periodekort. I slutfasen av arbeidet med denne rapporten fikk vi en utvidet ramme for å håndtere dette problemet. Resultatet av denne innsatsen er omtalt i kapittel 3.9.

3.6 Nødvendige endringer i TB2-koden og i input/output

Fase 2 av arbeidet med periodekort har handlet om utvikling, implementering og ikke minst testing av et konsept for periodekortkalibrering, samt analyse av effekter av tilbudsendringer.

Retting av feilen knyttet til beregning av periodekortandelene som brukes for andre reisehensikter enn arbeidsreiser ble utført i fase 1, og effekten av dette ble altså en ny basissituasjon for arbeidet som utføres i fase 2. I fase 2 ble det så lagt opp til videre kalibrering av periodekortinnhav både i arbeidsreisemodellen og for de øvrige reisehensiktene, samt hvordan dette fordeler seg på aldersgrupper.

3.6.1 Nye parametere

Det er innført nye parametere i tre filer: rotfil, modellfaktorfil og parameterfil til arbeidsreisemodellen. Dette er beskrevet i de tre neste avsnittene.

3.6.1.1 Ny parameter i rotfil

Som grunnlag for beregning og utskrift av turer og turmatriser med og uten periodekort er det innført en ny parameter i rotfil, denne heter «Globalt_filter_pkort», og skal være et heltall 0, 1 eller 2. Virkemåten til dette filteret kan sammenliknes med filteret vi allerede har for uttak av separate matriser for kjøretøytyper. Det vil si at det må gjennomføres en ekstra modellkjøring for å ta ut det man definerer med filteret. Det er altså ikke ment at beregning av matriser med og uten periodekort skal gjennomføres når TB2 kjøres i iterasjoner, men at disse, hvis ønskelig, kan beregnes i etterkant av en full kjøring av modellene til konvergens. Betydningen av verdiene er som forklart i tabellen nedenfor.

Verdi	Betydning
0	Ingen filtrering, som vanlig modellkjøring
1	Resultater kun for reiser UTEN modellert periodekort for kollektivtransport
2	Resultater kun for reiser MED modellert periodekort for kollektivtransport

En kjøring med Globalt_filter_pkort lik 1 eller 2 gir rammetallsfiler der kun PT inngår, og matriser kun for PT – for det aktuelle segmentet (med eller uten periodekort).

3.6.1.2 Nye parametere i parameterfil til arbeidsreisemodellen

Parameterfil angitt i «Par_Arbeid» i rotfil må med ny modellversjon ha følgende 6 nye parametere:

1. UK_arb_AG1319
2. UK_arb_AG2024
3. UK_arb_AG2534
4. UK_arb_AG3554
5. UK_arb_AG5566
6. UK_arb_AG67up

Disse gjelder for aldersgrupper, slik det er indikert med parameternavnene, og vil i modellsammenheng adderes inn i tillegg til konstanten UK_00 i modellen for arbeidsreiser. Denne konstanten dreier seg om turer som gjennomføres med periodekort. Når de aldersspesifikke parameterne adderes inn påvirkes nytten av å ha periodekort for kollektivtransport (positivt tillegg gir høyere nytte, negativt tillegg lavere nytte for den aktuelle aldersgruppen). Før man begynner med eventuell kalibrering av periodekortinnhav i arbeidsreisemodellen kan alle disse være satt til 0.0. Ved å følge «oppskriften» nedenfor vil de aldersavhengige parameterne etter hvert få verdier som dytter periodekortandelen for hver aldersgruppe i retning av empiri (target).

3.6.1.3 Nye parametere i fil med modellfaktorer

Modellfaktorfilen angitt i «ModellFaktorer» i rotfil må med ny modellversjon ha følgende 12 nye parametere:

1. pka_mod_AG13_15
2. pka_mod_AG16_17
3. pka_mod_AG18_19
4. pka_mod_AG20_24
5. pka_mod_AG25_34
6. pka_mod_AG35_44
7. pka_mod_AG45_49
8. pka_mod_AG50_54
9. pka_mod_AG55_59
10. pka_mod_AG60_66
11. pka_mod_AG67_69
12. pka_mod_AG70_89

Disse parameterne er koblet mot kalibrering av periodekortinnehavet for øvrige reisehensikter, og fungerer slik det er forklart i et avsnitt over. Det er samme «logikk/opplegg» som ved kalibrering av periodekortandeler for arbeidsreiser. Før man begynner med eventuell kalibrering av periodekortinnehav kan alle disse parameterne være satt til 0.0.

3.6.2 Nye sonedata

I forbindelse med arbeidet med periodekortandeler er det innført et nytt datafelt i sonedatafil «sdat_8 Øvrig». Dette kommer inn i kolonne 4, slik at det som tidligere var felt 4-8 nå blir felt 5-9.

#	Før	#	Nå
1	grk	1	grk
2	fylke	2	fylke
3	kommune	3	kommune
		4	pkortsone
4	aggregat	5	aggregat
5	bydel	6	bydel
6	totbef	7	totbef
7	hoteller	8	hoteller
8	hytter	9	hytter

Variabelen pkortsone er et valgfritt heltall, som kan brukes til å uttrykke et kriterium for «innenfor hvilket geografisk område» et periodekort kan benyttes. Denne variabelen benyttes kun for «øvrige bostedsbaserte reiser». Et periodekort kan brukes på reiserelasjoner der verdien på pkortsone er den samme i startpunkt som endepunkt. Dersom man setter pkortsone til samme verdi for alle grunnkretser i hele modellområdet (f.eks. verdi=1), får vi en virkemåte som tilsvarer tidligere modellversjoner. Det vil si at periodekortet kan benyttes på alle reiserelasjoner for alle bostedsbaserte reisehensikter med unntak for arbeidsreiser. Dersom man setter pkortsone=kommunenummer så vil det innebære at man får enkeltbillettpris på reiserelasjoner som går mellom grunnkretser i ulike kommuner (ulike pkortsone). Tilsvarende kan man sette pkortsone for grupper av kommuner der det er aktuelt i henhold til gjeldende takstregime.

Merk imidlertid at den nye variabelen ikke er ment å «simulere» takstsonesystemene som finnes i de ulike modellområder rundt omkring i landet, men vil kunne bidra til å dempe det kollektive

reiseomfanget med månedskort (og dermed gratis kollektivtransport for «øvrige bostedsbaserte reiser») til destinasjoner der det er usannsynlig at periodekortet gjelder for.

3.6.3 Nye resultatfiler

I ny modellversjon skrives det ut fire nye resultatfiler. Disse er nærmere beskrevet nedenfor.

3.6.3.1 Periodekortandeler aggregert: tb2-pka-aggres.txt

Fila inneholder gjennomsnittlige periodekortandeler som er satt opp på en slik måte at de egner seg som grunnlag for å beregne kalibreringsverdier. Navnene (når man tar bort «model__») korresponderer med nye parametere beskrevet i avsnitt 3.6.1.2 og 3.6.1.3.

Navn	Kontekst	Alder fra	Alder til
model__UK_arb	Arbeidsreiser	Uavhengig av aldersgruppe	
model__UK_arb_AG1319	Arbeidsreiser	13	19
model__UK_arb_AG2024	Arbeidsreiser	20	24
model__UK_arb_AG2534	Arbeidsreiser	25	34
model__UK_arb_AG3554	Arbeidsreiser	35	54
model__UK_arb_AG5566	Arbeidsreiser	55	66
model__UK_arb_AG67up	Arbeidsreiser	67	
model__pka_mod	Befolkning	Uavhengig av aldersgruppe	
model__pka_mod_AG13_15	Befolkning	13	15
model__pka_mod_AG16_17	Befolkning	16	17
model__pka_mod_AG18_19	Befolkning	18	19
model__pka_mod_AG20_24	Befolkning	20	24
model__pka_mod_AG25_34	Befolkning	25	34
model__pka_mod_AG35_44	Befolkning	35	44
model__pka_mod_AG45_49	Befolkning	45	49
model__pka_mod_AG50_54	Befolkning	50	54
model__pka_mod_AG55_59	Befolkning	55	59
model__pka_mod_AG60_66	Befolkning	60	66
model__pka_mod_AG67_69	Befolkning	67	69
model__pka_mod_AG70_89	Befolkning	70	

3.6.3.2 Periodekortandeler for soner: tb2-pka.txt

Fila inneholder records med tre verdier:

1. Sonenummer
2. Gjennomsnittlig periodekortandeler for arbeidsreiser
3. Gjennomsnittlig periodekortandeler for befolkningen

Verdier fra slike filer er grunnlaget for visualiseringene av modellresultater i Figur 29 og Figur 31.

3.6.3.3 Periodekortandeler for soner og segmenter, for befolkningen: tb2-pka-600.txt

Fila inneholder modellerte periodekortandeler for befolkningen, for 600 segmenter pr sone. Format og segmentrekkefølge i hver bolk er det samme som i den tradisjonelle resultatfila «tb2-biltilgang-13up.txt».

3.6.3.4 Periodekortandeler for soner og segmenter, for arbeidsreiser: tb2-pka-600-arb.txt

Fila inneholder modellerte periodekortandeler i arbeidsreisemodellen, for 600 segmenter pr sone. Format og segmentrekkefølge i hver bolk er det samme som i den tradisjonelle resultatfila «tb2-biltilgang-13up.txt».

3.7 Nærmere om kalibreringen

Kalibreringen av periodekortandelene er beskrevet i tidligere avsnitt. Det er ikke laget noen automatikk når det gjelder denne type kalibrering, men det er forholdsvis enkelt å gjennomføre manuelt. Her skal vi kort gå gjennom beregningsgangen, og vi ser her på et eksempel for Trøndelag.

Når man kjører modellen første gang vil resultatmappen inneholde filen «tb2-pka-aggres.txt». I denne filen er det to bolker med tall:

```
model__UK_arb 0.144

model__UK_arb_AG1319 0.214
model__UK_arb_AG2024 0.154
model__UK_arb_AG2534 0.152
model__UK_arb_AG3554 0.130
model__UK_arb_AG5566 0.123
model__UK_arb_AG67up 0.135

model__pka_mod 0.063

model__pka_mod_AG13_15 0.013
model__pka_mod_AG16_17 0.013
model__pka_mod_AG18_19 0.032
model__pka_mod_AG20_24 0.124
model__pka_mod_AG25_34 0.134
model__pka_mod_AG35_44 0.067
model__pka_mod_AG45_49 0.061
model__pka_mod_AG50_54 0.059
model__pka_mod_AG55_59 0.050
model__pka_mod_AG60_66 0.049
model__pka_mod_AG67_69 0.005
model__pka_mod_AG70_89 0.002
model__pka_mod_AG70_89 0.00
```

Den første bolken er beregnede periodekortandeler for arbeidsreisene etter aldersinndelingen i arbeidsreisemodellen, og den siste er beregnede periodekortandeler etter aldersgrupper i befolkningen, i begge tilfeller i det området modellen gjelder for. Det første tallet i hver bolk er gjennomsnittet over alle aldersgrupper som ligger under. Vi starter kalibreringen med arbeidsreisene. Dette fordi periodekortandelene i befolkningen delvis vil avhenge av fordelingen i arbeidsreisemodellen.

3.7.1 For arbeidsreiser

Det er forholdsvis enkelt å gjennomføre denne type kalibrering eksempelvis med Excel som hjelpemiddel, som vist i tabell 28. Kalibreringen kan gjennomføres uten å gjøre fulle kjøring med

iterasjoner, og man kan dermed kun kjøre TB2 gjentatte ganger med ulike verdier for konstantleddene (skal ligge i «par_arbeid_*.txt»). I første kjøring er alle disse satt til 0.

«Target-RVU» hentes fra en RVU (her RVU2018). Ved siden av denne limes verdiene for arbeidsreiser i «tb2-pka-aggres.txt» fra første kjøring (Modell K0 i tabell 28) inn. Så beregnes uttrykket $\ln(RVU/K0)$ for hver aldersgruppe, og resultatet legges i Kf1-kolonnen i tabellen. Disse verdiene erstatter så de tidligere 0-verdiene i «par_arbeid_*.txt», og TB2 kjøres på nytt.

Dette gir opphav til nye verdier i «tb2-pka-aggres.txt» som limes inn i kolonnen Modell K1 i tabellen. Vi ser at disse verdiene er kommet litt nærmere verdiene i Target-RVU. $\ln(RVU/K1)$ beregnes så i neste kolonne og Kf2 oppdateres som $Kf1 + \ln(RVU/K1)$. Kf2 erstatter de tidligere verdiene i «par_arbeid_*.txt» og modellen kjøres på nytt. Prosedyren gjentas til «Arb_PKA» omtrent har samme verdi som i Target-RVU-kolonnen. I siste kolonne (Modell K3) ser vi at gjennomsnittet er det samme som i target-kolonnen og at hver enkelt verdi i siste kolonne ligger ganske nært target.

Tabell 28 Kalibrering av periodekortandeler for arbeidsreiser etter alder i delområdemodell for Trøndelag

Konstantledd	Kf1	Kf2	Kf3	Target-RVU	Modell K0	$\ln(RVU/K0)$	Modell K1	$\ln(RVU/K1)$	Modell K2	$\ln(RVU/K2)$	Modell K3
Arb_PKA (snitt)				17 %	14 %		15 %		16 %		17 %
UK_arb_AG1319	0.05	0.08	0.09	23 %	21 %	0.05	22 %	0.02	23 %	0.00	23 %
UK_arb_AG2024	0.79	1.04	1.35	34 %	15 %	0.79	26 %	0.25	31 %	0.10	36 %
UK_arb_AG2534	0.59	0.77	0.95	28 %	15 %	0.59	23 %	0.17	26 %	0.06	29 %
UK_arb_AG3554	-0.08	-0.11	-0.10	12 %	13 %	-0.08	12 %	-0.02	12 %	0.00	12 %
UK_arb_AG5566	-0.10	-0.11	-0.15	11 %	12 %	-0.10	11 %	-0.02	11 %	-0.01	11 %
UK_arb_AG67up	-0.99	-1.19	-1.25	5 %	14 %	-0.99	6 %	-0.20	5 %	-0.02	5 %

3.7.2 I befolkningen (øvrige reiser)

Kalibreringen av periodekortandelene i befolkningen (som skal gjelde for øvrige reiser) gjennomføres helt likt med prosedyren over, men man starter med de verdiene som ligger i den «tb2-pka-aggres.txt» man fikk i siste kalibreringskjøring for arbeidsreisene.

Tabell 29 Kalibrering av periodekortandeler i befolkningen etter alder i delområdemodell for Trøndelag

Konstantledd	Kf1	Kf2	Kf3	Kf4	Target-RVU	Modell K0	$\ln(RVU/K0)$	Modell K1	$\ln(RVU/K1)$	Modell K2	$\ln(RVU/K2)$	Modell K3	$\ln(RVU/K3)$	Modell K4
Tot PKA (snitt)					15 %	6 %		13 %		13 %		14 %		14 %
pka_mod_AG13_15	1.82	0.79	0.16	0.63	8 %	1 %	1.82	22 %	-1.03	15 %	-0.63	5 %	0.47	13 %
pka_mod_AG16_17	3.23	3.51	4.00	4.26	33 %	1 %	3.23	25 %	0.28	25 %	0.27	26 %	0.26	26 %
pka_mod_AG18_19	2.27	3.16	5.00	5.82	31 %	3 %	2.27	13 %	0.89	13 %	0.85	14 %	0.82	14 %
pka_mod_AG20_24	1.09	1.36	2.00	2.11	37 %	12 %	1.09	28 %	0.27	30 %	0.21	33 %	0.11	33 %
pka_mod_AG25_34	0.74	1.00	2.00	2.04	28 %	13 %	0.74	22 %	0.26	23 %	0.18	27 %	0.04	27 %
pka_mod_AG35_44	0.66	0.97	1.50	1.64	13 %	7 %	0.66	10 %	0.30	10 %	0.22	11 %	0.14	12 %
pka_mod_AG45_49	0.49	0.69	1.00	1.04	10 %	6 %	0.49	8 %	0.20	9 %	0.13	10 %	0.04	10 %
pka_mod_AG50_54	0.62	0.90	1.50	1.60	11 %	6 %	0.62	8 %	0.28	9 %	0.20	10 %	0.10	10 %
pka_mod_AG55_59	0.59	0.76	1.00	1.03	9 %	5 %	0.59	8 %	0.17	8 %	0.11	9 %	0.03	9 %
pka_mod_AG60_66	0.49	0.58	0.70	0.70	8 %	5 %	0.49	7 %	0.09	8 %	0.05	8 %	0.00	8 %
pka_mod_AG67_69	2.30	2.50	3.00	3.15	5 %	1 %	2.30	4 %	0.20	4 %	0.17	4 %	0.15	4 %
pka_mod_AG70_89	3.22	3.28	1.50	1.75	5 %	0 %	3.22	5 %	0.06	5 %	0.11	4 %	0.25	4 %

Når disse kalibreringene er gjennomført, vil man sannsynligvis ha noen flere kollektivreiser (spesielt for private reiser utenom arbeid) enn man hadde i utgangspunktet. Hvis man mener at det opprinnelige nivået på disse reisene var bra og at man nå får for mange, kan man kjøre noen iterasjoner med rammetallskalibrering for å få nivået ned igjen. Et triks kan her være å bruke rammetallene man hadde i utgangspunktet (en referansesituasjon med eldre modellversjon 39.4.7) som target for denne rammetallskalibreringen.

3.8 Tester

Det er gjennomført tester av «ny» (innkalibrert) og «gammel» modellversjon med RTM23+, og med delområdemodeller for Trøndelag og Møre og Romsdal. Testene har noe ulik utforming i de tre modellene. Testene er gjennomført for å vise endringer i modellrespons.

I RTM23+ er det gjennomført stiliserte tester av endringer i variable uten å kjøre systemet til konvergens. Periodekortandelene endrer seg som følge av ulike variabelendringer, og mest for arbeidsreiser, og med noe lavere prosentvis utslag i befolkningen generelt. Det er endringer i selve periodekortprisen og endringer i biltid som øker periodekortandelene mest ($\text{periodekortpris} \cdot 0.8$ og $\text{biltid} \cdot 1.2$ gir begge ca. 2 % økning i periodekortandelene for arbeidsreiser og ca. 1 % økning i periodekortandelene i befolkningen generelt).

Ser vi på total kollektivandel og sammenlikner elastisiteter fra ny og gammel modell, så går priselastisiteten for enkeltbillett noe ned, mens priselastisiteten for periodekort øker. Priselastisiteten for periodekort er fremdeles vesentlig lavere enn priselastisiteten for enkeltbillett. For de øvrige endringer vi har sett på er elastisitetene for total kollektivtransport hovedsakelig på samme nivå i «ny» og «gammel» modell.

I delområdemodellen for Trøndelag gir reduksjon i priser for enkeltbillett og periodekort samme utslag i periodekortandelene for arbeidsreisene som for totalbefolkningen. I gjennomsnitt blir reduksjonen i periodekortandelene 1 % når enkeltbillettprisen reduseres, og økningen i periodekortandelene ved reduksjon i periodekortprisene blir 4 %.

I delområdemodellen for Møre og Romsdal har vi regnet på mer konkrete case. Det er etablert et bilalternativ hvor det er innført bompenger i de tre byene³² Ålesund, Molde og Kristiansund, og et kollektivalternativ hvor de 30 mest trafikkerte bussrutene i fylket har fått økt fremkommelighet og økt avgangsfrekvens. Når det kombinerte alternativet beregnes (bompenger bil + bedre kollektivtransport) med gammel og ny kode blir det bare ubetydelige endringer mellom disse. Også trafikken over bompengesnittene blir nærmest uendret. Med ny kode øker imidlertid reiser foretatt med månedskort med 14 % for arbeidsreiser, og med 20 % i befolkningen, uten at dette altså gir seg nevneverdige utslag i total kollektivtrafikk, verken i rammetall eller over bompengesnitt sammenliknet med gammel kode.

3.9 Retting av bug knyttet til arbeidsreiser på Leg-turer

I forbindelse med søk etter bug beskrevet i kapittel 3.2, ble det lagt inn flere resultatutskrifter i TB2-koden. Dette gjorde at bugen ble funnet og korrigert. Testingen avdekket imidlertid et nytt problem, som ganske klart indikerte at det er en bug knyttet til arbeidsreiser i TB2-koden. Problemet ble avdekket såpass sent i fase 2 prosjektet, at det verken var tid eller ressurser til å gå nærmere inn i problemstillingen da.

Problemstillingen ble aktualisert igjen i forbindelse med arbeidet med denne rapporten, og det ble satt av noe mer ressurser til å finne ut av den. Dette kapittelet er en oppsummering av hvordan feilen ble funnet og rettet.

Tabell 30 nedenfor inneholder en mengde tall som er utsnitt av rammetall for kollektivtrafikk i noen alternative modellberegninger. Modellberegningene er gjennomført med vår siste versjon av RTM23+. Kolonnene er nummerert fra 1 til 13. I kolonne 2 finner vi tall for antall reiser med kollektivtransport totalt, i vår siste referansesituasjon for 2019/20. Nederst i tabellen er det summer over t/r-reiser, leg1 og leg2. I kolonne 3 finner vi et alternativ hvor enkeltbillettprisene er dividert med 1.2, og som ellers er likt med referansealternativet. Månedskortprisene er altså her holdt konstant. I kolonne 4 er differensen

³² Obs: Disse bomringene/takstregimene er ikke lik med det som per dato er innført i Ålesund, og som er planlagt innført i Molde og Kristiansund.

mellom kolonne 3 og 2 og i kolonne 5 den prosentvise differanse. Med unntak av en forholdsvis svak økning i t/r-reiser til/fra arbeid finner vi ved første øyekast ikke noe mystisk her. Samlet sett øker kollektivreisene med 4 % når enkeltbillettprisene reduseres med 17 %.

I kolonne 6-9 finner vi tilsvarende tall som i kolonne 2-5, men nå kun for den delen av reisene som gjennomføres med enkeltbillett. I vår siste kalibrering utgjør disse reisene om lag 30 % av kollektivreisene i det området som dekkes av modellen. Her er det heller ingen oppsiktsvekkende resultater. Økningen er, som vi ser på bunnlinjen, samlet sett på 14 %. Økningen er noe variert for t/r og leg1, men mer spredt i leg2 (og i leg3 selv om hjemreiser ikke inngår i tabellen) og når det gjelder «besøk totalt».

Tabell 30 Grunnlag for identifisering av "bug nr 2" knyttet til periodekortinnehav.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
TRReiser:	PTTOT-REF	PTTOT-EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTEB-REF	PTEB-EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTMK-REF	PTMK-EB/1.2	Diff tur	Diff %
Arbeid	174478	175345	867	0 %	17435	19723	2288	13 %	157043	155618	-1425	-1 %
Tjeneste	13653	13858	206	2 %	7590	7836	246	3 %	6054	6037	-17	0 %
Fritid	34285	36935	2650	8 %	13432	16214	2781	21 %	20853	20721	-132	-1 %
Hente/levere	2848	3013	165	6 %	319	500	181	57 %	2530	2513	-16	-1 %
Privat	27342	29422	2080	8 %	9122	11345	2223	24 %	18220	18076	-144	-1 %
AP-basert	18656	19364	708	4 %	18656	19364	708	4 %	0	0	0	0 %
Leg 1 :	PT TOT - REF	PT TOT _EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTEB-REF	PTEB-EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTMK-REF	PTMK-EB/1.2	Diff tur	Diff %
Arbeid	31389	33548	2158	7 %	13707	14842	1135	8 %	17682	18704	1022	6 %
Tjeneste	9160	9298	138	2 %	5095	5260	165	3 %	4059	4048	-11	0 %
Fritid	15845	17069	1224	8 %	6205	7489	1285	21 %	9641	9580	-61	-1 %
Hente/levere	2796	2958	162	6 %	314	492	178	57 %	2482	2466	-16	-1 %
Privat	29684	31941	2257	8 %	9852	12253	2402	24 %	19829	19700	-129	-1 %
AP-basert	0	0	0	0 %	0	0	0	0 %	0	0	0	0 %
Leg 2 :	PT TOT - REF	PT TOT _EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTEB-REF	PTEB-EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTMK-REF	PTMK-EB/1.2	Diff tur	Diff %
Arbeid	7523	8001	478	6 %	2678	3138	460	17 %	4845	4863	18	0 %
Tjeneste	26899	28413	1514	6 %	12349	13319	970	8 %	14537	15121	583	4 %
Fritid	22960	24651	1691	7 %	8521	10173	1652	19 %	14440	14478	38	0 %
Hente/levere	9410	10092	682	7 %	3516	4147	631	18 %	5894	5945	51	1 %
Privat	22081	23655	1574	7 %	8107	9559	1451	18 %	13977	14090	113	1 %
AP-basert	0	0	0	0 %	0	0	0	0 %	0	0	0	0 %
Besøk i alt:	PT TOT - REF	PT TOT _EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTEB-REF	PTEB-EB/1.2	Diff tur	Diff %	PTMK-REF	PTMK-EB/1.2	Diff tur	Diff %
Arbeid	213390	216894	3504	2 %	33820	37704	3884	11 %	179570	179186	-384	0 %
Tjeneste	49712	51570	1858	4 %	25034	26416	1382	6 %	24650	25205	555	2 %
Fritid	73090	78656	5565	8 %	28158	33875	5718	20 %	44933	44779	-155	0 %
Hente/levere	15055	16064	1009	7 %	4149	5139	991	24 %	10906	10925	18	0 %
Privat	79107	85019	5911	7 %	27081	33157	6076	22 %	52026	51866	-161	0 %
AP-basert	18656	19364	708	4 %	18656	19364	708	4 %	0	0	0	0 %
I alt	449009	467565	18556	4 %	136898	155656	18758	14 %	312086	311960	-126	0 %

I kolonne 10 til 13 har vi resultatene for den delen av kollektivreisene som gjennomføres med periodekort. Når prisen på enkeltbilletter går ned, skal omfanget av reiser med månedskort også gå noe ned. Tabellen viser at dette skjer for alle de rene t/r-reisene, selv om reduksjonen for arbeidsreiser muligens er noe svak. Det som bekymrer oss er imidlertid at vi får en økning i Leg1-turer for arbeidsreiser (cellen markert med rødt for Leg1), som nesten er like sterk som reduksjonen i de rene t/r-reisene til/fra arbeid. Det som skjer i Leg2 (cellene markert med rødt) er en «følgefeil» som oppstår fordi Leg1 til arbeid øker.

Det at leg1 turer til arbeid med periodekort øker med 6 % når prisen på enkeltbilletter går ned med 17 % skyldes utvilsomt en bug på et eller annet sted i koden i omlandet rundt arbeidsreisene, eller i omlandet der Leg1 turene beregnes. Vi har selvfølgelig også gjort beregninger «den andre veien» hvor prisene på periodekort (i stedet for enkeltbillett) er redusert ved å dividere dem på 1.2 (ned 17 %). Her finner vi ikke tilsvarende problemer, uten at vi kan utelukke at de er der, selv om alle etterspørselsendringene går «den riktige veien». Vi kan heller ikke utelukke at problemet kun er knyttet til arbeidsreisemodellen. Selv om t/r reisene til/fra arbeid med periodekort går ned (øverst i kolonne 12 i tabellen) kan det være at de egentlig skal ytterligere ned.

I kjølvannet av observasjonene over ble det gjort feilsøk i kildekode og vurdering av logikken i modellformuleringene. Det resulterte i identifisering av en relativt banal programmeringsteknisk feil. At denne har vært vanskelig å avdekke skyldes modellenes kompleksitet. Feilen har etter alt å dømme vært til stede helt siden Leg-turer og periodekortinnhav ble introdusert i første versjon etterspørselsmodellene.

I praksis betyr det at periodekortinnhav knyttet til arbeidsreiser på Leg1 har blitt lik 0, og dette har forplantet seg til Leg2 og Leg3 med andre reisehensikter. Dette gir isolert sett lavere kollektivandeler for disse turene (dyrere kollektivreiser med enkeltbillett). Samtidig vil totalt antall kollektivturer kalibreres inn på rammetallsnivå. Det vil si at (feilaktig modellert) lavere kollektivandel på Leg-turer i praksis har blitt kompensert for med noe høyere kollektivandeler for de rene tur/retur-turene.

Etter retting av denne bugen, og den forrige som er beskrevet i kapittel 3.2, er vi trygge på at alle mekanismer knyttet til modellering av periodekortinnhav fungerer slik det er ment, og i henhold til estimerte modeller og dokumentert modellkonsept.

4 Reviderte skolemodeller

4.1 Bakgrunn

Skolemodellene er implementert i opprinnelige koder datert november 2007, og er dokumentert i et notat fra oktober 2007. Det er tre programmer for reiser til grunnskole, videregående skole og universitet/høyskoler. I notatet fremgår at «*elever bosatt i de enkelte soner fordeles på skoler ved double – constrained balansering og en avstandsmotstand*». Elevtallene for skoletrinnene (i Sdat5_Skoleplasser) benyttes som betingelse for destinasjon og befolkning i «riktig aldersgruppe» som betingelse for startsoner. For grunnskolen gjøres balanseringen per kommune. For videregående og universitet ble balanseringen gjort per fylke tidligere (Oslo og Akershus ble behandlet under ett). Bl.a. pga. fremveksten av delområdemodeller hvor deler av fylker ofte inngår (som i RTM23+), er denne restriksjonen fjernet. Den hadde uansett ikke så stor praktisk betydning. For universitet er balanseringen «single constrained», med elevtall på høyskole/universiteter som bibetingelse.

Det problematiske ved de opprinnelige skolemodellene er at avstand mellom bostedssoner og skolesoner er den eneste variabelen som inngår i transportmiddelvalget. For grunnskolen og videregående skole ble det kun beregnet matriser for kollektivtransport og «annet», mens det for høyskole/universitet også ble beregnet matrise for bilreiser. Beregningene av kollektivreiser til/fra skole ble altså gjort uten å ta hensyn til kollektivtilbudet eksplisitt, men hensyn ble tatt til de avstandsgrenser som på nasjonalt nivå gjelder for gratis skoleskyss med kollektivtransport³³. Dagens regler for gratis skoleskyss er vist i tabellen nedenfor.

Tabell 31 Avstandsgrenser for gratis skoleskyss per 2020

Gratis skoleskyss:	Grense	Alder	Antall ettårsgrupper	Aldersgrupper i Sdat_1
1 klasse:	2 km	6 år	1	1/5 av 5-9
2-7 klasse:	4 km	7-12 år	6	3/5 av 5-9 + 3/5 av 10-14
8-10 klasse:	4 km	13-15 år	3	2/5 av 10-14 + 1/5 av 15-19
Videregående:	6 km	16-18 år	3	3/5 av 15-19
Universitet:	Stud.rab.	19-29	11	1/5 av 15-19 samt 20-24 og 25-29

³³ Det kan være lokale variasjoner i disse reglene. Oslo kommune har eksempelvis dispensasjon fra regelen om fri skoleskyss for elever i VGS. Elever som bor i Oslo og går på skole utenfor Oslo kan likevel i visse tilfeller søke om fri skoleskyss. Dette er forhold som kan tas hensyn til i de «default-funksjonene» som foreløpig er spesifisert.

4.2 Nytt modellopplegg

Skolemodellene er videreutviklet gjennom to prosjekter på rammeavtalen om modellutvikling på oppdrag fra NTP-etatene. I det første prosjektet er «innmaten» i de tidligere gravitasjonsmodellene byttet ut med logitmodeller for transportmiddelvalg. I det andre prosjektet har hovedfokus vært på modellen for universitetsreiser, med forbedring av input-data som hovedtema. Her er det også utviklet en prosedyre for automatisk kalibrering av modellene for transportmiddelvalg for alle skoletrinn.

