

Notat

Fra	Janne Möller
Til	Stephen Oommen
Kopi til	Christian Knittler
Vedrørende	Oppdrag 04-2025 Fase 3 Optimaliseringsarbeid
Saksref.	2025/55
Dato	07.03.2025

Optimaliseringsarbeid

Oppdrag 04-2025 Videre oppfølging av KVV om økt kapasitet i regiontogene

Dette notatet beskriver resultatene fra optimaliseringsarbeidet innenfor oppdrag 04-2025, som omhandler videre oppfølging av KVV om økt kapasitet i regiontogene. I optimaliseringsarbeidet analyseres de identifiserte toglinjene fra KVV-en med aktuelle to-etasjeskjøretøy som kan anskaffes uten innovasjonsrisiko med tanke på konsekvenser for togtilbudet, samt vurdering av ulemper ved bruk av ulike kjøretøy på samme toglinje eller sammensatt tilbud av flere toglinjer.

De relevante toglinjene som ble identifisert i konsept 4-2 av KVV-en er følgende:

- R13 Tønsberg–Dal
- RE10 (Skien–) Tønsberg–Lillehammer
- RE10x Oslo S–Hamar
- R21 Stabekk–Moss
- RE20 Oslo S–Halden/Göteborg C
- R31 Oslo S–Hakadal (–Jaren)
- RE30 Oslo S–Gjøvik

Norske Tog har levert informasjon om tilgjengelige og ferdigutviklede kjøretøytyper i markedsanalysen av oppdraget (fase 2). Fra disse kjøretøytypene identifiserte Norske Tog fire kjøretøy som de mest relevante for det norske markedet. Disse betegner vi i det følgende som kjøretøy 1-4.

For å analysere konsekvensene for togtilbudet, gjennomfører vi følgende:

1. **Analyse av evne til å holde eksisterende rutetider:** Beregning av kjøretider for alle de relevante delstrekningene til de identifiserte toglinjene fra konsept 4-2 fra KVV-en for kjøretøytype 74 eller 75, og kjøretøyene 1-4. Manglende evne til å overholde rutetider vil påvirke framføringstider og kanskje endre kryssingsmønster som i sin tur også påvirker framføringstid.
2. **Analyse av evnen til passasjerutveksling:** Estimering av tider for utveksling av passasjerer for kjøretøyene 1-4, sammenlignet med type 74 og 75, for å vurdere om kjøretøyene 1-4 kan overholde dagens oppholdstider. Manglende evne til å overholde oppholdstider vil gi mindre margin og føre til økt forsinkelse.
3. **Vurdering av virkning av bruk av ulike kjøretøy** på samme toglinje eller sammensatt tilbud av flere toglinjer med ulikt materiell.

Resultatet fra de tre analysene nevnt over er en oversikt over hvor godt egnet kjøretøyene 1-4 er for de forskjellige toglinjene identifisert som aktuelt i KVV-en. De tre analysene er presentert i hvert sitt kapittel (med tilsvarende nummer) og kapittel 4 er oppsummering og konklusjon.

1. Kjøretidsberegninger

1.1 Forutsetninger

Kjøretøymodeller

Kjøretøymodeller er laget i verktøyene Treno og Trenissimo. Kjøretøymodeller for type 74 og 75 var tilgjengelig, mens kjøretøyene 1-4 ble modellert for denne oppgaven med tilgjengelig informasjon fra fase 2 (markedsanalyse) fra Norske Tog.

Egenskapene til kjøretøyene som er modellert ligger dokumentert i et excel-ark i prosjektmappen.

Infrastrukturmodell

Vi bruker infrastrukturmodellen iht. anbefalt infrastruktur til NTP 2025-2036, som ble utarbeidet i forbindelse med arbeidet med NTP. En oversikt over inkluderte infrastrukturtiltak finnes dokumentert i en egen rapport fra dette arbeidet (Jernbanedirektoratet, 2024).

Tilbudskonsept

Vi modellerer de identifiserte toglinjene iht. konsept 4-2 fra KVVU-en, der togtilbudet iht. referansetogtilbud til NTP 2025-2036 (med minimumskravene til integrering av tilbringertjenesten) benyttes. Vi bruker endestasjoner og stoppmønster for de enkelte toglinjene iht. dette togtilbudet.

1.2 Metode for kjøretidsberegninger

Modellering av toglinjene

For hver av de identifiserte toglinjene fra KVVU-en, i hver retning, og med hver kjøretøytype (enkelt- og dobbeltsett), lages det en såkalt train group i rutemodelleringsverktøyet Treno. Vi bruker følgende forutsetninger:

- Samme oppholdstid uavhengig av kjøretøytype
- Sporbruk på Oslo S og Lillestrøm iht. referanse til NTP 2025-2036
- Sporbruk på Drammen stasjon: retning Tønsberg spor 3, retning Oslo S spor 4
- Sporbruk for stasjoner i eksisterende infrastruktur: hovedtogspor iht. Network Statement 2025. Hvis det finnes flere hovedtogspor, bruker vi det sporet som ikke ligger i avvik.
- Sporbruk for infrastruktur som er planlagt eller under bygging: hovedtogspor iht. brukt infrastrukturmodell. Hvis det finnes flere hovedtogspor, bruker vi det sporet som ikke ligger i avvik.

Vi gjennomfører kjøretidsberegningene med rutemodelleringsverktøyet Treno versjon 3.3.36. Resulterende kjøretider består av:

- Teknisk minste kjøretid mellom de angitte stasjonene, som inkluderer tid for bremsing og akselerasjon på stasjoner med stopp iht. tilbudskonseptet.
- Oppholdstid på stasjoner med stopp iht. tilbudskonseptet. Lengden av oppholdstid er avhengig av stasjon. Vi bruker oppholdstider iht. referansetogtilbud til NTP 2025-2036.
- Vi bruker 0 % kjøretidstillegg i kjøretidsberegningene og legger til kjøretidstillegget i analysen, avhengig av delstrekning. Se beskrivelse lenger ned i avsnittet.

Trenissimo-prosjektet med infrastruktur- og kjøretøymodellene, i tillegg til Treno-database med toggruppene er tilgjengelig i prosjektmappen.

Forberedelse av resultatene

Kjøretidsberegningene er gjennomført med både enkelt- og dobbeltsett for alle kjøretøytypene. Vi kunne se at for de fleste undersøkte strekningsavsnittene var kjøretidsberegningen med dobbeltsett dimensjonerende, dvs. resulterer i lengre kjøretider enn enkeltsett. For strekning Oslo S–Ski og Tønsberg–Drammen var derimot dobbeltsett noen få sekunder raskere. Fordi avviket på disse strekningsavsnittene bare utgjorde kun få sekunder, analyserer vi alle kjøretidene med bruk av dobbeltsett. Det er to unntak:

Unntak én er kjøretøyene 2 og 4. Disse er 150 meter lange og egner seg derfor ikke for dobbeltsett kjøring for de fleste stasjonene. For kjøretøyene 2 og 4 undersøker vi derfor kjøretidene med enkeltsett.

Unntak to er togtilbudet på Gjøvikbanen. På grunn av korte plattformer er infrastrukturen på Gjøvikbanen ikke egnet for dobbeltsett kjøring. For linjer som trafikkerer denne strekningen, er kjøretidsberegningene derfor gjennomført med enkeltsett. Det brukes dørstyring på noen stasjoner på Gjøvikbanen i dag. Bruk av kjøretøy 2 og 4 på Gjøvikbanen ville medføre utvidet bruk av dørstyring, hvis ikke det gjøres flere plattformtiltak. Vi inkluderer resultatene for kjøretøyene 2 og 4 på Gjøvikbanen, men gjør oppmerksom på at dersom bruk av 150 meter lange kjøretøy er ønskelig, bør det gjennomføres vurderinger rundt utvidet bruk av dørstyring på strekningen.

For analysen deler vi opp strekningen som de undersøkte toglinjene trafikkerer i relevante delstrekninger. For hver delstrekning betrakter vi følgende:

- **Teknisk kjøretid:** Dette forstås som tidsbruken ved optimal kjøring uten påvirkning fra andre tog og uten reaksjonstider eller andre påslag som tar hensyn til reell føreradfærd. Det legges til grunn akselerasjon ut fra trekkraftkurver, men akselerasjon og retardasjon er begrenset til maks 0,65 m/s².
- **Oppholdstid:** Oppholdstiden påvirker samlet framføringstid og kommer i tillegg til selve kjøretiden.
- **Kjøretidstillegg:** Det legges til kjøretidstillegg iht. standard for rutemodeller (Jernbanedirektoratet, 2022). Hvis et annet tillegg brukes, begrunnes det særskilt.
- **Retning:** Avhengig av sammenligningstid og resultatene per delstrekning beregner vi gjennomsnitt av kjøretiden for begge retninger, eller undersøker retning 1 og/eller 2 særskilt. Dette spesifiserer og begrunner vi i resultatene per delstrekning i avsnitt 1.3. Retning 1 er i denne sammenhengen definert som tog som trafikkerer Oslo-korridoren i østlig retning, nordgående tog på Gjøvikbanen eller sørgående tog på Follo-/Østfoldbanen.
- **Sammenligningstid:** For å undersøke hvordan kjøretøy 1-4 påvirker tider kan relevante sammenligningstider være:
 - Dagens rutetider (R25),
 - Framføringstidene fra rutemodellen til referanse til NTP 2025-2036, som overholder effektmål for framføringstiden gitt i en infrastrukturavtale, eller
 - Kjøretiden som beregnet for type 74 eller 75.Hvilken sammenligningstid vi bruker, er avhengig per delstrekning. I resultatene spesifiserer og begrunner vi valget.

Metode for vurdering av resulterende kjøretider

Vi beregner avviket fra sammenligningstiden per delstrekning for kjøretøyene 1-4, og vurderer økningen iht. følgende metodikk:

- **Ubetydelig:** Kjøretiden øker ikke eller lite ift. sammenligningstiden og vi forventer ingen endring i framføringstid.
 - Økning under 3 % når kjøretidene inneholder tilstrekkelig kjøretidstillegg
 - Økning under 1 % når kjøretidene ikke inneholder kjøretidstillegg
- **Litt negativ:** Kjøretiden øker noe ift. sammenligningstiden. Vi forventer at framføringstiden kan overholdes med noen negative konsekvenser, som redusert kjøretidstillegg som kan føre til redusert driftsstabilitet.
 - Økning mellom 3 og 6 % når kjøretidene inneholder tilstrekkelig kjøretidstillegg
 - Økning mellom 1 % og 3 % når kjøretidene ikke inneholder tilstrekkelig kjøretidstillegg
- **Stor negativ:** Kjøretiden øker ift. sammenligningstiden i så stor grad at vi forventer økt framføringstid.
 - Økning over 6 % når kjøretidene inneholder tilstrekkelig kjøretidstillegg
 - Økning over 3 % når kjøretidene ikke inneholder tilstrekkelig kjøretidstillegg

Usikkerheter

Det er flere usikkerhetsmomenter for beregning av kjøretiden og vurdering av konsekvenser for togtilbudet. Kjøretidsberegningene er teoretiske og kan variere i praksis, avhengig av kjøreratferd, værforhold og andre faktorer.

Modellene for kjøretøyene er basert på informasjon gitt av produsentene i markedsanalysen til Norske Tog. Kontrollberegninger viser gjensidig utelukkende avvik mellom enkelte verdier, som vil kunne påvirke kjøretidsberegningene noe, men er ansett som akseptable innenfor rammen av en konseptuell studie. Hvordan kjøretøyene er implementert i modellene er dokumentert i en egen excelfil.

