

# KVU OSLO- NAVET

Kapasitet og rullende materiell  
Spesialanalyse – vedlegg 10C



**Ruter#**



Statens vegvesen



Jernbaneverket

<b>Rapport:</b>	Kapasitet og rullende materiell
<b>Ferdigstilt:</b>	30. april 2015
<b>Prosjekt:</b>	KVU Oslo-Navet
<b>Forfattere:</b>	Helena Jönsson, Sebastian Nerem, Anne Christine Handstanger, Nils Helleland og Gjermund Siksjo Johansen, Norconsult AS
<b>Prosjektkontakter:</b>	Øyvind Rørslett, Iver Wien, Nina Tveiten, Arne Torp og Terje Grytbakk, KVU-staben
<b>Sammendrag:</b>	<p>Spesialanalysen for kapasitet og rullende materiell er et vedlegg til konseptvalgutredningen, som er hovedrapporten for utredningen.</p> <p>I spesialanalysen beskrives dagens rullende materiell og infrastrukturkapasitet, endret bruk av eksisterende rullende materiell og infrastruktur, rullende materiell og infrastruktur i konseptene utviklet i prosjektet, samt kapasitetspotensialet som kan ligge i bruk av infrastrukturen og materiellet.</p>
<b>ISBN:</b>	978-82-7281-230-9
<b>Utgiver:</b>	Jernbaneverket, Statens vegvesen, Ruter AS

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>5</b>
1.1	Avgrensning og forutsetninger	5
1.2	Metode	6
<b>2</b>	<b>Definisjoner og betraktninger</b>	<b>7</b>
2.1	Definisjoner	7
2.2	Beregning av referanseoppholdstid	7
2.3	Komfortnivå / Level of Service (LOS)	8
2.4	Vognbredde	11
2.5	Vognlengde	11
2.6	Ståplasskapasitet og dimensjonerende forhold	11
<b>3</b>	<b>Dagens materiell</b>	<b>12</b>
3.1	Tog	12
3.2	T-bane	23
3.3	Trikk	26
3.4	Buss	31
3.5	Båt	33
<b>4</b>	<b>Nytt materiell</b>	<b>34</b>
4.1	Tog	34
4.2	T-bane	49
4.3	Bybane og trikk	54
4.4	Buss	67
4.5	Båt	70
4.6	Teknologiutvikling	70
<b>5</b>	<b>Kapasitetspotensiale materiell</b>	<b>75</b>
5.1	Tog	75
5.2	T-bane	85
5.3	Trikk	88
5.4	Buss	90
<b>6</b>	<b>Kapasitetspotensiale infrastruktur</b>	<b>93</b>
6.1	Fra nav til nettverk	93
6.2	Et pålitelig transportsystem krever robuste løsninger	94
6.3	Kategorisering av infrastrukturtyper	94
6.4	Jernbane	94
6.5	T-bane	106
6.6	Overflate (trikk og buss)	107
6.7	Oppsummering av typiske snitt	121
<b>7</b>	<b>System og kapasitet</b>	<b>123</b>
7.1	Helhet	123
7.2	Transportstrekninger, opptaks- og distribusjonsområde	123
7.3	Tilbud og etterspørsel	129
7.4	Avhengigheter ut i nettet	129
7.5	Vending	130
7.6	Systemkapasitet	132
<b>8</b>	<b>Sammenstilling og konklusjon</b>	<b>145</b>
8.1	Kapasitetspotensial materiell	145
8.2	Kapasitetspotensial infrastruktur	146
8.3	Systemkapasitet	146
8.4	Anbefalte kjøretøytyper bruk i transportmodellberegningen	148
8.5	Vedlegg til kapittel 8	149

9	Referanser	153
	Figurer	158
	Tabeller	161
	Bilder	164
10	Appendix 1	165
10.1	Innspill og vurdering fra internasjonale eksperter	165

# 1 Innledning

KVU Oslo-Navet skal svare ut særskilte problemstillinger i tillegg til hovedoppgaven for utredningen<sup>1</sup>. Prosjektet har valgt å skille ut problemstillingene i spesialanalyser, der de blir belyst og vurdert nærmere.

Denne spesialanalysen tar for seg kapasitet og rullende materiell.

Oppdragsgiverne har bedt KVU Oslo-Navet diskutere hva slags rullende materiell (buss, T-bane, sporvogn og tog) som best vil kunne møte transportbehovene i de ulike markedene. I forlengelsen av dette skal også omfanget av materiellbehov vurderes i lys av ulike scenarier for tilbudsutviklingen.

Prosjektet har sett det nødvendig å vurdere systemkapasiteten i de ulike driftssystemene i sammenheng med dette. Analysen av infrastrukturen gjøres med fokus på hvilke fordeler man kan oppnå ved overordnede endringer i infrastrukturen og er altså ikke tenkt som en fullverdig kapasitetsanalyse av alle enkeltkomponenter i de respektive transportsystemene.

Hensikten med denne spesialanalysen er å finne parametere som gjør det mulig med en objektiv sammenligning av driftsartenes evne til å løse transportoppgavene.

## 1.1 Avgrensning og forutsetninger

KVU-en har vurdert en rekke prinsipielle måter å øke kapasiteten på:

- 1) Større kapasitet i hver enhet (togsett, buss osv.).
  - a) Lengre tog/lengre plattformer
  - b) Lengre busser og trikker
  - c) To-etasjes tog
  - d) Færre sitteplasser, flere ståplasser
- 2) Tettere trafikk på linjene
  - a) Kortere togfølgetid ved nytt signalsystem
  - b) Kortere stasjonsopphold ved mer effektiv av-/påstigning
  - c) Større kapasitet på stasjonene: flere spor, lengre plattformer
- 3) Overgang til driftsart med større kapasitet
  - a) Gjøre om trikkelinjer til bybane eller T-bane
  - b) Gjøre om busslinjer til trikkelinjer
  - c) Trafikkseparering: fjerne biltrafikk fra kollektivgater. Fjerne buss fra trikkegater.
- 4) Tettere nettverk
  - a) Flere linjer (tunneler, kollektivgater)

Denne spesialanalysen tar primært for seg tiltak under punkt 1 og 2, men vil også være grunnlag for alle kapasitetsvurderinger i utredningen.

---

<sup>1</sup> Fra KVU for økt transportkapasitet inn mot og gjennom Oslo - mandat for arbeidet, 14.08. 13. Mandatbrevet finnes i KVU-ens vedlegg nr. 11: Prosess.

Analysen tar utgangspunkt i dagens infrastruktur og materiell. Spesialanalysen danner grunnlag for andre analyser utført for konseptene som er utviklet i prosjektet og omtalt i rapportene *Konseptmuligheter* og *Konseptanalyse*.

Ettersom vogn- og bussparken i hovedstadsområdet i dag består av mange materielltyper fra forskjellige leverandører, er det gjort enkelte forenklinger. I rapporten belyses derfor kun de nyeste lokal- og regiontogene blant NSBs tog [1]. Bussparken er beskrevet etter vognlengde og funksjon.

Analysen av infrastrukturen gjøres med fokus på hvilke fordeler man kan oppnå ved overordnede endringer i infrastrukturen, og er altså ikke tenkt som en fullverdig kapasitetsanalyse av alle enkeltkomponenter i de respektive transportsystemene.

## 1.2

### Metode

Spesialanalysen er delt i fire deler. I kapittel 3 er det foretatt en gjennomgang av det rullende materiellet som brukes i Oslo i dag, med fokus på passasjerkapasitet. Kapittel 4 inneholder en gjennomgang av mulig nytt materiell for ulike driftsarter som grunnlag for utredningens vurdering av framtidig kapasitet. Det er foretatt vurderinger av fordeler og ulemper, samt hvorvidt det nye materiellet er aktuelt for bruk i hovedstadsområdet.

I kapittel 5 presenteres potensialet for kapasitetsøkning ved å benytte nytt materiell, eller eksisterende materiell på en annen måte, basert på vurderinger og kapasitetsberegninger.

For å kunne vurdere hvor mye kapasitet de ulike transportsystemene kan yte, er det gjort en vurdering av infrastrukturen i kapittel 6. Her beskrives blant annet typiske tverrsnitt, og hva KVU Oslo-Navet dermed legger til grunn som mulig kapasitet for ulike driftsarter.

Basert på funn i kapittel 6, ses det i kapittel 0 på kapasiteten i de ulike transportsystemene. Ved å analysere markedet og strukturen til de ulike driftsartene er det identifisert dimensjonerende tverrsnitt for driftsartene.

## 2 Definisjoner og betraktninger

Dette kapitlet beskriver begreper som brukes generelt i rapporten, i tillegg redegjør det for generelle betraktninger som har framkommet i spesialanalysen.

### 2.1

#### Definisjoner

Følgende definisjoner benyttes i denne rapporten:

Dimensjonerende passasjerkapasitet	Antall stå- og sitteplasser pr. vogn- og kjøretøyenhet gitt reiselengde og ønsket tilbudt komfortnivå («Level of service» – LOS)
Driftsart	Gruppe av transportmidler med like driftsegenskaper, for eksempel: buss, trikk, T-bane, eller tog
Dørandel	Hvor stor andel av kjøretøyets totale lengde på en side som utgjøres av dører
Infrastrukturkapasitet	Antall vogn- og kjøretøyenheter pr. strekning pr. tidsenhet. Synonym <i>trafikkapasitet</i>
Level of service – LOS	Betegner nivå på tilbudt tjeneste. I denne rapporten: <i>opplevd komfort som en konsekvens av trengsel/antall passasjerer</i> . Bestemmende for den dimensjonerende kapasiteten. Se også kapittel 2.3
Personkapasitet	Antall personer over ett snitt i løpet av en tidsenhet. Synonym <i>transportkapasitet</i>
Teoretisk passasjerkapasitet	Antall stå- og sitteplasser pr. vogn- og kjøretøyenhet pr. tidsenhet oppgitt av leverandør, regnet om til en ståendetetthet på 4 personer / m <sup>2</sup> . Betegnet i LOS-skalaen (se kapittel 2.3) som nivå E
Praktisk passasjerkapasitet	Betegnet i LOS-skalaen (se kapittel 2.3) som nivå D, med en ståendetetthet på 2 personer / m <sup>2</sup> . Er dimensjonerende kapasitet på reiser under 15 minutter
Referanseoppholdstid	Teoretisk oppholdstid regnet ut med Westons formel, [2], med forutsetninger som beskrevet i avsnitt 2.2
Setekapasitet	Antall sitteplasser pr. vogn- og kjøretøyenhet pr. tidsenhet
Slot	Engelsk begrep på « <i>ruteleie</i> ». En reservasjon av en transportstrekning i et bestemt tidsrom. Antall tilgjengelige slots bestemmer derfor frekvens
Systemkapasitet	Den transportkapasiteten et transportsystem har, gitt de begrensinger infrastrukturens flaskehals gir

### 2.2

#### Beregning av referanseoppholdstid

Referanseoppholdstiden er beregnet med Westons formel [2]:

$$\text{Stoppetid} = k + \left[ 1,4 * \left( 1 + \left( \frac{F}{35} \right) * \left( \frac{T - S}{D} \right) \right) \right] * \left[ \left( F * \frac{B}{D} \right)^{0,7} + \left( F * \frac{A}{D} \right)^{0,7} + \left( 0,027 * \left( F * \frac{B}{D} \right) * \left( F * \frac{A}{D} \right) \right) \right]$$

Der A=antall avstigende, B=antall påstigende, D=antall dører, F=dørfordelingsfaktor, S=antall seter, T=antall gjennomreisende, k=fast oppholdstid uavhengig av passasjerantall.

For referanseoppholdstiden er det forutsatt at halvparten av den teoretiske kapasiteten (med 4 personer pr. m<sup>2</sup> ståplass) til kjøretøyet er utnyttet idet det

ankommer stasjonen. På stasjonen går  $1/3$  av disse av, mens  $2/3$  blir værende ombord. Antall påstigende er satt til  $2/3$  av det opprinnelige antallet passasjerer.

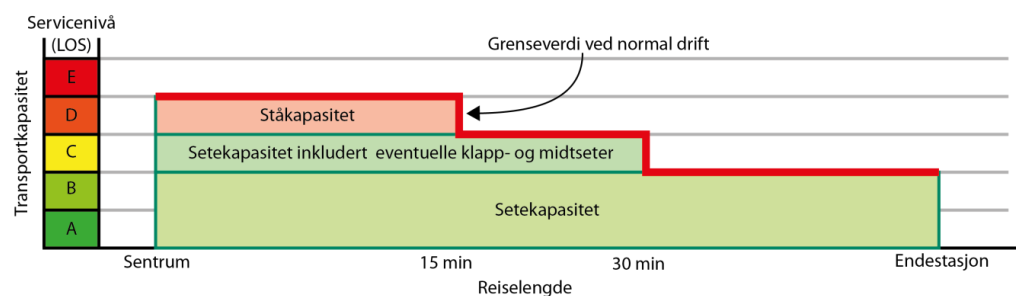
For jernbane er fast oppholdstid satt til 30 sekunder, mens den er satt til 15 sekunder for T-bane og trikk. Tiden er blant annet knyttet til åpning/lukking av dører. Videre er det forutsatt jevn fordeling av passasjerer både ombord i toget og på plattformen. Dette vil sannsynligvis ikke være tilfelle i praksis, slik at estimert oppholdstid vil avvike noe fra faktisk oppholdstid.

Parameterverdiene i formelen er heller ikke kalibrert mot data fra hovedstadsområdet. Hovedformålet med beregningen er imidlertid kun å sammenligne de ulike materielltypene mot hverandre.

### 2.3 Komfortnivå / Level of Service (LOS)

Den reisendes opplevde komfort er direkte knyttet til trengselen på kjøretøyet. I normale driftssituasjoner forventer de fleste passasjerer sitteplass på lange og mellomlange reiser, uavhengig av driftsart. Ved kortere reiser aksepterer de fleste reisende å stå, dersom reisen varer kortere enn 15 minutter og det ikke er for trangt [3]. I avvikssituasjoner med forsinkelser vil kundene kunne akseptere en høyere trengsel enn i normalsituasjonen. Reisens lengde og hvilken driftssituasjon man har er derfor dimensjonerende for hvilken kapasitet som bør tilbys kundene. Under normale forhold er en ståendetetthet på 2 personer/m<sup>2</sup> den øvre grensen, mens under avvikssituasjoner med forsinkelser er grensen på 4 personer/m<sup>2</sup>. Disse grensene er henholdsvis den praktiske og teoretiske kapasiteten, se også kapittel 2.1. Grunnlaget for dette følger i avsnittene under.

Det er utarbeidet en skala for ulike komfortnivåer («Level of Service» - LOS) ombord på kjøretøy, vist i Tabell 1. Som det kommer fram, er den reisendes opplevde komfort direkte knyttet til kjøretøyets fyllingsgrad. For ulike reiselengder vil ulike komfortnivåer forventes og aksepteres. Disse rangeres fra A til F, hvor A er et høyt komfortnivå og F er uakseptabelt lavt nivå. Med utgangspunkt i en vurdering av kapasiteten for ulike kjøretøy og komfortnivå, kombinert med dimensjonerende snitt med reiselengder, kan dermed nødvendig kapasitet i form av antall kjøretøy pr. time utregnes, [3].



Figur 1: Kapasitet basert på reiselengde og servicenivå (LOS) [3]

I Figur 1 er det vist hvilke servicenivå en bør tilby i en normal driftssituasjon, avhengig av reiselengden. Det bemerkes at det i normalsituasjonen er krav om at grenseverdiene ikke overskrides.



Tabell 1: Definisjon av Level of service (LOS) ut fra situasjonen om bord i kjøretøyene. [3]

Level of service	Beskrivelse av situasjonen om bord	
	Fra	Til
<b>F</b>	Kjøretøyet er fullt. (Konstruktiv sikkerhetsmargin)	Begrensning knyttet til kjøretøyets konstruksjon (for eksempel begrensning når det gjelder akseltrykk og hastighet)
<b>E</b>	Alle seter og alt ståplassareal er opptatt, men dette regnes ikke som akseptable forhold i normal drift når kjøretøyene er i rute.	Kjøretøyet er fullt. Reisende uten veldig stort tidspress vil velge ikke å gå om bord. (4 personer / m <sup>2</sup> )
<b>D</b>	Alle tilgjengelige seter innenfor sonemerking (Komfort/Stille/ Kun månedskort) er enten opptatt eller ikke brukbare (tilsmusset, opptatt av bagasje).	Alle seter er opptatt og det er akseptabelt areal for stående med kort reiselengde (2 personer / m <sup>2</sup> ).
<b>C</b>	Reisende kan ikke velge hvor de vil sitte	Alle reisende kan sitte, men noen reisende står likevel på grunn av: <ul style="list-style-type: none"> <li>• manglende informasjon eller mulighet til å finne fram til ledige seter (for eksempel dobbeltsett uten gjennomgang eller sonemerking Stille/Komfort/Kun månedskort)</li> <li>• ubrukbare seter (tilsmusset, opptatt av bagasje)</li> <li>• foretrekker å stå framfor å sitte trangt</li> </ul>
<b>B</b>	I snitt mindre enn 1 sete mellomrom mellom reisende	Reisende kan velge hvor de vil sitte (vindu/gang/bord ol.)
<b>A</b>	Reisende kan velge helt fritt hvor de vil sitte.	Minst 1 sete mellomrom mellom reisende

Selv om et kjøretøy har et teoretisk høyt seteantall, kan disse setene være lite tilgjengelige. Et eksempel på dette er 3+2-konfigurasjonen man finner i NSBs type 75-tog. Her vil setene ha forskjellig kvalitetsverdi for passasjerene, da mange opplever større komfort ved å benytte setene ved vindu eller mot midtgangen.

Det er også definert en trengselsgrense i komfortnivåene. Dette er innslagspunktet for redusert komfort på grunn av mindre avstand til andre reisende og er definert ved at 70 prosent av de faste setene er opptatt [3].

Når kjøretøyet fylles opp, blir det først fullt ved dørene og tettheten er størst her. Det fylles til slutt opp gjennom hele kjøretøyet, men det fører til et lengre stasjonsopphold.

En faktor som vil gjøre kollektivtransport mer konkurransedyktig overfor spesielt bilisme er økt komfort. Det er derfor viktig hvordan komfortgrensene for normalsituasjonene defineres. For sitteplasser er det relativt rett fram, er alle setene opptatt er det ikke plass til flere sittende. For stående er det derimot et

spørsmål om hvor tett en kan vente seg å stå. Eksempelvis aksepterer enkelte T-baner i Asia 8 eller flere stående pr. kvadratmeter.

Ved økt ståendetetthet forsvinner i økende grad opplevd komfort. Dette kommer blant annet av økte vanskeligheter med å føre fortrolige samtaler, bevege seg framover/bakover i kjøretøyet og å unngå kroppskontakt med fremmede. Kjøretøyets kapasitet oppgitt av produsent er ofte høyere enn den reelle kapasiteten, da den gjerne er oppgitt med en høyere ståendetetthet.

KVU Oslo-Navets internasjonale ekspertgruppe stiller seg bak kravet om at ingen reisende skal behøve å måtte stå mer enn 15 minutter. Det vises til noe ulike grenser for hvilken ståendetetthet som skal legges til grunn for ulike transportmidler i ulike byer, og i byer der det allerede er kapasitetsproblemer er gjerne den aksepterte ståendekapasiteten høyere. Basert på disse verdiene er det rimelig å anta en teoretisk kapasitet på opptil 4 stående pr. kvadratmeter. Det er også valgt å sette den praktiske kapasiteten til 2 stående pr. kvadratmeter [4] [5] [6].

Belastningen av kollektivsystemet varierer i løpet av et døgn, og systemet må være i stand til å takle maksbelastningen. Selv i rushtimen må komforten være ivaretatt. Innenfor rushtimen kan det også være enkeltavganger som er ekstra belastet. Dette kan for eksempel være avganger som har en regional funksjon på Østlandet, men som blir benyttet som et lokalt tilbud på delstrekninger. Disse avgangene må hensyntas og komfort må være fokus også på disse avgangene.

Videre er det vist komfortkrav gitt driftssituasjoner med ulike avvik: drift ved forsinket drift, drift etter én innstilling, og drift etter flere innstillinger. Avhengig av hyppigheten, kan de reisende da tåle et lavere servicenivå fra tid til annen. Da disse tallene ikke er løstrevet fra tog som transportmiddel, ønskes det kun påpekt i denne rapporten. Denne toleransen, som for eksempel inneholder en situasjon der de reisende må benytte neste avgang på grunn av en enkeltinnstilling, er foreslått til å gjelde 2 prosent av reisene (1 gang/måned for dagpendlere). På denne måten er komfortkravet ivaretatt, samtidig som man slipper å måtte dimensjonere etter et «worst case»-scenario [3].

Det gjøres i KVU Oslo-Navet en samfunnsøkonomisk analyse, basert på passasjertall fra transportmodeller. Denne samfunnsøkonomiske analysen benytter ikke «Level of Service»-metodikken for beregning av servicenivå, men i stedet beregnes det en trengselsfaktor basert på antall stående. Denne faktoren beskriver spennet mellom setekapasiteten og avvisning på grunn av fulle kjøretøy. I disse analysene brukes derfor setekapasiteten og den teoretiske kapasiteten til kjøretøyene.

KVU Oslo-Navet har på bakgrunn av dette lagt til grunn at dimensjonerende kapasitet for alle offentlige transportmidler har henholdsvis 2 og 4 personer pr. kvadratmeter stående i LOS-kategori D og E [4] [6]. For å sikre tilstrekkelig kapasitet og kvalitet i rushtilfeller, dimensjoneres rushtilbudet (3t-rush) for 2 pr. kvadratmeter. I rushtid vil det på enkeltavganger og kortere strekninger være økonomisk optimalt å tillate opp til 4 pr. kvadratmeter. Disse forutsetningene er også en tilpasning til at transportmodellen normalt ikke fanger opp ekstra spissbelastning på enkeltavganger.

## 2.4 Vognbredder

Vognbredde har betydning for hvor mange passasjerer et tog, en T-bane, en trikk eller en buss kan romme. Norske jernbane- og T-banevogner er bredere enn hva som er standard flere andre steder i Europa. For eksempel har norske region- og lokaltog en vognbredde på 3,2 meter og tilsvarende bredde i Sveits er 2,8 meter, en forskjell på 40 centimeter. T-banevognene som benyttes i Oslo har en vognbredde på 3,16 meter, mens for eksempel vognene på T-banenettet i Berlin kun er 2,65 meter brede [7].

I kapasitetssammenheng kan store bredder innebære at man kan benytte setekonfigurasjon 2+3, noe som kan være vanskelig med smale vogner. Dette øker teoretisk sett sitteplasskapasiteten med 25 prosent sammenlignet med 2+2 seter. Alternativt kan for eksempel 40 centimeter ekstra bredde over et 200 meter langt tog teoretisk sett innebære 80 ekstra kvadratmeter ståareal. Dersom det legges til grunn 4 stående pr. kvadratmeter gir den ekstra bredden plass til 320 stående passasjerer.

## 2.5 Vognlengder

Vognlengden har, akkurat som vognbredden, betydning for hvor mange passasjerer et tog, en T-bane, en trikk eller en buss kan romme. I kapasitetssammenheng gir lengre kjøretøy muligheten til å transportere flere passasjerer pr. avgang. Gjennom å sammenligne forskjellige materielltyper uten å ta hensyn til variasjoner i lengde, kommer de lengre kjøretøyene bedre ut enn de kortere. En ren sammenlikning av totalt antall blir derfor noe misvisende.

For at variasjonen i vognlengde ikke skal spille inn på den dimensjonerende passasjerkapasiteten ved sammenligning av materielltyper, brukes enheten *antall passasjerer pr. lengdemeter kjøretøy* i stedet for antall passasjerer pr. kjøretøy.

## 2.6 Ståplasskapasitet og dimensjonerende forhold

Med økende utnyttelse av ståplasskapasiteten blir forholdene trangere ombord og det blir mindre komfort for de reisende. Fra en viss utnyttelsesgrad er det ikke lengre mulig for de reisende å få tak i konduktøren for spørsmål, komme seg gjennom kjøretøyet til toalett, ha personlige samtaler eller holde ønsket avstand til de medreisende.

Ståplasser kan tilbys så lenge sikkerhetskravene for kjøretøyet er oppfylt. Et slikt krav kan være at ombordpersonalen må kunne gå igjennom kjøretøyet for å gjennomføre sikkerhetsrelevante oppgaver. Alle reisende må også kunne stå sikkert uten fare for å falle mens toget er i bevegelse, hvilket innebærer at de må ha tilgang til innretninger som det er mulig å holde seg fast i.

*Det er med andre ord mange forhold som ligger til grunn ved vurdering av hvordan et tilgjengelig ståplassareal kan omsettes i ståplasskapasitet.*

I Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk, er plasstilbudet vurdert for de enkelte kjøretøyene. En sammenstilling av kapasiteten er vist i Tabell 2. Her presenteres store variasjoner mellom kjøretøyene i hvordan ståplasskapasiteten øker med økt trengselsforhold. Variasjonene kan muligens forklares med at en helhetlig vurdering av

kjøretøyenes tilpassing til stående gir ulik uttelling ved ulike komfortnivåer. Dette er imidlertid ikke spesifisert i den aktuelle rapporten [3].

Tabell 2: Ståplasskapasitet pr. togtype og trengselsforhold.

Trengselsforhold	Togtype				
	Type 69-3	Type 71*	Type 72	Type 74	Type 75
2 stående/m <sup>2</sup>	60	0	100	107	132
4 stående/m <sup>2</sup>	120 (+100 %)	156	185 (+85 %)	177 (+65 %)	298 (+226 %)

\*Type 71 er en tilbringertjeneste til og fra flyplassen som er basert på at alle reisende får sitteplass ved normal drift (2p./m<sup>2</sup>).

I denne rapporten er antallet ståplasser beregnet på lik måte for alle kjøretøy, der kapasiteten ved 2 stående pr. kvadratmeter er halvparten av kapasiteten ved 4 pr. kvadratmeter. Det er ikke gjort så inngående analyser som antatt gjort for togene, og uten å vite hvilke forbehold som er gjort for togene, er det vanskelig å gjøre de samme antagelsene for andre transportmidler. Det er derfor valgt å skalere ståplasskapasiteten på tog likt som for øvrige kjøretøy, med utgangspunkt i oppgitt teoretisk kapasitet.

## 3 Dagens materiell

Dette kapitlet gir en oversikt over det rullende materiellet som brukes innen kollektivtransporten i Oslo i dag. Kapitlet er delt etter driftsart og hvert enkelt kjøretøy kartlegges i henhold til foreliggende tekniske data.

Dagens materiell brukes som referansealternativ ved beskrivelsen av nytt materiell i kapittel 4. Det ligger også til grunn for kapasitetsberegningene i kapittel 5 og 6.

### 3.1 Tog

#### 3.1.1 Tilbringertrafikk Oslo Lufthavn

Flytoget AS driver en egen tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn med tog. Dette tilbudet kommer i tillegg til NSBs togtilbud og de øvrige tilbringertjenestene. Viktig for dette konseptet er høy komfort med sitteplasser til alle reisende, og tilbudet baserer seg på reiser med kun ett formål: reiser til og fra Gardermoen. Dette innebærer at på vei **til** Oslo Lufthavn aksepteres kun påstigende (ingen avstigning) og på vei **fra** Oslo Lufthavn vil det kun være mulighet til å gå av toget.

Tilbringertjenesten kjøres med togsettene GMB type 71, som er en variant av NSBs type 73, og de har 16 togsett pr. dags dato. Flytoget AS skal kjøpe inn 8 nye togsett innen 2016 [8].



Bilde 1: GMB Type 71 med 3 vogner. Foto: Bombardier [9]

Tabell 3 viser tekniske data for GMB type 71, mens den dimensjonerende kapasiteten er vist i Tabell 4 og Figur 2. Merk at for denne togtypen er den dimensjonerende kapasiteten i normaltillfeller uten ståplasser.

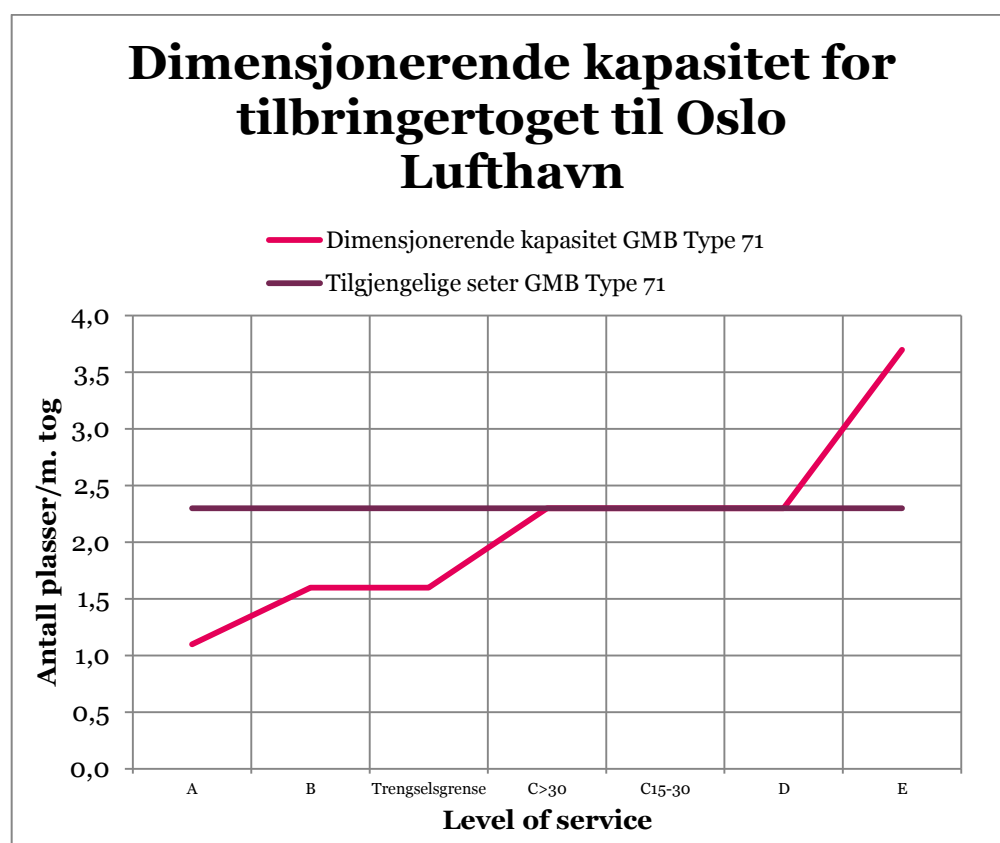
Tabell 3: Teknisk data for GMB Type 71. (Kilder<sup>2</sup>: [9], [10], [11])

<b>GMB Type 71</b>		
Høyhastighetstog med høy komfort.		
<b>Makshastighet</b>		210 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	108,440 m
	Bredde	3,048 m
	Høyde	4,350 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	4 pr. togsett
	Antall dører pr. side	2 pr. vogn
	Dørbredde	1,500 m
	Antall sitteplasser	244
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	Er ikke tilrettelagt for at folk skal stå
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )	Er ikke tilrettelagt for at folk skal stå
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	244
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	2,3
	Dørandel pr. side	11,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	20,3
	Referanseoppholdstid	45 s
	<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning
<b>Universell utforming</b>	<p>Det er avsatt egen plass til bagasje ved hvert inngangsparti. Hvert togsett har også egen plass til rullestol.</p> <p>Inngangspartiet er ikke trinnløst, da det er to trinn opp til sitteplassområdet.</p>	
<b>Bruk i Oslo</b>	<p>Ekspresstog med få stopp og høy frekvens med fokus på å bringe passasjerer til og fra Oslo Lufthavn. Avgang hvert 10. minutt fra Oslo S og Oslo Lufthavn, hvert 20 minutt fra Drammen.</p> <p>Kjører sammen med region- og lokaltogene på strekningen mellom Oslo Lufthavn og Drammen. Toget er kun åpent for passasjerer som skal til/fra Oslo Lufthavn.</p> <p>Bagasjehyllene står sentralt plassert inngangspartiet og kan stå i veien for effektiv av- og påstigning. At dørene kun åpner mot én side gjør at åpningstiden er lengre enn om døren hadde vært delt i to blad som åpnet til hver sin side samtidig.</p>	

<sup>2</sup> Informasjonen er justert i henhold til utvidelse fra tre til fire vogner pr. togsett.

Tabell 4: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for tilbringertoget til Oslo Lufthavn [3].

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser	Plasser/ m. kjøretøy	Passasjerer/ m. dør
F		-	-	-
E	1,0–1,6	400	3,7	33,3
D	1	244	2,3	20,3
C15–30	1	244	2,3	20,3
C>30	-	244	2,3	20,3
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>171</b>	<b>1,6</b>	<b>14,3</b>
B	0,51–0,69	170	1,6	14,2
A	0,00–0,50	122	1,1	10,2



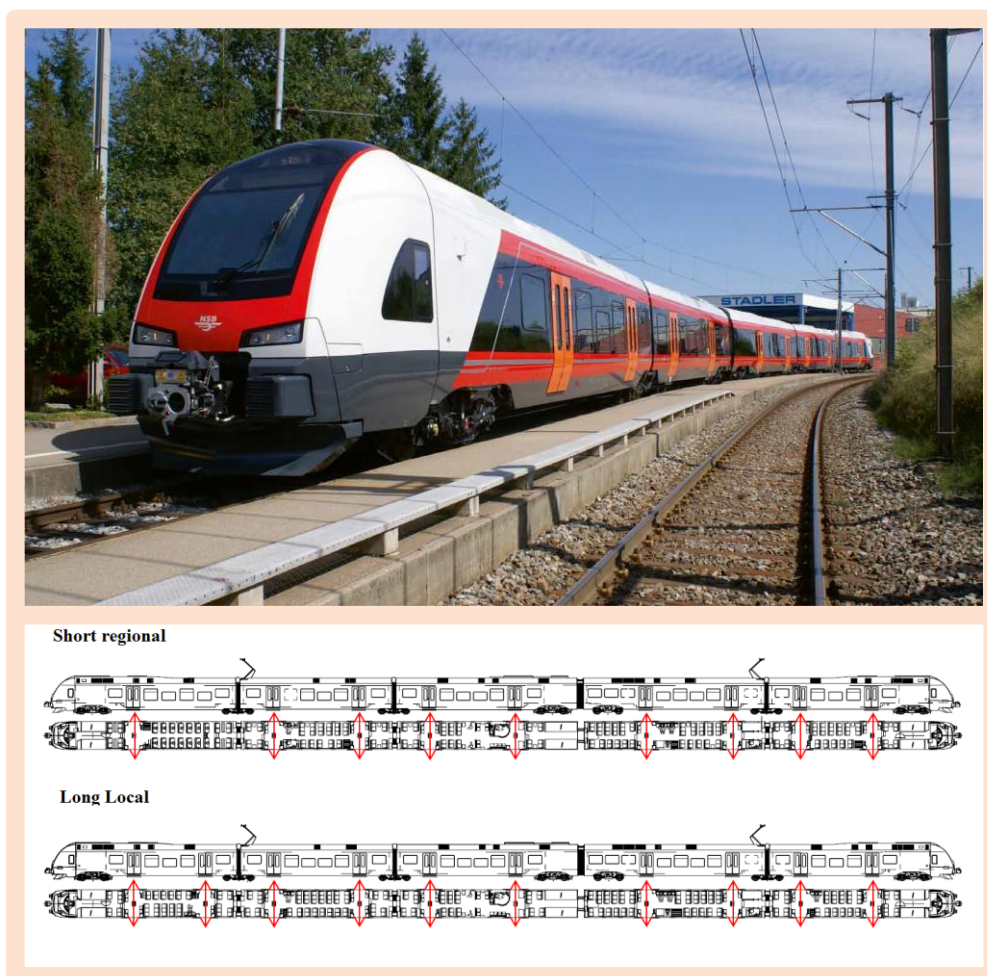
Figur 2: Dimensjonerende passasjerkapasitet for tilbringertoget til Oslo Lufthavn, angitt pr. lengdemeter.

## 3.1.2

## Lokal- og regiontog

Stadler Flirt finnes i to varianter; Type 74 brukes som regiontog og Type 75 brukes som lokaltog. Forskjellen er ulik setekonfigurasjon og dørarrangement, samt at type 74 har én vogn avsatt til komfortavdeling. Togsettene er tilpasset den norske standarden på plattformhøyde 760 mm.

NSB eier pr. dags dato 23 av type 74 og 43 av type 75 [1].



Figur 3: NSB Type 74 og 75 (Stadler Flirt, Short Regional/Long Local). Foto og figur: Stadler [12] – redigert

Tekniske data er oppgitt separat for Type 74 og Type 75, og er gitt pr. togsett, se Tabell 5 og Tabell 6 nedenfor. Den dimensjonerende kapasiteten for disse togene er vist i Tabell 7 og Figur 3. Skillet mellom LOS-nivå C(>30) og C(15–30) skyldes togenes klappseter, som er forventet å bruke på reiser under 30 minutter, men ikke på reiser over 30 minutter.



Tabell 5: Teknisk data for NSB Type 74 (Stadler Flirt, Short Regional) [1], [12]

<b>NSB Type 74 (Stadler Flirt, Short Regional)</b>		
Togtype med spesielt hensyn til brukervennlighet for familier, eldre og funksjonshemmede.		
<b>Makshastighet</b>		200 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	105,500 m
	Bredde	3,200 m
	Høyde	4,380 m
	Gulvhøyde	0,800/1,180 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	9 pr. togsett
	Dørbredde	1,300 m
	Antall sitteplasser (2+2)*	240
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	89
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )**	177
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	329 (417)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	3,1 (4,0)
	Dørandel pr. side	11,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	28,1 (35,6)
Referanseoppholdstid	50 s	
<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning	
<b>Universell utforming</b>	69 prosent av gulvarealet utgjør lavgulvseksjon med høyde 0,8 meter. Lavt gulv ved inngangspartiene gir trinnfri på- og avstigning. Stigtrinn i to nivåer forenkler på- og avstigning der det er lave plattformer. Rullestolheis finnes ved ett av inngangspartiene.	
	Rullestolplassene er integrert i ordinære sitteavdelinger i midtvognen (4 pr. togsett,). Det er også avsatt særlig plass for sykler, barnevogner og bagasje i vogn 2 og 4.	
<b>Bruk i Oslo</b>	Brukes for mellomlange strekninger med reisetid opp til 3 timer, For eksempel mellom Drammen og Lillehammer.	
	Ettersom togene kjører på strekningen mellom Oslo og Oslo Lufthavn, har mange passasjerer med seg bagasje. De integrerte bagasjehyllene er ikke store nok til å møte denne etterspørselen, og en del sete- og gulvkapasitet går bort til bagasjeoppbevaring.	

\* 44 av sitteplassene er i komfortklasse. Antallet plasser er justert i henhold til ny setekonfigurasjon (fra 2+3 til 2+2).

\*\* Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk [3].

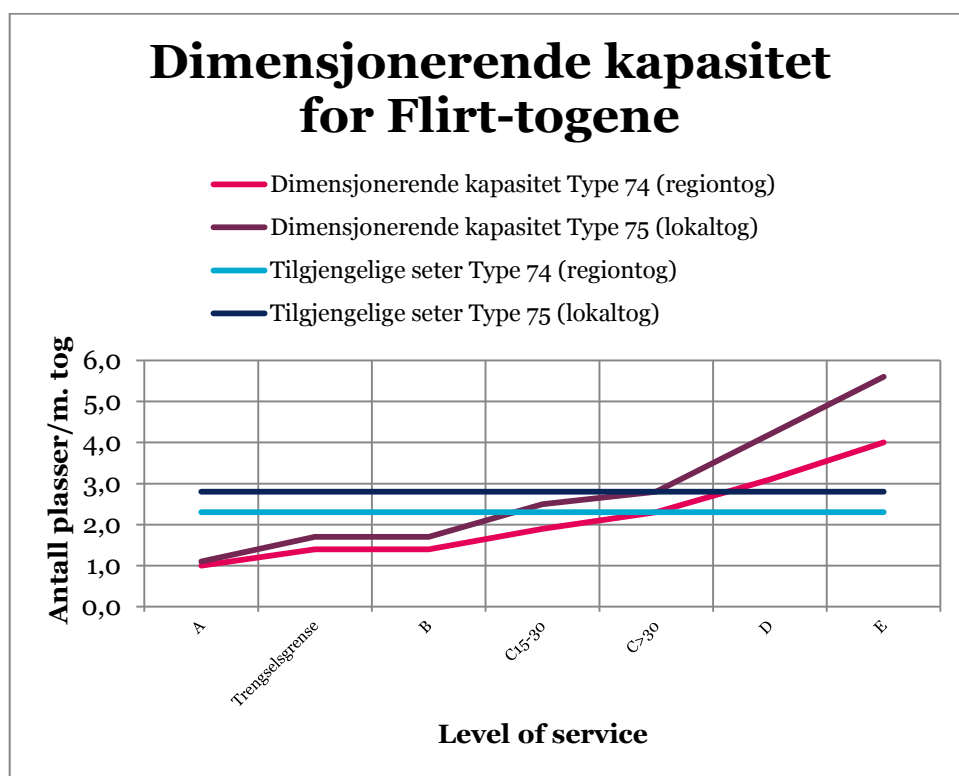
Tabell 6: Teknisk data for NSB Type 75 (Stadler Flirt, Long Local) [1], [12]

<b>NSB Type 75 (Stadler Flirt, Long Local)</b>		
Togtype med spesielt hensyn til på brukervennlighet for familier, eldre og funksjonshemmede.		
<b>Makshastighet</b>		200 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	105,500 m
	Bredde	3,200 m
	Høyde	4,380 m
	Gulvhøyde	0,800/1,180 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	2 pr. vogn
	Dørbredde	1,300 m
	Antall sitteplasser (3+2)	295
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	149
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	298
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	444 (593)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,2 (5,6)
	Dørandel pr. side	12,3 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	34,2 (45,6)
	Referanseoppholdstid	56 s
<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning	
<b>Universell utforming</b>	Tilsvarende som for Type 74, men med forskjellen at det er avsatt egen plass for sykler, barnevogner og bagasje i samtlige vogner med unntak av midtvognen.	
<b>Bruk i Oslo</b>	Brukes til lokaltrafikk på Østlandet på linjer med kjøretid opp til 1,5 timer.  Kjører på de fem strekningene Kongsberg–Eidsvoll, Drammen–Dal, Asker–Kongsvinger, Skøyen–Moss og Skøyen–Mysen.	

\* Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk [3].

Tabell 7: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for Type 74 og 75 [3]

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser		Plasser/ m. kjøretøy		Passasjerer/ m. dør	
		Type 74	Type 75	Type 74	Type 75	Type 74	Type 75
F		-	-	-	-	-	-
E	1,4–2,0	417	593	4,0	5,6	35,6	45,6
D	1–1,4	329	444	3,1	4,2	28,1	34,2
C15–30	1	240	295	2,3	2,8	20,5	22,7
C>30	0,6–0,9	204	259	1,9	2,5	17,4	19,9
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,6</b>	<b>143</b>	<b>181</b>	<b>1,4</b>	<b>1,7</b>	<b>12,2</b>	<b>13,9</b>
B	0,41–0,59	143	180	1,4	1,7	12,2	13,8
A	0,00–0,40	102	117	1,0	1,1	8,7	9,0



Figur 4: Dimensjonerende passasjerkapasitet for Flirt-togene, angitt pr. lengdemeter.

## 3.1.3

## Godstog

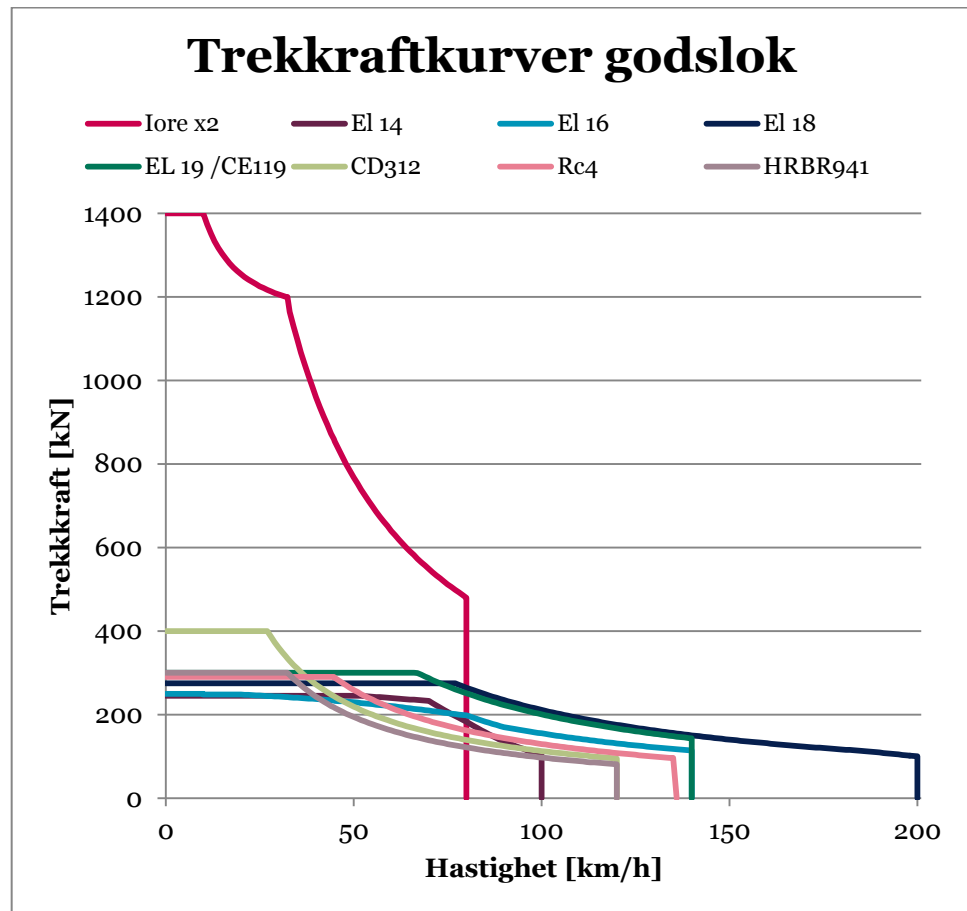
Godstrafikken i Norge er mer kompleks enn persontrafikken, med et stort spenn i transporterte godstyper og begrensinger i infrastrukturen, som igjen gjør de benyttede løsningene spesialtilpassede til sine godstyper. KVU Oslo-Navet har en egen analyse om godstrafikk kalt «*Spesialanalyse godstrafikk på jernbane*», som omhandler forhold utenom det rullende materiellet [13]. I denne rapporten er fokuset rettet mot det rullende materiellet.

I ordinær godstrafikk (det vil si utenom skiftetraktorer) brukes det pr. dags dato mange ulike lokomotiver i Norge. Her er det sett på et utvalg av disse:

- El 14 (CargoNet)
- El 16 (CargoNet)
- El 18 (CargoNet, NSB)
- EL19/CE 119 (CargoNet, Cargolink)
- Doble Iore-lok (LKAB)
- Rc4 (Hectorrail, Green Cargo)
- CD 312 (CargoNet)
- HRBR 941 (Hectorrail)

Tabell 8: Tekniske data for et utvalg godslokomotiver som brukes i Norge i dag. Sterkere farge indikerer høyere verdi.

	Iore x2	El 14	El 16	El 18	EL 19 / CE119	CD312	Rc4	HRBR941
Lengde [m]	45,81	17,7	15,52	18,5	18,9	23,02	15,4	17,4
Bredde [m]	2,95				2,977			3,08
Høyde[m]	4,465	4,46	4,46		3,845		4,5	4,22
Vekt [tonn]	360	105	80	82,2	84	123	78	90
Topphastighet [km/t]	80	100	140	200	140	120	135	120
Starttrekkraft [kN]	1400	245	250	275	300	400	290	300
Ytelse[kW]	10670	4530	4430	5880	5580	3170	3600	2700
Aksler	12	6	4	4	4	6	4	4
Aksellast [tonn]	30	17,5	20	20,55	21	20,5	19,5	22,5
Trekkraft / meter [kN/m]	31	14	16	15	16	17	19	17
Ytelse / meter [kW/m]	236	287	286	292	296	138	234	155



Figur 5: Trekraftkurver for utvalgte godslokomotiver

Tabell 8 viser at Iore, en spesialversjon av El19/CE119 kun går på Ofotbanen har en mye høyere startkraft og videre trekraft enn de andre lokomotivene. Iore er bygget for svært tunge malmtog, derav den høye aksellasten og startkraften.

CD 312 og HRBR 941 kommer betraktelig dårligere ut i ytelse pr. meter. Disse lokomotivene er diesellokomotiver og benyttes på baner som ikke er elektrifiserte (for eksempel Rørosbanen), og som innsatslokomotiver der elektrifiserte baner i perioder er uten strøm.

Figur 5 viser hvilke forskjeller det er mellom disse lokomotivene innenfor effekt, starttrekkraft og topphastighet. Hvor raskt et tog kan kjøre er avhengig av disse tre, samt infrastruktur (stigning, kurver og overbygning, se Tabell 9) og vognenes vekt.

De nyeste tilleggene til vognparken er CD312 (2006) og CE119 (2006). De har også høyere trekraft enn sammenlignbart materiell. KVU Oslo-Navet velger derfor å benytte disse som referansemateriell, da det øvrige materiellet enten har andre funksjoner (malm-/tømmertog) eller er eldre og fases ut på sikt.

Referansegodstog innenlands har en lengde på 600 meter og en totalvekt på opptil 1200 tonn med tillatt aksellast 22,5 tonn/ aksel. Referansegodstogets

hastighet vil være opptil 100km/t. Godstog med grenseoverskridende trafikk som på Østfoldbanen og Kongsvingerbanen kan være opptil 750 meter lange og med en totalvekt på opptil 1500 tonn [13].

Tabell 9: Tillatt hastighet og maksimal aksellast for overbygningsklasser [14]

Over- bygnings- klasse	Vogner i persontog		Motorvognsett		Godstog/arbeidsmaskiner	
	Nominell aksellast (tonn)	Maks hastighet (km/t)	Nominell aksellast (tonn)	Maks hastighet (km/t)	Nominell aksellast (tonn)	Maks hastighet (km/t)
<b>a</b>	16	90	16	90	22,5 16,5	30 70
<b>b</b>	18	100	18	100	22,5 20,5 18	30 70 80
<b>c</b>	18	160	20,5 18	130 160	22,5 20,5 18	80 90 100
<b>c+</b>	18	160	20,5	160	24 <sup>1</sup> 22,5 18	50 90 110
<b>d</b>	18	230	20,5 20 18 17	160 200 250 300	25 22,5 18	70 100 110
<b>Ofo- banen</b>	18	130	20,5	130	30 22,5	50 70 <sup>2</sup>

## 3.2

## T-bane

T-banevognene av typen Siemens MX3000 ble levert i perioden 2006–2014 [15] og erstattet hele den gamle vognparken. Total finnes 115 togsett, som kombineres til doble vognsett på de fleste linjer [16].



Figur 6: Siemens MX3000 [16]. Foto: Ruter

Tabell 10: Teknisk data for Siemens MX3000. [16]

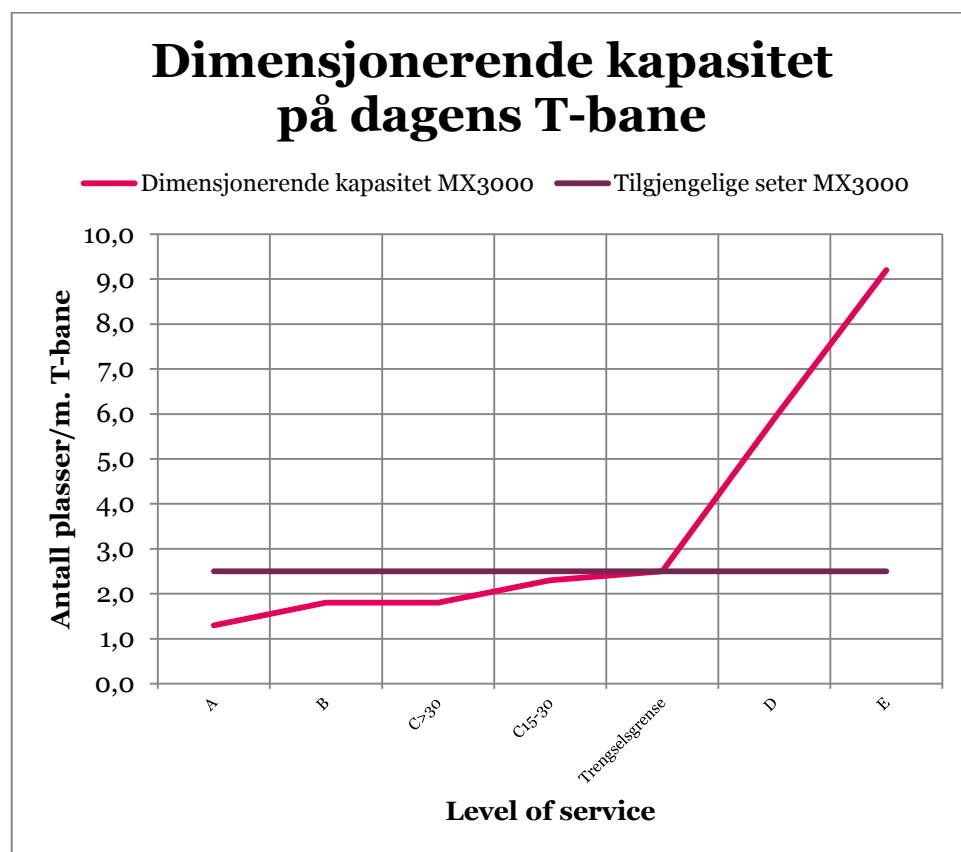
<b>Siemens MX3000</b>		
T-bane		
<b>Makshastighet</b>		80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	54,340 m
	Bredde	3,160 m
	Høyde	3,800 m
	Gulvhøyde	1,120 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	3 pr. togsett
	Antall dører pr. side	3 pr. vogn
	Dørbredde	1,300 m
	Antall sitteplasser	138
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	180
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	360
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	318 (498)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	5,9 (9,2)
	Dørandel pr. side	21,5 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	27,2 (42,6)
	Referanseoppholdstid	41 s
<b>Drivsystem</b>	Strømskinne	
<b>Universell utforming</b>	Trinnløst inngangsparti og lavt gulv i hele kjøretøyet.	
<b>Bruk i Oslo</b>	Er i dag den eneste vogntypen i Oslo og kjøres på hele T-banenettet. Det kan kjøres ett eller to togsett om gangen.  På grunn av korte plattformer på Holmenkollbanen kan det her kun kjøres ett togsett om gangen.	

\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 6 ståplasser/m<sup>2</sup>.



Tabell 11: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for MX3000 [3].

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser	Plasser/ m. kjøretøy	Passasjerer/ m. dør
F		-	-	-
E	4,0–5,5	498	9,2	42,6
D	1,0–4,0	318	5,9	27,2
C15–30	1	138	2,5	11,8
C>30	0,7–1	124	2,3	10,6
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>97</b>	<b>1,8</b>	<b>8,3</b>
B	0,51–0,69	97	1,8	8,3
A	0,00–0,50	69	1,3	5,9



Figur 7: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens T-bane, angitt pr. lengdemeter.