Vi har i hovedsak beholdt metodikken for generering og attrahering av skolereiser, men siden vi har data splittet på barneskoler og ungdomsskoler er beregningene splittet også etter dette. Samtidig er barneskolen splittet på «småskolen» (6 – 9 åringer, dvs. SFO-trinnene) og «storskolen» (10 – 12 åringer). Vi har altså beregninger for 5 aldersgrupper mot tidligere 3, hvor modellen for grunnskole kjøres tre ganger, for småskolen, storskolen og ungdomsskolen, med input knyttet opp mot disse aldersgruppene.

Skolemodellene (grs.exe, vgs.exe og univ.exe) er videreutviklet når det gjelder beregning av transportmiddelvalg. Transportmiddelvalget omfatter bilfører (CD), bilpassasjer (CP), kollektivtransport (PT), sykkel (BK) og gang (WK), som er de tradisjonelle transportmåtene i RTM. Med utgangspunkt i de tidligere programkodene for skolereisene er det altså nå implementert logitmodeller hvor «nyttien» til hvert av de 5 alternative transportmidler, beregnes i, og leses fra, en egen fil og hvor resulterende valgsannsynligheter mellom O og D multipliseres med antall elever som bor i O og går på skole i D.

Logitmodellene spesifiseres i en styrefil i python-koden «utils.py». Spesifikasjonen av nyttefunksjonene i logitmodellene er helt fritt. En bruker som har innvendinger mot de spesifikasjoner vi her har lagt inn initialt, kan altså gå inn i denne filen og endre på modellspesifikasjonen. Utils.py leser LoS-data fra en LoS-datafil (hvilke felt/matriser som skal leses bestemmes også av bruker) og også data for parkeringskostnader fra sonedata (Sdat_7), hvis ønskelig. Navn og innhold i datafiler som skal leses er også fritt så lenge man holder orden på hva som befinner seg i datafeltene man leser. Det er lagt opp til at utils.py kan produsere 5 bolker med «nytteverdier» som skal leses av selve skolemodellene. I testene som er gjennomført i dette prosjektet har vi kun benyttet følgende 4:

- Barneskole trinn 1-4 og trinn 5-7
- Ungdomsskole trinn 8-10
- Videregående skole
- Universitet/høyskole

Det er altså felles nytteverdier for de to inndelingene for barneskolen. Barna i trinn 1-4 er 6-9 år, og disse finnes det jo ikke RVU-data for når det gjelder transportmiddelbruk til skole. Vi regner med at foreldre er restriktive mot å sende disse til skole med kollektivtransport og med sykkel alene, og at kjøring/gåing/følging er hovedregel (reisehensikten hente/levere i TB2 dreier seg delvis om å hente/levere barn i barneskolen). Dette er jo også SFO-gruppen som muligvis både kommer tidligere til skolen og forlater den senere enn de noe eldre barna. Der det er egne skoleskyssruter er disse i hovedsak tilpasset start for første time og slutt for siste time i skolen.

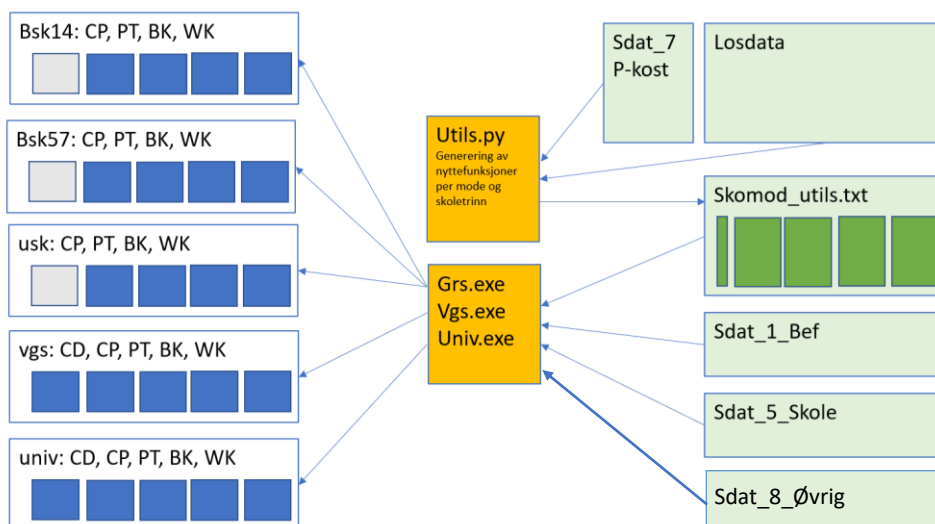
For barna i trinn 5-7 er det kanskje en del observasjoner i RVU for de yngste 13 åringene. Ca. halvparten av disse går i barneskole når de er intervjuet i RVU og ca. halvparten i ungdomsskole. For disse er trolig bruk av kollektivtransport og sykkel noe mer utbredt enn for de yngste barna. For ungdomsskole, videregående skole og høyskole/universitet finnes det observasjoner om transportmiddelvalg til/fra skole i RVU. Materialet er imidlertid noe «tynt» og det anbefales at man eventuelt supplerer med lokale data/informasjon.

For høyskole/universitet er det estimert anslag på tilflyttere til kommuner med over 1000 elevplasser i høyere utdanning. Disse er fordelt på soner med hybelhus drevet av samskipnadene i de aktuelle kommunene, og eventuelt overskytende tilflyttere er fordelt på soner der det bor potensielle studenter fra før. Disse estimatene er lagt inn i to «ledige» kolonner i «Sdat_8_Øvrig» (hhv. kolonne 8 og 9 i

denne inputfilen), og kan nå spesifiseres som input til denne modellen i tillegg til bosatte studenter «som bor i området/kommunen» fra før (data for disse ligger i Sdat_1).

Figur 32 viser det nye opplegget med programmer som er utviklet sentralt (oransje bokser), input til høyre (lys grønne bokser) og output fra modellene til venstre (blå bokser). Sentralt i figuren under har vi Python-scriptet Utils.py, som leser LoS-data og evt. P-kost fra Sdat_7, og skriver ut 5 nytteverdier i 4 bolker markert med grønne brede bokser i boksen «Skomod_utils.txt». Den første smale mørk grønne boksen er distansen mellom O og D som benyttes i matrisebalanseringen for å generere totalt OD-mønster. Vi kommer litt tilbake til utils.py i et avsnitt under.

Figur 32 Oversikt over beregningsgang med reviderte skolemodeller



Så er vi over på de tre skolemodellene i oransje boks under Utils.py i figuren. Dette er nå programmer for generering av O-D-matriser som angir hvor skoleelevene bor og går på skole, totalt og per transportmåte (en fil med rammetall, dvs. totalt antall elever samlet og per transportmåte er også output fra modellene). I styrefilene kan det nå legges inn en «oppmøtefrekvens» for normale virkedager som skal ta høyde for sykdom, annet skolefravær, fridager, og for universitet også «forelesningshyppighet». Dette måtte tidligere legges inn i «matrisekonstruksjon».

Alle de tre programmene leser filen med nytteverdier (filen Skomod_utils.txt i figuren generert av utils.py) og Sdat1_Bef (befolkning på alder (5 års aldersgrupper) og kjønn), samt Sdat5_skole som inneholder antall elevplasser per grunnkrets i barneskole, ungdomsskole, videregående skoler, og universitet/høyskoler. Universitetsmodellen leser i tillegg data fra de to kolonnene i Sdat_8_Øvrig hvor estimert antall tilflyttede studenter i hybelhus og i privat innkvartering er lagt inn i to kolonner. Vi kommer tilbake til disse estimatene i et senere avsnitt.

Hvilken bolk i Skomod_utils.txt det skal leses nytteverdier fra angis i styrefilene til hver av de 5 modellkjøringene. Hvilket datafelt fra Sdat5_Skole fra elevdata det skal leses fra angis også her. Merk at selv om antall elevplasser leses fra skoledatafilen, er det for grunnskolen og videregående skole, antallet elever fra demografifilen som er avgjørende for hvor mange elever hver skole får tilordnet. For universitet er det motsatt. Her er det antall studieplasser i skoledatafilen som bestemmer antallet³⁴.

Modellen for grunnskolen kjøres tre ganger (for 1-4 trinn, for 5-7 trinn, hvor elevtallene for barneskolen benyttes, og for 8-10 trinn, hvor elevtallene for ungdomsskole benyttes). Merk at skoleplassene i hver kommune i den sammenheng blir skalert opp eller ned slik at summen av disse blir lik summen av

³⁴ OBS: tidligere kom resultatene for universitetsreisene ut transponert i forhold til resultatene fra de øvrige modellene, dvs. at fra-sone var universitet/høyskole-sone, mens til-sone var bosted. Dette er nå gjort om slik at start-sone er bosted og til-sone er studiested.

antall bosatte elever i den aktuelle aldersgruppen. For videregående skole gjøres slik skalering uten avgrensning til kommune.

For grunnskolen er bilfører (CD) naturligvis ikke tilgjengelig og dette hensyntas ved å sette et høyt negativt tall for konstantleddet i nyttefunksjonen for CD (i utils.py). For videregående er CD tilgjengelig kun for ett av de tre årskullene som inngår (16-18 år).

Merk at ikke alle 15-åringer fortsetter på videregående skoler når de er ferdig med grunnskolen. Fra RVU er det beregnet et anslag på at ca. 90-95 % fortsetter til videregående og at resten dropper ut. Det inngår en faktor i styrefilen til videregående som kan ta høyde for dette, og forutsetningen er da at de som ikke fortsetter er jevnt fordelt geografisk i modellområdet.

For universitet (19-29 år i demografifilen) er andelen som ikke fortsetter med utdanning høyere, og andelen som studerer lavere. Skal vi tro på RVU (og SSB) er det ca. 1/3 av befolkningen i denne aldersgruppen som studerer.

Vi kommer litt tilbake til styrefilene til skolemodellene i et avsnitt under.

4.2.1 Nærmere om utils.py

De gamle modellene for grunnskolen og videregående skoler skilte kun mellom kollektivtransport og «annet». For studenter ved universitet/høyskoler skilte de mellom kollektivtransport, gang/sykkel og bil. I alle modeller var det kun distanse som var med i «nyttefunksjonene» og dette gjorde bl.a. at vi med de gamle kodene kunne få beregnet reiser med kollektivtransport der det ikke fantes kollektivtilbud.

Nå er transportmiddelvalget utvidet til å omfatte våre vanlige 5 modes og splitten mellom disse gjøres med tradisjonelle logitmodeller. LoS-data for transportmiddelvalget hentes fra LoS-filen (varianten utils_omx.py kan benyttes dersom man vil legge til grunn LoS-data på omx-format) og data for parkeringskostnader fra «transportfilen» (Sdat_7). I logitmodeller for transportmiddelvalg spesifiseres det nyttefunksjoner for hvert alternativ. Som et eksempel kan vi etablere følgende nyttefunksjoner for transportmåtene³⁵:

- $U(CD) = CD_00 + CD_TM * KjoretidR + CD_CST * (KMK * DistR + bomfakt*bomF + fergefakt*fergeF + varigh*Pkost)/TPZ$
- $U(CP) = CP_00 + CP_TM * KjoretidR + CP_CST * (KMK * DistR + bomfakt*bomF + fergefakt*fergeF)/2$
- $U(PT) = PT_00 + PT_GT*GangtidR + PT_IT*invtR + PT_WT*min(waitR;waitGR) + PT_OMS * (boardR-2) + PT_CST*(dist<distGR)*MNDK/dager$
- $U(BK) = BK_00 + BK_TM*sykkelT$
- $U(WK) = WK_TM*gangT$

Bil som fører er kun tilgjengelig for personer 18+ med FK (førerkort), dvs. at alternativet ikke er tilgjengelig for grunnskoleelever og maksimalt for 1/3 av elevene ved vgs. Ved å sette CD_00 til -9999 for reiser til barne- og ungdomsskolen blir alternativet bilfører «ikke tilgjengelig» for disse. For vgs. vil nivået på CD også kunne styres med høye verdier på CD_00. Vi vet jo ikke hvor lett/vanskelig det er for elever med førerkort og biltilgang å finne parkeringsplasser ved skolene. Kanskje kunne tetthet anvendes her i tillegg til evt. parkeringskostnader.

Bil som passasjer er jo en gunstig transportmåte når det gjelder generaliserte kostnader, men samtidig har den en høy «koordineringskostnad» som også vil komme til uttrykk i konstantleddet for denne transportmåten.

³⁵ CD=Bilfører

CP=Bilpassasjer

PT= Kollektivtransport

BK=Sykkel

WK=Til fots

R=data fra LoS-filen for reiser i rush

Felter som starter med CD_, CP_, PT_, BK_ og WK_, er koeffisienter som inngår i Utils.py.

Kollektivtransport skal være kostnadsfritt for elever i grunnskolen og til videregående skole for reiser som er lengre enn distansegrensene. For reiser kortere enn distansegrensene og for elever på høyskole/universitet kan nivået i forhold til «fullpris månedskort for voksen» styres ved å dividere med et passende antall dager. For reiser med sykkel og til fots er det kun tid som er avgjørende.

Python-skriptet `utils.py` beregner nytteverdiene som er input i logitmodellene implementert i skolemodellene, dvs. `U(CD)`, `U(CP)`, `U(PT)`, `U(BK)` og `U(WK)`.

Innledningsvis i `Utils.py`, spesifiseres hvilke filer det leses data fra og hvilken fil det skal skrives data til. Deretter spesifiseres forutsetninger, først generiske, og så de koeffisienter som skal benyttes i nyttegenereringene per kjøring. Alle forutsetninger spesifiseres av brukeren. De forutsetninger som ligger som default i «`utils.py`» er ikke estimerte tall for hver aldersgruppe, men basert litt på erfaringer fra modellestimeringer og på det vi tror vi vet om vekting av reisetidskomponenter etc. Forutsetningene gir noe høyere tidsverdier med økende aldersgruppe.

I neste bolk leses angitte data fra `Sdat_7` og `LoS`-datafil, og samtidig gis de leste datafeltene navn. Merk at kolonnene i alle datafilene er nummerert fra 0 og oppover. Ved å modifisere litt i denne bolken kan andre datafiler og andre data leses inn. I det tilfellet må disse datafilene også angis innledningsvis.

Til slutt i skriptet defineres nyttefunksjonene for hver aldersgruppe/hvert skoletrinn og data (nytteverdier) blir liggende i bolker som vist i Figur 32.

4.3 Mer om studenter og reiser til/fra universitet/høyskoler

I det andre prosjektet som er gjennomført i forbindelse med skolemodellene var hovedfokus knyttet til studenter og de reiser disse gjennomfører både til/fra skole og i dagliglivet ellers. Det er ca. 300000 studenter i Norge, og dette tallet har vært forholdsvis stabilt de siste 10 årene. Studentmassen i Norge tilsvarer dermed omtrent Bergen kommune befolkningsmessig.

4.3.1 Inkludering av «tilflyttere» i universitetsmodellen

Det er Oslo som er den tyngste studiebyen i Norge med over 85000 studenter (nær 30 % av studentene i Norge. Deretter kommer Trondheim og Bergen med knappe 40000 studenter hver (om lag 13 % hver). Stavanger/Sandnes, Tromsø og Kristiansand er også forholdsvis store studiebyer med mellom 10000 og 15000 studenter hver. I de ovenfor nevnte byene studerer ca. 70 % av studentene i Norge.

I dette prosjektet har vi kartlagt antallet elevplasser i hybelhus/studentbyer drevet av studentsamskipnadene i alle kommuner med over 1000 studieplasser på høyskoler og universiteter. Dette ble gjort for å kunne gjøre noen vurderinger knyttet til i hvilken grad Sdat_1 «mangler» en del studenter der det er store studentbyer, men også i mindre hybelhus ellers. Det er 36 kommuner med over 1000 studieplasser i Norge og i disse kommunene studerer 98 % av landets studenter. De aller fleste lokasjonene hvor samskipnadene tilbyr hybler/leiligheter til studenter er koblet til grunnkrets basert på adressene til lokasjonene³⁶. Materialet med data består av ca. 230 lokasjoner fordelt på de 36 kommunene som har inngått i kartleggingen. En del av lokasjonene ligger i samme grunnkrets. Så av 230 lokasjoner er data knyttet til 161 grunnkretser fordelt over de 36 kommunene som har inngått i kartleggingen. I de 36 kommunene kartleggingen er gjennomført for, finner vi samlet sett godt og vel 40000 «sengeplasser» for studenter i hybelhus/studentbyer drevet av samskipnadene.

Vi har også kartlagt omfanget av studenter som er folkeregistrert bosatt i én kommune, men som har faktisk adresse i de 36 kommunene med over 1000 studieplasser³⁷. Hensikten med denne kartleggingen er å tilføre flere bosatte studenter til de 36 studiebyene, og spesielt til de største studentbyene i studiekommunene, men også til mindre hybelhus lokalisert i disse kommunene. Vi finner på nasjonalt nivå at ca. 68000 personer er folkeregistrert i en annen kommune enn den kommunen (blant de 36) hvor de har faktisk adresse. Vi definerer denne mengden som «tilflyttede studenter» eller «tilflyttere».

Tabell 32 viser antall tilflyttere etter kommune for lærested kryssstabulert mot fylke for fraflytting. Som vi ser er det flest tilflyttere til Trondheim, tett etterfulgt av Oslo og Bergen.

Tabell 32 Antall «tilflyttere» etter kommune for lærested, og fylke for «fracflytting» (2022, Kilde: SSB, www.microdata.no).

Universitetsbyer tilflyttere til→ Fylker fraflyttere ↓	5001 Trondhei m	0301 Oslo	4601 Berge n	5401 Troms ø	4204 Kristiansan d	1103 Stavange r	302 1 Ås	3405 Lillehamme r	1804 Bod ø	Andr e	Totalt fra
30 – Viken	3911	5023	2579	418	433	384	651	506	196	2756	16857
46 – Vestlandet	1259	947	2804	173	157	353	130	90	112	1686	7711
11 – Rogaland	1127	1299	2238	123	420	640	153	100	103	974	7177
38 – Vestfold og Telemark	1045	1806	712	123	469	108	165	127	81	1348	5984
34 – Innlandet	1133	1647	369	109	92	53	213	380	51	1263	5310

³⁶ Denne koblingen er gjort med et program som benytter adresser fra matrikkelen til å koble lokasjonsadresser til grunnkretser. Noen av lokasjonsadressene er litt mangelfulle og noen av lokasjonene har flere adresser. Stedestingen er derfor ikke alltid 100 % nøyaktig for alle lokasjoner. Vi har luket bort en del åpenbare feilkoblinger og har også gjennomført en del kvalitetssikring, med det kan likevel være et rom for forbedringer når det gjelder kobling av lokasjoner til grunnkretser. Denne kvalitetssikringen bør imidlertid gjennomføres av lokalkjente.

³⁷ Dette arbeidet er gjort på www.microdata.no, gjennom krysskjøring på kommunenivå mellom formell adresse og faktisk adresse for befolkningen i Norge. Formell adresse er folkeregistrert adresse. SSB henter inn «faktisk adresse» hovedsakelig fra Statens Lånekasse for utdanning. Personell i Microdata-seksjonen i SSB hevder at det hovedsakelig dreier seg om studenter.

50 – Trøndelag	1741	739	565	207	66	119	123	132	247	1116	5055
15 – Møre og Romsdal	1254	812	977	107	70	65	51	74	51	1108	4569
42 – Agder	625	1195	578	89	683	274	78	73	74	824	4493
03 – Oslo	1776	-	1258	134	78	88	176	130	46	500	4186
18 – Nordland	999	477	173	884	41	52	45	12	415	372	3470
54 – Troms og Finnmark	508	437	215	1314	35	30	30	27	88	406	3090
		1438					182			1243	
Total til	15383	8	12461	3678	2541	2177	9	1652	1459	8	68006
Prosent	23 %	21 %	18 %	5 %	4 %	3 %	3 %	2 %	2 %	18 %	100 %

Vi har altså knappe 300000 studenter i de 36 studiebyene med flere enn 1000 studieplasser. Samlet tilbys det ca. 40000 «sengeplasser» av studentsamskipnadene som opererer her. Det er ca. 68000 tilflyttede studenter til disse studiebyene. Til disse tallene er det følgende å bemerke:

En stor del (ca. 232000) av landets studenter er allerede folkeregistrert bosatt i den kommunen de studerer i. Denne gruppen kan muligens deles i tre:

- Studenter som bor i «barndomshjemmet» i studiekommunen.
- Studenter som har flyttet ut fra «hjemmet» og bor i privat eller samskipnad-drevet hybel/leilighet i studiekommunen.
- Tidligere tilflyttere som har meldt adresseendring til folkeregisteret og bor i privat eller samskipnad-drevet hybel/leilighet i studiekommunen.

Hovedtyngden av studentene bor altså i studiekommunen fra før, men vi vet ikke om de bor på «riktig sted». Vi vet altså ikke hvor mange studenter som bor i grunnkretsene fra før, og dermed ikke hvor mange tilflyttere som kan legges til som bosatt i studenthybler drevet av samskipnadene. Men vi kan gjøre noen anslag.

Vi har befolkningsmengden etter alder og kjønn i Sdat_1 og datafilen for antall sengeplasser ved samskipnadenes hybelhus/studentbyer. Når vi sammenholder «potensielle» studenter i Sdat_1³⁸ med antall sengeplasser i hybelhus per grunnkrets, får vi et lavt anslag på «ledige sengeplasser» for tilflyttere ved hybelhusene drevet av samskipnadene. Når vi sammenholder «estimerte» studenter i Sdat_1³⁹ med antall sengeplasser i hybelhus per grunnkrets, får vi et høyt anslag på «ledige sengeplasser» for tilflyttere ved hybelhusene drevet av samskipnadene. For de fleste grunnkretser med hybelhus drevet av samskipnadene vil trolig sannheten når det gjelder tilflyttere i disse ligge et sted mellom disse to ytterpunktene. Problemet er at dette sannsynligvis kan variere mellom grunnkretser og studiebyer.

Vi har per dato ikke data som er detaljerte nok til å forskjellsbehandle studiebyene og grunnkretser i disse med hybelhus drevet av samskipnadene når det gjelder «ledige sengeplasser for tilflyttere». Det er derfor laget filer der tilflyttere er fordelt på hybelhus (i kolonne 8 i Sdat_8) etter forutsetningene i de to ytterpunktene og noen mellomvarianter. Overskytende tilflyttere er fordelt til kolonne 9 i Sdat_8.

Det er gjennomført en del tester på variasjoner i disse forutsetningene og vi mener at disse gir et nedre (E) og øvre (P) estimat på antall studenter som ifølge Sdat1 bor i grunnkretsen fra før, som ser rimelig ut, kanskje med unntak for Kringsjø hvor det er et forholdsvis stort antall bosatte fra 30 år og oppover, som det ikke tas høyde for i beregningene av potensielle og estimerte studenter. Dette gjør at vi trolig vil underestimere antall studenter som bor der fra før i denne kretsen⁴⁰.

³⁸ Potensielle studenter = 20 % av befolkning 15-19+100 % av befolkning 20-24+100 % av befolkning 25-29

³⁹ Estimerte studenter = 0.5*20 % av befolkning 15-19+0.5*100 % av befolkning 20-24+0.16*100 % av befolkning 25-29, Estimerte studenter er altså potensielle studenter multiplisert med nasjonale tall for andelen av alderskullene som oppgir å være studenter fra RVU.

⁴⁰ Årsaken til at vi opererer med høyt (P) og lavt (E) anslag på antall studenter bosatt i soner med hybelhus er naturligvis at vi ikke kjenner det eksakte antallet. Vi har gjort et fremstøt overfor SSB og funnet ut at de kan levere tall for bosatte (folkeregistrert

Hensikten med (øvre, nedre og mellomvarianter) estimerer på hvor mange studenter som allerede bor i hybelhuskretsene er å «fylle opp» hybelhusene med tilflyttede studenter. Øvelsen over gjøres kun for de største grunnkretsene målt i antall studenter i hybelhus (fra kartleggingen). Etter noen tester har vi havnet på en grense på 200 studentplasser på hybelhus (mindre hybelhus betyr lite i forhold til befolkningen som er bosatt fra før). Ca. 60 (av 160) grunnkretser havner da over denne grensen. Disse grunnkretsene huser ca. 32500 av de ca. 41000 studentplassene i hybelhus (ca. 80 %). Ca. 100 av grunnkretsene har under 200 studentplasser på hybelhus. Disse grunnkretsene huser ca. 8350 studenter, og snittet blant disse er ca. 85 studentplasser.

I grunnkretsene med færre enn 200 studentplasser i hybelhus er vår erfaring at antall estimerte og potensielle studenter (basert på Sdat1), i mange tilfeller kan være vesentlig høyere enn antall plasser i hybelhus, og at dette som oftest skyldes at hybelhus i slike kretser er i stort mindretall når man sammenlikner med øvrig boligmasse/befolkning i kretsen (studenter bosatt i hybelhus utgjør en liten andel av totalbefolkningen). Estimerte og potensielle studenter beregnet som over blir derfor ofte et større tall enn antall plasser på hybelhus i disse kretsene. Selv om vi hadde hatt kjennskap til eksakt antall studenter bosatt fra før i slike kretser hadde vi ikke hatt kjennskap til fordelingen på hybelhus og studenter som er bosatt hjemme eller i hybler på det private «hybelmarkedet». Fordi det er snakk om forholdsvis små tall i disse kretsene, fordeler vi her tilflyttere fullt ut på studenthyblene. I noen av kretsene kan det derfor bli for mange studenter bosatt i forhold til faktisk antall studenter som bor der totalt. Dette er altså en forenkling vi mener må gjøres fordi vi ikke har detaljerte nok data. Det har ikke vært ressurser i dette prosjektet til å gjøre egne vurderinger for hver enkeltgrunnkrets. Vi mener feilkilden er liten tatt i betraktning at det her er snakk om de minste forekomstene av studenter i hybelhus. Det å få inkludert tilflyttede studenter vurderer vi som en større fordel enn feilkilden ved denne behandlingen.

4.3.2 Inkludering av «tilflyttere» i TB2

Studenter (ca. 300 000 på landsbasis) er altså i utgangspunktet i ukjent grad med på rett sted i Sdat1 (befolkning per grunnkrets på alder og kjønn). Der de er med i Sdat1, er de også med i Sdat2, og husholdstørrelse, familietype, alder og kjønn vil dermed delvis reflektere beholdningen av studenter vi har i enkeltgrunnkretser. I Sdat2 opererer vi imidlertid, av hensyn til sensitivitet, med delområder, så på grunnkretsnivå vil vel egentlig håndteringen av studenter ikke være så presis, men dette skyldes altså hensynet til sensitivitet. Dette kan vi ikke gjøre noe med i TB2.

Men, i «universitetskommuner» vil det også være en del «tilflyttere», i all hovedsak studenter, som ikke har meldt flytting til folkeregisteret, og som dermed vil ligge i Sdat1 på folkeregistrert adresse i kommunen de flytter fra og ikke i den kommune de studerer i. Disse har vi nå benyttet microdata.no til å beregne et omfang av, og det viser seg at omfanget av «fraflytting» fra alle landets kommuner er neglisjerbart i forhold til omfanget «tilflyttinger» til et 30-talls «universitetskommuner» (i realiteten kanskje bare et 10-talls viktige «universitetskommuner» når man ser på omfanget av tilflyttingene).

Det er altså allerede et forholdsvis stort antall studenter som allerede inngår Sdat1 og Sdat2 og som dermed vil utsettes for TB2-beregninger (om enn kanskje litt lite presist). Det er imidlertid også et forholdsvis stort antall «tilflyttere» til universitetskommunene. Vi har beregnet at om lag 68 000 av de som studerer rundt omkring i de 36 største norske «universitetskommuner» er tilflyttere (ca. 23 % av studentene). Disse vil altså verken inngå i Sdat1 eller Sdat2 i det området de faktisk bor, men vil inngå der de har folkeregistrert bostedsadresse.

På microdata.no har vi tatt ut omfanget av disse på kommunenivå. Tanken har som nevnt vært å fordele disse tilflytterne på grunnkretser i den kommunen de oppholder seg i, i to grupper:

- Tilflyttere som bor i hybelhus/studentbyer («fylle opp» disse sengene basert på vår kartlegging av studenter bosatt i hybelhus/studentbyer i grunnkretser)

adresse) studenter på grunnkretsnivå, men dette må bestilles og det må påregnes en del «leveransetid». Dette er nok et «spor» som kan følges videre, men vi har uansett ikke slike tall «i hus» i dette arbeidet.

- Tilflyttere som ikke får plass i hybelhus/studentbyer fordeles i universitetskommunene etter der det bor potensielle studenter fra før

I forbindelse med TB2 er tanken at tilflyttere også skal utsettes for beregninger av daglige reiser (ekskl. skolereiser). Da må imidlertid dataene for tilflyttere i Sdat_8 fordeles inn i «sonebefolkningsfilen» som er grunnlaget for beregning av turgenerering i TB2. Dette er segmenteringsfilen som er resultatet fra segmenteringsopplegget (BHFK-modellene) i TB2 som heter «TB2_biltilgang_13up.txt». Her har vi benyttet data for studenter fra estimeringsgrunnlaget til inneværende modeller i TB2 som grunnlag for fordelingen.

RVU2013/14 (estimeringsgrunnlag for BHFK-modellene i inneværende kode) gir en fordeling på familietyper, alder, kjønn og biltilgang for intervjuobjekter som har oppgitt *student* som hovedbeskjeftigelse, og som er i aldersgruppen 20-34 år. Dette er alle studenter i disse aldersgruppene i denne RVU, og de kan være bosatt «hjemme», på hybel, i egen kommune, eller være «tilflytter». Vår plan er å benytte disse data som segmenteringsgrunnlag for tilflyttere, og med denne som utgangspunkt lager vi to datafiler, én for tilflyttere i studentby/hybelhus, og én for tilflyttere ellers.

Det er en begrenset mengde observasjoner for studenter (N=2969) i RVU-materialet. Det er ikke mulig med utgangspunkt i dette å dele opp på tilflyttere og bosatte i hjemkommunen fra før, eller om studentene bor i hybelhus drevet av samskipnadene eller er innlosjert i private hybler/hybelhus. Derfor må vi «massere» litt i tabellen direkte, selv om dette faglig sett er litt lite tilfredsstillende:

- Full biltilgang som passasjer er ikke et mulig alternativ for enslige tilflyttede studenter, kun for studenter som bor «hjemme».
- God tilgang til bil er ikke et mulig alternativ for enslige tilflyttere (enslige med bil vil ha full tilgang til bil).

Disse to justeringene er de eneste som gjøres for tilflyttere som er «privat innlosjert», selv om man kanskje også kunne nedjustert tallene for full biltilgang (og kanskje også god biltilgang) for par, noe. Med disse to justeringene for tilflyttere som er bosatt i private hybler og hybelhus, blir antallet studenter per 1000 tilflyttere som vist i Tabell 33. På bunnlinjen fremgår at vel 50 % av studentene har tilgang til bil (FBTF+GBTF). Dette er muligens noe høyt, i hvert fall for storbyene. Sannsynligvis sitter man lokalt på mer omfattende data fra lokale RVU-er som gjør at man kan beregne disse tallene mer presist enn det man får gjort med nasjonale totaltall.

Tabell 33 Fordeling av 1000 tilflyttede studenter bosatt i private hybler (alder 20-34) på familietype, alder, kjønn og biltilgang.