Et annet moment er enkeltsporede strekninger: vi utfører kjøretidsberegninger i denne analysen, men lager ikke en rutemodell. Dette betyr at tider for kryssinger på enkeltspor ikke er med i beregningene. Vi analyserer i disse tilfellene mot kjøretid for eksisterende kjøretøytyper for å vurdere om kjøretøy 1-4 vil kunne overholde de samme ruteleiene som type 74 eller type 75. Hvis det ikke er tilfelle, er konsekvensene for togtilbudet vanskelig å vurdere. Det er derfor knyttet usikkerhet til konsekvensene for rutetilbudet i slike tilfeller.

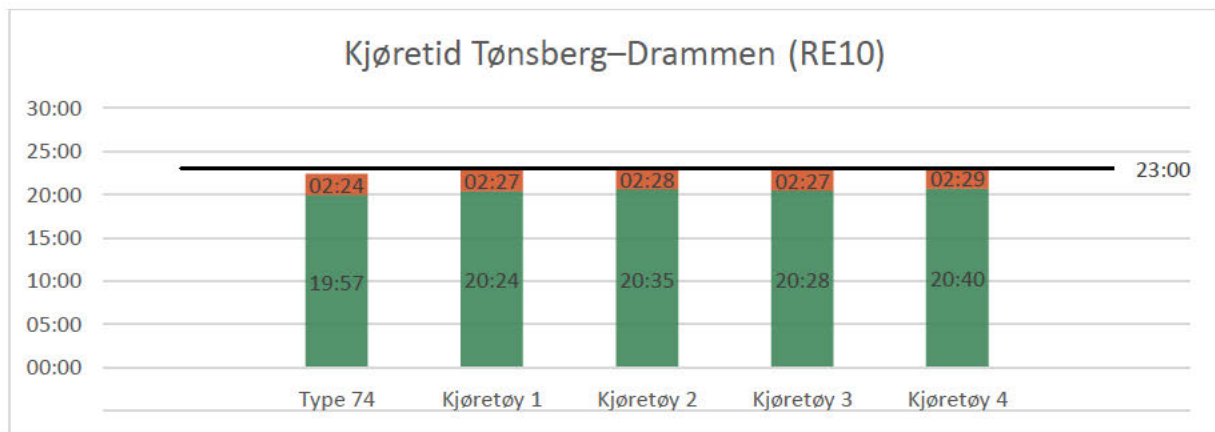
1.3 Resultater

Vestfoldbanen: Strekningen Tønsberg–Drammen

På Vestfoldbanen forutsetter konsept 4-2 bruk av to-etasjevogner for linje R13 og RE10. Linje R13 har Tønsberg som endestasjon og stopper på Skoppum, Holmestrand og Sande mellom Tønsberg og Drammen. RE10 har også Tønsberg som endestasjon, men stopper ikke mellom Tønsberg og Drammen. RE10 er forlenget til/fra Skien i rush, men ingen av disse avgangene er satt opp med to-etasjevogner i K4-2, derfor analyserer vi kun kjøretidene til/fra Tønsberg.

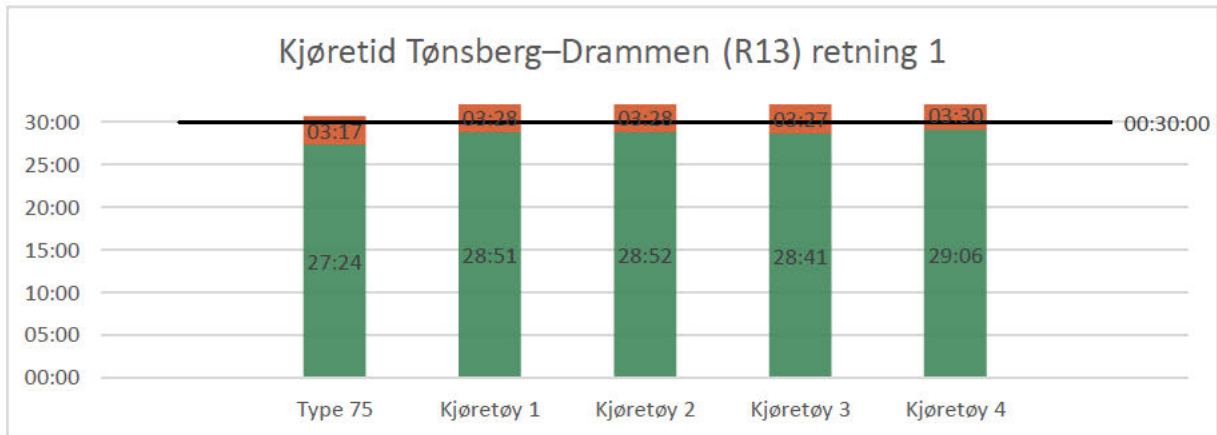
Etter ferdigstilling av infrastrukturavtale E04 er det gjennomgående dobbeltspor mellom Tønsberg og Drammen, som er tilrettelagt for 200 km/t. Effektmål for framføringstid mellom Tønsberg og Oslo S for linjene RE10 og RE11 er 1 time. I rutemodell for referanse til NTP 2025-2036, som overholder 1 time mellom Tønsberg og Oslo S, er det forutsatt 23 minutter mellom Tønsberg og Drammen (uten stopp underveis).

Kjøretiden per retning er omtrent lik, og sammenligningstiden på 23 minutter gjelder for begge retningene. Derfor viser Figur 1 kjøretidene som gjennomsnitt for begge retninger inklusive kjøretidstillegg på 12 %. Kjøretøy 1, 2 og 4 overstiger 23 minutter med noen få sekunder, som utgjør mindre enn 1 % avvik.

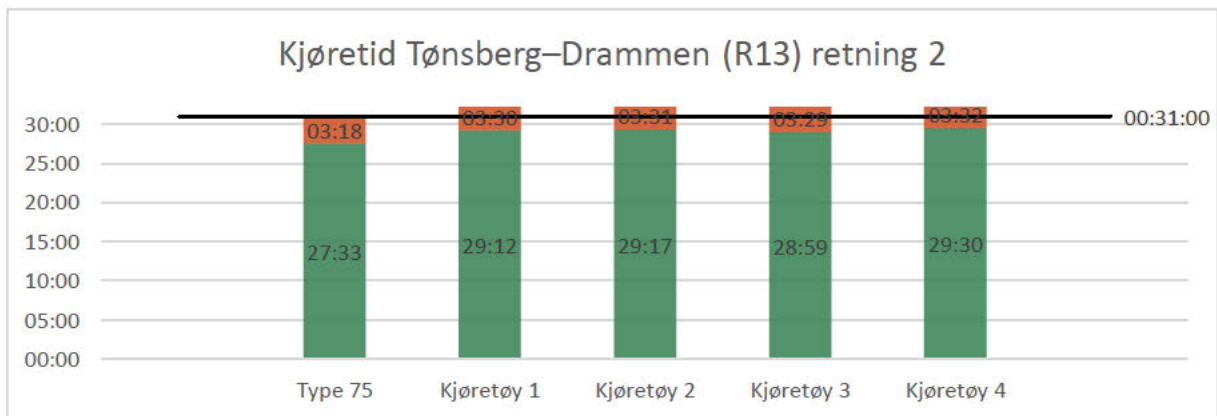


Figur 1: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Tønsberg–Drammen (RE10) for type 74 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

For linje R13 mellom Tønsberg og Drammen deler vi resultatene opp per retning, der vi sammenligner med framføringstid i referanse til NTP 2025-2036, hvor framføringstiden er 30 minutter i retning 1, og 31 minutter i retning 2.



Figur 2: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Tønsberg–Drammen (R13) for type 75 og kjøretøyene 1-4 i retning 1 (fra Tønsberg mot Drammen). De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.



Figur 3: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Tønsberg–Drammen (R13) for type 75 og kjøretøyene 1-4 i retning 2 (fra Drammen mot Tønsberg). De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

I begge retninger vil kjøretøyene 1-4 (og også type 75 i retning 1, som kan skyldes avrunding i rutetabellene) overstige framføringstiden fra rutetabellene til referanse til NTP 2025-2036. Forskjellen fra type 75 for kjøretøy 1-4 er ytterligere avvik på hhv. 5,3 %, 5,4 %, 4,7 % og 6,2 %.

Tabell 1: Kjøretider med 12 % kjøretidstillegg for Tønsberg–Drammen i begge retninger for type 75 og kjøretøyene 1-4 (sammenlignet med framføringstider fra referanse til NTP 2025-2036)

Avsnitt	Type 75	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
Tønsberg–Drammen Retning 1	30:41 (+ 00:41)	32:19 (+ 02:19)	32:20 (+ 02:20)	32:08 (+ 02:08)	32:36 (+ 02:36)
Endring	+ 2,3 %	+ 7,7 %	+ 7,8 %	+ 7,1 %	+ 8,6 %
Tønsberg–Drammen Retning 2	30:51 (- 00:09)	32:42 (+ 01:42)	32:48 (+ 01:48)	32:28 (+ 01:28)	33:02 (+ 02:02)
Endring	-	+ 5,5 %	+ 5,8 %	+ 4,7 %	+ 6,6 %

Fellesstrekning Drammen–Oslo S–Lillestrøm

I rutemodellarbeid for framtidige rutemodeller bruker vi harmoniserte framføringstider (for å gi maksimal kapasitet) på fellesstrekninger, som er basert på dagens framføringstider, fremfor kjøretider med standardverdier for kjøretidstillegg. Framføringstider i dagens ruteplan mellom Drammen og Oslo S er angitt i Tabell 2.

Tabell 2: Framføringstider i dagens ruteplan (R25)

Avsnitt	Retning 1 (østover til Oslo S) [min]	Retning 2 (vestover fra Oslo S) [min]
Drammen–Oslo S med stopp på Lier og Brakerøya	36	35
Drammen–Oslo S uten stopp på Lier og Brakerøya	34	32
Stabekk–Oslo S	13	12
Asker–Oslo S	22	20
Lysaker–Oslo S	10	9

Strekningsavsnitt Drammen–Oslo S, spesielt delstrekningene Asker–Oslo S og Lysaker–Oslo S, er preget av stramme ruter med lite buffertid. Kjøretidsberegningen viser at retning 2 har noe lengre kjøretider, samtidig som rutetidene for denne retningen er kortere (jf. Tabell 2). Resultatene for retning 2 (mot vest fra Oslo S) vil være dimensjonerende, og derfor analyserer vi kun disse i det følgende.

Tabell 3 viser resultatene for kjøretidsberegningene for avsnittene Drammen–Oslo S (med og uten stopp på Lier og Brakerøya), Asker–Oslo S og Lysaker–Oslo S uten kjøretidstillegg. Verdien i parentes viser avvik fra dagens rutetider. Fargen angir større kjøretid enn rutetiden, gul med noen sekunder, rødt ved større avvik.

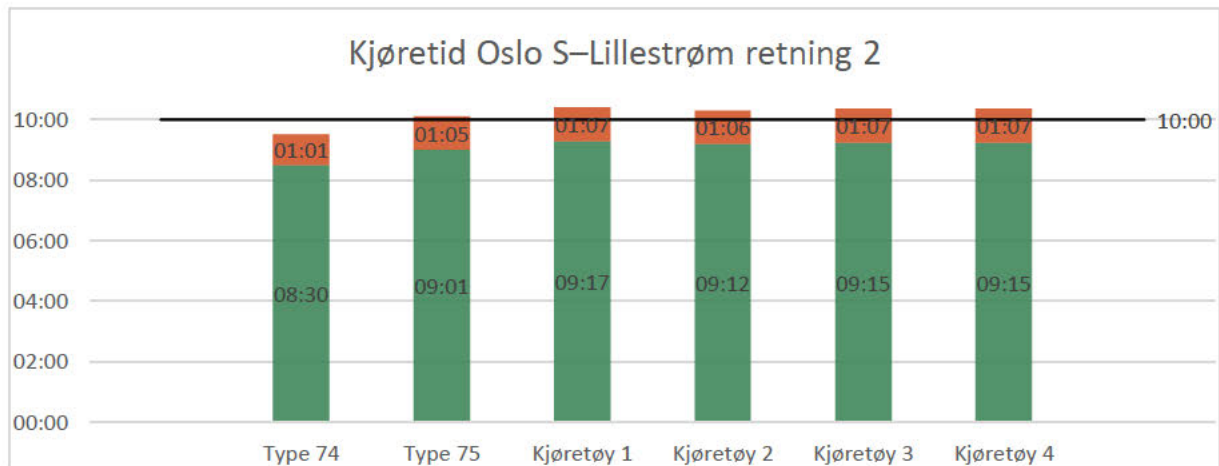
Tabell 3: Kjøretider uten kjøretidstillegg for angitte strekninger i retning 2 (vestgående) for type 74, type 75 og kjøretøyene 1-4 (sammenlignet med dagens rutetider).