### 3.3

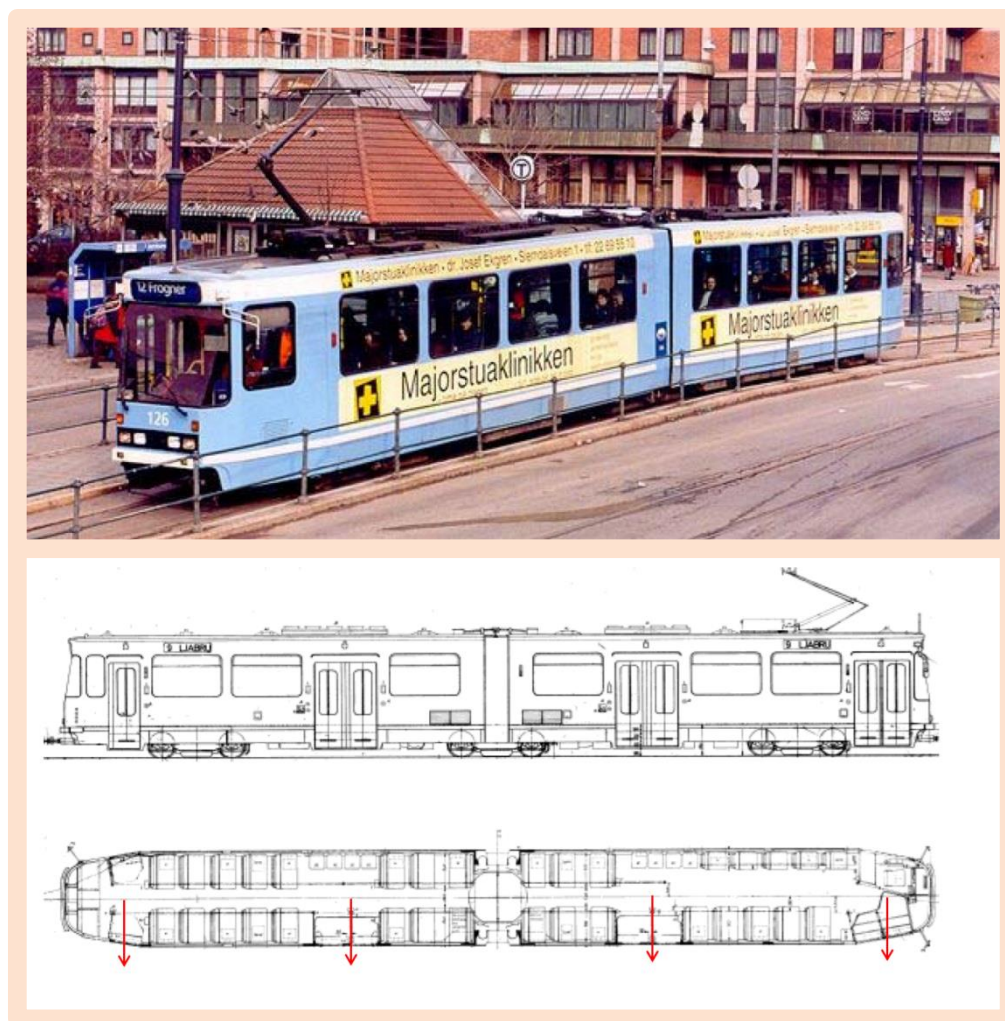
#### Trikk

I dag er det 72 trikker i drift i Oslo, fordelt på de to modellene SL79 (40 stk.) og SL95 (32 stk.). Den virkelige vogntilgjengeligheten er imidlertid redusert på grunn av diverse tekniske feil og mangler hos SL 95. Vognparken er i dag fullt utnyttet i rushtid, og så godt som fullt utnyttet i periodene mellom rushtidene.

#### 3.3.1

#### SL 79

SL79 ble levert i to omganger; serie I i 1982/83 og serie II i 1989/90. De to seriene er svært like, med den største forskjellen i styringssystemet og om den bakre døren er enkel eller dobbel. SL79 er i slutten av sin levetid og forventes å fases ut innen 2020 [17].



Figur 8: SL 79, serie I. Foto og figur: Oslo Vognselskap AS [18] – redigert

Tabell 12: Teknisk data for SL 79 [17], [18], [19].

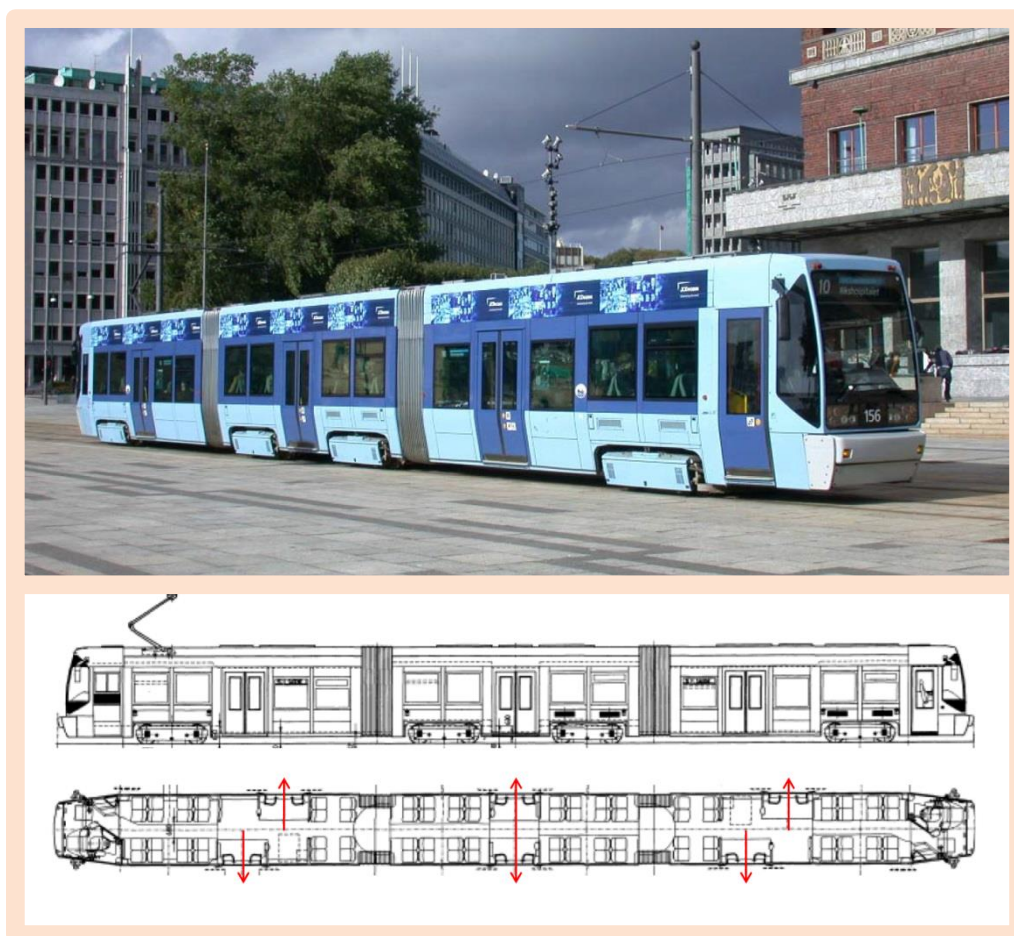
<b>SL 79</b>		
Enretningsvogn		
<b>Makshastighet</b>		80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	22,300 m
	Bredde	2,500 m
	Høyde	3,700 m
	Gulvhøyde	0,880 m
	Totalvekt (uten passasjerer)	32,8 tonn
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	1 pr. trikk
	Antall dører pr. side	4 pr. trikk
	Dørbredde	-
	Antall sitteplasser	71
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	33
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	66
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	104 (137)
	Antall plasser pr. meter trikk (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,7 (6,1)
	Dørandel pr. side	-
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	-
	Referanseoppholdstid	35 s
<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning, 750V	
<b>Universell utforming</b>	SL79 har høyt gulv og trapper ved dørene. Vogntypen tilfredsstiller dermed ikke krav til universell utforming.	
<b>Bruk i Oslo</b>	<p>Trikkene kan kjøre på hele sporvognsnettet med unntak av linjen til Rikshospitalet og fellesstrekningen med T-banen fra Øraker/Jar til Bekkestua, da strekningene mangler vendesløyfe. Sistnevnte strekningen begrenses også av mangel på utstyr for automatisk togstopp (ATP) i trikkene. SL79 er eneste vogntype som kan kjøres på Briskebylinjen på grunn av krapp kurvatur.</p> <p>Kjøres i dag på linje 11, 12, 13 (enkelte avganger) og 19.</p>	

\* Ståplass tettheten er ikke oppgitt av leverandør og antas derfor å være 4/m<sup>2</sup>.

## 3.3.2

## SL 95

SL95 – som er produsert i Italia – ble levert i perioden 1999–2003. SL95 er en mer moderne trikk enn SL79, med en høyere passasjerkapasitet og komfort og bedre tilrettelegging for funksjonshemmede og barnevogner. Ut fra sin alder bør dagens SL95-trikker kunne være i trafikk minst til etter 2020. På grunn av mange tekniske feil og mangler som begrenser trikkens utnyttelse og levetid vurderes imidlertid det en framskyndet utfasing av SL95, slik at det fås en enhetlig og moderne trikkepark [17].



Figur 9: SL 95. Foto og figur: Oslo Vognselskap AS [20] – redigert bilde

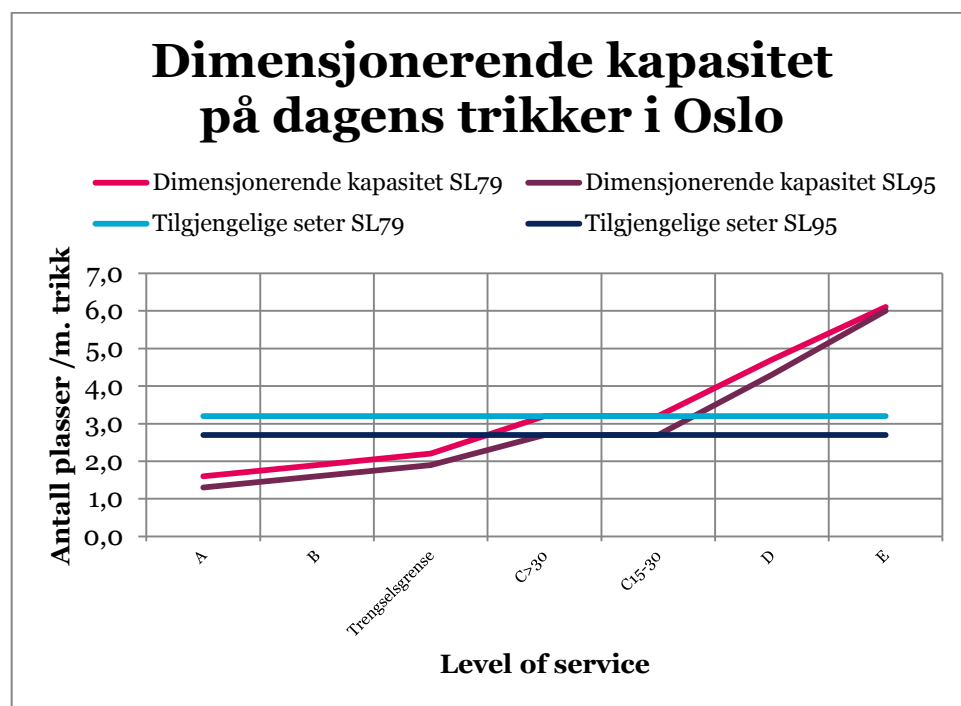
Tabell 13: Teknisk data for SL 95 [17], [20].

<b>SL 95</b>		
Toretningsvogn med lavt gulv		
<b>Makshastighet</b>		80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	33,120 m
	Bredde	2,600 m
	Høyde	3,625 m
	Totalvekt (uten passasjerer)	64,5 tonn
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	2 pr. trikk
	Antall dører pr. side	4 pr. trikk
	Dørbredde	1,500 m
	Antall sitteplasser	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	55
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	110
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	143 (198)
	Antall plasser pr. meter trikk (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,3 (6,0)
	Dørandel pr. side	18,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	23,8 (33,0)
	Referanseoppholdstid	39 s
<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning, 750 V	
<b>Universell utforming</b>	Trikken har en lavgulvandel på 50 prosent, og lav innstigning ved tre av de fire dørene. Det er også avsatt plass for funksjonshemmede og barnevogner i lavgulvdelene.	
<b>Bruk i Oslo</b>	<p>Trikkene kan ikke kjøre på Briskebylinjen på grunn av for krapp kurvatur. Enkelte andre steder er det møteforbud på grunn av for liten avstand mellom sporene. Ettersom SL95 er en toretningsvogn kan den snu på steder uten vendesløyfe.</p> <p>SL 95 har møtt mye kritikk da de lager mye støy, har brister i materialet og er så tunge at de ødelegger gatene [21]. Flere av materiellskadene er av levetidsreducerende karakter og forventes å gi høye vedlikeholdskostnader de kommende årene.</p> <p>Kjøres i dag på linje 13 (enkelte avganger), 17 og 18.</p>	

\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4,5/m<sup>2</sup>.

Tabell 14: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for trikketyperne SL79 og SL95 [3].

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser		Plasser/ m. kjøretøy		Passasjerer/ m. dør	
		SL79	SL95	SL79	SL95	SL79	SL95
F		-	-	-	-	-	-
E	2,9	137	198	6,1	6,0	-	33,0
D	2,3	104	143	4,7	4,3	-	23,8
C15-30	1,6	71	88	3,2	2,7	-	14,7
C>30	-	71	88	3,2	2,7	-	14,7
<b>Trengsels-grense</b>	-	<b>50</b>	<b>62</b>	<b>2,2</b>	<b>1,9</b>	-	<b>10,3</b>
B	0,8	43	53	1,9	1,6	-	8,8
A	0,00-0,50	36	44	1,6	1,3	-	7,3



Figur 10: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens trikker i Oslo, angitt pr. lengdemeter.

## 3.4

**Buss**

På grunn av at mange ulike produsenter og modeller er representert i Oslo i dag er bussene kun beskrevet på drift- og størrelsesnivå. Følgende inndeling er gjort:

- Bybuss, 12 m
- Bybuss, 18 m leddbuss
- Regionbuss, 14 m

Samtlige av dagens busser har trinnfri innstigning, og hele eller deler av bussene har lavt gulv.

Tabell 15: Stå- og sitterplasser på by- og regionbusser.

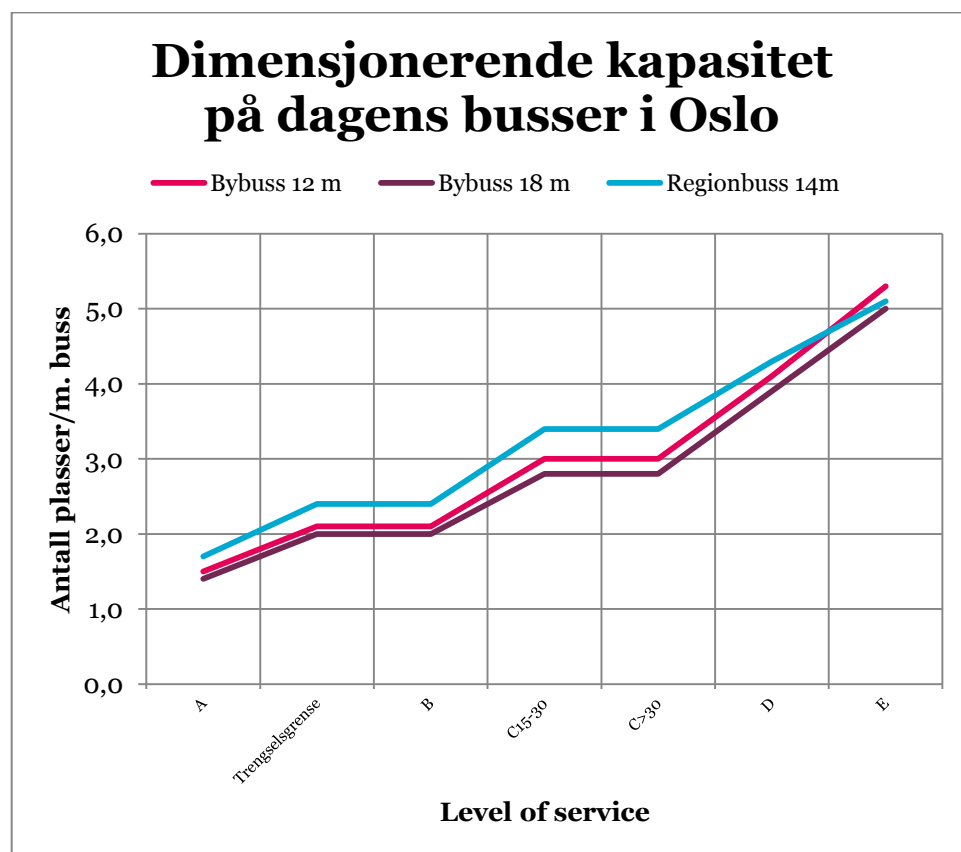
Drift	Lengde	Referanseoppholdstid	Sitteplasser	Ståplasser	Totalt
By	12 m	25 s	36	27	63
By	18 m	25 s	51	39	90
Region	14 m	31 s	48	24	72

Dataene for sitteplasser i tabellen ovenfor er hentet fra produktarket for MAN Lion's City [22]. Det påpekes at dette kan variere mellom ulike setekonfigurasjon og mellom ulike produsenter. Teoretisk antall ståplasser er anslått til å være 75 prosent av antallet sitteplasser i bybusser og 50 prosent av antallet sitteplasser i regionbusser. Teoretisk makskapasitet på busser er som regel 4 personer pr. kvadratmeter [4]. Det antas at antall ståplasser vist i Tabell 15 tilsvarer dette.

Generelt har regionbussene flere sitteplasser og færre ståplasser enn bybussene, ettersom de er tiltenkt lengre reiser. Bybussene har generelt flere og større dører for å sikre hurtig av- og påstigningstid.

Tabell 16: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for By 12m, By 18m og Region 14m.

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser			Plasser/ m. kjøretøy		
		By 12m	By 18m	Region 14m	By 12m	By 18m	Region 14m
F		-	-	-	-	-	-
E	1,4–1,8	63	90	72	5,3	5,0	5,1
D		50	71	60	4,2	3,9	4,3
C15–30		36	51	48	3,0	2,8	3,4
C>30	0,7-	36	51	48	3,0	2,8	3,4
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>34</b>	<b>2,1</b>	<b>2,0</b>	<b>2,4</b>
B	0,51–0,69	25	36	34	2,1	2,0	2,4
A	0,00–0,50	18	26	24	1,5	1,4	1,7



Figur 11: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens busser i Oslo, angitt pr. lengdemeter.



## 3.5

## Båt



Bilde 2: Båt i Oslo. Foto: Ruter

En oversikt over dagens båttilbud i Osloområdet gis i Tabell 17. Båttilbudet er i dagens situasjon kun for passasjertrafikk.

Tabell 17: Oversikt båttilbudet i Oslo-området [23], [24]

	Lokal	Regional 1	Regional 2	Fjerntrafikk 1	Fjerntrafikk 2
	Oslo-ferjene	Nesodd-båtene	Lysaker-Nesoddtangen	Aker brygge-Fornebu	Aker brygge-Slemmestad
Passasjerkapasitet pr. båt	236	600, 628	250	147	180

## 4 Nytt materiell

Dette kapitlet gir en innblikk i hva slags rullende materiell som er tilgjengelig på markedet i dag, sammenlignet med dagens materiell. Kapitlet er delt etter driftsart og gir et overblikk over forskjellige alternativers fordeler og ulemper. Det vurderes også hvorvidt det nye materialet er aktuelt for bruk i Oslo.

I kapitlet sammenliknes alternativene for nytt materiell mot dagens materiell (se kapittel 3). Kapitlet er grunnlag for kapasitetsberegningene i kapittel 5 og 6.

### 4.1 Tog

#### 4.1.1 Begrensninger i dagens jernbanenett

Det er noen begrensninger i dagens jernbanenett knyttet til infrastrukturen, som har betydning for valg av eventuelt nytt materiell. Disse drøftes mer detaljert i kapittel 5.

#### **Plattformhøyder**

En utfordring knyttet til togmateriell er at stasjonene på jernbanenettet i dag har ulike plattformhøyder. Disse varierer fra 0,45 til 0,76 meter. Dette gir en utfordring med tanke på trinnfri innstigning og universell utforming.

#### **Plattformlengder**

Det er varierende plattformlengder på jernbanestasjoner i Norge. Hovedregelen på Østlandet er 220 meter lange plattformer. Dette betyr at det kan være vanskelig å sette inn lengre togsett på alle avganger.

#### 4.1.2 FLIRT

KVU Oslo-Navet vurderer at siden FLIRT nevnt i kapittel 3.1.2 er på vei inn i vognparken, og har lang gjenstående levetid, er det ikke hensiktsmessig å vurdere rullende materiell med tilsvarende egenskaper i denne omgang.

#### 4.1.3 Toetasjes tog

En viktig begrensning på jernbanenettet i Norge i dag er infrastrukturkapasiteten. Med toetasjes tog kan man øke passasjerkapasiteten pr. meter tog og avgang og dermed få bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur. Erfaring viser imidlertid at toetasjes tog ofte har lengre oppholdstid på stasjoner enn enetasjes tog, noe som i så fall er med på å redusere infrastrukturkapasiteten.

Det finnes forskjellige varianter av toetasjes tog på markedet, hvilket her forenkles i følgende tre konsepter:

1. Toetasjes tog med dører inn til en mellometasje med trapp ned til nedre og opp til øvre etasje
2. Toetasjes tog med dører i nedre etasje med trapp opp til øvre etasje
3. Toetasjes tog med dører i separate én-etasjes vogner

Av de nevnte togkonseptene er konsept to det vanligste toetasjes toget på markedet. Av togkonseptene er det kun konsept tre som er kompatibel med en plattformhøyde på 760 mm som brukes som standard i Norge.

En viktig forutsetning for at det skal være praktisk realiserbart med toetasjes tog, er at inngangspartiet legges på et tilstrekkelig lavt nivå for å gi plass til en overetasje, samtidig som toget ikke må overskride profilgrensen satt av kontaktledninger, tunneler, broer osv. Overensstemmelse mellom tog- og plattformhøyder er imidlertid en viktig forutsetning for korte stasjonsopphold og gode muligheter til universell utforming [25].

Som nevnt i kapittel 2.4 er det en generelt ulik bredde på norske tog og tog i Europa. Togbreddene vist nedenfor varierer fra 2,80 – 3,05 meter, mot FLIRT-settenes 3,20 meter. Dette avviket kan utgjøre opptil 40 kvadratmeter på et 100 meter langt tog, dersom det blir spesialbygget for norske forhold. Dette kan da gi 160 ekstra ståplasser pr. togsett, om korridorene og ståarealene utvides tilsvarende. De 15–40 centimeterne kan de også brukes til å gjøre setene bredere og dermed øke komforten om bord i toget.

Til sammenligning er setene på NSBs type 75-sett 41 cm brede [3]. Da det er usikkerhet knyttet til hva en slik eventuell bestilling vil innebære av spesialisering i bredden, vises en potensiell kapasitetsgevinst ved å bruke dette arealet til stående i Tabell 18. Det påpekes at styrken til dobbeltdekkere er å kunne tilby flere seter enn enetasjes tog. I Zürich diskuteres det nå å gå bort fra dobbeltdekkere på kortere linjer, da man ønsker materiell mer tilrettelagt for stående [6].

Tabell 18: Maksimal kapasitetsgevinst ved breddeutvidelse brukt til ståplasser

Materiell	Økning av total kapasitet med 2 stående pr. kvm	Økning av total kapasitet med 4 stående pr. kvm
Stadler Kiss	13 %	27 %
VIRM IV	7 %	11 %
OMNEO Regio 2N, Long	5 %	8 %

**Konsept 1 – Toetasjes tog med dører inn til en mellometasje**



Figur 12: VIRM IV, et Toetasjes tog i Nederland med dører mellom 1. og 2. etasje.  
Foto og figur: Bombardier og NSB [26], [25]

Tabell 19: Tekniske data for VIRM IV sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltog [26], [27].

<b>Toetasjes tog (VIRM IV)</b> Toetasjes tog med dører inn til en mellometasje			
		<b>Toetasjes tog</b> VIRM IV	<b>Dagens materiell</b> Stadler Flirt Short regional /Long Local
<b>Hastighet</b>		160 km/t	200 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	108,560 m	105,500 m
	Bredde	3,020 m	3,200 m
	Høyde	4,670 m	4,380 m
<b>Gulvhøyde</b>	Inngangsparti	1,163 m	0,800/1,180 m
	Underetasje	0,356 m	
	Overetasje	2,444 m	
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	4 pr. togsett	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	8 pr. togsett	9–10 pr. togsett
	Dørbredde	1,300 m	1,300 m
	Antall sitteplasser*	406	240/ 295
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	93	89/149
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )**	186	177/298
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	499 (592)	329 (417)/ 444 (593)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,6 (5,5)	3,1 (4,0)/ 4,2 (5,6)
	Dørandel pr. side	9,6 %	11,1/ 12,3 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	48,0 (56,9)	28,1 (35,6)/ 34,2 (45,6)
	Referanseoppholdstid	63 s	50 s/ 56 s
	<p>Toget har flere sitteplasser enn dagens Flirt-togsett og flere plasser tilsammen. Dette til tross for et relativt lavt antall ståplasser, som antyder at VIRM IV ikke er tilrettelagt for stående (muligens stort arealtap ved trapper samtidig som arealet i andre etasje normalt sett ikke benyttes av stående passasjerer [25]). VIRM har også en lavere dørandel enn Flirt-togene, som bidrar til lengre oppholdstid.</p> <p>Avstanden mellom dør- og sitteavdelingen er nokså lik for overetasjen og underetasjen med mulighet til rask passasjerutveksling. En ujevn fordeling av dørene langs toget gir imidlertid en ujevn passasjerfordeling på plattform.</p>		
	<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning	
<b>Universell utforming</b>	Utformingen med en mellometasje innebærer at hverken inngangspartiet eller togets indre oppbygging kan utformes trinnløst. Dette vanskeliggjør for		

	universell utforming og begrenser muligheten til å tilrettelegge for bevegelseshemmede.
<b>Brak i Oslo</b>	Toget trenger høyere plattformhøyde (+0,4 m) enn dagens Flirt-togsett for å ha et trinnløst inngangsparti. Ettersom dørene er over boggien er inngangspartiet hos toget fast og tilpasninger må skje fra plattform.  Toetasjestoget er noe høyere enn dagens Flirt-togsett.

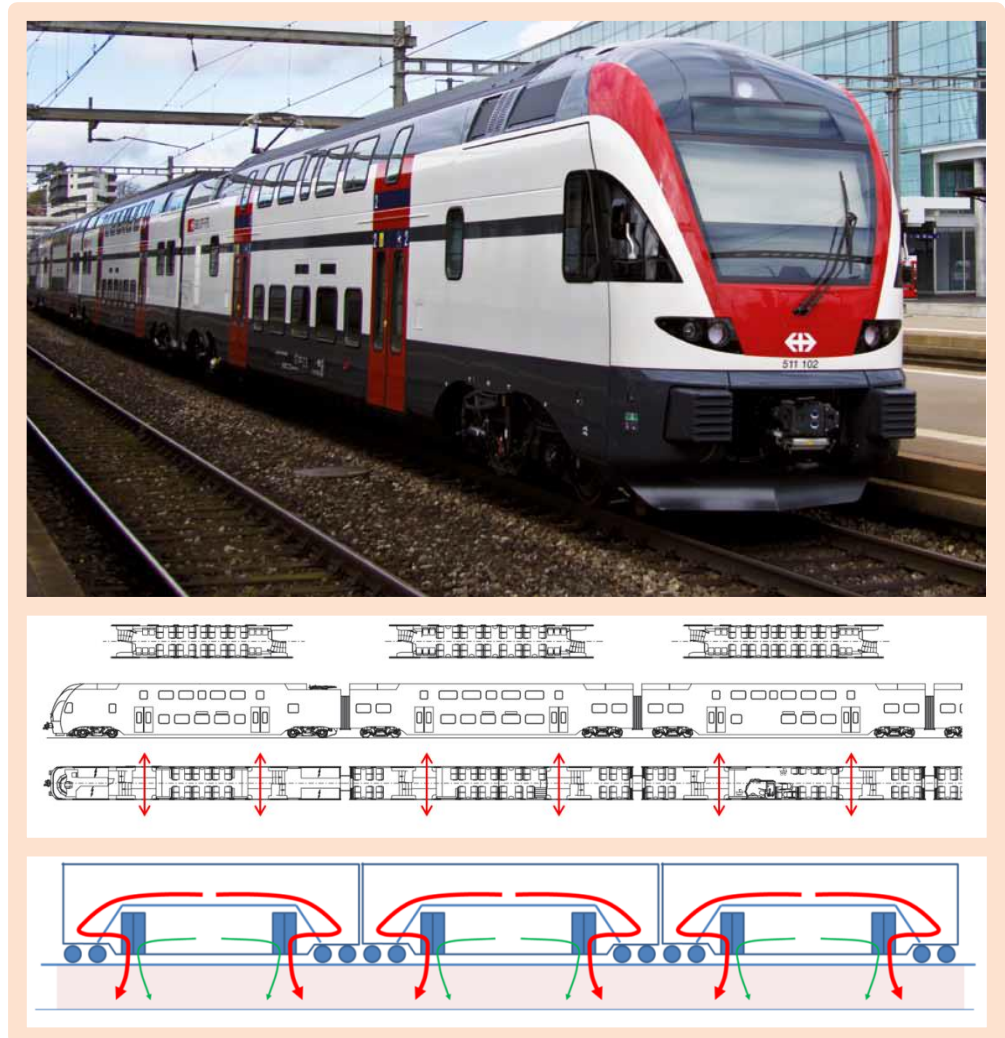
\*VIRM IV: 61–63 av sitteplassene er i komfortklasse. Flirt, Short regional: 44 av sitteplassene er i komfortklasse.

\*\* VIRM IV: Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup>.

\*\*\* Flirt: Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk, [3].

**Konsept 2 – Toetasjes tog med dører i første etasje**

Stadlers Kiss er et toetasjes tog som tilhører samme “togfamilie” som Flirt, som brukes som regional- og lokaltog i Oslo i dag.



Figur 13: Toetasjes tog i Sveits med dører i 1. etasje. Foto og figur: Stadler og NSB [28], [25] – redigert

Tabell 20: Teknisk data for Stadler Kiss sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltoget [28].

<b>Toetasjes tog (Stadler Kiss)</b> Toetasjes tog med dører i første etasje			
		<b>Toetasjes tog</b> Stadler Kiss	<b>Dagens materiell</b> Stadler Flirt Short regional/ Long Local
<b>Hastighet</b>		160 km/t	200 km/t
<b>Dimensjoner</b> <b>Gulvhøyde</b>	Lengde	100,360	105,500 m
	Bredde	2,800 m	3,200 m
	Høyde	4,595 m	4,380 m
	Inngangsparti	0,555 m	0,800/1,180 m
	Underetasje	0,440 m	
	Overetasje	2,515 m	
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	4 pr. togsett	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	8 pr. togsett	9–10 pr. togsett
	Dørbredde	1,400 m	1,300 m
	Antall sitteplasser	337	240/ 295
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	274	89/149
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	548	177/298
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	611 (885)	329 (417)/ 444 (593)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	6,1 (8,8)	3,1 (4,0)/ 4,2 (5,6)
	Dørandel pr. side	11,2 %	11,1/ 12,3 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	54,6 (79,0)	28,1 (35,6)/ 34,2 (45,6)
	Referanseoppholdstid	84 s	50 s/ 56 s



	<p>Dører i første etasje gir muliggjør for to etasjer også over inngangspartiene. Det gir større passasjerkapasitet enn toetasjes toget av konsept 1.</p> <p>Toget har høyere passasjerkapasitet enn dagens Flirt-togsett, men samtidig lik dørkapasitet. Dette kan gi mindre effektiv passasjerutveksling med risiko for lengre oppholdstid på stasjonen. En jevn fordeling av dørene langs toget medfører imidlertid en jevn passasjerfordeling på plattformen.</p> <p>Antallet ståplasser antyder at Kiss er godt tilrettelagt for stående. Det er imidlertid usikkert om ståkapasiteten blir fullt utnyttet i praksis ettersom arealet i trapper og andre etasje normalt sett benyttes på en annen måte enn i første etasje [25]. Erfarenhetstall fra Sveits understøtter dette resonnementet og oppgir at virkelig ståplasskapasiteten kun er 25 % av den teoretiske kapasiteten for 4p./m<sup>2</sup> [6].</p> <p>At ståplasskapasiteten oppgis å være så pass mye høyere for Kiss sammenlignet med de to andre toetasjes togene, kan muligens skyldes av forskjellige syn på ståplasspotensialet generelt hos forskjellige leverandører.</p> <p>Gangavstanden mellom dør og sitteavdelingen er betydelig lengre fra overetasjen enn underetasjen, og gangveien inneholder samtidig to trapper og flere retningsendringer. Dette medfører en mer komplisert passasjerutveksling og lengre oppholdstid på stasjoner.</p>
--	---

<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning
<b>Universell utforming</b>	Underetasjen er universelt utformet med en liten rampe opp mot dørene. For å få til et trinnløst inngangsparti behøves en plattformhøyde på 0,55 m.
<b>Bruk i Oslo</b>	<p>Toget krever lavere plattformhøyde enn dagens Flirt-tog og det som er satt som norsk standard for å ha et trinnløst inngangsparti.</p> <p>Toetasjes toget er høyere en dagens Flirt-togsett.</p>

\* Kiss: Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup>.

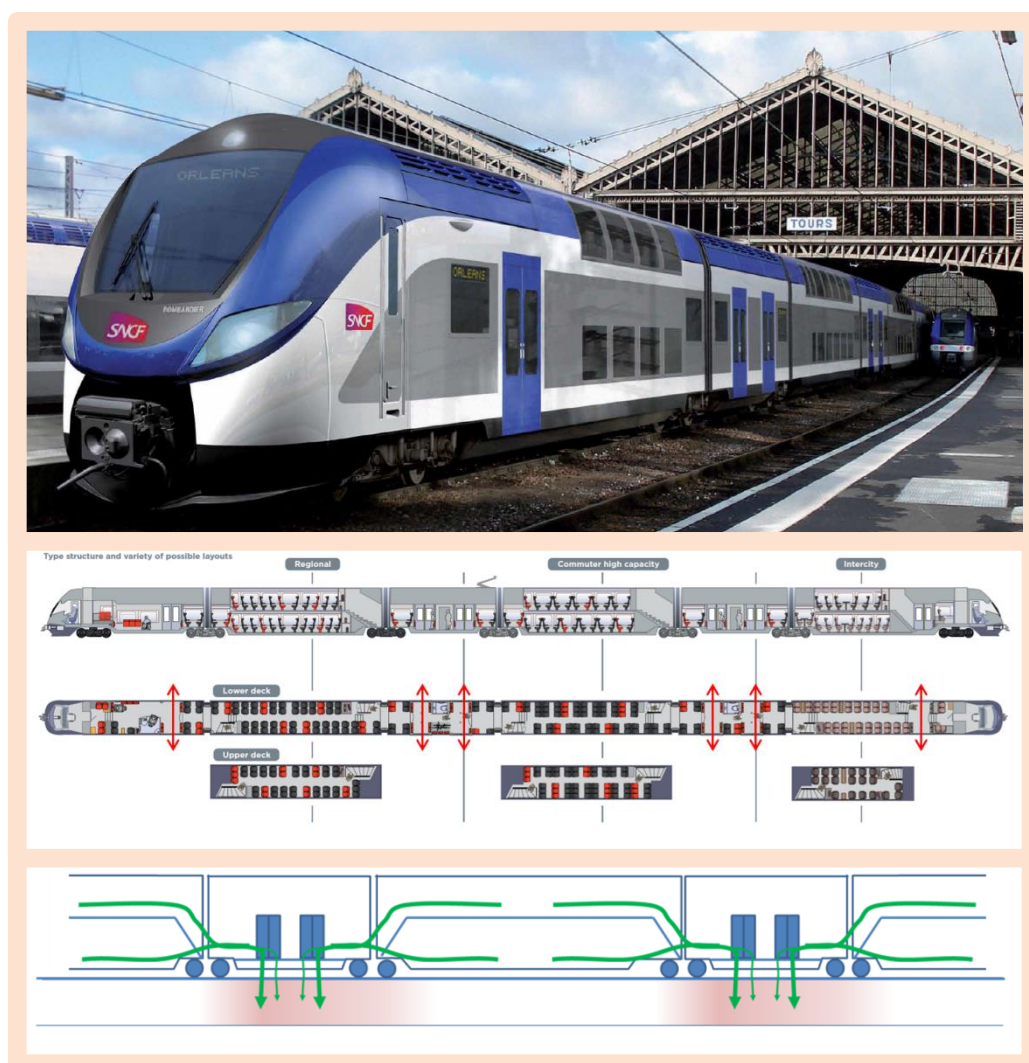
\*\* Flirt: Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk, [3].

### Konsept 3 – Toetasjes tog med dører i separate enetasjes vogner

En variant av toetasjes tog som er sammensatt av annenhver lange toetasjes passasjervogner og korte enetasjes dør- og servicevogner.

Dette er et togkonsept som kan tilpasses den norske standarden for plattformhøyde. Togkonseptet er imidlertid nytt på markedet og finnes foreløpig kun i to modeller (OMNEO Regio 2 og OMNEO Premium) som tilbys av Bombardier. Togtypen er planlagt å være i kundedrift for første gang våren 2015 i Frankrike.

Det ses på to alternativer av togkonseptet: en regionalvariant (setekonfigurasjon 2+2) og en lokalvariant (setekonfigurasjon 3+2).



Figur 14: Toetasjes tog med varierende én- og toetasjes togvogner, vist med forskjellige stolarrangement. Foto og figur: Bombardier og NSB [29], [25] – redigert

Tabell 21: Tekniske data for OMNEO Regio 2N, Long, sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltoget. (Kilde: [29])

<b>Toetasjes tog (OMNEO Regio 2N, Long)</b>			
Toetasjes tog med dører i separate enetasjes vogner			
		<b>Toetasjes tog</b> Regio 2N Long Regional/ Lokal	<b>Stadler Flirt</b> Short regional/ Long Local
<b>Hastighet</b>		160 km/t	200 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	109,910 m	105,500 m
	Bredde	2,990 m (d.e)* 3,050 m (s.e)*	3,200 m
	Høyde	4,320 m	4,380 m
<b>Gulvhøyde</b>	Inngangsparti	0,800 m	0,800/1,180 m
	Underetasje	0,340 m	
	Overetasje	2,386 m	
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	8 pr. togsett	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	8 pr. togsett	9–10 pr. togsett
	Dørbredde	1,600 m	1,300 m
	Antall sitteplasser	520/605	240/ 295
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	220/213	89/149
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )**	440/425	177/298
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	740 (960)/ 818/(1030)	329 (417)/ 444 (593)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	8,7/ 9,4	3,1 (4,0)/ 4,2 (5,6)
	Dørandel pr. side	11,6 %	11,1/ 12,3 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	75,0/ 80,5	28,1 (35,6)/ 34,2 (45,6)
	Referanseoppholdstid	96 s	50 s/ 56 s
		<p>Høy passasjerkapasitet uten å gå på bekostning av universell utforming. Passasjerkapasiteten blir imidlertid noe lavere enn konsept 2.</p> <p>Med dører i egne vogner finnes det en risiko for at folk blir stående i dørvognen når toget er fullt. Dette gjør det vanskelig for passasjerer i toetasjesvognen å komme seg ut.</p> <p>Avstanden mellom dør og sitteavdelingen er nokså lik for overetasjen og underetasjen. En ujevn fordeling av dørene langs toget gir imidlertid en ujevn passasjerfordeling på plattform.</p>	
	<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning	

<b>Universell utforming</b>	God universell utforming. Risiko for at passasjerene stopper i dørvognen i stedet for at gå til toetasjes vognen og dermed tar opp plass for service/bevegelseshemmede.
<b>Bruk i Oslo</b>	Énetasjes dørvognene er tilpasset norsk standard på plattformhøyde.

\* d.e. = vogn med dobbeletasje, s.e = vogn med singeletasje

\*\* Regio 2N: Ståplassettheten er ikke oppgitt av leverandør. Ståplasskapasiteten antas i det tilfellet å være 4 /m2.

\*\*\* Flirt: Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk, [3].

Tabell 22: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for VIRM IV, Kiss og Regio 2N.

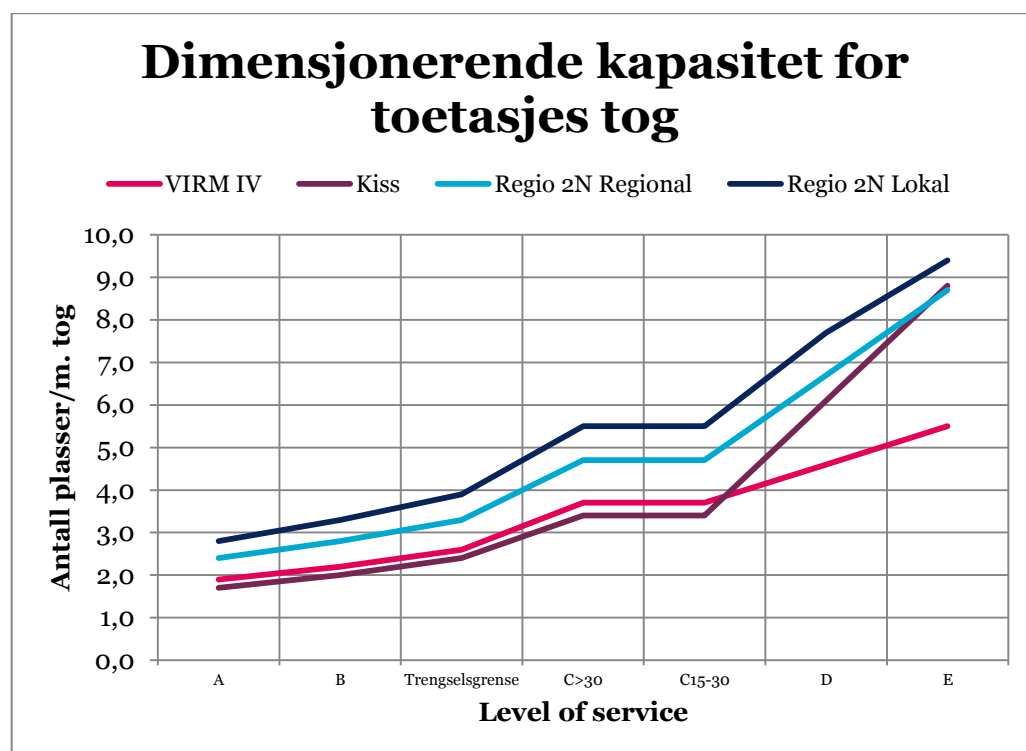
LOS	Utnyttelses-grad	Antall plasser				
		Type 74, Flirt Region	VIRM IV	Stadler Kiss	Bombardier Regio 2N – Region	Bombardier Regio 2N – Lokal
F		-	-	-	-	-
E	1,5–3,0	417	885	960	1030	1030
D	1,2–2,0	329	611	740	818	818
C15–30	1	240	337	520	605	605
C>30	0	204	337	520	605	605
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>143</b>	<b>236</b>	<b>364</b>	<b>424</b>	<b>424</b>
B	0,51–0,69	143	202	312	363	363
A	0,00–0,50	102	169	260	303	303

Tabell 23: Passasjerer pr. dørmeter for dobbeltdekkere, sammenliknet med dagens regiontogsett.

LOS	Passasjerer/ m. dør				
	Type 74, Flirt Region	VIRM IV	Stadler Kiss	Bombardier Regio 2N – Region	Bombardier Regio 2N – Lokal
F	-	-	-	-	-
E	35,6	56,9	79,0	75,0	80,5
D	28,1	48,0	54,6	57,8	63,9
C15–30	20,5	39,0	30,1	40,6	47,3
C>30	17,4	39,0	30,1	40,6	47,3
<b>Trengselsgrense</b>	<b>12,2</b>	<b>27,3</b>	<b>21,1</b>	<b>28,4</b>	<b>33,1</b>
B	12,2	23,4	18,1	24,4	28,4
A	8,7	19,5	15,0	20,3	23,6

Tabell 24: Dimensjonerende kapasitet pr. kjøretøymeter for dobbeltdekkere, sammenliknet med dagens regiontogsett.

LOS	Plasser/ m. kjøretøy				
	Type 74, Flirt Region	VIRM IV	Stadler Kiss	Bombardier Regio 2N – Region	Bombardier Regio 2N – Lokal
F	-	-	-	-	-
E	4,0	5,5	8,8	8,7	9,4
D	3,1	4,6	6,1	6,7	7,4
C15–30	2,3	3,7	3,4	4,7	5,5
C>30	1,9	3,7	3,4	4,7	5,5
<b>Trengselsgrense</b>	1,4	2,6	2,4	3,3	3,9
B	1,4	2,2	2,0	2,8	3,3
A	1,0	1,9	1,7	2,4	2,8



Figur 15: Dimensjonerende passasjerkapasitet for toetasjes tog, angitt pr. lengdemeter.

#### 4.1.4

#### Kombibane: Tog-trikk

Tog-trikk er et tog som er modifisert til å kunne kjøre på både tog- og trikkenettet. Ved å kombinere togets høye hastighet med trikkens fleksibilitet og tilgjengelighet, legger den til rette for sømløse reiser på tvers av byen; mellom togstasjonene i byens ytterområde og bysentrum.

4.1.5

S-banetog

S-banetog har de samme tekniske egenskapene som lokaltog. Forskjellen ligger i stor grad i materiellet som har større dørkapasitet for effektive stasjonsopphold. Dette gir mulighet for en kort togfølgetid på to-spors stasjoner. S-bane er ofte separert fra øvrig togtrafikk. S-banetog kan også ha en høyere passasjerkapasitet enn et lokaltog på grunn av en større andel ståplasser.

S-banetog kan være enmannsbetjent uten konduktører. Dette vil i så fall avhenge av billetteringssystem, og kan være en utfordring der S-banetog går på jernbanespor og bruker samme stasjoner.

En eksempeltype av S-banetog foreslås basert på de tekniske data som er oppgitt for dagens lokaltog og T-bane. Eksempeltypen gis de samme romlige dimensjoner som dagens lokaltog, men med flere dører pr. vogn og færre sitteplasser.

Antall sitteplasser/lengdemeter og totalt antall plasser/lengdemeter er beregnet som en middelværdi mellom T-bane og lokaltog med en ståplasstetthet på 4pr. kvadratmeter.

Tabell 25: Teknisk data for et teoretisk S-tog.

<b>S-banetog</b> Typetog			
		<b>Teoretisk S-banetog</b>	<b>Dagens materiell</b> Stadler Flirt Long Local
<b>Makshastighet</b>		-	200 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	105,500 m	
	Bredde	3,200 m	
	Høyde	4,380 m	
	Gulvhøyde	0,760 m	0,800/ 1,180 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	5 pr. togsett	5 pr. togsett
	Antall dører pr. side	3 pr. vogn	2 pr. vogn
	Dørbredde	1,300 m	1,300 m
	Antall sitteplasser	281	295
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	250	149
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	498	298
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	531(780)	444 (593)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	5,0 (7,4)	4,2 (5,6)
	Dørandel pr. side	18,5 %	12,3 %
	Antall passasjerer/meter dør	27,2 (40,0)	34,2 (45,6)

	(2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )		
	Referanseoppholdstid	37 s	56 s
S-banetog har høyre passasjerkapasitet og dørkapasitet enn dagens Flirt-togsett. Den høyere passasjerkapasiteten kommer av et færre antall sitteplasser og en økt tilrettelegging for stående. En dør ekstra pr. vogn gir en høyere dørkapasitet og med en effektiv passasjerutveksling på stasjonene.			

<b>Drivsystem</b>	Kjøreledning
-------------------	--------------

<b>Universell utforming</b>	Trinnløst inngangsparti og lavgulvandel lik Flirt lokaltog (type 75): 69 %
-----------------------------	--

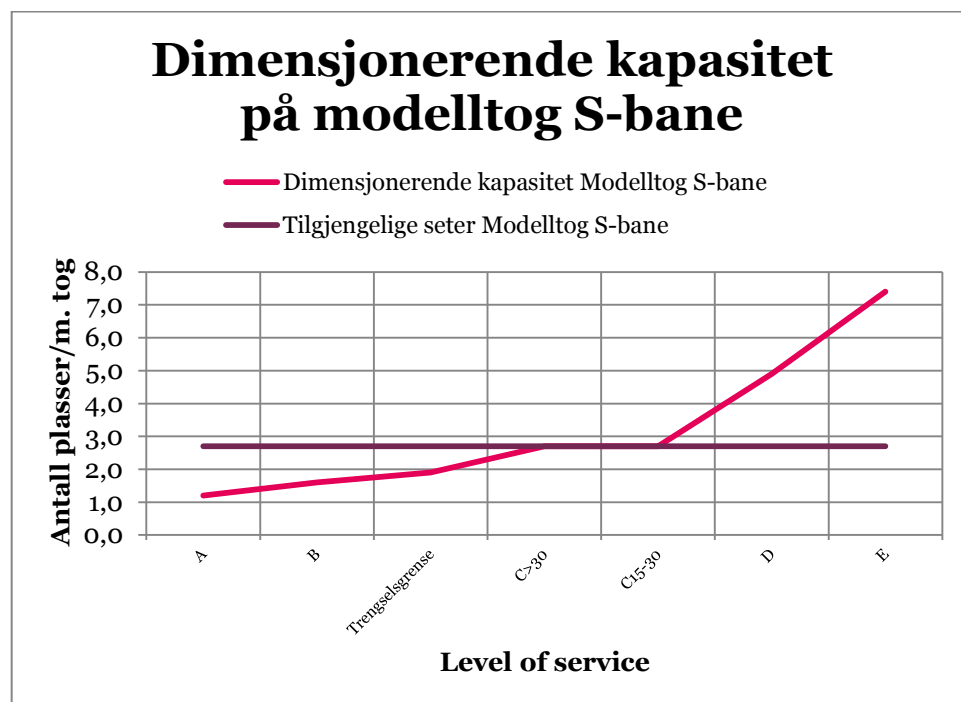
<b>Bruk i Oslo</b>	S-banen har høyere kapasitet enn lokaltog, men egner seg samtidig til kortere transportstrekninger enn dagens lokaltog på grunn av et lavere antall sitteplasser. S-banekonseptet forutsetter også at materiellet i stor grad kan framføres på egen trasé.
--------------------	--

\*S-tog: S-tog: Ståplassettheten ved 4/m<sup>2</sup> er som middelverdien av totalt antall plasser/meter for T-bane og lokaltog. Tilsvarende er gjort for antall sitteplasser.

\*\* Flirt: Informasjonen er hentet ifra Jernbaneverkets rapport om dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regionaltrafikk, [3].

Tabell 26: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for modelltog S-bane.

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser	Plasser/ m. kjøretøy	Passasjerer/ m. dør
F		-	-	-
E	1,9–2,9	780	7,4	40,0
D	1–1,9	522	4,9	26,8
C15–30	1	281	2,7	14,4
C>30	1	281	2,7	14,4
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>197</b>	<b>1,9</b>	<b>10,1</b>
B	0,51–0,69	169	1,6	<b>8,6</b>
A	0,00–0,50	122	1,2	6,2



Figur 16: Dimensjonerende passasjerkapasitet på modelltog S-bane, angitt pr. lengdemeter.

#### 4.1.6

#### Godstog

De fleste hindringene for økt kapasitet for godstrafikk på jernbane ligger i infrastrukturen: tog lengde (kryssingsspor), strekningshastigheter, stigninger, aksellast og terminalanlegg [30]. For det rullende materiellet kan to typer endringer gjøres:

- Andre lokomotiver
- Andre vogner

En utveksling av eldre lokomotiver til de mer moderne (for eksempel til CE119) vil kunne gi 5–10 prosent økt tilgjengelig trekkraft, jmfør Tabell 8. Det anslås at en utskiftning av dagens fireakslede lokomotiver (se Tabell 8) med moderne seksakslede lokomotiver kan gi opptil 50 prosent økt trekkraft [30].

Det finnes et bredt spekter av godsvogner på markedet, alt til sitt formål. De fleste godsvognene er godkjent til hastigheter opp mot 120 km/t, men det er utviklet vogner som kan kjøre i opptil 160 km/t. Disse brukes blant annet av det svenske postvesenet [31].



## 4.2

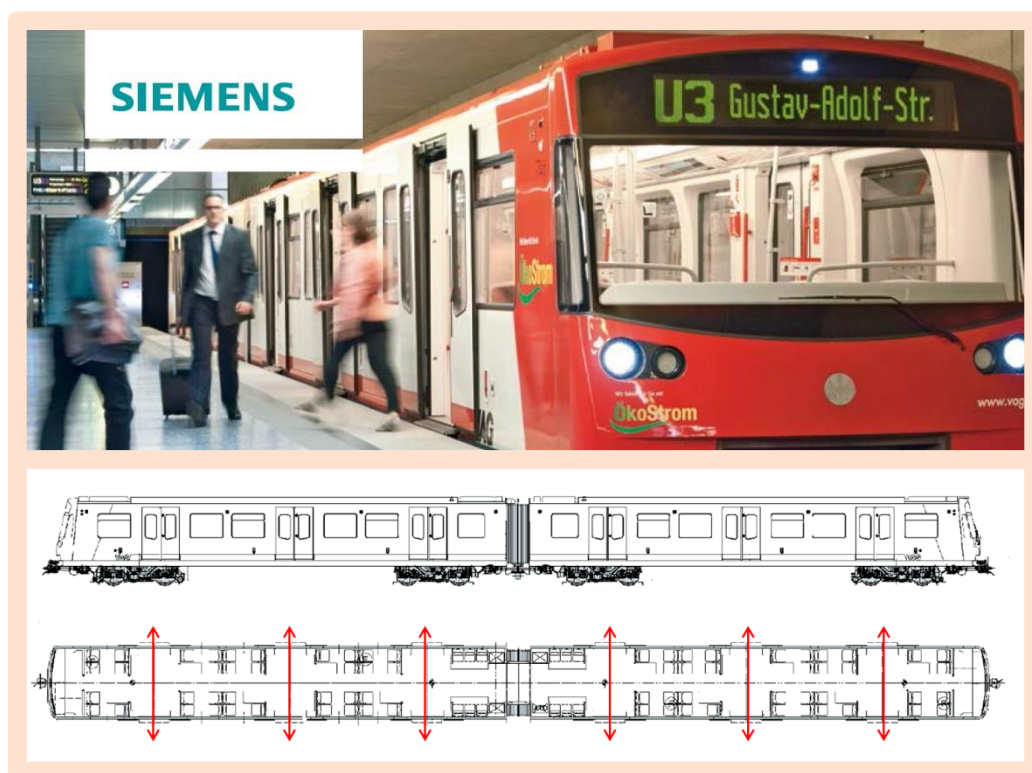
**T-bane**

For T-banemateriellet vil det største potensialet for kapasitetsøkning (utenom endringer i infrastruktur) ligge i endret utnyttelse av arealet inne i vognene. Dette kan for eksempel være å fjerne sitteplasser til fordel for ståplasser. Om man anskaffer et signalsystem som tillater førerløs drift, vil arealene som i dag benyttes til førerhus kunne brukes som passasjerareal.

## 4.2.1

**Automatisk drift med dagens materiell**

Kapasitetsmulighetene ved automatisk drift av dagens Siemens MX 3000 vurderes ut i fra et referansealternativ der kjøretøyet finnes både som førerløs og vanlig drift (med togfører). Det er i dette tilfellet sett på en vogntype anskaffet i Nürnberg i to varianter; med og uten førerhus.



Figur 17: Siemens DT3 i Nürnberg. Foto og figur: Siemens [32] – redigert

Tabell 27: Teknisk data for Siemens DT3 som førerløs respektive vanlig drift [32]

<b>Automatisk drift av dagens Siemens MX 3000</b>			
Referansealternativ: Siemens DT3			
		<b>Førerløs drift</b> DT3	<b>Vanlig drift</b> DT3-F
<b>Hastighet</b>			80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde		38,360 m
	Bredde		2,900 m
	Høyde		3,700 m
	Gulvhøyde		1,050 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner		2 pr. togsett
	Antall dører pr. side		3 pr. vogn
	Dørbredde		1,300 m
	Antall sitteplasser	94	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	72	64
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	144	128
	Totalt antall plasser (2/4 ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	166 (238)	152 (216)
	Kapasitetsøkning	+ 10 %	-
		Passasjerkapasiteten på Simens MX 3000 kan økes med ca. 10 % gjennom å bytte fra vanlig til automatisk drift.	
<b>Drivsystem</b>	Strømskinne		
<b>Universell utforming</b>	Påvirkes ikke av en ombygging.		
<b>Bruk i Oslo</b>	Førerløs drift forutsetter et nytt signalsystem.		

\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup>.

Om erfaringen fra Siemens DT3 gjelder generelt, kan man oppnå en **10 prosent** kapasitetsøkning dersom man åpner arealene som brukes til førerhus, for passasjerer. Ved å se detaljert på vognenes plantegning, anslås det at det uten førerrom er plass til om lag 8 flere sitteplasser og 4 flere ståplasser i MX3000 ombygget, til sammen hhv 146 sitteplasser og 364 ståplasser (4 pr. kvadratmeter) som gir en totalkapasitet på 510 plasser. Dette gir en økning på 6 prosent i antall seter. Ulikheten mellom disse kapasitetsøkningene kommer trolig av at siden DT3 er en kortere vogn, tar førerhuset opp en større andel av gulvarealet.

## 4.2.2 Automatisk drift med nytt materiell



Figur 18: Siemens Metro Klang Valley, Kuala Lumpur. Foto og figur: Siemens [33] – redigert

Sett bort fra automatdriften, har dette eksempelet på denne materielltypen 5,0 ståplasser pr. sitteplass, mot Mx3000's 3,6 ståplasser pr. sitteplass (teoretisk kapasitet, 4 passasjerer pr. kvadratmeter). Om sete- og ståkapasiteten beregnes pr. meter tog (se Tabell 29), kommer det fram at dagens materiell (MX3000) har høyere kapasitet ved høyere komfortnivå (LOS). Ved lavere komfortnivå, D eller E, har Metro Kuala Lumpur noe større kapasitet.