Familietype	Alder	Kjønn	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt
E_UB	20_24	kv	8	0	28	23	0	59
E_UB	20_24	ma	16	0	36	24	0	76
E_UB	25_34	kv	6	0	13	10	0	28
E_UB	25_34	ma	8	0	13	17	0	38
E_MB	20_24	kv	2	0	1	5	0	8
E_MB	20_24	ma	1	0	1	2	0	4
E_MB	25_34	kv	2	0	2	3	0	7
E_MB	25_34	ma	0	0	0	0	0	1
P_UB	20_24	kv	5	7	14	26	38	90
P_UB	20_24	ma	5	3	24	6	11	50
P_UB	25_34	kv	5	6	12	7	14	44
P_UB	25_34	ma	4	0	13	10	16	43
P_MB	20_24	kv	1	6	2	7	30	46
P_MB	20_24	ma	0	6	3	5	20	34
P_MB	25_34	kv	2	4	1	5	21	33
P_MB	25_34	ma	1	1	2	1	5	10
FV	20_24	kv	14	15	62	16	54	160
FV	20_24	ma	19	15	42	35	60	171
FV	25_34	kv	4	2	15	5	10	36
FV	25_34	ma	11	4	16	2	29	62
I alt			116	68	300	208	308	1000

For tilflyttere fordelt til hybelhus/studentbyer drevet av studentsamskipnadene gjør vi noen ytterligere justeringer i RVU-materialet.

- Vi fjerner alle observasjoner i hushold hvor flere voksne bor sammen (FV). Selv om mange studenter bor i fellesskap med eget soverom og felles kjøkken og bad, har de normalt ikke felles økonomi, og hvis en av dem har bil, betyr ikke dette nødvendigvis at de andre har tilgang til denne.
- Vi justerer forholdet mellom enslige (bosatt i hybler) og par slik at tallene stemmer bedre overens med tall fra kartleggingen av boligmassen som tilbys av samskipnadene totalt sett. I dette materialet er vel 70 % hybler med og uten eget bad og kjøkken, og knappe 30 % leiligheter for par eller familier.
- Vi flytter observasjonene for par med full biltilgang over til god biltilgang. Det vil vel være ganske unormalt at studenter i parforhold har hver sin bil hvis de bor i studentby/hybelhus. Vi nedjusterer også omfanget enslige studenter med full biltilgang med en faktor på 0.8.

Tabell 34 viser da resultatet av dette per 1000 studenter lokalisert i studentbyer/hybelhus. På bunnlinjen får vi her 40 % biltilgang for disse studentene.

Tabell 34 Fordeling av 1000 tilflyttede studenter i hybelhus/studentbyer (alder 20-34) på familietype, alder, kjønn og biltilgang.

Familietype	Alder	Kjønn	DBTP	FBTP	DBTF	FBTF	GBTF	I alt
E_UB	20_24	kv	30	0	101	64	0	194
E_UB	20_24	ma	58	0	129	67	0	254
E_UB	25_34	kv	21	0	46	28	0	94
E_UB	25_34	ma	28	0	46	48	0	122
E_MB	20_24	kv	7	0	4	14	0	25
E_MB	20_24	ma	2	0	3	6	0	12
E_MB	25_34	kv	7	0	6	8	0	21
E_MB	25_34	ma	1	0	1	1	0	3
P_UB	20_24	kv	4	6	12	0	57	80
P_UB	20_24	ma	5	2	22	0	16	44
P_UB	25_34	kv	5	5	11	0	19	40
P_UB	25_34	ma	4	0	12	0	23	39
P_MB	20_24	kv	1	3	1	0	22	27
P_MB	20_24	ma	0	3	2	0	14	20
P_MB	25_34	kv	1	2	1	0	15	19
P_MB	25_34	ma	0	1	1	0	3	6
FV	20_24	kv	0	0	0	0	0	0
FV	20_24	ma	0	0	0	0	0	0
FV	25_34	kv	0	0	0	0	0	0
FV	25_34	ma	0	0	0	0	0	0
I alt			175	23	397	236	169	1000

Som nevnt er disse justeringene ikke veldig tilfredsstillende faglig sett og det bør gjøres en innsats lokalt for å få et bedre grep på dette. Omfanget studenter er forholdsvis stabilt i Norge (ca. 300000), men likevel er det ikke lett å få et bedre grep på hvor de oppholder seg gjennom det meste av året. *En RVU for studenter er en mulig vei videre hvis man ønsker et bedre grep på studenter i Norge*, som i samlet omfang utgjør en folkemengde som overstiger befolkningen i Bergen kommune.

Grunnlaget for Tabell 33 og Tabell 34 ligger nå som input i filen «studseg*.txt» som, hvis man ønsker å ta høyde for «tilflyttede studenter», må angis som input i rotfilen til TB2 (hvis filen er tom blir det ikke tatt høyde for tilflyttere i TB2 selv om man har data for disse i Sdat_8). Det er to tabeller i denne filen, hver med 120 linjer (familietype (5), alder (12) og kjønn (2)) og 5 kolonner (de 5 segmentene for biltilgang). Innholdet i disse filene kan og bør som sagt endres/tilpasses til lokale data.

For hver tilflyttet student vil TB2 gi ca. 2.5 nye delreiser (inkludert hjemturer). **Det bør vurderes å lage et tillegg til rammetall til bruk ved rammetallskalibrering, for å ta høyde for dette.**

Merk at beregning av daglige reiser for tilflyttede studenter kan «slås av» ved å nulle de to kolonnene i Sdat8, eller ved å nulle «studseg*.txt».

Merk også at håndteringen av studenters biltilgang i dette avsnittet altså dreier som om tilflyttere. Studentenes biler vil i stor grad være registrert på folkeregistrert adresse/hjemstedet. Volumet av tilflyttede studenter som defineres i sdat8, og kombineres med forutsetningene i StudSeg-fil, holdes derfor utenom tallene som rapporteres i de tre filene tb2-biltilgang-13up-*vp.txt. Disse filene er grunnlaget for opptelling av antall biler i grunnkretser, med tanke på kalibrering av antall biler. På denne måten blir kalibreringsgrunnlaget (biler registrert på adresse) konsistent med logikken rundt håndtering av studenter i modellen. Tilpassing av bilhold for tilflyttede studenter må eventuelt gjøres ved å endre forutsetningene i StudSeg-fil som brukes for modellområdet.

4.4 Automatisk kalibrering av skolemodellene

Det er laget et Python-script som kan brukes til automatisk kalibrering av modellene for skolereiser. Scriptet benytter seg av en generell formel som ofte benyttes for å kalibrere konstantledd i logitmodeller:

$$\text{konst}_{i+1} = \text{konst}_i + \ln(\text{skal ha/har}_i)$$

I utgangspunktet er $\text{konst}_0 = 0$. Konst_1 blir da eksempelvis $\ln(0.5/0.2)=0.92$ for et gitt transportmiddel (der 0.5 er det vi skal ha og 0.2 det vi har). Konstantene regnes ut for alle tilgjengelige transportmidler og modellen kjøres på nytt. Konstantledd i runde 2 beregnes som konstantleddene i runde 1 pluss et nytt tillegg. Normalt konvergerer dette forholdsvis raskt, men konvergensproblemer tyder på at «target», dvs. de verdiene vi skal ha, ikke stemmer så godt overens med transporttilbudet som er kodet i nettverksmodellene og som gir opphav til de LoS-data/nyttefunksjoner som inngår i logitmodellene. Konstantleddene beregnes etter kjøring av skolemodellene. Dette betyr at man etter siste iterasjon i kalibreringen bør kjøre modellene uten beregning av nye konstantledd i etterkant, for å få de endelige resultatene.

Tabellene under viser transportmiddelfordeling fra RVU2018 og 19 samlet (uvektet) for hele landet, for storbyer og for resten av landet.

Når det gjelder barneskolen trinn 1 til 7 er det egentlig bare 13-åringene (som vel er halvparten av elevene i trinn 7) som danner grunnlaget. Tallene i parentes i for barneskole trinn 1 til 4 er derfor kun stipulert og vi har ikke hatt tilgang til konkrete data for transportmiddelfordeling for disse. Tallene for trinn 5-7 er kun basert på 13-åringene. Vi har tidligere argumentert for at beregninger for barneskolen kanskje egentlig burde droppes av denne grunn, og fordi transportreglementet når det gjelder kollektivtilbud for denne aldersgruppen finnes i nasjonale retningslinjer. Kommunene, som driver grunnskolen, har normalt også god oversikt over både omfang og transportmiddelbruk for transport av elever til skole på trinn 1 til 10. Det er dermed usikkert hvor mye tilleggsinformasjon modellberegninger for trinn 1 til 7 vil gi når det gjelder planlegging av disse reisene. I logitmodellene som benyttes her, er vi jo nødt til å legge til grunn en tidskoeffisient og en kostnadskoeffisient, og dermed også en tidsverdi, men det er vel i beste fall uklart om denne reflekterer barnas «tidsverdi» eller foreldrenes.

For ungdomsskolen og oppover har vi imidlertid et visst omfang observasjoner i RVU, og det kan vel argumenteres for at transportmiddelvalget, når alderen på barna stiger, i økende grad reflekterer barnas egne preferanser og ikke foreldrenes.

Tabell 35 Reisemiddelandeler for skolereiser, RVU. Hele landet.

	CD	CP	PT	BK	WK	Total	N=
BSK1-4	(0%)	(40%)	(10%)	(5%)	(45%)	100 %	n.a.

BSK5-7	0 %	9 %	28 %	23 %	40 %	100 %	1106
USK	0 %	10 %	37 %	17 %	37 %	100 %	3061
VGS	9 %	12 %	54 %	6 %	20 %	100 %	2303
UNIV	21 %	3 %	40 %	8 %	28 %	100 %	2842
Total	9 %	8 %	42 %	12 %	31 %	100 %	9312

Tabell 36 Reisemiddelandeler for skolereiser, RVU. Storby.

	CD	CP	PT	BK	WK	Total	N=
BSK1-4	(0%)	(40%)	(10%)	(5%)	(45%)	100 %	n.a.
BSK5-7	0 %	5 %	25 %	23 %	47 %	100 %	349
USK	0 %	5 %	35 %	13 %	47 %	100 %	907
VGS	4 %	10 %	59 %	6 %	21 %	100 %	768
UNIV	10 %	3 %	45 %	9 %	34 %	100 %	1539
Total	5 %	5 %	44 %	11 %	36 %	100 %	3563

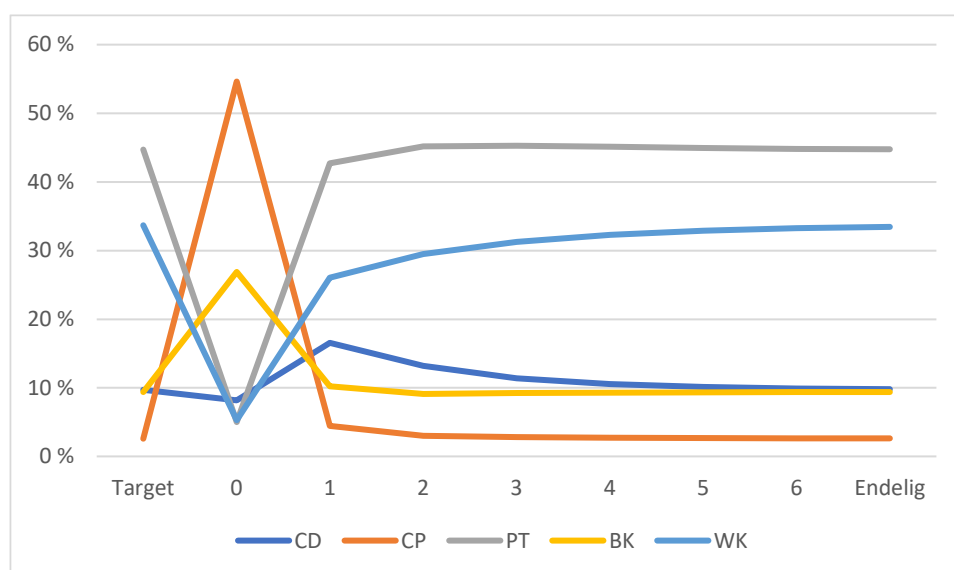
Tabell 37 Reisemiddelandeler for skolereiser, RVU. Ellers (ikke storby).

	CD	CP	PT	BK	WK	Total	N=
BSK1-4	(0%)	(40%)	(10%)	(5%)	(45%)	100 %	n.a.
BSK5-7	0 %	11 %	29 %	23 %	37 %	100 %	757
USK	0 %	12 %	37 %	19 %	32 %	100 %	2154
VGS	11 %	12 %	52 %	6 %	19 %	100 %	1535
UNIV	34 %	4 %	34 %	6 %	22 %	100 %	1303
Total	11 %	10 %	40 %	13 %	28 %	100 %	5749

Target for kalibreringen er også i stor grad et lokalt anliggende. Har man bedre og mer omfangsrike data lokalt for de ulike modellområdene, bør nye targets utarbeides og tas i bruk.

I Figur 33 vises et typisk kalibreringsforløp når man bruker automatisk kalibrering av skolemodellene. Eksempelen viser kalibrering av modellene for universitetsreiser i RTM23+. Target for disse reisene ligger til venstre i figuren og i iterasjon 0 vises fordelingen man får med konstantledd=0 for alle transportmåter. Naturligvis blir CP (bilpassasjer) da en attraktiv transportmåte fordi det er forholdsvis raskt og billig, men koordineringsulempen mangler jo her. Som figuren viser skal det imidlertid ikke mange iterasjoner til før kalibreringen er konvertert på samme nivå som target.

Figur 33 Kalibreringsresultater for høyere utdanning (univ.exe) for Oslo-området



4.5 Litt om bruk av det nye opplegget

Uten å ha undersøkt dette nærmere, er det grunn til å håpe på at de nye skolemodellene vil produsere vesentlig bedre turmatriser enn de gamle modellene. Vi har i hvert fall nå turmatriser for hver av de største og mest omfattende transportmåtene, de samme som også inngår i TB2. Men det er egentlig litt vanskelig å si noe konkret om hvor gode de nye modellene egentlig er. De stemmer brukbart med grove inndelte tall fra RVU, men når det gjelder fordeling på veger og kollektivruter har vi ikke noe «empiri» å forholde oss til og det er dermed ikke lett å konkludere. Når materialet kommer ut til regionene og mer lokalkjente brukermiljøer, vil det trolig etter hvert danne seg et bedre inntrykk av hvordan disse beregningene fungerer kvalitetsmessig.

Anvendelsen av modellene vil trolig delvis avhenge av hvor gode man mener at modellene er. Vi ser for oss følgende mulige ambisjonsnivåer for håndtering av skolemodellene:

1. Bruke faste skolematriser beregnet én gang for alle
2. Beregne nye skolematriser hver gang man har nye sonedata (prognoser og oppdateringer)
3. Beregne nye skolematriser etter hver konvergent kjøring av TB2 (på LoS-data fra siste iterasjon)
4. Beregne nye skolematriser i hver iterasjon umiddelbart etter TB2-kjøringene (dvs. hver gang man har nye LoS-data)

I punkt 1 og 2 har man faste skolematriser lagret et sted og disse benyttes i matrisekonstruksjon, hver gang man skal lage nye LoS-data til TB2. I punkt 2 har man et sett med skolematriser liggende korresponderende til ulike referanseår, feller forutsetninger når det gjelder demografi og skoleplasser. Matrisene vil da kun legge beslag på kapasitet på veger og kollektivruter, men ikke endres som følge av tiltak.

I punkt 3 oppdateres matrisene etter en full kjøring av TB2 til konvergens. Man har da normalt kjørt et referansealternativ, og i tiltaksalternativet benyttes skolematriser fra referansealternativet i iterasjonene frem til konvergens. Når konvergens er oppnådd oppdateres skolematrisene på siste iterasjons LoS-data, og lagres på et sted der de kan benyttes i matrisekonstruksjon og nettfordeling av resultater fra alternativet og evt. til trafikanntytte-beregninger, etc.

I punkt 4 kjøres skolemodellene umiddelbart etter en TB2-kjøring i hver iterasjon på LoS-data for inneværende iterasjon. Kjøringene bør gjøres før matrisekonstruksjon, slik at eventuelle endringer fra skolemodellene bidrar til å påvirke de trafikale forholdene i neste iterasjon. Når konvergens er oppnådd, lagres skolematrisene i siste iterasjon på et sted i resultatmappa til alternativet, på samme måte som siste iterasjons matriser fra TB2.

Vi håper at resultatene fra skolemodellene er såpass «pålitelige», at håndteringen i punkt 3 eller 4 kan legges til grunn i anvendelsen.

4.6 Vedlegg: Nærmere om styrefilene til skolemodellene

I dette avsnittet går vi gjennom eksempler på styrefiler til skolemodellene.

4.6.1.1 Grunnskolen

For grunnskolen er det tre styrefiler korresponderende til trinn 1-4, trinn 5-7 og trinn 8-10.

Trinn 1-4

Tekstrammen under viser et eksempel på en styrefil for skoletrinn 1 – 4. Innledningsvis spesifiseres navn og bane til de tre inputfilene som benyttes av programmene (Skoledata, Kjonnxalder, LosDataFil).

Deretter spesifiseres navn og bane til regionspesifiseringen i modellen (Region_Kommuner, Region fylker). Så settes avstandsmotstand (-0.5 ser ut til å fungere greit for grunnskolen) og Toleranse (konvergenskriterium i matrisebalanseringen, 0.01). Parameteren for oppmøteprosent på linje 10 er i dette eksempelet satt til 0.93 (basert på data fra RVU). Deretter kommer verdiene på 5 konstantledd tilsvarende de 5 transportmåtene som inngår (før kalibrering settes disse til 0.0, og de vil endres i løpet av en kalibreringsprosess).

```

1 $skoledata data/sdat_5_skoleplasser_2aug_grk2020_v0.txt
2 Kjonnxalder data/sdat_1_bef_2020_dbh.txt
3 LosDataFil data/skomod_utils_v2_fra_omx.txt
4
5 Region_Kommuner data/GSK_kommuner.txt
6 Region_Fylker data/VGS_fylker.txt
7
8 Dpargrsk      -0.5000
9 Toleranse     0.0100
10 oppmote 0.93
11
12 CD_00    0.00
13 CP_00   -0.60
14 PT_00    1.34
15 BK_00   -1.60
16 WK_00    1.44
17
18 #losdatabolker
19 losdata_bolker5_tot      4
20
21
22 #-- barneskole - småskole klasse 1-4 (alder 6-9)
23 losdata_bolker5_bruk     1
24 skoledata_bruk           1
25 resultatkode             bsk14
26 bef_fra_gruppe_05_09     0.8
27 bef_fra_gruppe_10_14     0.0
28 bef_fra_gruppe_15_19     0.0
29
30
31 Output_Precision         3
32
33 #-- kalib
34 CP_00   -0.2354
35 PT_00    0.5872
36 BK_00   -1.7133
37 WK_00    1.4314
38
39 #-- kalib
40 CP_00   -0.2147
41 PT_00    0.4183
42 BK_00   -1.7093
43 WK_00    1.4536

```

På linje 19 i eksempelet over kommer en parameter hvor man setter antallet losdatabolker man har i skomod_utils.txt. Her har vi 4 bolker med data totalt (felles bolk for trinn 1-4 og trinn 5-7). Man kan eksempelvis ha 5 (egne bolker for trinn 1-4 og trinn 5-7) eller 3 (felles bolker for hele grunnskolen) og da angis dette her. Den neste parameteren angir hvilken av bolkene som skal brukes. For trinn 1-4 og 5-7 brukes den første bolken (losdata_bolker5_bruk 1, på linje 23 i tekstboksen).

Den neste parameteren angir hvilken av datakolonnene i skoledatafilen som skal brukes. For de to trinnene på barneskolen blir dette:

skoledata_bruk 1

Deretter spesifiseres hvilken kode som skal brukes til å navngi matrisene som beregnes. I våre eksempler har vi for trinn 1-4, 5-7 og 8-10 brukt resultatkodene:

```

resultatkode  bsk14
resultatkode  bsk57
resultatkode  usk

```

Deretter kommer tre parametere som angir hvor store andeler av befolkningen i de tre 5-årige aldersintervall beregningene skal gjennomføres med. For trinn 1-4 blir dette:

bef_fra_gruppe_05_09 0.8

```
bef_fra_gruppe_10_14 0.0
bef_fra_gruppe_15_19 0.0
```

Trinn 5-7

For trinn 5-7 er styrefien nærmest identisk som vist i rammen under.

```
1  Skoledata data/sdat_5_skoleplasser_2aug_grk2020_v0.txt
2  Kjonnxalder data/sdat_1_bef_2020_dbh.txt
3  LosDataFil data/skomod_utils_v2_fra_omx.txt
4
5  Region_Kommuner data/GSK_kommuner.txt
6  Region_Fylker data/VGS_fylker.txt
7
8  Dpargrsk      -0.5000
9  Toleranse     0.0100
10 oppmote 0.93
11
12 CD_00  0.00
13 CP_00  -2.86
14 PT_00  3.26
15 BK_00  -0.42
16 WK_00  1.07
17
18 #losdatabolker
19 losdata_bolker5_tot      4
20
21 #-- barneskole - øvrig klasse 5-7 (alder 10-12)
22 losdata_bolker5_bruk     1
23 skoledata_bruk           1
24 resultatkode             bsk57
25 bef_fra_gruppe_05_09     0.0
26 bef_fra_gruppe_10_14     0.6
27 bef_fra_gruppe_15_19     0.0
28
29 Output_Precision         3
30
31 #-- kalib
32 CP_00  -2.3619
33 PT_00  2.7339
34 BK_00  -0.1528
35 WK_00  1.3044
36
37 #-- kalib
38 CP_00  -2.2328
39 PT_00  2.336
40 BK_00  -0.0189
41 WK_00  1.5083
```

Eneste forskjell er spesifikasjon av andelene av befolkningen per aldersgruppe som skal inngå på linjene 25-27. Her brukes følgende spesifikasjon:

```
bef_fra_gruppe_05_09 0.0
bef_fra_gruppe_10_14 0.6
bef_fra_gruppe_15_19 0.0
```

Ungdomsskole (trinn 8-10)

For ungdomsskolen brukes «losdatabolk» 2 i stedet for 1. Det er forutsatt noe høyere tidsverdier for ungdomsskolen, og avstandsgrensen for fri kollektivtransport er noe høyere. Når det gjelder befolkningsandelene per aldersgruppe blir disse slik:

```
bef_fra_gruppe_05_09 0.0
bef_fra_gruppe_10_14 0.4
bef_fra_gruppe_15_19 0.2
```

```

1  Skoledata data/sdat_5_skoleplasser_2aug_grk2020_v0.txt
2  Kjonnxalder data/sdat_1_bef_2020_dbh.txt
3  LosDataFil data/skomod_utils_v2_fra_omx.txt
4
5  Region_Kommuner data/GSK_kommuner.txt
6  Region_Fylker data/VGS_fylker.txt
7
8  Dpargrsk      -0.5000
9  Toleranse     0.0100
10 oppmote 0.93
11
12 CD_00  0.00
13 CP_00  -3.03
14 PT_00  3.39
15 BK_00  -0.78
16 WK_00  1.06
17
18 #losdatabolker
19 losdata_bolker5_tot      4
20
21 #-- ungdomsskole - klasse 8-10 (alder 13-15)
22 losdata_bolker5_bruk     2
23 skoledata_bruk          2
24 resultatkode            usk
25 bef_fra_gruppe_05_09    0.0
26 bef_fra_gruppe_10_14    0.4
27 bef_fra_gruppe_15_19    0.2
28
29 Output_Precision        3
30
31 #-- kalib
32 CP_00  -2.2718
33 PT_00  3.0736
34 BK_00  -0.852
35 WK_00  1.3345
36
37 #-- kalib
38 CP_00  -2.1644
39 PT_00  2.8167
40 BK_00  -0.7234
41 WK_00  1.5291

```

4.6.1.2 Videregående skole

Spesifiseringen av styrefil for videregående skoler er forholdsvis lik spesifiseringene for grunnskolen. I følge RVU er det noe lavere oppmøtefrekvens i videregående skole enn i grunnskolen, 0.82. For videregående bruker vi losdatabolker nr 3, og vi bruker kolonne 3 som skoledata fra Sdat_5 hvor elevplassene ligger. Av aldersgruppen fra 15 til 19 bruker vi de tre årsgruppene 16-18, altså 3 av 5 som er 60 %. Parameteren «bef_fra_gruppe_15_19_mult» er ny ifht. grunnskolen og her angis andelen i aldersgruppen som går videre fra grunnskole til videregående skole. Forutsetningen her er altså at 5 % har «droppet ut» og ikke lenger er skoleelever.

```

bef_fra_gruppe_15_19      0.6
bef_fra_gruppe_15_19_mult 0.95

```

Her kan vi illustrere litt av mulighetene for utvidelser av opplegget. Sett at noen ønsket å skille mellom elever under 18 og over 18 på videregående skole for å få bedre høyde for at det kun er 18-åringene som har mulighet for å velge CD, hvis de har førerkort. Da kunne man splittet beregningene i to hvor man for 16-17 åringene kunne satt CD utilgjengelig (CD_00=-9999) og brukt disse forutsetningene for 40 % av 15-19 åringene (resultatkode vgs1617), mens 18 åringene kunne fått et kalibrert konstantledd for CD (som ville inneholdt det faktum at ikke alle har førerkort), og brukt denne forutsetningen for 20 % av 15-19 åringene (resultatkode vgs18). Et slikt opplegg ville krevd at det ble opprettet egne losdatabolker for 16 og 17 åringene og for 18 åringene.


```

1 $skoedata data/sdat_5_skoleplasser_2aug_grk2020_v0.txt
2 Kjonnxalder data/sdat_1_bef_2020_dbh.txt
3 LosDataFil data/skomod_utils_v2_fra_omx.txt
4
5 Region_Fylker data/VGS_fylker.txt
6
7
8 Dparvgsk      -0.5000
9 Toleranse     0.0100
10 oppmote 0.82
11
12 CD_00      -2.60
13 CP_00      -2.73
14 PT_00       4.00
15 BK_00      -1.41
16 WK_00       0.97
17
18 losdata_bolker5_tot      4
19 losdata_bolker5_bruk     3
20 skoedata_bruk            3
21 resultatkode            vgs
22
23 bef_fra_gruppe_15_19      0.6
24 bef_fra_gruppe_15_19_mult 0.95
25
26 Output_Precision         3
27
28
29 #-- kalib
30 CD_00      -2.7439
31 CP_00      -3.3501
32 PT_00       3.8932
33 BK_00      -0.7098
34 WK_00       1.8921
35
36 #-- kalib
37 CD_00      -3.0387
38 CP_00      -3.7569
39 PT_00       3.7868
40 BK_00      -0.2777
41 WK_00       2.6155

```

4.6.1.3 Universitet/høyskole

Styrefilen for universitet/høyskoler er også veldig lik med de andre. Her brukes LoS-databolk nr. 4 fra skomod_utils.txt og kolonne nr. 4 fra skoedata, og resultatkode er univ.

```

losdata_bolker5_bruk  4
skoedata_bruk  4
resultatkode  univ

```

Her inngår 19 åringene (20 % av aldersgruppen 15-19) og 20-24 åringene samt aldersgruppen 25 – 29 år i befolkningsgrunnlaget. Sdat_8 inngår også som input til univ.exe. Her er det kolonne 8 som har data for tilflyttede studenter bosatt i hybelhus drevet av samskipnadene og kolonne 9 som inneholder tilflyttede studenter bosatt ellers (etter fordeling av potensielle studenter bosatt fra før i grunnkretsene).

```

bef_fra_gruppe_15_19      0.2
bef_fra_gruppe_20_24      1.0
bef_fra_gruppe_25_29      1.0

```

For aldersgruppen inntil 24 år er det bare ca. halvparten som er studenter, mens det for aldersgruppen 25-29 år er 16 % som studerer. Dette fremgår av *_mult-verdiene under. Merk imidlertid at disse tallene er beregnet ut fra hva IO oppgir som hovedbeskjeftigelse. Vi kjenner ikke omfanget av «bibeskjeftigelse student» blant de som oppgir yrkesaktiv som hovedbeskjeftigelse. Dette gir rom for justeringer på de andelene som oppgis her. For tilflyttede studenter er alle definert som studenter slik at tallene her ikke nedjusteres slik tallene for bosatte i Sdat_1 blir.

```

bef_fra_gruppe_15_19_mult  0.50
bef_fra_gruppe_20_24_mult  0.50
bef_fra_gruppe_25_29_mult  0.16

```

For skolereiser til universitet kunne det også vært splittet opp på egne kjøringer for hver aldersgruppe, hvor man eksempelvis kunne tatt høyde for stadig økende biltilgang med alder, reflektert ved lavere konstantledd for CD. Hvis det går en aldersgrense for studentrabatt for kollektivtransport et sted mellom 25 og 29 år, kunne man også i bedre grad fått reflektert dette.

```

1 Skoledata data/sdat_5_skoleplasser_2aug_grk2020_v0.txt
2 Kjonnnxalder data/sdat_1_bef_2020_dbh.txt
3 LosDataFil data/skomod_utils_v2_fra_omx.txt
4 sdat_8_ovrig data/sdat_8_ovrig_2020.txt
5
6 Region_Fylker data/UNIV_fylker.txt
7
8 Dparuniv -0.0800
9 #Dparuniv -0.12
10
11 CD_00 -0.62
12 CP_00 -3.01
13 PT_00 2.72
14 BK_00 -0.82
15 WK_00 1.81
16
17 losdata_bolker5_tot 4
18 losdata_bolker5_bruk 4
19 skoledata_bruk 4
20 resultatkode univ
21
22 bef_fra_gruppe_15_19 0.2
23 bef_fra_gruppe_20_24 1.0
24 bef_fra_gruppe_25_29 1.0
25
26 bef_fra_gruppe_15_19_mult 0.20
27 bef_fra_gruppe_20_24_mult 0.40
28 bef_fra_gruppe_25_29_mult 0.16
29
30 #bef_fra_gruppe_15_19_mult 1
31 #bef_fra_gruppe_20_24_mult 1
32 #bef_fra_gruppe_25_29_mult 1
33
34 oppmote 0.44
35 #oppmote 1
36
37
38 Output_Precision 6
39
40 #-- kalib
41 CD_00 -0.5747
42 CP_00 -3.4943
43 PT_00 2.5275
44

```

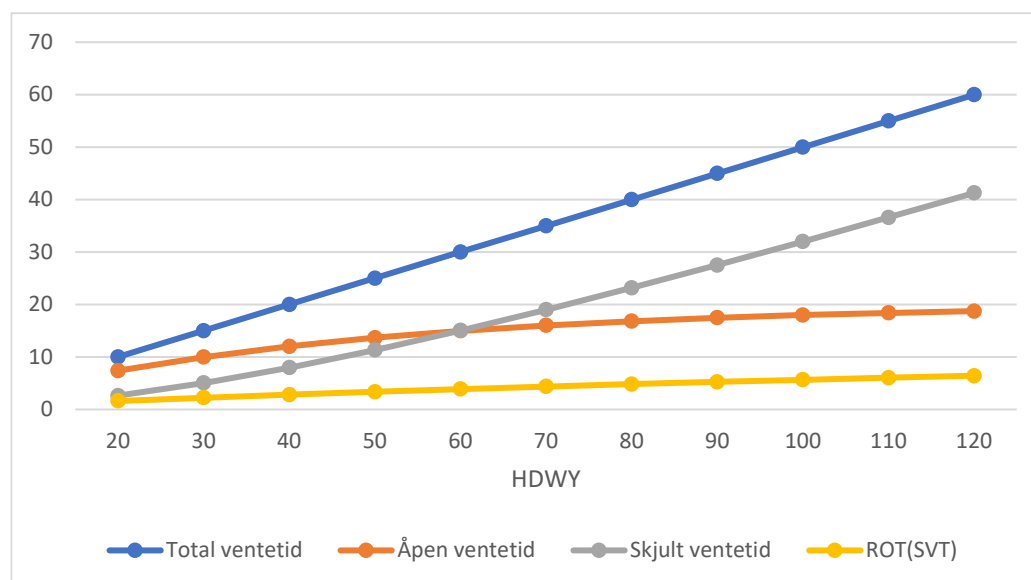
5 Andre forbedringer

5.1 Ferjeproblematikk innledningsvis

I estimeringen av modellsystemet og i den første koden som ble lansert i 2018 viste det seg å være en del rot og kluss når det gjelder behandlingen av ferjer i TB2/RTM. På forhånd var det meningen at ventetid på ferje skulle inngå med to komponenter, åpen ventetid (ÅVT) og skjult ventetid (SVT). Åpen ventetid skulle beregnes med formelen $\text{ÅVT} = 20(1 - e^{-0.023 \cdot \text{HDWY}})$ og skjult ventetid skulle være resten av total ventetid beregnet som $0.5 \cdot \text{hdwy}$, dvs. halve tiden mellom avgangene⁴¹. Figur 34 illustrerer hvordan skjult og åpen ventetid varierer med ulike avgangsfrekvenser slik det ble definert på forhånd.