Avsnitt	Type 74	Type 75	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
Oslo S–Drammen med stopp på Lier og Brakerøya	-	34:15 (- 00:45)	34:46 (- 00:14)	34:37 (- 00:23)	35:46 (+ 00:46)	34:40 (- 00:20)
Endring		- 2,1 %	- 0,7 %	- 1,1 %	+ 2,2 %	- 1,0 %
Oslo S–Drammen uten stopp på Lier og Brakerøya	31:04 (- 00:56)	-	31:36 (- 00:24)	31:25 (- 00:35)	32:42 (+ 00:42)	31:30 (- 00:30)
Endring	- 2,9 %		- 1,3 %	- 1,8 %	+ 2,2 %	- 1,6 %
Stabekk–Oslo S	-	12:18 (+ 00:18)	12:23 (+ 00:23)	12:18 (+ 00:18)	13:19 (+ 01:19)	12:22 (+ 00:22)
Endring		+ 2,5 %	+ 3,2 %	+ 2,5 %	+ 11,0 %	+ 3,1 %
Oslo S–Asker	20:06 (+ 00:06)	20:09 (+ 00:09)	20:34 (+ 00:34)	20:23 (+ 00:23)	21:30 (+ 01:30)	20:25 (+ 00:25)
Endring	+ 0,5 %	+ 0,8 %	+ 2,8 %	+ 1,9 %	+ 7,5 %	+ 2,1 %
Oslo S–Lysaker	09:02 (+ 00:02)	09:02 (+ 00:02)	09:06 (+ 00:06)	09:04 (+ 00:04)	10:13 (+ 01:13)	09:03 (+ 00:03)
Endring	+ 0,4 %	+ 0,4 %	+ 1,1 %	+ 0,7 %	+ 13,5 %	+ 0,6 %

Kjøretøy 3 klarer ikke å oppnå kjøretidene som er nødvendig for å trafikere mellom Drammen og Oslo S med dagens framføringstider. Økning på strekning Lysaker–Oslo S er på 13,5 % sammenlignet med

sammenligningsverdien. Kjøretøyene 1, 2 og 4 har noe økning sammenlignet med rutetidene og med type 74 og type 75 på strekningen Asker–Oslo S. På strekningen Lysaker–Oslo S er avviket i samme størrelsesorden som for type 74 og type 75, rundt 1 %. På strekning Asker–Oslo S ligger økning for kjøretøy 1, 2 og 4 rundt 2 %, mens avviket for type 74 og type 75 ligger under 1 %.

Framføringstid for strekningen Oslo S–Lillestrøm er 10 minutter i dagens ruteplan, og det er buffer inkludert i denne tiden. Derfor sammenligner vi denne tiden med de beregnede kjøretidene inklusive 12 % kjøretidstillegg. I retning 1 ligger alle beregnede kjøretidene pluss tillegg under 10 minutter. I retning 2 er det noen avvik, se Figur 4.



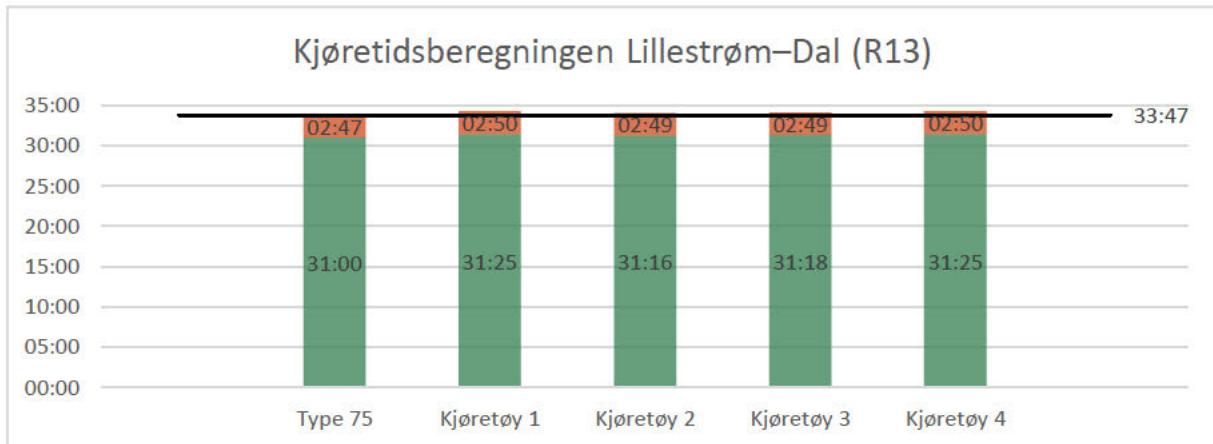
Figur 4: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Oslo S–Lillestrøm retning 2 for type 74, 75 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Fremføringstid og nødvendig tillegg for type 75 og kjøretøyene 1-4 overstiger rutetiden på 10 minutter. Type 75 tar 6 sekunder lengre, mens kjøretøyene 1-4 ligger mellom 18 og 24 sekunder lengre.

Strekning Lillestrøm–Dal

Strekning Lillestrøm–Dal på Hovedbanen er enkeltsporet og trafikkeres av linje R13. Maksimal hastighet er 130 km/t og vi har lagt til 9% kjøretidstillegg på de beregnede kjøretidene. Framføringstid i ruteplan R25 er 42 minutter fra Lillestrøm til Dal, og 39 minutter fra Dal til Lillestrøm.

Kjøretidene som er beregnet er lavere enn dagens framføringstider fordi de ikke inneholder kryssinger. Derfor vurderer vi de beregnede kjøretidene opp mot kjøretidene for type 75 som benyttes for linje R13 i dag, uten kryssinger. Vi kan se i Figur 7 at tidene for de enkelte kjøretøytypene er ganske like. Maksimalt avvik på kjøretiden sammenlignet med type 75 er 25 sekunder pluss 3 sekunder økt kjøretidstillegg på hele strekningen Lillestrøm–Dal (kjøretøy 4), som tilsvarer 1,4 % av kjøretiden til type 75. Derfor vurderer vi at kjøretøyene 1-4 vil kunne holde rutene til dagens avganger.

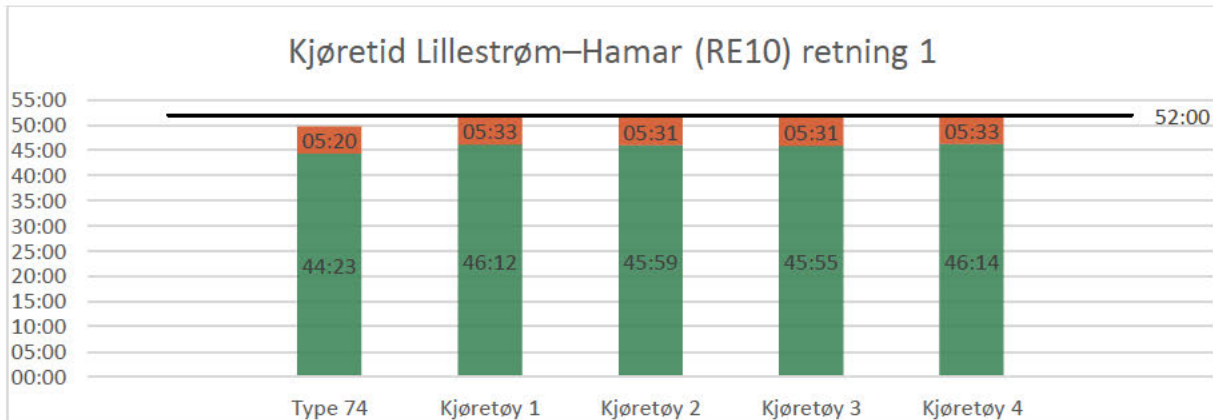


Figur 5: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Lillestrøm–Dal (R13) for type 75 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

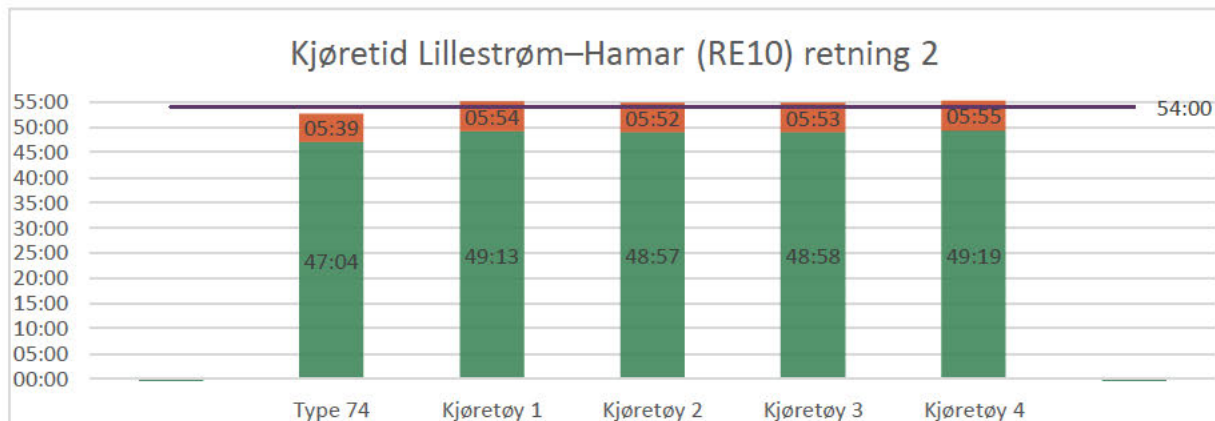
Strekningen Lillestrøm–Lillehammer

Vi deler opp strekningen Lillestrøm–Lillehammer i delstrekningene Lillestrøm–Hamar på Gardermobanen og Dovrebanen, og Hamar–Lillehammer på Dovrebanen.

Strekningen Lillestrøm–Hamar består av dobbeltspor fram til Åkersvika, og enkeltspor fram til Hamar i infrastrukturmodellen vi benyttet. Dobbeltsporet til Åkersvika er under bygging og skal tas i bruk i desember 2027 i henhold til gjeldende avtale med Bane NOR. Effektmålet for framføringstid i infrastrukturavtale E08 for linjene RE10 og RE11 er 66 minutter. Vi sammenligner resultatene fra kjøretidsberegningen med rutetidene oppnådd for linje RE10 i rutemodell for referanse til NTP 2025-2036, som forutsetter dobbeltspor til Åkersvika og at effektmålet i infrastrukturavtalen overholdes på strekningen Oslo–Hamar. Framføringstiden i rutemodellen mellom Lillestrøm og Hamar er 52 minutter i retning 1, og 54 minutter i retning 2. Maksimal hastighet er stort sett 200 km/t, derfor legger vi til 12 % kjøretidstillegg på den beregnede kjøretiden.