Det må også poengteres at seterretningen kan ha noe å si for komforten. Passasjerer som sitter med ansiktet rett mot kjøreretningen kan muligens oppleve større komfort. Dette er ikke vurdert nærmere.

Tabell 28: Teknisk data for Siemens Metro Klang Valley, Kuala Lumpur, sammenlignet med dagens materiell for T-bane [33].

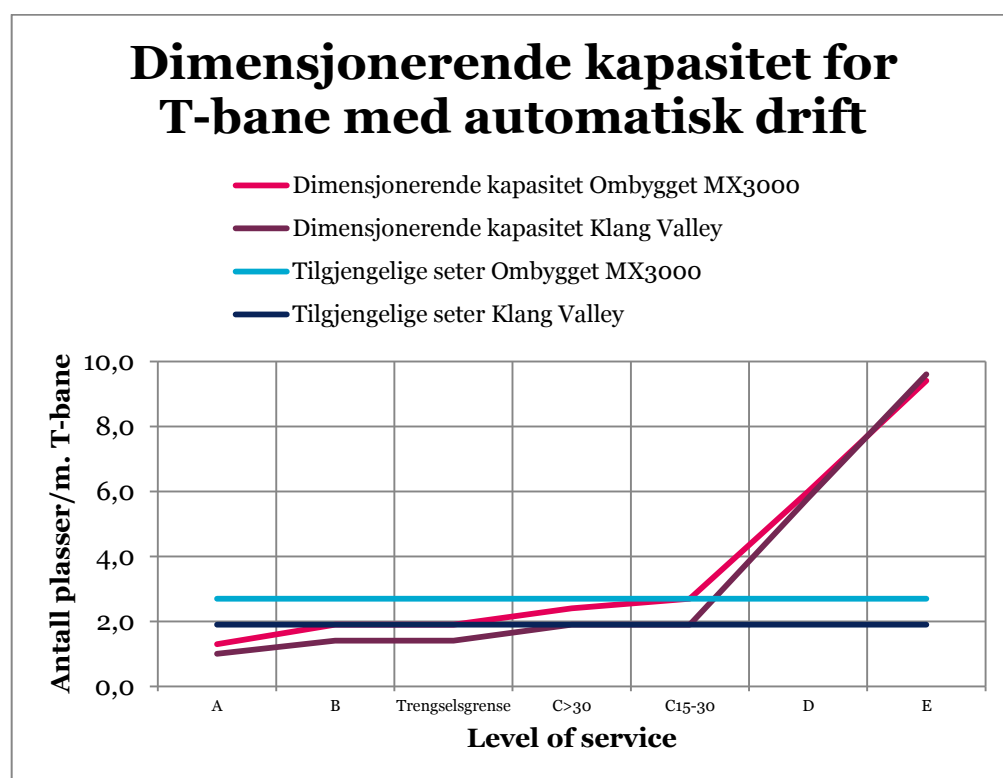
<b>Siemens Metro Klang Valley Kuala Lumpur</b>			
		<b>Automatisk drift</b> Klang Valley, Kuala Lumpur <sup>3</sup>	<b>Dagens materiell</b> Siemens MX 3000
<b>Hastighet</b>		100 km/t	80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	108,000 m	54,340 m
	Bredde	3,100 m	3,160 m
	Høyde	-	3,800 m
	Gulvhøyde	1,100 m	1,120 m
<b>Kapasitet</b>	Antall vogner	4 pr. togsett	3 pr. togsett
	Antall dører pr. side	4 pr. vogn	3 pr. vogn
	Dørbredde	1,400 m	1,300 m
	Antall sitteplasser	210	138
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	416	180
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	832	360
	Totalt antall plasser (2/4 ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	626 (1042)	318 (498)
	Antall plasser pr. meter tog (2/4 ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	5,8 (9,6)	5,9 (9,2)
	Dørandel pr. side	25 %	21,5 %
	Antall passasjerer/meter dør (2/4 ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	23,2 (38,6)	27,2 (42,6)
	Referanseoppholdstid	43 s	41 s
	Metro Klang Valley har høyere passasjerkapasitet enn MX 3000, mens dørkapasiteten er den tilværende. Den høyere passasjerkapasiteten hos Metro Klang Valley kommer av et større fokus på tilrettelegging for stående.		
<b>Drivsystem</b>	Strømskinne		
<b>Universell utforming</b>	Likt dagens materiell har Siemens Metro Klang Valley god universell utforming med trinnløst inngangsparti og lavt gulv i hele kjøretøyet.		
<b>Bruk i Oslo</b>	Førerløs drift forutsetter et nytt signalsystem.		

\* \* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 8 /m<sup>2</sup> for Klang Valley og til 6/m<sup>2</sup> for MX 3000.

<sup>3</sup> Ekstrapolert opp til 108 meter

Tabell 29: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for ombygget MX3000 og Klang Valley, Kuala Lumpur.

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser		Plasser/ m. kjøretøy		Passasjerer/ m. dør	
		Ombygget MX3000	Klang Valley, Kuala Lumpur	Ombygget MX3000	Klang Valley, Kuala Lumpur	Ombygget MX3000	Klang Valley, Kuala Lumpur
F		-	-	-	-	-	-
E	4,0-8,9	510	1042	9,4	9,6	43,6	38,6
D	3,1-4,0	328	626	6,0	5,8	28,0	23,2
C15-30	1	146	210	2,7	1,9	12,5	7,8
C>30	1	131	210	2,4	1,9	12,5	7,8
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>102</b>	<b>147</b>	<b>1,9</b>	<b>1,4</b>	<b>8,7</b>	<b>5,4</b>
B	0,51-0,7	102	147	1,9	1,4	8,7	5,4
A	0,00-0,50	73	105	1,3	1,0	6,2	3,9



Figur 19: Dimensjonerende passasjerkapasitet på T-bane med automatisk drift, angitt pr. lengdemeter.

### 4.3

#### Bybane og trikk

Det går ingen klar grense mellom hva som er bybane og hva som er trikk. En forskjell ligger i infrastrukturen. En bybane vil hovedsakelig gå i egen trasé, mens en trikk går i egen trasé og blandet trafikk. For rullende materiell brukes begrepet bybane om lange vogner (og tog) opp til 70 meter.

I motsetning til bytrikken som går i blandet trafikk, framføres bybanen på egen separat trasé, men krysser fortsatt annen trafikk hovedsakelig i plan. Bybanen holder også høyere hastighet enn trikken.

I et bybanekonsept kan vognmateriellet bli opp til 70 meter langt, da det gir mulighet til å kjøre med to trikker som er koblet i sammen. Lengre kjøretøy gir betydelig større transportkapasitet sammenlignet med et trikkekonsept, men også større inngrep i eksisterende bymiljø med lange plattformer og eventuelt også strengere krav til kurvatur på traseen for å oppnå høyere hastighet.

Oslo kommune har etablert et utviklingsprogram for trikk i Oslo med formål å anskaffe nye trikker, oppgradere infrastruktur og utrede framtidige basebehov gjennom enhetlig styring [34]. Oslo trenger rundt 80 nye trikker for å kunne erstatte de to trikketyperne SL79 og SL95 som trafikkerer byen i dag. Anskaffelsesprogrammet går ut fra at infrastrukturen er ferdig oppgradert om først fire år, hvilket er omtrent den tiden det tar fra en kjøpsbeslutning til at trikkene kan leveres.

Målet for trikkeprosjektet er å kjøpe nye trikker som er mer komfortable, mer stillegående og lettere enn dagens SL95. Den nye trikken skal ha lavgulv, slik at man kan gå rett inn fra plattformene uten trinn, og at det skal være gjennomgående lavt gulv uten trapper i interiøret. De mest sannsynlige trikkekonseptene i Oslo er enten tre vogner og fire boggier, en flerleddet konstruksjon med fem vogner og tre boggier som i Bergen, eller et konsept med fire vogner og fire boggier.

I Ruters trikkestrategi er det listet opp elleve krav/ønsker til nytt trikkemateriell [35]:

1. Mest mulig standard vogner. Vognbredde 2,65 m
2. Må kunne operere innenfor eksisterende infrastrukturens kurvebegrensninger
3. Skal tilfredsstillende krav til universell utforming.
4. Vognlengde omtrent som SL95 (32 m), men med moduloppbygging og forlengelsesmulighet
5. Trikken må være bygd for full toretningsdrift
6. Togkjøring (muppelkjøring) må være mulig
7. Ekstra vekt på god trafikantinformasjon
8. Det er ikke et krav at fører skal selge billetter
9. Tilrettelegging for billettautomater i interiøret
10. Trikken må ha ATP-utstyr
11. Trikken må kunne operere i lange tunneler

I tilknytning til trikkeprogrammet er det sett på tre alternativer av trikker: Siemens Avenio, Bombardier Flexity og Alstom Citadis, [34]. Siemens Avenio er

ikke utredet i denne rapporten, ettersom formålet har vært å vise hva som er oppnåelig med trikker med en viss kapasitet, ikke gi en oversikt over alt som finnes på markedet. Det er derfor kun plukket ut en trikk som eksempel.

Ved valg av nytt trikkemateriell som er vist i denne rapporten, er de elleve kravene som er oppgitt ovenfor, ikke ilagt like stor vekt. Dette skyldes at det i hovedsak er trikkenes kapasitet som skal demonstreres, samt at produsentene ikke oppgir alle nødvendige detaljer for å avgjøre hvorvidt alle kravene er tilfredsstillende. Dessuten forutsettes det at enkelte av kravene kan tilfredsstilles ved å gjøre egne tilpassinger ved bestillingen av materiellet.

Det påpekes at dette ikke er en dybdestudie av alt tilgjengelig trikkemateriell, men et utvalg basert på forbeholdene vist over.

En mer detaljert studie av trikkemateriell er gjort av prosjektets internasjonale eksperter [5].

4.3.1 Bybanen i Bergen



Figur 20: Bybanen i Bergen. Foto og figur: Nina Aldin Thune og Stadler [36]

I



Tabell 30 er de tekniske data for Bybanen i Bergen vist. Hordaland Fylkeskommune har planer om å kjøpe inn nye vognsett på 42 meter, samt å forlenge det øvrige rullende materiellet med 10 meter [37].

Tabell 30: Teknisk data for bybanen i Bergen [36]

<b>Bybanen i Bergen</b> Variobahn			
		<b>Bybane</b> Variobahn	<b>Dagens materiell</b> SL95
<b>Hastighet</b>		70 km/t	80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	32,370 m	33,120 m
	Bredde	2,650 m	2,600 m
	Høyde	3,500 m	3,625 m
	Totalvekt (uten passasjerer)	41,8 tonn	64,5 tonn
<b>Minste horisontalkurveradius</b>		25 m	-
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	4 pr. trikk	2 pr. trikk
	Antall dører pr. side	4 pr. trikk	4 pr. trikk
	Dørbredde	-	1,500 m
	Antall sitteplasser	84	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	64	55
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	128	110
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	148 (212)	143 (198)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,6 (6,5)	4,3 (6,0)
	Dørandel pr. side	-	18,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	-	23,8 (33,0)
	Referanseoppholdstid	38 s	39 s
	Bybanen har noe høyere passasjerkapasitet enn dagens SL95, mens dørkapasiteten er lik.		
<b>Drivsystem</b>		KL, 750 V	KL, 750 V
<b>Universell utforming</b>	100 % lavgulv.		
<b>Bruk i Oslo</b>	Brukes i Bergen.		

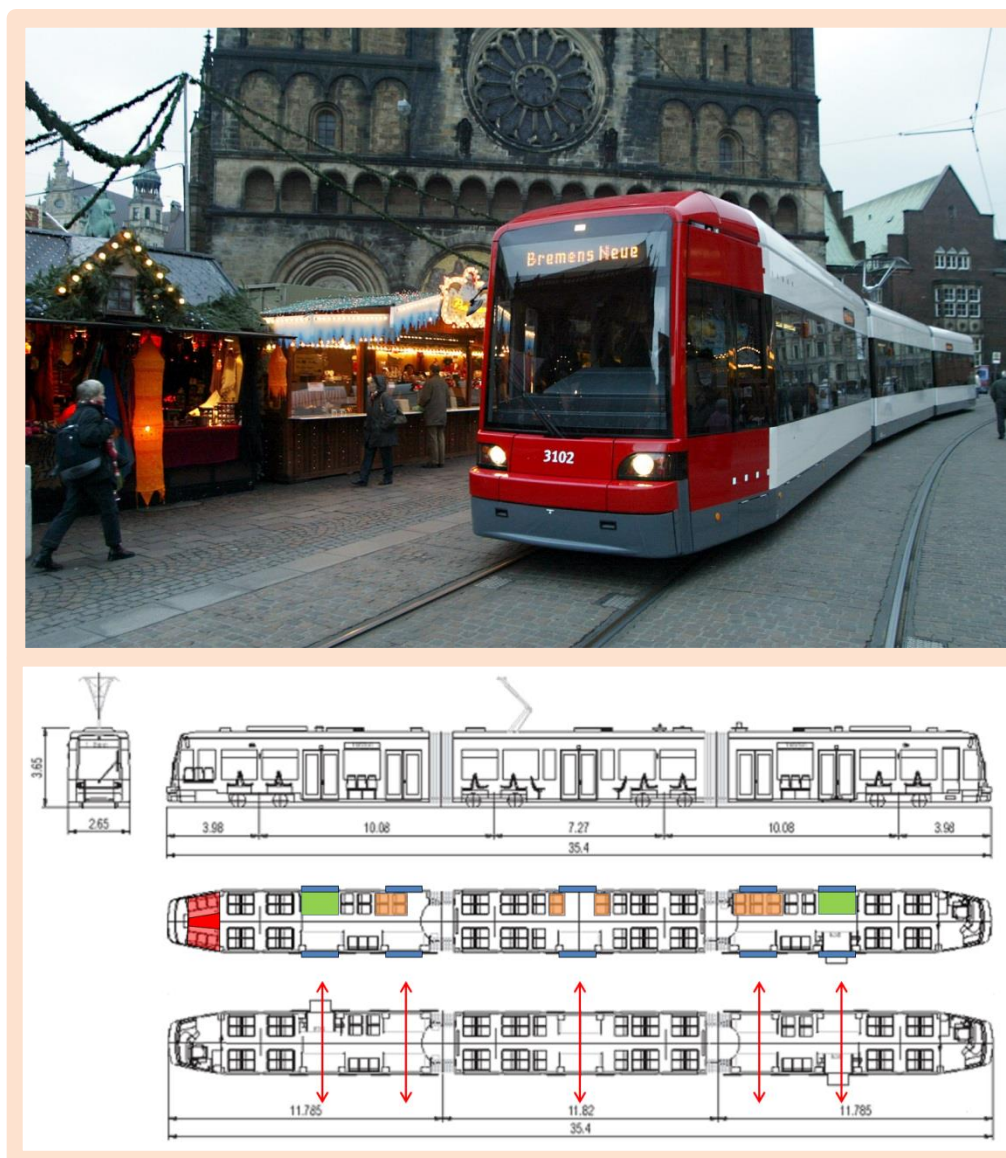
\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup> for Variobahn og til 4,5/m<sup>2</sup> for SL95.

## 4.3.2

## Ny vogntype av omtrent samme størrelse som SL95

Ny vogn som er av omtrent samme størrelse som dagens SL95, men med bedre utnyttelse av gulvarealet slik at passasjerkapasiteten økes. Eksempelet nedenfor er en vogntype produsert av Bombardier for Bremen; Flexity Classic.

Da Flexity Classic for Bremen opprinnelig er en enretningsvogn, er det laget en eksempeltype på en toretningsvogn basert på de tekniske data som er oppgitt for vognen. Eksempeltypen gis de samme romlige dimensjoner som Flexity Classic, men med flere dører og ståplasser på bekostning av færre sitteplasser. Ombyggingen medfører at 20 seter og 2 ståplasser fjernes (4 pr. kvadratmeter) og at 19 ståplasser legges til (4 pr. kvadratmeter).



Figur 21: 35 meter lang trikk Bombardier Flexity Classic, Bremen. I den midterste tegningen er det markert hvilke arealer i den opprinnelige vogntypen som berøres av ombyggingen; rødt = seter/ståplasser fjernes på grunn av førerhus, oransje = seter endres til ståareal, grønt = ingen seter må fjernes. Blå areal markerer dører. Den nedre tegningen viser teknisk tegning for eksempeltypen, basert på endringene i den opprinnelige tegningen. Foto og figur: Bombardier [38] – redigert.

Tabell 31: Tekniske data for ombygget Bombardier Flexity Classic, Bremen, sammenlignet med dagens materiell for trikk. [38]

<b>35 meter trikk</b> Eksempel: Bombardier Flexity Classic, Bremen			
		<b>35 meter trikk</b> Flexity Classic	<b>Dagens materiell</b> SL95
<b>Hastighet</b>		70 km/t	80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	35,400 m	33,120 m
	Bredde	2,650 m	2,600 m
	Høyde	3,650 m	3,625 m
<b>Minste horisontalkurveradius</b>		23 m	-
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	2 pr. trikk	2 pr. trikk
	Antall dører pr. side	5 pr. trikk	4 pr. trikk
	Dørbredde	1,300 m	1,500 m
	Antall sitteplasser	85	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	76	55
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	151	110
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	161 (236)	143 (198)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,5 (6,7)	4,3 (6,0)
	Dørandel pr. side	18,4 %	18,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	24,8 (36,3)	23,8 (33,0)
	Referanseoppholdstid	35 s	39 s
	Flexity Classic har høyere passasjerkapasitet og dørkapasitet enn dagens SL95.		
	<b>Drivsystem</b>		KL
<b>Universell utforming</b>	Flexity Classic har en lavgulvandel på 74 prosent sammenlignet med dagens SL95 som har 50 prosent.		
<b>Bruk i Oslo</b>	Bredde 2,65 meter er innenfor rammene i pågående anskaffelsesprosess for nye trikker. [17]		

\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup> for Flexity Classic og til 4,5/m<sup>2</sup> for SL95.

### 4.3.3

#### Lange trikker

Et konsept er å øke kapasiteten på trikketrekninger ved å anskaffe lengre trikker, opp til 45 meters lengde. I eksempelet nedenfor er det vist en trikk av denne størrelsen som er i drift i Gold Coast, Australia.

Materiell av denne lengden vil sannsynligvis kreve infrastrukturiltak dersom de skal kjøre på eksisterende trikkenett, ettersom 80 prosent av stoppestedene er for korte [39].



Bilde 3: 43 meter lang trikk Foto: Bombardier [38]

Informasjonen fra leverandøren er delvis mangelfull på varianten brukt i Australia. Det er derfor brukt informasjon fra samme modell, men ulike varianter, der det er vurdert hensiktsmessig.

Tabell 32: Tekniske data for Bombardier Flexity 2, Gold Coast, Australia sammenlignet med dagens materiell for trikk [38]

<b>43 m trikk</b> Eksempel: Bombardier Flexity 2, Gold Coast, Australia			
		<b>43 m trikk</b> Flexity 2	<b>Dagens materiell</b> SL95
<b>Hastighet</b>		70 km/h*	80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	43,000 m	33,120 m
	Bredde	2,650 m	2,600 m
	Høyde	-	3,625 m
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	6 pr. trikk	2 pr. trikk
	Antall dører pr. side	8 pr. trikk	4 pr. trikk
	Dørbredde	Doble: 1,300 m** Enkle: 0,700 m**	1,500 m
	Antall sitteplasser	80	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	112	55
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )***	224	110
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	192 (304)	143 (198)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,5 (7,1)	4,3 (6,0)
	Dørandel pr. side	21,4 %	18,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	20,9 (33,0)	23,8 (33,0)
	Referanseoppholdstid	34 s	39 s
	Flexity 2 har høyere passasjerkapasitet og dørkapasitet enn dagens SL95 og en potensiell ny 35 m trikk (Flexity Classic). Oppholdstiden er også noe bedre enn for SL95, men relativt lik det som er oppgitt for 35 m trikken.		
	<b>Drivsystem</b>		Kjøreledning
<b>Universell utforming</b>	100 prosent lavgulv.		
<b>Bruk i Oslo</b>	Bredde 2,65 meter er innenfor rammene i pågående anskaffelsesprosess for nye trikker. [17]		

\*Verdier fra Flexity 2 brukt i Blackpool, Storbritannia

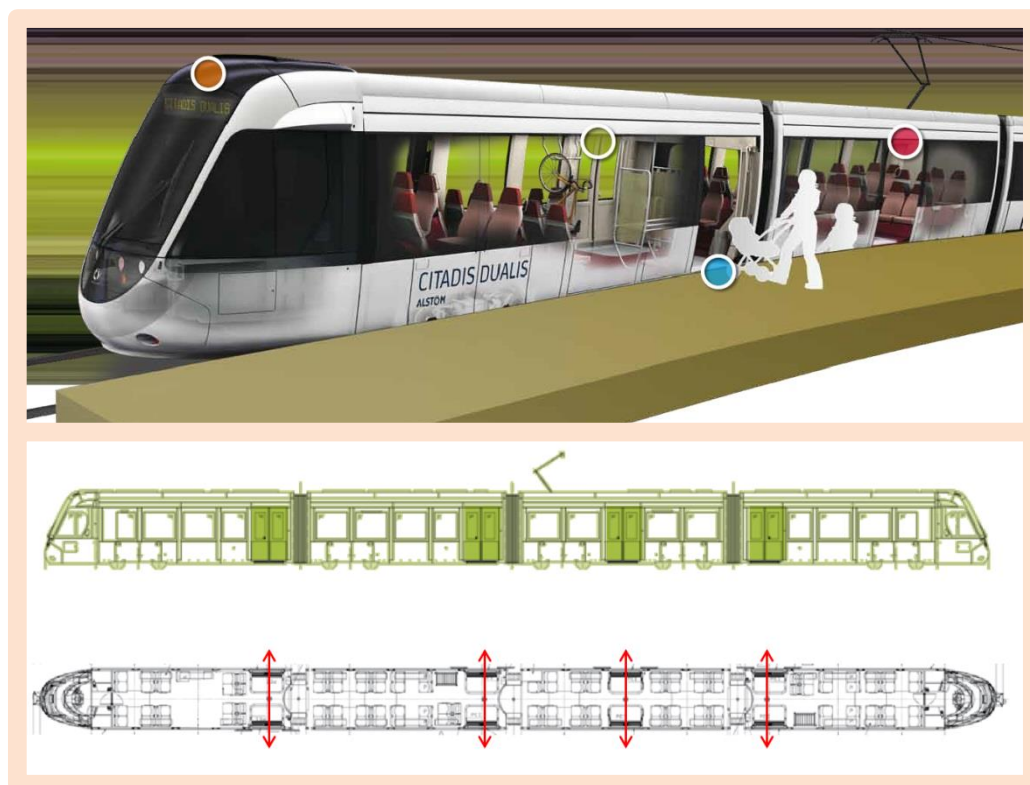
\*\*Målt på plantegninger for Flexity 2 brukt i Blackpool, Storbritannia

\*\*\* Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup> for Flexity 2 og til 4,5/m<sup>2</sup> for SL95.

## 4.3.4

## Trikk-tog

Trikk-tog bygger på det samme prinsippet som tog-trikk men med forskjellen at det er en trikk som er modifisert til at kunne kjøres på både tog- og trikkenettet.



Figur 22: Trikk-toget Citadis Dualis fra Alstom. Foto og figur: Alstom [40] – redigert

Tabell 33: Tekniske data for Alstroms Citadis Dualis sammenlignet med dagens materiell for trikk [40].

<b>Trikk-tog</b> Citadis Dualis			
		<b>Trikk-tog</b> Citadis Dualis	<b>Dagens materiell</b> SL95
<b>Hastighet</b>		100 km/t	80 km/t
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	42,000 m	33,120 m
	Bredde	2,650 m	2,600 m
	Høyde	3,500 m	3,625 m
<b>Minste horisontalkurveradius</b>		25 m	
<b>Gulvhøyde</b>	Inngangsparti	0,370 m	
	Korridor, sentral	0,405 m	
	Korridor, over boggien	0,537 m	
<b>Kapasitet</b>	Antall ledd	3 pr. trikk	2 pr. trikk
	Antall dører pr. side	4 pr. trikk	4 pr. trikk
	Dørbredde	1,300 m	1,500 m
	Antall sitteplasser	98	88
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	77	55
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	153	110
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	175 (251)	143 (198)
	Antall plasser pr. meter tog (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	4,2 (6,0)	4,3 (6,0)
	Dørandel pr. side	12,4 %	18,1 %
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	33,6 (48,3)	23,8 (33,0)
	Referanseoppholdstid	42 s	39 s
	Trikk-toget har lik passasjerkapasitet som dagens trikk SL95, men har lavere dørkapasitet og dermed dårligere forutsetninger for effektiv passasjerutvikling på stasjonene.		
	<b>Drivsystem</b>		
<b>Universell utforming</b>	Det er avsatt 2 plasser for rullestoler pr. togsett, et stativ for sykler og et bagasjestativ.		
<b>Bruk i Oslo</b>			

\*Ståplass tettheten er ikke oppgitt hos leverandør for Citadis Dualis og antas derfor til 4/m<sup>2</sup>. For SL95 er ståplasskapasiteten oppgitt til 4,5/m<sup>2</sup>.



#### 4.3.5 Lengre trikker til bruk i et forsterket trikkekonsept

I konseptet A2 i *Konseptmuligheter H3* er det forespeilet trikker med lengde på om lag 37,5 meter [41]. KVU Oslo-Navet antar dette kan ses på som en variant av de andre trikkene, da bestillinger av nytt trikkemateriell har et visst rom for tilpassing etter ønsker.



Figur 23: Trikk.

Den undersøkte trikken nærmest 37,5 meter er Bombardier Flexity Classic (Bremen) som vist i kapittel 4.3.2. Denne er da oppskalert med en faktor på  $(37,5/35,4)$  6 prosent. Trikken får en kapasitet på 90 sitteplasser og 160 ståplasser (med 4 pers pr. kvadratmeter), totalt 250.

#### 4.3.6 Sammenligning mellom sporvognene

De enkelte kjøretøyene har ulik passasjerkapasitet, som vist i Tabell 34. Det kommer fram at det er mulig med en kapasitetsøkning på hver enkelt avgang ved å benytte annet materiell, men der gevinstene er størst ligger det også et stort behov for oppgraderte infrastruktur, der lengre plattformer er det største tiltaket.

Tabell 34: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic).

LOS	Antall plasser					
	SL95	Bybane	35 m trikk	43m trikk	Trikk-tog	37,5m trikk
F	-	-	-	-	-	-
E	198	212	236	304	251	250
D	143	148	161	192	175	170
C15-30	88	84	85	80	98	90
C>30	88	84	85	80	98	90
<b>Trengsels-grense</b>	<b>62</b>	<b>59</b>	<b>60</b>	<b>56</b>	<b>69</b>	<b>63</b>
B	53	50	51	48	59	54
A	44	42	43	40	49	45

Dagens trikk (SL95) er relativt kapasitetssterk pr. lengdemeter (se Tabell 35), men skal av andre grunner byttes ut med nye trikker. Færre passasjerer pr. meter dør vil også bidra til at nytt materiell kan få en lavere oppholdstid, som igjen kan øke systemets kapasitet.

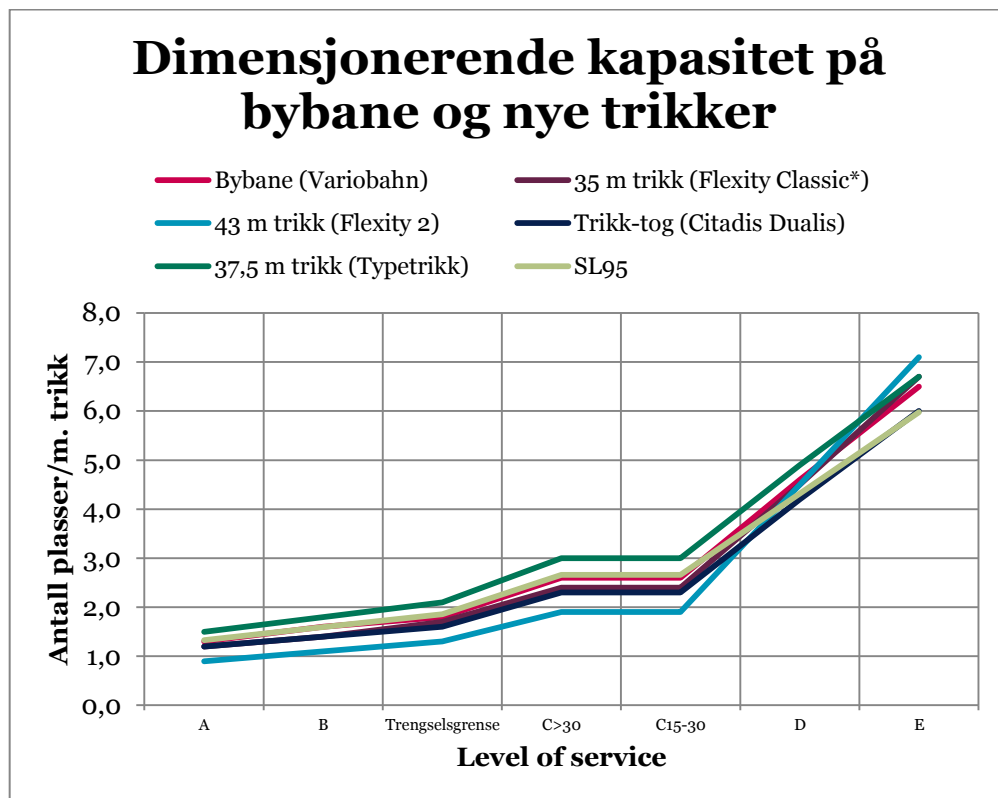
Tabell 35: Antall plasser pr. meter kjøretøy for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic).

LOS	Antall plasser / meter kjøretøy					
	SL95	Bybane	35 m trikk	43m trikk	Trikk-tog	37,5m trikk
F	-	-	-	-	-	-
E	6,0	6,5	6,7	7,1	6,0	6,7
D	4,3	4,6	4,5	4,5	4,2	4,5
C15-30	2,7	2,6	2,4	1,9	2,3	2,4
C>30	2,7	2,6	2,4	1,9	2,3	2,4
<b>Trengsels-grense</b>	<b>1,9</b>	<b>1,8</b>	<b>1,7</b>	<b>1,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>
B	1,6	1,6	1,4	1,1	1,4	1,4
A	1,3	1,3	1,2	0,9	1,2	1,2

Som det kommer fram i Figur 24 er forskjellen i kapasitet mellom de ulike undersøkte sporvognene helt avhengig av hvilken innredning det er ønskelig å ha. En vurdering av ønsket innredning i sporvognene må baseres på trikkens rolle i transportsystemet. Dersom trikkens rolle skal være å betjene korte reiser i bykjernen, vil trikker med relativt høy kapasitet i LOS-nivå D være mer aktuelt enn i et system der trikkens rolle er mer rettet mot lengre reiser.

Tabell 36: Antall plasser pr. meter dør for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic).  
\*Dørbredden på Bybanen i Bergen er ikke kjent.

LOS	Antall plasser / meter dør					
	SL95	Bybane*	35 m trikk	43m trikk	Trikk-tog	37,5m trikk
F	-	-	-	-	-	-
E	33,0	ukjent	36,3	33,0	48,3	38,5
D	23,8	ukjent	24,8	20,9	33,6	26,2
C15-30	14,7	ukjent	13,1	8,7	18,8	13,8
C>30	14,7	ukjent	13,1	8,7	18,8	13,8
<b>Trengsels-grense</b>	<b>10,3</b>	<b>ukjent</b>	<b>9,2</b>	<b>6,1</b>	<b>13,2</b>	<b>9,7</b>
B	8,8	ukjent	7,8	5,2	11,3	8,3
A	7,3	ukjent	6,6	4,3	9,4	6,9



Figur 24: Dimensjonerende passasjerkapasitet på bybane og nye trikker, angitt pr. lengdemeter.  
 \* Eksempeltype der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn.

#### 4.4

##### Buss

Bussmateriell er under stadig utvikling med bedre komfort, kapasitet, tilgjengelighet og energiøkonomi. Det er også en utvikling av hybrid- og batteriløsninger som gjør at moderne busser vil kunne ha en del av trikkens fordeler når det gjelder støy og lokalt utslipp. Analysen har ikke hatt mulighet til å gå inn i alle aspekter av dette. Her er fokusert på kapasitetspotensialet med lengre enheter (busser med to ledd).

#### 4.4.1

##### Toleddsbus



Bilde 4: Toleddsbus på Jernbanetorget. Foto: Ruter [42]

En toleddsbus er gjerne 30 prosent lengre enn en vanlig leddbuss (på ca. 18 meter). Dette gir muligheten til å ta flere passasjerer pr. avgang. Det er undersøkt samme buss som Ruter så på i sine forsøk i 2012, se Tabell 37.

Toleddsbussen som er undersøkt har 4 dører, det samme som de leddbussene Ruter har i drift i dag. Økt antall passasjerer kombinert med like mange dører gir dermed høyere referanseoppholdstid.

Det skjer en stadig utvikling av bussmateriell, slik at erfaringer hittil med toleddsbusser under norske forhold ikke gir et godt bilde av framtidige muligheter. Blant annet utrustes nytt materiell med drift på flere aksler, slik at vinteregenskapene forbedres.

Tabell 37: Teknisk data for Volvo 7500 Bi-Articulated sammenlignet med dagens materiell for buss [42].

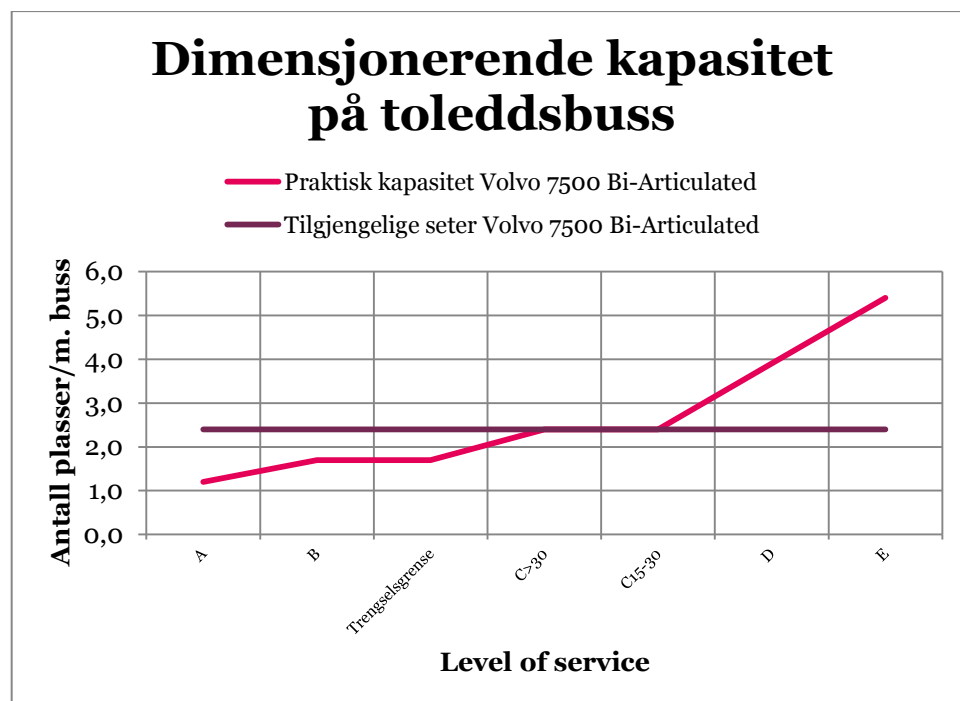
<b>Toleddsbus</b>			
		<b>Toleddsbus</b> Volvo 7500 Bi- Articulated	<b>Dagens materiell</b> By 18 m
<b>Makshastighet</b>			
<b>Dimensjoner</b>	Lengde	24,000 m	18,000 m
	Bredde	2,550 m	-
	Gulvhøyde	0,350 m	-
<b>Kapasitet</b>	Antall dører pr. side	4 pr. buss	4 pr. buss
	Dørbredde	-	-
	Antall sitteplasser	58	51
	Antall ståplasser (2/m <sup>2</sup> )	36	20
	Antall ståplasser (4/m <sup>2</sup> )*	72	39
	Totalt antall plasser (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	94 (130)	71 (90)
	Antall plasser pr. meter buss (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	3,9 (5,4)	3,9 (5,0)
	Dørandel pr. side	-	-
	Antall passasjerer/meter dør (2 (4) ståplasser pr. m <sup>2</sup> )	-	-
	Referanseoppholdstid	29 s	25 s
	Større passasjerkapasitet, med tilsvarende antall dører som eksisterende ettleddsbusser i Oslo. Dette kan medføre lengre av- og påstigningstid og dermed lengre oppholdstid på stoppesteder. Bussen ble imidlertid ikke testet i passasjerdrift i Oslo, slik at man mangler erfaringer herfra.		
<b>Drivsystem</b>		Diesel (elektrisk (trolley), hybrid og LPG er også tilgjengelig)	
<b>Universell utforming</b>	Lavgulvbuss, som i utgangspunktet tilfredsstiller krav til universell utforming. Testkjøring viste at bussen kom helt inntil plattform på de fleste stoppesteder. På enkelte stoppesteder i busslommer kom ikke bussen helt inntil kantsteinen, noe som etterlater en glippe mellom plattform og buss.		

<b>Bruk i Oslo</b>	<p>Toleddsbusser ble i regi av Ruter i 2011 prøvd ut i Oslo på linje 31 mellom Fornebu og Tonsenhagen [42].</p> <p>Under testkjøring på vinterstid fikk bussen problemer med veigrepet på enkelte steder i Trondheimsveien. Produsenten garanterer imidlertid at nyere modeller kan leveres med samme vinterframkommelighet som dagens leddbuss.</p>
--------------------	--

•Ståplasskapasiteten er hos leverandør oppgitt til 4/m<sup>2</sup> for Volvo 7500 Bi-Articulated (godkjent antall i Göteborg: 105). Ståplass tettheten er ikke oppgitt hos leverandør for By 18 og antas derfor å være 4/m<sup>2</sup>.

Tabell 38: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for Volvo 7500 Bi-Articulated.

LOS	Utnyttelsesgrad	Antall plasser	Plasser/ m. kjøretøy
F		-	-
E	2,2	130	5,4
D	1,6	94	3,9
C15-30	1	58	2,4
C>30	1	58	2,4
<b>Trengselsgrense</b>	<b>0,7</b>	<b>41</b>	<b>1,7</b>
B	0,7	41	1,7
A	0,00-0,50	29	1,2



Figur 25: Dimensjonerende passasjerkapasitet på toleddsbusser, angitt pr. lengdemeter.

## 4.4.2

**Trolleybuss**

Forskjellen mellom trolleybuss og konvensjonell buss er i hovedsak drivsystemet. Utformingen av passasjerfasilitetene er ikke nødvendigvis ulik, og kapasiteten vil være den samme. Norges eneste trolleybuss i drift finnes i Bergen.

## 4.5

**Båt**

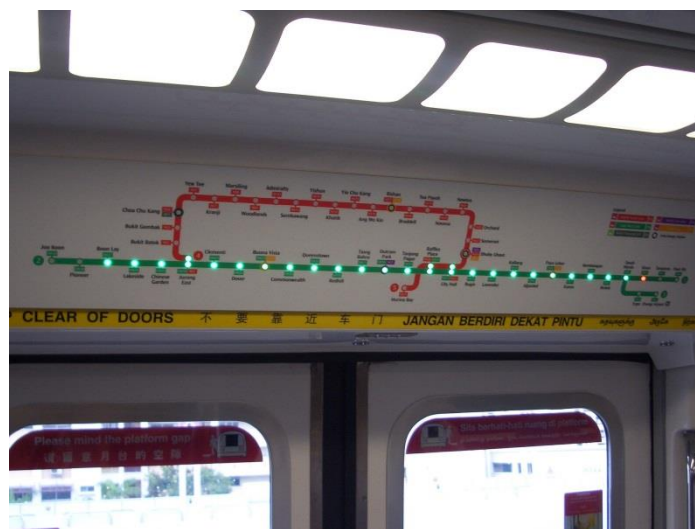
Kapasiteten på båttilbudet har ikke noen begrensning i infrastrukturen som ikke kan enkelt økes ved å innføre flere eller større båter.

## 4.6

**Teknologiutvikling**

I dette delkapitlet drøftes det et knippe utvalgte teknologiutviklinger. Enkelte teknologier er ennå på utviklingsstadiet, mens andre er i ferd med å implementeres. Selv om ikke alle blir drøftet i detalj i denne rapporten, er det forsøkt å gi et inntrykk av hva fremtiden kan bringe for de ulike driftsartene.

## 4.6.1

**Tog****Grafisk reisendeinformasjon**

Figur 26: Grafisk reisendeinformasjon, her vist ved SMRT Active Route Map Information System (STARIS)

System for reiseinformasjon, der displayene som viser stoppestedinformasjon, understøttes av aktive rutekart montert over hver dør i toget. Systemet brukes foreløpig på toglinjene North South Line og East West Line i Singapore [43]. Et slikt system for å forenkle informasjon kan øke tilgjengeligheten på kjøretøyene.

**Elektronisk billettsystem**

Radiobasert e-billettsystem der reisekortet automatisk registreres ved av- og påstigning gjennom en sensor som er montert i taket på kjøretøyet. Et eksempel er BiBo-system (Be-in/Be-out), utviklet av Siemens. Når den reisende entrer kjøretøyet, aktiveres billetten og når den reisende forlater kjøretøyet deaktiverer systemet billetten automatisk. Systemet er knyttet opp mot brukerprofiler i et

datasystem, der de reisende kan velge å bli kreditert via bankkonto, kredittkort eller forhåndsbetalt e-billett [44] [45].

### European Rail Traffic Management System (ERTMS)

Selv om denne teknologien inngår i Jernbaneverkets planlagte oppgradering av signalsystemene, er det aspekter av teknologien som kan ses nærmere på.

ERTMS er et standardisert europeisk sikringssystem for jernbane, utviklet for toghastigheter opp til 500 km/t, med hensikt å blant annet muliggjøre effektiv grenseoverskridende togtrafikk. I dag har hvert land gjerne sitt eget signalsystem, og gjennom ERTMS vil signalsystemet bli felles. Når systemet er fullt innført vil signalene langs linjene utgå. I stedet skal denne informasjonen gis til lokomotivfører via en skjerm inne i førerhuset.

De store gevinstene ved å fjerne signaler langs jernbanelinjen er hovedsakelig sparte utgifter til vedlikehold, mindre utstyr som kan feile og lavere kostnader til innkjøp. Det er også et viktig poeng at systemet skal være standardisert for hele Europa, noe som vil gi jernbanen et klart løft i konkurransen mot bil, båt og fly for transport av gods og mennesker [46] [47].

Den tekniske delen av systemet kalles European Train Control System (ETCS) og har tre nivåer. Nivå 1 ligner dagens system, nivå 2 benytter skjerm i førerhus, mens nivå 3 i tillegg benytter teknologi for å vite hvor togene til enhver tid er.

Nye signalsystemer i Norge basert på ERTMS er skissert i Jernbaneverkets Nasjonal Signalplan fra 2013, og gjennomføringsplanen er beskrevet i dokumentet «ERTMS Nasjonal Implementering». Utgangspunktet for utarbeidelsen av en ny signalstrategi er at dagens signalanlegg er gammelt og er basert på teknologi som er ferd med å fases ut.

ERTMS er foreløpig installert på jernbanestrekningen mellom Ise og Rakkestad på Østfoldbanen Østre linje der systemet har vært testet siden november 2013, og på fem stasjoner på Østfoldbanen Østre linje som ble oppgradert og rustet opp med ERTMS sommeren 2014. Høsten 2015 skal hele strekningen Ski–Sarpsborg (80 km) åpnes for kommersiell togtrafikk med ERTMS.

## 4.6.2

### T-bane

#### Digitalalderens Metro

Det planlegges innkjøp av nye togsett til Londons Undergrunnsbane (Tube). Disse har vogner med gjennomgangsmulighet slik at passasjerene kan fordeles jevnere der det kjøres med flere togsett. Ekstra brede dører reduserer på- og avstigningstiden. Vognene skal ha elektroniske display som brukes til reklame og passasjerinformasjon, og overvåkes og kontrolleres fra en sentral. Toget blir bygget for helautomatisk drift, men benyttes til halvautomatisk drift i begynnelsen [48].

Ved bygging av en ny T-banetunnel vil det være nødvendig å utvide vognparken. Da bør det vurderes å utvide en del av dagens 3-vogns-sett til 6-vogns-sett framfor å kjøpe nye 3-vogns-sett. 6-vogns-sett med samme lengde som dagens



doble 3-vognssett vil ha mulighet for gjennomgang gjennom hele toget, og å spare areal tilsvarende to førerrom. Dette gjør at passasjerer bedre kan fordele seg gjennom hele togsettets lengde mellom stasjonene. Dette gir både bedre kapasitetsutnyttelse, større kapasitet og bedre komfort.

#### 4.6.3

#### Bybane og trikk

#### Hydrogen-trikk



Bilde 5: Hydrogentrikk brukt i Kina. Foto: Qingdao Sifang Co.

Den første av sitt slag i hele verden. Trikk som drives av hydrogen og der utslippet kun er vann [49]. Uten behov for kjøreledninger vil infrastrukturkostnaden ved utbygging av ny bane kunne være lavere. Et slikt system vil også være uten risiko for driftsstans knyttet til for eksempel nedrevne kjøreledninger.

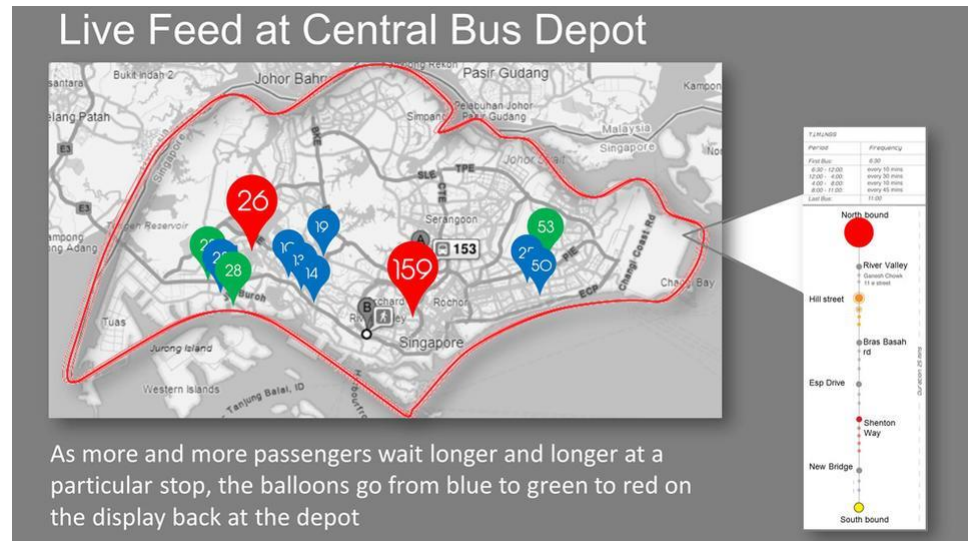
#### 100 prosent lavgulvteknologi

Kombinasjonen av 100 prosent lavgulvteknologi og konvensjonelle boggier medfører mange fordeler, både for operatørene og de reisende. Deriblant et trinnfritt inngangsparti og en mulighet til enkelt å bevege seg gjennom hele kjøretøyet. Ingen ramper eller trapper betyr også at barnevogner, rullestoler og liknende er enklere å få med. 100 prosent lavgulvteknologi gir også en lav belastning på boggien. Dette medfører lavt støynivå og lite vibrasjon, økt komfort for de reisende samt reduserte vedlikeholdskostnader for operatøren [38]. En slik trikk er også drøftet i kapittel 4.3.3.

## 4.6.4

## Buss

## Fleksible busstopp



Figur 27: Etterspørselsbaserte stoppesteder. Eksempel fra Philips.

Det utvikles et buss-system som tilpasser seg de reisendes behov og den aktuelle trafikksituasjonen. De reisende benytter seg av en applikasjon på sine smarttelefoner der de forteller bussbedriften hvor de vil reise til og fra, slik at den beste mulige ruten kan kartlegges i realtid. I stedet for tradisjonelle statiske busstopp brukes gatebelysning som busstopp gjennom forskjellige fargebruk som signalerer til både de reisende og førerne. Systemet optimaliserer buss-systemet slik at bussen brukes der den trengs, og gir en servicedynamikk som nærmer seg et taxisystem [50].

## Helautomatisering av busstransporten



Bilde 6: Førerløs bil, her Google Driverless Car. Foto: Steve Jurvetson

Det foregår utvikling av førerløse biler. Dette er kjøretøy der en datamaskin, basert på impulser fra elektroniske sensorer, styrer kjøretøyene i stedet for en fysisk sjåfør. Det er mange fordeler dersom denne teknologien skulle bli realiserbar, blant annet at datamaskinene ikke blir distraheret eller sliten.

En annen stor fordel er at kjøretøyene kan lenkes i et nettverk. Da kan de kommunisere, og synkronisere for eksempel nedbremsing. Dette gjør at kjøretøyene kan kjøre langt tettere. I en situasjon der alle kjøretøyene kommuniserer med hverandre kan de sikkert og trygt akselerere samtidig, og bremse ned samtidig. Dette gjør det mulig å øke framføringshastighetene på en trygg måte.

Sett at kjøretøyenes nettverk også kommuniserer med ITS-systemene (Intelligent Trafikk Styring), kan trafikken detaljstyres i mye større grad enn i dag. Med samtidig akselerasjon kan for eksempel lyskryss gjøre mye mer effektive, om det vil være behov for lyskryss i det hele tatt. Bare tettere kjøring vil kunne gi en kapasitetsøkning, det er anslått en gevinst på 100 – 270 prosent [51].

Kombinert med «*Fleksible busstopp*» vist over, kan busstransporten ytterligere automatiseres, og det er mulig å ha et system med en stor grad av tilgjengelighet [52].

## 5 Kapasitetspotensiale materiell

I dette kapitlet ses det på ulike tiltak for å øke kapasiteten i utvalgte flaskehalsar, uten å gjøre tiltak på infrastrukturen. Det vil si enten å utnytte dagens materiell og infrastruktur annerledes, eller å sette inn nytt materiell. Man kan:

- 1) Øke kapasiteten med dagens materiell
- 2) Øke kapasiteten med endringer på dagens materiell
- 3) Øke kapasiteten med nytt materiell
- 4) Kombinere punkt 1 og 2

For tiltakene er det vist til både praktisk og teoretisk personkapasitet. Begrepene brukes om totalt antall personer over ett snitt pr. tidsenhet. De er knyttet både til antall kjøretøy som kan framføres i snittet i løpet av en tidsenhet og egenskapene hos selve kjøretøyet (praktisk/teoretisk kapasitet).

- Praktisk personkapasitet er totalt antall personer over ett snitt i løpet av en tidsenhet, beregnet utfra antall kjøretøy og antall stå- og sitteplasser ved en ståendetthet på 2 personer/ m<sup>2</sup>. Kapasiteten hos kjøretøyet betegner nivå D i LOS-skalaen, som er dimensjonerende kapasitet på reiser under 15 minutter.
- Teoretisk personkapasitet er totalt antall personer over ett snitt i løpet av en tidsenhet, beregnet utfra antall kjøretøy og antall stå- og sitteplasser ved en ståendetthet på 4 personer/m<sup>2</sup>. Kapasiteten hos kjøretøyet betegner nivå E i LOS-skalaen.

Endringer i tabeller i forhold til referanseberegningen er **markert i fet skrift**.

### 5.1 Tog

#### 5.1.1 Tilbudskonsept

Praktisk kapasitet gjennom Oslotunnelen er definert i alternativ null som JBV's Rutemodell for 2027 (R2027). Trafikk gjennom Oslotunnelen i R2027/Brynsbakke-pakken [53].

Linje	Tog/time/retning i rushtimen
Regiontog Gardermobanen (GMB):	8 (herav 2 IC) i rush 6 (herav 2 IC) utenom rush
Tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn:	6
Lokaltog:	6
Regiontog FB:	2
Fjerntog:	1
Godstog:	1
<b>Sum:</b>	<b>24 i rush</b> <b>22 utenom rush</b>

I både NTP 2014–2027 og R2027/Brynsbakkenpakken ligger det inne en forutsetning om at det kan kjøres 24 tog pr. time pr. retning gjennom Oslotunnelen. Infrastrukturkapasiteten på jernbane er drøftet i kapittel 6.4.

Tiltak som er kapasitetsberegnet:

- **Åpning av tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn for lokaltrafikk** (“åpne dører”). Avganger gjennom Oslotunnelen åpnes for passasjerer som ikke skal til/fra Oslo Lufthavn.
- **Bytte ut type 71 med Flirt** på tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn sine slots gjennom Oslotunnelen.
- **Toetasjes tog på alle linjer.** Samtlige region- og lokaltog kjøres med toetasjes materiell. Gjelder ikke fjerntog og flytog.
- **Toetasjes tog på regionlinjene.** IC- og øvrige regiontogslinjer (ikke fjerntog) kjøres med toetasjes materiell.

### 5.1.2

#### R2027 med dagens materiell

Tabell 39: Personkapasitetsberegning for Oslotunnelen, R2027 og dagens materiell.  
\* i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
IC	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Annet	6	2	Type 75	444	593	5328	7116
Tilbringer-tjeneste OSL	6	2	Type 71 (i.t.*)	0	0	0	0
Lokaltog	6	2	Type 75	444	593	5328	7116
Regiontog Follobanen	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					13288	17568

Som det kommer fram i Tabell 40 har dagens materiell gjennom Oslotunnelen en praktisk personkapasitet på i underkant av 13 300 passasjerer pr. time i én retning. Dette er da ekskludert reisende med tilbringertjenesten til Oslo lufthavn og reisende med fjerntog.

## 5.1.3

## Forlengte Flirt-tog

Det er sett på mulighetene for å forlengte hvert Flirt-togsett med én vogn à 18 meter.

Tabell 40: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen med forlengte Flirt-togsett. Endringer er vist i fet skrift.  
\*i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett /tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
<b>IC</b>	2	2	<b>Type 74 + 1 vogn</b>	<b>385</b>	<b>488</b>	<b>1538</b>	<b>1953</b>
<b>Annet</b>	6	2	<b>Type 75 + 1 vogn</b>	<b>520</b>	<b>694</b>	<b>6237</b>	<b>8330</b>
Tilbringertjeneste OSL	6	2	Type 71 (i.t.*)	0	0	0	0
<b>Lokaltog</b>	6	2	<b>Type 74 + 1 vogn</b>	<b>520</b>	<b>694</b>	<b>6237</b>	<b>8330</b>
<b>Regiontog Follobanen</b>	2	2	<b>Type 75 + 1 vogn</b>	<b>385</b>	<b>488</b>	<b>1538</b>	<b>1953</b>
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					<b>15550</b>	<b>20565</b>

Med forlengelse av alle Flirt-togsettene med én vogn à 18 meter vil man teoretisk sett kunne øke den praktiske personkapasiteten gjennom Oslotunnelen til i underkant av 15 600 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **17 prosent** i praktisk kapasitet sammenliknet med R2027.

## 5.1.4

## Åpning av tilbringertjeneste til Oslo Lufthavn for lokaltrafikk

Avgangene, som i utgangspunktet kun er åpne for passasjerer til og fra Oslo Lufthavn, åpnes for lokaltrafikk.

Tabell 41: Personkapasitetsberegning for Oslotunnelen, R2027 og tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn åpent for lokaltrafikk. \*i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
IC	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Annet	6	2	Type 75	444	593	5328	7116
<b>Tilbringertjeneste OSL</b>	6	2	<b>Type 71</b>	<b>244</b>	<b>400</b>	<b>2928</b>	<b>4800</b>
Lokaltog	6	2	Type 75	444	593	5328	7116
Regiontog Follobanen	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					<b>16216</b>	<b>22368</b>

En åpning av tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn (Flytoget) øker den praktiske personkapasiteten gjennom Oslotunnelen til ca. 16 200 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning av praktisk kapasitet på **22 prosent** sammenlignet med R2027. Det påpekes at det i beregningen er forutsatt at tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn ikke har ståplasser. Om man også utnytter ståareal, vil personkapasiteten kunne bli større.

Den faktiske økningen i praktisk kapasitet vil ikke være like stor som beregnet (ca. 3000 passasjerer i timen). Årsaken er at mange av plassene allerede er fylt av passasjerer som benytter dagens tilbud på tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn, slik at bare en viss andel av plassene vil være tilgjengelige for nye lokalreisende. Dette konseptet er også behandlet som et trinn 2-tiltak.