Åpen ventetid varierer mellom 7 og 20 minutter avhengig av avgangsfrekvens. Denne benyttes uvektet i assignment (rutevalg) og inngår uvektet i kjøretid for bil, sammen med overfartstid for ferjer. Dette betyr at verken overfartstid eller åpen ventetid har noe ekstra vekt i forhold til «normal» kjøretid for bil i assignment eller etterspørselsmodellene i TB2, men at disse tidskomponentene likevel vil påvirke etterspørselen og ikke bare veivalget, hvis de endres. I tillegg var intensjonen at skjult ventetid skulle inngå i etterspørselsmodellen, men ikke som variabel i assignment. Tanken var her at det skulle estimeres vekter for skjult ventetid, som skulle kunne påvirke etterspørselen på ferjer, men ikke vegvalget.

Figur 34 Total ventetid ($\text{HDWY} \cdot 0.5$), åpen ventetid (ÅVT), skjult ventetid (SVT) og kvadratroten av skjult ventetid ($\text{ROT}(\text{SVT})$)



TB2 er en modell for regionale/daglige reiser. Brukere av ferjesamband i dagliglivet er nok veldig godt kjent med rutetabellene for de ferjer de skal benytte. Åpen ventetid for regionale reiser er trolig derfor lavere enn det formelen for åpen ventetid gir som resultat. I tilfellet betyr dette at det er en viss vekt for ulemper ved ferjer allerede innbakt i formelen, og denne vekten øker trolig med økt ventetid, fordi

⁴¹ Åpen ventetid er basert på en formel etablert av Tore Knudsen (1995) på data for faktisk ventetid etter avgangsfrekvens på 45 riksvegsamband. Formelen er: $\text{ÅVT} = 20(1 - e^{-0.023 \cdot \text{INT}})$ og gir en gjennomsnittlig åpen ventetid på 7 minutter ved avgangsintervaller på 20 min, på 15 minutter ved timesavganger og 19 minutter ved to timers avgangsintervall.

brukere av lavfrekvente samband trolig har bedre kjennskap til avgangstidene enn brukere av mer høyfrekvente samband. Her er tankerekken at ved høy avgangsfrekvens (3 avganger per time er vel maksimal avgangsfrekvens i Norge) ankommer brukerne av ferjesambandene forholdsvis tilfeldig til ferjekaien. Når avgangsfrekvensene synker, øker kjennskapen til rutetidene og brukerne ankommer ferjekaiene mer tilpasset avgangstidene. På fylkevegsamband er avgangsfrekvensene i gjennomsnitt vesentlig lavere enn gjennomsnittet på riksvegsamband. Vi tror at formelen benyttet for å beregne åpen ventetid på alle samband overvurderer verdien på samband der en stor andel av de reisende er godt kjent med fergetidene.

Problemet, både i estimering og implementering av modellene i TB2, bestod i at det var en misforståelse mellom personell som genererte LoS-data fra CUBE til estimeringen og personell som estimerte/implementerte modellene. Personell som genererte LoS-data la total ventetid ($0.5 \cdot HDWY$) i det datafelt som personell som estimerte/implementerte modellene oppfattet som skjult ventetid ($0.5 \cdot HDWY - 20(1 - e^{-0.023 \cdot HDWY})$). Dette ble først oppdaget da det nye modellsystemet ble kjørt for en delområdemodell for Møre og Romsdal fylke der skjult ventetid ble lagt inn i det aktuelle datafeltet som inneholdt total ventetid i estimeringsdataene. I denne modellen ble det i de første kjøringene alt for mye trafikk på ferjene, og vi ble dermed etter hvert oppmerksom på denne misforståelsen⁴².

5.1.1 Modeller for Tjenestereiser, Fritid, Hente/levere, Andre private, og Arbeidsplassbaserte reiser

Feilen omtalt i forrige avsnitt resulterte i en re-estimering av alle modellene i TB2. Her viste det seg at håndtering av skjult ventetid på ferjer var uteglemt som variabel i de tre modellene for private reisehensikter (fritid, hente/levere og andre private reiser), men det kom heller ikke signifikante resultater for endringene ut av re-estimeringen, verken for selve variabelen eller for øvrige koeffisienter. Det samme gjaldt for tjenestereiser og for arbeidsplassbaserte reiser. Dette indikerer at skjult ventetid på ferje, uavhengig av formulering/transformeringer av variabelen, ikke er avgjørende for omfanget av disse reisehensiktene (**alle med unntak for arbeidsreiser**) på ferjesambandene for den regionale trafikken. I hvert fall er det slik i det datasettet modellene ble estimert på.

Sannsynligvis er noe av årsaken til dette få observasjoner på ferjer i RVU2013/14 for disse fem reisehensiktene (**alle med unntak for arbeidsreiser**). Vurderingen ble derfor at skjult ventetid transformert, kunne legges inn som variabel for disse reisehensiktene uten å implementere de re-estimerte modellene. Hensikten med dette var delvis å innføre en kalibreringsmulighet for ferjer for disse 5 reisehensiktene.

Følgende uttrykk er implementert for disse 5 reisehensiktene⁴³:

$\text{frg_skjvent} \cdot (\text{SVT}^{\text{frg_skjvent_n}})$, hvor

- ✓ frg_skjvent = vektfaktor i forhold til reisetidskoeffisient i aktuell modell
- ✓ $\text{SVT} = \text{TVT} - \text{ÅVT} = \text{Total ventetid } (0.5 \cdot HDWY) \text{ minus åpen ventetid } (=20(1 - e^{-0.023 \cdot HDWY}))$
- ✓ frg_skjvent_n = eksponent hvor 0.5 tilsvarer kvadratroten.

De fire siste kolonnene (6-9) i Tabell 38 viser total ventetidsulempe for ferjer etter tid mellom avganger for ulike kombinasjoner av frg_skjvent og frg_skjvent_n . I lys av estimeringsresultatene⁴⁴ ble det verdiene (1, 0.5) som ble lagt inn i parameterfilene for de 5 aktuelle modellene. Ved total ventetid på 10

⁴² Modellene ble altså estimert på data der total ventetid var lagt inn i et datafelt der det i estimeringssammenheng egentlig skulle ligge skjult ventetid. I de modellene hvor skjult ventetid inngikk var altså variabelen egentlig total ventetid. På et ferjesamband med avganger hver time lå det derfor 30 minutter i det datafeltet der det i estimeringssammenheng skulle være knappe 10 minutter. For et slikt samband lå det i den første modellen som ble testet altså 10 minutter i datafeltet for skjult ventetid, mot 30 minutter i estimeringen. Dette medførte for høye trafikkvolumer på en god del ferjesamband i denne modellen.

⁴³ **Tjeneste, Fritid, Hente/levere, Andre private, og Arbeidsplassbaserte.**

⁴⁴ Alle modellene ble re-estimert med kvadratroten av skjult ventetid som variabel. For modellene fritid, hente/levere, private, og arbeidsplassbaserte reiser, gav re-estimeringen ingen utslag. For tjenestereiser ble den nye parameteren omtrent lik med parameteren for reisetid med bil.

minutter (kolonne 3 i tabellen) blir ulempen med verdier (1, 0.5) tilsvarende 9 minutters reisetid (kolonne 6). Ved total ventetid på 20 minutter blir ulempen med de samme verdiene tilsvarende 15 minutter. Det er noe forskjellige tidsverdier i de 5 modellene, slik at ulempen målt i kroner blir forskjellig mellom modellene.

Tabell 38 Total ventetidsulempe med ulike verdier for frg_skjvent og frg_skjvent_n

1	2	3	4	5	6	7	8	9
HDWY	Avganger per time	Total ventetid	Åpen ventetid	Skjult ventetid	$1*(SVT)^{0.5}$	$2.5*(SVT)^{0.5}$	$1*(SVT)^{0.8}$	$2.5*(SVT)^{0.8}$
20	3.0	10	7	3	9	11	10	13
30	2.0	15	10	5	12	16	14	19
40	1.5	20	12	8	15	19	17	25
50	1.2	25	14	11	17	22	21	31
60	1.0	30	15	15	19	25	24	37
70	0.9	35	16	19	20	27	27	42
80	0.8	40	17	23	22	29	29	48
90	0.7	45	17	28	23	31	32	53
100	0.6	50	18	32	24	32	34	58
110	0.5	55	18	37	24	34	36	63
120	0.5	60	19	41	25	35	38	68

Det er imidlertid forholdsvis lave ulemper knyttet til ventetid på ferjer i disse modellene, men dette er i tråd med estimeringen, og også i tråd med modellenes prediksjon av trafikkvolumer på ferjene. I kolonne 7-9 i tabellen vises ulemper for total ventetid med høyere verdier på de to parameterne som er involvert. Når man øker verdiene, går ferjetrafikken for de aktuelle reisehensiktene ned. Med verdier som i kolonne 9 er vår erfaring at ferjetrafikken blir alt for lav, spesielt på de lavfrekvente ferjesambandene.

5.1.2 Modellen for arbeidsreiser

Når det gjelder modellen for arbeidsreiser var imidlertid situasjonen ganske annerledes. Denne modellen ble opprinnelig estimert med en koeffisient for variabelen som ble oppfattet som skjult ventetid som gav en vekt på ca. 1.5 i forhold til tidskoeffisienten. Problemet var imidlertid at variabelen var total ventetid og ikke skjult ventetid, og siden åpen ventetid allerede inngår i kjøretid, inngår den åpne ventetiden da to ganger. Når modellen ble re-estimert på kvadratroten av skjult ventetid ble naturligvis vekt faktoren i forhold til kjøretid vesentlig høyere, med en faktor på ca. 10.

Estimeringsresultatene ble implementert litt annerledes for arbeidsreisene enn for de andre reisehensiktene:

$$dv7_FrgSve*(SVT^{frg_skjvent_n}), \text{ hvor}$$

dv7_FrgSve er en estimert parameter med tallverdi på -0.327 med en frg_skjvent_n på 0.5 (=kvadratroten av SVT). Her er det altså selve parameteren som inngår og ikke vekten i forhold til kjøretid som for de 5 øvrige reisehensiktene.

Tabell 39 under viser totale tidsulemper for ferjer (for skjult og åpen ventetid samlet), for arbeidsreiser (med koeffisient for kvadratroten av ventetid på -0.327 (estimert) og på -0.25 (kalibrert)) og øvrige reiser (=kolonne 6 i Tabell 38). For et samband som har HDWY på 20 minutter og total ventetid på 10 minutter, så blir åpen ventetid 7 minutter, skjult ventetid er 3 minutter og ulempen for arbeidsreiser tilsvarende 33 minutter med koeffisient på -0.327 og tilsvarende 27 minutter med koeffisient på -0.25. For øvrige reisehensikter blir ulempen kun 9 minutter (med forutsetninger som i kolonne 6 i Tabell 38) og 18 minutter i NTM6 (i NTM6 vektet både ventetid og overfartstid med 1.8 i forhold til kjøretid).

For et samband som har HDWY på 60 minutter og total ventetid på 30 minutter blir både skjult og åpen ventetid på 15 minutter, mens ulempen for arbeidsreiser tilsvarende 77 minutter med koeffisient på -

0.327, 63 minutter med koeffisient på -0.25, og 19 minutter for øvrige reiser. I NTM6 tilsvarer ventetidsulempen i dette tilfellet 54 minutter.

Tabell 39 Total ventetidsulempa for arbeidsreiser og øvrige reiser i RTM og for alle reiser i NTM6

HDWY	Avganger per time	Total ventetid	Åpen ventetid	Skjult ventetid	RTM – Arbeid (-0.327)	RTM – Arbeid (-0.25)	RTM – Øvrige	NTM6 (+1.8*overfart)
20	3.0	10	7	3	33	27	9	18
30	2.0	15	10	5	46	38	12	27
40	1.5	20	12	8	58	47	15	36
50	1.2	25	14	11	68	55	17	45
60	1.0	30	15	15	77	63	19	54
70	0.9	35	16	19	86	70	20	63
80	0.8	40	17	23	94	76	22	72
90	0.7	45	17	28	102	82	23	81
100	0.6	50	18	32	109	88	24	90
110	0.5	55	18	37	116	93	24	99
120	0.5	60	19	41	122	98	25	108

Forskjellen i ulempene mellom regionale arbeidsreiser og øvrige reiser er forholdsvis stor, men også et resultat av re-estimeringen av disse modellene. Hovedårsaken til at arbeid med re-estimering ble iverksatt var misforståelsen i variabelinnholdet i LoS-data ved opprinnelig estimering. Etter re-estimering av samtlige modeller, ble det gjort korrigerings i kode og testing av resultater. Testingen tydet på at den estimerte koeffisient på -0.327 gir en ulempe som er i høyeste laget når det kommer trafikkvolumer for regional trafikk på ferjesambandene i de modellområdene hvor dette ble testet (derav en kalibrert koeffisient for arbeidsreiser på -0.25), og samtidig at forutsetningene angitt i kolonne 6 i Tabell 38, i hvert fall ikke gir for store volumer fra de øvrige reishensiktene på de fleste sambandene.

Det som gjør denne avveien litt vanskelig er forholdet mellom regional- og langdistansetrafikk på de ulike ferjesambandene. Vi vet ikke helt om langdistansetrafikk fra NTM6 på ferjesambandene er helt presis, og dermed heller ikke hva nivået for den regionale trafikken skal være. I regionale modeller og i dom-er som har ferjesamband bør derfor tematikken vies litt oppmerksomhet når modellene skal kalibreres.

5.1.3 Diskusjon

Det er ubehagelig store forskjeller mellom ferjeulempene for arbeidsreiser og for øvrige reisehensikter, og for så vidt også noe høye ferjeulempen i NTM6. I en diskusjon rundt denne problematikken kan det være gunstig å skille mellom mulige «estimeringstekniske årsaker» til dette og «adferdsmessige årsaker».

Når det gjelder estimeringstekniske årsaker kan man først peke på at det for alle reisehensikter er relativt få observasjoner i RVU (estimeringsgrunnlaget) som har benyttet ferje. Eksempelvis er Møre og Romsdal et forholdsvis stort «ferjefylke» både målt i antall ferjestrekninger (100 stk. dvs. 20 % av ferjestrekningene i Norge) og i ÅDT på ferjestrekningene (ÅDT ca. 13500 kjt, ca. 40 % av ferjetrafikken i Norge). Fylket har en befolkningssmengde på ca. 285000 innbyggere over 13 år og det gjennomføres anslagsvis 900000 daglige reiser gjennomført av disse. Andelen reiser som bilfører på ferjesamband blir dermed i størrelsesorden 1 % i fylket, og for 1000 respondenter i RVU trukket ut fra dette fylket vil vi veldig grovt beregnet kunne oppnå ca. 10 reiser som bilfører som involverer ferjesamband⁴⁵. Hovedtyngden av den norske befolkningen er bosatt i Østlandsområdet og i områder ellers der ferjesamband er fraværende i dagliglivets reiser. Man får derfor få observasjoner som har benyttet ferjer i RVU-materialet.

⁴⁵ I estimeringsgrunnlaget var det i underkant av 1000 respondenter trukket ut fra dette fylket.

Som vi har vært inne på i teksten over gir få observasjon på ferge noe upresise estimater, og dermed litt rom for å justere noe på ulempene i forbindelse med kalibrering. For arbeidsreiser gav både opprinnelig estimering og re-estimeringene svært signifikante resultater og dessuten svært høye ulemper for ferjer, som vi kan se i Tabell 39 over, på tross av et beskjedent antall observasjoner på ferjer. Når det gjelder arbeidsreiser er det slik at disse normalt vil utnytte de rabattene som finnes (forhåndsbetalt ferjekort/autopass for ferjer) i vesentlig høyere grad enn for de fleste andre reisehensikter, slik at gjennomsnittsprisene betalt av reisende til/fra arbeid er en del lavere enn gjennomsnittsprisene for øvrige reisehensikter⁴⁶. Det er også et skattefradrag for kostnader knyttet til ferjer som slår inn for ferjereiser, men naturlig nok ikke for arbeidsreiser uten bruk av ferjer.

I tillegg er det slik at i estimering av denne type modeller, så vil reisetider og reisekostnader være forholdsvis høyt korrelert, og da vil forhold som bryter opp denne korrelasjonen normalt få stor betydning, spesielt hvis den påvirker den observerte etterspørselen i RVU-grunnlaget. Vi kan ikke helt utelukke at det er dette som «slår inn» for skjult ventetid på ferje for arbeidsreiser, spesielt med tanke på at arbeidsreisene i gjennomsnitt vil ha lavere kostnader knyttet til ferjer enn øvrige reiser. Skjult ventetid og kostnader knyttet til ferjer opptrer jo samtidig.

Når det gjelder mulige adferdsmessige årsaker til forskjeller i ferjeulemper mellom arbeidsreiser og øvrige reiser i TB2/RTM, så vil vel dette være knyttet til hvor lett/vanskelig det er å tilpasse ønsket ankomsttidspunkt til ferjeavgangene og hvor lett/vanskelig det er å utnytte den skjulte ventetiden til noe «fornuftig». Det kan vel hevdes at det vil være lettere å tilpasse de private reisehensiktene (fritid og andre private) til ferjeavgangene, og også at det vil være mindre ulemper knyttet til skjult ventetid for disse reisehensiktene enn for arbeidsreiser på ferjer. Til slutt kan vi bemerke at formelen for åpen ventetid, i hvert fall for ferjesamband med mye lokaltrafikk, kan overdrive åpen ventetid noe. Hvis dette er tilfellet så vil det ligge noe ekstra ulempe i denne variabelen som altså inngår uten vekting i reisetid med bil.

Det kan kanskje hevdes at andre typer empiriske studier, som verdsettingsstudien, som gjennomføres i Norge med jevne mellomrom, er bedre egnet til å estimere ulemper for ferjer. I SP-analyser kan man i stor grad sørge for at korrelasjon mellom reisetidskomponenter og kostnadskomponenter ikke får særlig betydning for estimeringsresultatene. Men man vil ha den samme utvalgsproblematikk i disse analysene som vi har i de nasjonale reisevaneundersøkelsene knyttet til rekruttering av respondenter som faktisk har benyttet ferjesamband i sin rapporterte utgangsreise. Det er anslagsvis bare ca. 35000-40000 bilfører-reiser (ÅDT) på ferjesambandene i Norge, og sammenliknet med totalt antall reiser som gjennomføres i Norge, er dette et forsvinnende lite antall. Rapportering fra respondenter fra eksempelvis Kongsvinger eller Oslo kan ikke benyttes med troverdighet til å estimere ferjeulemper representative for mer hyppige ferjebrukere.

Verken i RTM eller i NTM6 kan vi imidlertid legge inn ferjeulemper fritt basert på andre empiriske studier. Vi må ha ulemper som tilnærmet gir et riktig totalnivå for ferjetrafikken på hver enkelt ferjestrekning i modellene, og også en fornuftig fordeling mellom daglige reiser (RTM) og lange reiser (NTM6). I tillegg er det jo svært ønskelig at modellene (både RTM og NTM6) skal gi rimelige estimater på endringer i trafikk ved endringer av ferjetilbud og ved ferjeavløsninger. Her kan det være konflikter mellom det «å treffe» i dagens situasjon, og det å få «rimelige» effekter på etterspørselen. Her kan testing bidra til mer forståelse.

Ryfast er eksempelvis et prosjekt hvor det er mulig å gjennomføre tester knyttet til TB2 nå som vi har bedre kjennskap til de faktiske effektene av tiltaket, og hvordan det endelige tilbudet har blitt (bompengesatser, evt opprettholdt fergetilbud, og kollektivtilbud). De tidligere prognosene med RTM ble gjennomført med eldre versjoner av tramod, men treffer likevel brukbart på trafikkvolumene. Covid, krig, strømkrise og elbilutviklingen bidrar til å forstyrre bildet noe, i tillegg til faktisk transporttilbud som

⁴⁶ Merk at vanlig AutoPass etter dagens regler (f.eks. etablert i forbindelse med en bypakke lokalt eller i forbindelse med bombetaling på vegprosjekter generelt) kun gir 10 % rabatt på ferjer. Man må opprette en egen avtale for AutoPass for ferjer, hvor man betaler inn 3500 kr i forhåndsbetaling, for å kunne oppnå 50 % rabatt på ferjesambandene. Vi vil tro at de fleste som reiser hyppig med ferjer har en slik avtale, som både omfatter elbiler og fossile kjøretøy.

er realisert etter åpningen. Likevel er dette et eksempel på et ferjeavløsningsprosjekt som det bør kunne testes på i forbindelse med de usikkerheter som finnes i dagens TB2.

Tidligere ble det gjennomført såkalte ferjeundersøkelser på et varierende utvalg av ferjesambandene i Norge, som kunne bidra til å etablere fordelinger mellom daglige reiser og langdistanse reiser. Informasjon om denne fordelingen er i tillegg til totalnivåene, avgjørende for å kunne si noe om dette.

I parameterfilene for TB2/RTM som blir distribuert fra SINTEF ser vi at det er lagt inn kvadratroten av skjult ventetid for alle reisehensikter, en koeffisient på -0.327 for `dv7_FrgSve` for arbeidsreiser og en vektfaktor på 1.5 for kvadratroten av skjult ventetid i forhold til øvrig reisetid for alle de andre reisehensiktene (enn arbeidsreiser). Vi er ikke kjent med om man i noen regioner/delområdemodeller har endret på disse forutsetningene. Gitt de forhold som er påpekt over, er det rom for justering av disse parameterne hvis det kan forbedre trafikkvolumene for ferjer som produseres av modellene.

5.2 Destinasjonskalibrering for arbeidsreiser

Antall arbeidsplasser i destinasjonssoner styrer i utgangspunktet nivået på antall arbeidsreiser til hver grunnkrets i et modellområde, men det er ingen garanti for at TB2 fyller opp arbeidsplassene med et «passende» antall arbeidsreiser. RVU-data fra estimeringen (RVU2013/14) antyder at «oppmøteprosenten» i gjennomsnitt ligger et sted mellom 70 % og 80 % på virkedager.⁴⁷ Årsaken til 20 -30 % «fravær» skyldes sykdom/sykemeldinger, barns sykdom, skift/turnus/deltidsarbeid, langpendling/hjemmekontor, etc. I en av de første versjonene av TB2 etter lanseringen i 2018 ble det derfor lagt til rette for destinasjonskalibrering for arbeidsreisene som kort beskrevet under.

Arbeidsreisemodellen i TB2 har i utgangspunktet ingen mekanisme for avstemming av antall arbeidsreiser mot antall arbeidsplasser. Det betyr at det for soner med spesielt god tilgjengelighet i transportnettverket og/eller med mange bosatte i umiddelbar nærhet kan beregnes et antall arbeidsreiser som er urimelig høyt. Eller i motsatt fall, at grunnkretser som "ligger dårlig til" ikke attraherer nok arbeidsreiser til å fylle opp arbeidsplassene med en rimelig brøk.

For å gi en mulighet til å holde antall arbeidsreiser pr arbeidsplass innenfor et rimelig intervall ble det tidlig i 2019 implementert en automatisert justeringsprosedyre i TB2. Denne prosedyren tar utgangspunktet i gjennomsnittlig oppmøteprosent, sammen med en verdi for hvor mange prosentpoeng avvik som tillates fra dette gjennomsnittet. Det beregnes så et geografisk varierende konstantledd som adderes til nyttefunksjonene, i forbindelse med destinasjonsvalg. Gjennomsnittlig oppmøteprosent (modellberegnet i motsetning til oppmøteprosent fra RVU nevnt tidligere) kvantifiseres som antall arbeidsreiser generert av de bosatte i modellområdet (fra rammetall) dividert med antall arbeidsplasser i modellområdet (fra sonedatafil). La oss kalle dette tallet G. La F være forholdstallet arbeidsreiser/arbeidsplasser i en sone. Justeringsrutinen vil i praksis jobbe mot å redusere høye F ned mot verdien G pluss en toleranse T, og lave F opp mot verdien G minus T. Det betyr at tendensen til høye og lave F til en viss grad vil beholdes, men F vil falle innenfor ønsket intervall.

⁴⁷ Merk: Dette er data som er 10 år gamle fra før pandemi og de senere års energiturbulens, medvirkende til at arbeidsgivere/takere trolig har større tilbøyelighet til bl.a. å akseptere hjemmekontor per i dag.

5.3 Produktsummen

Gjennom den testing som ble gjennomført i en tidlig fase etter lanseringen av TB2/RTM i 2018, ble det avdekket at nyvinningen i modellsystemet kalt «Produktsummen for utdanning» ikke fungerte helt som tiltenkt. I Sdat_3 har vi data for andelen av yrkesaktive etter bosted og arbeidssted, med lav (ALU, grunnskole, videregående skole), medium (AMU, høyskole/universitet inntil 4 år), og høy (AHU, universitet over 4 år) utdanning i grunnkretsene. Tanken bak produktsummen var at formelen:

$$ALU_b * ALU_a + AMU_b * AMU_a + AHU_b * AHU_a \quad (b=\text{bostedssone}, a=\text{arbeidsstedssone})$$

ville produsere et tall som var høyere dess mer lik utdanningsprofilen i en bostedssone var utdanningsprofilen i alternative arbeidssoner, og dermed trekke opp antall reiser mellom bostedssoner og arbeidssoner med en lik utdanningsprofil. Produktsummen ble inkludert som destinasjonsvariabel i modellene for arbeidsreiser, tjenestereiser og arbeidsplassbaserte reiser, og meningen var altså å inkludere noe mer enn totalt antall arbeidsplasser som destinasjonsvariable i disse modellene. Håpet var å bidra til å forklare destinasjonsvalget bedre. I estimeringen så vi også at forklaringskraften økte når variabelen ble inkludert, og spesielt for arbeidsreiser, hvor variabelen gjennom en svært signifikant parameter (t-verdi på 29) bidro til en markant forbedring av log-likelihood verdien til modellen når den ble inkludert. Det er vel for så vidt for arbeidsreiser en slik variabel også er mest relevant.

Konseptet om en produktsum for utdanning ble klekket ut gjennom anvendelse av bl.a. RVU-data på en liten minimodell for arbeidsreiser. Testingen viste at dette kunne bidra til å forklare destinasjonsvalget for arbeidsreiser bedre enn ved kun å inkludere totalt antall arbeidsplasser. F.eks. ved at destinasjonsvalget fra soner med høy andel høyt utdannede bosatte i større grad gikk til soner med høy andel arbeidsplasser besatt av høyt utdannede. Det viser seg imidlertid at produktsummen for utdanning egentlig gir best verdier når det i gjennomsnitt er en forholdsvis lik fordeling på de tre nivåene for utdanning. Når det gjelder bosatte er andelene i RVU2013/14 (estimeringsgrunnlaget for modellene i TB2) hhv. 49 %, 31 % og 20 % på lavt, medium og høyt utdanningsnivå blant yrkesaktive, mens andelene fra registerdata, som modellene kjøres på, er hhv. 69 %, 23 % og 9 % for de samme nivåene. Det er altså forholdsvis store forskjeller mellom RVU-data og registerdata når det gjelder fordelingen på utdanningsnivåer i Norge.

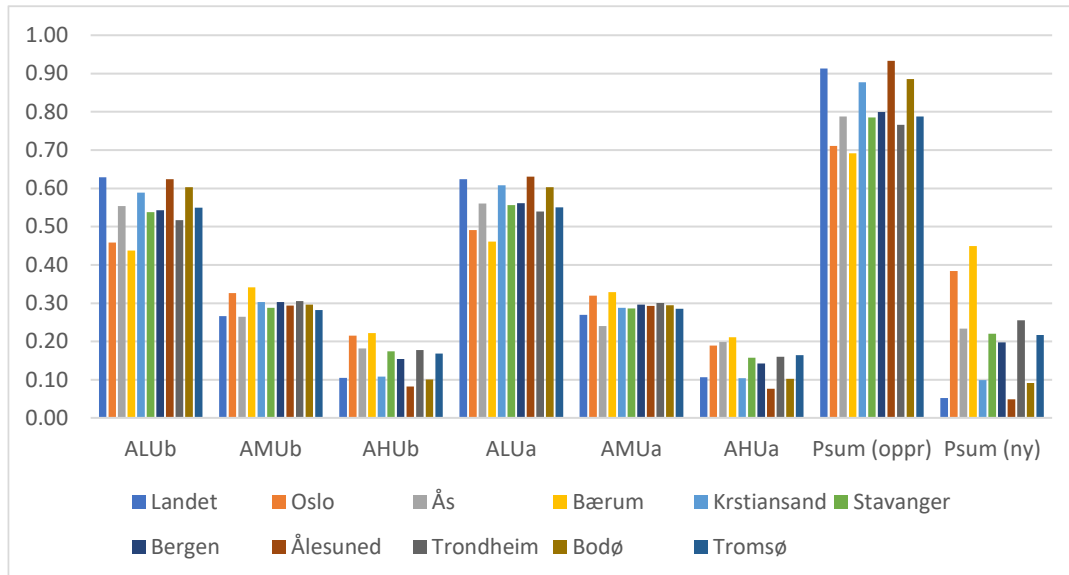
Dette var et forhold ved RVU-data vi ikke var oppmerksom på verken i estimeringsarbeidet eller i den senere implementeringen og uttestingen av modeller i praksis. Når fordelingen på utdanningsnivåene er såpass ulik i datamaterialet modellene kjøres på (registerdata) og i estimeringsgrunnlaget (RVU), viser det seg at andelen med lav utdanning blir dominerende i produktsummen slik at den blir spesielt høy der det er en høy andel lavt utdannede yrkesaktive. Dette fremgår tydelig av Figur 35 under, hvor andelene, etter bosted og arbeidssted, er aggregert over grunnkretser i utvalgte kommuner.

Den nest siste søylegruppen til høyre i figuren viser verdier for opprinnelig formulering av produktsummen (første modellversjon) for utdanningsnivå, riktignok på kommunenivå og ikke på grunnkretsnivå, slik variabelen inngår i TB2-modellene. Figuren viser situasjonen for arbeidsreiser. Vi ser at andelene av befolkningen med lavt utdanningsnivå etter bosted og arbeidssted varierer en god del mellom de utvalgte kommunene, at andelene med medium utdanningsnivå er mer likt, mens andelene med høyt utdanningsnivå varierer prosentvis mest. Vi ser også at den opprinnelige produktsummen i forholdsvis stor grad varierer i takt med andelene med lavt utdanningsnivå i alle de utvalgte kommuner.