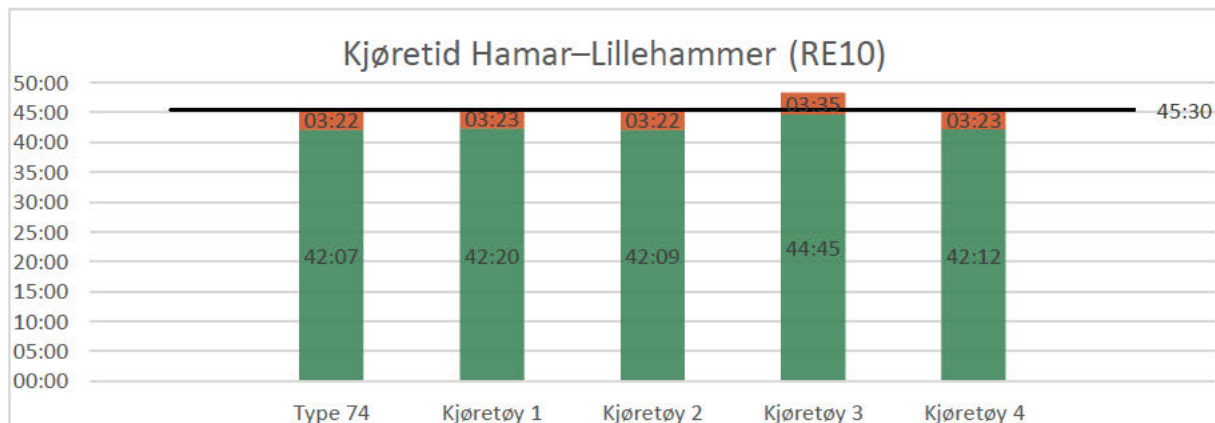
Figur 6: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Lillestrøm–Hamar (RE10) for type 74 og kjøretøyene 1-4 i retning 1. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.



Figur 7: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Lillestrøm–Hamar (RE10) for type 74 og kjøretøyene 1-4 i retning 2. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Figur 6 viser at den beregnede kjøretiden for alle kjøretøyene ligger under 52 minutter mellom Lillestrøm og Hamar i retning 1. I retning 2 overstiger kjøretidene for kjøretøy 1-4 54 minutter med maksimalt 1 minutt og 14 sekunder. Økningen er derfor på maksimalt 2,3 %.

Strekningen Hamar–Lillehammer består av enkeltspor og varierende maksimale hastigheter mellom 75 og 130 km/t. Vi bruker 8% kjøretidstillegg på strekningen, der hovedparten av avsnittene har lavere maksimal hastighet enn 120 km/t. Ettersom strekningen er enkeltsporet sammenligner vi kjøretiden med kjøretiden av type 74 uten kryssingsopphold. Vi beregner gjennomsnittet for begge retninger, ettersom avviket mellom retningene ikke er stort.



Figur 8: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Hamar–Lillehammer (RE10) for type 74 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

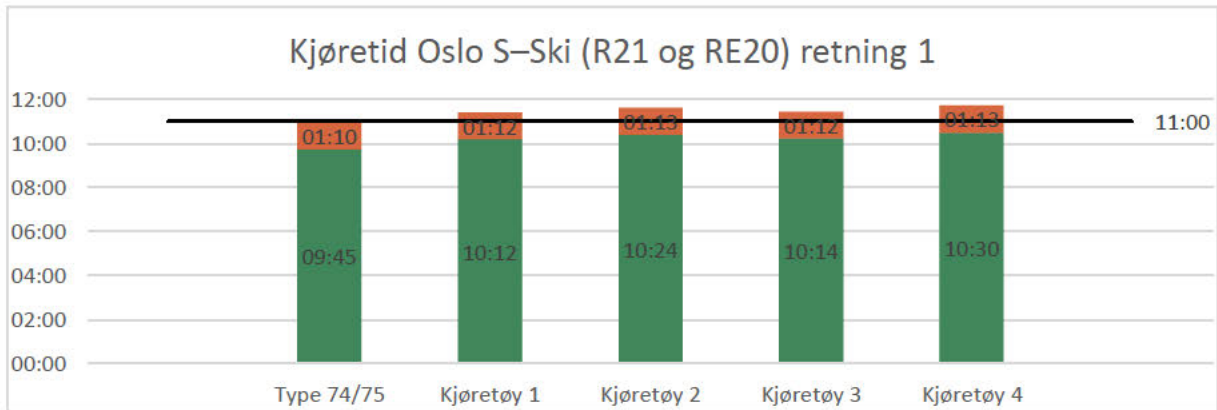
Kjøretøy 3 overstiger kjøretiden av type 74 med 2 minutter og 49 sekunder, se Figur 8. Økningen ligger på 6,2 % og betyr at kjøretøyet trolig ikke ville kunnet overholde det samme kryssingsmønsteret som type 74. Det er derfor en risiko for negative konsekvenser for togtilbudet til denne linjen ved bruk av kjøretøy 3. Uten å se nærmere på en rutemodell, eller rutemodellere med kjøretøy 3 er det ikke mulig å vite hvilke konsekvenser bruk av dette kjøretøyet vil kunne ha, som for eksempel økt framføringstid, kortere vendetid etc.

For kjøretøy 1, 2 og 4 er avviket på kun noen få sekunder og ligger på under 1 % økning.

Østfold: Strekning Oslo S–Halden

Vi deler opp linjeveien til linje R21 og RE20 i avsnittene Oslo S–Ski, Ski–Moss og Moss–Halden.

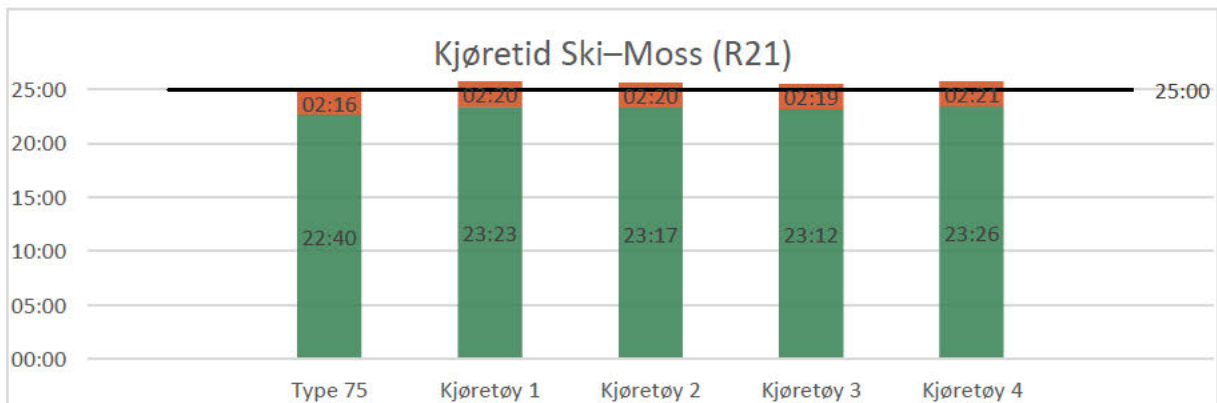
For strekningen Oslo S–Ski bruker vi 12 % kjøretidstillegg, og sammenligner de beregnede tidene for retning 1 med framføringstid i R25 i retning 1: 11 minutter. De beregnede tidene for retning 2 er kortere (pga. høydeprofilen), og at rutetiden er ett minutt høyere i denne retningen. Vi ser at kjøretidsberegningen ikke gjenspeiler at togene i virkelighet bruker lengre tid, og ser derfor kun på resultater for retning 1.



Figur 9: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Oslo S–Ski (R21/RE20) for type 74/75 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

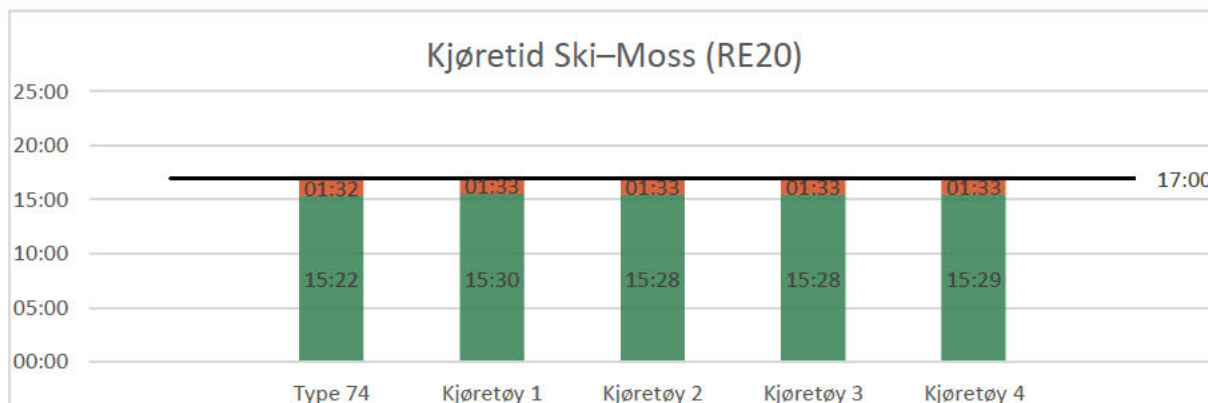
Figur 9 viser at alle kjøretøyene 1-4 har lengre beregnet kjøretid enn type 74/75. Økningen ligger på 24 sekunder for kjøretøy 1 (3,6 %), 37 sekunder for kjøretøy 2 (5,6 %), 26 sekunder for kjøretøy 3 (3,9%) og 43 sekunder for kjøretøy 4 (6,5 %), sammenlignet med rutetiden.

Strekningen Ski–Moss har gjennomgående dobbeltspor etter utbygging av infrastruktur iht. infrastrukturavtale E03. Vi sammenligner de beregnede kjøretidene her opp mot tidene fra rutemodell til referanse til NTP 2025-2036. Toglinjene R21 og RE20 behandles separat, ettersom disse har ulikt stoppmønster. For R21 sammenligner vi mot 25 minutter og for RE20 mot 17 minutter iht. rutetabellene til referanse til NTP 2025-2036, se R-serien.



Figur 10: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Ski–Moss (R21) for type 75 og kjøretøyene 1-4, snitt av kjøretid begge retninger. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

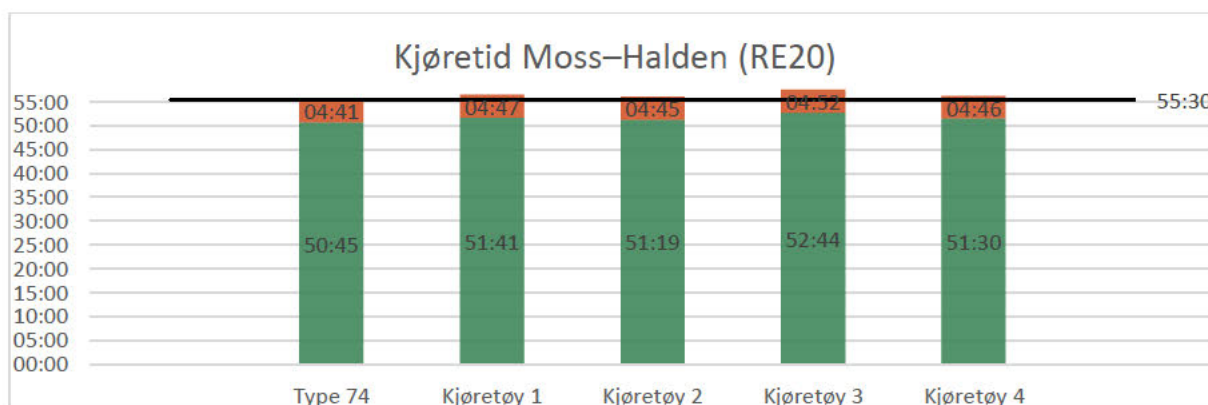
Kjøretiden for kjøretøy 1-4 med stoppmønster til linje R21 ligger over 25 minutter, med økning mellom 31 og 46 sekunder sammenlignet med rutemessig fremføringstid i referanserutemodellen. For kjøretøy 4 har en økning på 46 sekunder sammenlignet med referanse, hvilket utgjør 3,1 %. De andre kjøretøyene har mindre enn 3 % økning.