### 5.1.5

#### Benytte annet materiell enn TYPE 71 gjennom Oslotunnelen

I dette scenariet kjøres ikke Flytogets type 71-tog gjennom Oslotunnelen, men erstattes med tog tilsvarende regiontogmateriell. Hvorvidt dette innebærer at tilbringertog til Oslo Lufthavn (Flytoget) ikke kjører lengre vest enn Oslo S og en annen operatør overtar tilbringertogenes slots (slik det er vist i tabellen nedenfor), eller om tilbringertjenesten kjøres med Flirt-tog, vil ikke påvirke resultatene av beregningen. Beregningen gjelder kun Oslotunnelen. Så om det er vendekapasitet på Oslo S kan eventuelt dagens tilbringerkonsept fortsatt kjøres herfra. Se kapittel 6.4.1 for vendekapasitet.

Tabell 42: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og ingen TYPE 71 gjennom tunnelen.  
\*i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/ tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
IC	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Annet	<b>12</b>	2	Type 75	444	593	<b>10656</b>	<b>14232</b>
<b>Tilbringertjeneste OSL</b>	<b>0</b>	2	Type 71 (i.t.*)	0	0	0	0
Lokaltog	6	2	Type 75	444	593	5328	7116
Regiontog Follobanen	2	2	Type 74	329	417	1316	1668
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					<b>18616</b>	<b>24684</b>

Tiltaket medfører at den praktiske personkapasiteten gjennom Oslotunnelen øker til ca. 18 000 passasjerer/time i én retning. Det vil si en økning på ca. **40 prosent**.

Generelt kan man av beregningene lese at tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn legger beslag på mye kapasitet i Oslotunnelen. Og at man teoretisk sett vil kunne oppnå økt personkapasitet dersom man på en eller annen måte slipper lokalreisende til på disse avgangene, mer enn hva man oppnår med nytt materiell på region- og lokaltogavgangene.

Merk at beregningene er gjort for R2027, der seks avganger i timen på tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn kjøres gjennom Oslotunnelen, mot dagens tre. R2027 forutsetter også at tilbringertogene vender på Lysaker (Høvik) og i Drammen. Ønskes lengre rutependler, med andre mål i vest (og øst), utløser dette behov for infrastrukturtiltak andre steder i jernbanenettet, se også kapittel 6.4.4 og 7.6.1.

### 5.1.6

#### Toetasjes tog på alle region- og lokaltoglinjer

Alle region- og lokaltoglinjer erstattes med toetasjes tog av typen Bombardier Regio 2N, som er det mest egnede materiellet for bruk på norske plattformhøyder, se også kapittel 4.1.3.



Tabell 43: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og toetasjes tog på alle linjer.  
\*i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/ tog	Materiell	Kapazität/kjøretøy		Kapazität totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
<b>IC</b>	2	2	<b>Bombardier Regio 2N – Region</b>	<b>740</b>	<b>960</b>	<b>2960</b>	<b>3840</b>
<b>Annet</b>	6	2	<b>Bombardier Regio 2N – Lokal</b>	<b>818</b>	<b>1030</b>	<b>9810</b>	<b>12360</b>
Tilbringertjeneste OSL	6	2	Type 71 (i.t.*)	0	0	0	0
<b>Lokaltog</b>	6	2	<b>Bombardier Regio 2N – Lokal</b>	<b>818</b>	<b>1030</b>	<b>9810</b>	<b>12360</b>
<b>Regiontog Follobanen</b>	2	2	<b>Bombardier Regio 2N – Region</b>	<b>740</b>	<b>960</b>	<b>2960</b>	<b>3840</b>
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					<b>25540</b>	<b>32400</b>

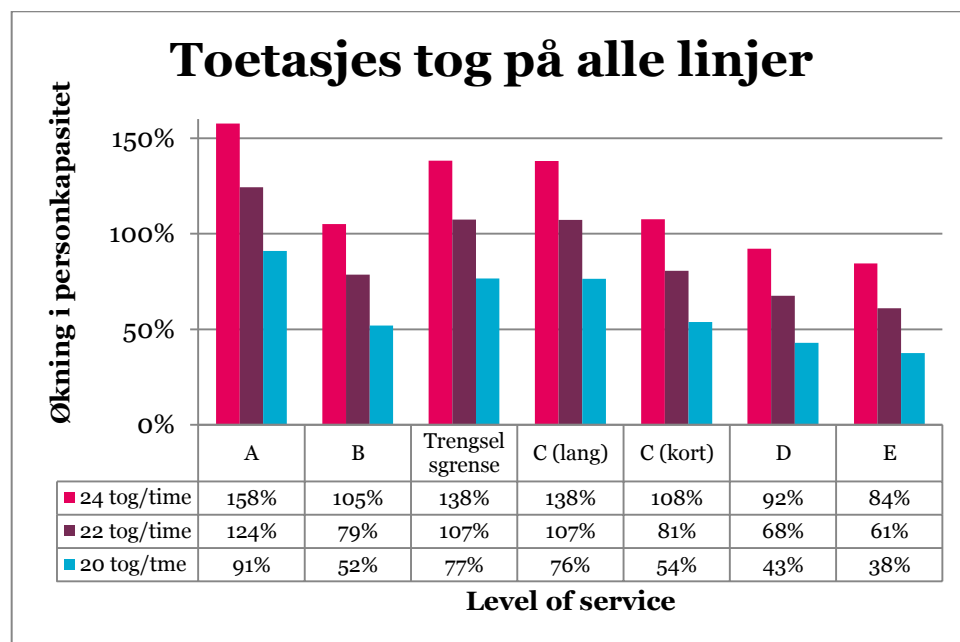
Innføring av toetasjes tog på alle region- og lokaltoglinjer medfører en økning av den praktiske personkapasiteten gjennom Oslostunnelen til ca. 25 500 passasjerer pr. time pr. retning. Dette tilsvarer en økning av praktisk kapasitet på **92 prosent** sammenlignet med R2027.

Denne beregningen forutsetter imidlertid at togfølgetidene ikke påvirkes negativt av innføring av toetasjes materiell. Erfaring tilsier imidlertid at oppholdstiden på stasjoner kan øke med toetasjes tog. Akkurat hvor stor denne økningen vil bli, er vanskelig å anslå. Særlig fordi det nye toetasjes konseptet med egne dørvogner ikke er testet i passasjertrafikk. Det er beregnet en teoretisk oppholdstid som vist i kapittel 2.2.

Tabell 44: Referanseoppholdstid for dobbeltdekkertog

Togtype	Teoretisk oppholdstid [s]
Type 74 Flirt Region	50
Type 75 Flirt Lokal	56
Bombardier VIRM IV	63
Stadler KISS	84
Bombardier Regio 2N	96

Figur 28 viser hvordan økningen i personkapasitet varierer dersom man forutsetter at en innføring av toetasjes tog vil føre til at man kun kan kjøre 22 eller 20 tog pr. time gjennom tunnelen, eller om man legger et annet servicenivå til grunn. Man ser at økningen i personkapasitet synker dersom antall tog pr. time gjennom tunnelen reduseres. Økningen blir også stort sett mindre desto lavere servicenivå man forutsetter. Det er i beregningen redusert antall lokaltog der ruteleier fjernes.



Figur 28: Økning i personkapasitet med toetasjes tog sammenliknet med dagens situasjon for ulikt antall tog pr. time pr. retning og Level of service.

## 5.1.7

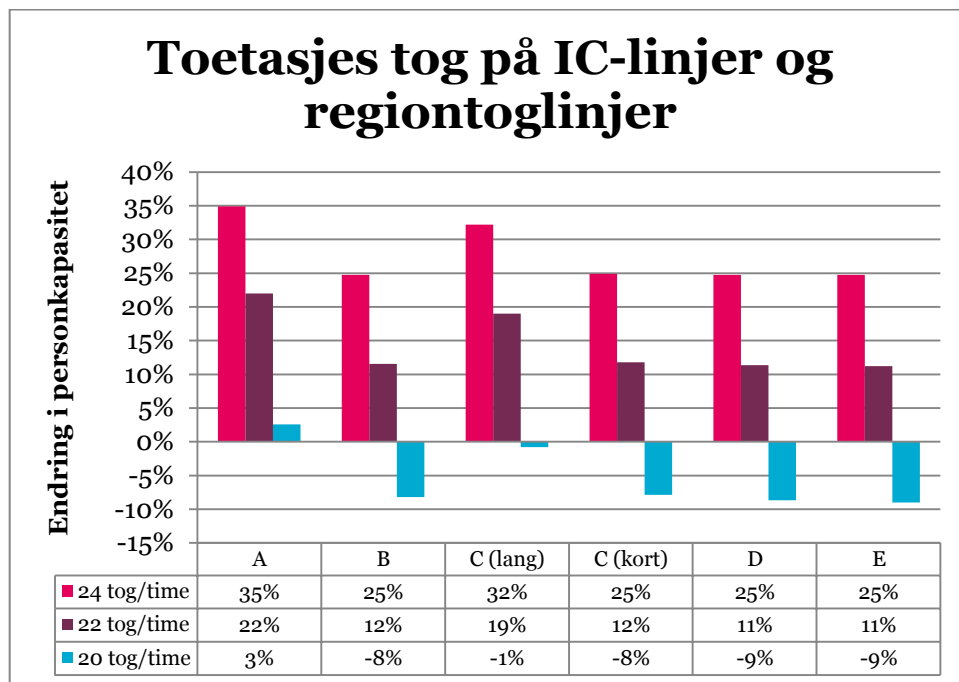
## Toetasjes tog på langdistanselinjer (IC og region)

Alle region- og InterCitylinjer erstattes med toetasjes tog av typen Bombardier Regio 2N.

Tabell 45: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og toetasjes tog på alle InterCity og Regiontoglinjer.  
\*i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Regiontog Gardermobanen							
IC	2	2	<b>Bombardier Regio 2N – Region</b>	<b>740</b>	<b>960</b>	<b>2960</b>	<b>3840</b>
Annet	6	2	Type 75, Flirt Lokal	444	593	5328	7116
Tilbringertjeneste OSL	6	2	Type 71 (i.t.*)	0	0	0	0
Lokaltog	6	2	Type 75, Flirt Lokal	444	593	5328	7116
<b>Regiontog Follobanen</b>	2	2	<b>Bombardier Regio 2N – Region</b>	<b>740</b>	<b>960</b>	<b>2960</b>	<b>3840</b>
Fjerntog	1	1	Fjerntog (i.t.*)	0	0	0	0
Godstog	1	1	Godstog	0	0	0	0
SUM	24					<b>16576</b>	<b>21912</b>

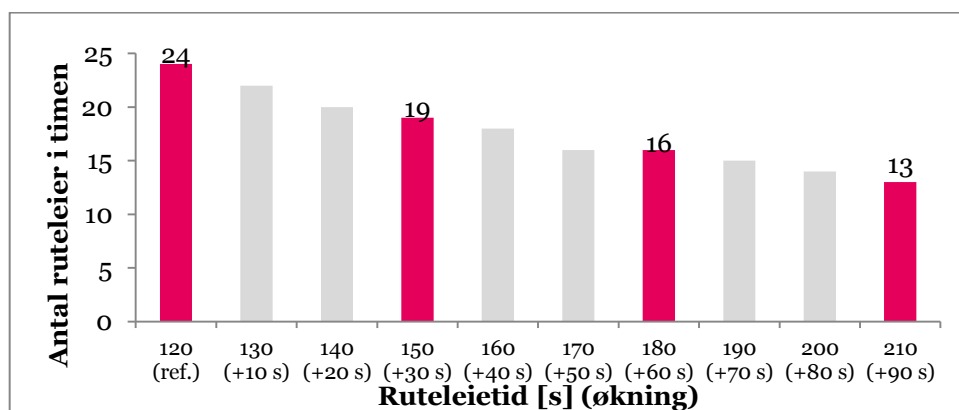
Som i kapittel 5.1.6 er dette overslaget gjort med teoretisk kapasitet og forutsatt at man ikke mister slots ved å bruke dette rullende materiellet. Dobbeltdekkere på regiontoglinjer vil i praksis kunne gi en personkapasitet på i underkant av 16 600 passasjerer i timen. Dette tilsvarer en **25 prosent** økning av praktisk kapasitet sammenlignet med R2027. Som vist over, vil trolig antallet slots synke, og kapasitetsgevinsten synker i dette scenariet raskere ved færre slots sammenliknet med det vist i 5.1.6.



Figur 29: Økning i personkapasitet med toetasjes tog på regiontoglinjene sammenliknet med dagens situasjon for ulikt antall tog pr. time pr. retning og Level of service.

Med økt oppholdstid på plattform, vil antallet tilgjengelige slots gå ned, som vist i Figur 30. Her kommer det fram at dersom systemet skal ha noe tilbakestillings-evne (80 prosent utnyttelse av teoretisk makskapasitet), vil en økning av oppholdstiden på 30 sekunder for alle tog redusere antall slots med 5 pr. time. Det er i beregningen redusert antall lokaltog der ruteleier fjernes.

Et system med 2,5 minutter ruteleietid er heller ikke gunstig for trafikk-planleggerne, da det er enklere for passasjerer å forholde seg til en rutetabell basert på hele minutter.

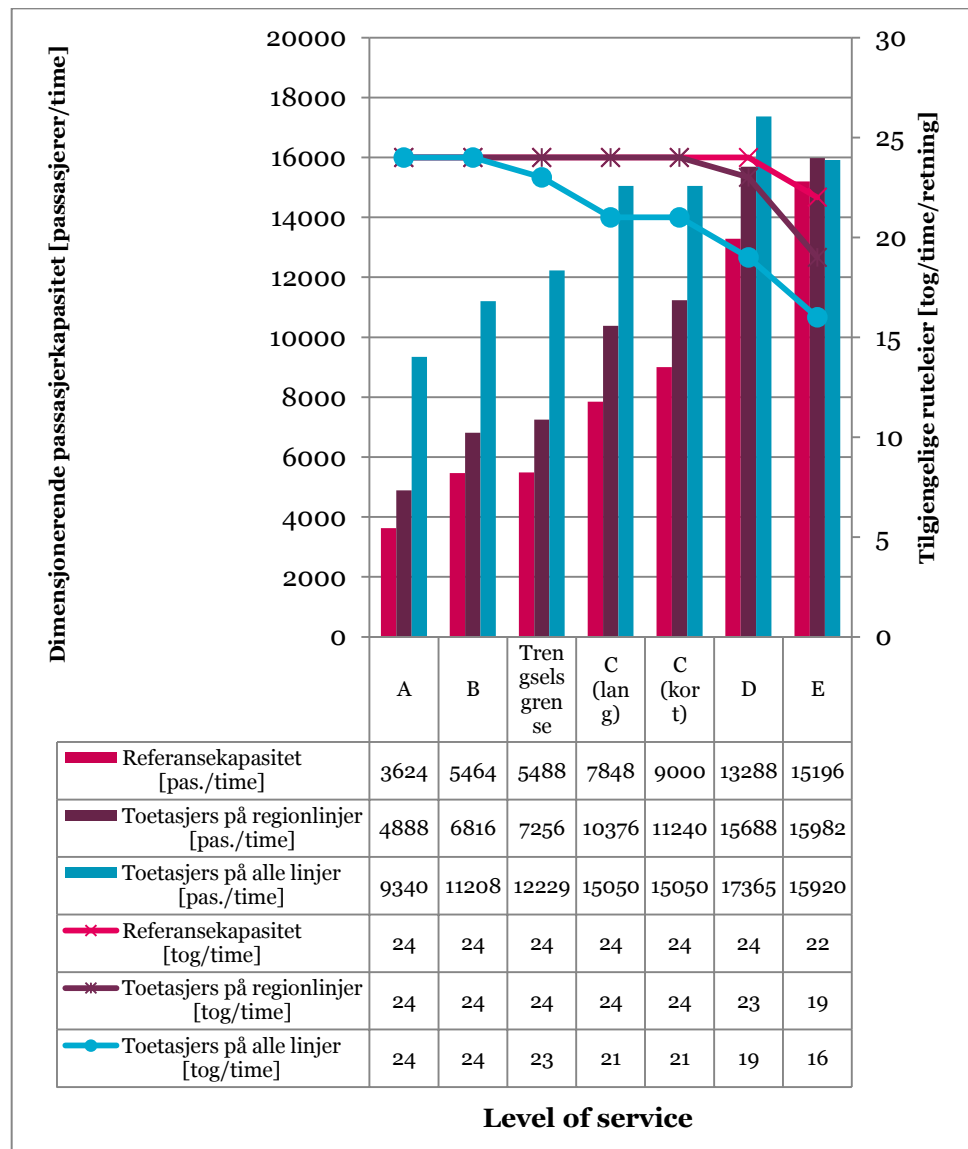


Figur 30: Sammenheng mellom togfølgetid og kapasitet

Kombinasjonen av økt togfølgetid ved økt belegg er vist i Figur 31 sammen med kapasitetskonsekvensen av økt oppholdstid, under forutsetning at det aksepteres ujevne togfølgetider. Beregningen er gjennomført med tog med passasjertall lik grenseverdiene for LOS-nivået og med 1/3 av dette avstigende og 1/3 påstigende.

Det kommer fram at man ved en normalsituasjon (Level of Service nivå D) vil få redusert antall avganger gjennom Oslostunnelen, både med dobbeltdekkere på IC-tog og på alle linjer. En generell utskifting av togparken til dobbeltdekkere vil føre til at betraktelig færre tog kan kjøres i grunnrute gjennom Oslo. Merk at beregningen viser en reduksjon i tilgjengelige ruteleier også for avvikssituasjoner for R2027. Legg merke til at begge dobbeltdekkerscenariene vil gi kapasitet til å håndtere R2027s LOS-nivå E i sitt nivå D.

Selv om dobbeltdekkere har et potensial til generelt å øke passasjerkapasiteten gjennom Oslostunnelen, vil konsekvensen være et redusert antall ruteleier tilgjengelig utover i nettet, se også kapittel 7.6.1. Denne ulempen er vurdert til å overskygge kapasitetspotensialet. Det anbefales likevel å vurdere å benytte dobbeltdekkertog på knutepunktstoppende ruter som vender på Oslo S.



Figur 31: Forskjeller i dimensjonerende kapasitet ved økt belegg. Sammenlikning mellom R2027 og dobbeltdekkerkonsept.

## 5.2

## T-bane

Beregninger utført for fellestunnelen Tøyen–Majorstuen, som er flaskehals i systemet, se kapittel 6.5 for forutsetninger for de ulike scenariene.

## 5.2.1

## Dagens situasjon

Forutsetter følgende:

- Kapasiteten på fellesstrekningen Majorstuen–Tøyen er 28 tog/time/retning.

## Dagens linjestruktur

Tabell 46: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med dagens materiell og linjestruktur.

Linje	Tog/time i rush	Togsett/tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 1	4	1	MX3000	318	498	1272	1992
Linje 2	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 3	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 4	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 5	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
Linje 6	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
SUM	28					16536	25896

Med dagens signalsystem og ruteplan har T-banen en praktisk personkapasitet gjennom fellestunnelen på ca. 16 500 passasjerer pr. time i én retning.

Tabell 47 viser personkapasitetsberegningen for Fellestunnelen om man ikke kjører Holmenkollbanen (linje 1, som kun kan kjøres med halv tog lengde grunnet korte plattformer mellom Majorstuen og Frognerseteren) gjennom tunnelen.

Tabell 47: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med dagens materiell og Holmenkollbanen (linje 1) ikke kjører gjennom tunnelen.

Linje	Tog /time	Togsett /tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
<b>Linje 1</b>	<b>0</b>	1	MX3000	318	498	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Linje 2</b>	<b>8</b>	2	MX3000	318	498	<b>5088</b>	<b>7968</b>
Linje 3	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 4	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 5	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
Linje 6	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
SUM	28					<b>17808</b>	<b>27888</b>

Ledige slots er i eksempelet gitt til linje 2, slik at alle tog kjøres med full lengde (2 togsett). Tabellen viser at den praktiske personkapasiteten med dette tiltaket øker til ca. 17 800 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på ca. **8 prosent** sammenliknet med dagens situasjon.

## 5.2.2

Dagens situasjon med nytt signalsystem (CBTC), realistiske forutsetninger  
Forutsetter følgende:

- Kapasiteten på fellestrekingen Majorstuen–Tøyen er 32 tog/time/retning

Tabell 48: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med nytt signalsystem (CBTC) med realistiske forutsetninger.

Linje	Tog /time	Togsett /tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 1	0	1	MX3000	318	498	0	0
<b>Linje 2</b>	<b>6</b>	2	MX3000	318	498	<b>3816</b>	<b>5976</b>
<b>Linje 3</b>	<b>6</b>	2	MX3000	318	498	<b>3816</b>	<b>5976</b>
<b>Linje 4</b>	<b>6</b>	2	MX3000	318	498	<b>3816</b>	<b>5976</b>
Linje 5	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
<b>Linje 6</b>	<b>6</b>	2	MX3000	318	498	<b>3816</b>	<b>5976</b>
SUM	32					20352	31872

Med nytt signalsystem (CBTC) vil man med realistiske forutsetninger kunne kjøre 32 tog pr. time pr. retning gjennom fellestunnelen, mot dagens 28. Gitt at alle avganger kjøres med doble togsett vil den praktiske personkapasiteten være ca. 20 300 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **23 prosent** sammenliknet med dagens situasjon [54].

## 5.2.3

## Dagens situasjon med nytt signalsystem (CBTC), ideelle forutsetninger

Forutsetter følgende:

- Kapasiteten på fellestrekingen Majorstuen–Tøyen er 36 tog/time/retning

Tabell 49: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med nytt signalsystem (CBTC) med ideelle forutsetninger.

Linje	Tog /time	Togsett /tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 1	0	1	MX3000	318	498	0	0
Linje 2	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
Linje 3	4	2	MX3000	318	498	2544	3984
Linje 4	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
Linje 5	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
Linje 6	8	2	MX3000	318	498	5088	7968
SUM	36					22896	35856

Med nytt signalsystem (CBTC) vil man med ideelle forutsetninger kunne kjøre 36 tog pr. time pr. retning gjennom fellestunnelen, mot dagens 28. Gitt at alle avganger kjøres med doble togsett vil den praktiske personkapasiteten være ca. 22 900 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **38 prosent** sammenliknet med dagens situasjon. Leverandører av CBTC har antydnet at det kan være mulig med opp til 40 tog/time i Norge, og erfaringer fra utlandet viser til togfølgetider ned mot 75 sekunder (48 tog/time). Selv med dette potensialet i signalsystemet, er det andre flaskehalsen som begrenser den potensielle kapasiteten i Oslo til 36 tog/time [54]. Se kapittel 6.5 for videre drøftinger av dette.

## 5.2.4

## Førerløs drift

- Areal som i dag brukes til førerrom brukes til sitte-/ståplasser
- Det kan kjøres 36 tog/time/retning gjennom fellestunnelen.

Tabell 50: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med førerløs drift og CBTC.

Linje	Tog /time	Togsett /tog	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
				Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 1	0	1	MX3000 ombygget for førerløs drift (anslag)	328	510	0	0
Linje 2	6	2		328	510	3936	6120
Linje 3	6	2		328	510	3936	6120
Linje 4	6	2		328	510	3936	6120
Linje 5	8	2		328	510	5248	8160
Linje 6	6	2		328	510	3936	6120
SUM	36					20992	32640

Med førerløs drift i Fellestunnelen øker den praktiske personkapasiteten til ca. 23 600 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på ca. **26 prosent** sammenliknet med dagens situasjon. Sammenliknet med en situasjon med nytt signalsystem (CBTC) og realistiske forutsetninger, gir helautomatisk drift **3 prosent** økning.



### 5.3 Trikk

Beregninger utført for Storgata mellom Nygata og Trondheimsveien/Thorvald Meyers gate, som er strekningen hvor det i dag kjøres flest trikkelinjer.

#### 5.3.1 Alternativ 0: Dagens situasjon

På referansestrekningen i Storgata kjører fire linjer; 11, 12, 13 og 17, alle med ti minutters frekvens.

Ved beregning av teoretisk kapasitet i et snitt i Storgata er det gjort følgende forutsetninger:

- Det kan ikke kjøres flere trikker på strekningen enn i dagens situasjon. Det vil si 24 pr. time
- Linje 11 og 12 kjøres utelukkende med SL79
- Linje 17 kjøres utelukkende med SL95
- På linje 13 kjøres halvparten av avgangene med SL79 og halvparten med SL95

Med passasjerkapasiteten oppgitt i kapittel 3.3 gir det følgende teoretiske personkapasitet:

Tabell 51: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med dagens materiell og linjestruktur.

Linje	Trikker /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 11	6	SL79	104	137	624	822
Linje 12	6	SL79	104	137	624	822
Linje 13						
Andel SL79	3	SL79	104	137	312	411
Andel SL95	3	SL95	143	198	429	594
Linje 17	6	SL95	143	198	858	1188
SUM	24				<b>2847</b>	<b>3837</b>

Tabell 51 viser at den praktiske personkapasiteten på trikk i Storgata er i underkant av 2 900 passasjerer pr. time i én retning med dagens vognpark og linjestruktur.

#### 5.3.2 Kun SL95

Tabell 52: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med kun SL95 og dagens linjestruktur.

Linje	Trikker /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
<b>Linje 11</b>	6	<b>SL95</b>	<b>143</b>	<b>198</b>	<b>858</b>	<b>1188</b>
<b>Linje 12</b>	6	<b>SL95</b>	<b>143</b>	<b>198</b>	<b>858</b>	<b>1188</b>
Linje 13						
Andel SL79	0	SL79	104	137	0	0
<b>Andel SL95</b>	<b>6</b>	<b>SL95</b>	143	198	<b>858</b>	<b>1188</b>
Linje 17	6	SL95	143	198	858	1188
SUM	24				<b>3432</b>	<b>4752</b>

Hadde man kunnet kjøre alle trikkelinjene med SL95, eller materiell med tilsvarende kapasitet, hadde den praktiske personkapasiteten på strekningen økt

til ca. 3400 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **21 prosent** sammenlignet med dagens situasjon. Tiltaket forutsetter en forbedring av kurvatur på Briskebylinjen, eller materiell som har god kapasitet, samtidig som det takler kurvaturen.

### 5.3.3 Nytt 35 meters materiell

Tabell 53: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 35 meter lange trikker.

\* Eksempel: Bombardier Flexity Classic (Bremen), der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn.

Linje	Trikker /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 11	6	Eksempeltrikk 35 meter*	161	236	966	1416
Linje 12	6	Eksempeltrikk 35 meter*	161	236	966	1416
Linje 13	6	Eksempeltrikk 35 meter*	161	236	966	1416
Linje 17	6	Eksempeltrikk 35 meter*	161	236	966	1416
SUM	24				3864	5736

Nye 35 meter lange trikker på samtlige linjer vil i praksis kunne gi en personkapasitet på i underkant av 3900 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **36 prosent** sammenliknet med dagens situasjon.

### 5.3.4 Nytt 37,5 meters materiell

Tabell 54: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 37,5 meter lange trikker.

\* Eksempeltype basert på 35-meter trikk.

Linje	Trikker /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 11	6	Typetrikk 37,5 meter*	170	250	1020	1500
Linje 12	6	Typetrikk 37,5 meter*	170	250	1020	1500
Linje 13	6	Typetrikk 37,5 meter*	170	250	1020	1500
Linje 17	6	Typetrikk 37,5 meter*	170	250	1020	1500
SUM	24				3864	5736

Nye 35 meter lange trikker på samtlige linjer vil i praksis kunne gi en personkapasitet på i underkant av 3900 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **43 prosent** sammenliknet med dagens situasjon.

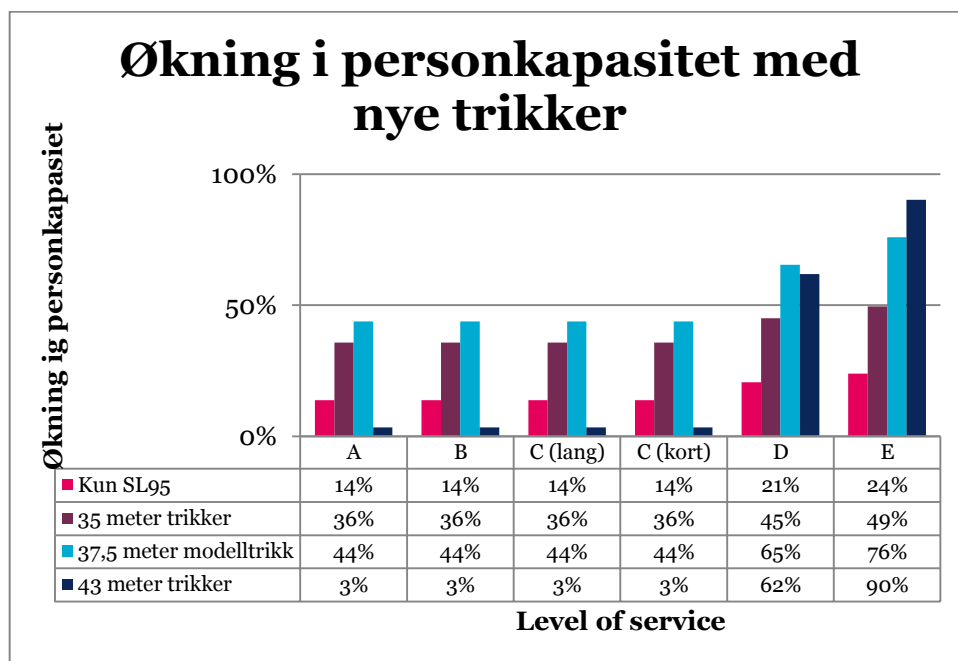
### 5.3.5 Nytt 43 meters materiell

Tabell 55: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 43 meter lange trikker.

Linje	Trikker /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Linje 11	6	Eksempeltrikk 43 meter	192	304	1152	1824
Linje 12	6	Eksempeltrikk 43 meter	192	304	1152	1824
Linje 13	6	Eksempeltrikk 43 meter	192	304	1152	1824
Linje 17	6	Eksempeltrikk 43 meter	192	304	1152	1824
SUM	24				4608	7296

Tabell 55 viser at om man hadde satt inn 43 meter lange trikker på samtlige linjer, ville den praktiske personkapasiteten på strekningen økt til ca. 4600 passasjerer pr. time i én retning. Dette tilsvarer en økning på **62 prosent** sammenlignet med dagens situasjon.

Lengre trikker er avhengig av en forlengelse av stoppestedene. Pr. i dag er kun 15 prosent av trikkestoppene lange nok til dette [39].



Figur 32: Økning i personkapasitet med annet trikkemateriell.

### 5.4 Buss

Dette delkapittelet har fokus på potensiell kapasitetsøkning med nytt materiell på linjer som i dag kjøres med «maksimal» frekvens. Dette kan for eksempel være linje 31 og 37, der det i dag er 18 meters leddbuss i drift.

Bussens frekvens er avhengig av stoppestedkapasiteten, som i sin tur påvirkes av bussenes oppholdstid og antallet oppstillingsplasser på stoppestedet, se Tabell 56.

Tabell 56: Teoretisk stoppestedkapasitet i forhold til antallet oppstillingsplasser. Best avviklingsforhold oppnås det når det er god spredning på bussene (det vil si få linjer med enhetlig frekvens) [55]

Antall oppstillingsplasser på stoppestedet	Stoppestedkapasitet (gitt utfra maksimalt 25s oppholdstid og 10 % sannsynlighet for at stoppestedet er opptatt ved ankomst)
1	15–100 busser/time
2	70–170 busser/time
3	150–240 busser/time

I ruteplanlegging, legges det opp til at buss skal ikke kjøres med større frekvens enn 5 minutter ettersom dette i følge K2012 gir liten ekstra verdi for kundene. Høyere frekvens vil kunne føre til «klumping» av bussavgangene [56].

#### 5.4.1

##### Toleddsbusser

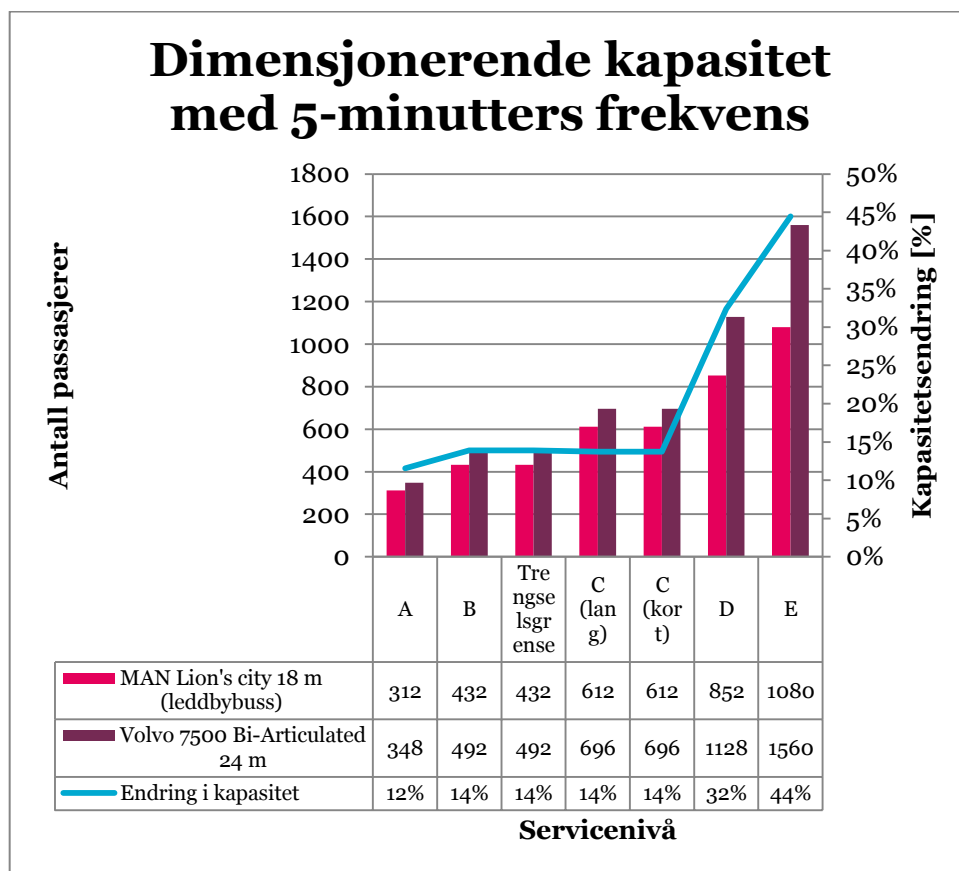
Tabell 57 viser potensiell kapasitetsøkning pr. time dersom man på høyfrekvente busslinjer setter inn toleddsbusser som erstatning for dagens materiell. I eksempelet er det tatt utgangspunkt i Volvo 7500 Bi-Articulated, som er blitt prøvekjørt i Oslo. Denne er nærmere beskrevet i kapittel 4.3.5.

Den 24 meter lange toleddsbusser har plass til 40 flere passasjerer enn den 18 meter lange leddbussen som benyttes i dag. Men antallet dører er det samme. Et resultat av at av- og påstigningskapasiteten ikke økes tilsvarende som passasjerkapasiteten, kan bli at oppholdstiden på stoppestedene blir lengre enn i dag. Især på sentrale stoppesteder med mange av- og påstigende. Referanseoppholdstiden til en enkeltleddet buss er beregnet til 25 sekunder, og for en toleddet buss beregnet til 29 sekunder. Økningen skyldes flere passasjerer per dør. Dette kan få som konsekvens at terskelen for «klumping» av bussavgangene skjer ved en lavere frekvens enn 5 minutter. Den påfølgende kapasitetsberegningen er imidlertid gjort med forutsetning om at 5 minutters frekvens kan opprettholdes uten «klumping» i en normalsituasjon også med toleddsbusser.

Tabell 57: Personkapasitetsberegning for høyfrekvent busslinje med dagens 18 meter lange leddbuss og 24 meter lang toleddsbusser.

Linje	Busser /time	Materiell	Kapasitet/kjøretøy		Kapasitet totalt	
			Praktisk	Teoretisk	Praktisk	Teoretisk
Høyfrekvent busslinje	12	MAN Lion's city 18 m	71	90	852	1080
Høyfrekvent busslinje	12	Volvo 7500 Bi-Articulated 24 m	94	130	1128	1560

Tabellen viser at å erstatte dagens leddbusser med 24 meter lange leddbusser på en høyfrekvent busslinje kan øke den praktiske personkapasiteten fra ca. 850 til ca. 1130 passasjerer pr. time pr. retning. Det vil si en økning av praktisk makskapasitet på **32 prosent**. Men dersom frekvensen må reduseres som følge av lengre oppholdstid i knutepunkter, vil økningen bli mindre.



Figur 33: Økning i personkapasitet med toleddsbuss sammenliknet med ettleddsbuss

Figur 33 viser praktisk kapasitet med ettleddsbuss og med toleddsbuss, samt den prosentvise økningen i passasjerkapasitet med toleddsbuss versus ettleddsbuss, for de ulike LOS-nivåene. Figuren viser at økningen er størst i de driftstilfeller der en har stående passasjerer. Det er i tillegg gjort undersøkelser av oppholdstidens konsekvens på kapasiteten, der en situasjon med ett stoppested med kun leddbusser er vurdert mot en situasjon med kun toleddbusser.

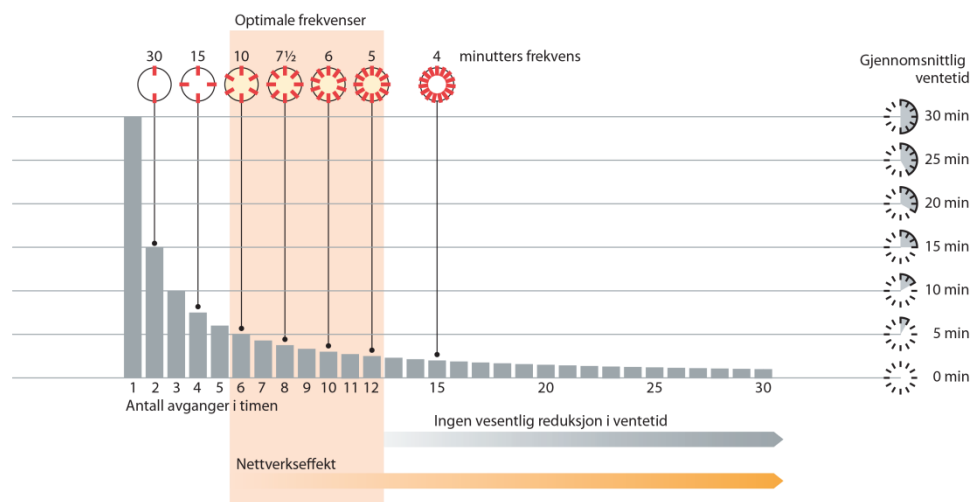
Under forutsetningen at like mange passasjerer skal av som på, er det funnet at kun under svært tettpakkede forhold (LOS-nivå E) med svært høy passasjerutveksling (opp mot 100 prosent av og 100 prosent på) vil det reduserte antallet busser (20 færre) bety en redusert personkapasitet. Som Figur 33 også viser, vil en driftsituasjon i LOS-nivå E for dagens leddbusser tilsvare LOS-nivå D med toleddbusser. Med andre ord, vil situasjoner med 4 stående pr. kvadratmeter på leddbusser tilsvare 2 stående pr. kvadratmeter på toleddbusser.

KVU Oslo-Navet stiller seg derfor positive til bruk av toleddbusser dersom utfordringene knyttet til vinterdrift og stoppestedtilpassing løses. Noe som i følge Ruterrapport 2011:4 ansees som nokså uproblematisk.

## 6 Kapasitetspotensiale infrastruktur

Dette kapitlet omhandler det overordnede kapasitetspotensialet i infrastrukturen fra typen rullende materiell som framføres. Analysen gjøres her med fokus på hvilke fordeler man kan oppnå med overordnede endringer i infrastrukturen og er altså ikke tenkt som en fullverdig kapasitetsanalyse. Slike tiltak innebærer for eksempel plattformforlengelser, signalsystem osv. Mer detaljert analyse av flaskehals er finnes blant annet i Jernbaneverkets «Transport- og infrastrukturkapasitet» [3].

### 6.1 Fra nav til nettverk



Figur 34: Nettsverksfrekvenser [56]

**Nettsverksfrekvens:** Ved en viss frekvens på linjer, vil det, med gode knutepunkter og byttesteder, oppstå en «nettsverksfunksjon» i kollektivtrafikken. Dette tjenestenivået gjør at de reisende får mye større toleranse for omstigninger (da ventetiden er lav) og vil dermed gi langt flere aktuelle reiserelasjoner. Dette er igjen avgjørende for en økning i kollektivtrafikkandelen.

Ruter har satt 10 minutters frekvens som et minimum for å oppnå nettsverks effekter, og dette bør gjelde som en hovedregel for regionenes hovedkorridorer. I det sentrale byområdet (Ring 3-korridoren og innenfor) bør minimum 5-minutters frekvens legges til grunn. Infrastrukturen kan tilrettelegges for nettsverksfrekvens med følgende føringer:

- Nettsverksfrekvens: minimum 10-minutters frekvens i regionens hovedkorridorer. Dette omfatter
  - Regionale knutepunkter på strekningene Lillestrøm–Oslo S–Asker
    - Lillestrøm– Oslo S–Nationaltheatret–Skøyen–Lysaker–Sandvika–Asker, samt Strømmen, Grorud og Bryn
    - Oslo S–Ski, samt Kolbotn, Holmlia og Hauketo
- T-banens linjer
  - Minimum 5-minutters frekvens innenfor Ring 3-korridoren

- Trikk og buss
  - Minimum 7,5-minutters frekvens innenfor Ring 3-korridoren

## 6.2 Et pålitelig transportsystem krever robuste løsninger

Ved fastlegging av kapasitet i en konseptvalgutredning vil valg av forutsetninger være viktig. Det vil være knyttet en viss grad av usikkerhet knyttet til om forutsetningene er eller vil kunne være til stede. Dermed vil det være et visst innslag av skjønn ved valg av forutsetninger og kapasitetsnivåer.

I KVU Oslo-Navet legges til grunn at kvalitet i tilbudet er avgjørende. Punktlighet og en trafikkavvikling som er robust for driftsforstyrrelser er viktig. Utredningen velger å legge realistiske eller konservative forutsetninger til grunn for kapasitetsvurderingene. Å bygge framtidens transportløsninger på for optimistiske forutsetninger, kan gi alvorlige tilbakeslag ved idriftsettelse av nye tilbud. Et av kravene i KVU-en er at transportsystemet skal være sikkert, trygt og pålitelig

## 6.3 Kategorisering av infrastrukturtyper

I de følgende kapitlene sammenstilles og kategoriseres infrastruktur for de ulike driftsartene. Begrensninger i dagens infrastruktur og mulighetene med framtidig infrastruktur undersøkes.

## 6.4 Jernbane

### 6.4.1 Dagens infrastruktur og begrensninger

Jernbanesystemet består av baner inn gjennom de enkelte korridorer til Oslo S. Banene fra nord, øst og sør utgjør fem baner (når Follobanen er fullført), mens Vestkorridoren har tre baner (når Ringeriksbanen er fullført).

Antall baner øst for Oslo S gjenspeiler et større trafikkgrunnlag og gir en ubalanse øst/vest i jernbanesystemet. Oslo S er utformet slik at baner fra øst enten må vendes på Oslo S eller gå gjennom Oslotunnelen. Alle baner fra vest går gjennom Oslotunnelen.

På Oslo S er det totalt 19 spor. Derav ender 7 spor i butt, spor 1 og spor 14–19. Teoretisk kan det vende 3 tog i timen pr. buttspor. det vil si totalt 21 tog i timen. En slik utnyttelse forutsetter en spesifikk ruteplan der de vendende togene er koordinert i et 20 minutters mønster. På grunn konflikter i togveiene kan ikke den teoretiske vendekapasiteten utnyttes. I 2012 vendte det 11,5 tog i rushtimen. Legges R2027 (se avsnitt 5.1.1) inklusive dens forutsetninger til grunn, gir dette 19 vendende tog i rushtimen<sup>4</sup> [53].

Ved estimering av strekningskapasitet legges **UIC 406s** anbefalte verdier for kapasitetsutnyttelsen til grunn:

---

<sup>4</sup> Dette inkluderer 1 Fjerntog/t og 2 flytog/t.

Tabell 58: Anbefalte verdier for kapasitetsutnyttelse på strekninger for ulike typer baner

Type Banestrekning	Rush	Utenom rush
S-bane	85 %	70 %
Høyhastighetsbane	75 %	60 %
Bane med blandet trafikk	75 %	60 %
Oslo tunnelen	80 %	75 %

Beregninger er utført for Oslo tunnelen Oslo S–Skøyen. Disse er utført med togfølgetid 2 minutter som gir en teoretisk maksimal kapasitet på 30 tog i timen.

R2027 legger opp til en utnyttelse på 80 prosent, som er 24 tog i timen, og en utnyttelse på 75 prosent utenom rushet, 22 tog i timen. Strekningen er i følge UICs definisjon overbelastet. Ved design av nye konsepter der nye togtraseer inngår, anbefales det å overholde UIC 406 sin anbefaling og ikke overstige utnyttelsesgraden.

For konsepter uten ny jernbanetunnel, anbefales det å legge henholdsvis 80 prosent og 75 prosent kapasitetsutnyttelse til grunn i Oslo tunnelen.

For konsepter med rene S-banestrekninger antas en teoretisk togfølgetid på 2 minutter. I følge UIC 406 kan et lukket S-banesystem utnyttes opptil 85 prosent i rushet, det vil si 25 tog i timen. For tiden utenom rushet, kan banen utnyttes opptil 70 prosent, det vil si 21 tog i timen.

Dersom godstog skal trafikkere samme bane, vil kapasiteten reduseres betraktelig, da godstogene behøver relativt store tidsluker (estimat 7–8 minutter) mellom S-togene. Systemet defineres til bane med blandet trafikk. Slike baner har mange gjensidige bindinger som reduserer kapasiteten. Med 21 ruteleier i timen, vil 2 godstog fortrenge 5–8 S-tog.

Tabell 59: Maksimalt antall tog/retning/time på strekninger for ulike typer baner med anbefalte verdier

Type Banestrekning	Antall tog Rush	Antall tog Utenom rush
S-bane	25	21
Høyhastighetsbane	22,5	18
Bane med blandet trafikk	22,5	18
Oslo tunnelen	24	22

#### 6.4.2

#### Dagens lokaltogbaner kan bli S-baner

Dagens dobbeltsporede lokaltogbaner (Hovedbanen, Østfoldbanen og Drammenbanen) har i hovedtrekk 2 spor til plattform. Disse banene skal i følge Jernbaneverkets signalplan utrustes med ETCS Level 2. Dette kan gi en liten kapasitetsgevinst som planlegges tatt ut i punktlighet. Det vil si at i grove trekk kan dagens strekningskapasitet på lokaltogbanen legges til grunn for disse strekningene. Dersom dagens kapasitet ikke er tilstrekkelig, så kan kapasiteten



økes ved å redusere blokk lengder ved introduksjon av ETCS Level 2. Ytterligere kapasitetsgevinst skal kunne oppnås med ETCS Level 3 på dobbeltsporede strekninger med 2 spors stasjoner, men dette er ikke vurdert i praksis.

En lokaltogbane eller S-bane har mange stopp som ligger med kort avstand til hverandre. Det vil si at togene aldri oppnår høy hastighet, som i prinsippet gir høyere kapasitet enn dersom togene holdt høy hastighet. Kapasiteten er allikevel begrenset av blant annet tosporsstasjoner, stasjonsopphold samt signalplassering og innblanding av godstrafikk (for ETCS Level 2). Generelt vil kapasiteten være begrenset av stasjonsoppholdstiden ved ETCS Level 3.

Under forutsetning av at godstog fortsetter å benytte eksisterende Oslotunnel, vil det i prinsippet være 2 mulige konsepter som kan kjøres dersom ny jernbanetunnel etableres. Dersom lokaltogene blandes med godstrafikken gjennom eksisterende Oslotunnel, vil den nye tunnelen dimensjoneres for regiontog med høy hastighet. Høyere hastighet reduserer i prinsippet kapasiteten, men dette kompenseres ved hjelp av tettere signalering, slik at optimal kapasitet (inklusive reservekapasitet) oppnås.

Dersom ny S-banetunnel gjennom Oslo etableres, så vil kapasitetsutnyttelsen til grenbaner påvirke kapasitetsutnyttelsen til ny S-banetunnel, avhengig av hvilke baner som føres sammen. I dag benytter flere infrastrukturforvaltere CBTC for å øke kapasiteten i flaskehals (utbredt blant T-baner), eventuelt i kombinasjon med ETCS. Å benytte to forskjellige signalsystemer, øker kostnadene, men må vurderes individuelt forhold til nytten.

Pr. dags dato finnes ingen felles standard eller interoperabilitet mellom systemene, men forskning pågår for å utvikle til et system. Ved bruk av flere signalsystemer er det viktig å sikre fleksibiliteten, spesielt i stasjoner, slik at alternative togveger kan stilles for alle typer tog som passerer stasjonen og ikke være begrenset av type signalsystem.

Ulik fordeling av plattformhøyder på jernbanen er en utfordring, da forskjellen gir en trinnhøyde som øker passasjerutvekslingstiden, blant annet fordi mennesker med bevegelsesutfordringer og barnevogner bruker lengre tid inn og ut av toget. I denne rapporten er dette ikke sett på som like sentralt som økning av toglengder tilhørende materiell, men en homogenisering av plattformhøydene på Østlandet er en viktig analyse som må ses nærmere på.

For jernbane er det definert fire ulike banetyper:

- J1: Enkeltsporet strekning
- J2: Dobbeltsporet strekning:
  - J2a: Lokaltogbaner, 2-spors stoppesteder
  - J2b: Lokaltogbaner, 2-spors stoppesteder, med godstog
- J3: Moderne regiontogstrekninger:
  - J3a: Regiontogbaner, 4(+)-spors stasjoner
  - J3b: Regiontogbaner, 4(+)-spors stasjoner, med godstog
- J4: Fellesstrekninger med blandet materiell:
  - J4a: Fellesstrekninger med blandet materiell, 2-spors stasjoner

- J4b: Fellesstrekninger med blandet materiell, 4(+)-spors stasjoner

Herunder er transportkapasiteten avhengig av plattformlengdene drøftet senere i kapittelet.

### J1: Enkeltsporet strekning

Enkeltsporede jernbanestrekninger finnes i dag på blant annet Spikkestadbanen og Gjøvikbanen. På de enkeltsporede strekningene vil infrastrukturkapasiteten være avhengig av avstanden og antall stopp mellom kryssingsspor i tillegg til togblandingen. Kapasiteten kan økes ved å øke antall kryssingsspor inntil minste avstand mellom to kryssingsspor er nådd. Gjøvikbanen har gjennomgående plattformer kortere enn 220 meter. [57]. Godstog vil her kreve om lag ett ruteleie.

### J2, J3 og J4: Dobbeltporede strekninger

Dobbeltporede jernbanestrekninger er hovedregelen i det sentrale Østlandsområdet, med dobbeltspor i vestkorridoren ut til Drammen, i sørkorridoren ut til før Moss og i østkorridoren ut til Lillestrøm og videre nordover mot Eidsvoll. Med IC-utbyggingen vil det etter foreliggende planer være dobbeltspor til Skien, Lillehammer, Halden samt Hønefoss.

Persontogkapasiteten på en dobbeltsporet strekning vil avhenge av fordelingen av ruteleier til ulike togkategorier. I Tabell 58 er det vist eksempler på ruteleiefordelingen i Oslostunnelen. Disse kategoriene likner utvalgte analysescenarier fra kapittel 5, men med UICs kapasitetsutnyttelse til grunn (se 6.4.1). Fordelingen av strekninger med lange plattformer kan ses i figurer i kapittel 6.4.6.

Tabell 60: Eksempel på ruteleiefordeling i Oslostunnelen.

	Lokal-/ regiontog	Tilbringertjeneste til OSL	Godstog	Totalt
Rush	18	3	1	22
Utenom rush	15	3	2	22
Rush uten gods	19	3	0	22
Rush uten tilbringertjeneste til OSL	21	0	1	22

### J2a: Dobbeltporede lokaltogstrekninger med 2-spors stoppesteder

Disse strekningene kjennetegnes (i hovedsak) av to-spors stoppesteder, korte avstander mellom stoppesteder og en i utgangspunktet homogen trafikkering. Kapasiteten kan økes ved å redusere togfølgetiden (blokk lengden) ved introduksjon av ETCS.

Med en homogen togpark, kan togfølgetiden reduseres og kapasiteten kan dermed teoretisk sett økes. Grove analyser av infrastrukturen som ligger til grunn for R2027 i Open Track viser en kapasitet på 10–11 tog pr. time i grunnrute (60 prosent utnyttelse) utnyttelse og 12–14 tog/time i rush (75 prosent).

### **J2b: Dobbeltsporede lokaltogstrekninger med 2-spors stoppesteder og godstrafikk**

Dette systemet har ikke muligheter til forbikjøringer på stasjoner slik som J3 og J4 og dette skaper dermed avhengigheter i forhold godstogenes framføringstid. Godstogenes gjennomsnittlige framføringshastighet på strekninger med lokaltog bør være tilnærmet lik persontogenes gjennomsnittlige framføringshastighet for å oppnå høy kapasitet. Dette innebærer en reduksjon i godstogenes hastighet og dermed økt kjøretid.

Med en harmonisert framføringshastighet på godstogene, viser Open Track-simuleringer at et godstog tar 1–2 ruteleier fra kapasiteten i J2a i grunnrute og rush. Hovedbanen mellom Oslo S og Lillestrøm er et eksempel på en slik strekning.

### **J3a: Moderne regiontogstrekninger**

Dette er strekninger der togenes framføringstid er sentral. Banene er dimensjonert for maks. hastighet på 200 km/t. Som en følge av den høyere hastigheten, vil bremselengden være lang og kapasiteten noe lavere enn ved systemer med lavere hastigheter.

Gardermobanen representerer, mellom Lillestrøm og Gardermoen, en slik banetype og har en praktisk kapasitet på 18 tog pr. time [58].

### **J3b: Moderne regiontogstrekninger med godstrafikk**

Godstrafikken, med sin lavere framføringshastighet, vil ta flere enn ett ruteleie pr. godstog, avhengig av avstand mellom stasjoner, forbikjøringsmuligheter og strekningshastigheten. Likt J3a er framføringstiden for persontogene viktig. Regiontog vil derfor i liten grad tilpasse hastigheten til den lavere godstogshastigheten. Dette resulterer i at regiontogene «tar igjen» godstogene.

KVU Oslo-Navet legger da til grunn at hvert godstog legger beslag på 2 ruteleier [58].

### **J4a: Dobbeltsporet strekning med blandet trafikk, 2-spors stoppesteder**

Dette er en ugunstig driftsituasjon fordi framføringshastighetene for de ulike togtypene må harmoniseres for å nå en høy kapasitet. Konsekvensen vil generelt være økt kjøretid for togene.

Fram til Follobanen åpner (2020), er Østfoldbanen (Oslo S – Ski) en slik banetype. Her er kapasiteten 8–10 ruteleier pr. retning og time [58].

### **J4b: Dobbeltsporet strekning med blandet trafikk, 4(+)-spors stasjoner**

Denne banetypen finner vi i Oslostunnelen. Kombinert med en hastighetsharmonisering, er det gjort signaloptimaliseringer og den tekniske infrastrukturen er spesialtilpasset for å gi så høy kapasitet som mulig. Det kjøres i R2027 med en høyere kapasitetsutnyttelse enn ønskelig, og i KVU Oslo-Navet legges heller en normal kapasitetsutnyttelse til grunn, med 18 ruteleier i grunnrute og 22 i rush [58].

Tabell 61: Kapasitet for ulike banetyper

#	Banetype	Eksempel i Oslo-Navet	Kapasitet [kjøretøy/time/retning]
J1	Enkeltsporet strekning	Gjøvikbanen, Spikkestadlinjen	2
J2a	Dobbeltsporet lokaltogstrekning, 2-spors stoppesteder	Teoretisk, ingen i dag	10–11
J2b	Dobbeltsporet lokaltogstrekning, 2-spors stoppesteder med godstog	Hovedbanen (Oslo S – Lillestrøm)	8
J3a	Dobbeltsporet høyhastighets-/regiontogstrekning, 4(+)-spors stasjoner	Gardermobanen	18
J3b	Dobbeltsporet høyhastighets-/regiontogstrekning, 4(+)-spors stasjoner, med godstog	Drammensbanen (Asker–Drammen)	16
J4a	Dobbeltsporet strekning med blandet trafikk, 2-spors stoppesteder	Østfoldbanen (Oslo S – Ski, før Follobanen)	10
J4b	Dobbeltsporet strekning med blandet trafikk, 4(+)-spors stasjoner	Drammensbanen (Oslo S – Lysaker)	24

Banetyperne vist her er som nevnt forenklete og generaliserte. Jernbaneverket har identifisert den praktiske infrastrukturkapasiteten for jernbanestrekningene og andre flaskehalser, og disse er brukt i kapittel 7.6.1 [59].