Bærum er eksempelvis en kommune med relativt høyt utdanningsnivå blant de yrkesaktive, mens Ålesund kommune har et gjennomgående lavere utdanningsnivå blant yrkesaktive enn landsgjennomsnittet. Produktsummen i Bærum blir lavest, og produktsummen i Ålesund blir høyest. Som nevnt brukes ikke produktsummen på kommunenivå, men mellom grunnkretser. På grunnkretser varierer andelene både etter bosted og arbeidssted noe mer, men vi får de samme effekter, dvs.

gjennomgående høy produktsum der andelen av befolkningen etter bosted og arbeidssted er forholdsvis høy.

Figur 35 Andeler yrkesaktive (A) etter lavt (LU) medium (MU), og høyt (HU) utdanningsnivå og etter bosted (b) og arbeidssted (a) i utvalgte kommuner, med tilhørende opprinnelig og ny «produktsum» (kilde: Sdat_3, hvor grunnlaget er levert av SSB)

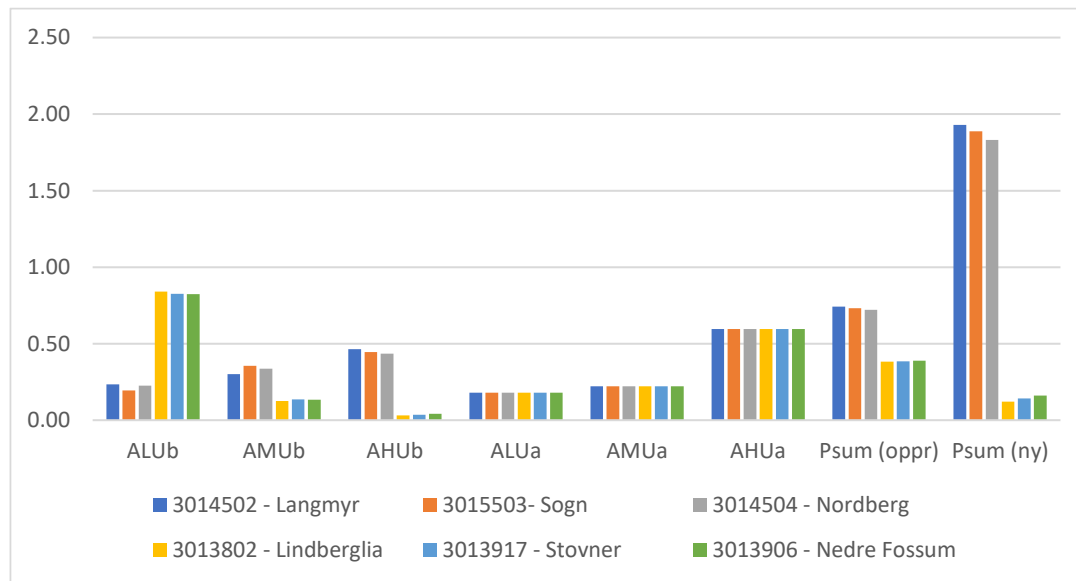


Intensjonen med produktsummen var altså å få en variabel som var høy ved god match i utdanningsnivået mellom bosted og arbeidssted, men den skjeve fordelingen vi har mellom utdanningsnivåene gir en skjevfordeling mot god match for lav utdanning og ikke nødvendigvis for en samlet god match mellom områder. I utgangspunktet gav derfor «produktsummen» ikke det forventede løftet når det gjelder presisjon i destinasjonsvalg for spesielt arbeidsreiser, men også for tjenestereiser og arbeidsplassbaserte reiser hvor variabelen også inngår. Disse modellene ble derfor re-estimert og denne gangen med egne koeffisienter for hvert enkelt produkt. Produktsummen er altså fortsatt med i de re-estimerte modellene, men med egne vekt faktorer for lav, medium og høy utdanning.

Den siste søylegruppen til høyre i figuren viser den nye produktsummen for utdanningsnivå på kommunenivå for de utvalgte kommunene som inngår. Som vi ser, blir effektene her diametralt motsatt i forhold til det den opprinnelige formuleringen gav. Utslagene blir prosentvis noe større, men totaleffektene blir også noe lavere. I kommuner som Oslo og Bærum hvor andelen med medium og høyt utdanningsnivå blant yrkesaktive er høye, får vi nå også de høyeste produktsummene.

Figur 36 under gir et eksempel på hvordan endringene i produktsummen blir fra opprinnelig modell til re-estimert (ny) modell fra 6 utvalgte grunnkretser i Oslo til Blindern, hvor det ifølge datagrunnlaget er nær 9000 arbeidsplasser fordelt med 18 % på lav utdanning, 22 % på medium utdanning, og 60 % på høy utdanning. Bostedsgrunnkretsene har mellom 300 og 1000 yrkesaktive bosatte, hvor de første 3 grunnkretsene har blant Oslos høyeste utdanningsnivå og de tre siste har blant Oslos laveste utdanningsnivå blant de yrkesaktive. Figuren viser at den opprinnelige produktsummen gir bedre match for de 3 første grunnkretsene til Blindern enn for de tre siste (høyere søyler), men at forskjellene er forholdsvis små. I den re-estimerte modellen får vi en vesentlig større forskjell i match mellom de tre første og de tre siste bostedsgrunnkretsene (de tre siste grunnkretsene får dårligere match), og et tillegg i destinasjonsvalget som er mer enn 10 ganger større med ny produktsum. Det er her verdt å påpeke at kvaliteten på transporttilbudet også er avgjørende for hvor mange reiser fra bostedssoner med ulikt utdanningsnivå som ender opp på Blindern.

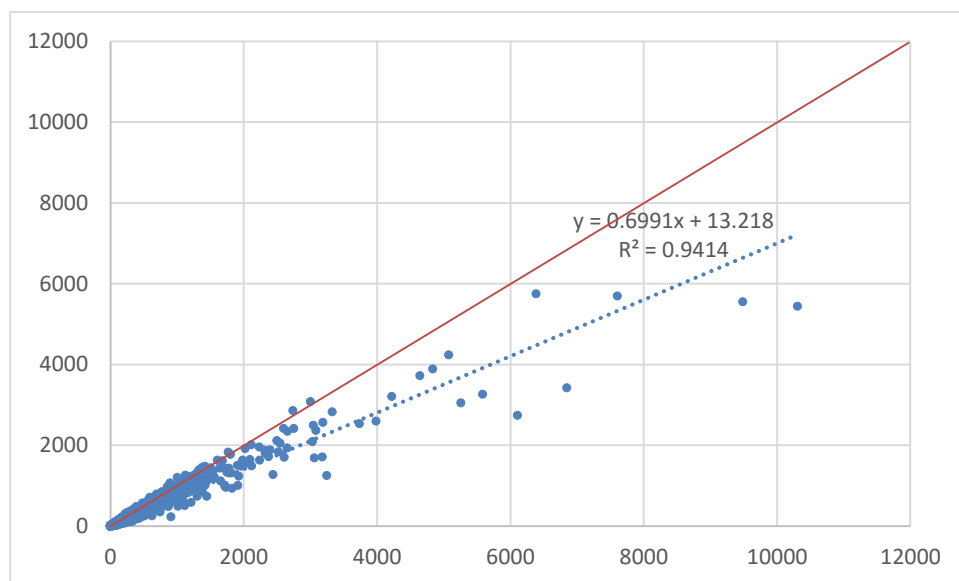
Figur 36 Andeler yrkesaktive (A) etter lavt (LU) medium (MU), og høyt (HU) utdanningsnivå etter bosted (b) i utvalgte grunnkretser i Oslo, **til grunnkrets Blindern (a)**, med tilhørende opprinnelig og ny «produktsum» (kilde: Sdat_3, hvor grunnlaget er levert av SSB)



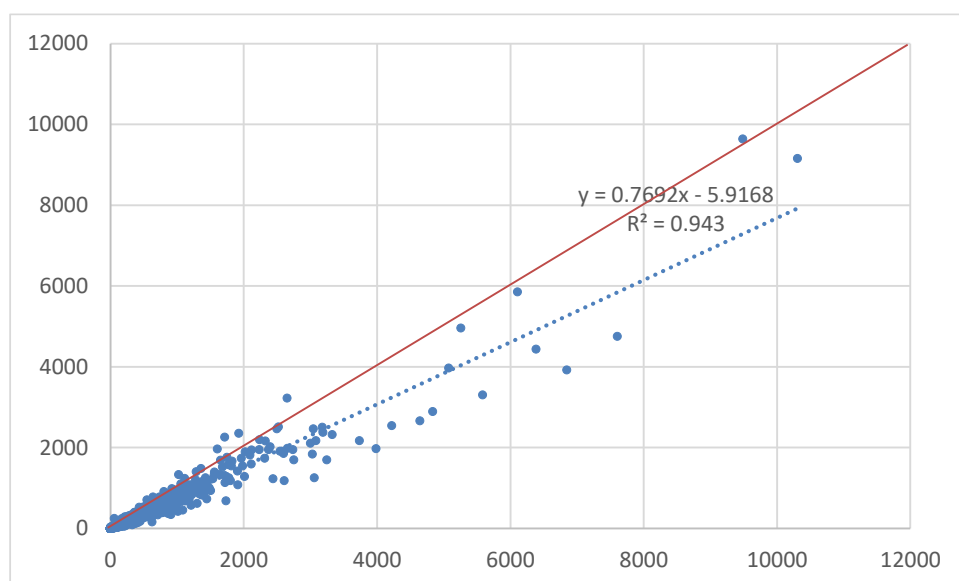
De nye modellene omtalt over ble implementert i en ny kildekode og sammenliknet med resultatene fra versjonen med den opprinnelige produktsummen implementert, når det gjelder attraksjonen/destinasjonsvalget for arbeidsreiser. Dette ble bl.a. gjort i en modellvariant for region vest. De to påfølgende figurene viser graden av «treff» når det gjelder arbeidsreiser (langs y-aksen) mot arbeidsplasser (langs x-aksen) for de to modellvariantene. Det er nesten umulig å avgjøre hvilken av de to modellvariantene som treffer best på antall arbeidsplasser, men det er grunn til å tro at versjonen med ny produktsum stemmer bedre overens på OD-nivå. Modellen med ny produktsum i Figur 38 har litt høyere R^2 enn modellen med opprinnelig produktsum.

Dette indikerer ganske sterkt at det ikke kun er match når det gjelder utdanningsnivået som spiller inn når personer på mikronivå velger arbeidsplass/arbeidssted. Fagfelt, bransje og næring, i tillegg til en lang rekke faktorer på individnivå, er forhold som i stor grad spiller inn i dette bildet. Destinasjonskalibrering, som beskrevet i forrige avsnitt, ble innført ganske tidlig i TB2 for å få en bedre overenstemmelse mellom antall arbeidsplasser og antall reiser til disse i hver grunnkrets som inngår i et modellområde. Figurene under antyder, som nevnt over, at det ikke er fullstendig «markedsklarering» i noen av variantene når slik destinasjonskalibrering ikke er gjennomført.

Figur 37 Destinasjonsvalg for arbeidsreiser i modell med opprinnelig produktsum (region Vest). Arbeidsplasser langs x-aksen og arbeidsreiser langs y-aksen.



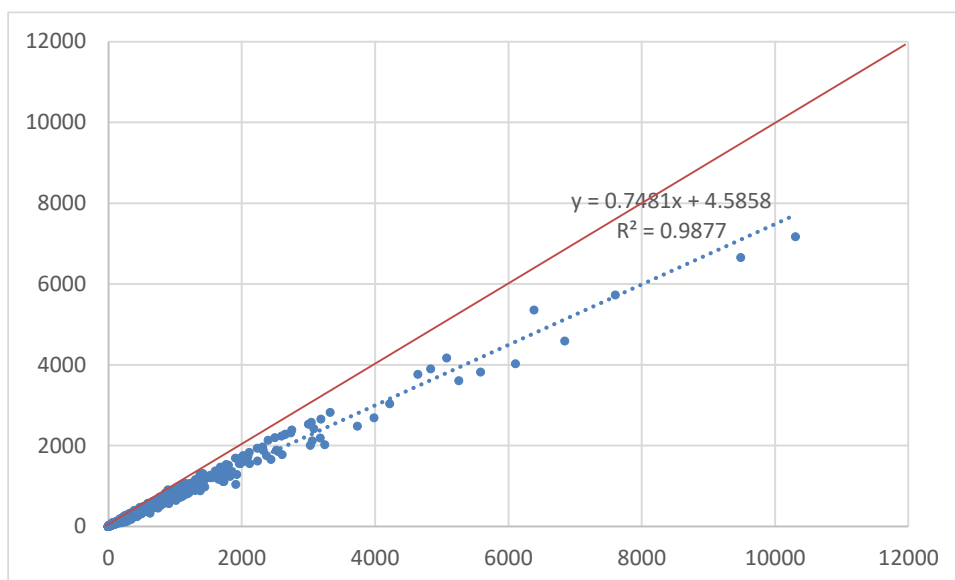
Figur 38 Destinasjonsvalg for arbeidsreiser med ny produktsum (region Vest). Arbeidsplasser langs x-aksen og arbeidsreiser langs y-aksen.



Og det er her destinasjonskalibreringen kommer inn som et hjelpemiddel, om ikke for å «klarere arbeidsmarkedet», så i hvert fall for ikke å få alt for få, eller alt for mange arbeidsreiser til sonene. Denne kalibreringen etablerer et konstantledd per destinasjon som kan tolkes som en ekstra nytte, eller ulempe, som må til i destinasjonsvalget for arbeidsreiser for å treffe bedre mot antall arbeidsplasser i sonene totalt sett. Det tas utgangspunkt i forholdet mellom antall arbeidsreiser i rammetallene og totalt antall arbeidsplasser i modellområdet, og det kalibreres bare på destinasjoner som faller utenfor et visst usikkerhetsspenn rundt dette forholdstallet. Denne kalibreringen ser altså bare på totalt antall arbeidsreiser til sonene og justerer disse i retning av antall arbeidsreiser per arbeidsplass, mens produktsummen i større grad også justerer på arbeidsreisene per OD-par. Gjennom destinasjonskalibreringen for arbeidsreiser for vi for mange destinasjoner et ekstra konstantledd i destinasjonsvalget som kommer inn i tillegg til produktsummen, men siden produktsummen også varierer mellom bostedssoner, så vil forskjeller mellom soner langs denne dimensjonen i stor grad bli bevart.

Figur 39 viser destinasjonsvalget for arbeidsreiser med ny produktsum, hvor det også er gjennomført destinasjonskalibrering for arbeidsreisene. Forholdet mellom totalt antall arbeidsreiser fra rammetallene og totalt antall arbeidsplasser var her 0.78, og vi ser at oppmøtet per arbeidsplass dras inn mot dette tallet hensyn tatt til «feilmarginen» som i dette eksempelet er satt til +/- 5 %.

Figur 39 Destinasjonsvalg for arbeidsreiser med ny produktsum (region Vest), med destinasjonskalibrering for arbeidsreiser. Arbeidsplasser langs x-aksen og arbeidsreiser langs y-aksen.



I fremstillingen over er det fokusert på arbeidsreisene hvor produktsummen vel kan hevdes å være mest relevant. Modellene for bostedsbaserte tjenestereiser og arbeidsplassbaserte reiser inneholder også denne variabelen, og disse ble også re-estimert med egne koeffisienter for enkeltproduktene når dette arbeidet pågikk. Det er de re-estimerte modellene som per i dag er implementert.

For de bostedsbaserte tjenestereisene hadde produktsummen i utgangspunktet en koeffisient på ca. 1. I reestimeringen fikk produktet for lav utdanning omtrent samme koeffisient mens produktet for høy utdanning fikk en koeffisient på omtrent 2. Produktet for medium utdanning fikk en koeffisient på nær 0 som dessuten ikke ble signifikant. Slik dette er implementert vil det være en svak tendens til at sonepar med god match når det gjelder lav og høy utdanning får høyere attraksjon for tjenestereiser, mens medium utdanning betyr lite.

For de arbeidsplassbaserte turene kan vi først påpeke at ca. 60 % av disse er tjenestereiser og at de resterende 40 % har en privat reisehensikt. I opprinnelig estimering fikk produktsummen en koeffisient på ca. 0.4 og den var bare svakt signifikant, men ble likevel tatt med. I reestimeringen fikk produktet for lav utdanning en koeffisient på ca. 0.7 og de to andre produktene koeffisienter på nær 0, som heller ikke var signifikante. I implementeringen vil det her være slik at OD-par⁴⁸ med høy match for lav utdanning vil gi et forholdsvis lite tillegg i attraksjon, mens de to andre utdanningsnivåene ikke vil gi noe særlig bidrag til ekstra attraksjon.

5.4 Raskere beregninger ved reduksjon av valgsettet

I perioden etter opprinnelig lansering av TB2 i 2018 er det stadig tilført nye aspekter som medfører noe økt beregningstid. Segmenteringen på drivstofftype (elbiler, hybride, fossile kjøretøy) kan nevnes som

⁴⁸ For de arbeidsplassbaserte turene benyttes fordelingen på utdanningsnivå på arbeidsplassene både for O og D fordi disse turene starter på arbeidsplassen

hovedårsak i denne forbindelse. Når vi går opp i beregningstid, vil de største og kanskje viktigste modellene, med mest detaljert soneinndeling (modeller som inkluderer Oslo/Akershus og de tre-fem andre store byene i Norge, samt de fem regionale modellene), lide mest under dette. Det er nemlig bl.a. antallet «nabo-soner», dvs. antallet tilgjengelige destinasjoner for hver bostedssone, som er bestemmende for hvor lang tid en beregning med TB2 tar. Parallelt med arbeidet med å tilføre nye aspekter til TB2, er det derfor også arbeidet med metoder for å få ned beregningstidene⁴⁹.

Det er selvfølgelig viktig med detaljerte nettverk og detaljert soneinndeling. Ulempen er imidlertid at antall nabo-soner innenfor 70 km⁵⁰, også øker. I en delområdemodell for Agder-fylkene som brukes som eksempel inntil videre, er det 1923 soner totalt hvorav 1460 i kjerneområdet og 423 i randområdet. Dette gir ca. 3.7 mill. mulige sonerelasjoner, men avstandsgrensen på 70 km reduserer antallet til ca. 700000. Blant disse 700000, er det bare ca. 450000 som får reiser mellom seg (regnet med 3 desimaler). Blant disse igjen, får ca. 100000 sonerelasjoner et totalt antall reiser på mellom 0.001 reiser per døgn og 0.01 reiser per døgn (mellom 0.365 og 3.65 turer per år). Samlet er det snakk om 400 reiser per døgn som altså er pulverisert over 100000 sonerelasjoner.

Hensikten med å omtale disse tallene er å synliggjøre hvor enormt stort potensiale det er for å redusere antall sonepar det er nødvendig å regne på. En måte å gjøre dette på, er å redusere antall sonepar som «skrives» til LoS-data. Dette var et spor som ble fulgt innledningsvis i arbeidet. Her måtte vi imidlertid finne en metodikk hvor det er en viss dynamikk i dette. Hvis man begrenser antall sonepar det skal regnes på, eksempelvis med antall reiser > 0 i en referansesituasjon, så kan det være at man legger inn tiltak i nettverket som gjør at det tilkommer reiser på nye sonepar som ikke hadde reiser i referanse. Dette vil man ikke få hvis LoS-data for slike sonepar ikke er med.

Vi kom frem til at man bør etablere en forenklet MD-modell, hvor man kan regne ut forenklede destinasjonsvalgs-sannsynligheter. Basert på størrelsen på disse sannsynlighetene kan man etablere kriterier for å avgjøre hvilke sonerelasjoner det skal skrives ut LoS-data for og hvilke sonerelasjoner som får så lave forenklede destinasjons-sannsynligheter at de kan droppes.

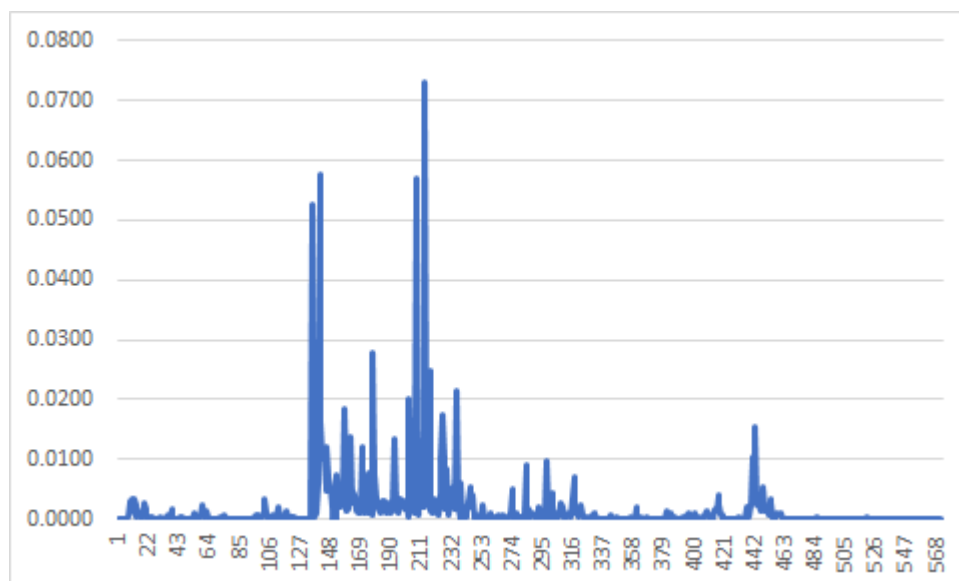
Figuren under viser fordelingen av reiser⁵¹ fra en tilfeldig valgt grunnkrets i sørlige region sør til alle 571 destinasjoner som er tilgjengelig innenfor 70 km. Det er til sammen ca. 315 reiser fra denne grunnkretsen til de mulige destinasjonene, og figuren viser at fordelingen på destinasjonene varierer fra 0 til litt over 7 % til den mest attraktive destinasjonen.

⁴⁹ Vi snakker her om beregningstider med TB2, og ikke med beregningstidene i nettverksmodellene.

⁵⁰ RTM23+ modellen kjøres vel i tillegg uten avstandsgrense, slik at det beregnes LoS-data mellom samtlige soner internt i denne modellen.

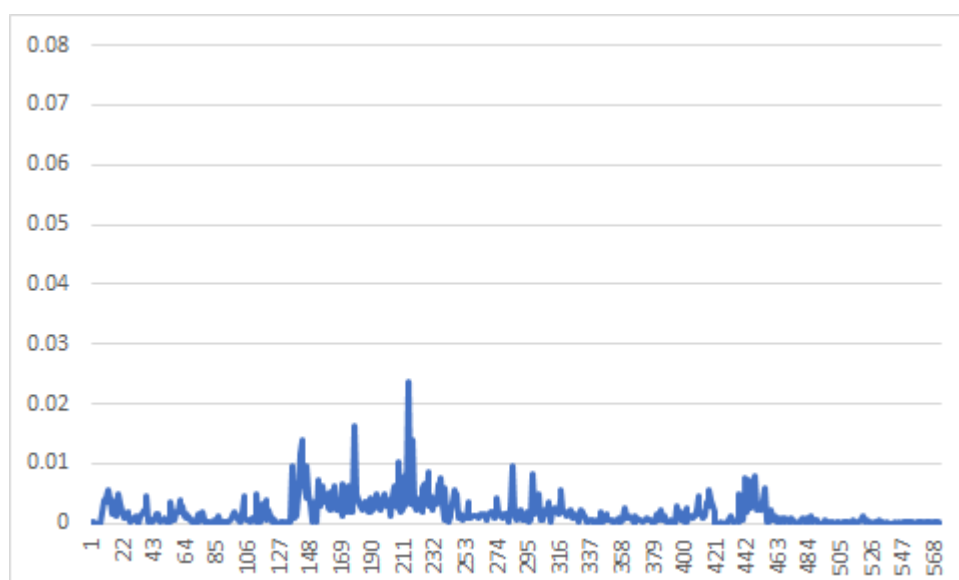
⁵¹ Vi ser her bare på summen av utreiser og leg 1 reiser.

Figur 40 Fordeling av reiser fra en tilfeldig valgt grunnkrets i sørlige region sør til tilgjengelige destinasjoner innenfor 70 km



Så er det altså definert en enkel destinasjonsvalgs-modell bestående av kun konstantledd, generaliserte kostnader per transportmåte, og arbeidsplasser og befolkning som destinasjonsvariable. Denne modellen gir, for samme grunnkrets og destinasjoner som i figuren over, en sannsynlighetsfordeling på grunnkretser som vist i Figur 41. Som vi ser gir ikke modellen nøyaktig samme fordeling på destinasjoner som fordelingen vi får fra summen av turmatrisene i TB2. Den forenklete modellen gir en mye jevnere sannsynlighetsfordeling på destinasjoner enn summen av turmatrisene fra TB2. Korrelasjonen mellom sannsynlighetene er imidlertid rimelig høy, 0.78. Vi ser en tendens til at de samme destinasjonene blir mest attraktive i begge figurer.

Figur 41 Destinasjonssannsynligheter fra en forenklet MD-modell fra samme grunnkrets til tilgjengelige destinasjoner innenfor 70 km i omlandet



Hvis vi nå setter en nedre grense for hvilke sonerelasjoner vi skal skrive ut LoS-data for på 0.1 %, så sitter vi med dette kriteriet igjen med i overkant av 310000 sonerelasjoner, mot ca. 700000 som vi hadde i utgangspunktet. Siden vi i utgangspunktet hadde 450000 sonerelasjoner med reiser, så «mister» vi noen relasjoner med reiser med dette kriteriet. Det dreier seg imidlertid bare om 6800

reiser (0.7 % av totalen), fordelt på ca. 180000 sonerelasjoner med et gjennomsnittlig antall reiser på 0.04 per døgn (13 reiser pr år).

Opplegget i eksempelet over var formulert i såkalte makroer (beregningsskript) i EMME, hvor LoS-datafilene ble krympet. I det videre ble det arbeidet med å programmere opplegget inn i selve TB2-koden. I stedet for å krympe LoS-datafilen som genereres i nettverksmodellene, var tanken da å skippe å regne på soner med svært liten destinasjonssannsynlighet i den forenklede/gjennomsnittlige MD-modellen. Den forenklede modellen som er programmert inn i TB2, er noe mer avansert enn modellen som ble brukt i opprinnelig testing av opplegget (jfr. Figur 41 over).

Det som altså er programmert inn i koden er en veldig enkel og gjennomsnittlig MD-modell uten segmentering. Den består kun av enkle formler for generaliserte kostnader per transportmåte i transportmiddelvalget, og i utgangspunktet kun med arbeidsplasser og befolkning i destinasjonsvalget. I destinasjonsvalget kan man imidlertid i tillegg vekte inn destinasjonsvariable for private reiser og fritidsreiser, slik at destinasjonsvariable for disse to reisehensiktene også får en tilleggsvekt. I den siste varianten av DDS («dynamisk destinasjonselektering») blir det også tatt høyde for destinasjons- og OD-kalibrering for arbeidsreiser hvis disse filene finnes (er spesifisert i rotfilen til TB2) og har verdier forskjellig fra 0.

Det «totale» destinasjonsvalget i denne forenklede modellen, summert over transportmidlene og i form av destinasjonssannsynligheter per «origin», benyttes til å avgjøre om en sone skal inngå som tilgjengelig destinasjonssone fra en gitt origin, eller ikke.

I våre tester, som vi går gjennom under, har vi benyttet en nedre grense på 0.000075 (parameteren hipass i styrefilen for DDS). Dette betyr at en destinasjonsvalgsannsynlighet på 0.0075 % i den forenklede modellen benyttes som grense for hvorvidt en destinasjon fra en gitt sone skal være med som destinasjon i selve modellberegningene. Dette innebærer at hvis sannsynligheten for å velge en gitt destinasjon fra en gitt startsoner er under 0.0075 %, så blir den aktuelle destinasjonen ikke tilgjengelig fra den aktuelle startsonen i noen av modellene i de påfølgende beregningene i modellene i TB2. Det er denne begrensningen som gir regnetidsbesparelser i beregningene videre. Spørsmålet er da hvorvidt den forenklede modellen gir for lave sannsynligheter for destinasjoner som er viktige per reisehensikt i de øvrige modellene.

Dette er det bare resultater fra testing som kan svare på, og opplegget er bl.a. testet i en delområdemodell for Møre og Romsdal og i RTM23+. Tabell 40 under viser beregningstider med og uten DDS i de to modellene. Ved bruk av DDS kan man, som vi ser, langt på vei halvere beregningstidene per iterasjon i TB2. Når DDS er aktivert, skrives det ut en rapport-fil til resultatmappen (TB2_DDS_rep.txt), som per sone angir hvor mange nabo-soner som ligger i LoS-data-filen, og hvor mange nabo-soner som blir igjen når DDS er aktivert. Det ser ut til å være en ganske stram sammenheng mellom reduksjon i gjennomsnittlig antall nabo-soner DDS-opplegget gir, og de tidsbesparelsene som kan oppnås.

Tabell 40 Beregningstider med TB2 med og uten DDS

	Uten DDS	Med DDS	Diff	% reduksjon
RTM23+	119.0	65.0	-54.0	-45 %
DOM M&R	23.5	12.0	-11.5	-49 %

DOM M&R er kjørt uten og med DDS og Tabell 41 viser antallet utreiser (uten returer og Leg3) internt i og mellom et utdrag av de kommuner som inngår i modellen (sør-vestlige del av fylket, ca. ytre Sunnmøre).

Tabell 41 Utreiser Referanse (uten DDS), alle reiser, ytre Sunnmøre

		1504	1516	1517	1519	1520	1523	1528	1529	1531	1532	1534	1535	I alt
Ålesund	1504	74115	270	98	59	147	328	389	1103	2678	2060	1012	150	82410
Ulstein	1516	243	11050	1199	316	307	1	2	3	25	7	8	0	13162

Sykkylven	1528	1	-1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8
Skodje	1529	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4
Sula	1531	7	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	11
Giske	1532	3	-1	-1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	7
Haram	1534	3	-5	-1	-2	-1	0	0	1	0	0	6	0	3
Vestnes	1535	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3
I alt		82	-8	-3	-2	-6	1	7	3	8	6	8	3	99

Tabell 45 viser antall turer totalt for RTM23+ uten DDS aktivert. Med DDS-parameter 0.000075 finner vi at antall turer totalt øker med 8500 (Tabell 46). Det vil si +0.2%. Bilførerturer går ned med 2100 (Tabell 47), og kollektivturer går opp med 3400 (Tabell 48). Det betyr at en økning på drøyt 7000 turer handler om øvrige reisemidler. Dette understøttes av Tabell 49 som viser endring i markedsandeler pr reisehensikt. I tabellene nedenfor er det brukt en storsoneinndeling i henhold til kartet i Figur 42.