Figur 11: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Ski–Moss (RE20) for type 74 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Kjøretiden for kjøretøy 1-4 med stoppmønster til linje RE20 overstiger 17 minutter med 1-3 sekunder, som tilsvarer under 1 %.

Strekningen Moss–Halden blir kun trafikkert av linje RE20. Det er dobbeltspor fram til Haug etter infrastrukturavtale E03, deretter enkeltspor fram til Halden. Fordi enkeltspor utgjør den største delen av strekningen, sammenligner vi mot kjøretiden for kjøretøytype 74 for å vurdere om kjøretøy 1-4 vil kunne overholde rutene. Vi bruker 12 % kjøretidstillegg mellom Moss og Rygge (maksimal hastighet 200 km/t), og 9% mellom Rygge og Halden (stort sett 130 km/t).



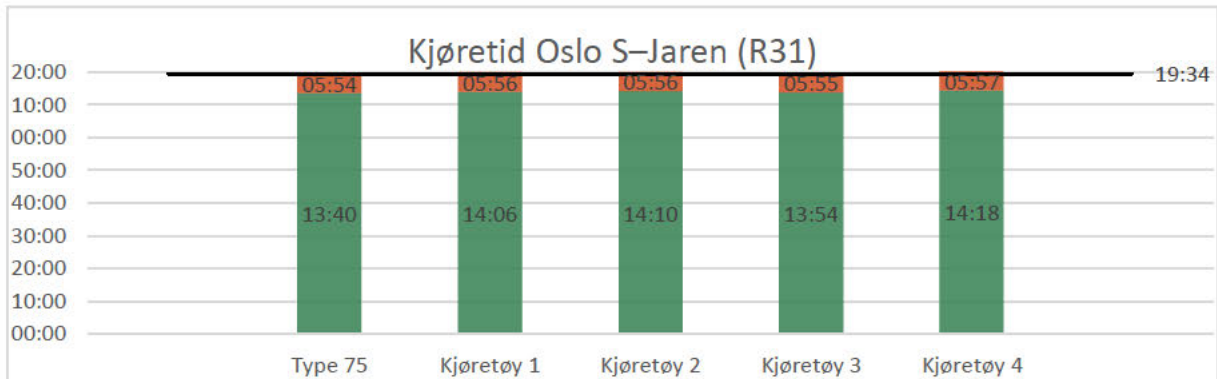
Figur 12: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Moss–Halden for type 74 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Kjøretøy 1-4 vil overstige kjøretiden av type 74 og rutemessig framføringstid i referanserutemodellen, som det fremgår av Figur 12. Overskridelsen over framføringstiden i referanserutemodellen ligger på 58 sekunder for kjøretøy 1 (1,7 %), på 33 sekunder for kjøretøy 2 (1,0 %), på 2 minutter og 6 sekunder for kjøretøy 3 (3,8%) og på 45 sekunder for kjøretøy 4 (1,4 %).

Gjøvikbanen: Strekning Oslo S–Gjøvik

Gjøvikbanen blir trafikkert av linje R31 Oslo S–Hakadal/Jaren og RE30 Oslo S–Gjøvik. Strekningen er enkeltsporet, og har maksimal hastighet på 130 km/t, de fleste steder mindre. Pga. korte plattformer på mange av stasjonene på Gjøvikbanen, legger vi til grunn at R31 og RE30 inntil videre kun kan betjenes med enkeltsett. Resultatene for kjøretidsberegningen inkluderer enkeltsett for kjøretøy 2 og 4, selv om dette vil medføre utvidet bruk av dørstyring (ettersom de er 150 m lange). Hvis det er aktuelt å sette inn slike lange to-etasjevogner på Gjøvikbanen, må det foretas en vurdering av dørstyring.

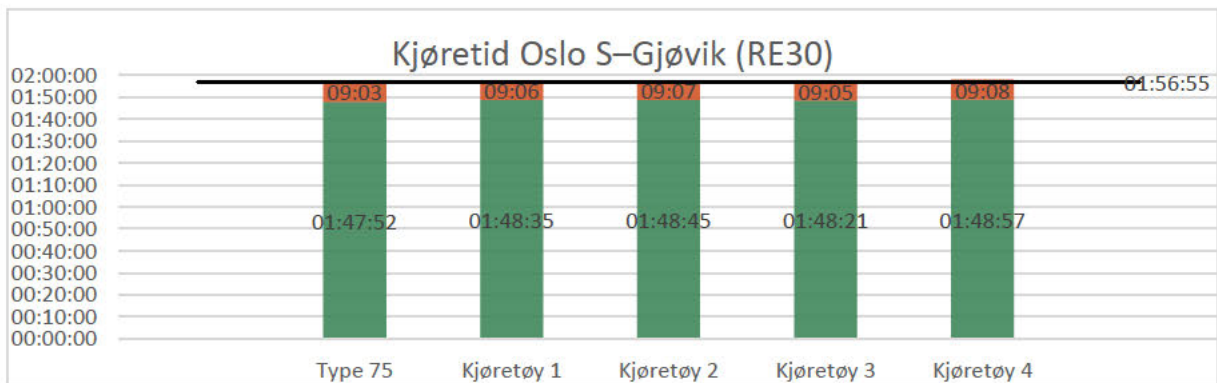
Konsept 4-2 innebærer to-etasjevogner stort sett på avganger til linje RE30, men også på én avgang til linje R31 som er forlenget fra Jaren til Oslo S. For linje R31 Oslo S – Jaren sammenligner vi kjøretidene til kjøretøyene 1-4 med kjøretiden til type 75. Vi bruker 8 % kjøretidstillegg der den maksimale hastigheten ligger på 110 km/t.



Figur 13: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Oslo S–Jaren (R31) for type 75 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Kjøretidene varierer kun i liten grad, og kjøretøyene 1-4 er mellom 6 og 31 sekunder saktere enn type 75 på denne strekningen, som tilsvarer under 1 % av kjøretiden til type 75. Det er kun en marginal økning, som vi vurderer ikke til å påvirke framføringstidene for denne toglinjen.

For linje RE30 sammenligner vi, i likhet med linje R31, kjøretiden for type 75. Fram til Jaren bruker vi 8% kjøretidstillegg, fra Jaren til Gjøvik er den maksimale hastigheten 130 km/t og vi bruker 9% kjøretidstillegg.



Figur 14: Resultater fra kjøretidsberegningen for strekningen Oslo S–Gjøvik (RE30) for type 75 og kjøretøyene 1-4. De grønne søylene angir teknisk kjøretid, de røde søylene angir kjøretidstillegg.

Heller ikke på strekningen Oslo S–Gjøvik er forskjellen i kjøretidene stor. Økningen ligger på mellom 32 sekunder (kjøretøy 1) og 1 minutt og 10 sekunder (kjøretøy 4). Dette er maksimalt 1 % av den totale kjøretiden for type 75 og den rutemessige framføringstiden. I likhet med kjøretid for strekningen Oslo S–Jaren vurderer vi denne økningen til å være ubetydelig for ikke å kunne overholde rutetidene.

Oppsummering

Tabell 4 oppsummerer resultatene for kjøretidsberegningene per strekningsavsnitt og viser vurderingen av endring i kjøretiden for kjøretøyene 1-4.

Tabell 4: Oppsummering av konsekvenser av kjøretøyene 1-4 på kjøretiden per avsnitt

Avsnitt	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
Tønsberg–Drammen uten stopp	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Tønsberg–Drammen med stopp	Stor negativ	Stor negativ	Stor negativ	Stor negativ
Drammen–Oslo S	Litt negativ	Litt negativ	Stor negativ	Litt negativ
Oslo S–Lillestrøm	Litt negativ	Litt negativ	Litt negativ	Litt negativ
Lillestrøm–Dal	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Lillestrøm–Hamar	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Hamar–Lillehammer	Ubetydelig	Ubetydelig	Stor negativ	Ubetydelig
Oslo S–Ski	Litt negativ	Litt negativ	Litt negativ	Stor negativ
Ski–Moss uten stopp	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Ski–Moss med stopp	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Litt negativ
Moss–Halden	Ubetydelig	Ubetydelig	Litt negativ	Ubetydelig
Oslo S–Jaren	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig
Oslo S–Gjøvik	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig	Ubetydelig

2 Passasjerutvekslingstider

2.1 Utfordring

Oppholdstider på stasjonene utgjør en betydelig andel av den totale framføringstiden i togtrafikken. Oppholdstiden på en stasjon består av tekniske tider, tid til døråpning og -lukking, og passasjerutvekslingstiden inklusive avgangsprosedyre I kjøretidsberegningene i kapittel 1 har vi forutsatt at oppholdstidene (og passasjerutvekslingstidene) på alle stasjonene er like store for å kunne isolere påvirkning av kjøretøybruk på kjøretiden. Egenskaper til kjøretøyene påvirker størrelsen av passasjerutvekslingstidene, og dermed den totale oppholdstiden på stasjonene, som igjen påvirker framføringstiden. I dette kapitlet vurderer vi hvordan kjøretøyene 1-4 vil kunne påvirke passasjerutvekslingstiden.

Den største utfordringen for oppholdstider i det norske jernbanenettet er strekningen Oslo S–Lysaker (NSB, 2014), hvor oppholdstiden er dimensjonerende for antall tog som kan kjøres gjennom tunnelen. I dagens ruteplan (R25) har Lysaker 60 sekunder oppholdstid, mens Skøyen og Nationaltheatret stasjon har 50 sekunder oppholdstid. Median oppholdstid med dagens kjøretøy i rush varierer fra 60-75 sekunder. Vi har altså allerede i dagens rushtrafikk utfordringer til å overholde oppholdstiden. Den tekniske tiden ligger på 15-20 sekunder, og dermed gjenstår 30-35 sekunder til passasjerutveksling inklusive avgangsprosedyre (Jernbanedirektoratet, 2020). I (NSB, 2014) er det angitt 28 sekunder for fast tidsbruk for avvikling av stopp, som inkluderer tekniske tider og avgangsprosedyre, og som vil etterlate 22 sekunder til selve av- og påstigning av passasjerer.

Konsekvensen av overskridelse på oppholdstidene på tett trafikkerte dobbeltsporstrekkninger som Oslostunnelen, vil være en reduksjon i margin ved stasjonsopphold, og dermed reduksjon i den praktisk utnyttbare kapasiteten. Det må derfor regnes med økte forsinkelser ved dagens trafikkmengde. For å beholde samme margin må den rutemessige togfølgetid på strekningen økes, og dermed vil antall tog per time måtte reduseres.

Med analysene i dette kapitlet ønsker vi å undersøke om to-etasjevogner som kjøretøyene 1-4 vil kunne overholde dagens oppholdstider på en generell basis, men også med særskilt fokus på sterkt trafikkerte stasjoner, som for eksempel Nationaltheatret stasjon. Det førstnevnte gjør vi ved å analysere flere egenskaper til kjøretøyene 1-4, og sammenligner med kjøretøytype 75. Analysegrunnlaget bygger på veiledningen for kjøretøyanskaffelser fra organisasjonen til de 16 administrasjonsselskaper for planlegging og kjøp av skinnegående persontransporttjenester i Tyskland (BAG-SPNV, 2016). Resultatene i denne analysen vurderes opp mot anbefalte verdier fra veilederen.

I neste steg ser vi nærmere på Nationaltheatret stasjon. Her bruker vi både resultater fra Norske Tog for av- og påstigningsrater for kjøretøyene 1-4, se avsnitt 2.3, og tar hensyn til stasjonsutformingen på Nationaltheatret, der konkret plattformtilgang og påvirkningen på fordeling av passasjerene på de enkelte dørene. Denne analysen beskriver vi i avsnitt 2.4.