Tallene vist i Tabell 61 legges til grunn for det videre arbeidet, der tall for strekninger ikke allerede er gitt. I kapittel 7.6.1 er i hovedsak tall fra Jernbaneverkets rapport brukt [59].

### 6.4.3

#### S1 og S2 S-banesnitt

Med forutsetningene som ligger til grunn i Tabell 59 og Tabell 60 er det definert to typiske S-banesnitt. I enkelte konsepter utviklet i KVU Oslo-Navet disse J2-tverrsnittene.

Det vil være en mulighet for å trafikere godstog på disse strekningene, der banens geometri tillater det. S-togstrekninger dimensjonert for kun persontog vil kunne ha stigning, fall og overhøyder som gjør at gods kun i avvikssituasjoner kan benytte de. Er geometrien tilstrekkelig, som det er på tverrsnitt J2, vil kjøring av gods forstyrre mange av fordelene vist i kapittel 6.4.1. Ved å endre strekningen fra et lukket S-banesystem til et åpent system med gods, mister man kapasitet i henhold til

Tabell 58.

Et S-banesystems togfølgetider kan også reduseres ved å innføre ETCS Level 3, men de fleste godstog er ikke utrustet for dette, og vil ikke kunne ta like stort kapasitetsmessig utbytte av dette. Analyser gjort i Open Track viser imidlertid at det i grunnrute er mulig å oppnå en kapasitet på over 30 tog/time i grunnrute for S-bane med ETCS L3 til grunn. Konsekvensen av et godstog uten optimaliserte blokkstrekninger er her 1/3 av ruteleiene, det vil si ca. 10 ruteleier [58]. Det må tas en del forbehold om disse beregningene.

ETCS Level 3 er på planleggingsstadiet og ikke vurdert på operativt nivå i Norge.

Tabell 62: Kapasitet for S-banetyper

#	Banetype	Eksempel i Oslo-Navet	Antall tog pr. retning i rushtimen
S1	Dobbeltsporet strekning, 2-spors stoppesteder	Teoretisk, ingen i dag	25
S2	Dobbeltsporet strekning, 2-spors stoppesteder, med gods	Teoretisk, ingen i dag	13–16

#### 6.4.4

##### Potensiell kapasitet på ny infrastruktur

Vending vest for Oslotunnelen (Skøyen og Høvik) gir mange avganger med lavt belegg vest for Nationaltheatret. Dette innebærer samtidig en kapasitetsreserve i Vestkorridoren. Denne reserven kan utnyttes ved:

- Mating til vestlig endepunkt: Stabekk, Lysaker eller Skøyen
- At togene trekkes lenger vest. For eksempel kan tog som vender på Skøyen, Høvik og Asker forlenges videre vestover til Sandvika, Ringeriksbanen, Asker/Spikkestad, Drammen, Vestfold, Kongsberg eller en ny bane til Hurum. Forutsetter kapasitetstiltak i korridoren (Sandvika, Asker, Drammen).
- Å bygge nye baner i vest (Ringeriksbanen, en mulig Hurumbane)

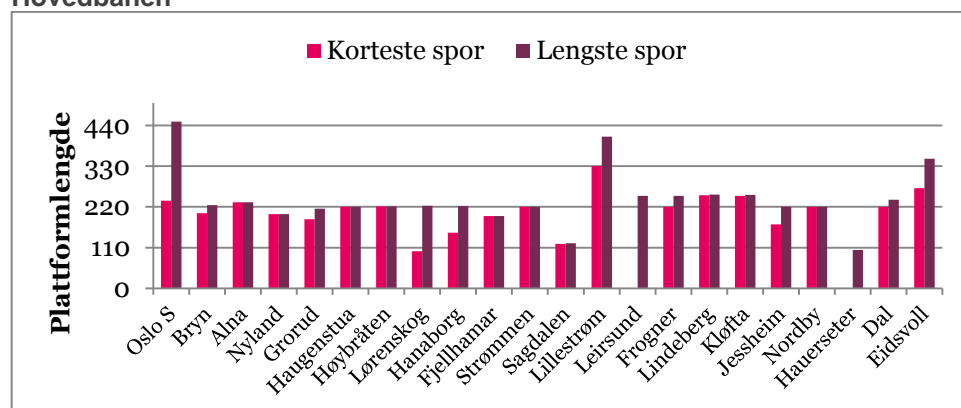
#### 6.4.5

##### Økt toglengde til 220 meter

Banetyper for jernbane og S-bane med korte plattformer (<220 meter) vil få en dobling av personkapasiteten dersom de oppgraderes slik at det kan kjøres doble togsett på disse strekningene. I det følgende er plattformlengder på strekningene ut fra Oslo vist i diagrammer med 110 meters intervaller markert [58]. Selv om enkelte plattformer er over 330 meter, er fokuset i dette delkapittelet hvilke plattformer som har mulighet til å betjene hvilke toglengder.

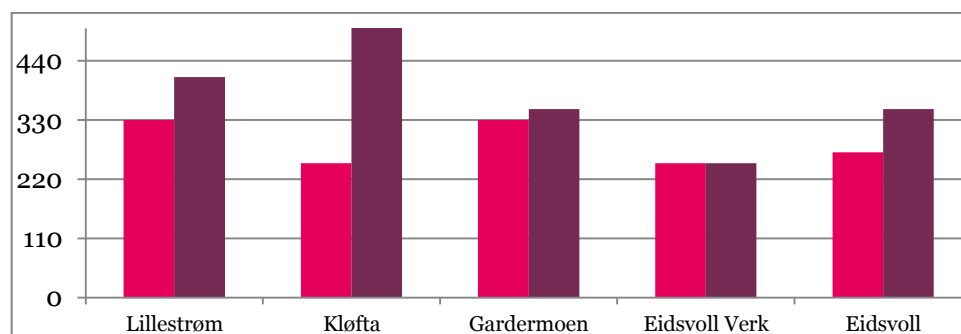
Gjennomgangen er basert på Jernbaneverkets «Network Statement» [58] som ikke er helt oppdatert når det gjelder plattformlengder. Det er gjort et omfattende arbeid med forlengelse av plattformer til 220 m i forbindelse med innføring av nytt togmateriell og ny ruteplan 2014/2015 for Østlandet. Alle disse tiltakene er ikke fanget opp i «Network Statement».

### Hovedbanen



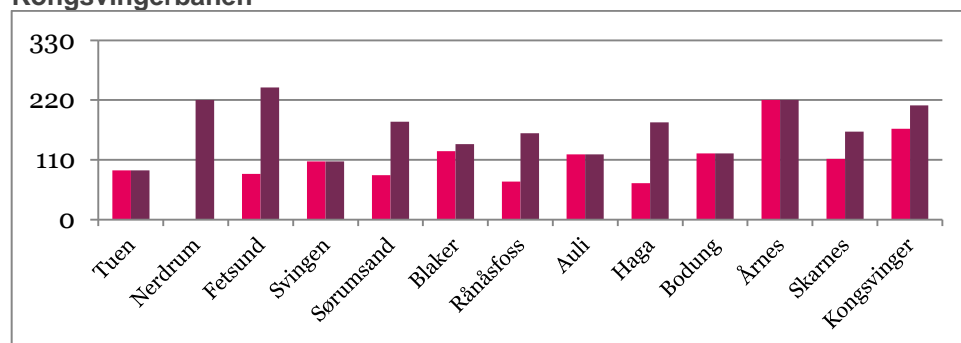
Figur 35: Plattformlengder på Hovedbanen [58]

### Gardermobanen



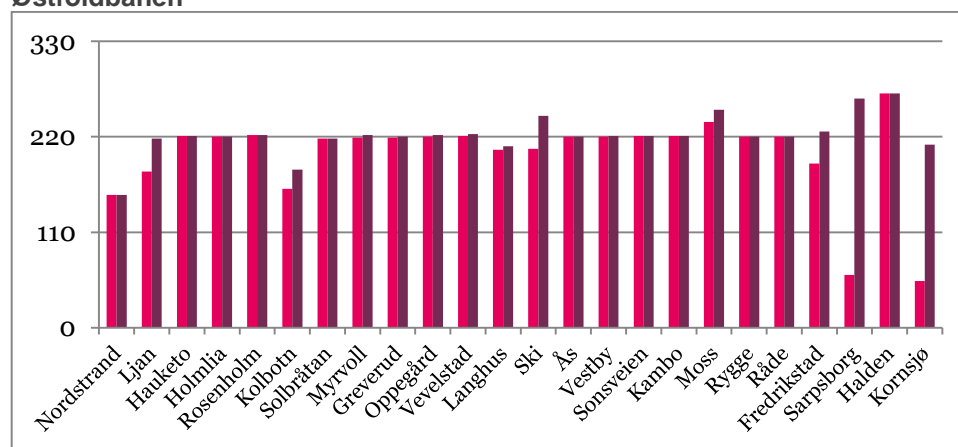
Figur 36: Plattformlengder på Gardermobanen [58]

### Kongsvingerbanen



Figur 37: Plattformlengder på Kongsvingerbanen. [58]

### Østfoldbanen



Figur 38: Plattformlengder på Østfoldbanen. Merknad: plattformene på råde er forlenget til 220 m. [58]

### Østfoldbanen: Østre linje



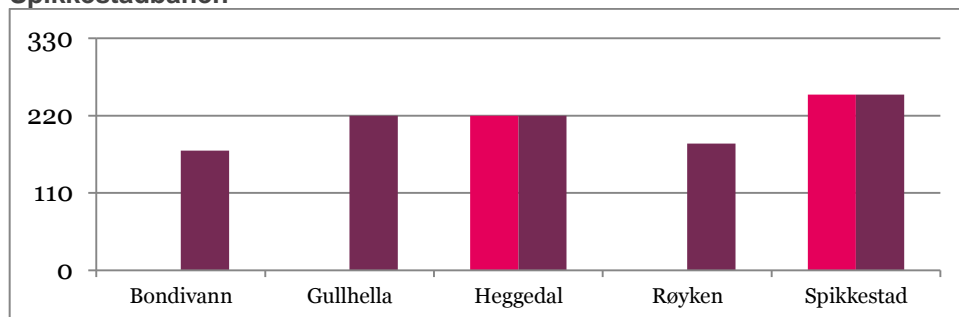
Figur 39: Plattformlengder på Østfoldbanen: Østre linje [58] [61].

### Drammenbanen + parsell av Sørlandsbanen



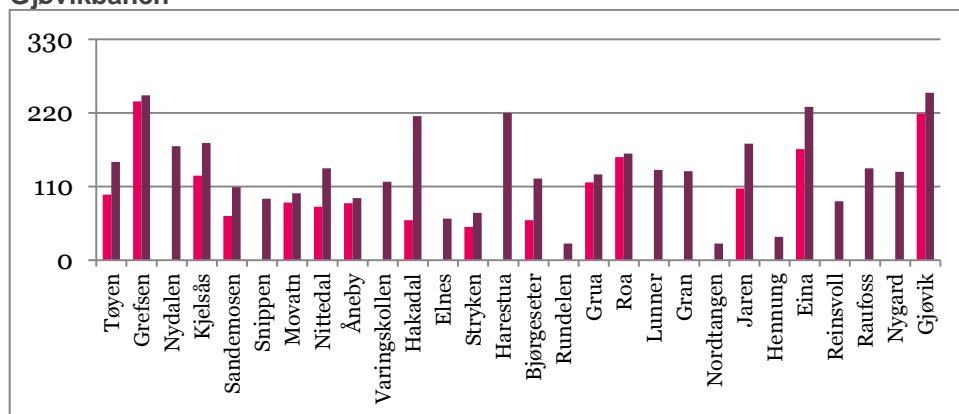
Figur 40: Plattformlengder på Drammenbanen + deler av Sørlandsbanen. Merknad: 1 plattform på Darbu er forlenget til 220 m. [58]

### Spikkestadbanen



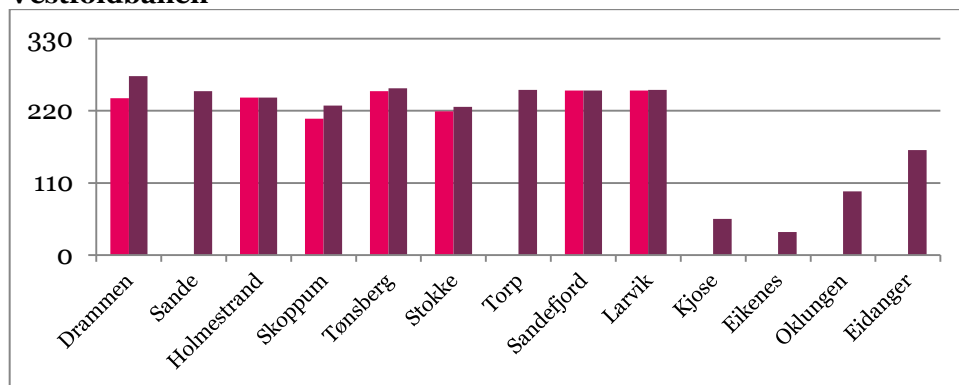
Figur 41: Plattformlengder på Spikkestadbanen [58]

### Gjøvikbanen



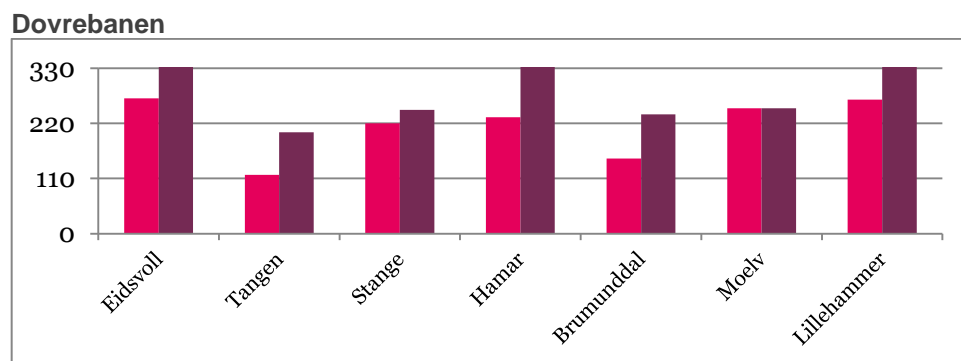
Figur 42: Plattformlengder på Gjøvikbanen [58]

### Vestfoldbanen



Figur 43: Plattformlengder på Vestfoldbanen [58]



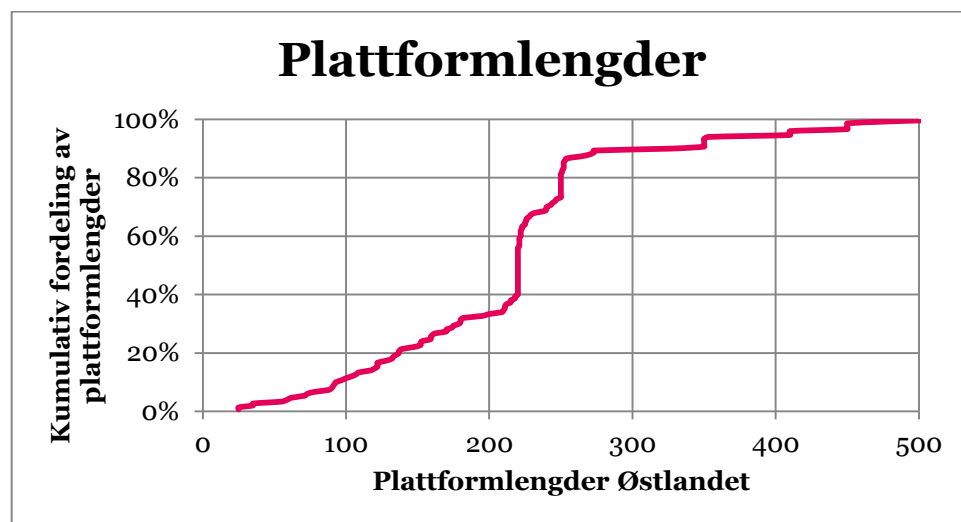


Figur 44: Plattformlengder på Dovrebanen [58]

Som det framgår av figurene over, er det langt fra alle strekningene som har plattformlengder til å håndtere tog med lengde på 220 meter. I Tabell 63 er disse oppsummert.

Tabell 63: Andel plattformer kortere enn 110, 220 og 330 meter på hovedstrekningene på jernbanen

	Andel plattformer kortere enn		
	110 m	220 m	330 m
Dovrebanen	0 %	29 %	79 %
Vestfoldbanen	15 %	30 %	100 %
Hovedbanen	5 %	52 %	93 %
Østfoldbanen	6 %	56 %	98 %
Drammenbanen	8 %	58 %	94 %
Spikkestadbanen	0 %	56 %	89 %
Gjøvikbanen	42 %	87 %	98 %
Kongsvingerbanen	29 %	89 %	96 %
Østre linje	22 %	44 %	100 %
Gardermobanen	0 %	0 %	64 %



Figur 45: Plattformlengder Østlandet

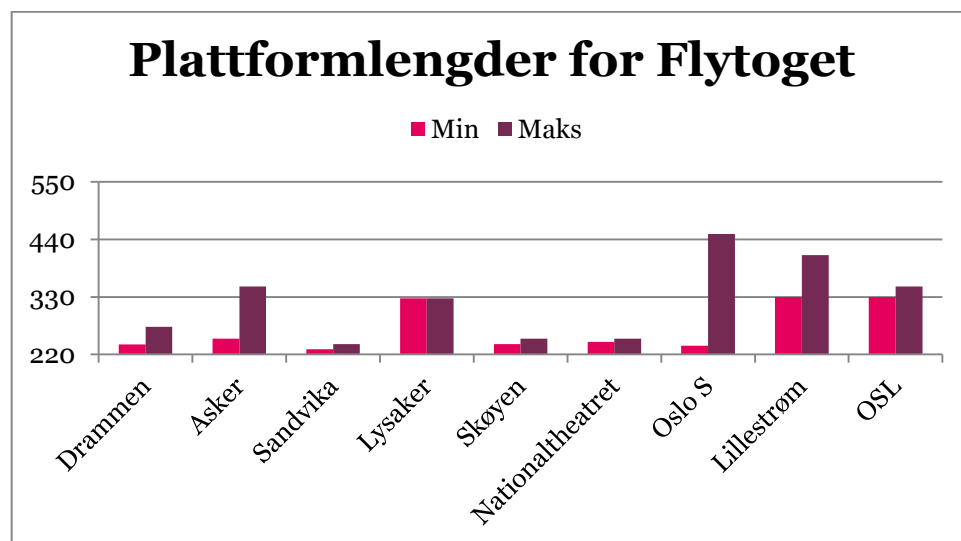
#### 6.4.6

#### Økt toglengthe til 330 meter

På tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn er det potensial for en **50 prosent** kapasitetsøkning. Dette er mulig ettersom plattformene på Oslo Lufthavn og Oslo S er langt nok til at man kan kjøre tog med tre togsett (12 vogner). I dag kjøres kun tog med to togsett (8 vogner). Den totale lengden for et trippelsett er 325 meter.

Det kan på Flirt-togsettene også settes inn en ekstra vogn, slik det er blitt gjort på type 71 hos Flytoget AS. Et enkeltsett vil da ha en total lengde på 123,5 meter, og få en økt kapasitet med 15–20 prosent. Dobbeltsettene blir da 247 meter lange.

Disse tiltakene forutsetter at det er lange nok plattformer til å betjene lengre tog. Kun 20 prosent av plattformene på Østlandet 250 meter eller lengre, og kun 5 prosent er 350 meter eller lengre (triple togsett).



Figur 46: Plattformlengder langs tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn sin trasé

## 6.5 T-bane

### 6.5.1 Dagens infrastruktur og begrensninger

T-banesystemet i Oslo består av 4 vestlige grenlinjer, 4 østlige grenlinjer og en ringbane som alle møtes i en fellestunnel mellom Majorstuen og Tøyen. Hele T-banesystemets kapasitet begrenses hovedsakelig av fellestunnelens kapasitet, det vil si hvor mange tog pr. time som sikringsanlegget i tunnelen tillater [55].

### 6.5.2 Potensiell kapasitet på ny infrastruktur

Kapasitetspotensialet for T-banen og fellestunnelen ligger hovedsakelig i et nytt sikringsanlegg som kan registrere en mer nøyaktig posisjonering av togene og dermed reduserer togfølgetiden og gi mulighet til å kjøre togene tettere.

For T-bane er det definert tre forskjellige dimensjonerende driftsituasjoner:

- T1: Vanlig drift (dagens situasjon)
- T2: Halvautomatisk drift (CBTC)
- T3: Helautomatisk drift (førerløs drift med CBTC)

Halvautomatisk drift innebærer at kjøringen mellom stasjonene og innbremsingen til stasjonen kan skje automatisk, men at det fortsatt er vognførers oppgave å igangsette toget ved stasjonene samt å stenge dørene. Halvautomatisk drift gir som helhet en hurtigere trafikkavvikling da toget kan kjøre tettere på den optimale hastighet. Dette gir bedre forutsetninger for å redusere forsinkelser i systemet.

Helautomatisk drift innebærer at det ikke finnes noen fører ombord i toget i det hele tatt. Det er opp til de tekniske systemene å forhindre feil og driftsforstyrrelser. Signalsystemet trenger imidlertid en del tilpasninger av infrastrukturen som avskjerming av banen, etablering av sikkerhetssystemer, montering av kameraer, tilpasning av tog, oppgradering av tunnelene med tanke på rømning, osv.

I Ruters KVU om nytt sikringsanlegg for T-banen anslås det en kapasitetsøkning til 36 tog i timen ved innføring av CBTC. Leverandører har indikert en mulighet for at kapasiteten gjennom fellestunnelen – gitt ideelle forutsetninger – kan økes til hele 40 tog pr. time. Utredningen avviser en ytterligere kapasitetsgevinst ved helautomatisk drift [55].

I utredningen om nytt sikringsanlegg er det imidlertid noen forutsetninger som KVU Oslo-Navet vurderer ikke er tilstrekkelig til stede.

- Anleggene vest for Majorstuen stasjon gir lengre togfølgetider enn det som er ideelt
- T-banen i Oslo har en mye større kompleksitet enn CBTC vanligvis bygges for. De viktigste er:
  - Svært mange grenbaner
  - Ringbanedrift gir stor fare for følgeforsinkelser
  - Enkelte grenbaner er svært lange
  - Frognersteterlinjen kan ikke kjøres med 6-vogners tog. Korte tog i tett trafikk inne imellom lange tid gir for lange stasjonsopphold.

Trafikknivåer på 36, 40 tog pr. time eller høyere vil normalt forutsette en «metro-drift» der hver linje opereres separat. Slik linjadrift med kort togfølgetid er mer robust for driftsforstyrrelser. Dersom et tog blir forsinket, kan passasjerene uansett ta første tog som kommer. I Oslos tilfelle, må man vente på tog til «sin» grenbane. Det vises også til at prøvedrift med 32 tog i timen bekrefter problemene med togfølgetider inn mot Majorstuen.

Det kan være mulig å «bygge seg ut» av noen av de påpekte problemene. KVU Oslo-Navet har ikke vurdert dette i detalj, men legger til grunn at dette vil innebære betydelige arbeider. I stedet for å legge store ressurser i midlertidige løsninger, har KVU Oslo-Navet utarbeidet konsepter der ressursene legges i å skape framtidsrettede løsninger med ny kapasitet og nye reisemuligheter.

KVU Oslo-Navet legger derfor en kapasitet på 32 tog/time til grunn for beregninger med halvautomatisk bane. Dersom KVU Oslo-Navet anbefaler en ny T-banetunnel, bør Majorstuen bygges slik at innføring av Fornebubanen blir en første fase av en ny tunnel. Den økte stasjonskapasiteten kan om nødvendig brukes til å vende noen av avgangene fra banene vestfra slik at man holder seg innen kapasitetsbegrensningen på 32 tog pr time i fellestunnelen.

Tabell 64: Potensiell togkapasitet i fellestunnelen ved forskjellige signalsystem [55].

#	Signalsystem	Antall tog pr. time og retning i rush	Kapasitetsøkning
T1	Vanlig drift	28 tog/t	0 %
T2a	Halvautomatisk drift (CBTC) Realistiske forutsetninger	32 tog/t	14 %
T2b	Halvautomatisk drift (CBTC) ideelle forutsetninger	36 tog/t	29 %
T3	Helautomatisk drift (førerløs drift og CBTC)	36 tog/t	29 %

## 6.6

### Overflate (trikk og buss)

Kapasitetsmessig er driftsartene på overflaten langt mer komplekst enn T-bane og jernbane. Der T-banen og jernbanen i stor grad separert fra annen trafikk, deler buss og trikker ofte sin trasé med personbiler, varebiler, hverandre og sågar gående og syklende. Det er en omfattende prosess å gi eksakte tall for disse driftsartene, da det (i forhold til de to driftsartene nevnt over) er mange ukjente faktorer. På dette utredningsnivået er det derfor gjort en del forenklinger, og det er heller siktet mot et mer helhetlig bilde enn en detaljanalyse av Oslos kryss og stoppesteder.

### 6.6.1

#### Dagens infrastruktur og begrensninger

Det finnes i Oslo i dag en rekke ulike utforminger av gater der det går kollektivtrafikk. I disse gatene vil også alt fra utforming av stoppesteder til antall linjer som benytter samme stoppested ha en direkte innflytelse på hvor mange kjøretøyer et gitt tverrsnitt har kapasitet til.

Det er gjort en grov kategorisering av de ulike tverrsnittene ved å sammenligne hvor stor sammenblanding man har av typer trafikk. Prosjektet har definert sju typiske tverrsnitt:

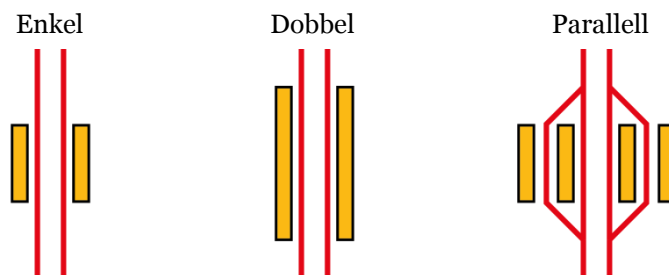
- O1: Ren trikkestrasé uten annen trafikk
    - O1a: Trikkegate
    - O1b: Forstadstrikk
  - O2: Ren busstrasé uten annen trafikk
    - O2a: Bussgate
    - O2b: Bussåre
  - O3: Kollektivtrafikkgate med separate stoppesteder for buss og trikk
  - O4: Kollektivtrafikkgate med felles stoppesteder for buss og trikk
  - O5: Gate med trikk og blandet trafikk
  - O6: Gate med buss og blandet trafikk
  - O7: Gate med både buss, trikk og blandet trafikk Det pekes på noen viktige punkter når man behandler overflateinfrastruktur:
1. Gatekapasitet og miljøkapasitet: i indre by vil en tung trafikk av regionbusser som ikke betjener området (bare gjennomkjøring), oppleves som et miljøproblem og bidra til en barriereeffekt. Eksempler: Bygdøy allé og Schweigaards gate. Regionbusser er derfor i stor grad lagt ut på hovedveiene og noen av bussenes fordeler (fleksibilitet, flatedekning) forsvinner. Også et stort antall bybusser og/eller trikker i en gate vil gi kunne gi miljøproblemer, barriereeffekter og mindre areal for syklende og gående.
  2. Bussprioritering: Det er i praksis vanskelig å få gjennomgående kollektivfelt langs hovedveiene, inn mot regionale knutepunkter og gjennom indre by til sentrum. Ved den praktiske gjennomføringen blir det gjort kompromisser for eksempel med blandet trafikk på påkjøringsramper og i rundkjøringer. Kollektivfeltene er i hovedsak åpne for drosje og elbiler, noe som mange steder gjør en god utforming av stoppesteder vanskelig.
  3. Prioritering i kryss: I sentrumsgatenettet er det utfordrende å prioritere trikker og busser i kryss da tunge kollektivtraseer krysser hverandre i plan. I tillegg er det store kryssende strømmer av fotgjengere, spesielt i knutepunktsområder og ved større stoppesteder. I praksis blir dette svært begrensende for hvor mange trikker og busser det er mulig å framføre uten vesentlige driftsforstyrrelser eller «klumping» gjennom sentrum, selv med eksklusive traseer for trikk eller buss. Eksempel; kryssområder ved Jernbanetorget og Storgata/Brugata.
  4. Terminaler/knutepunkter: Med omfattende busstrafikk får man et stort arealbehov og anstrengt kapasitet i terminalene. Det er mangel på prioriterte traseer inn mot/ut fra terminalene. Flere steder kjører busser utenom regionale knutepunkter fordi det tar for langt tid å kjøre av og på det overordnede veinettet (eksempel: Sandvika).

Trikkenettet har på samme måte som T-bane og jernbane fellesstrekninger øst-vest gjennom sentrum. Kapasiteten på disse strengene bestemmer hva som er mulig å kjøre på "grenlinjene". Se kapittel 7.6.2.

Blanding av buss og trikk gir trengsel på stoppesteder, dårlig framkommelighet og uklar rolledeling for den reisende.

Figur 48 og Figur 49 er uttak fra transportmodellens referanseberegning for 2010 og viser buss- og trikkfrekvenser i rushtimen. Disse uttakene er nyttige for å orientere seg i hvilke trafikkmengder som finnes for overflatedriftsartene. Merk at uttakene ikke viser 2015-situasjonen, men de gir likevel et godt innblikk i trafikkvolumene i Oslo-området.

### Doble, enkle og parallelle stoppesteder



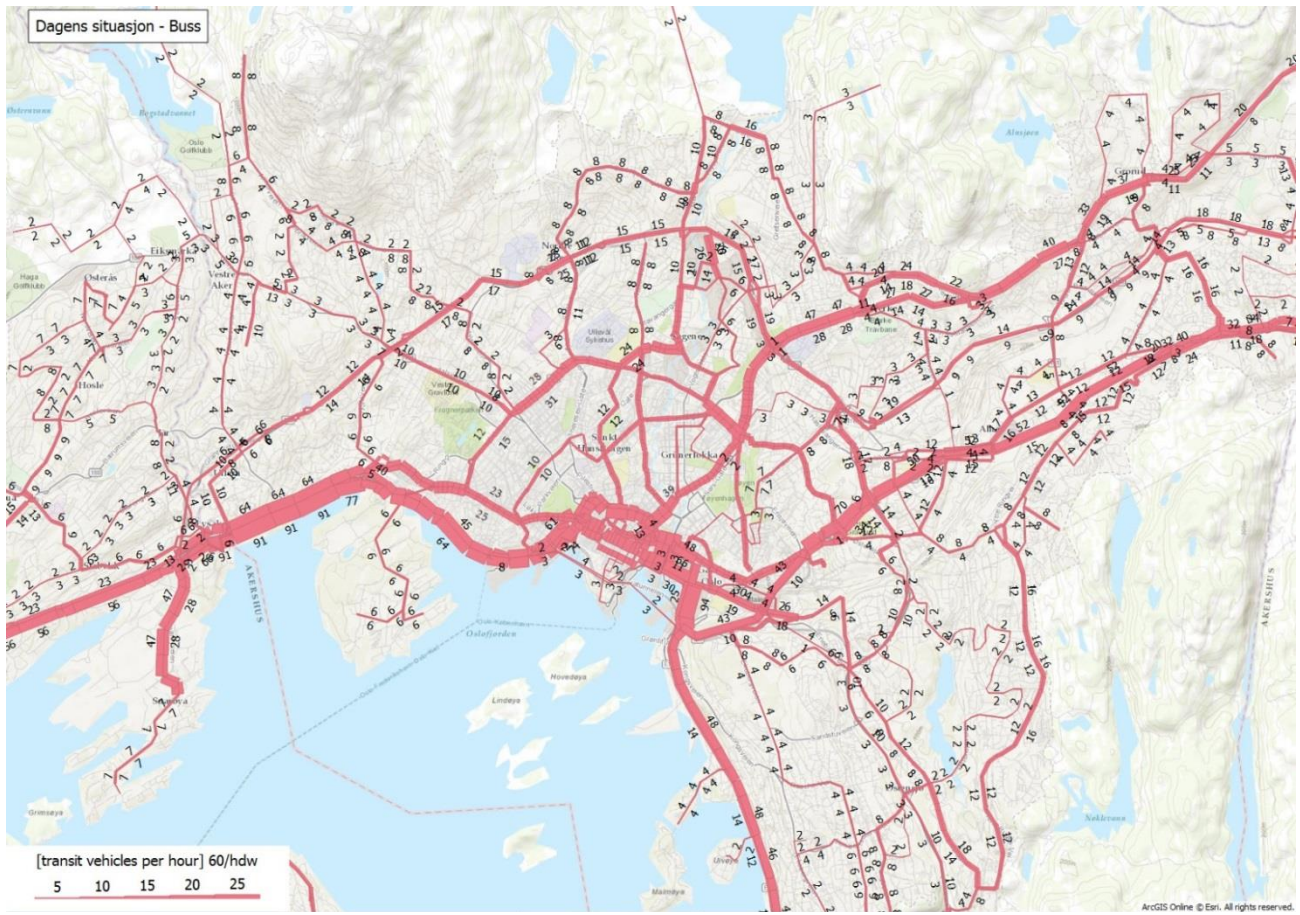
Figur 47: Enkelt, dobbelt og parallelt enkelt stoppested

Et enkelt stoppested for buss eller trikk er utformet slik at kun et kjøretøy kan benytte stoppestedet om gangen. Et dobbelt stoppested kan okkuperes av to kjøretøy samtidig. Et parallelt stoppested kan ha enten enkle, doble (sågar triple eller lengre) stoppesteder.

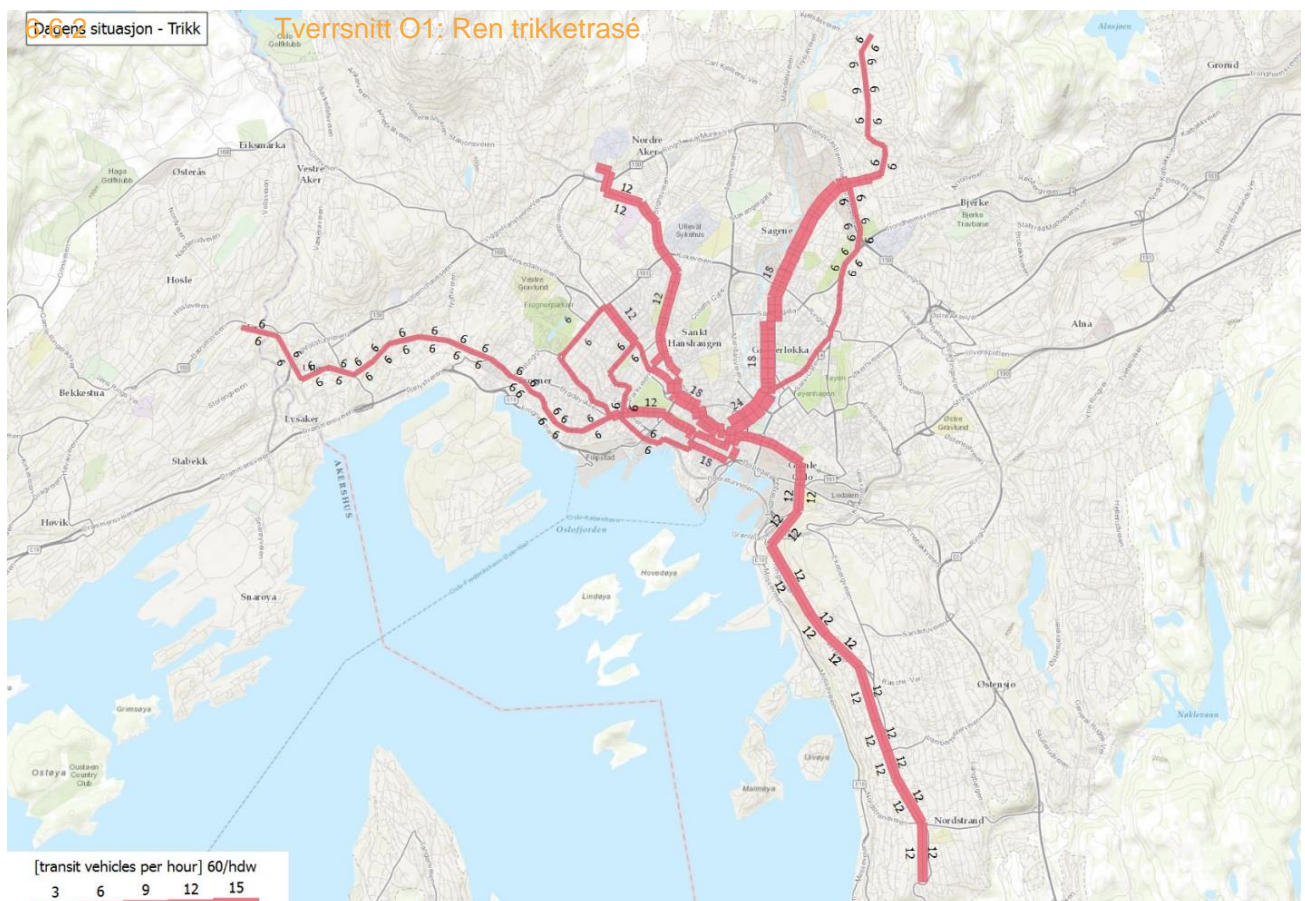
Kapasiteten til et enkelt stoppested er begrenset av at kun ett kjøretøy kan stå der om gangen. Kjøretøyet må kjøre før et nytt kan stoppe.

Kapasiteten til et dobbelt stoppested er ikke det dobbelte av et enkelt stoppested, med mindre det for eksempel dreier seg om et stoppested for buss med mulighet til å kjøre ut i et kjørefelt på utsiden av stoppestedet (tilsvarende busslommer). Det bakre kjøretøyet som stopper kan ikke kjøre videre før det fremre er kjørt.

Kapasiteten til et parallelt stoppested er i prinsippet summen av kapasiteten til hvert av stoppestedene den består av, med en mulig reduksjon knyttet til sammenføring av trafikk nedstrøms stoppestedet.

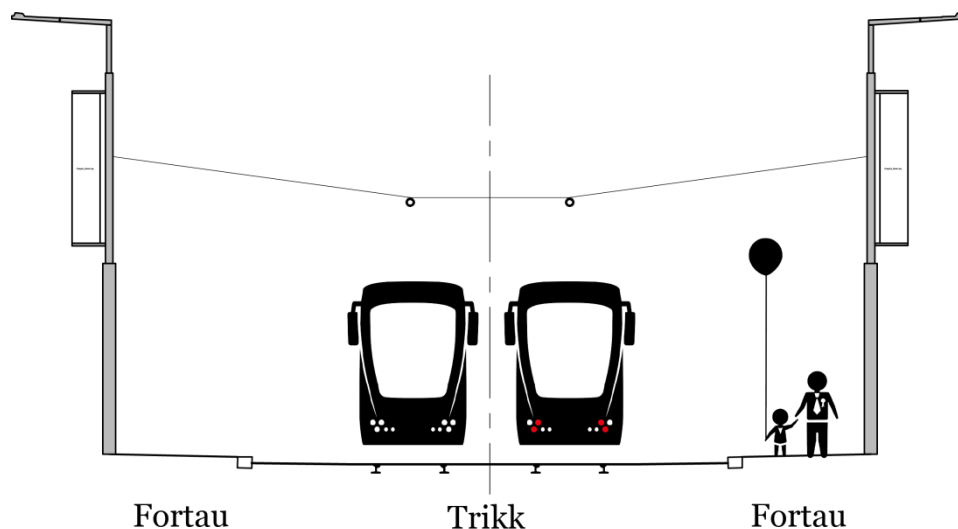


Figur 48: Antall busser i timen på vegstrekninger i morgenrush. Dagens situasjon



Figur 49: Antall trikker i timen i Oslo i morgenrush. Dagens situasjon.

En ren trikketrasé er der det er ingen annen trafikk i trikkens trasé. Det skilles mellom to typer rene trikkestraseer: trikkegater og forstadstrikker.



Figur 50: Eksempeltverrsnitt for en trikkegate

En forstadstrikk, lik den man finner på Ekebergbanen utenfor Gamlebyen eller på Lilleakerbanen mellom Øraker og Hoff, se Figur 50. Her har trikken en karakter liknende jernbanen, med planskilte kryssinger og relativt høy hastighet. En trikkegate skiller seg fra dette ved at det, til tross for at det ikke er annen trafikk i traseen, er mye kryssende trafikk. Trikkegatene legges til grunn for KVU Oslo-Navets utvikling av trikkekonsepter i bykjernen, med O3–5 brukt unntaksvis.

En frekvens på 24 trikker i timen tilsvarer en gjennomsnittlig følgetid på 2,5 minutter og muliggjør god flyt gjennom kryss med prioritet for trikken og en kvalitet som er nødvendig for å kunne konkurrere mot personbil.

En ren trikketrasé vil gi en relativt høy kapasitet for trikken. Prosjektet legger følgende verdier til grunn i dette tverrsnittet [5]:

Tabell 65: Praktisk kapasitet for varianter av trikkestrasétype O1.

#	Tverrsnitt	Eksempel i Oslo	Kapasitet enkle stoppesteder [trikker/time/retning]	Kapasitet doble stoppesteder [trikker/time/retning]
O1a	Trikkegate	Grensen	24	24
O1b	Forstadstrikk	Ekebergbanen	30	45

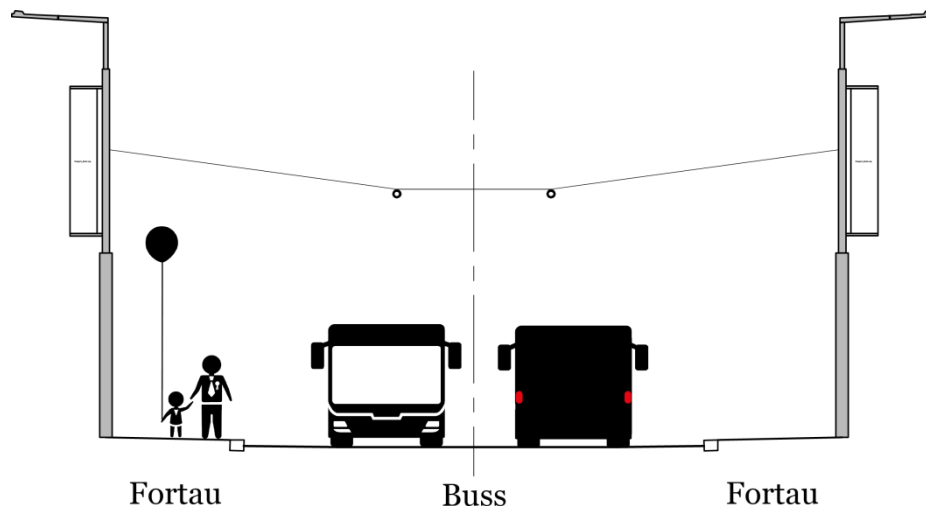
Som det typiske tverrsnittet velges en trikkegate med enkle stoppesteder, for å gi et bilde av hva en kapasitetssterk trikkelinje vil kunne gi, også sett i sammenheng med tverrsnitt O2.



## 6.6.3

## Tverrsnitt O2: Ren busstrasé

Som tverrsnitt O1 er det undersøkt hvilken kapasitet en ren busstrasé vil kunne gi. Det skilles mellom to rene busstraseer: bussgater og bussårer. En bussgate tilsvarer O1a's trikkegate, der annen trafikk holdes borte fra gaten, men kryssende trafikk og kryssprioritering er dermed en utfordring. Når Tollbugata står ferdig i 2016, vil denne gaten være i kategorien Oa2. En bussåre blir da nærmere O1b's forstadstrikk. Dette er høyprioriterte busstraseer utenfor gatenettet.



Figur 51: Eksempeltverrsnitt for ren busstrasé

Det er vanskelig å fastsette nøyaktige tall for disse tverrsnittene, og tallene er avhengig av hvilke forutsetninger man legger til grunn. Infrastrukturkapasiteten for en busstrasé vil begrenses av enten krysskapasiteten eller stoppestedkapasiteten. Erfaringer tilsier at det i bygatene vil være begrenset av krysskapasiteten, og bussårene av stoppestedkapasiteten.

Statens vegvesen oppgir i sin håndbok V123 (Kollektivhåndboka) at signalregulerte kryss gir en strekningskapasitet mellom 40 og 320 busser i timen [56] på strekninger med kun buss og i kollektivfelt. Det er grunn til å tro at med store tverrstrømmer av både bil- og gang- og sykkeltrafikk vil denne kapasiteten reduseres.

For busser i sentrumsgater (med kryssprioritering) er det derfor vurdert at bussgater med god framkommelighet og dermed få forsinkelser ikke burde ha mer enn 30 busser pr. time og retning. Det er mulig å framføre flere busser enn dette, men det vil da øke sannsynligheten for forsinkelser og dermed vil busstilbudet få en lavere kvalitet enn ønskelig, spesielt med tanke på konkurranseforholdet mot personbil.

I henhold til Statens vegvesens *Kollektivhåndboka* (V123) har et busstoppested, avhengig av utforming, kapasitet til å ta unna mellom 5 og 240 busser i timen. Stoppestedkapasiteten er avhengig av en rekke faktorer knyttet til bussens framkommelighet, antall oppstillingsplasser og på/avstigningshastighet for de reisende, se Tabell 66 [56].

Tabell 66: Teoretisk stoppestedkapasitet for buss, ved 10 prosent sannsynlighet for at stoppestedet er opptatt av annen buss (avvisning). Tallene er hentet fra Statens vegvesens håndbok V123 Kollektivhåndboka, [56].

	Oppholdstid		
	25 sekunder	40 sekunder	60 sekunder
Stoppested med 1 oppstillingsplass	15–100 kjt/t	10–60 kjt/t	5–40 kjt/t
Stoppested med 2 oppstillingsplasser	70–170 kjt/t	45–100 kjt/t	30–65 kjt/t
Stoppested med 3 oppstillingsplasser	150–240 kjt/t	90–140 kjt/t	60–90 kjt/t

Referanseoppholdstiden for bussene er beregnet til å være mellom 25 og 31s. Siden det i de dimensjonerende snittene kan antas at oppholdstidene vil være større enn dette, legger prosjektet seg på en kapasitet tilsvarende en midlere oppholdstid på 40 sekunder. Dette gir i teorien mulighet til en kapasitet på opptil 140 busser i timen, avhengig av stoppestedutformingen (se Tabell 66).

For å sikre framkommeligheten og et godt tilbud til de reisende er det valgt en kapasitet på 50 busser pr.time for bussårer med enkle stoppesteder, men dette tallet er som nevnt tidligere avhengig av de stedlige forhold.

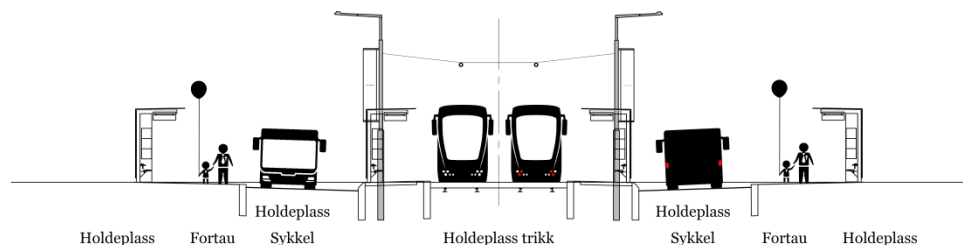
Det er også her mulig å framføre flere busser enn dette, men det vil da øke sannsynligheten for forsinkelser og dermed en lavere kvalitet på tilbudet.

Tabell 67: Praktisk kapasitet for varianter av busstrasétype O2.

#	Tverrsnitt	Eksempel i Oslo	Kapasitet enkle stoppesteder [trikker/time/retning]	Kapasitet doble stoppesteder [trikker/time/retning]
O2a	Bussgate	Stortingsgata	30	30
O2b	Bussåre	E18 Vestkorridoren	50	75

6.6.4

Tverrsnitt O3: Kollektivtrafikkgate for buss og trikk med separate stoppesteder



Figur 52: Eksempeltverrsnitt for kollektivgate med separate stoppesteder

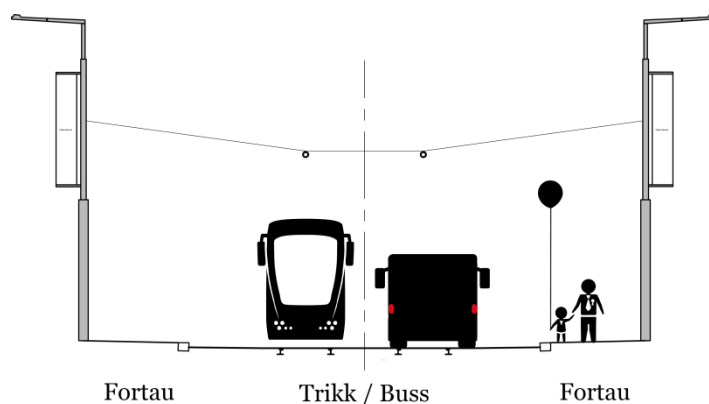
En slik kollektivgate vil ha felles trasé for busser og trikker mellom stoppesteder, men separate stoppesteder for disse. Det er vanskelig å gi noe konkret kapasitet her, da det er mange faktorer som gir usikkerhet om tallet. Det er en viss sannsynlighet, avhengig av kryssløsninger, at kapasiteten vil ligge noe under tverrsnittene O1 og O2. I Oslo ligner Storgata på et slikt snitt, med 24 trikker / time og 42 busser / time, til tross for at det er blandet trafikk på deler av strekningen. I Storgata (Brugata stoppested) er det imidlertid betydelige framkommelighetsproblemer. Her ligger antall busser og trikker over det som bør legges til grunn for en robust trafikkavvikling med god kvalitet.

Dersom det tilknyttede stoppestedet for buss har en høy utnyttelse, vil verdiene i Tabell 68: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O3, være gjeldende. For type O3 velges enkle stoppesteder da det uansett vil være krysskapasiteten, fotgjengerstrømmer o.a. som vil være dimensjonerende for denne type kollektivgate i sentrum.

Tabell 68: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O3.

Variant	Kapasitet [trikker/time]	Kapasitet [busser/time]
Enkle stoppesteder	24	30

## 6.6.5 Tverrsnitt O4: Kollektivtrafikkgate for buss og trikk med felles stoppesteder



Figur 53: Eksempeltverrsnitt for kollektivgate med felles stoppested for buss og trikk.

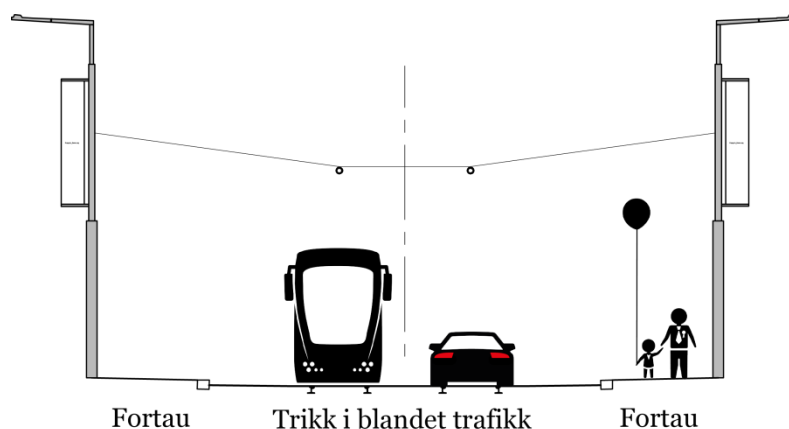
I likhet med tverrsnitt O3 deler bussene og trikkene trasé hele eller deler av veien mellom stoppestedene, men deler plattform. Selv om det ikke er det mest utbredte tverrsnittet i Oslo, finnes det på enkelte strekninger, slik som på Thune. Her er det 6 trikker pr. time og 34 busser pr.time. Igjen legges enkle stoppesteder til grunn for tverrsnittet. Da framkommelighet og kryssprioritering igjen vil være sentrale, begrensende faktorer, er kapasiteten dermed lagt til å være en blanding av O1 og O2. Dette er ikke det mest ønskelige tverrsnittet for å oppnå en tydelig rolledeling mellom buss og trikk.

Tabell 69: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O4.

Variant	Kapasitet [trikker/time]	Kapasitet [busser/time]
Enkle stoppesteder	24 minus antall busser	30 minus antall trikker
Doble stoppesteder	24 minus antall busser	30 minus antall trikker

6.6.6

Tverrsnitt O5: Gate med trikk og blandet trafikk



Figur 54: Eksempeltverrsnitt på trikk i gate med blandet trafikk.

Dette er det vanligste trikketverrsnittet man finner i Oslo i dag. Her deler trikken kjørefelt med bilene og har forkjørsrett i kryss. I Oslo er Thorvald Meyers gate et eksempel, med 18 trikker pr. time [62].

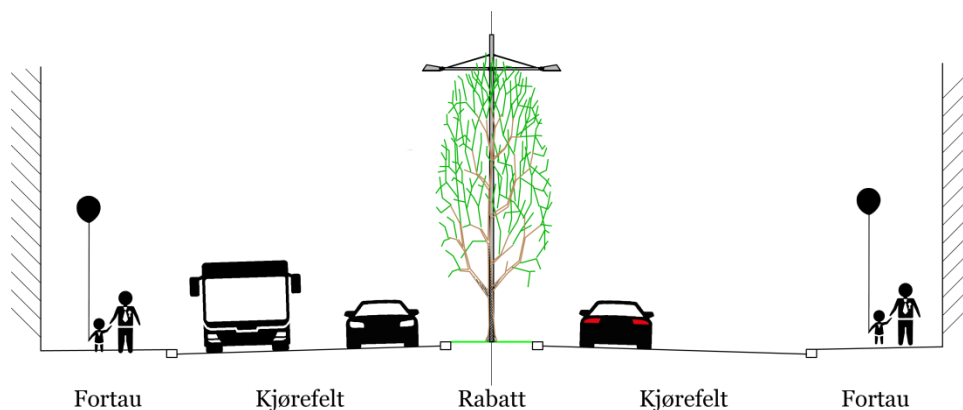
Det antas at tverrsnittet har en kapasitet i størrelsesorden som tverrsnitt O1, men med en reduksjon prosentvis avhengig av blant annet mengde annen trafikk, kryssutforming m.m. For tverrsnitt O5 legges det til grunn enkle stoppesteder og en kapasitet på 19 trikker i timen.

Tabell 70: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O5.

Variant	Kapasitet O1a [trikker/time]	Kapasitetsreduksjon [%]	Kapasitet [trikker/time]
Enkle stoppesteder	24	5-50	12-22
Doble stoppesteder	24	5-50	12-22

## 6.6.7

## Tverrsnitt O6: Gate med buss og blandet trafikk



Figur 55: Eksempeltverrsnitt på buss i blandet trafikk (her uten kollektivfelt)

Som i O5 er dette et vanlig tverrsnitt å se mange steder i og utenfor bykjernen i Oslo. Dette tverrsnittet er uten kollektivfelt. Den anbefalte grenseverdien for kollektivfelt (som innebærer tverrsnitt O2) er 8 busser / time [56]. I Oslo finner man dette snittet for eksempel på Økernveien, hvor det går 7 busser i timen/retning.

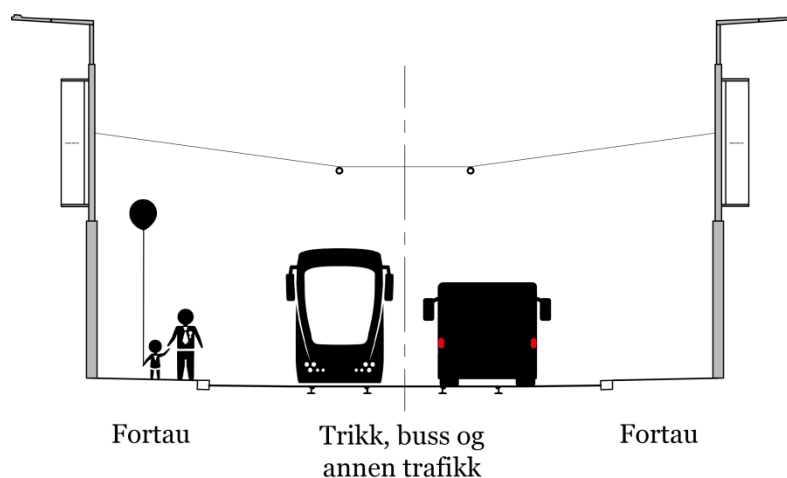
Det antas at man, avhengig av veiens ÅDT, får en kapasitet i intervallene gitt i Tabell 66. Som nevnt legger KVU Oslo-Navet seg på en midlere oppholdstid på 40 sekunder. Blandingen av trafikk, gir som vist i 0 en redusert trafikkapasitet for bussen. En bussgate i bykjernen vil dermed ha mellom 50 – 95 prosent av kapasiteten til tverrsnittet O2a (gitt at øvrig trafikk ikke ødelegger framkommeligheten helt). For tverrsnitt O6 legges det til grunn en kapasitet på 24 busser i timen

Tabell 71: Stoppestedkapasitet buss i tverrsnitt O6 [56]

Variant	Kapasitet O2a [busser/time]	Kapasitetsreduksjon [%]	Kapasitet [busser/time]
Enkle stoppesteder	30	5-50	15-28
Doble stoppesteder	30	5-50	15-28

## 6.6.8

## Tverrsnitt O7: Gate med trikk, buss og blandet trafikk



Figur 56: Eksempeltverrsnitt på gate med trikk, buss og annen trafikk

Dette tverrsnittet er det minst gunstige tverrsnittet kapasitetsmessig, da alle motoriserte transportmidler vil kunne forsinke hverandre. I Oslo benyttes dette i blant annet Stortingsgata, der det i dag går 12 trikker og 54 busser i makstimen. Dette gir en god del driftsforstyrrelser, men er mulig fordi det er begrenset biltrafikk i denne gaten. KVU Oslo-Navet legger til grunn at dette tverrsnittet kun brukes der det er rasjonelt kapasitetsmessig, det vil si enten få busser og trikker eller få bilister.