Tabell 45 Utreiser og returer (1000) Referanse (uten DDS), alle reiser, RTM23+

Nr	Navn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tot
1	Indre by	587	112	36	10	70	27	6	58	14	6	7	935
2	Vest 1	113	153	35	6	22	9	2	14	4	2	3	362
3	Vest 2	36	35	183	28	6	3	1	5	1	1	8	305
4	Vest 3	10	6	28	138	2	1	0	1	1	1	21	208
5	Nordøst 1	71	23	6	2	150	36	5	22	3	2	2	319
6	Nordøst 2	27	9	3	1	36	282	24	7	1	2	2	393
7	Nordøst 3	6	2	1	0	5	24	244	1	0	0	6	288
8	Sør 1	58	15	5	1	22	7	1	150	13	4	1	276
9	Sør 2	14	4	1	1	3	1	0	13	118	17	4	177
10	Sør 3	6	2	1	1	2	2	0	4	17	101	13	149
11	Øvrig	7	3	8	21	2	2	6	1	4	13	685	753
0	Tot	935	362	304	208	320	393	288	276	177	148	753	4164

Tabell 46 Utreiser og returer (1000) med DDS, endring alle reiser, RTM23+

Nr	Navn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tot
1	Indre by	2.7	0.6	-0.0	0.0	0.5	0.1	-0.1	0.4	-0.1	-0.1	-0.2	3.8
2	Vest 1	0.6	0.5	0.1	0.0	0.1	0.0	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	-0.1	1.3
3	Vest 2	0.1	0.1	0.8	0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.9
4	Vest 3	0.0	0.0	0.1	0.3	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.4
5	Nordøst 1	0.4	0.1	-0.1	-0.0	0.6	0.1	-0.0	0.1	-0.0	-0.1	-0.1	1.1
6	Nordøst 2	0.1	0.0	-0.1	-0.0	0.2	0.8	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.1	0.9
7	Nordøst 3	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.2	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1
8	Sør 1	0.4	0.1	-0.0	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	0.2	0.0	-0.0	-0.1	0.6
9	Sør 2	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0	-0.0	0.0
10	Sør 3	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.2	-0.0	-0.1
11	Øvrig	-0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.0	-0.0	0.3	-0.3
0	Tot	4.0	1.4	0.8	0.4	1.2	0.9	-0.2	0.7	-0.0	-0.1	-0.5	8.5

Tabell 47 Utreiser med DDS (1000), endring i reiser som bilfører, RTM23+

Nr	Navn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tot
1	Indre by	0.3	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.0	-0.1	0.1	-0.0	-0.1	-0.1	0.5
2	Vest 1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	-0.0	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	-0.1	0.2
3	Vest 2	0.0	0.0	0.4	0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.3
4	Vest 3	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
5	Nordøst 1	0.1	0.1	-0.1	-0.0	0.1	0.1	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	-0.1	0.2
6	Nordøst 2	0.1	-0.0	-0.1	-0.0	0.1	0.2	-0.1	-0.0	-0.0	-0.0	-0.1	0.1
7	Nordøst 3	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.8	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-1.1
8	Sør 1	0.1	0.0	-0.0	-0.0	0.1	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.1	-0.0
9	Sør 2	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.1
10	Sør 3	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.2
11	Øvrig	-0.1	-0.1	-0.0	-0.0	-0.1	-0.1	-0.0	-0.1	-0.0	-0.1	-1.4	-2.0
0	Tot	0.7	0.3	0.3	0.0	0.2	0.1	-1.1	0.0	-0.1	-0.3	-2.1	-2.1

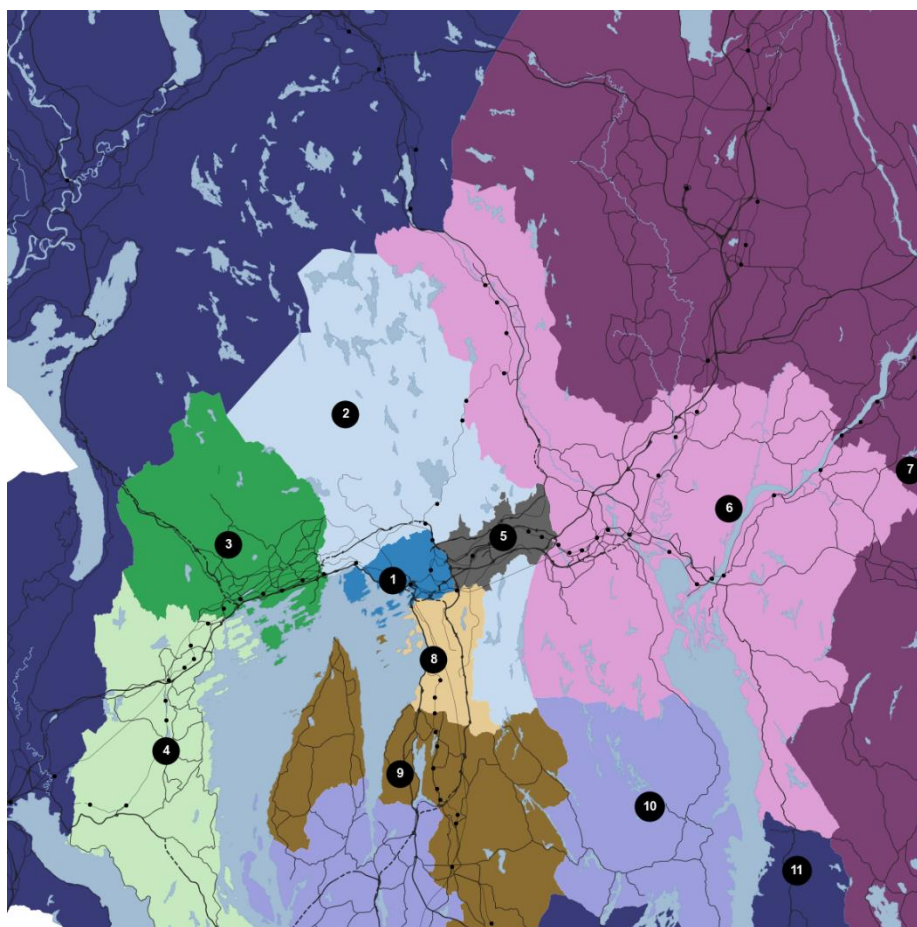
Tabell 48 Utreiser med DDS (1000), endring i reiser med kollektivtransport, RTM23+

Nr	Navn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Tot
1	Indre by	1.0	0.3	-0.0	0.0	0.2	0.1	-0.0	0.2	-0.1	-0.1	-0.1	1.6
2	Vest 1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.5
3	Vest 2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.2
4	Vest 3	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1
5	Nordøst 1	0.2	0.1	-0.0	-0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.4
6	Nordøst 2	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.2
7	Nordøst 3	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.1
8	Sør 1	0.2	0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.2
9	Sør 2	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
10	Sør 3	-0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.0
11	Øvrig	-0.1	0.0	0.0	0.0	-0.0	-0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0	0.2	0.2
0	Tot	1.7	0.5	0.1	0.1	0.4	0.2	0.1	0.3	-0.1	-0.0	0.1	3.4

Tabell 49 Endring i reisemiddelfordeling (%-poeng) med bruk av DDS

mode purp	CD	CP	PT	BK	WK	Tot
Arbeid	-0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Tjeneste	-0.1	0.1	0.0	-0.0	-0.0	0.0
Fritid	-0.1	0.0	0.0	-0.0	0.0	0.0
HentLev	-0.1	-0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Privat	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Apbasert	0.0	0.0	-0.0	-0.0	-0.0	0.0
Leg1	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Leg2	-0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Leg3	-0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Tot	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0

Figur 42 Kart over storsoneinndeling brukt til illustrasjon av geografiske effekter av DDS.



5.5 Destinasjonsvalg for arbeidsreisene

Bakgrunnen for å se nærmere på destinasjonsvalget for arbeidsreiser var at det i en prosjektanalyse ble oppdaget «mystiske» effekter av økte bompenger. Når bompengene ble økt gikk antallet kollektivreiser ned, selv om kollektivtilbud og kollektivpriser ble holdt konstant. Effekten var ikke stor, men stor nok til å utgjøre et problem, og i tillegg svært kontraintuitiv. I lys av dette problemet ble det iverksatt et arbeid for å søke etter mulige bugs som kunne gi denne type problem.

Det viste seg etter hvert at det ikke var en bug i teknisk forstand som skapte dette problemet, men en uheldig formulering av destinasjonsvalget for arbeidsreiser. I den opprinnelige estimeringen av denne modellen var bildistanse i lavtrafikk (**BilDistL**) med som variabel⁵² i destinasjonsvalget for arbeidsreiser og årsaken til dette var at logsummene fra modellen for valg av transportmiddel for arbeidsreiser «*ikke i tilstrekkelig grad fanget opp ulempen ved lang reisevei for arbeidsreiser*». Sagt på en annen måte; uten denne variabelen ble arbeidsreisene for lange. På estimeringstidspunktet ble det nok ikke i tilstrekkelig grad reflektert over at variabelen kunne medføre problemer i områder der reiseveien spesielt for bil og kollektivtransport er, eller blir, forskjellig i et tiltaksalternativ.

Det var nettopp dette som skjedde i den nevnte prosjektanalysen. Økte bompenger medførte at biltrafikken i større grad valgte omveier slik at reiseavstandene for bilreiser økte. Dette gav nok en effekt på transportmiddelvalg i retning av økt antall kollektivreiser, og redusert antall bilturer. Men her var effekten på destinasjonsvalget større enn effekten på transportmiddelvalget slik at antall turer mellom områder berørt av de økte bompengesatsene totalt sett gikk ned, også for kollektivtransport.

I ettertid er det selvsagt lett å se at man kan få slike effekter, og når det først er innsett ble hovedfokus å eliminere problemet. I denne perioden var NTP-etatene inne i en ganske tung periode med modellberegninger, og det var ikke tid til omfattende modellendringer, spesielt ikke endringer som medførte nytt kalibreringsbehov på kort sikt.

Det ble identifisert to hovedalternativer for å komme rundt dette problemet:

- Fjerne eller «nulle» BilDistL fra destinasjonsvalgs-modellen for arbeidsreiser
- Benytte en forbedret variabel for «distansemotstand» i destinasjonsvalget i stedet for BilDistL

Under det første kulepunktet var det flere alternativer. Det første av disse var simpelthen å sette koeffisienten til bildistL til 0. I testene gav dette for lange arbeidsreiser og også vesentlig flere arbeidsreiser fordi logsummene ut fra arbeidsreisemodellen ble høyere i tallverdi. Rammefaktorene ble dermed ganske betydelig forskjøvet, og en slik fremgangsmåte ville medført et ganske betydelig behov for re-kalibrering av de modeller som NTP-etatene på denne tiden gjennomførte beregninger med.

Det andre alternativet under det første kulepunktet var å kompensere for bortfallet av BilDistL ved å innføre avstandskalibrering (opprinnelig type) for arbeidsreiser i stedet for denne variabelen. I denne forbindelse ble denne kalibreringsrutinen også endret ved å legge inn distansevariable per mode, i stedet for at distansen for bil ble benyttet for alle transportmåter. Dette ville gitt det samme problem som det opprinnelige. Det ble eksperimentert med litt ulike varianter i ulike modeller, og det viste seg at det måtte ganske stor dosering til for å oppnå tilnærmedesvis samme avstandsfordeling for reisene som i den opprinnelige formuleringen direkte i destinasjonsvalget.

I det tredje alternativet under det første kulepunktet ble destinasjonsvalgsmodellen for arbeidsreiser re-estimert uten BilDistL som variabel. I den re-estimerte varianten fikk variabelen for logsummen fra transportmiddelvalget mye større betydning, og variabelen for «kommuneintern destinasjon» ble også høyere i tallverdi, og ble mer signifikant. Uheldigvis gikk dette ut over variabelen for skjult ventetid på ferje som gikk fra å være en meget signifikant variabel til å bli ubetydelig i destinasjonsvalget for arbeidsreiser. Sannsynligvis fanger logsummen fra transportmiddelvalget og dummyen for

⁵² Avstand langs billigste vei målt i generaliserte kostnader i lavtrafikk (dvs. inkl. tid, distansekostnader, bompenger og evt. ferjekostnader)

kommuneintern destinasjon opp en god del av ulempen ved lave ferjefrekvenser i den re-estimerte modellen. Det var verket tid eller ressurser til å følge opp resultatene fra re-estimeringen med alternative modellformuleringer. Testingen for dette alternativet viste at rammetallene ble ganske forskjellige fra rammetallene i den opprinnelige modellvarianten.

Alle de tre alternativene under det første kulepunktet gav forholdsvis store forskjeller i rammetallene i forhold til den opprinnelige modellen, og dermed et behov for rekalkibrering av modellene som var i intensiv bruk i regi av NTP-etatene på denne tiden.

Det ble derfor valgt å fokusere på det andre av de to kulepunktene. Er det mulig å lage en variabel som reflekterer distanse mellom soner, men som i vesentlig mindre grad endrer seg mellom alternativer i en analyse, og som i hovedsak har samme nivå som dagens BilDistL?

For bil beregnes en distanse basert på reisetid under fri flyt (uten kapasitet i VDF), og uten distansekostnader og evt. bompenger/ferjekostnader. Denne variabelen får et eget felt i LoS-datafilen. For kollektivtransport beregnes den vektete avstand fra dør til dør kollektivt for rushtid og lavtrafikk. Disse to variablene får egne felt i LoS-datafilen. Distanse langs gunstigste vei for sykkel og for reiser til fots finnes allerede i LoS-datafilen.

Som ny distansevariabel (LS_Dist) i destinasjonsvalget for arbeidsreiser benyttes i praksis den minste av distansene over. Følgende formel benyttes:

$LS_Dist = \ln(\exp(-CDD) + \exp(-PTD) + \exp(-BKD) + \exp(-WKD))$, hvor XXD er distansevariablene for mode XX.

Formelen er altså basert på en slags logsum-tilnærming, men gir i praksis et tall i nærheten av den minste distansen av de fire som er involvert. Tabell 50 viser noen eksempler på dette.

Tabell 50 Eksempler på beregning av alternativ distansevariabel til for destinasjonsvalg for arbeidsreiser i TB2

	CDD	PTD	WKD	BKD	exp(-CDD)	exp(-PTD)	exp(-WKD)	exp(-BKD)	sum(exp)	ln(sum(exp))
eks 1	12	13	999	14	0.000006	0.000002	0.000000	0.000001	0.000009	-12
eks 2	5	4	3	5	0.006738	0.018316	0.049787	0.006738	0.081579	-3
eks 3	8	10	7	7	0.000335	0.000045	0.000912	0.000912	0.002205	-6
eks 4	30	32	999	999	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-30

Denne reformuleringen av avstandsvariabelen i destinasjonsvalget løste problemet i den prosjektanalysen nevnt innledningsvis og som utløste dette arbeidet. Her var det enten bruk av distanse for korteste vei for bil, uten hensyn til reisekostnader, eller at distansen mellom de involverte OD-parene som skapte problemer ble målt i avstand langs kollektivtrase, som gjorde at ting løste seg i dette tilfellet. Verken i denne analysen eller i de tester som ble gjennomført på dette alternativet var det behov for rekalkibrering av modellene. Dette alternativet ble også anbefalt som en kortsiktig løsning på dette problemet.

Men man kan imidlertid tenke seg situasjoner der problemet, eller varianter av det, fortsatt kan oppstå. Sett for eksempel at man skal gjennomføre en analyse av et ferjeavløsningsprosjekt hvor bru/tunnel medfører en vesentlig økning i reisedistansene langs vei for de fleste regionale bilbrukerne, og at denne økningen medfører at man vurderer å opprettholde et hurtigbåt-tilbud med vesentlig kortere distanser mellom de soner som har mest regional trafikk (eks. Molde-Vestnes). Da vil trafikken langs bru/tunnel kunne variere avhengig av om hurtigbåt-tilbudet opprettholdes eller ikke. Det vil det kanskje uansett gjøre, men med formelen LS_dist over med i destinasjonsvalget og hvis gjennomsnittsdistansen varierer med 12 km (t/r), avhengig av om hurtigbåttilbudet er med eller ikke, så vil dette gi et utslag på ca. -0.4 i destinasjonsvalget, uavhengig av det som skjer i transportmiddelvalget. Det er vanskelig å si noe om hvor mye dette isolert sett har å si på etterspørselssiden. Men det kan oppstå liknende situasjoner som den som ble omtalt innledningsvis i

dette kapitlet, og spesielt hvis man i alternativene med/uten hurtigbåt har kodet et forventet busstilbud langs ny bru/tunnel.

På sikt bør man derfor kanskje kvitte seg med distansevariabelen i destinasjonsvalget for arbeidsreisene, og heller ta problemene med avstandsfordelingen for arbeidsreisene gjennom OD-kalibrering mot pendlingsstatistikk. Dette innebærer i tilfellet å forfølge variantene i det første kulepunktet omtalt over, og dette vil sannsynligvis kreve en rekalkibrering av de fleste modeller basert på TB2 som benyttes i dag.

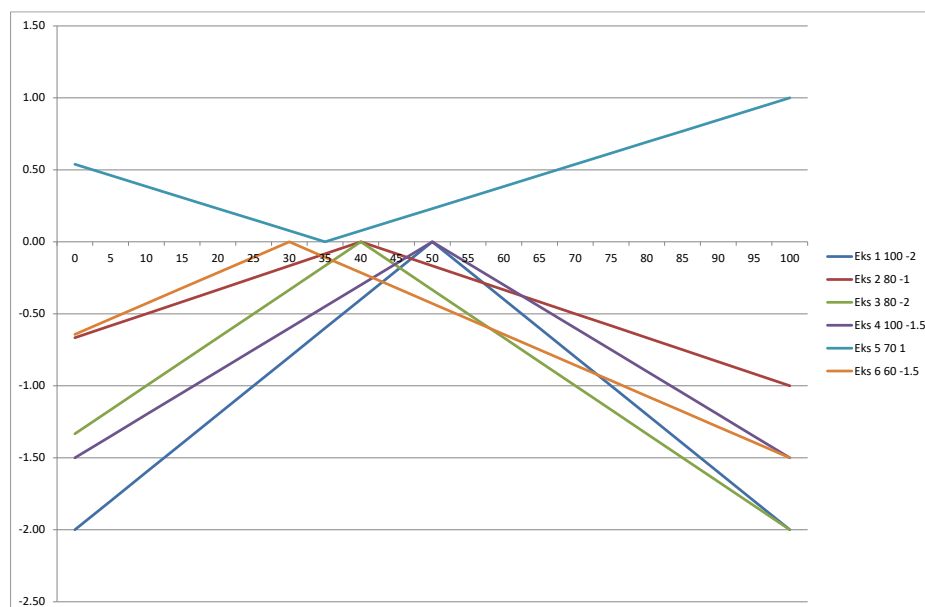
5.6 Avstandskalibrering – ny metodikk

Det har lenge vært muligheter for avstandskalibrering i tramod-systemet. Den opprinneelige formen for avstandskalibrering, den såkalte V-metoden, kan gjennomføres for alle de motoriserte transportmidlene. Det beregnes da en kalibreringsfaktor etter formelen:

$$K_{\text{fakt}} = \text{ABS}((\text{dist}_{2v} - F_{\text{punkt}}) / (200 - F_{\text{punkt}})) * \text{Kraft}$$

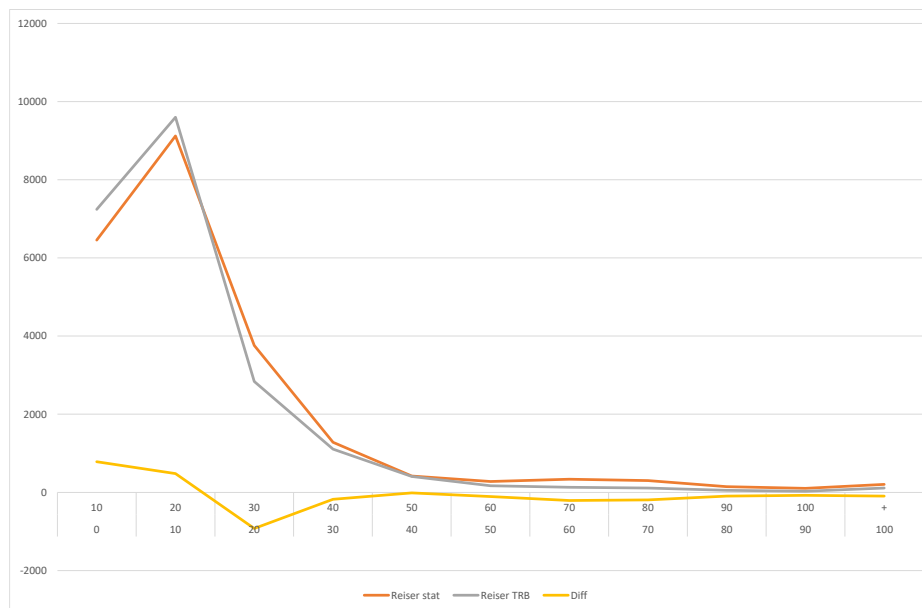
Her er K_{fakt} kalibreringsfaktoren som beregnes og som adderes til nyttefunksjonene for aktuelt transportmiddel, dist_{2v} er distanse (inkl. evt. ferge) tur/retur. Denne hentes fra LoS-data. F_{punkt} er «fokuspunktet» for kalibreringen, dvs. det punktet hvor K_{fakt} får en maksimums- eller minimumsverdi, 200 er maksimal reiselengde. Kraft er en faktor som bestemmer hvor kraftig kalibreringen blir på og rundt fokuspunktet. Figur 43 viser noen varianter av funksjonsforløp med ulike fokuspunkt (100, 80, 80, 100, 70, 60 er toveis distanse) og verdier for «Kraft» (1, 1.5, 2). I mange sammenhenger fungerer dette bra, men vi merker oss at jo nærmere vi kommer 0 eller 100 i avstand, dess skjevare blir verdiene på de to endene. I eksempel 5 blir kalibreringsfaktoren vel 0.5 ved lave distanser og omtrent 1.0 ved 100 kilometer. Man skulle av og til også ønske seg flere topp og bunnpunkter.

Figur 43 Kalibreringsverdier (K_{fakt}) avhengig av fokuspunkt og «kraft» i eksisterende avstandskalibreringsopplegg. Kilometer på x-aksen.



I et kollektivprosjekt i Møre og Romsdal har vi eksempelvis hatt tilgang til reiselengdedata utledet av billettsalgsstatistikk mellom takstsoner, som riktig nok er beheftet med en del potensielle feilkilder. Figur 44 under viser hvordan reiselengdene i 10-kilometersintervaller i statistikken samsvarer med modellens resultater. Som vi ser er det vanskelig å fange opp differansene med en kurve som vist i Figur 43. Differansene mellom kurvene i intervallet 50-90 km er små, men betyr en del samlet sett, hvis man eksempelvis skal beregne inntekter for kollektivtrafikken fordi det er snakk om forholdsvis høye billettpriser i det intervallet.

Figur 44 Avstandsfordeling for reiser i billettsalgsstatistikk og modellberegnet (10-km intervaller langs x-aksen, turer langs y-aksen)



Selv om avvikene i eksempelet ikke er spesielt store, og selv om «kalibreringsgrunnlaget» trolig også er beheftet med noen feilmarginer, er det likevel en viss forskjell i avstandsfordelingen mellom modell og kalibreringsgrunnlag. Vi har en situasjon hvor modellen inntil 20 km beregner et noe for høyt antall kollektivreiser, og i intervallet fra 20 til 40 km beregnes et noe for lavt antall kollektivreiser. Fra 60 km og ut beregner modellen et svakt for lavt antall kollektivreiser. Dette er vanskelig å kompensere for med den ordinære avstandskalibreringen, hvor man kun kan ha ett topp/bunnpunkt og hvor reisene kun kan justeres ned eller opp rundt ett topp/bunnpunkt.

Det ble derfor iverksatt et arbeid med en ny metodikk for avstandskalibrering, funksjonsmetoden, som inneholder et ganske fleksibelt opplegg for å kunne gjennomføre en mer målrettet form for kalibrering. Det nye opplegget (som kommer i tillegg til det gamle) tar som ekstra input en «styrefil» for kalibreringen. Plassering av, og navn på styrefilen skal angis i rotfilen.

I styrefilen er det i utgangspunktet 6 bolker med tall svarende til reisehensiktene vi har i modellsystemet, i vanlig rekkefølge:

1. Arbeidsreiser
2. Tjenestereiser
3. Fritidsreiser
4. Hente/levere
5. Private ærend
6. Arbeidsplassbaserte reiser

Hver bolk må inneholde 6 tall svarende til de transportmidler vi har i modellsystemet, i vanlig rekkefølge:

1. CD
2. CP
3. PT
4. BK
5. WK

6. IP⁵³ (innfartsparkering)

I styrefilen er det altså 6 bolker med 6 tall som skal settes til 0 hvis den tilordnede kombinasjon av reisehensikt og transportmåte ikke skal avstandskalibreres. Den nye formen for avstandskalibrering for en gitt kombinasjon av reisehensikt og transportmåte aktiveres ved å erstatte 0-tallet med en tabell med følgende dimensjoner:

N			
fra_1	til_1	a_1	b_1
fra_2	til_2	a_2	b_2
.			
.			
.			
fra_N	til_N	a_N	b_N

Her skal altså et 0-tall erstattes med en hel tabell som begynner med N, som er antall distanseintervaller (t/r) kalibreringen skal gjennomføres med. Det skal da være N linjer i tabellen, én for hvert intervall (eksempel: 0-20, 20-40, 40-80, 80-120, 120-999, gir 5 distanseintervaller og 5 linjer under det tallet som angir antall intervaller).

Verdiene «fra_i» og «til_i» angir grensene for hvert intervall. Verdiene «a_i» og «b_i» angir stigningstall og konstantledd i en lineær funksjon som skal anvendes i intervall «i»⁵⁴. Brukerens jobb blir her å konstruere et sett med stigningstall og konstantledd som gir en sammenhengende kurve med kalibreringsverdier som stemmer overens med de hypoteser, eller med den empiri, man måtte ha om den aktuelle kombinasjonen av reisehensikt og transportmåte sin fordeling på reiseavstand. Differansekurven i Figur 44 kan eksempelvis danne utgangspunkt for slike hypoteser. Under gir vi to eksempler på forutsetninger som gir kalibreringsverdiene i Figur 45 som resultat.

I alternativ 1 tas det utgangspunkt i Figur 44, og det er 4 distanseintervaller. Det er kollektivtransport (PT) som kalibreres og kalibreringen gjennomføres likt for alle reisehensikter. Dette betyr at linje 3 (PT) i hver bolke for reisehensikter, skal erstattes med følgende tabell:

4			
0	40	0	-1.5
40	80	0	1.5
80	120	0	0
120	150	0	1

I Figur 45 under, ser vi at denne formuleringen gir forholdsvis store hopp på grensen mellom distanseintervallene som er identifisert. Store hopp i disse verdiene er ikke gunstig, men kan likevel fungere som et utgangspunkt for en slik kalibrering for å sjekke hvilke nivåer som må til for å få endringer.

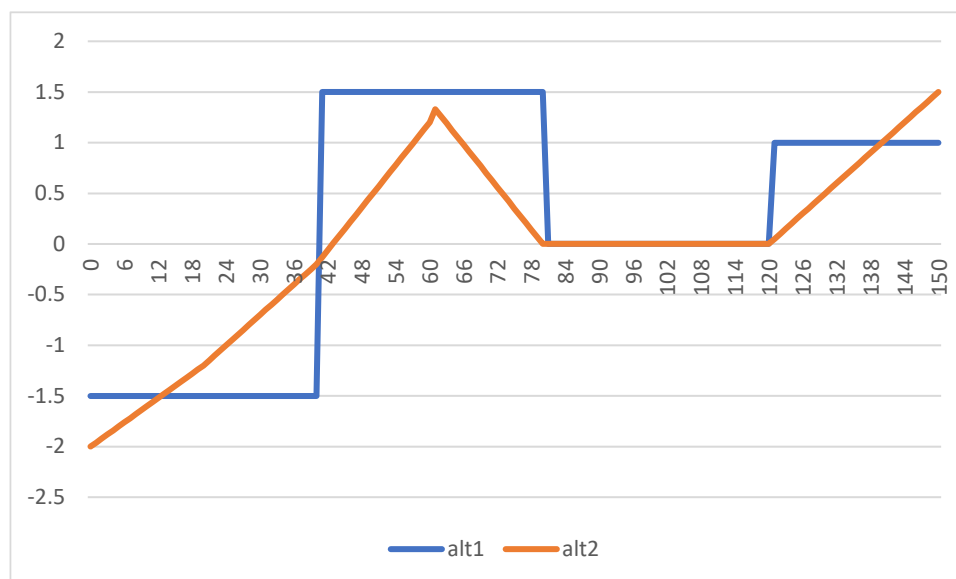
I alternativ 2 er det definert 6 forskjellige distansebånd hvor kalibreringsverdiene varierer mer dynamisk mellom de 6 distanseintervallene. Følgende tabell skal her erstatte 0-tallet i linje 3 (PT) i hver av de 6 bolkene for transportmåter.

6			
0	20	0.04	-2.0
20	40	0.05	-2.2
40	60	0.07	-3.0
60	80	-0.07	5.6
80	120	0.00	0.0
120	150	0.05	-6.0

⁵³ Selv om IP kun inngår for arbeidsreiser, inneholder også bolkene for de øvrige reisehensikter også et tall for IP.

⁵⁴ $k_i = a_i * \text{dist} + b_i$, hvor k_i blir den gjeldende kalibreringsverdi for intervall i.

Figur 45 Kalibreringsverdier for nytt avstandskalibreringsopplegg. Alt 1 og alt2 i teksten over (toveis distanse langs x-aksen, kalibreringsverdier langs y-aksen)



Erfaringsmessig vil avstandskalibrering forskyve en del på rammetallene. Likevel bør denne formen for kalibrering komme forholdsvis sent i en kalibreringsprosess, men da eventuelt etterfølges av en ny rammetallskalibrering. OD-kalibrering for arbeidsreiser, som kan rette opp problemer med distansefordelingen for arbeidsreisene, bør eksempelvis prioriteres før man eventuelt vurderer å iverksette avstandskalibrering. Man bør også vurdere kvaliteten på kalibreringsgrunnlaget før man eventuelt iverksetter avstandskalibrering. Det vises til <https://www.numerika.no/tramod/tramod-by/trb-kalibrering/reiselengde/> for ytterligere detaljer knyttet til avstandskalibreringen.

5.7 Leg2 – mulighet for begrensning av tilgjengelige destinasjoner

Turkjedeopplegget i TB2 er, som mange andre forhold i modellsystemet, selvfølgelig en forenkling av hvordan turkjeder oppstår i virkeligheten. Ifølge reisevaneundersøkelsene er mer eller mindre kompliserte turkjeder, der man gjennomfører flere ærender når man først reiser ut fra bostedet, en ganske utbredt adferd i dagliglivet. Det gjennomføres turkjeder med både 2, 3, og flere ærend underveis før retur til bostedet. Den første forenklingen som gjøres i TB2 er å begrense antall ærend til maksimalt 2, slik at vi maksimalt har tre delreiser, eller «legs», i turkjedene. Dette innebærer at vi får en overpredikering av Leg1 og Leg3 reisene, altså reisene til/fra bostedsonene, på bekostning av de mellomliggende reisene.

Det er nok slik at destinasjonsvalget for Leg2 i turkjedene, normalt er avhengig av generaliserte reisekostnader til alternative destinasjoner med utgangspunkt i hvor man har endt opp i Leg1. Er det eksempelvis bompenger til noen av destinasjonene som kunne vært valgt, gitt at man har endt opp et gitt sted i Leg1, skulle man tro at sannsynlighetene for å reise til andre destinasjoner, uten bompenger, ville vært høyere. Hvis bompenger legges til eller fjernes til valgbare destinasjoner fra endepunktet for Leg1, skulle man også tro at destinasjonsvalget ville blitt påvirket med utgangspunkt i endepunkt for Leg1 i rundturene. Her ligger en annen forenkling i turkjedeopplegget i TB2.