2.2 Kjøretøyets påvirkning på av- og påstigningstider

Det er en rekke egenskaper på kjøretøysiden som påvirker tid for av- og påstigning som en del av den totale oppholdstiden (VIACon, 2019), vi betrakter i denne analysen følgende:

- Antall dører
- Dørbredde
- Avstand mellom tog og plattform
- Helning av inngangsparti
- Gulvhøyde i inngangspartiet ift. plattformhøyde

Det er flere elementer som påvirker tidene, som for eksempel størrelsen til vestibylen, dybde av standbackearea (hvis det finnes) og klappseter i dørområdet, men på grunn av manglende informasjon for kjøretøyene 1-4 kunne ikke disse tas med i analysen.

Med informasjonen om antall dører, dørbredde og transportkapasiteten (eller sitteplasskapasiteten) kan vi beregne antall plasser og antall sitteplasser per dørspor. Et dørspor er 600 mm, som også benyttes i KVU-en, dvs. en dør på 1,3 eller 1,4 meter tilsvarer 2 dørspor. Antall plasser per dørspor er en viktig indikator for lengden av passasjerutvekslingen: «Jo flere dørspor tilgjengelig, relativt sett til sitteplasskapasiteten eller den totale transportkapasiteten, desto raskere kan passasjerutvekslingen foregå; desto lavere kan

oppholdstidene på underveisstasjonene være. Dette er særskilt viktig på høyt belastete stasjoner med mange av- og påstigende for å konstruere og opprettholde ruteplanen.» (BAG-SPNV, 2016). Formelen er følgende:

$$\text{Antall plasser per dørspor} = \frac{\text{Transportkapasitet}}{\text{Antall dørspor}}, \text{ eller}$$

$$\text{Antall sitteplasser per dørspor} = \frac{\text{Antall sitteplasser}}{\text{Antall dørspor}}$$

Vi beregner antall plasser per dørspor for type 75 og kjøretøy 1-4 ut fra en belegggrad på 100 % av transportkapasiteten (se Tabell 5). Vi forutsetter transportkapasitet under forutsetning av 4 stående/m², der dette er den informasjonen angitt av leverandørene.

Resultatene sammenlignes så med nøkkelverdier fra veilederen, som gir anbefalte verdier for antall sitteplasser per dørspor avhengig av togkategori:

- For regional trafikk, dvs. region- og regionekspresstoglinjer, er 20 til 35 sitteplasser per dørspor vanlig praksis
- For trafikk i byene, som lokaltog, er 8 til 13 sitteplasser per dørspor egnet

Bruk av to-etasjestog er forutsatt for region- og regionekspresstoglinjer i KVV-en, samtidig som region- og regionekspresstogene også dekker oppgaven til et lokaltog på strekningen Lysaker–Oslo S. I evaluering av antall sitteplasser per dørspor antar vi derfor at en verdi mellom 20 til 35 sitteplasser egner seg for region- og regionekspresstoglinjene utenfor strekning Lysaker–Oslo S, mens en lavere verdi som ligger tettere opp mot anbefalt verdi for lokaltrafikk, egner seg bedre til trafikk i Oslotunnelen.

Tabell 5 viser resultatene for type 75 og kjøretøyene 1-4. For antall sitteplasser per dørspor legger ligger verdien for kjøretøyene 1-4 innenfor anbefalingene for 20-35 sitteplasser per dørspor for regional trafikk. Type 75 derimot ligger med 14,75 sitteplasser per dørspor imellom lokal- og regional trafikk. Dette betyr at type 75 egner seg bedre enn kjøretøyene 1-4 for passasjerutveksling på strekningen Lysaker–Oslo S.

Tabell 5: Resultater fra analysen av passasjerutvekslingstid for type 75 og kjøretøyene 1-4

Egenskap	Type 75	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
Antall sitteplasser	295	■	■	■	■
Antall ståplasser [4/m ²]	266	■	■	■	■
Transportkapasitet	561	■	■	■	■
Antall dører	10	■	■	■	■
Dørbredde	1,3	■	■	■	■
Antall dørspor	20	■	■	■	■
Flatt inngangsparti eller helning	Uten helning	Med helning	Med helning	Med helning	Med helning
Gulvhøyde i dørområdet [mm]	760	760	580	605	800
Antall sitteplasser per dørspor	14,75	■	■	■	■
Antall plasser per dørspor [100 % belegg]	28,05	■	■	■	■

For antall plasser per dørspor med 100 % belegg kan vi se at kjøretøyene 1-4 har langt høyere verdier enn type 75. I tillegg til de undersøkte egenskapene som helning i inngangspartiet og gulvhøyde i dørområdet,

vil kjøretøyene 1-4 ha dårligere evne til passasjerutveksling. Derfor vil passasjerutvekslingstiden på en generell basis øke ved bruk av kjøretøyene 1-4, sammenlignet med type 75. Som en del av oppholdstiden, vil dette bety en stor risiko for at oppholdstiden, spesielt på sterkt trafikkerte stasjoner, ikke vil kunne overholdes.

Vi vurderer at spesielt en overskridelse av oppholdstidene på Nationaltheatret stasjon vil ha store konsekvenser. Her er det ikke bare kjøretøyets egenskaper, men også utforming av plattformtilgang, som har stor påvirkning på passasjerutvekslingstiden. I avsnitt 2.4 ser vi derfor særskilt på Nationaltheatret stasjon i avhengighet av kjøretøyene 1-4, type 75 og N06.

2.3 Av- og påstigningsrater – Leveranse fra Norske Tog

I forbindelse med oppdraget leverte Norske Tog en rapport som betrakter tid for av- og påstigning ut fra av- og påstigningsraten for forskjellige eksisterende to-etasjestog på markedet, inkludert kjøretøyene 1-4 (The Railway Consultancy Ltd, 2025). Resultatet er en av- og påstigningsrate per dør, som brukes i tillegg med et definert antall av- og påstigende per dør (21,3) for å beregne passasjerutvekslingstiden på Nationaltheatret stasjon. Det finnes også verdier for N06, og tidene for kjøretøy 1-4 sammenlignes med kjøretøytype N06.

Tabell 6 viser av- og påstigningsrater for N06 og kjøretøytypene 1-4. Av- og påstigningsrate er gjennomgående lavere for to-etasjestogene sammenlignet med N06. Dette underbygger resultatet fra analysen beskrevet i avsnitt 2.2. Resulterende passasjerutvekslingstid med 21,3 passasjerer per dør gir en tid rett under 30 sekunder for N06. Kjøretøy 1 og 2 ligger rett på [REDACTED] sekunder. Kjøretøy 3 og 4 ligger på [REDACTED] sekunder.

Tabell 6: Av- og påstigningsrater for kjøretøytype N06 og kjøretøyene 1-4

Kjøretøytype	Avstigningsrate [P/s]	Påstigningsrate [P/s]	Passasjerutvekslingstid med 21,3 P/dør [s]
N06	1,43	1,44	29,67
Kjøretøy 1	1,40	1,10	[REDACTED]
Kjøretøy 2	1,38	1,10	[REDACTED]
Kjøretøy 3	1,37	1,02	[REDACTED]
Kjøretøy 4	1,36	1,06	[REDACTED]

Den beregnede passasjerutvekslingstiden er basert på 21,3 av- og 21,3 påstigende per dør. Etter forespørsel stammer dette tallet fra kravspesifikasjonen til type N05/N06, der tilbydere ble bedt om vurdering av passasjerutveksling på 25 % av- og 25 % påstigende på en underveisstasjon basert på et kjøretøy med en transportkapasitet på 850 passasjerer. 25 % av 850 er 213.

Basert på 10 dører (som type 75) får vi verdi på 21,3 passasjerer. Det må understrekes at dette er gjennomsnittstall, som forutsetter en jevn fordeling av passasjerene på alle dører.

Å regne fra 213 til 21,3 betyr også en forutsetning om 10 dører, noe som type 75 har, men som ikke gjelder for type 74, N06 og kjøretøyene 1-4. Kjøretøyene 1-4 har færre dører, 1 og 3 har [REDACTED] per side ved dobbeltsett, 2 og 4 vil kun kunne kjøres med enkeltsett på grunn av toglengden på 150 meter og derfor har [REDACTED] dører per side.

2.4 Passasjerutveksling på Nationaltheatret stasjon

Ett av momentene det har vært knyttet særlig stor usikkerhet til, er hvorvidt eventuelle nye togsett vil øke passasjerutvekslingstiden på Nationaltheatret. Nationaltheatret er det stoppestedet i Norge med flest av- og påstigninger per døgn etter Oslo S, og en økning i oppholdstiden her vil kunne få betydelige ringvirkninger for totalkapasiteten gjennom Oslo-navet.

For å kunne analysere påvirkning av kjøretøyene 1-4 på passasjerutvekslingstidene på Nationaltheatret noenlunde realistisk er det ikke tilstrekkelig å ha statistiske og modellerte antall passasjerer per avgang, men også gjøre forutsetninger om hvordan passasjerene fordeler seg på de ulike dørene i toget. Det er

observert at det er betydelig flere passasjerer på Nationaltheatret som går av og på toget i den østre enden av hver plattform. Det ble derfor gjort et arbeid for å finne ut hvor stor andel av passasjerene som går på og av gjennom den dimensjonerende døren.

Fremgangsmåten for å estimere andelen av- og påstigende på dimensjonerende dør i forhold til totalt antall av- og påstigende tok utgangspunkt i uttrekk av FRAM-data, altså dørtellinger rapportert inn av togoperatørene. Dette datasettet inneholder data per stoppested og avgang, i tillegg for den enkelte dør.

Vi har filtrert datasettet på avganger som ble kjørt med 75-sett. 75-settene har dørene relativt jevnt fordelt langs togsiden, med to dører i hver vogn. 74-settene har, på den andre siden, kun én dør i én av vognene, som ville kunne gitt et annet utslag enn det vi egentlig ønsker å estimere i denne sammenhengen, nemlig skjevhet i belegg på grunn av manglende spredning på plattformen. Vi antar i tillegg at antall dører på kjøretøyene 1-4 er nokså jevnt fordelt utover toget, lik som type 75.

Datauttrekket besto av tellinger for region- og regionekspresstogavganger i ettermiddagsrush (time 15 og 16) i vestgående retning for alle dager. Ettersom det mest interessante i denne sammenhenger er å finne verdier for dimensjonerende avganger, ble avganger på helgedager filtrert ut. Analysen ble også fokusert på kun å se på avganger som ble kjørt med dobbeltsett, ettersom dette forventes å være mest sammenlignbart med en situasjon i rushtiden i fremtiden, også med nye tog. Dersom det totale antallet av- og påstigende er lavt, antas det større risiko for andelen av den dimensjonerende døren ikke vil gjenspeile en vanlig situasjon i ettermiddagsrush, der datasettet også inkluderer for eksempel ferieuker. Avganger med mindre enn 200 på- pluss avstigninger (totalt per dobbeltsett) ble derfor filtrert ut.

Andelen av den dimensjonerende døren på alle av- og påstigninger varierer mellom 7,2 og 27,9 %, med et gjennomsnitt på 11,2%. Vi beregner av- og påstigende i det følgende basert på gjennomsnittet på 11,2% ved 20 dører, og justerer andelen med antall dører for N06 og kjøretøyene 1-4.

Tid for av- og påstigning

For å kunne beregne et maksimalt antall passasjerer på Nationaltheatret for hver kjøretøytype som ikke vil øke passasjerutvekslingstiden, må vi gjøre en forutsetning på hvor lang tid vi har til rådighet for selve av- og påstigningen. I avsnitt 2.1 refererer vi til 30-35 sekunder passasjerutvekslingstid inklusive avgangsprosedyre. I NSB-rapporten er det forutsatt 28 sekunder for faste tider, som betyr at 22 sekunder gjenstår for av- og påstigning ved 50 sekunder oppholdstid. Vi bruker i det følgende et estimat på 25 sekunder.