I Tabell 72 er det vist kombinasjoner av O1a og O2a, der man antar at kryssprioriteringen ikke vil være så kapasitetsreduserende som i disse tverrsnittene siden dette tverrsnittet ikke skal være typisk i bykjernen.

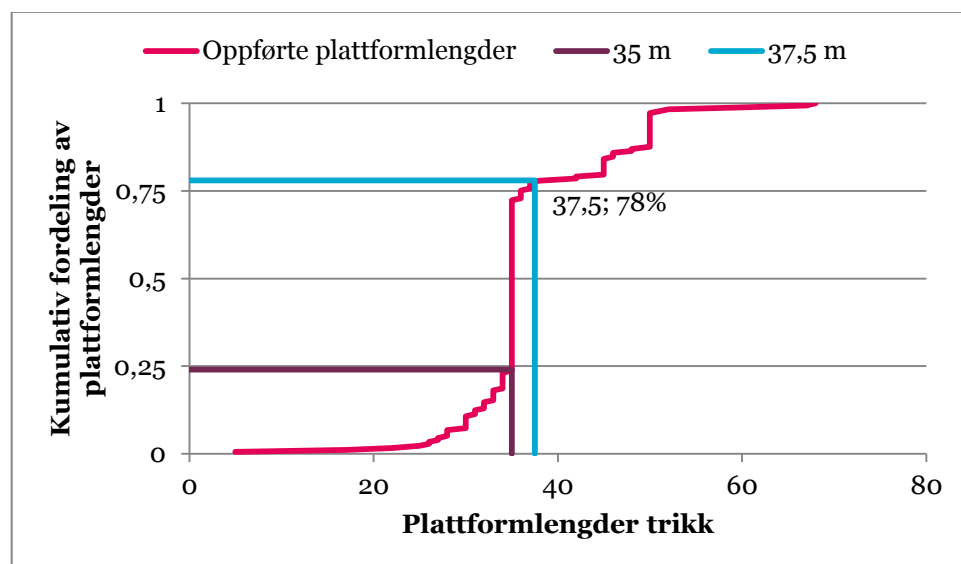
Tabell 72: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O7.

Variant	Kapasitet [trikker/time]	Kapasitet [busser/time]
Enkle stoppesteder	50–95 % x (24 minus antall busser)	80–95 % x (30 minus antall trikker)
Doble stoppesteder	50–95 % x (36 minus antall busser)	80–95 % x (45 minus antall trikker)

## 6.6.9

## Potensiell kapasitet med ny infrastruktur

Det er 186 trikkeplattformer i Oslo med lengder fra 17 til 68 meters lengde, fordelingen er vist i Figur 57.



Figur 57: Kumulativ fordeling av trikkens plattformlengder

I enkelte konsepter vist i KVU Oslo-Navets rapport «*Konseptmuligheter*» ligger lengre trikker inne som en forutsetning. I dag er om lag 50 prosent av trikkestoppestedene i Oslo 35 meter lange, mens 25 prosent er kortere og 25 prosent er lengre. I konseptutviklingsdelen av KVU Oslo-Navet er det foreslått en forlengelse av trikkene brukt til 37,5 meter. Dersom alle linjer skal kjøres med 37,5 meter lange trikker, må 78 prosent av plattformene forlenges. Dette tilsvarer en total lengde på 512 meter nye plattformer.

I dag er 24 prosent av plattformene kortere enn anbefalt lengde (35 m), altså 44 plattformer. Et konsept med 37,5 meter lange plattformer vil kreve at ytterligere 100 plattformer vil måtte forlenges. Kapasitetsgevinsten i dette er vist i kapittel 5.3.4 [42].



Tabell 73: Kapasitet for typiske tverrsnitt. Maksimaliteten er basert på kvalitetsvurderinger, erfaringstall og teori.

\*Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker

\*\* Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker og øvrig trafikk

#	Tverrsnitt	Eksempelsnitt i Oslo	Dagens bruk i eksempelsnitt [kjt./time/retning]	Maksimaliteten [kjt./time/retning]
O1a	Trikkegate	Grensen	18 trikker/time	24 trikker/time
O1b	Forstadstrikk med enkle stoppesteder	Ekebergbanen	12 trikker/time	30 trikker/time
O2a	Bussgate	Akersgata	16 busser/time	30 busser/time
O2b	Bussåre med enkle stoppesteder	E18 Mosseveien	32 busser/time	50 busser/time
O3	Kollektivgate med separate stoppesteder for buss og trikk	Storgata (Brugata)	24 trikker/time	24 trikker/time
			18 busser/time	30 busser/time
O4	Kollektivgate med felles stoppesteder for buss og trikk	Thune	6 trikker/time	12 trikker/time*
			34 busser/time	14 busser/time*
O5	Gate med trikk og blandet trafikk	Thorvald Meyers gate	18 trikker/time	19 trikker/time
O6	Gate med buss og blandet trafikk	Økernveien	7 busser/time	24 busser/time
O7	Gate med både buss, trikk og blandet trafikk	Stortingsgata	12 trikker/time	12 trikker/time**
			54 busser/time	10 busser/time**

Tallene i Tabell 73 er basert på kvalitetsvurderinger, erfaringstall og teori med utgangspunkt i gatenettet i Oslo, sett sammen med råd fra prosjektets internasjonale eksperter. Som nevnt innledningsvis i dette kapitlet, vil tallene her naturligvis kunne variere betraktelig fra gate til gate og fra stoppested til stoppested. Verdiene vist over skal derfor representere utvalgte snitt som legges til grunn ved dimensjonering av kollektivtilbudet på overflaten.

Spesielt gatesnittene har lavere tall enn de viste maksimalitetene en ser i utlandet. Årsaken til dette er ønsket om å ha et robust kollektivtransportsystem som ikke; forringer bymiljøet i for stor grad, har minimale driftsforstyrrelser og en kvalitet som er konkurransedyktig mot personbil.

## 6.7

## Oppsummering av typiske snitt

Tabell 74: Infrastrukturkategorier, oppsummert. Antall kjøretøy/time/retning.  
\*Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker

#	Tverrsnitt	Eksempel i Oslo	Kapasitet [kjøretøy/time/retning]	
			Busser	Trikker
J1	Enkeltsporet strekning	Gjøvikbanen, Spikkestadlinjen	2	
J2a	Dobbeltporet lokaltogstrekning, 2-spors stoppesteder	Teoretisk, ingen i dag	10–11	
J2b	Dobbeltporet lokaltogstrekning, 2-spors stoppesteder med godstog	Hovedbanen (Oslo S – Lillestrøm)	8	
J3a	Dobbeltporet høyhastighets-/regiontogstrekning, 4(+)-spors stasjoner	Gardermobanen	18	
J3b	Dobbeltporet høyhastighets-/regiontogstrekning, 4(+)-spors stasjoner, med godstog	Drammensbanen (Asker–Drammen)	16	
J4a	Dobbeltporet strekning med blandet trafikk, 2-spors stoppesteder	Østfoldbanen (Oslo S – Ski, før Follobanen)	10	
J4b	Dobbeltporet strekning med blandet trafikk, 4(+)-spors stasjoner	Drammensbanen (Oslo S – Lysaker)	24	
S1	Dobbeltporet strekning, 2-spors stoppesteder	Teoretisk, ingen i dag	25	
S2	Dobbeltporet strekning, 2-spors stoppesteder, med gods	Teoretisk, ingen i dag	13–16	
T1	Vanlig drift	Fellestunnelen	28	
T2a	Halvautomatisk drift (CBTC), realistiske forutsetninger	Teoretisk, ingen i dag	32	
T2b	Halvautomatisk drift (CBTC), ideelle forutsetninger	Teoretisk, ingen i dag	36	
T3	Helautomatisk drift (førerløs drift og CBTC)	Teoretisk, ingen i dag	36	
			<b>Busser</b>	<b>Trikker</b>
O1a	Trikkegate	Grensen	0	24
O1b	Forstadstrikk med enkle stoppesteder	Ekebergbanen	0	30
O2a	Bussgate	Akersgata	30	0
O2b	Bussåre med enkle stoppesteder	E18 Mosseveien	50	0
O3	Kollektivgate med separate stoppesteder for buss og trikk	Storgata (Brugata)	30	24
O4	Kollektivgate med felles stoppesteder for buss og trikk	Thune	15*	12*
O5	Gate med trikk og blandet trafikk	Thorvald Meyers gate	0	19
O6	Gate med buss og blandet trafikk	Økernveien	24	0
O7	Gate med både buss, trikk og blandet trafikk	Stortingsgata	10*	12*

Tabell 74 viser kapasiteten for de ulike tverrsnittene drøftet i de foregående delkapitlene. Disse tverrsnittene er lagt til grunn for KVU Oslo-Navets konseptutvikling, og er ment som en «verktøykasse» med basisparametere for infrastrukturen til de ulike transportsystemene. Det må igjen påpekes at det ved

bygging av ny infrastruktur eller ombygginger må gjøres mer detaljerte beregninger av kapasitet og valg av infrastrukturens komponenter i forhold til ønsket kapasitet.

## 7 System og kapasitet

### 7.1

#### Helhet

Kollektivtransport består av både infrastruktur og rullende materiell. Det er kombinasjonen av elementer hos disse som sammen setter begrensninger for hvor mange mennesker som kan transporteres og hvor hyppig avganger kan kjøres. I en kapasitetsvurdering er det derfor sentralt å se helheten i de ulike transportsystemene.

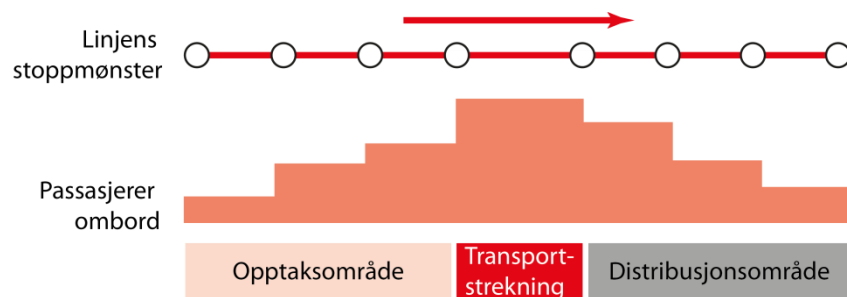
Forskjellige transportsystemer opererer vanligvis ikke helt uavhengig av hverandre. Gitt at det er flere enn ett transportsystem tilgjengelig i et område, vil det i praksis sjelden oppstå en situasjon der kunder ikke har et valg mellom to transportformer på en reiserelasjon, selv om infrastruktur og ruteplaner er uavhengige. Fordelingen mellom T-bane og jernbane på strekningen Oslo S – Nationaltheatret er et eksempel på dette.

### 7.2

#### Transportstrekninger, opptaks- og distribusjonsområde

I transportsystemet er det viktig å skille mellom *transport* og *trafikk*. *Trafikk* er mengden rullende materiell som belegger strekningen, mens *transporten* er forflytningen av de personene som er i det rullende materialet. En strekning med tomme tog vil for eksempel være en trafikkstrekning – her transporteres det ikke.

Trafikkkapasiteten begrenses av kapasiteten på strekningen, mens transportkapasiteten som er knyttet til transportsystemet er avhengig av kapasiteten på både infrastrukturen og det i det rullende materialet. Om en strekning for eksempel har en trafikkkapasitet på 2 turer pr. time og kjøretøyene som framføres på strekningen har en transportkapasitet på 500 personer pr. tur, blir transportkapasiteten hos transportsystemet 1000 personer pr. time.

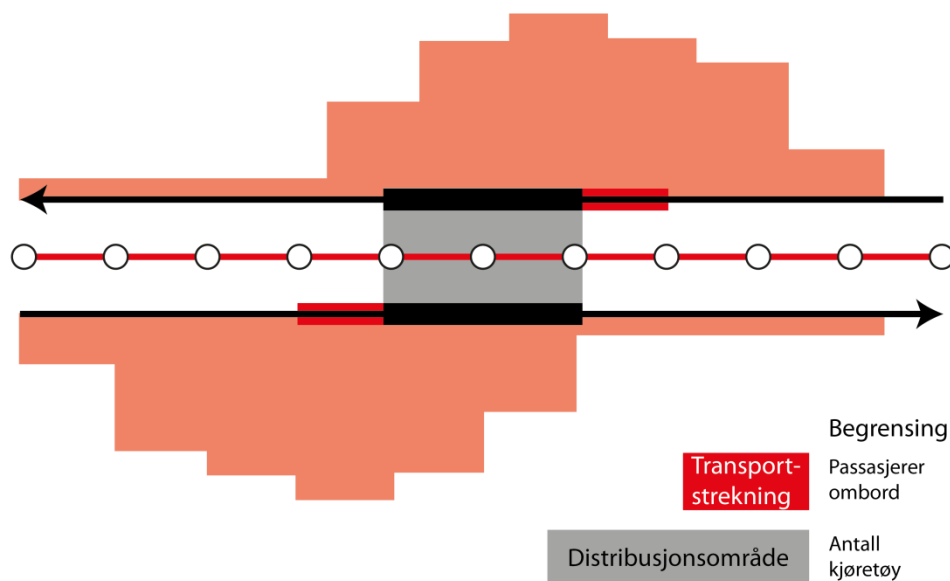


Figur 58: Sammenheng mellom en linjes passasjerbelastning og definisjon av område [63].  
Figur fritt etter Christian Knittler.

Det skiller i det følgende mellom opptaksområde, transportstrekning og distribusjonsområde, se Figur 58. Det tas her utgangspunkt i morgenrushet. I et *opptaksområde* er det generelt flere påstigende enn avstigende på linjene. For regiontog ligger dette for eksempel utenfor bykjernen. Etter hvert som linjene nærmer seg lokale eller regionale sentra, snur denne trenden. Her er det da flere avstigende passasjerer enn påstigende. Disse områdene kalles *distribusjonsområder*. I distribusjonsområdet kan det gjerne skje omstigninger

til andre transportmidler, og denne omstigningen vil da bidra til belastningen på dette transportmidlet.

Strekningen på vei ut av opptaksområdet og inn til distribusjonsområdet kalles gjerne *transportstrekningen*. Denne strekningen mellom to geografiske punkter er der kjøretøyene har størst belegg (makspunkt).

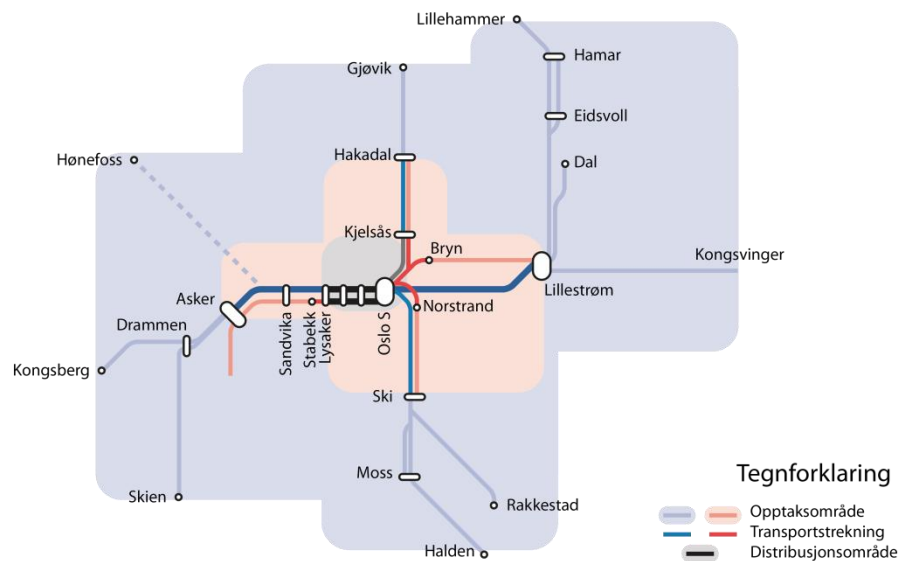


Figur 59: Begrensende faktorer ulike steder på en kollektivtransportstrekning.  
Figur fritt etter Christian Knittler.

Forenklet er distribusjonsområdet der flest passasjerer skal av. Dette betyr at det er hensiktsmessig å føre en betydelig andel av trafikken hit. Distribusjonsområdet er mindre enn opptaksområdet, og det fører til at det gjerne er flere transportlinjer i opptaksområdet enn distribusjonsområdet.

Dersom alle disse linjene skal føres gjennom samme område, vil da dette områdets trafikkapasitet være begrensende for systemets transportkapasitet. Belastningen på transportstrekningene vil på sin side være der kapasiteten om bord i de enkelte kjøretøyene begrenser transportkapasiteten, som vist i Figur 59.

## Opptaks-, transport og distribusjonsområde for jernbane.

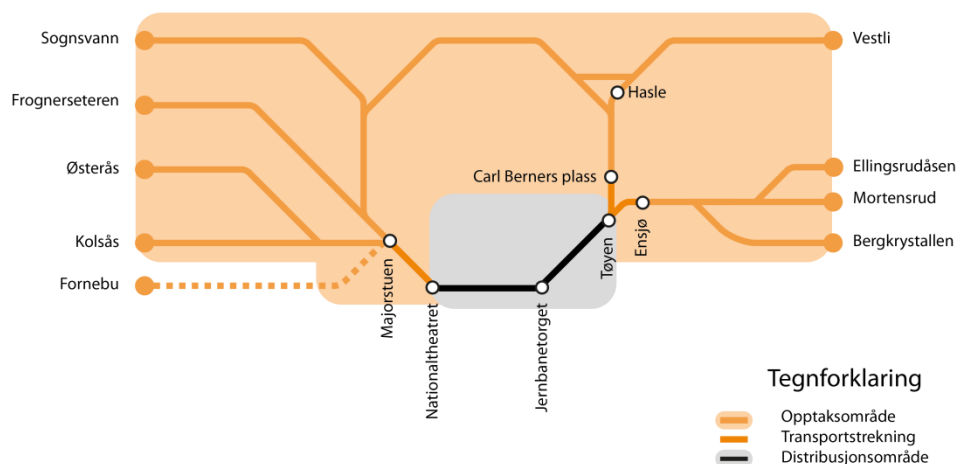


Figur 60: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for jernbanen på Østlandet [64].  
Kilde: Christian Knittler

Som vist i Figur 60 kan jernbanen grovt sett deles i to systemer med ulike opptaksområder. Regiontogsområdet (i blått) omfatter en mye større region, og av reisetidshensyn benytter de da lokaltogsområdet (i rødt) som transportstrekninger. Disse to systemene har felles strekning mellom Lysaker og Oslo S, som dermed vil innebære et ønske om å kjøre så mange som mulig av togene inn hit. Dette betyr igjen at antallet tog det er mulig å kjøre på distribusjonsområdet mellom Lysaker og Oslo S vil være avgjørende.

Ut fra den kalibrerte referanseberegningen i transportmodellen, er det hentet tall for rush-timene. Med bakgrunn i disse tallene, er liknende inndelinger gjort for T-bane, trikk og bybusser.

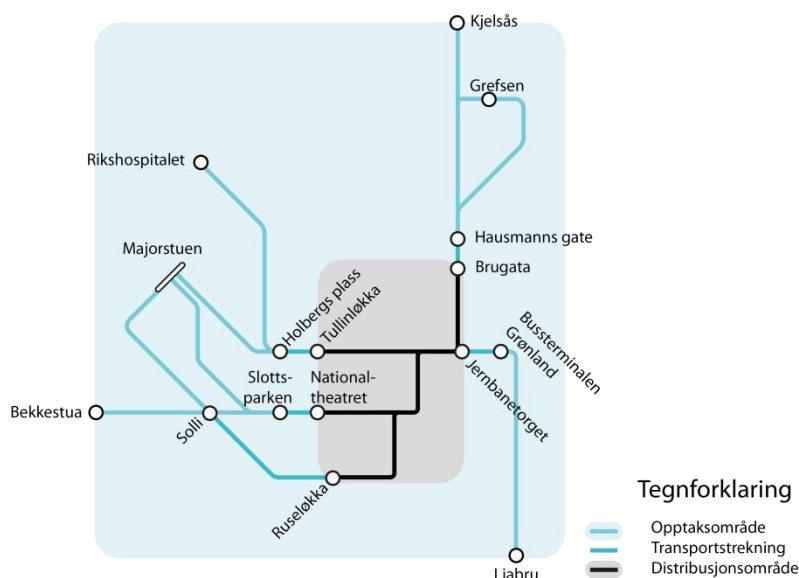
Opptaks-, transport og distribusjonsområde for T-bane.



Figur 61: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for T-banen i Oslo. [65]

Sett under ett, ses det at fellestunnelen mellom Tøyen og Nationaltheatret er målet for de fleste reisende, med strekningene fra Majorstuen i vest, og Carl Berners plass og Ensjø i øst som transportstrekninger. Dersom en ser nærmere på enkeltlinjene, vil dette bildet se litt annerledes ut. For eksempel linjen til Vestli har sitt distribusjonsområde fra Hasle og østover (ikke vist i figur).

Opptaks-, transport og distribusjonsområde for trikk.

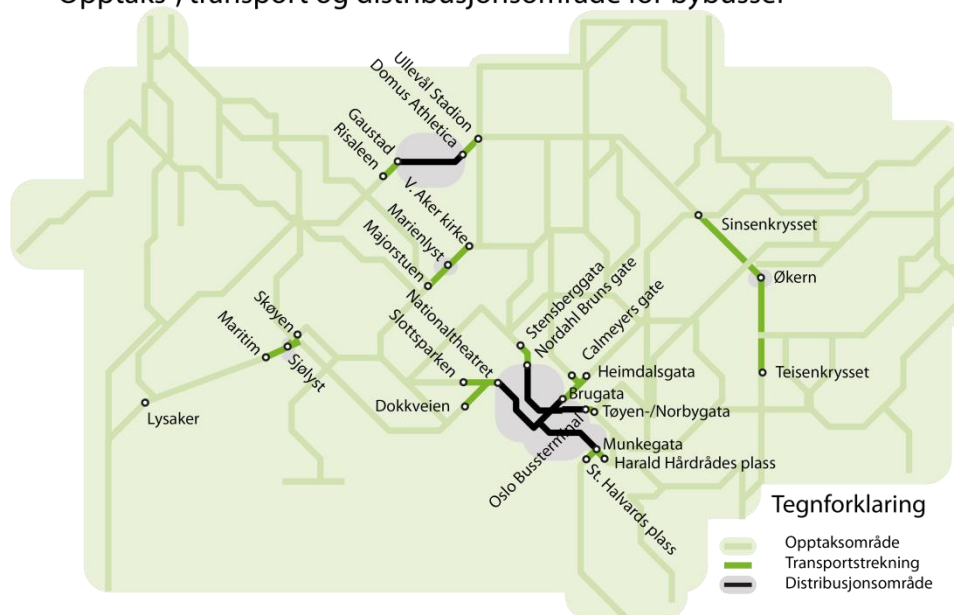


Figur 62: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for trikken i Oslo. [65]

Trikkens områder i Oslo er, gitt sin geografiske utstrekning, mer sentrumsnære enn både jernbane og T-bane. Som vist i Figur 62, er distribusjonsområdet for

trikken grovt sett avgrenset av stopp nummer to på trikkelinjene inn i bydelen Oslo Sentrum.

### Opptaks-, transport og distribusjonsområde for bybuss



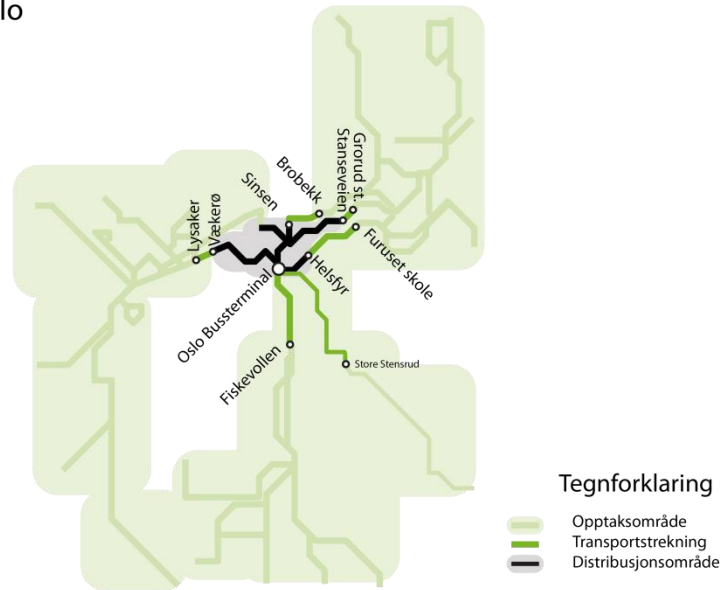
Figur 63: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for de viktigste bybussene i Oslo. [65]

I likhet med trikken har bybussene i Oslo<sup>5</sup> et distribusjonsområde i bydelen Oslo Sentrum, men det er også noen knutepunkter utenfor Ring 1 som det i praksis mates til. På grunn av kompleksiteten med mange inngående linjer i bussnettverket, vil det være flere små og mellomstore matepunkter utover de som er markert på kartet. Det vil likevel være fokus på distribusjonsområdet i sentrum.

<sup>5</sup> A- og B-bussene i transportmodellen



### Opptaks-, transport og distribusjonsområde for busser i Akershus og inn til Oslo



Figur 64: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for busser fra Akershus inn til Oslo. [65]

Bussene som kjører fra Akershus og inn over bygrensen inn til Oslo<sup>6</sup> kommer inn til Oslo i tre korridorer: vest, nordøst og sør.

Generelt begynner transportstrekningen fra sør like over bygrensen, der traséene treffer inn på Mosseveien ved Herregårdskrysset (avkjøring til Fv155), og E18. Det bemerkes også at disse bussene kun har avstigning inn mot Oslo etter å ha passert bygrensen. Follo står for størstedelen av opptaksområdet for regionbussene i dette området. I denne korridoren er det også et antall bybusser som betjener Oppegård («80-linjene»).

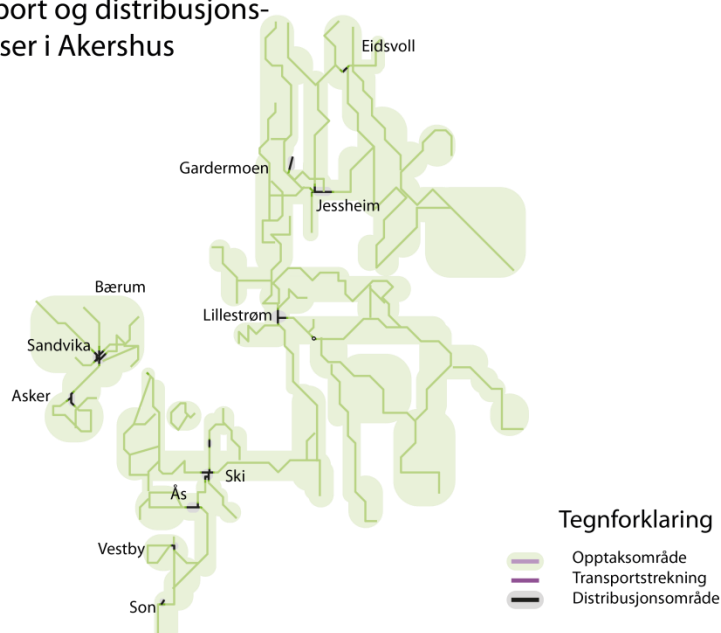
Vestfra begynner distribusjonsområdet like etter kryssingen av bygrensen, på Vækerø (E18). I nordøst/øst kommer hovedstrømmene langs tre veier (Rv4, E6 og Rv163), og transportstrekningen begynner ulike steder midt i Groruddalen.

Nordøstkorridoren består av tre hovedårer: Trondheimsveien (Rv4), Strømsveien/E6 og Østre Aker vei (Fv163). I disse tre er det ulik blanding av region- og bybusser, men felles er at de knyttes det øvrige kollektivnettet (med stamnettet av bybusser, samt T-bane og trikk) utenfor/på Ring 3.

Mer detaljerte analyser gjort i KVU Oslo-Navets spesialanalyse Bussterminaler viser at noen av transportstrekningene i stor grad fortsetter inn til knutepunkter nærmere bykjernen. Sørfra er strekningen inn til Oslo Bussterminal en transportstrekning. Det samme gjelder nordfra fra Brobekk til Sinsen i nord (langs Rv 4). Østfra langs E6 går transportstrekningen fra Furuset og helt inn til Helstyr [66].

<sup>6</sup> E-bussene i transportmodellen

### Opptaks- transport og distribusjons- område for busser i Akershus



Figur 65: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for busser lokalt i Akershus. [65]

Bussene i Akershus som ikke krysser bygrensen<sup>7</sup> har en matefunksjon inn til jernbanestasjonene og bysentrene i områdene de betjener.

## 7.3

### Tilbud og etterspørsel

Etterspørselen etter kollektivtransport varierer over et driftsdøgn. I løpet av døgnet varierer også etterspørselen for reiser til ulike reisemål. Etterspørselen i dette prosjektet generes ut fra en transportmodell.

Transportkapasiteten har som mål å håndtere denne etterspørselen. Det gjør den gjennom et kollektivtrafikktilbud.

Kollektivtrafikktilbudet behøver ikke være konstant over døgnet, men kan tilpasses svingninger i etterspørsel i løpet av driftsdøgnet. For busslinjer gjøres dette relativt hyppig, med en del rushtidsavganger og ekstraavganger på belastede snitt, men det er mulig å utvide denne fleksibiliteten. Skinnebundne driftsarter krever noe mer infrastruktur enn busser hvis dette skal gjennomføres. Prosjektets internasjonale eksperter viser til at dette kan være en måte å gjennomføre en mer rasjonell drift av for eksempel T-banen, med reduserte frekvenser på dagtid og økte frekvenser i rushtimene. Jernbanekapasiteten har sågar egne kapasitetsgrenser for rushtimer der det aksepteres mindre robusthet for å kunne øke transportkapasiteten i kortere perioder [5].

## 7.4

### Avhengigheter ut i nettet

I et skinnegående banenett vil det være mange avhengigheter, spesielt på strekninger der ulike ruter har en fellestrekning der de flettes sammen. Denne flettingen fører til at ruteplanen for den enkelte pendel eller grenbane må tilpasses andre ruteplaner. Hvordan rutene tages vil da være avhengig av denne

<sup>7</sup> C-bussene fra transportmodellen

flettingen. Dette vil redusere kapasitetsutnyttelsen, fordi det må legges inn kjøretidsforlengelser, økte vendetider og dermed også mer materiell for å ha en rutemessig buffer som reduserer sannsynligheten for forsinkelser. Et system med flere flettinger/flere fellesstrekninger vil da gi flere avhengigheter. Forsinkelser på en rute kan da forplante seg og føre til forsinkelser på flere tilgrensende banestrekninger. Dette gir et mer sårbart system.

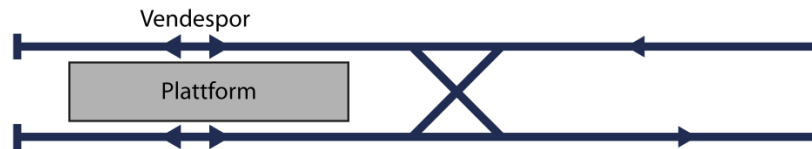
Mangel på kapasitet gjennom navet gir avhengigheter ut i nettet, da all fleksibiliteten forskyves til endepunktet av pendelen. Dette fører til økte kostnader i infrastruktur i ytterkantene i form av for eksempel flere vendespor og økte behov for hensettingsanlegg.

I tillegg er det økte kostnader for operatøren knyttet til økt driftstid og økt materiellbehov.

En pendel som delvis benytter alternativ trasé for å komme fram til endepunktet («Spaghettikjøring») er ugunstig. Et eksempel vil være å kjøre noen av togene fra Follobanen i en eventuell ny jernbanetunnel, mens de øvrige regiontog kjører i den eksisterende Oslotunnelen. Trafikkseparasjon mellom region- og lokaltog oppnås ikke, noe som reduserer kapasitetsutnyttelsen. Dersom i tillegg en og samme pendel alternerer mellom to traseer, leder dette til at kunden blir usikker på om han velger den riktige avgangen for sin destinasjon. For effektiv drift bør derfor en bane holde en og samme trase videre.

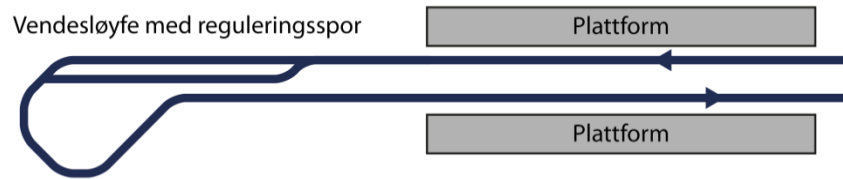
## 7.5

### Vending



Figur 66: Vending på vendespor ved plattform. En slik løsning har for jernbane kapasitet opp til 3 tog/spor/time. For T-banen kan det vendes opp til 8 T-banetrogner/spor/time. Kilde: [64]

**T-banen** vender i hovedsak ved plattform i enden av pendlene (se Figur 66), med uttrekkspor (se Figur 68) eller kombinasjoner av dette. Felles for disse er at føreren går fra den ene enden av togsettet til den andre og kjører kjøretøyet i motsatt retning. En endestasjon med to buttspor har typisk en kapasitet til å vende 16 kjøretøy i timen. En endestasjon med to uttrekkspor i tillegg har kapasitet til å vende opp til 32–36 kjøretøy i timen.



Figur 67: Vending med vendesløyfe

**Trikken** vender på to måter: som T-banen, og med vendesløyfer. Vendesløyfer er spor som snur 180 grader og treffer seg selv, se Figur 67. Vendesløyfer har typisk høyere kapasitet enn vending på buttspor, da føreren ikke trenger å bytte ende. Vendesløyfer gir imidlertid et større arealbehov enn vending på buttspor. Minste oppholdstid ved vending i butt er ca. 5 minutter, som gir en vendekapasitet på opp til 12 trikker pr. spor og time. Vendesløyfer vil teoretisk sett kunne matche linjekapasiteten, spesielt med bruk av et reguleringsspor (slik at forsinkelser kan reduseres) er dette oppnåelig [67].



Figur 68: Vending på uttrekkspor i bakkant av plattform. En slik løsning har kapasitet opp til 3–4 tog/spor/time. For T-banen kan det vendes opp til 8–10 T-banetrogner/spor/time. [64]

**Tog** vender i likhet med T-banen på vendespor. På grunn av lengre materiell, større mannskap og flere oppgaver som må gjøres ved vending er oppholdstiden over dobbelt så lang som for T-banen. Dette gir en kapasitet på opptil 3 vendende tog pr. time pr. spor til plattform, gitt at sporplanen er optimalisert for dette. Ved å gjøre vendingen på et skifteområde med uttrekkspor, kan man unngå noen rutemessige bindinger, og man kan vende opp til 4 tog pr. time og spor.

**Buss** vender i prinsippet på to måter: der den terminerer og ved enden av pendelen sin. Siden bussene ikke er skinnbundne kan vendeanlegg lettere tilpasses situasjonen. Der bussene ganske enkelt snur (kan være enden av pendelen) kan det snus på en åpen plass eller rundt et kvartal e.l. Dette gir en teoretisk vendekapasitet lik den trikken har i vendesløyfer, altså opp mot linjekapasiteten. For mer omfattende vending/terminering, opereres det med følgende [68]:

- Fjernbuss inkl. flybuss: 3 avganger/plattform/ time.
- TIME-ekspresser og lignende: 6 avganger/plattform /time.
- Regionale linjer: 12 avganger/plattform/time.

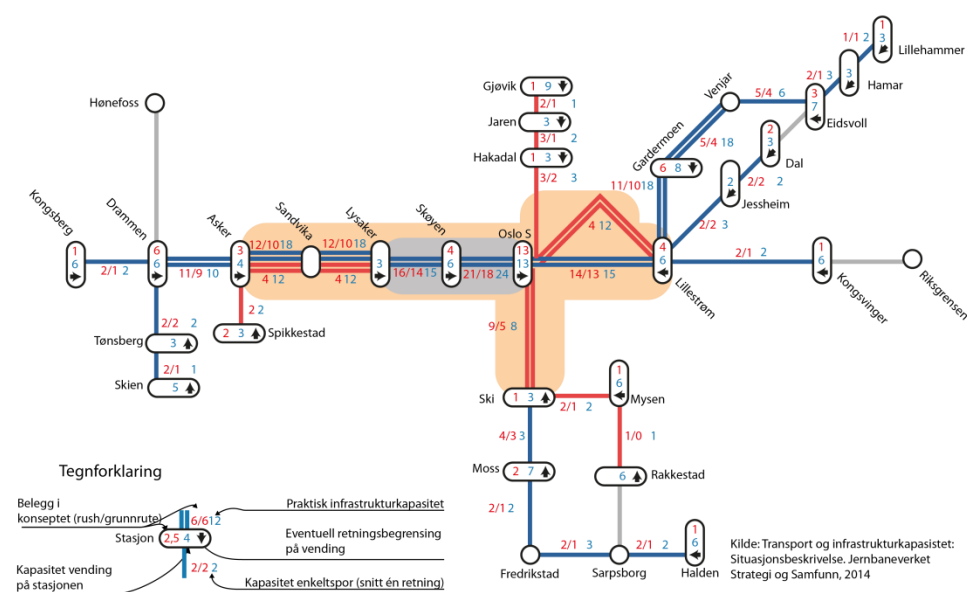
Det finnes en rekke løsninger for utforming av knutepunkter og terminaler for buss. Disse er nærmere beskrevet i Statens vegvesens Håndbok V123 [56].

## 7.6 Systemkapasitet

I figurene i dette kapitelet er dagens trafikk markert i rødt, og den praktiske kapasiteten i blått.

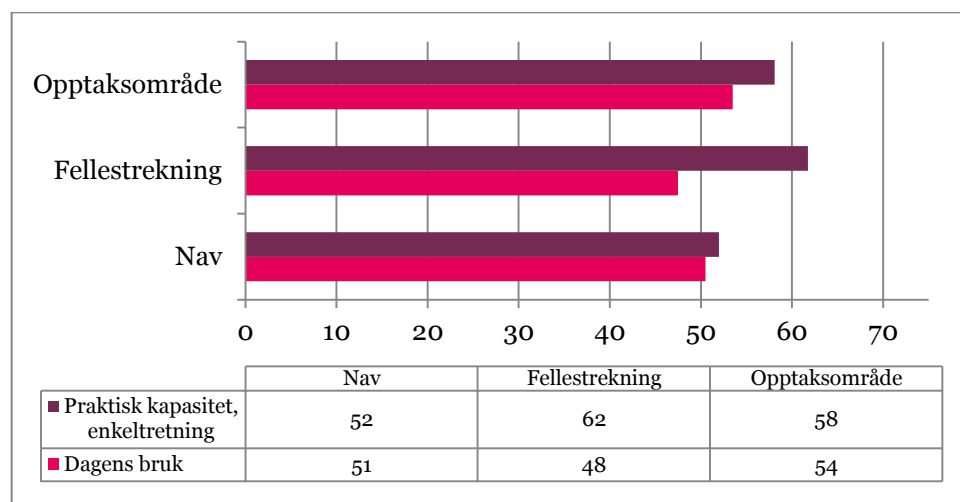
### 7.6.1 Tog

I Figur 69 er jernbanens systemkapasitet i form av infrastrukturkapasitet markert. Distribusjonsområdet vist i 7.2 er markert med grått, og transportstrekningene er markert ut til naturlige knutepunkter med oransje bakgrunn.



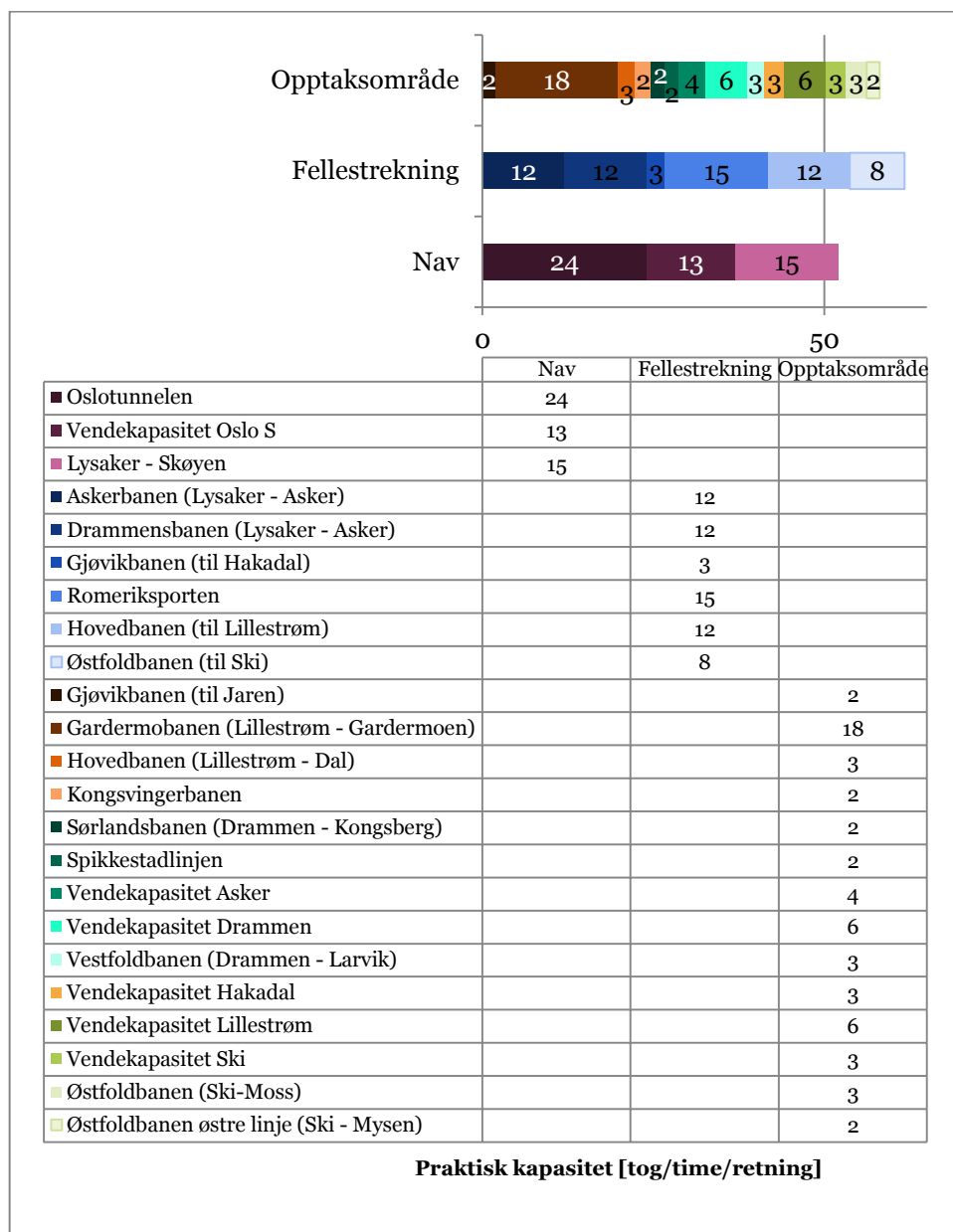
Figur 69: Infrastrukturkapasitet jernbane innenfor Oslo-området (2015) [60].

Dagens situasjon for systemkapasiteten på jernbane bærer preg av at det er større kapasitet i deler av opptaksområdene enn i distribusjonsområdet (mellom Lysaker og Oslo S), se også Figur 70. Det er også større kapasitet inn mot Oslo S enn det er i summen av vendekapasitet og kjøring gjennom tunnelen vestover.



Figur 70: Systemkapasiteten for jernbanen i Oslo-området (antall tog inn mot Oslo pr time)

Det er tilsynelatende høy kapasitet ute i opptaksområdet til jernbanen, men som vist i Figur 71 kommer nesten en tredel av kapasiteten fra Gardermobanens 19 slotter i hver retning. Hva vendekapasiteter angår, er det gjort forsiktige estimater, basert på dagens drift og sporplaner. Et viktig moment i denne sammenhengen er at en økt vendekapasitet vil gå på bekostning av øvrig infrastrukturkapasitet, da det oftest dreier seg om bruk av spor til plattformer.



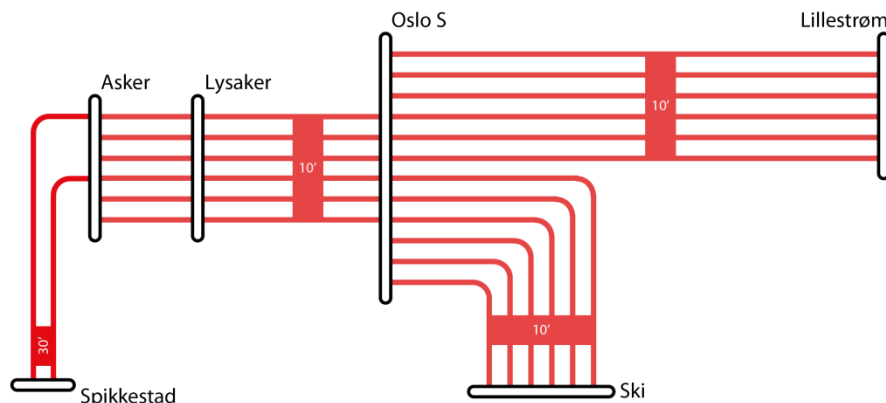
Figur 71: Delkomponenter i den praktiske jernbanekapasiteten. Merk at for enkeltsporede strekninger er kapasiteten det halve av sum kapasitet begge retninger.

### Kapasitet på Oslo S

Det ses at kapasiteten i Navet er avgjørende for hva som kan kjøres utover i nettet. En løsning for å øke kapasiteten i Navet (uten å bygge en ny tunnel) kan være å øke vendekapasiteten. Det er dessverre arealknapphet på Oslo S, og dermed vanskelig å tilrettelegge for flere vendende tog. En mulighet kan være å benytte spor 1 og med nye sporforbindelser spor «-1» (nord for spor 1) til å vende tog fra Gardermobanen. De vil da føres ut gjennom Lodalen.

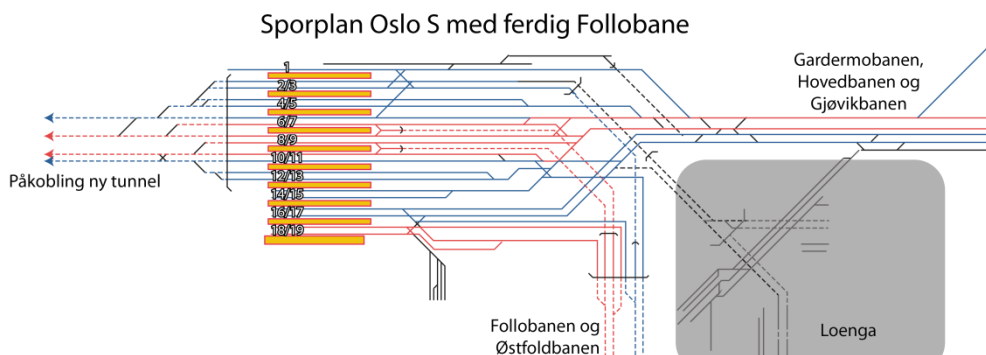
En konsekvens av en ferdigstilt Follobane er en trafikkseparasjon sørfra. Togene fra dagens Østfoldbane har som i dag sine tunnelportaler mellom spor 7 og 8, og 9 og 10. Bygging av Follobanen legger opp til en liknende trafikkseparasjon som

mellom Oslo S og Lillestrøm, med regiontog/knutepunktstoppende tog i ny tunnel. En konsekvens av dette er at togene fra dagens Østfoldbane i hovedsak vil være lokaltog. I R2027 legges det opp til et 10-minutters system for lokaltogtilbudet, hvor halvparten av togene fra henholdsvis Østfoldbanen og Hovedbanen kjøres gjennom Oslostunnelen. Dette legger føringer på plattformbruk, og det blir da naturlig at spor 7–10 benyttes til dette formålet.



Figur 72: Tilbudskonsept lokaltog R2027

En videreføring av dette fordrer en økt trafikkseparering i øst, som blant annet er foreslått gjennom Brynsbakkenpakken.



Figur 73: Sporplan Oslo S med påkobling av Follobanen og tilkobling til eventuell ny tunnel.

Med en eventuelt ny sentrumstunnel vil Oslo S funksjonelt deles inn i to, basert på disse to systemene. Det blir da ett system for lokaltog (rødt) og ett system for regiontog og fjerntog (blått), se Figur 73. I utgangspunktet vil spor 1–6 og 11–17 «tilhøre» det blå systemet, mens 7–10 og 18–19 tilhøre det røde systemet. Lokaltogene på Drammenbanen, Hovedbanen og Østfoldbanen samt alle tog på Gjøvikbanen vil naturlig tilhøre det røde systemet. Fjerntog og Regiontog på Gardermobanen, Follobanen og Askerbanen vil tilhøre det blå systemet.



Det vil være overkjøringsmuligheter mellom disse to systemene, men det er ikke alle linjekombinasjoner som er like gunstige med tanke på å maksimere kapasiteten.

De viktigste begrensningene vil være:

- **Follobanens tog kan ikke kjøre i «Rød» lokaltogstunnel** gjennom sentrum uten å beslaglegge kapasitet i begge tunnelene. Utgående Follobane må da krysse utgående Gardermobane.
- **Tog fra Gardermobanen i grunnrute kan ikke vende på Oslo S** uten å beslaglegge mye av kapasiteten på Oslo S ved en togbevegelse på tvers av alle spor i østenden av Oslo S.
- **Fjerntog fra Gardermobanen må snu via Lodalen.** Vending av disse togene vil ta rundt 1 time. I utgangspunktet bør spor 1 benyttes ved ankomst og spor 15 benyttes ved avgang.

Mindre bindinger/forutsetninger (uten avgjørende betydning for systemkapasiteten) er:

- **Østfoldbanen bør vende på 18 og 19**, andre spor vil kreve mye kapasitet.
- **Follobanen bør vende på 15, 16 og 17**, andre spor vil kreve mye kapasitet.
- **Hovedbanen og Gjøvikbanen bør vende på spor 6**, spor 15–19 vil kreve mye kapasitet.

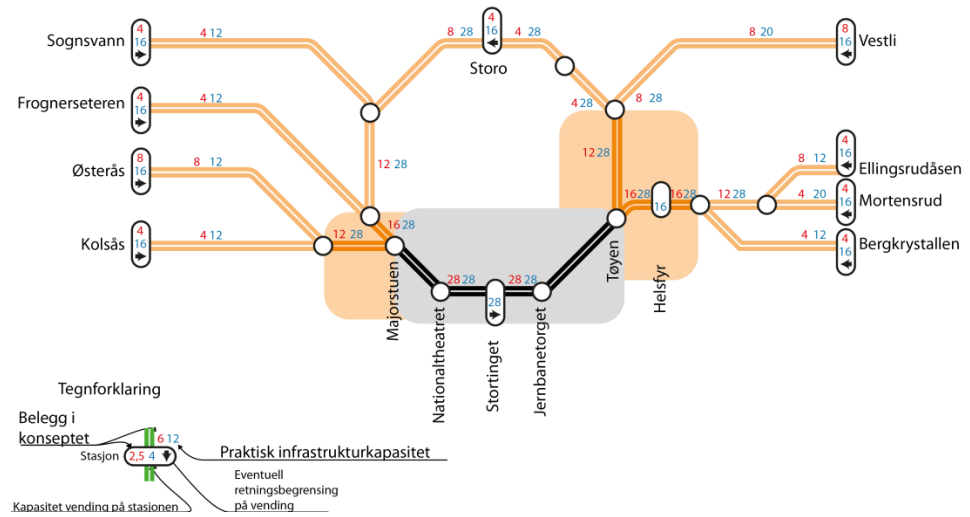
Tiltak med hensikt å øke systemkapasiteten uten tiltak på Oslo S eller med ny tunnel vil kunne gi en viss økt transportkapasitet. Et eksempel kan være et tilsvingspor mellom Gardermobanen og Follobanen. Dette er en måte å benytte trafikkapasiteten på fellestrekningene uten å benytte kapasiteten i Navet. Slike tiltak er ikke sett på nærmere i denne spesialanalysen, men det gjøres oppmerksom på at det da rettes mot trafikk utenom distribusjonsområdet vist i kapittel 7.2. Det må derfor undersøkes i detalj om slike tiltak vil ha en markedsmessig nytte.

Løsninger der transportkapasiteten økes ved å legge ny infrastruktur gjennom distribusjonsområdet, men utenom Oslo S vil trolig gi større nytte. En slik løsning kan for eksempel være en tunnel fra Lysaker til Alna. Slike løsninger drøftes heller ikke i detalj i denne spesialanalysen. Det påpekes at det med konsepter som dette vil det gjerne bli bindinger mellom deler av to korridorer (eksempelet gir kobling hele vestkorridoren med deler av nordøstkorridoren) og vil derfor gi en lavere fleksibilitet enn løsninger om Oslo S.

7.6.2

T-bane

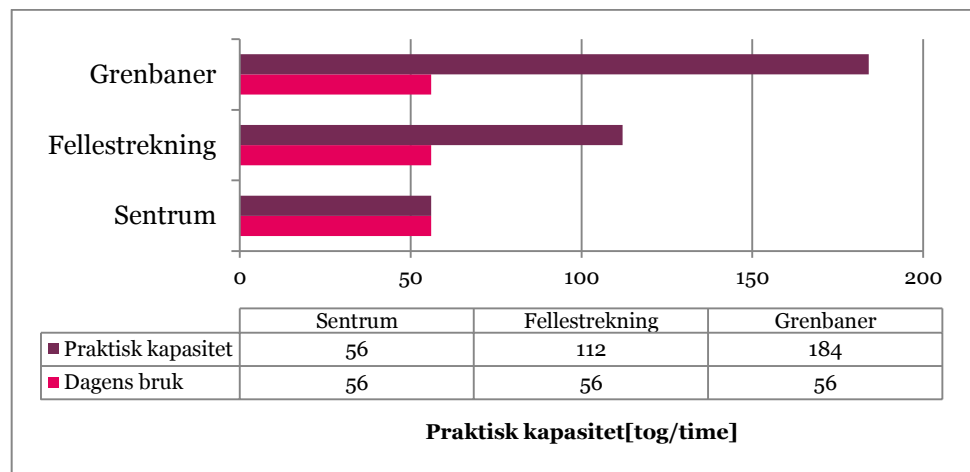
Som for jernbanens systemkapasitet er det tatt utgangspunkt i distribusjonsområdet og transportstrekningene vist i kapittel 7.2. Da Majorstuen også er kjent som et viktig knutepunkt i systemet, er det valgt å la stasjonen inngå i distribusjonsområdet. Med dette, defineres dermed 4 fellesstrekninger i systemet. To av disse treffer distribusjonsområdet fra øst, og to fra vest.