Destinasjonsvalget blir bestemt ut fra sannsynlige destinasjoner fra bostedssonen, og ikke med utgangspunkt i sannsynlige destinasjoner fra der man har endt opp i Leg1. Dette virker som en relativt sterk forenkling og det er nok også det, men årsaken er knyttet til beregningstid. Når vi benytter sannsynlige destinasjoner med utgangspunkt i bostedet som sannsynlige destinasjoner for Leg2 kan alle beregninger av turkjeder foregå sekvensielt for hver sone i beregningsgangen. Når modellen er ferdig med én bostedssone kan alle vektorer med destinasjonssannsynligheter (per segment,

transportmiddel og reisehensikter) initialiseres/slettes og man kan begynne på en ny sone. Når modellen beregner turkjeder for den første sonen, kjenner den ikke til sannsynlige destinasjoner fra andre soner. Skulle man ha benyttet sannsynlige destinasjoner for den sonen man har endt opp i (fra Leg1), måtte man først ha kjørt modellen for alle soner og spart på alle vektorer av destinasjonssannsynligheter for alle soner (enten i minne eller på disk, dette ville blitt en betydelig mengde data som er umulig å holde i minnet og tidkrevende å skrive/lese fra disk) for så å benytte dem i en ny beregning av leg-turer. Tidlig i modellutviklingen av TB2-systemet ble dette forkastet som løsning. Det er også knyttet andre forenklinger til turkjedeopplegget, som at man ikke kan bytte transportmiddel underveis (noe som er ganske vanlig ifølge RVU) og flere andre.

Har man altså en turkjede fra A til B og videre til C og tilbake til A, så er det altså bare reisen fra A til B (Leg1) og fra C til A (Leg3) som påvirkes av LoS-data, mens reisen fra B til C (Leg2) kun påvirkes via omfanget av reiser mellom A og B og mellom A og C.

Det er dette som er bakgrunnen for at det har vært litt bekymring knyttet til hvorvidt Leg2 turer blir for fritt beregnet. Vi skulle gjerne i større grad hatt Leg2 turer på samme akse som Leg1 og Leg3, og i mindre grad på helt andre reiseruter mellom B og C. Men litt av problemet er at når Leg2 matrisene er ferdig beregnet så vet vi ikke hvor de som gjennomfører Leg2 reisene er bosatt. Når vi eksempelvis har X antall turer mellom Oslo og Drammen i Leg2, vet vi altså ikke hvor mange av disse turene som er gjennomført av bosatte i Drammen, av bosatte i Oslo, eller av bosatte i Asker/Bærum.

For å danne oss et grunnlag for vurderinger knyttet til dette har vi sett litt på data fra RVU2013/14, dvs det samme grunnlaget som ble benyttet til estimering av modellene i TB2. Dette datamaterialet er selvfølgelig ikke helt konsistent, i forstand av at alle starter og ender opp i eget bosted. Det er noen som starter reiseaktiviteten utenfor bostedet (som eksempelvis dro ut fra bostedet dagen før rapporteringsdagen), og noen som ender opp utenfor bostedet (som eksempelvis reiste hjem dagen etter rapporteringsdagen). Det er tydelig også huller i de turkjedene som rapporteres, og bytte av transportmiddel underveis forekommer for en del observasjoner. For å få et konsistent materiale til estimeringen, ble det gjort en del forenklinger i forbindelse med preparering av data, men det er ikke dette som er hovedproblemet i forbindelse med leg-turene.

Materialet fra RVU2013/14, består av rundturer med inntil 15 delreiser eller legs. Ca. 90 % av rundturene har imidlertid 3 legs eller mindre (altså maks 2 ærend før hjemtur). 95 % av rundturene har inntil 4 legs (maks 3 ærend). Når vi ser på fordelingen av reisene etter antall kommuner som er besøkt underveis på rundturene, involverer 96.6 % av rundturene to eller kun én kommune. 2.9 % av rundturene involverer 3 kommuner og 0.4 % involverer flere enn tre kommuner. Ser vi på rundturer med tre eller flere legs, er det flere enn 2 kommuner involvert i ca. 10 % av dem.

En forholdsvis stor andel av de rundturene som involverer flere enn 2 kommuner, er imidlertid over 140 km lange. Ser vi bort fra disse (over 140 km), reduseres andelen av rundturene med tre eller flere kommuner involvert fra 3.4 % til 2.4 %. **For rundturer med 3 eller flere legs, er det flere enn 2 kommuner involvert i 8 % av dem.**

For bilfører er en gjennomsnittlig tur/retur reise 25 km. Når antall legs øker, øker reisedistansene i rundturene med ca. 10 km per leg i gjennomsnitt. For kollektivreiser er en gjennomsnittlig tur/retur reise 36 km (18 km per retning). For kollektivreiser med 3 legs er gjennomsnittlig reiselengde nær 50 km og rundt 16 km per leg. Det er forholdsvis få kollektive rundturer med 4 og 5 legs, men i slike rundturer er gjennomsnittlig reiselengde per leg rundt 18 km.

Dette med at det er et begrenset antall kommuner involvert i rundturene virket som en lovende observasjon å ta utgangspunkt i⁵⁵. For å kunne danne et bilde av hvordan dette ser ut i modellene er

⁵⁵ Av beregningstekniske årsaker er det problematisk å ta inn reisedistanse i legtur-opplegget i TB2. Dette ville medført en vesentlig større datamengde å holde i ram, og dermed mer beregningstid direkte som en følge av dette, men også mer beregningstid pga. lesing og skriving av disse data. Sonenummeret inngår imidlertid allerede i legtur-opplegget i TB2 og kommunenummeret kan utledes direkte fra dette. Derfor er kommunenummeret vesentlig enklere/raskere å håndtere hvis man skal begrense spredningen av leg2-turer.

man nesten nødt til å kjøre modellene kun for én sone. Dette ble gjort med RTM23+ for en befolkningsrik sone i Asker. Når vi ser på legturer til/fra denne sonen ser vi at ca. 20 % av rundturene involverer tre kommuner, mens RVU antyder at denne andelen maksimalt skal være rundt 8 %.

Dette funnet antyder at det er et behov for å stramme inn på mulighetene for destinasjonsvalg i Leg2. Vi har derfor lagt inn mulighet for følgende restriksjoner i destinasjonsvalget for Leg2:

1. Hvis Leg1 ender opp i bostedskommunen kan en hvilken som helst destinasjon velges i Leg2
2. Hvis Leg1 ender opp i destinasjonskommune utenfor bostedskommune, må destinasjon for Leg2 enten velges i destinasjonskommunen for Leg1, eller i bostedskommunen
3. Det er imidlertid lagt inn en «Leg2_filter_faktor» som gjør at man kan dosere omfanget av rundturer med tre kommuner involvert. Denne faktoren kan være fra 0 (ingen rundturer med tre kommuner involvert) til 1 (alle sluser åpne som før).

Disse mulighetene er nå implementert i filen «modellfaktorer», som i etterkant av implementeringen må ha en «bolk» som involverer en «Leg2_filter_faktor». Hvis faktoren er 1 så benyttes ikke denne filtreringen av kommuner, hvis den er 0 så blir det ingen legturer som involverer 3 kommuner, mens et tall mellom 0 og 1 vil redusere omfanget av legturer med 3 kommuner involvert.

Det er gjennomført fullskalatester av ulike verdier for «filterfaktor», bl.a. i RTM23+. Resultatene fra RTM23+ viser at bruk av filterfaktor <1 reduserer gjennomsnittlig reiselengde for Leg2 og Leg3 litt, og trafikken på hovedvegnettet i noe større grad. Det viser seg at Leg2 og 3 turene for bilreiser ofte ender opp på hovedvegnettet (går mellom attraktive soner med god forbindelse). Figur 46 viser at trafikken på E18 forbi Sandvika reduseres med ca. 5000 turer som en konsekvens av å utelukke legturer med flere enn 2 kommuner involvert som destinasjoner (filterfaktor 0). Det var nettopp denne effekten man ønsket å oppnå med dette arbeidet.

Figur 46 Differanser (mellom alternativer med filterfaktor på 1 og 0) i Leg2 og Leg3 trafikk forbi Sandvika (grønt=reduksjon).



5.8 Segmentering og prognoser

5.8.1 Bakgrunn

Etablering av input-filen sdat2 tar utgangspunkt i tre ulike datafiler levert av SSB, på delområdenivå:

1. Befolkning fordelt på kjønn og aldersgrupper
2. Befolkning fordelt på kjønn og husholdningstyper (familietyper)
3. Befolkning fordelt på aldersgrupper og husholdningsstørrelser (antall voksne)

Det anvendes så en balanseringsprosedyre for å etablere en fil med kjønn og aldersgrupper fordelt på kombinasjonen av husholdningsstørrelse (antall voksne) og husholdningstype (familietype). Dette regnes om til andeler, slik at hvert segment definert ved kjønn og aldersgruppe summerer seg til 1. Det vil si at andelene er fordelt ut på kombinasjonen av husholdningsstørrelse (antall voksne) og husholdningstype (familietype). Summen av en rad med andeler i sdat2 er lik 24, som er kjønn (2) ganger aldersgrupper (12).

På denne måten kan sdat2 i modellberegninger kombineres med en hvilken som helst sdat1 (befolkning fordelt på kjønn og alder), slik at vi får befolkningen fordelt på kjønn x alder x husholdningsstørrelse x husholdningstype (=360 segmenter).

Segmenteringsmodellen for tilgang til bil består av tre delmodeller, etter antall voksne i husholdningen. Dette antallet finner man ved å kombinere sdat1 og sdat2.

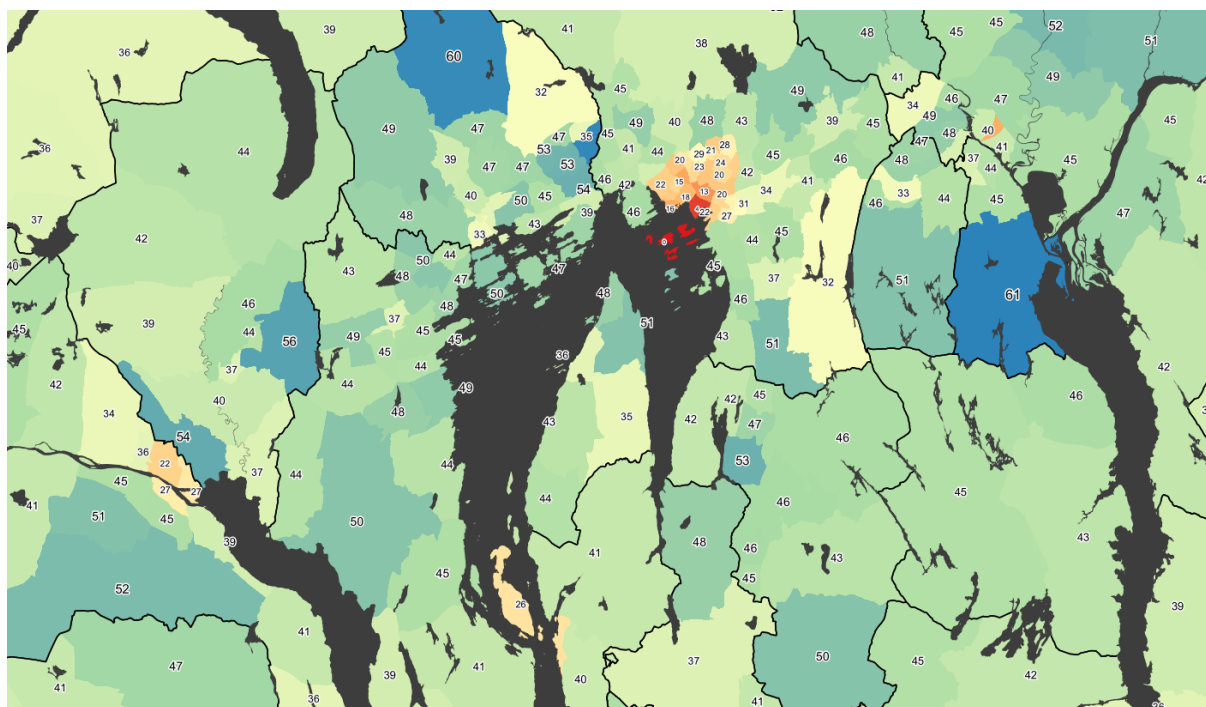
Mange delmodeller i TB2 bruker segmentspesifikke parametere i modellformuleringene. Det gjelder både i segmenteringsmodellen, i turfrekvensmodellene og i modellene for valg av reisemiddel og reisemål. Antall bosatte i hvert segment hentes fra det man får ved å kombinere sdat1 og sdat2. Selv om sdat2 er på delområdenivå så vil man få tall på grunnkretsnivå når man kombinerer andelene med de grunnkretsspesifikke antall bosatte i sdat1.

Dette arbeidet har hatt til hensikt å drøfte tre temaer knyttet til sdat1, og samspillet mellom sdat2 og sdat1:

1. Konsistens mellom sdat2 og sdat1, når sdat1 framskrives til framtidsår og sdat2 beholdes som i basisår
2. Behov for justering av forutsetninger i sdat2 i forbindelse med realisering av større utbyggingsprosjekter (for delområder eller enkeltgrunnkretser)
3. Eventuell justering av sdat2 for å ta inn trender/endringer knyttet til husholdningsstørrelser og familietyper som ikke handler om endret aldersfordeling

Sonedatafil sdat2 har kun vært oppdatert én gang etter lanseringen av TB2 i 2018. Da ble det oppdatert basert på grunnlagsdata for 2021, mot 2017 tidligere. Figur 47 nedenfor viser en smakebit på hvilken variasjon som er representert i sdat2, i dette tilfellet med andelen av bosatte som tilhører husholdningstype/familietype «par med barn», uavhengig av aldersgruppe. Det er betydelig lavere andeler i indre by i Oslo, og også en viss tendens til dette sentralt i Drammen. Det er vel og merke ikke sikkert at forskjellene vil være like framtreddende dersom kartet hadde vist en spesifikk aldersgruppe.

Figur 47 Andel av bosatte i husholdningstype par med barn (2021)



5.8.2 Sammenlikning av data for 2017 og 2021

Dette er en periode på kun 4 år, men det er de eneste datasettene vi har å sammenlikne. Det er en utfordring med endringer i kommuner og grunnkretsinndeling i perioden, både som følge av regionreformen og på grunn av mer spesifikke endringer internt i kommuner. Vi gjør sammenlikninger for delområder, og har valgt å utelate delområder der vi ikke har lyktes i å etablere en-til-en-match mellom alle grunnkretser i delområdet i 2017 og 2021.

I de to tabellene nedenfor har vi valgt å framheve hvordan det ser ut for Oslo og Bergen, med hensyn til fordeling av bosatte etter husholdningsstørrelse, i form av antall voksne i husholdningen. For Oslo (Tabell 51) ser vi at 29% av de bosatte i 2021 befinner seg i husholdninger med én voksen person. Dette er en økning med 1%-poeng fra 2017. Økningen er størst for aldersgruppe 20-24 år. Det er også noen mindre økninger i andeler for andre aldersgrupper, mens 70+ skiller seg ut med en reduksjon i andel i hushold med én voksen. Det er en økning i hushold med flere voksne for denne alder, og det kan kanskje delvis forklares av økt levealder. For Bergen (Tabell 52) ser vi de samme tendensene som for Oslo, og en enda tydeligere endring for aldersgruppen 20-24 år.

Tabell 51 Oslo: Andeler av aldersgrupper i ulike husholdningsstørrelser. Til venstre: Data for 2021. Til høyre: Endring fra 2017.

	1vp	2vp	3vp+	tot		1vp	2vp	3vp+	tot
ag0012	0.12	0.80	0.08	1.00	ag0012	0.00	0.00	0.00	0.00
ag1315	0.18	0.62	0.20	1.00	ag1315	-0.01	0.02	-0.01	0.00
ag1617	0.19	0.53	0.28	1.00	ag1617	0.00	0.01	-0.02	0.00
ag1819	0.11	0.23	0.66	1.00	ag1819	0.03	-0.01	-0.01	0.00
ag2024	0.38	0.34	0.28	1.00	ag2024	0.07	-0.05	-0.02	0.00
ag2534	0.32	0.57	0.11	1.00	ag2534	0.01	-0.01	0.00	0.00
ag3544	0.29	0.63	0.08	1.00	ag3544	0.00	0.00	0.00	0.00
ag4549	0.29	0.53	0.18	1.00	ag4549	0.00	0.02	-0.01	0.00
ag5054	0.29	0.43	0.27	1.00	ag5054	0.00	0.00	0.00	0.00
ag5559	0.31	0.43	0.26	1.00	ag5559	0.00	0.00	0.00	0.00
ag6066	0.33	0.49	0.17	1.00	ag6066	0.00	-0.01	0.01	0.00
ag6769	0.35	0.54	0.11	1.00	ag6769	0.01	-0.02	0.01	0.00
ag70up	0.46	0.47	0.06	1.00	ag70up	-0.03	0.02	0.01	0.00
tot	0.29	0.56	0.15	1.00	tot	0.01	-0.01	0.00	0.00

Tabell 52 Bergen: Andeler av aldersgrupper i ulike husholdningsstørrelser. Til venstre: Data for 2021. Til høyre: Endring fra 2017.

	1vp	2vp	3vp+	tot		1vp	2vp	3vp+	tot
ag0012	0.09	0.83	0.08	1.00	ag0012	0.00	0.01	-0.01	0.00
ag1315	0.15	0.64	0.22	1.00	ag1315	0.00	0.02	-0.01	0.00
ag1617	0.16	0.53	0.31	1.00	ag1617	0.00	0.02	-0.02	0.00
ag1819	0.10	0.24	0.66	1.00	ag1819	0.04	0.00	-0.04	0.00
ag2024	0.38	0.35	0.27	1.00	ag2024	0.10	-0.05	-0.05	0.00
ag2534	0.26	0.62	0.12	1.00	ag2534	0.00	0.00	0.00	0.00
ag3544	0.25	0.65	0.10	1.00	ag3544	0.01	0.00	-0.01	0.00
ag4549	0.23	0.50	0.27	1.00	ag4549	0.00	0.03	-0.03	0.00
ag5054	0.24	0.42	0.35	1.00	ag5054	0.00	0.01	-0.01	0.00
ag5559	0.24	0.46	0.29	1.00	ag5559	0.01	-0.01	0.00	0.00
ag6066	0.26	0.57	0.17	1.00	ag6066	0.00	-0.01	0.01	0.00
ag6769	0.28	0.62	0.09	1.00	ag6769	0.00	-0.01	0.00	0.00
ag70up	0.41	0.53	0.06	1.00	ag70up	-0.01	0.01	0.00	0.00
tot	0.25	0.57	0.18	1.00	tot	0.02	-0.01	-0.01	0.00

Neste tabell viser endringer i bosattes fordeling på husholdningstyper/familietyper i samme periode. Her ser vi at andel «enslig uten barn», og delvis og «par uten barn», øker i begge byene. Det er spesielt andelen i familietype «par med barn» som går ned.

Tabell 53 Endring i fordeling (%-poeng) på husholdningstyper/familietyper fra 2017 til 2021, i Oslo og Bergen.

Oslo	Menn	Kvinner	Tot	Bergen	Menn	Kvinner	Tot
Enslig u/barn	0.9 %	0.8 %	0.8 %	Enslig u/barn	1.8 %	1.6 %	1.7 %
Enslig m/barn	-0.1 %	-0.4 %	-0.3 %	Enslig m/barn	-0.2 %	-0.4 %	-0.3 %
Par u/barn	0.2 %	0.2 %	0.2 %	Par u/barn	0.4 %	0.5 %	0.4 %
Par m/barn	-1.4 %	-1.0 %	-1.2 %	Par m/barn	-2.0 %	-1.9 %	-1.9 %
Flere voksne	0.1 %	0.5 %	0.3 %	Flere voksne	-0.3 %	0.3 %	0.0 %
Andre hush.	0.3 %	-0.1 %	0.1 %	Andre hush.	0.2 %	-0.1 %	0.1 %
Tot	0.0 %	0.0 %	0.0 %	Tot	0.0 %	0.0 %	0.0 %

De tre tabellene over er eksempler på endringer som kun vil fanges opp gjennom oppdatering av sdat2. Det vil si, dersom vi i 2022 ikke hadde oppdatert sdat2 fra 2017 til 2021 ville vi ikke fått med disse effektene. Men som antydnet lenger opp vil utvikling i aldersgrupper spille inn her. Tilvarende tall for spesifikke aldersgrupper ville nok ikke vist like store endringer.

Det er også viktig å påpeke at det er **konsekvensen av endringene**, i modellsammenheng, som er det avgjørende. Hva betyr forskjellene i sdat2 som har kommet gjennom oppdatering fra 2017 til 2021? Ved å belyse dette spørsmålet kan vi også si noe om hva det betyr å «låse» sdat2 fra basisåret og inn i framtidige analyseår i modellen.

5.8.3 Følsomhet

Informasjon fra sdat2 inngår på følgende måter i TB2:

1. Segmenteringsmodellene for tilgang til bil er delt i tre ulike delmodeller, med ulike modellformuleringer og estimerte parametere. Denne tredelingen er etter husholdningsstørrelse (antall voksne 1, 2 og 3+). Modellene beregner sannsynligheter for fordeling på fem segmenter for biltilgang. Volumet av antall personer i hvert segment etableres ved å kombinere disse sannsynlighetene med antall personer i sdat1 og andelen i sdat2.
2. Husholdningstype/familietype inngår som parameter (dummy-variabel) i noen nyttefunksjoner i noen av delmodellene i TB2. Dette gjelder både segmenteringsmodellene, modellene for valg av reisemiddel og destinasjon, og turfrekvensmodellene.

Konkrete modellformuleringer kan studeres i TØI-rapport 1814/2021.

For å belyse følsomhet for forutsatt sdat2 har vi gjennomført modellkjøringer med RTM23+. Her tar vi utgangspunkt i de to versjonene av sdat2 som er etablert. Det vil si sdat2 etablert med utgangspunkt i grunnlagsdata for 2017, og sdat2 etablert med utgangspunkt i grunnlagsdata for 2021. Basert på modellresultater fra disse to kjøringene har vi produsert materiale som illustrerer forskjellene. Dette identifiserer forskjeller i spesifikke grunnkretser, som vi kan holde opp mot informasjon om hva som har skjedd av boligbygging (og tilhørende demografiske endringer). Det er kun kjørt én iterasjon over tilbud/etterspørsel. Vi observerer følgende:

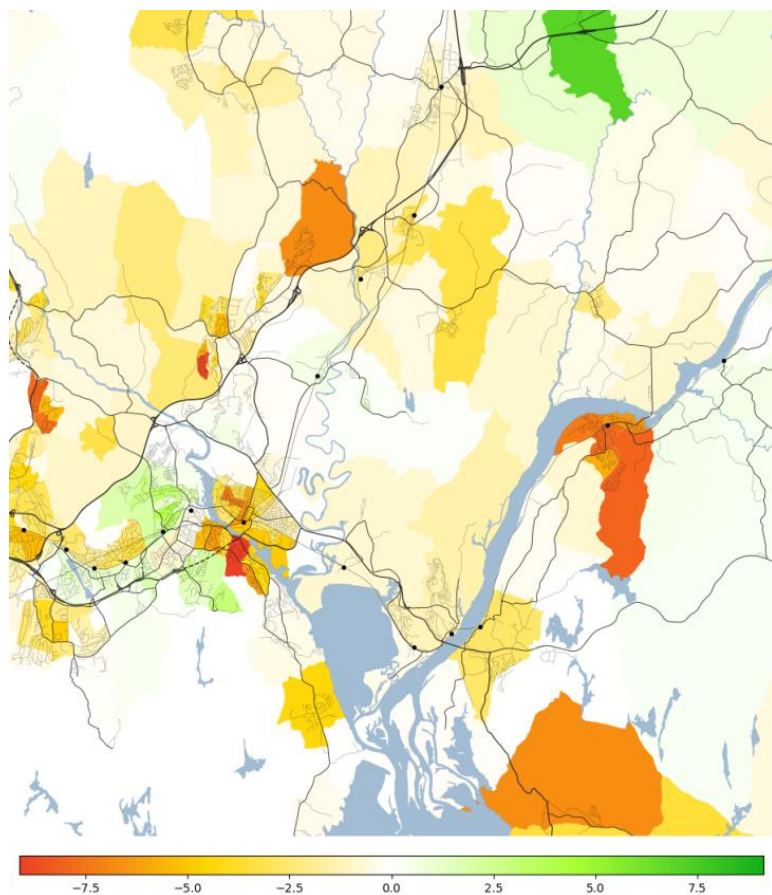
- Reisemiddelfordeling på overordnet nivå og for reisehensikter er tilnærmet uendret.
- For noen grunnkretser går antall hente/levere-turer litt ned (og dermed også Leg-turer). Tabell 54 viser grunnkretser med endring større enn 10. At endringen viser seg nettopp for denne reisehensikten handler om at det er her familietype betyr mest i modellene (effekten på Leg1-turer henger sannsynligvis sammen med hente/levere).
- Kartet i Figur 48 viser endringer i totalt antall bostedbaserte utreiser på Nedre Romerike. Her ser vi at effektene er både positive og negative, og under 10 i tallverdi. Noen av områdene med endring kan være steder der det har skjedd utbygging av nye boliger i perioden mellom 2017 og 2021. Det kan også være «generasjonseffekter», der barn har blitt voksne og flyttet ut, eller eldre har flyttet ut og solgt boliger til barnefamilier. Dette vil virke «i hver sin retning» med hensyn til turgenerering. Det kan også skje innenfor samme delområde, slik at det er vanskelig å skille det ene fra det andre.
- Vi kan bruke grunnkrets 32090302 Borgenåsen i Ullensaker som et eksempel. Dette er den framtreddende grønne grunnkretsen oppe til høyre i kartet i Figur 48. Grunnkretsen er stor, men bebyggelsen er relativt fokusert til området Borgenåsen, som er vist i kartet i venstre del av Figur 49. Til høyre i figuren er det zoomet inn på området i nord, der det åpenbart har pågått utbygging i senere år. Dato for flybildet framgår ikke, men det er grunn til å tro at det er nye bosatte som har kommet til i perioden 2017-2021 som gir utslag i ny sdat2, som igjen gir utslag i turproduksjon. Merk at det ikke er sdat1 vi har sett på effekten av, men effekter av endret fordeling på husholdningsstørrelser og familietyper (sdat1 befolkning er den samme i begge beregningene).

- En observasjon som henger sammen med forrige punkt, er at vi også ser en effekt (lysere grønn) i noen av de tilgrensende områdene til grunnkretsen over. Dette er innenfor samme delområde. Det er naturlig av endringene i sdat2 også slår ut her, siden data er på delområdenivå. At utslaget er mindre handler ganske enkelt om at det er færre bosatte i de øvrige grunnkretsene i delområdet.

Tabell 54 Endring i bostedsbaserte utreiser etter reisehensikt (fra bruk av sdat2 versjon 2017 til versjon 2021)

Gnr	Knavn	Gnavn	Arb	Tje	Fri	HLe	Pri	Leg1	Tot
30330704	Ullensak	Nordkisa	-1	0	0	-6	0	-7	-14
30251604	Asker	Engelsru	0	0	1	-7	0	-7	-13
30330211	Ullensak	Nordby Ø	0	0	0	-7	0	-7	-13
30330807	Ullensak	Gystad	0	0	1	-7	0	-6	-12
3015302	Oslo	Øraker	0	0	0	-6	0	-6	-12
30051605	Drammen	Juveområ	-1	0	1	-5	0	-5	-11
30251606	Asker	Slottsbe	0	0	0	-5	0	-5	-10
30330217	Ullensak	Jessheim	1	0	0	-6	0	-6	-10
30252005	Asker	Bråten	0	0	0	-4	0	-5	-10
3015303	Oslo	Lysaker	0	0	1	-5	0	-5	-10
30330222	Ullensak	Gjestad	1	0	0	-6	0	-5	-10

Figur 48 Endring i bostedbaserte utreiser (antall turer, fra bruk av sdat2 versjon 2017 til versjon 2021)



Figur 49 Boligområde i grunnkrets 32090302 Borgenåsen (Kilde: Kartportal Ullensaker kommune)



5.8.4 Konsistens sdat2/sdat1

Når sdat2 holdes som i basisår, og sdat1 framskrives for analyseår, vil befolkningens fordeling på husholdningsstørrelser og familietype konserveres (for hvert kjønn/alder-segment). Samtidig endres volumet av bosatte spesifikt for aldersgrupper og kjønn. Det vil si at volumet av bosatte fordelt på husholdningsstørrelser og familietyper vil endre seg. Det gjelder også den relative fordelingen; gitt at alderssammensetningen endrer seg, og det samtidig er signifikante forskjeller i sdat2 med hensyn til hvordan disse fordeler seg på husholdningsstørrelser og familietyper. Sånn sett vil det i bunn og grunn ikke være noen inkonsistens mellom sdat2 og sdat1 i framtidsår. Det som heller kan understrekes er at eventuelle **trender** knyttet til endring i husholdstørrelser og familietyper **pr kjønn/alderssegment**, ikke vil være fanget opp i framtidsår. Dette er heller ikke trender som kan fanges opp ved å «avstemme» sdat2 mot sdat1 i framtidsår, men må komme som en ekstern/uavhengig forutsetning.

Det som kan være en utfordring er at et tynt befolket område kan ha et lite representativt utvalg av bosatte, med den konsekvensen at de få som bor der kan avvike mye fra «det typiske», med hensyn til hvordan de fordeler seg på husholdningsstørrelser og familietyper. Dette bør man som modellbruker ta i betraktning ved etablering av data for framtidsår.

5.8.5 Tilpassing av sdat2 for framtidsår

Ved endret arealbruk for bosatte i framtidsår kan det være aktuelt å justere innholdet i sdat2. Det gjelder spesielt ved utbygging i nye områder der det har vært lite bosetting fra tidligere (dvs få bosatte i datafilen for 2021). Eller dersom områder transformeres og endrer karakter med hensyn til «hvilke husholdningstyper som ønsker å bo der». Merk at sdat2 er segmentert etter kjønn/alder, slik at mer generelle demografiske tendenser vil fanges opp når sdat2 kombineres med segmentert befolkning fra sdat1.

På denne siden har vi samlet kommunevis tabeller som viser forskjeller i fordeling på husholdningstyper i delområder:

https://www.numerika.no/tramod/tramod-by/tilpassing-av-sdat_2-for-framtidsar/

Tabellene kan være et utgangspunkt for å vurdere om innholdet i sdat2, for utvalgte grunnkretser, bør erstattes med data fra andre eksisterende områder som «likner mer på de nye realitetene» enn det man har i sdat2 fra før. Merk at sdat2 som er distribuert med RTM er delområdedetaljering duplisert ut på alle grunnkretser i hvert delområde, men det er altså ingenting i veien for å gjøre grunnkretsspesifikke forutsetninger.

Vi oppfordrer til å oppdatere sdat2 så ofte det lar seg gjøre, for å fange opp endringer knyttet til husholdstørrelser og familietyper.

5.9 Tidssonefiler – oppdatering med flere parametere

5.9.1 Bakgrunn

TB2 legger til grunn at matriser som representerer transporttilbudet for bil- og kollektivtransport er delt inn i to trafikksituasjoner: Én rushtime og én time utenom rush. Rushtimen skal være den mest kø-belastede timen (makstimen) i morgenrushet (ikke en gjennomsnittlig rushtime).