Antall av- og påstigende per kjøretøytype

Tid for av- og påstigning beregnes slik, med antall av- og påstigende per dør:

$$\text{Tid for av – og påstigning [s]} = \frac{\text{Antall avstignende per dør}}{\text{Avstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right]} + \frac{\text{Antall påstigende per dør}}{\text{Påstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right]}$$

Vi bruker i videre beregninger at forholdet mellom av- og påstigende ligger på 1:1. Antall av- og påstigende per dør på 25 sekunder beregnes med følgende formel:

$$\text{Antall av – og påstigende per dør [P]} = 2 * \frac{\text{Avstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right] * \text{Påstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right] * 25 \text{ s}}{\text{Avstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right] + \text{Påstigningsrate } \left[\frac{P}{S} \right]}$$

Tatt hensyn til resultatene fra analysen av FRAM-data, at andelen av- og påstigende på dimensjonerende dør er 11,2 % ved 20 dører (dobbeltsett med 10 dører hver), kan vi beregne andel av- og påstigende på dimensjonerende dør per kjøretøytype, avhengig av antall dører.

Deretter beregner vi hvor mange passasjerer som kan utveksles på 25 sekunder på dimensjonerende dør, og kan skalere opp resultatet til av- og påstigninger for hele toget ut fra andelen passasjerer i dimensjonerende dør og lengde med maksimalt antall sett. Vi bruker begrepet maksimalt antall sett som enten dobbelt- eller enkeltsett, avhengig av kjøretøytype. Maksimalt antall sett er dobbeltsett for type N06, type 75, og kjøretøyene 1 og 3. For kjøretøy 2 og 4 forutsetter vi enkeltsett, der disse togene er 150 meter lange. Resultatet blir et mulig antall av- og påstigende som, under forutsetningene beskrevet, kan utveksles på Nationaltheatret uten å overstige forventet tid for av- og påstigning. Tabell 7 viser resultatene per kjøretøytype.

Tabell 7: Beregning av mulig antall av- og påstigende på Nationaltheatret uten å overstige forventet passasjerutvekslingstiden for ulike kjøretøy.

Kjøretøy- type	Avstignings- rate [P/s]	Påstignings- rate [P/s]	Transport- kapasitet med maks. antall sett	Antall dører med maks. antall sett	Andel av- og påstigende på dim. dør [%]	Antall av- og påstigende på dim. dør [P]	Mulig antall av- og påstigende ved maks. antall sett [P]
N06	1,43	1,44	1556	24	9,3	35,9	384,4
Type 75	1,34	1,19	1122	20	11,2	31,5	281,4
Kjøretøy 1	1,40	1,10	■	■	14,0	30,8	220,0
Kjøretøy 2	1,38	1,10	■	■	18,7	30,6	164,0
Kjøretøy 3	1,37	1,02	■	■	14,0	29,2	208,8
Kjøretøy 4	1,36	1,06	■	■	18,7	29,8	159,6

Som det fremgår av Tatt hensyn til resultatene fra analysen av FRAM-data, at andelen av- og påstigende på dimensjonerende dør er 11,2 % ved 20 dører (dobbelsett med 10 dører hver), kan vi beregne andel av- og påstigende på dimensjonerende dør per kjøretøytype, avhengig av antall dører.

Deretter beregner vi hvor mange passasjerer som kan utveksles på 25 sekunder på dimensjonerende dør, og kan skalere opp resultatet til av- og påstigninger for hele toget ut fra andelen passasjerer i dimensjonerende dør og lengde med maksimalt antall sett. Vi bruker begrepet maksimalt antall sett som enten dobbelt- eller enkeltsett, avhengig av kjøretøytype. Maksimalt antall sett er dobbeltsett for type N06, type 75, og kjøretøyene 1 og 3. For kjøretøy 2 og 4 forutsetter vi enkeltsett, der disse togene er 150 meter lange. Resultatet blir et mulig antall av- og påstigende som, under forutsetningene beskrevet, kan utveksles på Nationaltheatret uten å overstige forventet tid for av- og påstigning. Tabell 7 viser resultatene per kjøretøytype.

Tabell 7 er det relativt stor forskjell på hvor mange passasjerer som kan gå på og av på Nationaltheatret uten å overskride tiden satt av til av- og påstigning mellom de ulike kjøretøyene. For type 75 er resultatet 281,4 av- og påstigende. N06 har høyere av- og påstigningsrate, og antall av- og påstigende er med 384,4 av- og påstigende større sammenlignet med type 75. Kjøretøyene 1-4 har lavere antall av- og påstigende enn type 75 og ligger mellom 159,6 og 220,0 av- og påstigende.

For å sette mulig antall av- og påstigende i perspektiv til dagens antall av- og påstigende, har vi ved hjelp av FRAM-tall undersøkt hvor ofte avganger i ettermiddagsrush (definert som time 15 og 16 ved Oslo S) overstiger tallet for de enkelte kjøretøyene. Vi ser på tall for ukedager og avganger som har kjørt med dobbeltsett, i retning vest for linje R13 og RE10, og retning øst for linje R21, der disse anses som dimensjonerende. Timen på døgnet disse avgangene stopper Nationaltheatret er angitt i parentes. Avgangene er følgende:

- Linje R13: avgang 1640 og 1642 (time 15), avgang 1644 og 1646 (time 16)
- Linje R21: avgang 1141 og 1143 (time 15), avgang 1145 og 1147 (time 16)
- Linje RE10: avgang 320 (time 15) og avgang 322 (time 16)

Tabell 8 viser andelen av overskridelser av mulig antall av- og påstigende beregnet i Tabell 7 per kjøretøytype og toglinje. Tabellen gjør synlig at med antall av- og påstigende på dagens nivå (FRAM-tall) i ettermiddagsrush vil kjøretøyene 1-4 har en betydelig større andel av avgangene som ikke vil kunne overholde passasjerutvekslingstiden, under de angitte forutsetningene. Med forventet passasjervekst i framtiden vil andelen øke enda mer. På grunn av en betydelig andel for avganger i ettermiddagsrush til R13, R21 og RE10 som vil overstige antall mulige av- og påstigninger basert på våre beregninger, anser vi kjøretøyene 1-4 som uegnet for passasjerutveksling på Nationaltheatret for disse linjene.

Tabell 8: Andel overskridelse av mulig antall av- og påstigende på 25 sekunder på avganger i ettermiddagsrush tildelt toglinje per kjøretøytype

Toglinje	Type 75	N06	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
R13	10,2 %	0,7 %	40,0 %	83,1 %	49,2 %	85,5 %
R21	9,0 %	0,4 %	25,8 %	62,2 %	33,1 %	63,7 %
RE10	5,0 %	0,3 %	14,8 %	37,3 %	18,6 %	39,2 %

Utveksling av 25% av- og 25% påstigende av transportkapasiteten

I leveransen til Norske Tog i dette oppdraget, se også avsnitt 2.3, beregnes passasjerutvekslingstiden basert på 25% avstigende og 25% påstigende av et kjøretøy med transportkapasitet på 800 plasser og 10 dører. I dette avsnittet benytter vi forutsetningen om 25% av- og 25% påstigende av transportkapasiteten for kjøretøyene 1-4, type 75 og N06, og tar i tillegg hensyn til andel av reisende i dimensjonerende dør, som vi beskriver i avsnitt 2.4.

Hensikten med analysen er å belyse forskjeller mellom materielltyper. I analysen antas det at *belegget* på materiellet, inkludert antallet på- og avstigende på Nationaltheatret, er den samme uavhengig av type materiell. Denne bør ikke varieres avhengig av materiell, men være definert ut fra krav til tilbudskvalitet. Dvs. at det kan regnes med relative forskjeller og bruke det til å gange på empiriske verdier. I beregningene er det trukket ut avgangsprosedyre og tekniske tider på 25 sekunder før passasjerutvekslingstiden er multiplisert med faktoren. Deretter er de 25 sekunder lagt til igjen. Vi beregner en faktor for tidsbruk sammenlignet med type 75.

Oppholdstiden for type 75 ligger på 74,8 sekunder under de gitte forutsetningene. Oppholdstiden med samme andel av- og påstigende for type N06 ligger på 75,5 sekunder, altså knapt over type 75. Selv om N06 har større transportkapasitet, utjevner bedre egenskaper til av- og påstigning denne forskjellen. Kjøretøyene 1-4 har større transportkapasitet enn type 75, men dårligere egenskaper for av- og påstigning. Dette resulterer i økte oppholdstider, som ligger i omtrent samme størrelsesorden mellom 115,2 og 127,5 sekunder. Faktor for tidsbruk ligger mellom 1,54 og 1,70. Følgelig vil dagens faktiske oppholdstider, som i median ligger på 60-75 sekunder (se avsnitt 2.1), kunne øke med de beregnede faktorene, når vi forutsetter samme andel av- og påstigende.

2.5 Oppsummering og usikkerheter

Analysene for passasjerutvekslingstider viser at to-etasjestog som kjøretøyene 1-4 vil bruke lengre tid for passasjerutveksling. Vi undersøkte forskjellen ved å kun se på egenskapene til kjøretøyene, men også under betraktning av den beregnede fordelingen til av- og påstigende på Nationaltheatret stasjon. Selv om transportkapasiteten for to-etasjestog som kjøretøyene 1-4 er større, vil tiden brukt for av- og påstigning være lengre, enten med samme antall av- og påstigende, eller med samme prosentandel av transportkapasiteten.

På en sterk trafikkert stasjon som Nationaltheatret er risikoen for økte oppholdstider med kjøretøyene 1-4 derfor vurdert som uforutsvarlig høy og kan ikke brukes på disse linjene uten at forsinkelser vil øke sammenlignet med dagens nivå. Alle toglinjene vi undersøkte i ettermiddagsrush vil ha en betydelig økning i avganger som ikke kan overholde den forutsatte passasjerutvekslingstiden ved bruk av kjøretøyene 1-4.

Vi gjennomfører en del forutsetninger i beregningene, som medfører usikkerhet. Den første usikkerheten er størrelsen på tid til rådighet for av- og påstigning på Nationaltheatret. Antall mulige av- og påstigninger vil kunne være flere eller færre hvis tiden endres. Vi forutsetter at forholdet mellom av- og påstigende er 1:1. Det er ikke slik i praksis. Vi vurderte at en større endring i forholdet ikke vil påvirke konklusjonen og avvik på antall av- og påstigende vil være noen, men ikke mange. Vi beregnet andel av- og påstigende på dimensjonerende dør. Andelen varierer, og vi har brukt gjennomsnittet i videre beregninger.