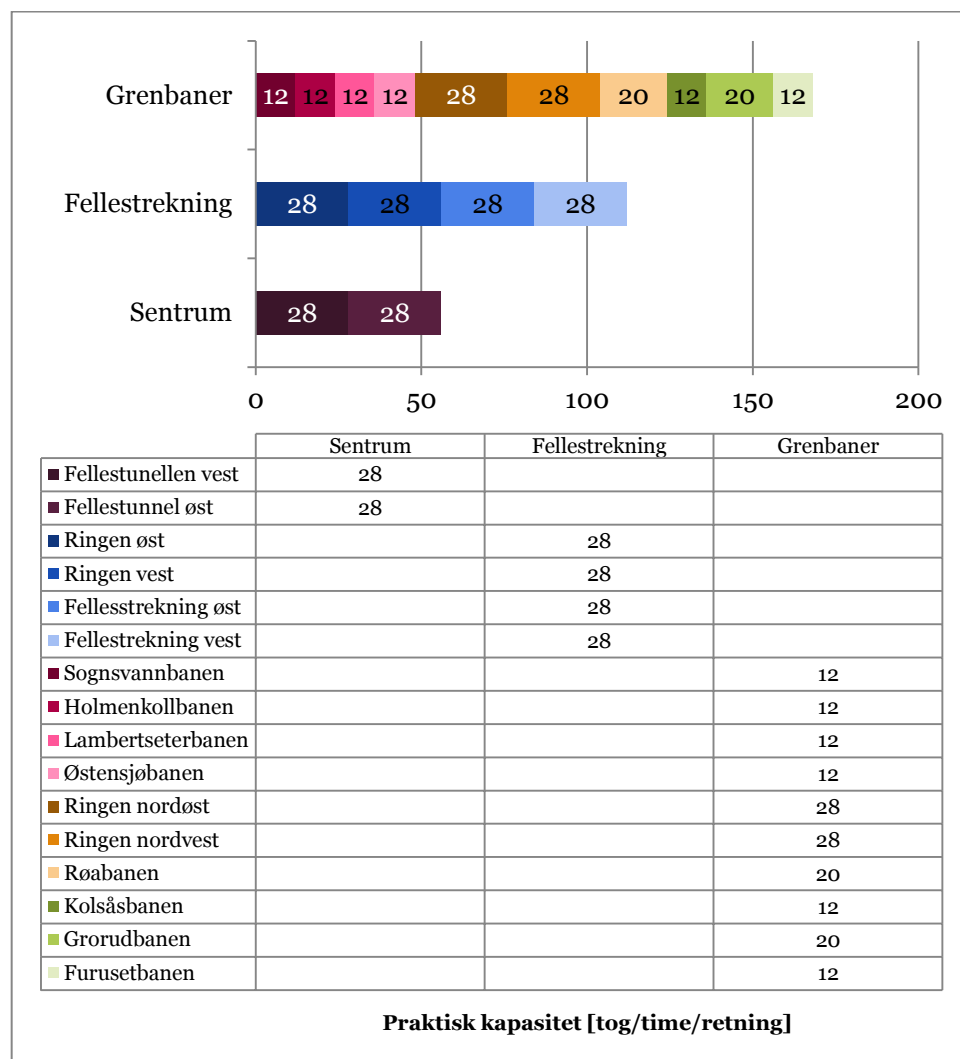
Figur 74: Praktisk kapasitet for T-banen.

Transport/fellesstrekninger er markert i mørkegrønt i figuren over. Sentrum/nav i svart. Praktisk kapasitet er markert i blått og bruken i dag i rødt.

Selv med mye kapasitet på grenbanene (168 tog pr. time) og relativt høy kapasitet på fellesstrekningene (112 tog pr. time), hjelper det lite når alle linjene skal gjennom fellestunnelen med en kapasitet på 28 tog pr. time og retning. Som det kommer fram av stolpediagrammet under, hindrer begrenset kapasitet i sentrum høyere utnyttelse ute i nettet.



Figur 75: T-banens systemkapasitet.



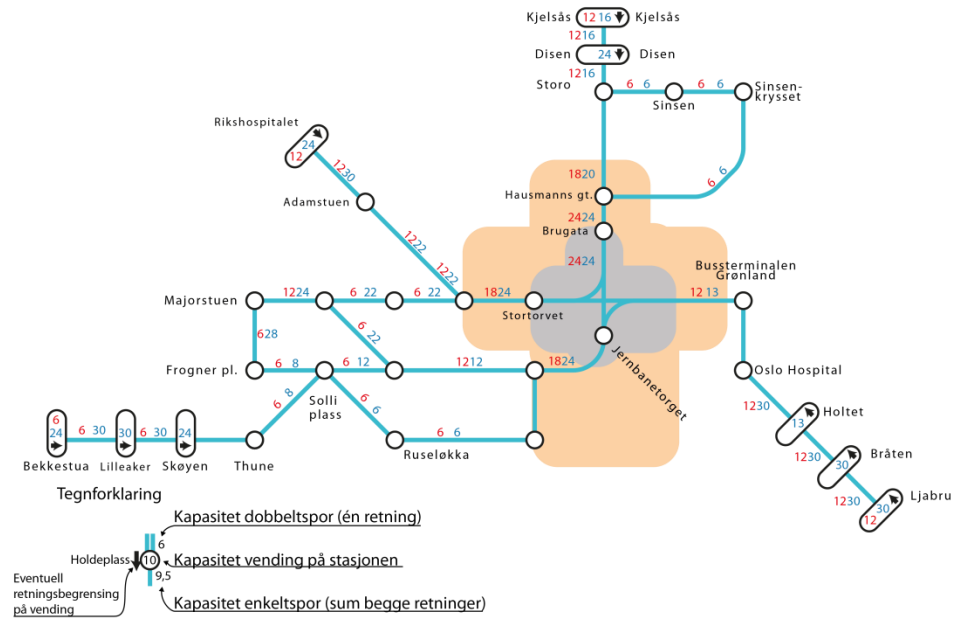
Figur 76: Komponenter av den praktiske T-banekapasiteten.

### 7.6.3

#### Trikk

Lik driftsartene vurdert ovenfor, er trikkens systemkapasitet vurdert ut fra det identifiserte distribusjonsområdet, opptaksområdet og transportstrekningen vist i kapittel 7.2.

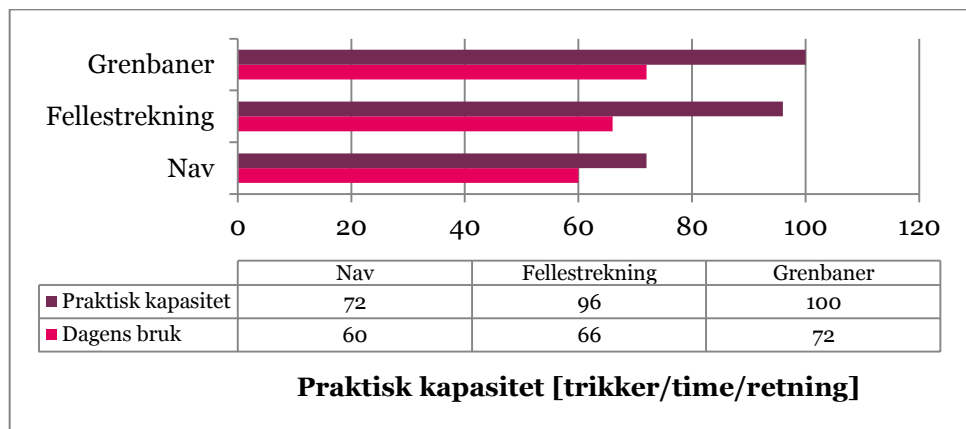
Trikkens kapasitet er i mange tilfeller sterkt påvirket av busstrafikken. Dette gjør den praktiske kapasiteten vrien å vurdere, fordi selv små endringer i ruteopplegget til bussene kan gi utslag på kapasiteten til trikkene. Et eksempel på dette er Ekebergbanen, som til tross for en separat trasé oppe i Ekebergåsen er begrenset av noen felles stoppesteder med buss på sentrumsdelen av linjen.



Figur 77: Praktisk infrastrukturkapasitet for trikk i Oslo i 2015

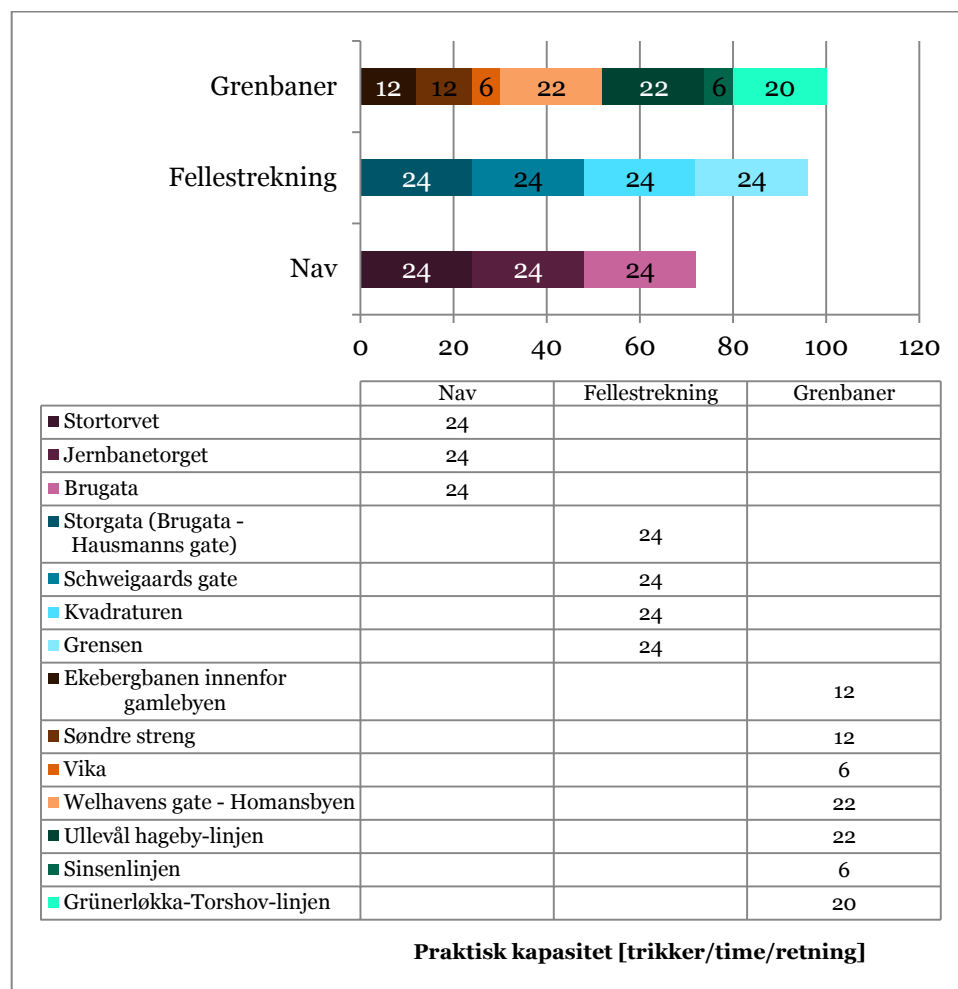
Trikkens systemkapasitet er beregnet basert på forutsetningene som finnes i kapittel 6.6 og kapittel 7.5. Man ser at selv med flere strenger, får man ikke kjørt flere trikker gjennom distribusjonsområdet (se kapittel 7.2), da disse strengene har begrenset kapasitet.

Som det kommer fram i Figur 77 og Figur 78 er det tilgjengelig kapasitet på grenbanene og fellestrekningene, utenfor bykjernen. Denne kapasiteten utnyttes delvis i dag (én av linjene går for eksempel ikke gjennom Navet). Eventuelle trikkelinjer som blir anlagt utenfor bykjernen vil da kunne åpne for større bruk av denne kapasiteten.



Figur 78: Trikkens systemkapasitet i Oslo.

Det bør også bemerkes at trikken ikke helt faller inn i den helt samme Nav-funksjonen som finnes i T-banen og jernbanen, med ett hovedtyngdepunkt for markedet. Trikk (og buss) har også liknende funksjoner ut mot andre deler av nettet. For trikken finner en dette for eksempel i retning Majorstuen.



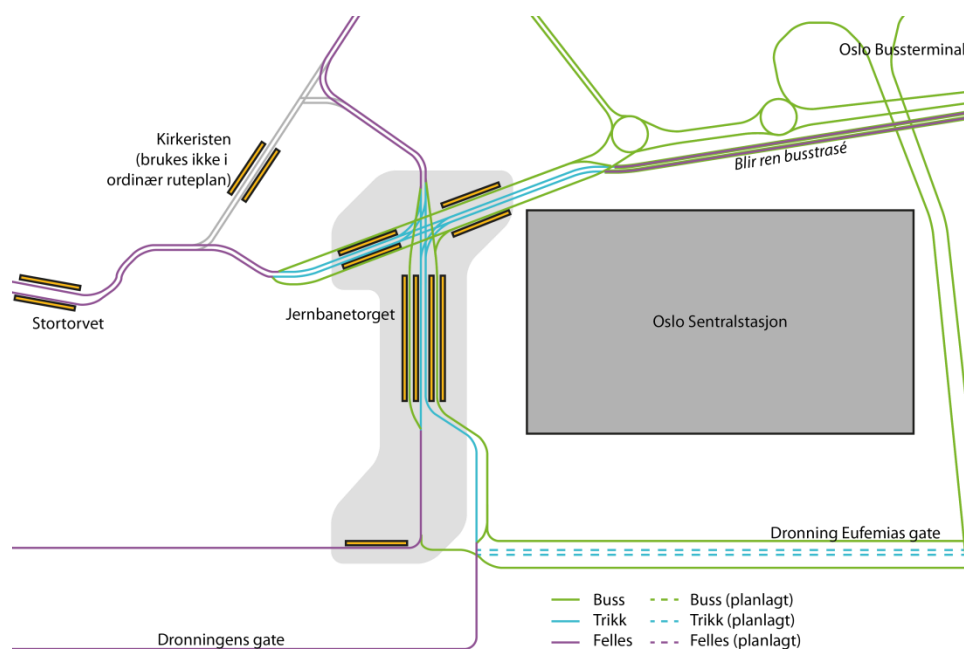
Figur 79: Komponenter i trikkens systemkapasitet.

### Jernbanetorget

Felles for buss og trikk i Oslo er at Jernbanetorget er en utfordring. Selve stoppestedet består egentlig av flere plattformer som dekker to akser (øst–vest og sør–nord) med separate stoppesteder på akkurat dette knutepunktet, men med felles traseer inn fra fire retninger, se Figur 80. Jamfør snittene definert i Tabell 74 er ikke dette en situasjon som gir høy kapasitet gjennom knutepunktet og Jernbanetorget utgjør derfor en sentral begrensning for mulig økning i antall busser og trikker i sentrum

Dersom linjer ikke legges om slik at flere blir uavhengige av Jernbanetorget's kapasitet, kan en løsning for å øke trikkekapasiteten være økt separasjon inn mot og gjennom Jernbanetorget. Skal bussene ledes utenom Jernbanetorget er alternativene å føre flere busser til Schweigaards gate, Dronning Eufemias gate og gjennom Kvadraturen.

Det kan på grunn av begrenset busskapasitet (se kapittel 7.6.4) føre til at det totalt må gå færre busser gjennom sentrum.



Figur 80: Fordeling av buss og trikk på Jernbanetorget.

### Bybane

Det er i Oslo-Navets rapport *Konseptmuligheter* sett nærmere på en videreutvikling av trikken til en større bybanefunksjon (se A3) [42], og rolleinnordningen er også drøftet i kapittel 4.3.

«Bytrikk» og «Bybane» kan brukes som begreper for å skille mellom trikk i vanlige bygater og trikk på egen trasé i ytre by/forsteder. Bytrikk har rollen som kapasitetssterkt transportmiddel som gir god flatedekning i indre by, mens bybane kan brukes for å binde sammen knutepunkter og områder der det ikke er grunnlag for T-bane eller jernbane.

Bybanen kan brukes på tre forskjellige måter i Oslo. Den kan bygges ut på en måte som supplerer dagens buss, trikk- og T-banesystem, den kan avlaste T-banenettet ved at en del av dagens linjer omformes til bybane eller som en kombinasjon av disse to. En avlastning av T-banenettet, slik at frekvensen kan økes på grenbanene og gi opphav til en god nettverkseffekt, kan samtidig forskyve behovet for en ny sentrumstunnel fram i tid.

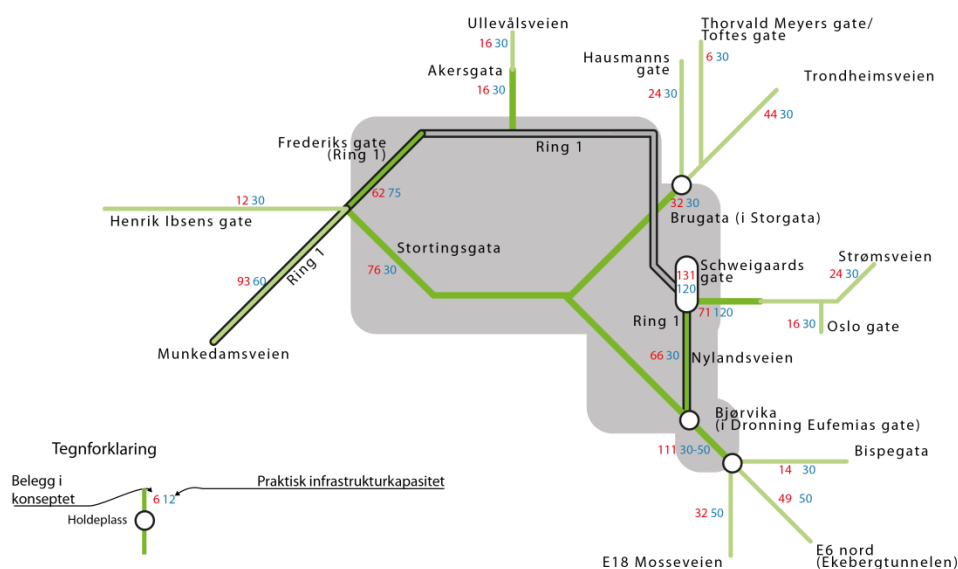
Et bybanekonsept forutsetter at man finner løsninger for traséer i indre by og sentrum som er tilpasset bybanemateriell på 70 meter. Vanlige tofelts bygater med kurver og stort innslag av gåing, sykling og varelevering til butikker anses imidlertid som lite egnet for slike vogner. Enkelte linjer av dagens trikkesystem er allerede oppgradert til å ha delstrekninger med bybanestandard og høystandard stoppesteder med universell utforming. Disse linjer trafikkeres i dag med SL95 men kan brukes i et framtidig bybanekonsept.

## 7.6.4

## Buss

I kapittel 7.2 er det skilt mellom de ulike bussfunksjonene, slik at rolledelingen kommer tydeligere fram. Når kapasiteten skal ses på, vil det totale antall busser være avgjørende, og her vurderes alle Ruter-bussene under ett. Det må påpekes at trafikk tallene brukt her er kun gjelder Ruters og Nettbuss sine busser, det vil si at tur-, turist- og ekspressbusser ikke er fanget opp i dette. Disse antas uansett ikke å ha en utslagsgivende vekt i de følgende analysene, selv om de bidrar til økt trafikk.

Det er knyttet betraktelig større usikkerhet til busskapasiteten enn for jernbane- og T-banekapasiteten, og tallene i dette kapitlet er kommet fram til ved en vurdering av de stedlige forhold på snittene undersøkt. Hvor i spennet i håndbok V123 de ulike traséene ender opp, er blant annet basert på Ruters rapport «*Kraftfulle framkommelighetstiltak*» [69]. Kapasiteten i bussens opptaksområde er antatt høy, men er ikke kartlagt i detalj.

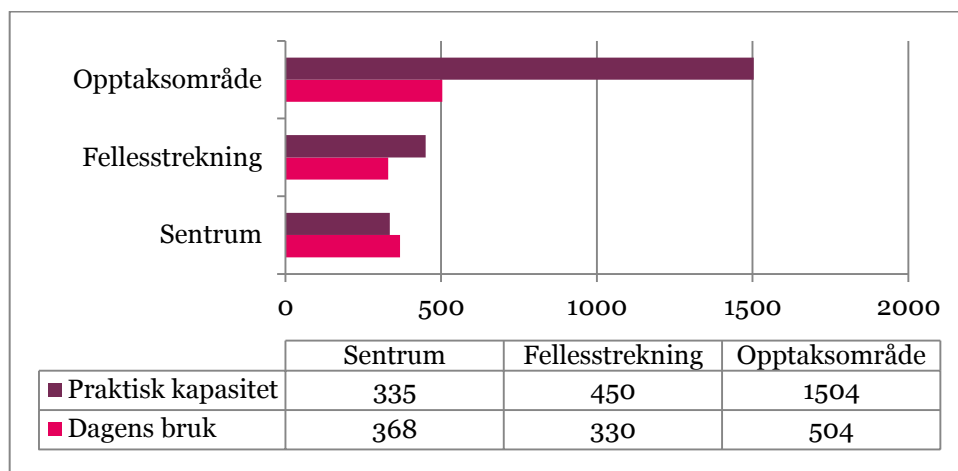


Figur 81: Systemkapasitet buss i det sentrale Oslo.

Basert på infrastrukturkapasiteten beskrevet i kapittel 6.6 er det gjort vurderinger av busskapasiteten av de viktigste gatene inn i bykjernen, se Figur 81 og Figur 82.

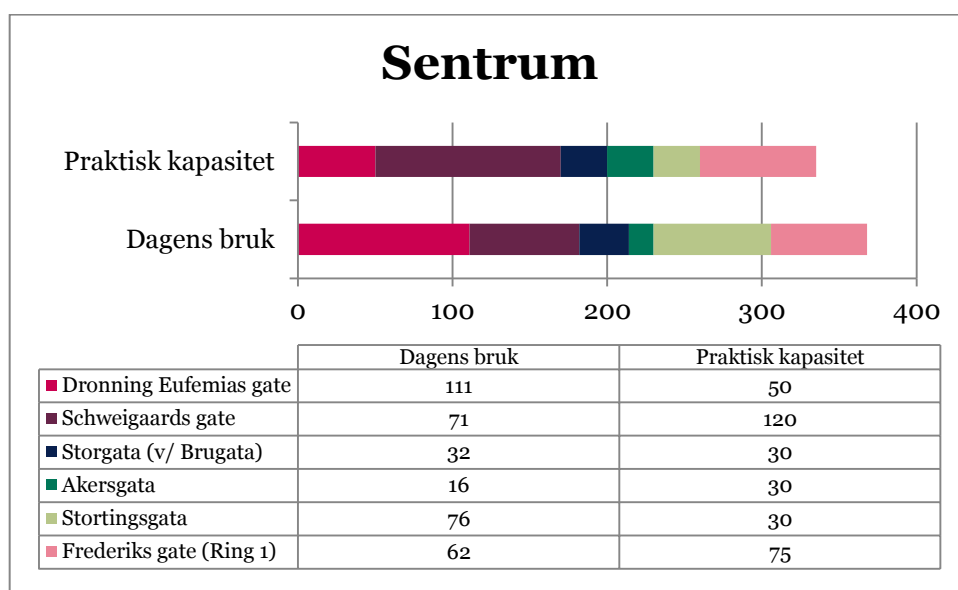
I bykjernen ligger også Oslo bussterminal. Her vender mange av regionbussene, samt TIME-ekspressen, flybussene og fjernbussene. Det er anslått en praktisk kapasitet på terminalen på rundt 120 busser i timen, mens det faktiske tallet på antall avganger er 131 [70]. Kapasiteten er dermed sprengt.

KVU Oslo-Navets spesialanalyse *Bussterminaler* drøfter denne problemstillingen videre [66].



Figur 82: Systemkapasitet buss i det sentrale Oslo.

Avviket i «dagens bruk» mellom sentrum, fellesstrekning og opptaksområde skyldes at bybusslinjene<sup>8</sup> gjerne tangerer sentrumsområdet.



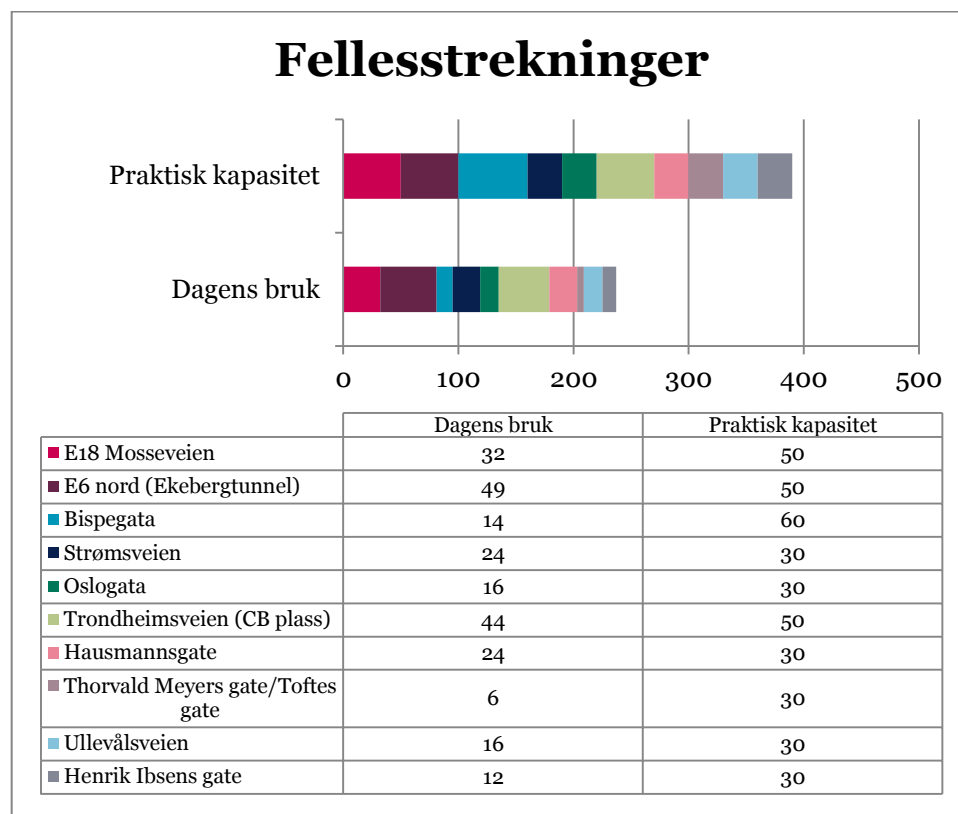
Figur 83: Komponenter i den praktiske busskapasiteten i Oslo sentrum

Av plasshensyn er drøftingen av bussenes kapasitet delt opp mellom sentrum og fellesstrekningene. De seks hovedårene inn i det sentrale Oslo er vurdert ut fra metoden formulert i kapittelet kapittel 6.6.

De 11 fellestrekningene som leder inn til årene inn til sentrum er også vurdert ut fra sin utforming og blanding med annen trafikk.

<sup>8</sup> De røde bussene





Figur 84: Komponenter i kapasiteten til fellesstrekningenes busskapasitet.

Som nevnt innledningsvis i kapittel 6.6.1, er det en del utfordringer knyttet til framføring av busser i Indre By. Her er det størst konkurranse om gatearealet. Privatbiler, syklistere og fotgjengere, taxi og eventuelt trikker vil konkurrere om gatearealet, og da vil det være en politisk beslutning hvilke trafikantkategorier som skal prioriteres. En høy kapasitet på både buss og trikk er avhengig av prioritering i kryss, og separasjon av trafikk. Dette vil da gå på bekostning av annen trafikk, særlig biltrafikk, men også sykkel- og gangtrafikk vil bli påvirket av en radikal økning i buss- og trikkekapasiteten.

På strekninger med eget bussfelt er det nå på enkelte steder redusert framkommelighet for busser, og dermed redusert kapasitet på grunn et stort innslag av annen trafikk som el-biler, taxier og motorsyklar, spesielt er det noen steder et stort antall el-biler som reduserer framkommeligheten for buss.

Ved felles trasé for buss og trikk vil kapasiteten for buss være direkte avhengig av antall trikker som trafikkerer strekningen. Kapasitetsbegrensningen vil være størst i forbindelse med stoppestedene og i kryss hvor tunge kollektivstrømmer krysser hverandre. En økning av trikketilbudet vil derfor gi en negativ effekt på busskapasiteten. For å øke busskapasiteten vil det være en mulighet å flytte busslinjene, da dette er mindre krevende enn å flytte trikkelinjer.

Dersom det er kryssende trikk vil denne prioriteres foran bussen i lyskryss, og dermed redusere kapasiteten for busstrafikken. Stor kryssende gang- og sykkeltrafikk vil også redusere busskapasiteten.

## 8 Sammenstilling og konklusjon

Dette kapitlet inneholder en oppsummering av konklusjonene fra de foregående kapitlene, i tillegg til en sammenstilling og sammenligning av data for de ulike driftsartene. Det er i sammenligningen lagt vekt på å finne parametere som legger grunnlag for en objektiv vurdering av hvor godt de ulike transportmidlene kan løse oppgavene sine. Oppsummerende tall for kjøretøykapasitet og systemkapasitet er vist i Tabell 75, Tabell 76 og Tabell 77.

### 8.1 Kapasitetspotensial materiell

Potensiell kapasitetsgevinst ved å benytte annet materiell enn i dag er drøftet i kapittel 5.

#### 8.1.1 Tog

Toetasjes tog kan gi en viss gevinst dersom det er mulig å holde korte oppholdstider på stasjonen. Men ved økning av oppholdstiden reduseres systemets kapasitet raskt. De teoretiske beregningene av oppholdstid viser at bruk av toetasjes tog trolig innebærer en reduksjon av frekvensen, men at det likevel vil kunne være en kapasitetsgevinst å hente. Denne gevinsten er imidlertid liten i scenarier der togene er fulle. Derfor anbefales ikke toetasjes tog som en løsning på kapasitetsproblemet gjennom Oslotunnelen. Det kan imidlertid være potensielle for å benytte slike tog på ruter som vender på Oslo S, og uansett har en lengre oppholdstid knyttet til dette.

Forlengelse av Flirt-togene på linjer der infrastrukturen tillater dette har potensiale til å øke personkapasiteten med 17 prosent.

#### 8.1.2 T-bane

Dagens T-banvogner er tilpasset dagens stasjoner og er kapasitetssterke med god utnyttelse av gulvareal. En utskiftning av materiellet for å øke totalkapasiteten vil gå på bekostning av kundenes komfort, fordi det innebærer at sitteplasser byttes ut med ståplasser. Ved bare å kjøre doble togsett gjennom fellestunnelen (vende Holmenkollbanen i vest) kan transportkapasiteten på denne strekningen øke med åtte prosent.

#### 8.1.3 Trikk

Trikken har et stort kapasitetspotensiale på materiellsiden. Ved å bytte ut SL79-trikkene med de nyere SL95-trikkene kan man oppnå 21 prosent økning i praktisk kapasitet. Å bytte ut alle trikkene med nyere materiell (med omtrent samme lengde som SL95) beskrevet i kapittel 4.3 kan gi opp mot 36 prosent økning i praktisk kapasitet.

#### 8.1.4 Buss

De busslinjene hvor det kan kjøres toleddsbusser har potensiale for kapasitetsøkning. Dette forutsetter imidlertid tilrettelegging av stoppesteder for så lange busser. Oppholdstiden på stoppested er noe lengre for en toleddsbus enn for en etleddsbus på grunn av flere passasjerer pr. dør ved samme komfortnivå. Den praktiske kapasitetsøkningen i grunnrute er beregnet til 32 prosent.

## 8.2 Kapasitetspotensial infrastruktur

Typiske tverrsnitt for de ulike driftsartene er definert i Tabell 74.

### 8.2.1 Jernbane

Jernbanen er avhengig av mange enkelttiltak for å øke kapasiteten i systemet, fra bytting av enkelte sporveksler til reduksjon av avstand mellom kryssingsspor. Man kan også øke kapasiteten ved å forlenge plattformene slik at det kan kjøres doble togsett (220 m) på strekningene. De største flaskehalsene på jernbanenettet er vendemulighet på Oslo S og kapasitet gjennom Oslotunnelen.

### 8.2.2 T-bane

For T-banen vil et nytt signalsystem (CBTC) kunne øke kapasiteten fra 28 til 32 tog i timen, det vil si en økning på 14 prosent.

Helautomatisk drift vil gi en økning i transportkapasiteten på tre prosent i forhold til økningen med nytt signalsystem, dette kommer av at førerhusarealet omdisponeres til passasjerareal.

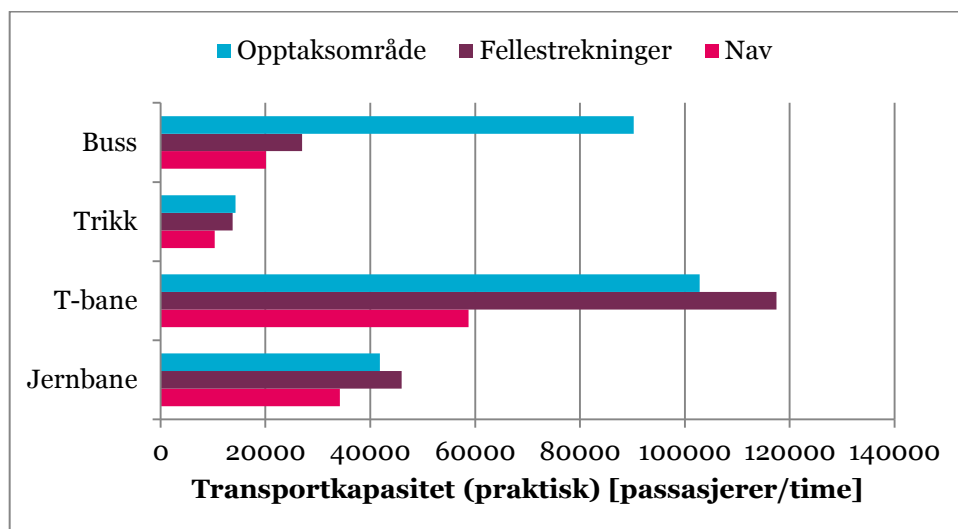
### 8.2.3 Buss og trikk

Driftsartene på overflaten (buss og trikk) har i stedvis noe potensial for høyere frekvenser enn det man har i dag. Dette oppnås gjennom økt trafikkseparasjon, prioritering i kryss og stoppesteder med plass til flere kjøretøy. I bygatene kjøres det imidlertid i dag flere busser enn det antall KVU Oslo-Navet legger til grunn for praktisk kapasitet på enkelte strekninger. Dette medfører belastning på bymiljøet, store driftsforstyrrelser, klumping av bussavganger og barrierer for gående og syklende.

Dagens driftsopplegg for regionbussene som trafikkerer sentrum er dessuten lite effektivt ettersom flere av linjene har endepunkt i sentrum. Dette medfører relativt få passasjerer pr. buss og økt arealbehov for vending og terminering. Kombinasjonen av kapasitet på infrastrukturen og kapasiteten i kjøretøyene ved enkelte servicenivåer er vist i Tabell 76. Materiellkoder for systemkapasitetstabellen er vist i Tabell 77.

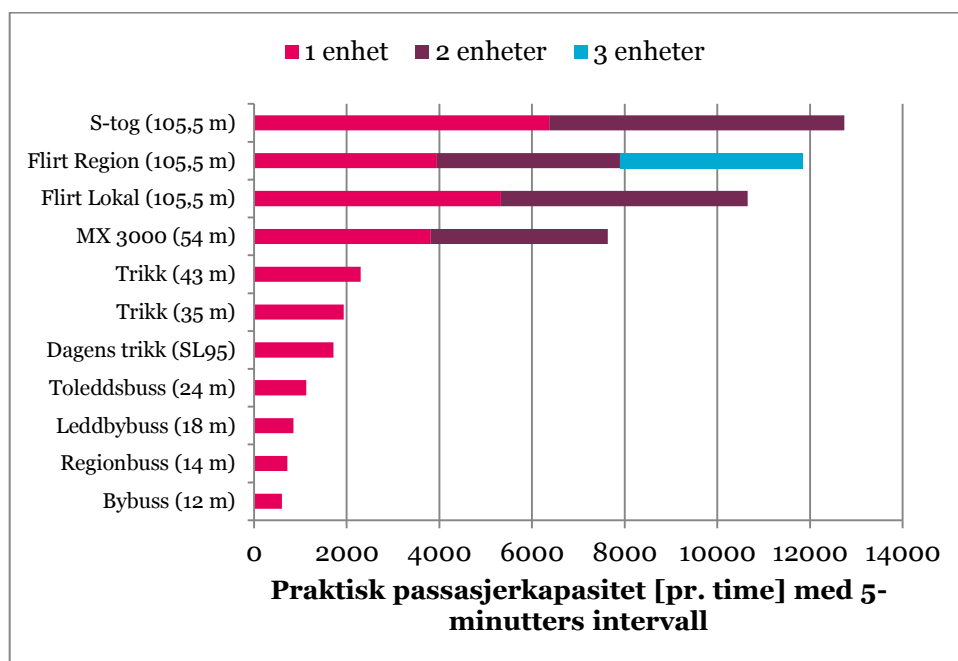
## 8.3 Systemkapasitet

Driftsartene har ulike frihetsgrader og avhengigheter i sine respektive systemer. Felles er at begrenset kapasitet i Navet legger føringer for hvor mange passasjerer systemene kan transportere. Figur 85 viser at de ulike driftsartene har forskjellige avhengigheter utover i nettet. For eksempel at jernbanen har lavere kapasitet i opptaksområdet enn på fellesstrekningene.



Figur 85: Praktisk transportkapasitet for ulike driftsarter, med en forenklet kjøretøymiks (kun en type materiell brukt pr. driftsart). Tog med type 74, T-bane MX-3000, trikk SL95 og buss typebuss 14 meter. Tog og T-bane er justert etter hvor mange togsett det kan kjøres.

Figur 86 viser en sammenlikning av driftsartenes kapasitet per time på en tenkt linje gitt et likeartet tilbud med hensyn på frekvens (5-minutters intervall).



Figur 86: Praktisk passasjerkapasitet per time for ulike driftsarter

### 8.3.1

#### Jernbane

«Navet», bestående av strekningen Oslo S–Lysaker og vendekapasiteten på Oslo S, begrenser det totale antallet tog som kan kjøres gjennom systemet. På enkelte strekninger i opptaksområdet begrenser korte plattformer transportkapasiteten, på andre er det at banen er enkeltsporet. Det påpekes at også noen av fellestrekkningene betjener betydelige deler av markedet.

### 8.3.2

#### T-bane

Med én fellestunnel og et driftsopplegg basert på at alle linjer skal trafikkere denne, blir T-banenettets transportkapasitet begrenset av fellestunnelens trafikkapasitet. Alle strekninger har doble plattformer, unntatt Holmenkollbanen, som fører til en noe lavere transportkapasitet i opptaksområdet enn på fellesstrekningene.

### 8.3.3

#### Trikk

Trikkens kapasitet er tett knyttet til gatebruken, antallet busser og mengden øvrig trafikk, og er derfor vanskelig å bestemme i detalj. Det er i dag framkommelighetsproblemer på mange av delstrekningene på grunn av både bil-, gang-, sykkel- og busstrafikk samt tunge kryssende trafikkstrømmer i flere kryss. Et ønske om en vesentlig frekvensøkning for trikk gjennom Navet vil derfor kreve endret gatebruk og begrensninger for andre trafikantgrupper i sentrum, men også tiltak i opptaksområdene og på fellesstrekningene.

### 8.3.4

#### Buss

Bussens kapasitet er tett knyttet til gatebruken og antallet trikker der det er felles traseer. Også bussen har framkommelighetsproblemer på delstrekninger av samme grunn som for trikken. Busstraseer har en langt større fleksibilitet enn trikketraseer, og det er derfor en svært høy transportkapasitet i opptaksområdene.

## 8.4

### Anbefalte kjøretøytyper bruk i transportmodellberegningen

Etter at transportmodellene har blitt kjørt, kjøres det en analyse på hvor fulle kjøretøyene blir og om noen kjøretøy vil måtte avvise passasjerer. I det følgende er det beskrevet hvilke kjøretøy KVU Oslo-Navet legger til grunn i disse analysene. *Totalkapasiteten* tilsvarer her den teoretiske kapasiteten (LOS-nivå E).

### 8.4.1

#### Tog

Flirt-togene legges til grunn for beregninger av togkapasitet, da NSB er midt i en prosess med å fase inn disse togene. KVU Oslo-Navet har ikke funnet noen grunn til å bytte dem ut med sammenliknbart materiell. Togene legges inn med tall for teoretisk makskapasitet (LOS nivå E), da transportmodellen viser total fyllingsgrad. Hvilket komfortnivå man har på togene, må man deretter vurdere ut fra transportmodellens resultater.

- Lokaltog (enkeltsett 105,5 m):
  - 295 seter, 298 stående og totalkapasitet på 593
- Regiontog (enkeltsett 105,5 m):
  - 240 seter, 177 stående og totalkapasitet på 417

### 8.4.2

#### T-bane

Dagens T-banemateriell legges til grunn for beregningene fordi alternativt undersøkt materiell ikke gir betydelig kapasitetsøkning uten reduksjon av komfort. Dette vil være uheldig med hensyn til konkurransevnen mot personbil.

- T-bane (enkeltsett 54 m):
  - 124 seter, 360 stående og totalkapasitet på 498

### 8.4.3

#### S-bane

Det finnes få materielltyper som er direkte overførbare til norske forhold. Derfor legges det et typetog til grunn, som er en interpolering mellom lokaltog og T-bane. Dette er rollen KVU Oslo-Navet ønsker at dette materiellet skal ha.

- S-banetog (enkeltsett 105,5 m):
  - 281 seter, 499 stående og totalkapasitet på 780

### 8.4.4

#### Trikk

Det er påvist en potensiell kapasitetsøkning ved å bytte ut vognparken med en eksempeltrikk på 35 meter (Bombardier Flexity Classic modifisert for toretningsdrift eller materiell med tilsvarende kapasitet). Siden det antydes at SL95 skal skiftes ut, legges eksempeltrikken til grunn for beregningene. En lengre trikk brukt i enkelte av KVU-ens konsepter er ekstrapolert fra denne trikketypen.

- Trikk (enkeltsett 35 m):
  - 85 seter, 151 stående og totalkapasitet på 236
- Trikk i konsept A2 (enkeltsett 37,5 m):
  - 90 seter, 160 stående og totalkapasitet på 250

### 8.4.5

#### Buss

Siden det er et stort utvalg av busser, at busser har kort levetid sammenliknet med tog og T-bane og det er store muligheter til å bestille spesialtilpasset materiell, legges følgende typebussene til grunn:

- Kort bybuss (12 m)
  - 36 seter, 27 stående og en totalkapasitet på 63
- Regionbuss (14 m)
  - 48 seter, 24 stående og en totalkapasitet på 72
- Lang bybuss (18 m, leddet)
  - 51 seter, 39 stående og en totalkapasitet på 90
- Toleddet bybuss (24 m, leddet)
  - 58 seter, 72 stående og en totalkapasitet på 130

## 8.5

### Vedlegg til kapittel 8

Nedenfor er det laget en sammenstilling av informasjon og en sammenligning mellom de ulike driftsartene. Det tilstrebet å finne parametere som gjør det mulig å sammenlikne transportmidlenes evne til å løse oppgavene på en mest mulig objektiv måte, se Tabell 75. Resultatene fra kapittel 5 og 6 er slått sammen og vist i Tabell 76.

Kategori	Flytøyg			Tog			S-bane			T-bane			Bybane/Trikk			Byss						
	Type	Region	Lokal	Type	VIRM	To etasjer	Teoretisk S-tog	Vanlig drift	Automatisk drift	Bybane	35m trikk	43 m trikk	Trikk-tog	Konsept	By	Region	Toledds					
Materiell	Type	71	74	75	IV	Kiss	Omneo Region 2N, Long	Teoretisk S-tog	MX3000	Ombygget MX3000	Klang Valley, Kuala Lumpur	SL79	SL95	Variobahn	Flexity Classic**	Flexity 2	Citadis Dualis	Oppskalert Flexity Classic**	Volvo 7500 Bi-Articulated			
<b>Teoretisk kapasitet</b>																						
Sitteplasser	244	<b>240</b>	<b>295</b>	406	337	520	605	<b>281</b>	<b>138</b>	146	210	71	88	84	<b>85</b>	80	98	<b>90</b>	<b>36</b>	<b>51</b>	<b>48</b>	<b>58</b>
Ståplasser (2 og 4/m <sup>2</sup> )	-	89	149	93	274	220	213	250	180	182	416	33	55	64	76	112	77	80	14	20	12	36
Totalt antall plasser (2 og 4/m <sup>2</sup> )	244	<b>177</b>	<b>298</b>	186	548	440	425	<b>499</b>	<b>360</b>	364	832	66	110	128	<b>151</b>	224	153	<b>160</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>24</b>	<b>72</b>
Plasser/ m. kjøretøy (2 og 4/m <sup>2</sup> )	2,3	3,1	4,2	4,6	6,1	6,7	7,4	5,0	5,9	6,0	5,8	4,7	4,3	4,6	4,5	4,5	4,2	4,5	4,2	3,9	4,3	3,9
Dørandel pr. side (%)	2,3	4,0	5,6	5,5	8,8	8,7	9,4	7,4	9,2	9,4	9,6	6,1	6,0	6,5	6,7	7,1	6,0	6,7	5,3	5,0	5,1	5,4
Passasjerer/ m. dør (2 og 4/m <sup>2</sup> )	11,1	11,1	12,3	9,6	11,2	11,6	18,5	21,5	21,5	21,5	20,7	-	18,1	-	18,4	21,4	12,4	17,3	-	-	-	-
<b>Praktisk kapasitet</b>																						
Antall plasser (2/m <sup>2</sup> )	20,3	28,1	34,2	48,0	54,6	57,8	63,9	27,2	27,2	28,0	23,2	-	23,8	-	24,8	20,9	33,6	26,2	-	-	-	-
Plasser/ m. kjøretøy	20,3	35,6	45,6	56,9	79,0	75,0	80,5	40,0	42,6	43,6	38,6	-	33,0	-	36,3	33,0	48,3	38,5	-	-	-	-
Passasjerer/ m. dør	244	329	444	499	611	740	818	522	318	328	626	104	143	148	161	192	175	170	50	71	60	94
Antall plasser (-)	2,3	3,1	4,2	4,6	6,1	6,7	7,4	5,0	5,9	6,0	5,8	4,7	4,3	4,6	4,5	4,5	4,2	4,5	4,2	3,9	4,3	3,9
Plasser/ m. kjøretøy	20,3	28,1	34,2	48,0	54,6	57,8	63,9	27,2	27,2	28,0	23,2	-	23,8	-	24,8	20,9	33,6	26,2	-	-	-	-
Passasjerer/ m. dør	244	204	259	406	337	520	605	281	124	131	210	71	88	84	85	80	98	90	36	51	48	58
Antall plasser (-)	2,3	1,9	2,5	3,7	3,4	4,7	5,5	2,7	2,3	2,4	1,9	3,2	2,7	2,6	2,4	1,9	2,3	2,4	3,0	2,8	3,4	2,4
Plasser/ m. kjøretøy	20,3	17,4	19,9	39,0	30,1	40,6	47,3	14,4	10,6	11,2	7,8	-	14,7	-	13,1	8,7	18,8	13,8	-	-	-	-
Passasjerer/ m. dør	170	143	180	244	202	312	363	169	97	102	147	43	53	50	51	48	59	54	25	36	34	41
Antall plasser (-)	1,6	1,4	1,7	2,2	2,0	2,8	3,3	1,6	1,8	1,9	1,4	1,9	1,6	1,6	1,4	1,1	1,4	1,4	2,1	2,0	2,4	1,7
Plasser/ m. kjøretøy	14,2	12,2	13,8	23,4	18,1	24,4	28,4	8,6	8,3	8,7	5,4	-	8,8	-	7,8	5,2	11,3	8,3	-	-	-	-
Passasjerer/ m. dør	45	50	56	63	84	90	37	41	41	41	43	30	36	38	35	34	42	35	25	25	31	29
<b>Referanseoppholdstid [s]</b> *																						

Tabell 75: Oppsummerede nøkkelverdier

\* Der det kun oppgis en verdi er antallet ståplasser ikke spesifisert per m<sup>2</sup>. Ståplasskapasitet antas i de tilfellene å være 4 pr./m<sup>2</sup>.

\*\* Referanseoppholdstiden er beregnet for en ståplasskapasitet på 4 pr./m<sup>2</sup>.

\*\*\* Eksempeltype der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn.

\*\*\*\* Konsept A2 refererer til et konsept i Konseptmuligheter H3 der det er forespillet trikker med lengde på om lag 37,5 meter.

Tabell 76: Systemkapasitet, utvalgte kombinasjoner av materiell og infrastrukturtype. Eksempelvis er kapasitetsøkningen på T-banen ved innføring av CBTC vist som økningen med materiell dobbel 300 på infrastrukturkodene T2a og T2b. For overflatekonseptene er det kun sett på enkle sett.

Kapasitet ved servicenivå (LOS)												
Transportmiddel	Materiell		Infrastruktur	A		B		Trenghetsgrense	C (lange reiser)		D	E
Tog	74	Enkel	J1	204	286	<b>286</b>	408	480	658	834		
	75	Enkel	J2a	1 404	2 160	<b>2 172</b>	3 108	3 540	5 328	7 116		
	75	Enkel	J2b	936	1 440	<b>1 448</b>	2 072	2 360	3 552	4 744		
	74	Enkel	J3a	1 836	2 574	<b>2 574</b>	3 672	4 320	5 922	7 506		
	74	Enkel	J3b	1 632	2 288	<b>2 288</b>	3 264	3 840	5 264	6 672		
	75	Enkel	J4a	1 170	1 800	<b>1 810</b>	2 590	2 950	4 440	5 930		
	74	Enkel	J4b	2 448	3 432	<b>3 432</b>	4 896	5 760	7 896	10 008		
	74	Dobbel	J1	408	572	<b>572</b>	816	960	1 316	1 668		
	75	Dobbel	J2a	2 808	4 320	<b>4 344</b>	6 216	7 080	10 656	14 232		
	75	Dobbel	J2b	1 872	2 880	<b>2 896</b>	4 144	4 720	7 104	9 488		
	74	Dobbel	J3a	3 672	5 148	<b>5 148</b>	7 344	8 640	11 844	15 012		
	74	Dobbel	J3b	3 264	4 576	<b>4 576</b>	6 528	7 680	10 528	13 344		
	75	Dobbel	J4a	2 340	3 600	<b>3 620</b>	5 180	5 900	8 880	11 860		
	74	Dobbel	J4b	4 896	6 864	<b>6 864</b>	9 792	11 520	15 792	20 016		
	75	Trippel	J3a	6 318	9 720	<b>9 774</b>	13 986	15 930	23 976	32 022		
	75	Trippel	J3b	5 616	8 640	<b>8 688</b>	12 432	14 160	21 312	28 464		
	75	Trippel	J4b	8 424	12 960	<b>13 032</b>	18 648	21 240	31 968	42 696		
	S-tog	171	Enkel	S1	3 050	4 225	<b>4 925</b>	7 025	7 025	13 275	19 500	
171		Enkel	S2	1 952	2 704	<b>3 152</b>	4 496	4 496	8 496	12 480		
T-bane	301	Dobbel	T1	3 864	5 410	<b>5 410</b>	6 944	7 728	22 848	37 968		
	301	Dobbel	T2a	4 416	6 182	<b>6 182</b>	7 936	8 832	26 112	43 392		
	301	Dobbel	T2b	4 968	6 955	<b>6 955</b>	8 928	9 936	29 376	48 816		
	305	Dobbel	T3	5 256	7 358	<b>7 358</b>	9 446	10 512	23 616	36 720		
	322	Enkel	T3	3 777	5 288	<b>5 288</b>	7 554	7 554	22 531	37 508		
Overflateløsninger	279	O1a		852	1 022	<b>1 193</b>	1 704	1 704	2 496	3 288		
	295	O1a		1 056	1 267	<b>1 478</b>	2 112	2 112	3 432	4 752		
	215	O1a		1 032	1 224	<b>1 440</b>	2 040	2 040	3 864	5 664		
	214	O1a		1 080	1 296	<b>1 512</b>	2 160	2 160	4 080	6 000		
	212	O1a		960	1 152	<b>1 344</b>	1 920	1 920	4 608	7 296		
	220	O1a		768	922	<b>1 075</b>	1 536	1 536	3 552	5 568		
	295	O1b		1 320	1 584	<b>1 848</b>	2 640	2 640	4 290	5 940		



Kapasitet ved servicenivå (LOS)												
Transportmiddel	Materiell		Infrastruktur	A		B		Trensgelsgrense	C (lange reiser)		D	E
	215		O1b	1 290	1 530	<b>1 800</b>	2 550	2 550	4 830	7 080		
	412		O2a	540	750	<b>750</b>	1 080	1 080	1 500	1 890		
	418		O2a	780	1 080	<b>1 080</b>	1 530	1 530	2 130	2 700		
	425		O2a	870	1 230	<b>1 230</b>	1 740	1 740	2 820	3 900		
	414		O2b	1 200	1 700	<b>1 700</b>	2 400	2 400	3 000	3 600		
	418	295	O3	1 836	2 347	<b>2 558</b>	3 642	3 642	5 562	7 452		
	418	295	O4	918	1 174	<b>1 279</b>	1 821	1 821	2 781	3 726		
		295	O5	836	1 003	<b>1 170</b>	1 672	1 672	2 717	3 762		
	412		O6	432	600	<b>600</b>	864	864	1 200	1 512		
	412	295	O7	708	884	<b>989</b>	1 416	1 416	2 216	3 006		

Tabell 77: Materiellkoder for systemkapasitetstabell

Kode	Materiell
<b>TOG</b>	
74	Flirt Region (105,5 m)
75	Flirt Lokal (105,5 m)
<b>S-TOG</b>	
171	S-tog (105,5 m)
<b>TRIKK</b>	
200	Bybanen Bergen
212	Trikk (43 m)
214	Trikk (37,5 m)
220	Siemens Avenio (Haag)
279	Dagens trikk (SL79)
295	Dagens trikk (SL95)
<b>T-BANE</b>	
300	MX 3000 (54 m)
305	MX3000 ombygget for førerløs drift (anslag)
323	Siemens Driverless (Kuala Lumpur) ekstrapolert 108 m (6stående / m2)
<b>BUSS</b>	
412	Bybuss (12 m)
414	Regionbuss (14 m)
418	Leddbybuss (18 m)
425	Toleddsbybuss (24 m)

## 9 Referanser

- [1] NSB, «Våre tog,» 2014. [Internett]. Available: <https://www.nsb.no/om-nsb/om-vare-tog>. [Funnet 13 10 2014].
- [2] H. N. G. o. A. R. J, «An international comparison of urban rail boarding and alighting rates,» *Proc. IMechE Vol. 221 Part F: J. Rail and Rapid Transit*, 2007.
- [3] Jernbaneverket Strategi og samfunn, «Persontrafikk: Dimensjonering av transportkapasitet i lokal- og regiontrafikk,» 2014.
- [4] C. P. Cristobal , «Epost: Re: Oslo-navet: Practical Vehicle Capacity,» 2014.
- [5] A. Kühn og B. Nielsen, «Capacity of PT-modes - review,» Karlsruhe-Göteborg, 2015.
- [6] U. Huwer, «Epost: AW: Oslo-navet: Practical Vehicle Capacity,» Zürich, 2014.
- [7] Wikipedia, «U-Bahn Berlin,» 2014. [Internett]. Available: [http://de.wikipedia.org/wiki/U-Bahn\\_Berlin](http://de.wikipedia.org/wiki/U-Bahn_Berlin). [Funnet 09 12 2014].
- [8] Flytoget AS, «Flytoget skal kjøpe 8 nye togsett,» 07 Februar 2014. [Internett]. Available: <http://flytoget.no/Presse/Pressemeldinger/Flytoget-skal-kjoepe-8-nye-togsett>. [Funnet 14 November 2014].
- [9] Bombardier, «Bm71 (Gardemoen Airport Express) & Bm73 (Signatur/Agenda) - Norway,» [Internett]. Available: <http://www.bombardier.com/en/transportation/projects/project.emu-norway>. [Funnet 15 10 2014].
- [10] Wikipedia, «GMB Class 71,» 22 04 2014. [Internett]. Available: [http://en.wikipedia.org/wiki/GMB\\_Class\\_71](http://en.wikipedia.org/wiki/GMB_Class_71). [Funnet 10 2014].
- [11] Flytoget AS, 2014. [Internett]. Available: <http://flytoget.no/>. [Funnet 10 2014].
- [12] Stadler, «Electric Low-floor Multiple-unit FLIRT for the Norwegian State Railways (NSB), Norway,» [Internett]. Available: <http://www.stadlerrail.com/en/references/norwegische-staatsbahnen-nsb-oslo/>. [Funnet 10 2014].
- [13] KVU Oslo-Navet, «Godstrafikk på jernbane. Spesialanalyse – vedlegg 10A»,

Oslo, 2015.