TB2 kan settes opp til å kjøres for 1, 2 eller 4 såkalte tidssoner. I utgangspunktet står man fritt til å definere hva man legger i denne oppdelingen. Det er imidlertid vanlig å ta utgangspunkt i byggesteinene som er vist med de åtte tidsrommene/timeintervallene i venstre kolonne i Tabell 55. Grunnen til at vi har delt opp både morgen- og ettermiddagsrushet i tre timer hver, er for å illustrere poenget med de såkalte tidssonefilene, og hvordan dette forholder seg til at losdata kun er for to trafikksituasjoner. Til høyre vises forklaring på nummere.

Tabell 55 Inndeling og nummerering av tidssoner

Tidsrom	Med 1 ts	Med 2 ts	Med 4 ts
06-07	0	0	0
07-08	0	0	0
08-09	0	0	0
09-14	0	1	1
15-16	0	0	2
16-17	0	0	2
17-18	0	0	2
18-05	0	1	3

Tidsrom	Med 1 ts	Med 2 ts	Med 4 ts
06-07	døgn	rush	mrush
07-08	døgn	rush	mrush
08-09	døgn	rush	mrush
09-14	døgn	xrush	dag
15-16	døgn	rush	erush
16-17	døgn	rush	erush
17-18	døgn	rush	erush
18-05	døgn	xrush	kveld/natt

Modellene for valg av reisemiddel og destinasjon jobber i lys av en gitt tidssone. Det vil si at det forutsatte transporttilbudet må representere et gjennomsnitt av det transporttilbudet de reisende står overfor, når de skal gjøre sine valg om transportmåte, gitt at de reiser i denne tidssonen. Dette gjennomsnittet har fram til nå vært representert med én faktor pr tidssone og reisehensikt. Faktoren definerer en sammenvekting av losdata for rushtimen og timen utenom rush. For eksempel vil en faktor på 0.8 bety at makstime rush veies med 0.8, og lavtrafikk veies med $1-0.8=0.2$. På en kø-utsatt reiserelasjon med tidsbruk 20 minutter i (makstime) rush og 10 minutter i lavtrafikk vil dette gi $20*0.8 + 10*0.2 = 18$ minutter. Faktoren skal fange opp flere forhold, fra empirien:

1. Turer som foregår innenfor en rushtidsperiode fordeler seg mellom makstimen og dennes skuldertimer. Denne fordelingen er igjen med på å bestemme framkommelighet og reisetid (spesielt for bil).
2. Turer som har utreise innenfor en tidssone kan ha retur i en annen tidssone, med et annet transporttilbud. Det kan også være at en utreise i makstimen i morgenrushet har retur på en av skuldertimene i ettermiddagsrushet.

En ulempe med dagens løsning er at det ikke skilles mellom bil- og kollektivtransport i faktorene. Profilen på tilbudet innenfor rush, og over døgnet, vil oftest være ulike for disse to. Dessuten er

rushtilbud ofte positivt for kollektivtrafikanterne (hvis vi ser bort fra trengsel), mens det er negativt for bil (som følge av kø) - eller i beste fall er likt som i lavtrafikk.

I dette prosjektet har vi hatt ønske om å utbedre dette elementet innenfor TB2. Både ved å skille på bil og kollektivtransport, og ved å etablere og dokumentere en mer systematisk metode som modellbrukere kan ta utgangspunkt i ved etablering av «mest mulig riktige» faktorer i tidssonefilene til sitt modellområde.

5.9.2 Ny/revidert metode

Det skal som før spesifiseres én tidssonefil for hver reisehensikt. Angrepsmåten er lik for alle reisehensikter. Nedenfor redegjør vi for valgt metode, med eksempelverdier som tar utgangspunkt i reisehensikten arbeid. Merk at tidssonefilene inneholder mer informasjon enn kun det som handler om «rushtidsfaktor», men i dette arbeidet er det bare dette som har vært i fokus.

Hensikten med metoden er å produsere verdiene for «andel rush» i tidssonefilene, og splittet på bil og kollektivtransport (i motsetning til generisk som tidligere). Merk at måten disse faktorene er representert på er forskjellig i Cube-RTM og RTM23+. Innenfor Cube-RTM er mange av forutsetningene til TB2 samlet i et eget sett med «alle forutsetninger» (json-format). Automatikk i Cube produserer filer som skal brukes av TB2. Det betyr at brukeren ikke skal forholde seg til tidssonefilene direkte, de vil uansett overskrives med verdier håndtert i Cube, i hver eneste modellkjøring (dvs at reviderte verdier som etableres må legges inn i json-objektet). Innenfor RTM23+ er det annerledes. Her brukes tidssonefilene direkte, slik de foreligger som tekstfiler i mappestrukturen.

5.9.3 Rammeverk for beregning av faktorer

Vi har etablert en framgangsmåte som tar utgangspunkt i tre tabeller. Forutsetningene som legges inn i disse tabellene kan i større eller mindre grad kobles til empiri. Dette kommer vi tilbake til i de tre påfølgende delkapitlene. I dette delkapitlet skal vi forsøke å beskrive selve framgangsmåten.

Den første tabellen («Tabell A») skal, for en gitt reisehensikt, inneholde andeler som beskriver hvordan en utreise innenfor et tidsrom etterfølges av en retur (eller Leg2) i et annet tidsrom. Med inndelingen i åtte tidsrom gir dette er 8x8-matrise. Summen av hele matrisen skal være 1. Det vil si at cellene viser hvor mye av etterspørselen som ligger i hver kombinasjon av tidsrom for utreise/retur. Her ser vi på CD+PT samlet. Den primære grunnen til dette er å ikke innføre for mye «selv-seleksjon» i samspillet mellom forutsetninger og modellering (TB2). Vi tenker at tilbudet man er forespeilet henger mer sammen med den totale fordelingen av ønskene om tidsrom for tur/retur. En sekundær årsak til å samle CD+PT er at datagrunnlaget fra reisevaneundersøkelser (kapittel 5.9.4) kan bli svært tynt for PT alene. Dermed kan usikkerhet gi uheldige resultater.

Tabell A **Etterspørsel**
Generisk CD+PT

Tidskombinasjoner tur/retur

		1	2	3	4	5	6	7	8	
		6	7	8	9-14	15	16	17	18-06	
1	6	0.00	0.00	0.00	0.03	0.08	0.04	0.01	0.01	0.18
2	7	0.00	0.00	0.00	0.05	0.11	0.13	0.04	0.02	0.36
3	8	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.07	0.04	0.02	0.22
4	9-14	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.02	0.02	0.05	0.15
5	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
6	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
7	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
8	18-06	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.06
		0.00	0.00	0.01	0.17	0.27	0.28	0.12	0.14	1.00

Neste element i logikken er representert i to tabeller. Den første av disse («Tabell B») inneholder forutsetninger om det opplevde tilbudet for bilreiser. Verdiene skal her uttrykke hvor mye makstime rush som oppleves ved tur+retur (retur) i ulike kombinasjoner av reisetidsrom. Omfanget av turer innenfor disse kombinasjonene skal man på sett og vis se bort fra (det er håndtert i «Tabell A»). «Tabell B» er uavhengig av reisehensikt (i motsetning til «Tabell A»). Eksempelverdiene er tatt fra et tenkt modellområde der det er forutsatt «full makstime» på både tur og retur for utreise i time 7 og 8 kombinert med retur i time 15 og 16. Det vil si verdi=1 for disse kombinasjonene, slik det vises i tabellen. En utreise i perioden 9-14 som har retur 15/16 tenker vi her har en vekt på makstime på 0.6, siden det er mindre kø i perioden 9-14 midt på dagen. Verdien for utreise 9-14 og retur på kvelden 18-06 er satt til 0.1, slik at det bare kommer et lite bidrag fra makstime rush (vi kan forestille oss at det i dette eksempel-modellområdet er noe kø også midt på dagen, og kanskje litt rett etter kl 18.

Tabell B **Tilbud, bil** **Vekt på makstime rush**

Framkommelighet
tur+retur

		1	2	3	4	5	6	7	8
		6	7	8	9-14	15	16	17	18-06
1	6	0.2	0.2	0.3	0.4	0.8	0.8	0.6	0.3
2	7	0.3	0.4	0.5	0.8	1	1	0.8	0.3
3	8	0.3	0.4	0.5	0.8	1	1	0.8	0.3
4	9-14	0.1	0.3	0.4	0.3	0.6	0.6	0.4	0.1
5	15	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0.6	0.3
6	16	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0.6	0.3
7	17	0.3	0.3	0.3	0.3	0.9	0.9	0.6	0.3
8	18-06	0.1	0.3	0.4	0.3	0.5	0.5	0.5	0.2

«Tabell A» og «Tabell B» kan nå brukes til å beregne et vektet gjennomsnitt av «andel opplevd makstimetilbud» for bil. Det vektete gjennomsnittet kan deles opp på enten 1, 2 eller 4 tidssoner. Beregningen av vektet gjennomsnitt skjer her på følgende måte:

1. Lag en ny tabell som er «Tabell A» og «Tabell B» multiplisert sammen, celle for celle.
2. Legg på en kolonne med rad-summene ute til høyre.
3. Summer summe-kolonnen fra steg 2 på tre ulike måter:
 - a. Summer alle verdier: for modell med 1 tidssone døgnet.
 - b. Summer verdiene i to grupper: for modell med 2 tidssoner. La summen av tidsrom 1,2,3,5,6 og 7 være tidssone 0, og tidsrom 4 og 8 være tidssone 1.
 - c. Summer verdiene i fire grupper: for modell med 4 tidssoner. La 1-3 være tidssone 0, 4 være tidssone 1, 5-7 være tidssone 3, og 8 være tidssone 3.
4. Gjør det samme med «Tabell A» (steg 2 og 3 over).
5. Divider resultatet fra steg 3 med resultatet fra steg 4.

Vi har nå etablert verdiene som skal legges inn i tidssonefiler, for henholdsvis 1, 2 og 4 tidssoner. Tabell 56 viser hvilke tall vi ender opp med, med utgangspunkt i verdiene i «Tabell A og B».

Tabell 56 Etablering av vektet gjennomsnitt basert på Tabell A og B (bil, arbeidsreiser)

Summer fra Tabell A

	Antall tidssoner		
	1	2	4
Ts nr			
0	1.00	0.79	0.76
1		0.21	0.15
2			0.03
3			0.06

Summer fra Tabell A * Tabell B

	Antall tidssoner		
	1	2	4
Ts nr			
0	0.72	0.64	0.63
1		0.07	0.05
2			0.01
3			0.02

Vektet gjennomsnitt

	Antall tidssoner		
	1	2	4
Ts nr			
0	0.72	0.82	0.83
1		0.35	0.34
2			0.42
3			0.35

Til sammenlikning er tallene som legges til grunn i RTM23+ i dag (2 tidssoner) 0.85 og 0.23, mot 0.82 og 0.35 i regneeksempelet. I RTM23+ gjelder riktignok tallene for både CD og PT, mens vårt regnestykke over kun gjelder CD.

Vi kan gjøre det tilsvarende regnestykket for PT. Det innebærer å bruke en annen tabell for å beskrive kollektivtilbudet, mens «Tabell A» holdes fast. Nedenfor ser vi et eksempel på en mulig «Tabell C», for kollektivtransport, som tilsvarer «Tabell B» for bil. Her betyr 1-tall at det er rushtidstilbud både på utreise og hjemreise.

Tabell C **Tilbud, kollektivt** Vekt på makstime rush
Rutetilbud
tur+retur

		1	2	3	4	5	6	7	8
		6	7	8	9-14	15	16	17	18-06
1	6	1	1	1	0.5	1	1	0.8	0.5
2	7	1	1	1	0.5	1	1	0.8	0.5
3	8	1	1	1	0.5	1	1	0.8	0.5
4	9-14	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.4	0
5	15	1	1	1	0.5	1	1	0.8	0.5
6	16	1	1	1	0.5	1	1	0.8	0.5
7	17	0.8	0.8	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8	0.4
8	18-06	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.4	0

Med tilsvarende regnestykke for kollektivtransport som for bil får vi nå verdiene i Tabell 57. Her får vi verdiene 0.85 og 0.23 for to tidssoner, som tilfeldigvis er det samme som er forutsatt for CD+PT i RTM23+ i dag.

Tabell 57 Etablering av vektet gjennomsnitt basert på Tabell A og B (kollektivtransport, arbeidsreiser)

Summer fra Tabell A				Summer fra Tabell A * Tabell C				Vektet gjennomsnitt			
Antall tidssoner				Antall tidssoner				Antall tidssoner			
	1	2	4		1	2	4		1	2	4
Ts nr				Ts nr				Ts nr			
0	1.00	0.79	0.76	0	0.71	0.66	0.65	0	0.71	0.85	0.86
1		0.21	0.15	1		0.05	0.04	1		0.23	0.23
2			0.03	2			0.01	2			0.45
3			0.06	3			0.01	3			0.21

Både for bil og kollektivt ser vi at de beregnede verdiene med fire tidssoner er noe høyere for tidssone 0. Dette er naturlig, siden tidssone 0 (med oppsett med 2 tidssoner) inneholder utreise både i morgen- og ettermiddagsrush, mens dette er splittet på tidssone 0 og 2 når vi opererer med 4 tidssoner. Vi ser fra «Tabell A» at utreiser (arbeidsreiser) om ettermiddagen i liten grad går i retur i rush (dessuten er det små andeler av totalen). Dermed blir det også slik at «andel opplevd makstime» i tidssone 2 blir betydelig lavere både for CD og PT (vi snakker her om utreiser), med henholdsvis 0.42 og 0.45.

Vi er komfortable med logikken i beregningene, og tenker at utfordringen ligger i å etablere forutsetninger til «Tabell B og C» for et gitt modellområde. Innholdet i «Tabell A» kan vi etablere fra reisevanedata. Dette tar vi for oss i de tre neste delkapitlene.

5.9.4 Datagrunnlag for fordeling av turer i to tidsdimensjoner

Vi har analysert data fra nasjonal RVU med tilleggsutvalg, for perioden 2016-2019, og gjort uttak tilsvarende «Tabell A». Det er i den sammenheng viktig at turer er for normalvirkedøgn (NVD), og at alle reisehensikter og transportformer er avgrenset til definisjonene i TB2.

Observasjonene deles i tre geografiske utvalg:

1. Oslo-området, definert ved modellavgrensning RTM23+
2. Bergen, Trondheim og Stavanger, med hver sine omlandskommuner, definert ved de økonomiske regionene (SSB) som disse inngår i. Definisjonen er tilpasset kommuneendringer i perioden 2016-2018.
3. Resten av landet, definert ved kommuner som ikke inngår i punkt 1 eller 2.

Dette gir et relativt jevnt fordelt omfang av observasjoner, med henholdsvis 28%, 32% og 40% i de tre geografiske utvalgene. Det er ikke veldig store forskjeller mellom disse gruppene, men nok til at det gir litt utslag i beregnede faktorer til tidssonefilene.

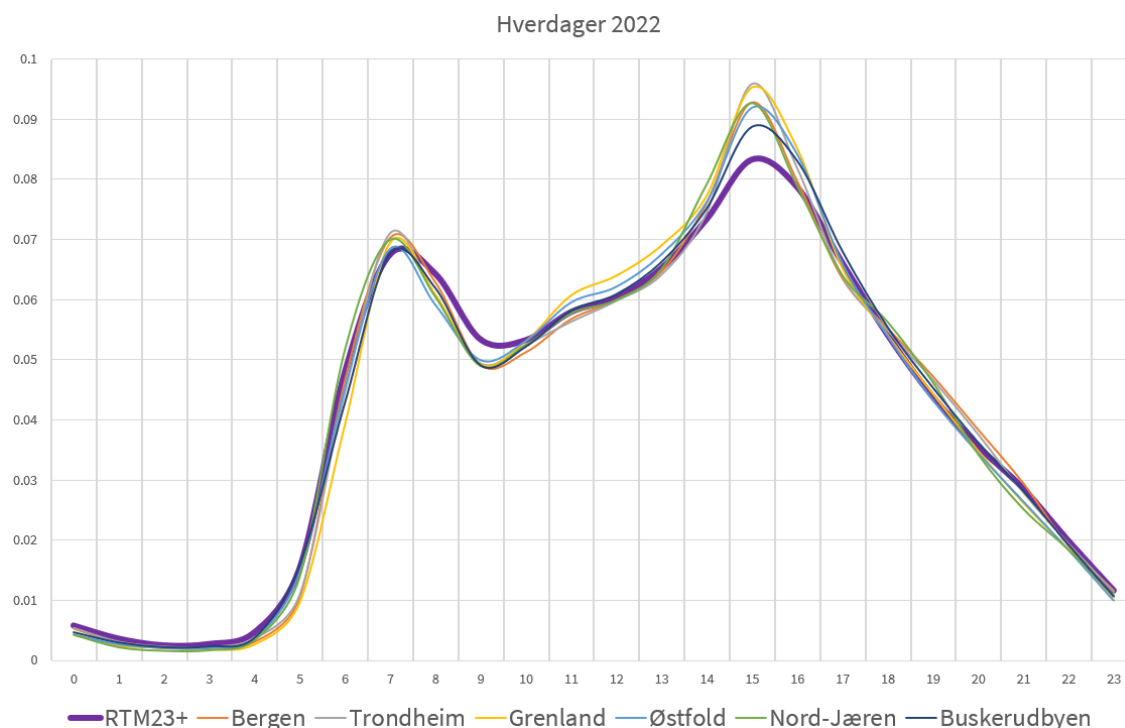
Verdiene er samlet i regneark som gir mulighet for tilpassinger, sammen med «Tabell B og C» (se nærmere informasjon i kapittel 5.9.7).

5.9.5 Datagrunnlag som kan beskrive variasjon i transporttilbud for bil

Justering av verdiene for bil i «Tabell B» må baseres på en kombinasjon av skjønn og empiri. Trafikktellinger for tellepunkt innenfor et modellområde vil gi indikasjoner på fordeling av trafikken innenfor rushtidene. Dette kan være grunnlag for å anslå «bredden» på rushtiden, det vil si omfanget av signifikant redusert framkommelig i rushtiden. I noen byområder kan dette være 20 minutter i morgen eller ettermiddagsrushet, mens det i Oslo-området kan være 2-3 timer.

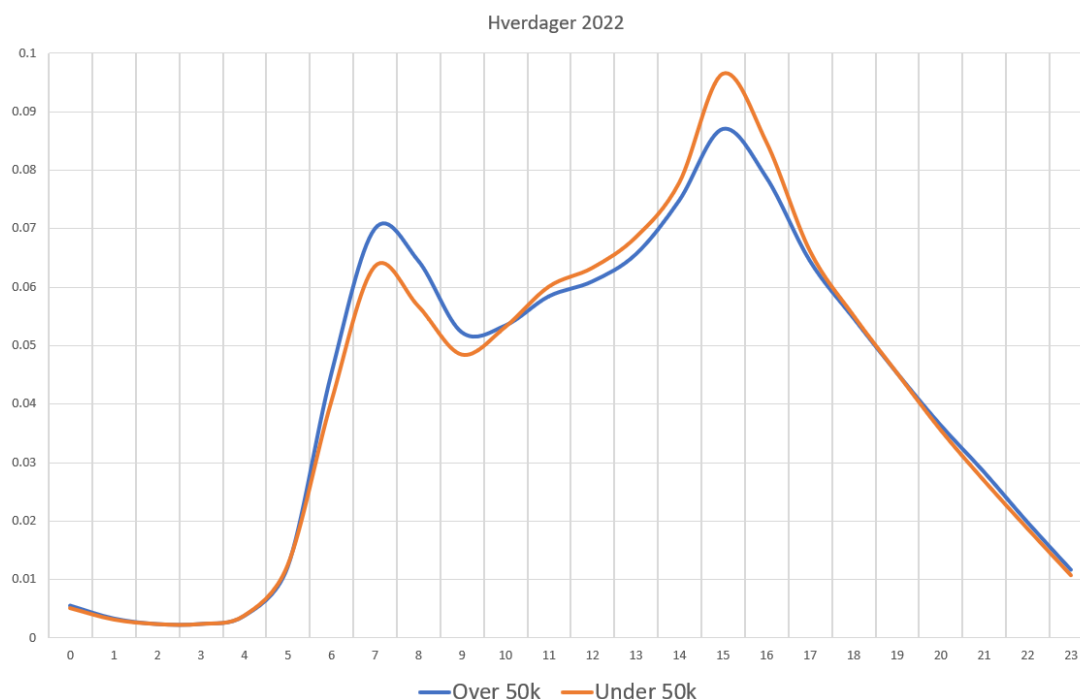
Figur 50 nedenfor viser relativ døgnfordeling for timer over døgnet (utjevnete kurver) for tellepunkter som faller innenfor et utvalg av delområdemodeller. Her ser vi at kurven for Oslo-området skiller seg ut. Fordelingen er jevnere mellom de tre timene i rushtiden på morgen og ettermiddag. Vi tenker at en slik forskjell ikke handler kun om forskjell i preferanser om ønsket reisetidsrom, men også er en følge av at man flytter turer ut på skuldertimene for å utnytte ledig kapasitet/oppnå mindre kø der. Dette vil igjen bety at framkommelighetsutfordringer ender opp med å bli jevnere fordelt. Det vil si at «Tabell B» skal ha verdier opp mot 1 for flere celler enn kun ut/hjem i makstime. Men som nevnt, her er det også viktig å bruke lokalkunnskap og skjønn om situasjonen i delområdemodellen man skal tilpasse.

Figur 50 Relativ døgfordeling for tellepunkter i utvalgte delområdemodeller



Figur 51 viser tilsvarende døgfordeling av trafikk over tellepunkter når vi grupperer etter små versus store kommuner. Det kan selvsagt ofte være slik at tellepunkter rundt en storby kan ligge i en liten kommune. Man skal derfor være varsom med å trekke konklusjoner fra forskjellen mellom grafene. Men en hypotese kan være at storbyene har et større arbeidsmarked, med innpendling til bysentrum, slik at spesielt morgenrushet har en større andel arbeidsreiser. På ettermiddagen vil det være en større andel fritid/privat i begge gruppene. Det er en viss tendens til ulik form på rushtid i store/små kommuner, basert på tilgjengelige tellepunkt (spissere for de små), noe som kan støtte opp om et smalere tidsvindu med makstime i tidssonefiler for en delområdemodell uten større byer. Det er selvsagt vanskelig å kvantifisere dette. Det kan også være usikkerhet knyttet til tellepunktens plassering som betyr at forskjeller kan bli tilfeldige.

Figur 51 Relativ døgnfordeling for tellepunkter i kommuner etter kommunestørrelse over/under 50.000 bosatte

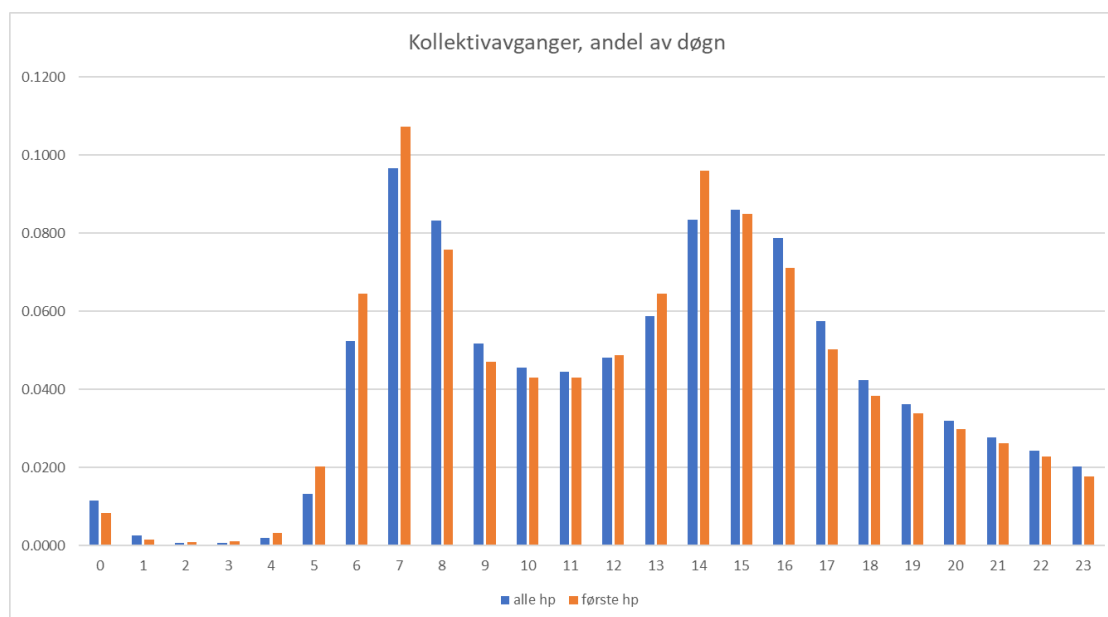


5.9.6 Datagrunnlag som kan beskrive variasjon i transporttilbud for kollektivtransport

Justering av verdiene for kollektivtransport i «Tabell C» må også baseres på en kombinasjon av skjønn og empiri, men oppgaven vil være noe «lettere» enn for bil, siden kollektivtilbudets ekstrainsats i rush er noe lettere å få tak på. Dessuten beskriver/dekker kollektivtilbudet hele geografien i et område, det har gjerne færre og klarere skiller på tidsaksen (enn for bil), og etterspørselen påvirker ikke tilbudet.

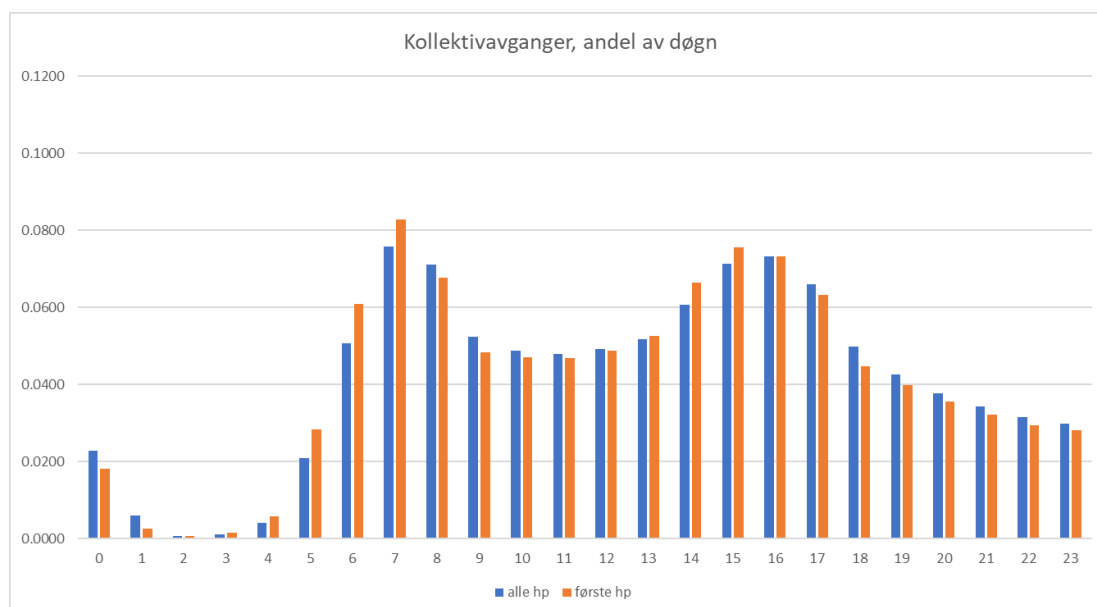
Vi har analysert data fra Entur for å illustrere variasjon i kollektivtilbud over døgnet, samt noen geografiske forskjeller i dette. Figur 52 viser to serier med søyler. Blå søyle viser døgnfordeling for alle avganger for alle holdeplasser. Oransje søyle viser tilsvarende dersom kun første holdeplass på hver rute/avgang regnes med. Vi ser at timen 07-08 dominerer i begge tilfeller. Og vi ser at bildet for første holdeplass naturlig nok er dratt litt mot venstre både ved inngangen til morgenrushet og ved inngangen til ettermiddagsrushet (når dette tilbudet treffer holdeplasser i det videre ruteforløpet vil timegrenser kunne være krysset).

Figur 52 Kollektivtilbud - Entur

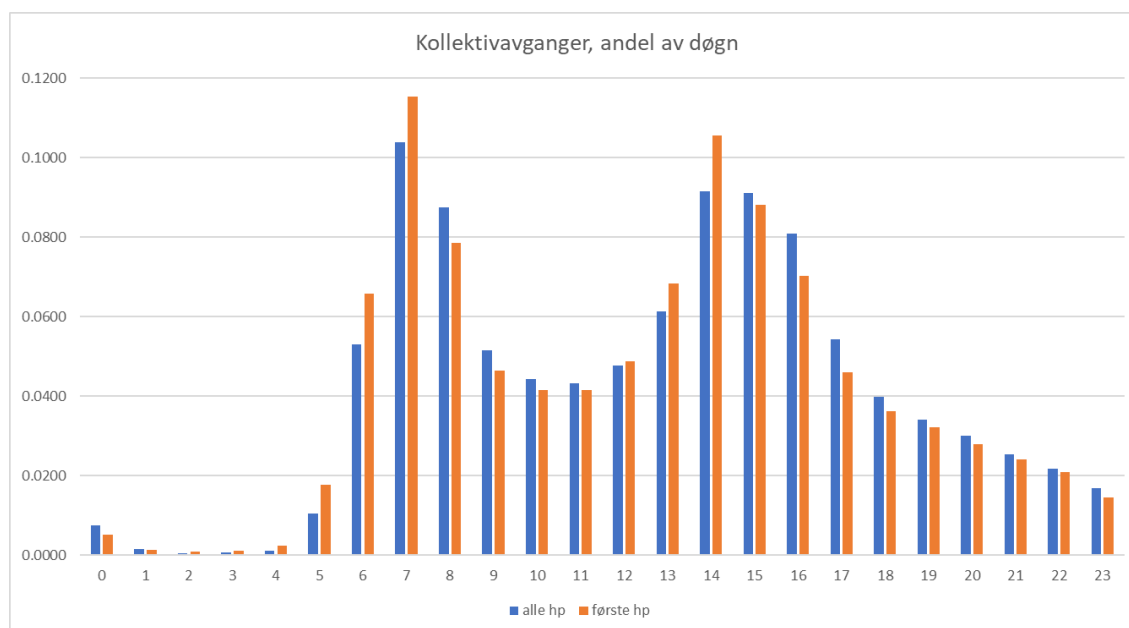


Figur 53 og Figur 54 viser tilsvarende framstilling for to utvalg av det samme materialet. Først med kollektivlinjer som administreres av Ruter, og deretter de øvrige «ikke Ruter» (Figur 54). Her ser vi at Ruter-tilbudet har en mye jevnere fordeling over døgnet. Øvrig tilbud har dessuten en andel i timen 14-15 som ikke Ruter-tilbudet har. Dette handler nok mye om busser som er tilpasset skoleslutt, og at disse utgjør en stor del av innsatsen/ekstrainnsatsen i tilbudet utenfor de store byene.

Figur 53 Kollektivtilbud – Entur - Ruter



Figur 54 Kollektivtilbud – Entur - IKKE Ruter



5.9.7 Verktøy for etablering av verdier til tidssonefiler

Regneark for etablering av verdier til tidssonefiler, med utgangspunkt i logikken rundt «Tabell A, B og C» forklart over, er tilgjengelig på:

<https://www.numerika.no/tramod/tramod-by/tidssonefiler/>

Det oppfordres, som nevnt innledningsvis, til å bruke denne nettsiden generelt, som kilde til informasjon om detaljer i etterspørselsmodellene (bruk søkefunksjonen eller menyene).