Tabell 9: Tid for av- og påstigning og resulterende oppholdstid ved 25 % av- og 25% påstigende per kjøretøytype

Kjøretøy- type	Transport- kap. ved maks. antall sett	Antall dører med maks. antall sett	Avstignings- rate [P/s]	Påstignings- rate [P/s]	Andel av- og påstigende på dim. dør [%]	Sum av- og påstigende per avgang [P]	Avsti- gende i dim. dør [P]	Påsti- gende i dim. dør [P]	Tid avstig- ning [s]	Tid påstig- ning [s]	Sum tid av- og på- stigning [s]	Sum opp- holdstid [s]	ift. type 75
Type 75	1122	20	1,34	1,19	11,2	561	31,4	31,4	23,4	26,4	49,8	74,8	1,00
N06	1556	24	1,43	1,44	9,3	778	36,2	36,2	25,3	25,1	50,4	75,5	1,01
Kjøretøy 1	■	■	1,40	1,10	14,0	■	60,9	60,9	43,5	55,3	98,8	123,8	1,66
Kjøretøy 2	■	■	1,38	1,10	18,7	■	59,1	59,1	42,8	53,7	96,5	121,5	1,62
Kjøretøy 3	■	■	1,37	1,02	14,0	■	52,7	52,7	38,5	51,7	90,2	115,2	1,54
Kjøretøy 4	■	■	1,36	1,06	18,7	■	61,1	61,1	44,9	57,6	102,5	127,5	1,70

3 Bruk av ulike kjøretøytyper på samme toglinje eller sammensatt tilbud av flere toglinjer

Prosjektgruppen ved Christian Knittler, Stephen Oommen og Janne Möller gjennomførte et møte med togoperatøren Vy, representert gjennom Ulf Bakke, den 10. februar. Temaet for møte var følgende:

1. Materiellturnering: I anbefalt konsept fra KVVU-en er det forutsatt blandet materiellbruk, der to-etasjestog skal brukes til faste togavganger, f.eks. avganger med flest reisende. Resten av avgangene kjøres med en annen materielltype. Hvordan vurderer togoperatøren en slik premiss? Hvilke fordeler og ulemper for trafikkproduksjon og kundeopplevelse vil dette medføre?
2. Ulike kjøretøytyper på et sammensatt togtilbud av flere toglinjer («NSBs 10-min-system»): Hvordan vurderer togoperatøren blandet materiellbruk på fellesstrekningen mellom Asker og Lillestrøm? Hvilke fordeler og ulemper for trafikkproduksjon og kundeopplevelse vil dette medføre?
3. Andre momenter: Høringsuttalelsen fra Vy til KVVU-en

Vi har i etterkant av møtet mottatt et skriftlig svar for disse spørsmålene.

For optimaliseringsarbeidet tar vi hensyn til tilbakemeldingen om at togoperatøren tilstreber én kjøretøytype per linje, eventuelt for grupper av linjer. I konsept 4-2 av KVVU-en forutsettes det en blanding av én- og to-etasjestog for flere linjer. I framstilling av mulighetene for bruk av to-etasjestog, etter analysene beskrevet i dette notatet, legger vi til at muligheten for rendyrking av kjøretøytype for linjene der to-etasjestogene er aktuelle bør vurderes ved anskaffelse av to-etasjestog.

Forutsetning fra konsept 4-2 om blanding av kjøretøypene innenfor flere toglinjer kan føre til økt kjøretøybehov for linjen hvis kjøretøyene i turnering ikke «treffer» på de ønskete avgang og må tas ut av trafikk for å avvente «riktig» neste avgang.

4 Oppsummering og konklusjon

Dette kapitlet oppsummerer resultatene fra optimaliseringsarbeidet og beskriver ut ifra elementene som er betraktet i denne analysen hvilke toglinjer fra konsept 4-2 av KVVU-en kjøretøyene 1-4 egner seg for. Vi beskriver i tillegg hvilke elementer som det bør ses nærmere på, dersom de foreslåtte linjene anbefales for bruk av eksisterende to-etasjestog som kjøretøy 1-4.

Kjøretidsberegninger: Kjøretidsberegningene med kjøretøyene 1-4 viser at disse kjøretøytypene på generell basis har noen lengre kjøretider enn type 74 og 75. Årsaken for det er hovedsakelig at kjøretøyene er tyngre og har lavere trekkraft. I hvor stor grad kjøretiden blir påvirket av disse egenskapene, er avhengig av infrastrukturen og tilbud (stoppmønster). Noen toglinjer fra konsept 4-2 vil ha litt negativ, noen stor negativ og andre ingen negative konsekvenser for kjøretiden ved bruk av kjøretøyene 1-4.

Passasjerutvekslingstider: Passasjerutvekslingstider med kjøretøy 1-4 vil øke i forhold til både type 75 og N06. Analysen til Nationaltheatret stasjon viser at kjøretøyene 1-4 ikke bør settes inn på linjene R13 og RE10.

Bruk av ulike kjøretøytyper på samme toglinje: Etter tilbakemelding fra togoperatør Vy er ulike kjøretøytyper på samme toglinje knyttet til noen utfordringer og ulemper. Ideelt sett bør den samme kjøretøytypen brukes for hele toglinjen eller hele samme gruppe innenfor én toglinje, hvis den består av flere grupper.

Med bakgrunn i resultatene av analysen vurderer vi egnethet til kjøretøyene 1-4 til bruk på de identifiserte toglinjene i konsept 4-2 uten negative konsekvenser for togtilbudet som følgende:

Tabell 10: Egnethet av kjøretøyene 1-4 for bruk på de identifiserte toglinjene mtp. kjøretid og oppholdstid

Toglinje	Kjøretøy 1	Kjøretøy 2	Kjøretøy 3	Kjøretøy 4
R13 Tønsberg–Dal	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet
RE10 Tønsberg–Lillehammer	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet
RE10x Oslo S–Hamar	Egnet	Egnet	Begrenset egnet	Egnet
R21 Stabekk–Moss	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet	Ikke egnet
RE20 Oslo S–Halden	Begrenset egnet	Begrenset egnet	Begrenset egnet	Ikke egnet
R31 Oslo S–Jaren	Egnet	Begrenset egnet	Egnet	Begrenset egnet
RE30 Oslo S–Gjøvik	Egnet	Begrenset egnet	Egnet	Begrenset egnet

Toglinjene R13, R21 og RE10, som trafikkerer strekningen gjennom Oslotunnelen, anser vi som ikke egnet for bruk av to-etasjestog med kjøretøyene 1-4. En økning i kjøretidene sammenlignet med dagens togtyper 74 og 75 på en strekning med allerede stramme ruter øker risikoen for forsinkelser, i tillegg til at delstrekninger utover vil ha lengre kjøretider: Tønsberg–Drammen med stopp, Oslo S–Lillestrøm, Hamar–Lillehammer, Ski–Moss med stopp og Moss–Halden, se Tabell 4.

Vi anser noen av kjøretøyene 1-4 som egnet eller begrenset egnet for linjene RE20, R31/RE30 og RE10x. RE20 trafikkerer strekningen mellom Oslo S og Halden/Göteborg, toglinjene R31 og RE30 trafikkerer Gjøvikbanen, og innsatstogene RE10x trafikkerer strekningen Oslo S–Hamar. I det følgende beskriver vi fordeler og ulemper, i tillegg til hvilke andre momenter som bør betraktes, for disse linjene:

Mulighet 1: RE20 Oslo S–Halden/Göteborg

Kjøretøyene 1, 2 og 3 er begrenset egnet for linje RE20. Disse har lengre kjøretid Oslo S–Ski enn type 74. Økningen er liten og det er mulig at 11 minutter Oslo S–Ski kan overholdes, men dette vil kreve en reduksjon av kjøretidstillegg, noe som kan føre til lavere driftsstabilitet og dårligere punktlighet.

Med kjøretøy 4 vil framføringstiden Oslo S–Ski måtte økes med 1 minutt. Hvis alle avganger på strekningen skal ha samme framføringstid på strekningen Oslo S–Ski, vil også framføringstiden til alle andre avgangene måtte økes. Det finnes alternativer (kjøretøy 2 og 3), der kjøretiden ikke øker i like stor grad.

Kjøretøy 2 og 4 er 150 meter lange og derfor ikke egnet til å kjøre med dobbeltsett uten dørstyring (eller tilrettelegging av plattformer til 330 meter lange tog). Derfor vurderer vi kjøretøy 2 som begrenset egnet og 4 som ikke egnet.

Mange av avgangene til linjen RE20 er i konsept 4-2 til KVUen vurdert til ha nytte av to-etasjestog. Akkurat avgangene til Göteborg er ikke satt opp med to-etasjestog, som på dette tidspunktet tilsvarte 4 avganger per retning. Med en økning til 7 hhv. 8 avganger per retning og døgn bør det undersøkes om bruk av to-etasjestog til Göteborg er en mulighet. Med bakgrunn i tilbakemelding fra Vy bør det vurderes å bruke samme kjøretøytype for alle avganger til linjen, noe som også krever en undersøkelse av Göteborg-forlengelsene.

Antall togsett (enkle togsett) for denne linjen: 12 togsett. 15 togsett hvis alle avganger skal ha samme kjøretøytype. Reserve bør vurderes. Hvis to-etasjes ikke kan kjøre til Göteborg, blir det færre enn 12 med dagens 7/8 forlengelsene

Mulighet 2: R31 Oslo S–Hakadal/Jaren og RE30 Oslo S–Gjøvik

Linjene R31 og RE30 kan egne seg for bruk av to-etasjestog, der linjene ikke trafikkerer strekningen gjennom Oslotunnelen, og kjøretidene avviker kun marginalt fra kjøretider med dagens kjøretøytype 75.

Stasjonene på Gjøvikbanen har korte plattformer og dobbeltsett kjøring med dagens én-etasjestog er ikke mulig. Transportkapasiteten kan derfor økes ved bruk av to-etasjestog.

Kjøretøy 2 og 4 er 150 meter lange og ville derfor forutsette utvidet bruk av dørstyring. Det er usikkert om dette er ønskelig. Vi vurderer derfor kjøretøyene 1 og 3 bedre egnet på grunn av toglengden.

I konsept 4-2 av KVU-en er det kun 3 avganger per retning som er satt opp med to-etasjestog. Dette tilsvarer behov for 3 togsett (enkle togsett) av et to-etasjestog. Reserve bør vurderes. Med bakgrunn i tilbakemelding fra Vy bør det vurderes å bruke samme kjøretøytype for alle avganger til linjene R31 og RE30, noe som vil kreve 9 togsett pluss reserve. I så fall bør transportbehovet på de resterende avgangene ses opp mot økt transportkapasitet for å forsvare bruk av to-etasjestog for alle avgangene.

Mulighet 3: RE10x Oslo S–Hamar

Avgangene er planlagt med enkeltsett. Dette åpner også opp for bruk av kjøretøy 2 og 4, som er 150 meter lange, samtidig som en framtidig økning til dobbeltsett blir utfordrende. Med kjøretøy 3 vil en framtidig forlengelse til Lillehammer kunne ha negative konsekvenser på grunn av økt kjøretid mellom Hamar og Lillehammer.

Etter at KVU-en ble framlagt, har det blitt anbefalt en ny rutemodell for Østlandet med integrert tilbringertjeneste til Gardermoen. Det anbefalte konseptet inneholder ingen særskilte rushtidsavganger, som RE10x, mellom Oslo S og Hamar. Derfor vurderer vi at anskaffelse av få kjøretøy for RE10x som vil falle bort i kortere tid enn levetiden til nye kjøretøy, ikke er ønskelig.

Referanser

- BAG-SPNV. (2016). *Empfehlungen für Anforderungen an Fahrzeuge in Vergabeverfahren*, 3. Ausgabe. Hentet fra https://www.schienennahverkehr.de/wp-content/uploads/2021/07/2016-02-23-Fahrzeuganforderungen_final_gesamt.pdf
- Jernbanedirektoratet. (2020). *Økning av transportkapasitet i togmateriell - Kjøretøy og oppholdstid på stasjoner*.
- Jernbanedirektoratet. (2022). *Jernbanedirektoratets standard for rutemodeller*. Hentet fra https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/2023/11/201701227-6-standard_rutemodeller_rev_01.pdf
- Jernbanedirektoratet. (2024). *Driftsstabilitetsanalyse NTP 2025-2036*. Hentet fra <https://www.jernbanedirektoratet.no/content/uploads/2024/04/NTP-2025-2036-Driftsstabilitetsanalyse-for-svar-pa-prioriteringsoppdraget.pdf>
- NSB. (2014). *Toetasjers tog i Norge? En studie av mulighetsrommet*. Hentet fra <https://www.norsketog.no/assets/files/ToetasjersTog-rapport.pdf>
- The Railway Consultancy Ltd. (2025). *Norske Tog Options for Metropolitan Area Railway Rolling Stock*.
- VIACon. (2019). *Haltezeiten - Analyse und Optimierung*. Hentet fra <https://publications.rwth-aachen.de/record/775115/files/775115.pdf>