- [14] Jernbaneverket, «Overbygning/Prosjektering/Generelle tekniske krav,» 19 08 2014. [Internett]. Available: [https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Generelle\\_tekniske\\_krav](https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Generelle_tekniske_krav). [Funnet 10 12 2014].
- [15] Oslo Vognselskap AS, «Materielloversikt MX3000,» [Internett]. Available: <http://www.vognselskapet.no/materiell/mx3000/materielloversikt>. [Funnet 28 10 2014].
- [16] Siemens, «Metro – Oslo MX, Norway. 115 Three-Car Units,» 2014. [Internett]. Available: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/metros/Pages/metros.aspx>. [Funnet 15 10 2014].
- [17] Ruter, «Konseptvalgutredning for anskaffelse av nye trikker,» Ruter, 2012.
- [18] Oslo Vognselskap AS, «Beskrivelse SL 79,» [Internett]. Available: <http://www.vognselskapet.no/materiell/sl79>. [Funnet 17 10 2010].
- [19] Wikipedia, «SL79,» 12 06 2014. [Internett]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/SL79>. [Funnet 23 10 2014].
- [20] Oslo Vognselskap AS, «Beskrivelse SL 95,» [Internett]. Available: <http://www.vognselskapet.no/materiell/sl95>. [Funnet 17 10 2014].
- [21] TV2, «Ny milliardsmell for Oslo-trafikken,» 23 09 2010. [Internett]. Available: <http://www.tv2.no/nyheter/innenriks/ny-milliardsmell-for-oslotrafikken-3297406.html>. [Funnet 23 10 2014].
- [22] MAN, «MAN Lion's City,» [Internett]. Available: [http://www.bus.man.eu/man/media/en/content\\_medien/doc/business\\_website\\_bus\\_master\\_1/Lions\\_City.pdf](http://www.bus.man.eu/man/media/en/content_medien/doc/business_website_bus_master_1/Lions_City.pdf). [Funnet 28 10 2014].
- [23] Marine-Servide A/S, [Internett]. Available: <http://www.marine-service.no/fjord-cruise/batene/>. [Funnet 13 11 2014].
- [24] Wikipedia, «Norled,» 28 10 2014. [Internett]. Available: <http://no.wikipedia.org/wiki/Norled>. [Funnet 13 11 2014].
- [25] NSB, «NSB-rapport: To etasjes tog i Norge,» 2014.
- [26] Bombardier, «Double-Deck EMU VIRM - Netherlands,» [Internett]. Available: <http://www.bombardier.com/en/transportation/projects/project.virm-netherlands>. [Funnet 23 10 2014].

- [27] Wikipedia, «Dubbeldeksinterregiomaterieel,» 23 09 2014. [Internett]. Available: <http://nl.wikipedia.org/wiki/Dubbeldeksinterregiomaterieel>. [Funnet 23 10 2014].
- [28] Stadler, «Electric Double-Deck train KISS (4-car train) for the Swiss Federal Railways (SBB), Switzerland,» [Internett]. Available: <http://www.stadlerrail.com/en/references/schweizerische-bundesbahnen-sbb-re/>. [Funnet 15 01 2015].
- [29] Bombardier, «Regio 2N. Regional double-deck EMU,» [Internett]. Available: <http://www.bombardier.com/content/dam/Websites/bombardiercom/Events/Supporting%20Documents/BT/bombardier-transportation-Regio-2N-datasheet-en.pdf>. [Funnet 15 10 2014].
- [30] Jernbaneverket, «Godstransport på bane: Jernbaneverkets strategi,» Jernbaneverket , Oslo, November 2007.
- [31] Kockums Industrier, «Rail Mail,» 2011. [Internett]. Available: [http://www.kockumsindustrier.se/images/leaflet/Kockums\\_Industrier\\_Lgss-y055.pdf](http://www.kockumsindustrier.se/images/leaflet/Kockums_Industrier_Lgss-y055.pdf). [Funnet 14 Januar 2015].
- [32] Siemens, «Driverless metro in Nuremberg, Germany. 32 DT3 two-car trainsets + 14 DT3-F two-car trainsets,» 2014. [Internett]. Available: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/metros/Pages/metros.aspx>. [Funnet 22 10 2014].
- [33] Siemens, «Metro Klang Valley Kuala Lumpur. 58 driverless four-car metro trains,» [Internett]. Available: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/metros/Pages/metros.aspx>. [Funnet 28 10 2014].
- [34] TU Samferdsel, «Ny trikk i Oslo - Her er tre av alternativene til ny Oslo-trikk,» 24 02 2015. [Internett]. Available: <http://www.tu.no/samferdsel/2015/02/24/her-er-tre-av-alternativene-til-ny-oslo-trikk>. [Funnet 24 02 2015].
- [35] Ruter, «Ruterrapport 2010:16. Trikkestrategi,» 2010.
- [36] Siemens, «Avenio tram - Munich, Germany,» 2014. [Internett]. Available: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/trams-and-light-rail/Pages/trams-and-light-rail.aspx>. [Funnet 24 02 2015].
- [37] Stadler, «Low-floor light rail vehicle, type Variobahn,» Stadler, Berlin.
- [38] P. A. Mæland, «Kjøper vogner for 425 millioner,» Bergens Tidende, 11 06 2013. [Internett]. Available: <http://www.bt.no/nyheter/lokalt/bybanen/Kjoper-vogner-for-425->

- millioner-2912972.html. [Funnet 10 03 2015].
- [39] Bombardier, «Light rail vehicles,» [Internett]. Available: <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-vehicles/light-rail-vehicles.html>. [Funnet 28 10 2014].
- [40] O. J. Stavheim, «Epost «Oslo-navet: plattformlengder trikk»,» Sporveien, Oslo, 2014.
- [41] Alstrom, «Citadis Dualis,» [Internett]. [Funnet 22 10 2014].
- [42] KVU Oslo-Navet, «Konseptmuligheter», Oslo, 2015.
- [43] Ruter, «Ruterrapport 2011:14 Superbusmateriell,» 2011.
- [44] Wikipedia contributors, «SMRT Active Route Map Information System,» Wikipedia, The Free Encyclopedia. , 19 12 2014. [Internett]. Available: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMRT\\_Active\\_Route\\_Map\\_Information\\_System&oldid=638794274](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=SMRT_Active_Route_Map_Information_System&oldid=638794274). [Funnet 9 4 2015].
- [45] M. Blaum, «One Stop Solution,» Siemens, 2013. [Internett]. Available: [http://www.siemens.com/innovation/apps/pof\\_microsite/\\_pof-spring-2013/\\_html\\_en/electronic-tickets.html](http://www.siemens.com/innovation/apps/pof_microsite/_pof-spring-2013/_html_en/electronic-tickets.html). [Funnet 9 4 2015].
- [46] Siemens AG, «Integrated mobility with eTicketing,» 2012. [Internett]. Available: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/SiteCollectionDocuments/en/integrated-mobility/eticketing/integrated-mobility-with-eTicketing-en.pdf>. [Funnet 9 4 2015].
- [47] N. Svingheim, «Signalsystem,» Jernbaneverket, 19 7 2014. [Internett]. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Jernbanen/Jernbanedrift---eit-komplisert-samspel/Jernbaneverket-satser-pa-ny-teknologi-for-signalanlegg/>. [Funnet 9 4 2015].
- [48] Wikipedia-brukere, «European Rail Traffic Management System,» Wikipedia, 24 10 2014. [Internett]. Available: [http://no.wikipedia.org/w/index.php?title=European\\_Rail\\_Traffic\\_Management\\_System&oldid=13475664](http://no.wikipedia.org/w/index.php?title=European_Rail_Traffic_Management_System&oldid=13475664). [Funnet 9 4 2015].
- [49] Transport for London, «New Tube for London,» TfL, 10 2014. [Internett]. Available: <http://www.tfl.gov.uk/campaign/tube-improvements/the-future-of-the-tube/new-tube-for-london?cid=newtube>. [Funnet 9 4 2015].
- [50] W. Fan, «China's Hydrogen-Powered Future Starts in Trams, Not Cars,» Bloomberg, 25 3 2015. [Internett]. Available: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-03-25/china-s-hydrogen->

- powered-future-starts-in-trams-not-cars. [Funnet 9 4 2015].
- [51] S. Dowling, «Radically rethinking the bus system,» BBC, 27 3 2013. [Internett]. Available: <http://www.bbc.com/future/story/20130327-new-bus-stop-for-flexible-travel>. [Funnet 9 4 2015].
- [52] J. M. Lutin og A. L. Kornhauser, «Application of Autonomous Driving Technology to Transit - Functional Capabilities for Safety and Capacity,» New Jersey, 2013.
- [53] G. Lindsay og A. Townsend, «Forget self-driving cars; we should be focusing on self-driving buses,» Quartz, 11 2014. [Internett]. Available: <http://qz.com/290281/forget-self-driving-cars-we-should-be-focusing-on-self-driving-buses/>. [Funnet 9 4 2015].
- [54] Jernbaneverket Strategi og Samfunn, «R2027 Fase 2 Tilbudskonsept for Østlandet,» Jernbaneverket, Oslo, 2014.
- [55] Ruter & Sporveien, «Konseptvalgutredning for anskaffelse av et nytt signal- og sikringsanlegg for T-banen i Oslo,» 30. Oktober 2013.
- [56] Statens vegvesen, «V123 Kollektivhåndboka,» 2014. [Internett]. Available: [http://www.vegvesen.no/\\_attachment/61485/binary/1000824?fast\\_title=H%C3%A5ndbok+V123+Kollektivh%C3%A5ndboka.pdf](http://www.vegvesen.no/_attachment/61485/binary/1000824?fast_title=H%C3%A5ndbok+V123+Kollektivh%C3%A5ndboka.pdf). [Funnet 11 12 2014].
- [57] Ruter, «Ruterrapport 2011:10. K2012. Ruters strategiske kollektivtrafikkplan 2012-2060.,» 2011.
- [58] Jernbaneverket, «Network Statement 2015: Vedlegg 3.6.1.1: Stasjonsoversikt,» Jernbaneverket, 2014.
- [59] Norconsult, «Kapasitetsanalyse for godstrafikk i Navet: Godstrafikk i hovedårene,» KVU Oslo-navet, Oslo, 2015.
- [60] Jernbaneverket: Strategi og samfunn, «Transport- og infrastrukturkapasitet: Situasjonsbeskrivelse,» Jernbaneverket, Oslo, 2014.
- [61] N. Svingheim, «Østre linje klar for trafikk etter kjempejobb,» Jernbaneverket, 04 09 2014. [Internett]. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Nyhetsarkiv/2014/Ostre-linje-klar-for-trafikk-etter-kjempejobb/>. [Funnet 13 03 2015].
- [62] ZVV, «HALTESTELLEN FAHRPLAN,» 10 November 2014. [Internett]. Available: <http://www.zvv.ch/de/fahrplan/haltestellen-fahrplan.html>. [Funnet 1 Januar 2015].
- [63] C. Knittler, «R2027 Jernbanetransport og -trafikk,» Oslo, 2014.

- [64] C. Knittler, «Utvikling av jernbanen i Oslo-navet: Delprosjekt Tilbud og kapasitet: Underlagsrapport,» Jernbaneverket, 2012.
- [65] KVU Oslo-navet, «Resultater fra modellkjøring: Basis2010\_Passasjertall\_Kollektiv,» 2015.
- [66] KVU Oslo-Navet, «Bussterminaler. Spesialanalyse – vedlegg 10G», Oslo, 2015.
- [67] J. Vaaga, «Epost: «SV: Oslo-navet: vendekapasitet trikk»,» 2015.
- [68] Rambøll, «Bussterminalløsninger i Oslo sentrum: Vurdering av kapasiteten ved Oslo bussterminal i dag og i fremtiden,» Ruter AS, Oslo, 2008.
- [69] Plan Urban, «Kraftfulle fremkommelighetstiltak,» Ruter AS, Oslo, 2013.
- [70] Rambøll, «Bussterminalløsninger i Oslo sentrum,» Ruter, Oslo, 2008.
- [71] V. Vuchic, Urban Transit: Operations, Planning and Economics, Wiley, 2005.

## Figurer

Figur 1: Kapasitet basert på reiselengde og servicenivå (LOS) [3] .....	8
Figur 2: Dimensjonerende passasjerkapasitet for tilbringertoget til Oslo Lufthavn, angitt pr. lengdemeter .....	15
Figur 3: NSB Type 74 og 75 (Stadler Flirt, Short Regional/Long Local). Foto og figur: Stadler [12] – redigert .....	16
Figur 4: Dimensjonerende passasjerkapasitet for Flirt-togene, angitt pr. lengdemeter. ....	19
Figur 5: Trekkraftkurver for utvalgte godslokomotiver .....	21
Figur 6: Siemens MX3000 [16]. Foto: Ruter .....	23
Figur 7: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens T-bane, angitt pr. lengdemeter. ....	25
Figur 8: SL 79, serie I. Foto og figur: Oslo Vognselskap AS [18] – redigert .....	26
Figur 9: SL 95. Foto og figur: Oslo Vognselskap AS [20] – redigert bilde .....	28
Figur 10: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens trikker i Oslo, angitt pr. lengdemeter. ....	30
Figur 11: Dimensjonerende passasjerkapasitet på dagens busser i Oslo, angitt pr. lengdemeter. ....	32
Figur 12: VIRM IV, et Toetasjes tog i Nederland med dører mellom 1. og 2. etasje. Foto og figur: Bombardier og NSB [26], [25] .....	36
Figur 13: Toetasjes tog i Sveits med dører i 1. etasje. Foto og figur: Stadler og NSB [28], [25] – redigert.....	39

Figur 14: Toetasjes tog med varierende én- og toetasjes togvogner, vist med forskjellige stolarrangement. Foto og figur: Bombardier og NSB [29], [25] – redigert .....	42
Figur 15: Dimensjonerende passasjerkapasitet for toetasjes tog, angitt pr. lengdemeter. ....	45
Figur 16: Dimensjonerende passasjerkapasitet på modelltog S-bane, angitt pr. lengdemeter. ....	48
Figur 17: Siemens DT3 i Nürnberg. Foto og figur: Siemens [32] – redigert .....	49
Figur 18: Siemens Metro Klang Valley, Kuala Lumpur. Foto og figur: Siemens [33] – redigert.....	51
Figur 19: Dimensjonerende passasjerkapasitet på T-bane med automatisk drift, angitt pr. lengdemeter. ....	53
Figur 20: Bybanen i Bergen. Foto og figur: Nina Aldin Thune og Stadler [37] ....	56
Figur 21: 35 meter lang trikk Bombardier Flexity Classic, Bremen. I den midterste tegningen er det markert hvilke arealer i den opprinnelige vogntypen som berøres av ombyggingen; rødt = seter/ståplasser fjernes på grunn av førerhus, oransje = seter endres til ståareal, grønt = ingen seter må fjernes. Blå areal markerer dører. Den nedre tegningen viser teknisk tegning for eksempeltypen, basert på endringene i den opprinnelige tegningen. Foto og figur: Bombardier [39] – redigert.....	58
Figur 22: Trikk-toget Citadis Dualis fra Alstrom. Foto og figur: Alstrom [41] – redigert .....	62
Figur 23: Trikk .....	64
Figur 24: Dimensjonerende passasjerkapasitet på bybane og nye trikker, angitt pr. lengdemeter. * Eksempeltype der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn.....	66
Figur 25: Dimensjonerende passasjerkapasitet på toleddsbus, angitt pr. lengdemeter. ....	69
Figur 26: Grafisk reisendeinformasjon, her vist ved SMRT Active Route Map Information System (STARiS) .....	70
Figur 27: Etterspørselsbaserte stoppesteder. Eksempel fra Philips. ....	73
Figur 28: Økning i personkapasitet med toetasjes tog sammenliknet med dagens situasjon for ulikt antall tog pr. time pr. retning og Level of service.....	81
Figur 29: Økning i personkapasitet med toetasjes tog på regiontoglinjene sammenliknet med dagens situasjon for ulikt antall tog pr. time pr. retning og Level of service.....	83
Figur 30: Sammenheng mellom togfølgetid og kapasitet .....	83
Figur 31: Forskjeller i dimensjonerende kapasitet ved økt belegg. Sammenlikning mellom R2027 og dobbeltdekkerkonsept. ....	84
Figur 32: Økning i personkapasitet med annet trikkemateriell. ....	90
Figur 33: Økning i personkapasitet med toleddsbus sammenliknet med ettleddsbus .....	92
Figur 34: Nettverksfrekvenser [57] .....	93
Figur 35: Plattformlengder på Hovedbanen [58] .....	101
Figur 36: Plattformlengder på Gardermobanen [58].....	101
Figur 37: Plattformlengder på Kongsvingerbanen. [58] .....	101
Figur 38: Plattformlengder på Østfoldbanen. Merknad: plattformene på råde er forlenget til 220 m. [58] .....	102
Figur 39: Plattformlengder på Østfoldbanen: Østre linje [58] [61].....	102
Figur 40: Plattformlengder på Drammensbanen + deler av Sørlandsbanen. Merknad: 1 plattform på Darbu er forlenget til 220 m. [58].....	102



Figur 41: Plattformlengder på Spikkestadbanen [58] .....	103
Figur 42: Plattformlengder på Gjøvikbanen [58] .....	103
Figur 43: Plattformlengder på Vestfoldbanen [58] .....	103
Figur 44: Plattformlengder på Dovrebanen [58] .....	104
Figur 45: Plattformlengder Østlandet .....	105
Figur 46: Plattformlengder langs tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn sin trasé .....	105
Figur 47: Enkel, dobbel og parallell enkel stoppested .....	109
Figur 48: Antall busser i timen på vegstrekninger i morgenrush. Dagens situasjon .....	110
Figur 49: Antall trikker i timen i Oslo i morgenrush. Dagens situasjon. ....	110
Figur 50: Eksempeltverrsnitt for en trikkegate .....	111
Figur 51: Eksempeltverrsnitt for ren busstrasé .....	112
Figur 52: Eksempeltverrsnitt for kollektivgate med separate stoppesteder .....	114
Figur 53: Eksempeltverrsnitt for kollektivgate med felles stoppested for buss og trikk. ....	115
Figur 54: Eksempeltverrsnitt på trikk i gate med blandet trafikk. ....	116
Figur 55: Eksempeltverrsnitt på buss i blandet trafikk (her uten kollektivfelt) ..	117
Figur 56: Eksempeltverrsnitt på gate med trikk, buss og annen trafikk .....	118
Figur 57: Kumulativ fordeling av trikkens plattformlengder .....	119
Figur 58: Sammenheng mellom en linjes passasjerbelastning og definisjon av område [63]. Figur fritt etter Christian Knittler. ....	123
Figur 59: Begrensende faktorer ulike steder på en kollektivtransportstrekning. Figur fritt etter Christian Knittler .....	124
Figur 60: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for jernbanen på Østlandet [64]. Kilde: Christian Knittler .....	125
Figur 61: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for T-banen i Oslo. [65]	126
Figur 62: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for trikken i Oslo. [65]	126
Figur 63: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for de viktigste bybussene i Oslo. [65] .....	127
Figur 64: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for busser fra Akershus inn til Oslo. [65] .....	128
Figur 65: Opptaks-, transport og distribusjonsområde for busser lokalt i Akershus. [65] .....	129
Figur 66: Vending på vendespor ved plattform. En slik løsning har for jernbane kapasitet opp til 3 tog/spor/time. For T-banen kan det vendes opp til 8 T- banevogner/spor/time. Kilde: [64] .....	130
Figur 67: Vending med vendesløyfe .....	131
Figur 68: Vending på uttrekkspor i bakkant av plattform. En slik løsning har kapasitet opp til 3-4 tog/spor/time. For T-banen kan det vendes opp til 8-10 T- banevogner/spor/time. [64] .....	131
Figur 69: Infrastrukturkapasitet jernbane innenfor Oslo-området (2015) [60].	132
Figur 70: Systemkapasiteten for jernbanen i Oslo-området (antall tog inn mot Oslo pr time) .....	133
Figur 71: Delkomponenter i den praktiske jernbanekapasiteten. Merk at for enkeltsporede strekninger er kapasiteten det halve av sum kapasitet begge retninger .....	134
Figur 72: Tilbudskonsept lokaltog R2027 .....	135
Figur 73: Sporplan Oslo S med påkobling av Follobanen og tilkobling til eventuell ny tunnel. ....	135
Figur 74: Praktisk kapasitet for T-banen. ....	137

Figur 75: T-banens systemkapasitet .....	137
Figur 76: Komponenter av den praktiske T-banekapasiteten.....	138
Figur 77: Praktisk infrastrukturkapasitet for trikk i Oslo i 2015 .....	139
Figur 78: Trikkens systemkapasitet i Oslo. ....	139
Figur 79: Komponenter i trikkens systemkapasitet.....	140
Figur 80: Fordeling av buss og trikk på Jernbanetorget. ....	141
Figur 81: Systemkapasitet buss i det sentrale Oslo. ....	142
Figur 82: Systemkapasitet buss i det sentrale Oslo. ....	143
Figur 83: Komponenter i den praktiske busskapasiteten i Oslo sentrum.....	143
Figur 84: Komponenter i kapasiteten til fellesstrekningenes busskapasitet. ....	144
Figur 85: Praktisk transportkapasitet for ulike driftsarter, med en forenklet kjøretøymiks (kun en type materiell brukt pr. driftsart). Tog med type 74, T-bane MX-3000, trikk SL95 og buss typebuss 14 meter. Tog og T-bane er justert etter hvor mange togsett det kan kjøres.....	147
Figur 86: Praktisk passasjerkapasitet pr time for ulike driftsarter .....	147

## Tabeller

Tabell 1: Definisjon av Level of service (LOS) ut fra situasjonen om bord i kjøretøyene. [3].....	9
Tabell 2: Ståplasskapasitet pr. togtype og trengselsforhold.....	12
Tabell 3: Teknisk data for GMB Type 71. (Kilder: [9], [10], [11]) .....	14
Tabell 4: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for tilbringertoget til Oslo Lufthavn [3].....	15
Tabell 5: Teknisk data for NSB Type 74 (Stadler Flirt, Short Regional) [1], [12] .	17
Tabell 6: Teknisk data for NSB Type 75 (Stadler Flirt, Long Local) [1], [12] .....	18
Tabell 7: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for Type 74 og 75 [3] .....	19
Tabell 8: Tekniske data for et utvalg godslokomotiver som brukes i Norge i dag. Sterkere farge indikerer høyere verdi. ....	20
Tabell 9: Tillatt hastighet og maksimal aksellast for overbygningsklasser [14]....	22
Tabell 10: Teknisk data for Simens MX3000. [16] .....	24
Tabell 11: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for MX3000 [3].....	25
Tabell 12: Teknisk data for SL 79 [17], [18], [19]. ....	27
Tabell 13: Teknisk data for SL 95 [17], [20]. ....	29
Tabell 14: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for trikketypene SL79 og SL95 [3]. ....	30
Tabell 15: Stå- og sitterplasser på by- og regionbusser. ....	31
Tabell 16: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for By 12m, By 18m og Region 14m.....	32
Tabell 17: Oversikt båttilbudet i Oslo-området [23], [24].....	33
Tabell 18: Maksimal kapasitetsgevinst ved breddeutvidelse brukt til ståplasser .	35
Tabell 19: Tekniske data for VIRM IV sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltog [26], [27]. ....	37
Tabell 20: Teknisk data for Stadler Kiss sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltog [28].....	40
Tabell 21: Tekniske data for OMNEO Regio 2N, Long, sammenlignet med dagens materiell for region-/lokaltog. (Kilde: [29]) .....	43

Tabell 22: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for VIRM IV, Kiss og Regio 2N.....	44
Tabell 23: Passasjerer pr. dørmeter for dobbeltdekkere, sammenliknet med dagens regiontogsett.....	44
Tabell 24: Dimensjonerende kapasitet pr. kjøretøymeter for dobbeltdekkere, sammenliknet med dagens regiontogsett. ....	45
Tabell 25: Teknisk data for et teoretisk S-tog. ....	46
Tabell 26: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for modelltog S-bane.....	47
Tabell 27: Teknisk data for Siemens DT3 som førerløs respektive vanlig drift [32] .....	50
Tabell 28: Teknisk data for Siemens Metro Klang Valley, Kuala Lumpur, sammenliknet med dagens materiell for T-bane [33]. ....	52
Tabell 29: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for ombygget MX3000 og Klang Valley, Kuala Lumpur. ....	53
Tabell 30: Teknisk data for bybanen i Bergen [37].....	57
Tabell 31: Tekniske data for ombygget Bombardier Flexity Classic, Bremen, sammenliknet med dagens materiell for trikk. [39].....	59
Tabell 32: Teknisk data for Bombardier Flexity 2, Gold Coast, Australia sammenliknet med dagens materiell for trikk [39] .....	61
Tabell 33: Teknisk data for Alstroms Citadis Dualis sammenliknet med dagens materiell for trikk [41]. ....	63
Tabell 34: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic). ....	64
Tabell 35: Antall plasser pr. meter kjøretøy for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic).....	65
Tabell 36: Antall plasser pr. meter dør for bybane (Variobahn), 35m trikk (Flexity Classic), 43m trikk (Flexity 2), trikk-tog (Citadis Dualis) og 37,5m modelltrikk (Oppskalert Flexity Classic). *Dørbredden på Bybanen i Bergen er ikke kjent. ...	65
Tabell 37: Teknisk data for Volvo 7500 Bi-Articulated sammenliknet med dagens materiell for buss [43]. ....	68
Tabell 38: Sammenheng mellom komfortnivå og dimensjonerende passasjerkapasitet for Volvo 7500 Bi-Articulated. ....	69
Tabell 39: Personkapasitetsberegning for Oslotunnelen, R2027 og dagens materiell. * i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ....	76
Tabell 40: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen med forlengde Flirt-togsett. Endringer er vist i fet skrift. *i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ....	77
Tabell 41: Personkapasitetsberegning for Oslotunnelen, R2027 og tilbringertjenesten til Oslo Lufthavn åpent for lokaltrafikk. *i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ....	78
Tabell 42: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og ingen TYPE 71 gjennom tunnelen. *i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ...	79
Tabell 43: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og toetasjes tog på alle linjer. *i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ....	80
Tabell 44: Referanseoppholdstid for dobbeltdekkertog.....	80

Tabell 45: Personkapasitetsberegning for Oslo-tunnelen, R2027 og toetasjes tog på alle InterCity og Regiontoglinjer. *i.t. = Ikke tilgjengelig som del av ordinært rutetilbud. ....	82
Tabell 46: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med dagens materiell og linjestruktur. ....	85
Tabell 47: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med dagens materiell og Holmenkollbanen (linje 1) ikke kjører gjennom tunnelen. ....	85
Tabell 48: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med nytt signalsystem (CBTC) med realistiske forutsetninger. ....	86
Tabell 49: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med nytt signalsystem (CBTC) med ideelle forutsetninger. ....	87
Tabell 50: Personkapasitetsberegning for fellestunnelen med førerløs drift og CBTC. ....	87
Tabell 51: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med dagens materiell og linjestruktur. ....	88
Tabell 52: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med kun SL95 og dagens linjestruktur. ....	88
Tabell 53: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 35 meter lange trikker. * Eksempeltype der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn. ....	89
Tabell 54: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 37,5 meter lange trikker. * Eksempeltype basert på 35-meter trikk. ....	89
Tabell 55: Personkapasitetsberegning for trikk i Storgata med nye 43 meter lange trikker. ....	90
Tabell 56: Teoretisk stoppestedkapasitet i forhold til antallet oppstillingsplasser. Best avviklingsforhold oppnås det når det er god spredning på bussene (det vil si få linjer med enhetlig frekvens) [56] ....	91
Tabell 57: Personkapasitetsberegning for høyfrekvent busslinje med dagens 18 meter lange leddbuss og 24 meter lang toleddbuss. ....	91
Tabell 58: Anbefalte verdier for kapasitetsutnyttelse på strekninger for ulike typer baner. ....	95
Tabell 59: Maksimalt antall tog/retning/time på strekninger for ulike typer baner med anbefalte verdier. ....	95
Tabell 60: Eksempel på ruteleiefordeling i Oslo-tunnelen. ....	97
Tabell 61: Kapasitet for ulike banetyper. ....	99
Et S-banesystems togfølgetider kan også reduseres ved å innføre ETCS Level 3, men de fleste godstog er ikke utrustet for dette, og vil ikke kunne ta like stort kapasitetsmessig utbytte av dette. Analyser gjort i OpenTrack viser imidlertid at det i grunnrute er mulig å oppnå en kapasitet på over 30 tog/time i grunnrute for S-bane med ETCS L3 til grunn. Konsekvensen av et godstog uten optimaliserte blokkstrekninger er her 1/3 av ruteleiene, det vil si ca. 10 ruteleier [59]. Det må tas en del forbehold om disse beregningene. ETCS Level 3 er på planleggingsstadiet og ikke vurdert på operativt nivå i Norge. Tabell 62: Praktisk kapasitet for S-bane. ....	
Tabell 62: Praktisk kapasitet for S-bane. ....	99
Tabell 63: Kapasitet for S-banetyper. ....	100
Tabell 64: Andel plattformer kortere enn 110, 220 og 330 meter på hovedstrekningene på jernbanen. ....	104
Tabell 65: Potensiell togkapasitet ... i fellestunnelen ved forskjellige signalsystem [55].	107
Tabell 66: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O1. ....	111

Tabell 67: Teoretisk stoppestedkapasitet for buss, ved 10 % sannsynlighet for at stoppestedet .....	113
Tabell 68: Praktisk kapasitet for varianter av busstrasétype O2. ....	113
Tabell 69: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O3. ....	114
Tabell 70: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O4. ....	115
Tabell 71: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O5. ....	116
Tabell 72: Stoppestedkapasitet buss i tverrsnitt O6 [56] .....	117
Tabell 73: Praktisk kapasitet for varianter av trikketrasétype O7. ....	118
Tabell 74: Kapasitet for typiske tverrsnitt. Maksimaliteten er basert på kvalitetsvurderinger, erfaringstall og teori. *Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker ** Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker og øvrig trafikk .....	120
Tabell 75: Infrastrukturkategorier, oppsummert. Antall kjøretøy/time/retning. *Kapasiteten er avhengig av fordelingen mellom busser og trikker .....	121
Tabell 76: Oppsummerte nøkkelverdier * Der det kun oppgis en verdi er antallet ståplasser ikke spesifisert pr. m <sup>2</sup> . Ståplasskapasitet antas i de tilfellene å være 4 pr./m <sup>2</sup> . ** Rerefereanseoppholdstiden er beregnet for en ståplasskapasitet på 4 pr./m <sup>2</sup> . *** Eksempeltype der opprinnelig vogntype er ombygget fra enretningsvogn til toretningsvogn. **** Konsept A2 refererer til et konsept i Konseptmuligheter H3 der det er forespeilet trikker med lengde på om lag 37,5 meter.....	150
Tabell 77: Systemkapasitet, utvalgte kombinasjoner av materiell og infrastrukturtype. Eksempelvis er kapasitetsøkningen på T-banen ved innføring av CBTC vist som økningen med materiell dobbel 300 på infrastrukturkodene T2a og T2b. For overflatekonseptene er det kun sett på enkle sett. ....	151
Tabell 78: Materiellkoder for systemkapasitetstabell .....	152

## Bilder

Bilde 1: GMB Type 71 med 3 vogner. Foto: Bombardier [9] .....	13
Bilde 2: Båt i Oslo. Foto: Ruter .....	33
Bilde 3: 43 meter lang trikk Foto: Bombardier [39].....	60
Bilde 4: Toledsbusser på Jernbanetorget. Foto: Ruter [43].....	67
Bilde 5: Hydrogentrikk brukt i Kina. Foto: Qingdao Sifang Co. ....	72
Bilde 6: Førerløs bil, her Google Driverless Car. Foto: Steve Jurvetson .....	74

## 10

## Appendix 1

### 10.1

### Innspill og vurdering fra internasjonale eksperter



# KVU OSLO- NAVET

## Framtidig kollektivkapasitet i Oslo Vurdering og innspill fra internasjonale eksperter

---

<b>Ferdigstilt:</b>	15. mars 2015
<b>Prosjekt:</b>	KVU Oslo-Navet
<b>Forfattere:</b>	Axel Kuehn, Karlsruhe og Bernt Nielsen, Göteborg
<b>Prosjektkontakter:</b>	Terje Grytbakk, Iver Wien, Arne Torp, Nina Tveiten og Øyvind Rørslett, KVU-staben
<b>Vedlegg til:</b>	Spesialanalysen kapasitet og rullende materiell, vedlegg 10C

---

### Sammendrag:

Dette er et notat utarbeidet av de uavhengige, internasjonale ekspertene tilknyttet KVU Oslo-Navet. Det vurderer og gir innspill til arbeidet med spesialanalysen for kapasitet og rullende materiell, og har blitt utarbeidet på grunnlag av en tidlig versjon av spesialanalysen. Det videre arbeidet med spesialanalysen har tatt opp i seg innspillene som er gjengitt i notatet.

## Executive summary

Axel Kuehn and Bernt Nielsen, as a part of their ongoing commission as international experts for the Oslo Navet KVVU project, have been asked to review the report on future PT-capacity in Oslo Region as established by Norconsult.

While the requested focus was on surface traffic (trams and buses), the experts, however, would like to respond four-fold:

- ⇒ International view on mode capacity
- ⇒ Interaction of PT-demand, capacity and offer
- ⇒ Specific look into tramway and bus capacity issues
- ⇒ System capacity

The experts' main findings are summarised below:

1. The capacity report should get a proper introduction chapter which gives an overview of international views on mode capacity.
2. It is further recommended to highlight the interaction between PT-demand, PT-capacity and PT-offer which should include explaining the available planning range and flexibility, especially in regard of peak-hour traffic.
3. It would be seen as helpful to get an understanding of the peak hour situation in Oslo (what percentage of the day traffic?).
4. The definition of peak hour comfort conditions for Oslo appears a bit "luxurious" compared to the approaches in other central European countries.
5. The experts would recommend to re-think the handling of peak hour traffic, either by adapting offer and capacity (operational patterns) more to different load situations over a day or, if this is not wished, to accept use of 100% total capacity during peak hours for central network sections.
6. Beyond the core KVVU-tasks the experts would recommend to re-evaluate the operational concepts for both railway and metro. As already identified within earlier benchmarking considerations, the operational approaches used so far seem to give some scope for efficiency increases (eg by changing frequencies more often during a day and/or by "sectioning" of lines and operation of lower frequencies on outer sections and/or shortening / lengthening of trains).
7. A change of the operational patterns may involve additional infrastructure requirements as eg storage tracks at certain stations. This should be evaluated to ensure that such features can be included to the planning process as early as possible.
8. In regard of the presentation of the tramway sector in the capacity report the experts would recommend some brief introduction which highlights some basic dependencies between main parameters (including aside of length and width eg seat configurations, ratio seating / standing, impact of possibly using bi-directional trams in the future). It is acknowledged that due to the



strategic scope of the KVV there are quite understandable limits in regard of the depth which can be allocated to such “details” in this context.

9. The experts would recommend avoiding the presentation of a few specific tramway vehicle types and prefer a more general presentation of capacity issues depending on a range of parameters (otherwise one should show the available vehicle range of European suppliers in a more complete way).
10. The experts would also for the bus sector recommend to take into account today’s market.
11. The experts recommend not to overstress system capacity of the surface systems and to use 24 trams per hour and direction as a maximum threshold for corridor capacity. The same value should be used for any “busway” considerations. Any higher frequencies would likely mean jeopardising priority, reducing commercial speeds and thus the total quality of the system.

## Introduction

Axel Kuehn and Bernt Nielsen have been asked to review the report on future PT-capacity in Oslo Region, as a part of their ongoing commission as international experts for the Oslo Navet KVVU project.

Focus should be on surface traffic (trams and buses).

The experts, however, would like to respond four-fold:

- ⇒ International view on mode capacity
- ⇒ Interaction of PT-demand, capacity and offer
- ⇒ Specific look into tramway and bus capacity issues
- ⇒ System capacity

If integrated in some way into a joint, main report the first two topics should be forming part of a more elaborated introduction chapter while the other two topics should be used in respective chapters.

It is understood that the report has already some discussion history and the late involvement of the experts on this topic may result in unfortunately rather late comments.

## Background

The experts have been presented the following documentation:

- (1) Følgenotat Spesialanalyse: Kapasitet og rullende materiel 5. Februar 2015.  
(Styringsgruppe møte 10.02.2015, Sak 13)

In addition to these documents the documentation for the four remaining alternatives – K1-K4 has been available.

## International view on PT-mode capacity

The justification of a certain mode in a particular corridor is usually seen dependant on two corresponding parameters:

- ⇒ the (peak hour) demand which needs to be dealt with,
- ⇒ the capacity of the system (vehicles) used.

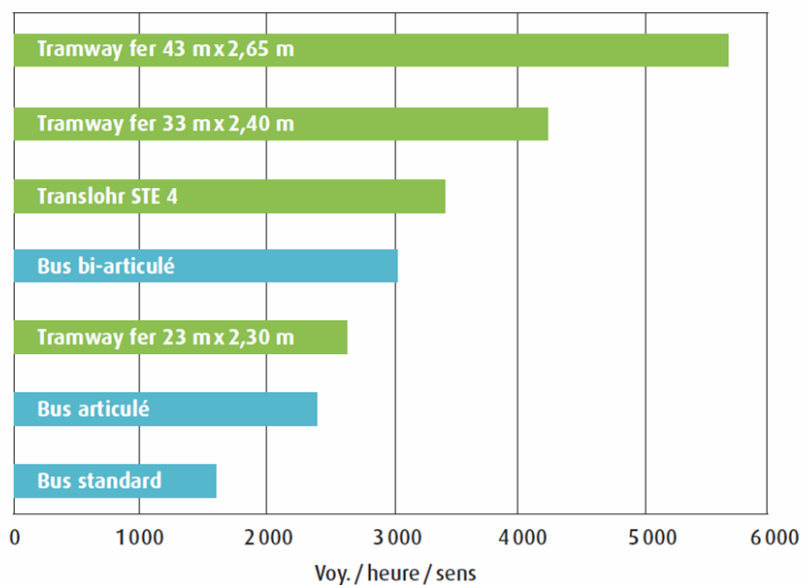
Current literature contains a variety of information in this regard which is shown below in some examples (see following pictures).

	Capacity (pass./hour)	Cost (M€/km)
<b>Metros</b>	12 000	70
	32 000	80
<b>Tramways</b>	1 300	15
	6 400	28
<b>Buses</b>	700	0,3
	3 000	10

Range of capacities and costs of metros, tramways and buses

(Source: CERTU)

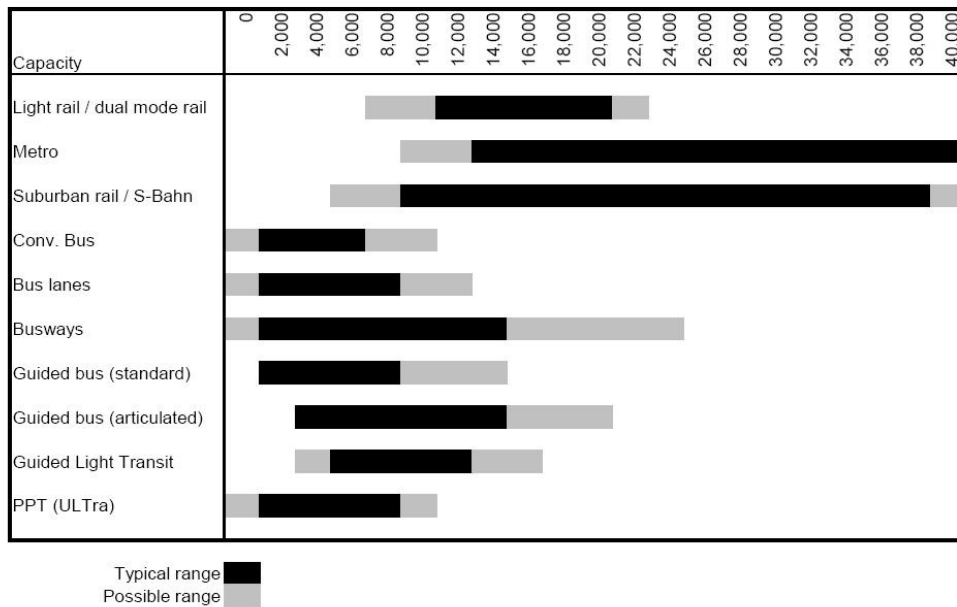
Capacité maximale des matériels (4 pers./m<sup>2</sup> - fréq. 3 min.) (source: Certu)



Range of capacities of different tramway and bus lengths

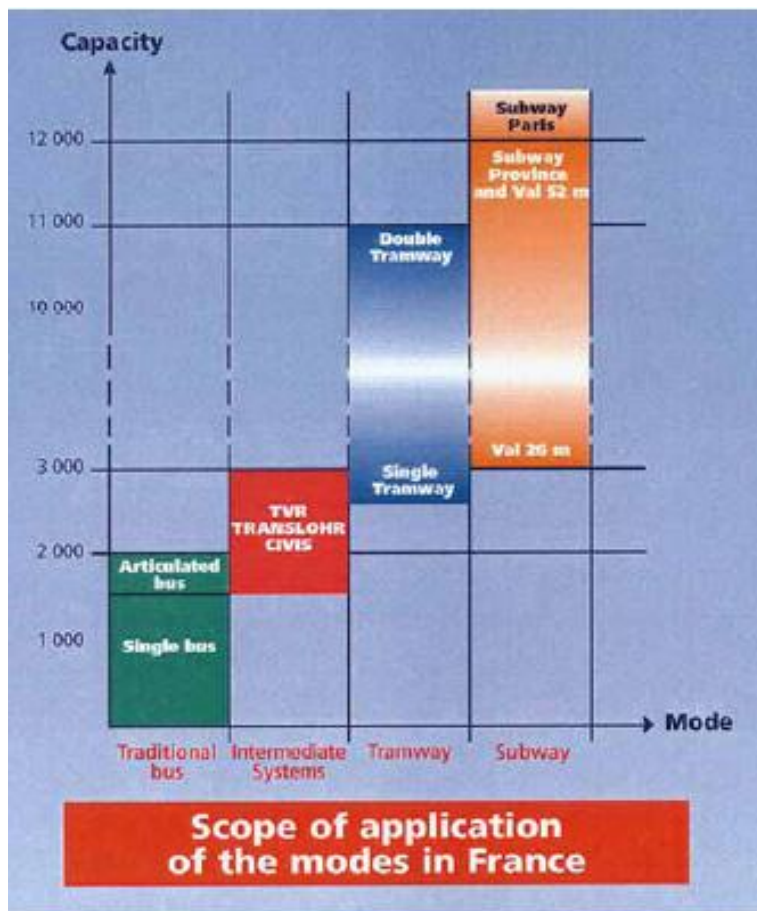
(Source: CERTU)

**Figure 2: Carrying capacities for selected PT systems (passengers/hour/direction)**



Range of mode capacities

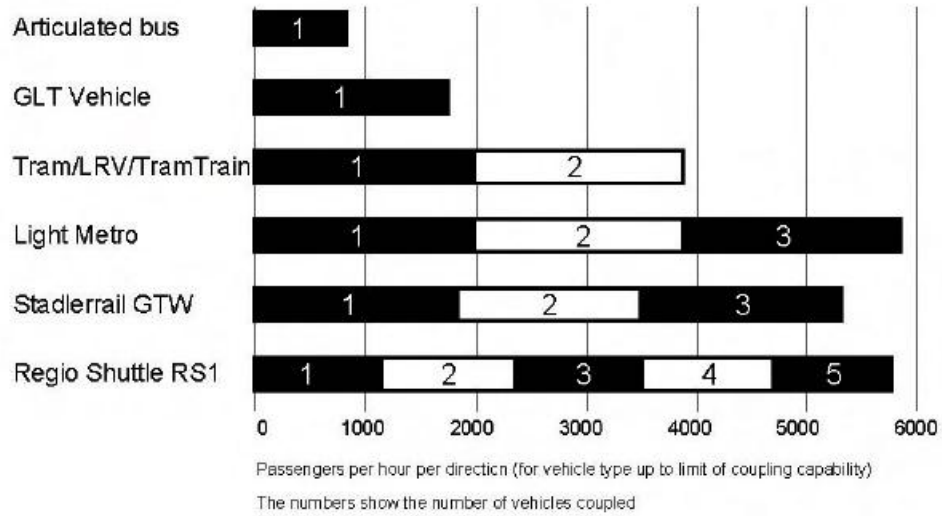
(Source: TEST-Project)



Range of mode capacities

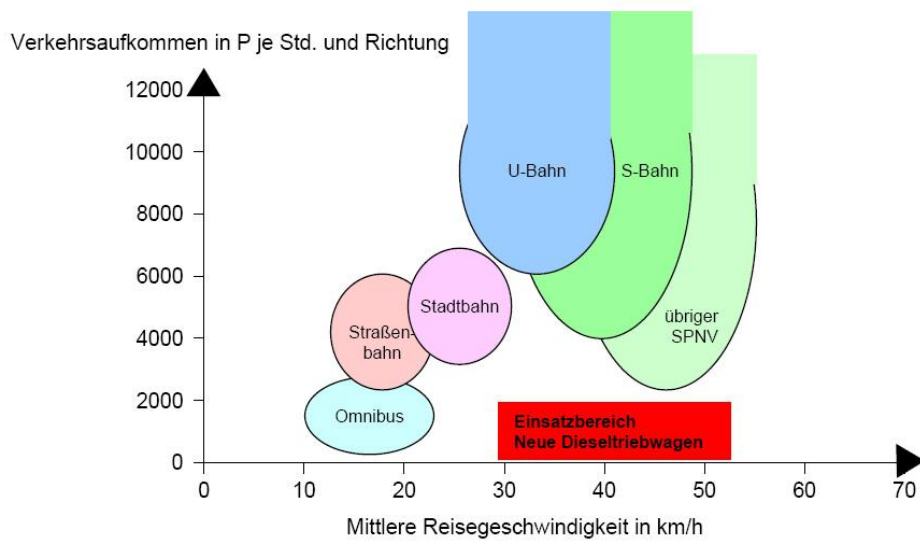
(Source: RATP)

## CAPACITY OF A 5 MINUTE INTERVAL SERVICE



## Range of mode capacities

(Source: Hitrans/Interfleet)



*Wirtschaftlich sinnvolle Einsatzbereiche der öffentlichen Verkehrsmittel im Vergleich zum Einsatzfeld der „Neuen Dieseltriebwagen“*

## Ranges for economical use of different modes

(Source: SCI)

The differences between the diagrams/tables from different sources are obvious.

Metros are seen by both CERTU and TEST in a range from 10-12000 at the low and 32-40000 passengers/hour and direction at the high end, while RATP considers the VAL-type metro as some kind of “metro light” already in a range from 3000-12000 passengers/hour and direction and thus overlapping with tramways. The Hitrans-project did not consider “real” metros due to a focus on solutions for medium sized cities. The LightMetro term being used there is to be understood as a widely segregated LightRail (i.e. Tyne & Wear Metro in UK). The capacity for such

is given with 2000-6000 passengers/hour and direction, thus in principle nearly identical to LightRail which however faces the 75m vehicle length limit (2 vehicles). A German source (SCI Verkehr) sees "U-Bahn" (the German term for Metro) starting from about 6000 passengers/hour and direction. The low starting point can be explained by the fact that in Germany several LightRail-systems have been developed as "U-Bahn/Metro" with underground sections in the city centre and therefore LightRail and Metro features overlap from a German point of view.

Buses are seen by RATP up to 2000 passengers/hour and direction, with articulated buses at the high end. CERTU allows for 700-3000 passengers/hour and direction, which can be seen as the same range. Within the TEST-project one might identify some UK-bias towards bus capabilities/capacities as here the range reaches even 6-8000 passengers/hour and direction and even 14000 with guided systems. The Hitrans project came to quite different conclusions and recommendations when defining capacity for an articulated bus slightly below 1000 and for guided buses with 2000 passengers/h and direction. However, the report states very clearly that one did use a 5min frequency for comparison, which means that all modes still have some theoretical capacity left, if one assumes about 2min headway as a maximum. SCI sees a limit for buses at about 2500passengers/hour and direction. Due to the metro-style operational concepts being favoured in France, one can assume that the capacities given in France will be based on a 3min frequency! This is confirmed by the second CERTU-diagram.

The attitude towards bus capacities in the TEST-project is also reflected by the starting point for light rail which is given with about 7000 passengers/hour and direction. The fact that only the term light rail has been used (and not tramway) shows that the thinking here did more go into the direction of UK/German light rail with relatively big vehicles and also allowance for double traction (max 75m length) which is widely excluded for French tramways outside the Paris region. CERTU sees tramways in a range from 1500 – 6400 passengers/ hour and direction, while RATP sees a range from 2500 – 11000 passengers/hour and direction, the high-end representing double tramways which are being used in the sub-urban systems in Paris. Hitrans (5 min frequency!) defines 2000 passengers/hour and direction for single tramway/LightRail vehicles and 4000 for double traction. SCI gives a range of 2500-6500 passengers/hour and direction for tramway/LightRail with the latter operating at higher average travel speeds.

This comparison shows clearly that there are very different approaches to applicability and one could say that in the UK one denies any rail-bound urban transport below passenger numbers which are seen in France and Germany even as the maximum for an urban tramway!!

For the evaluation and justification of potential future extensions of the Bergen light rail network a minimum threshold of 2000 passengers/h and direction has been chosen. This parameter has been also used within the Stavanger Bybane KVV.

Understandably it is easier to define minimum demand requirements for specific modes which are certainly linked to cost and cost/benefit ratios. Again using international experience this lead to a threshold of 2000 passengers/day and km infrastructure which was used both in Bergen and Stavanger.

Maximum capacities are another challenge as they strongly depend on the limitations of a specific mode in a specific city (maximum vehicle length, maximum frequency, definition of comfortable capacity etc).

# Interaction of PT-demand, capacity and offer

## Introduction and definitions

**PT-demand** is the parameter which represents the **travel demand of the society** in a specific corridor. It is usually established by a modelling procedure which allows identifying the **modal split conditions** and thus the **share of PT-trips** as part of the total number of trips. The **estimated demand** is used as an input parameter allowing identifying the **required capacity**.

**PT-capacity** is the parameter which represents the **available, offered capacity** in a complete network or in specific corridors of such. It is a function of **theoretical vehicle capacity, quality standards** (which turn theoretical capacity into “real” capacity), and **PT-offer**.

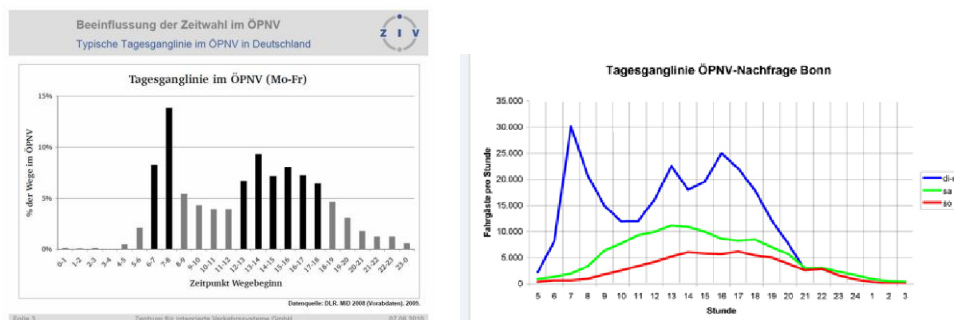
**PT-offer** is the parameter describing the **operational features**. These are basically the **timetable frequencies** but to some extent also **train length** (multiple traction, several vehicles coupled together – if differing over a day).

The three meta-parameters are interacting. Offered PT-capacity is usually higher as required PT-capacity – how much higher depends on the (political) approach taken forward. If concentration is strongly on economy, offered capacity will be as near as possible to required capacity and certain quality gaps may be accepted, especially for peak hours. If concentration is more on quality and attractiveness of the PT-system offered capacity may be considerably higher as the required capacity. Specific infrastructure conditions in certain corridors or established operational approaches (“seen as unchangeable for some reason”) or just weak planning may be a hindrance to optimise the network offer – in such a case the offered surplus capacity may be available but not when and where it is best suited to increase attractiveness.

Usually economical viability of a PT-system is a crucial issue owing strong political focus. This results in a lot of debate regarding the PT-offer and how such is navigated through “Scylla and Charybdis”, means between the rocks of “as low and cheap as possible” and “as high and attractive as possible” approaches.

PT-offers are usually configured for three typical day types: weekdays, Saturdays and Sundays/public holidays. As PT-demand on weekdays usually is much higher than on weekends (exception may be touristical areas) an often used formula is: weekdays 100% offer, Saturdays 70% offer, Sundays 40% offer (or similar).

Within a weekday one faces specific peak hour conditions with specifically high demand – at least if classic commuter traffic is dominating (see examples below).

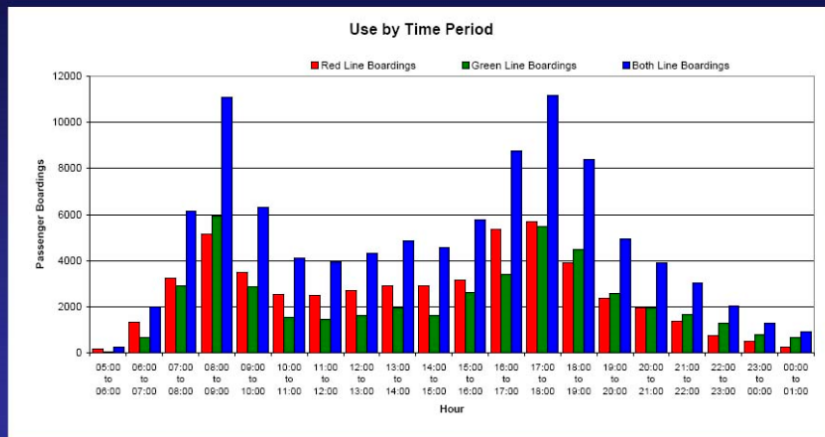


Distribution of PT-trips during a day period

(Source: ZIV / Stadt Bonn)



# Average Ridership per Hour



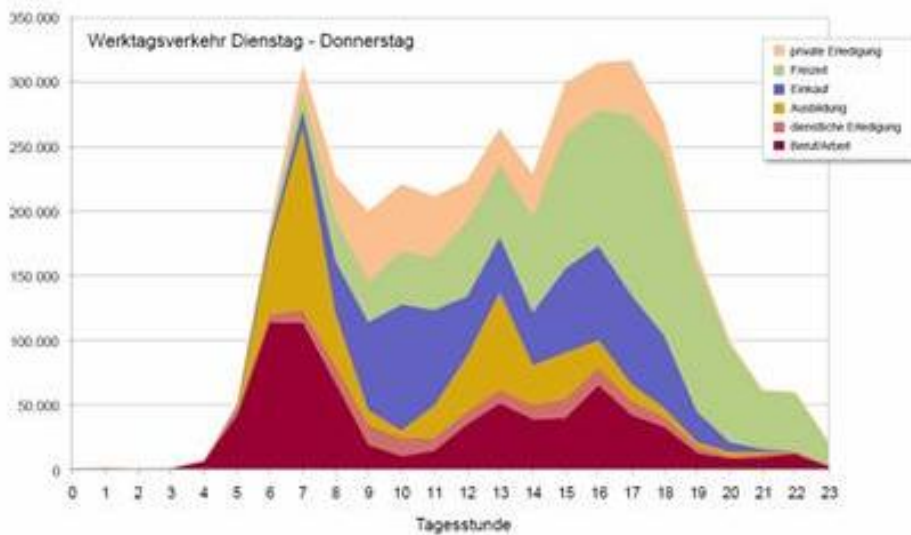
Morning and Evening Peak Hours (Nov '06)



Morning and evening peaks in LUAS-light rail system (Dublin)

(Source: RPA)

Ergebnisse der Haushaltsbefragung ZGB 2010  
Tagesganglinie nach Wegezweck



Morning and evening peaks in Braunschweig per trip purpose (all traffic)

(Source: ZGB/WVI)

The last diagram (total mobility weekday in Braunschweig – not just PT!) is interesting as it confirms the morning peak for commuter traffic (work=red, education=yellow) but makes clear that other trip purposes as shopping (blue) and leisure (green) build up an afternoon peak. If public transport wants to play a role for such trips it needs to have a network caring for leisure and shopping destinations which may be different to a network purely concentrating on commuter traffic.

Depending on local conditions peak hour demand ranges between 10 and 20% of day demand. If one considers daily operation covering 20h (5am to 1am – 4h night gap) and total demand in a specific corridor being 100000 trips, the theoretical average per hour would be 5000 trips while a peak hour of 10% would already mean 10000 trips, 20% even 20000 trips. Designing a system for peak hour conditions is therefore both important and critical.

Question is what share of the total daily demand the Oslo peak-hour has?

The standard, classic approach to deal with differing demand during a day is to define “peak hours” (“Hauptverkehrszeiten” (HVZ) in German), “standard hours” (“Normalverkehrszeiten” (NVZ)) and “low demand hours” (“Schwachverkehrszeiten” (SVZ)) and to adapt the PT-offer to the differing demand conditions. Doing so ensures that the difference between required and offered capacity is rather small, thus an economically “safe” situation. However, from an operational and user perspective such changes challenge both the operator (staff and infrastructure issues may be faced) and the customers (understandability of timetable etc).

If one prefers the alternative approach and goes for operational patterns with a rather unified frequency over the day, one will normally not allow and define the offer for perfect peak hour capacity (and comfort conditions) as such would be clearly oversized for the rest of the day.

The following examples confirm that peak hour overloads are usually accepted respectively part of PT-dimensioning strategies!

Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie



### Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern

Indikator	Grenzwert	Richtwert
<b>Fahrzeugauslastung:</b>		
<b>A) Kundendorientierte Sichtweise:</b>		
<b>Besetzungsgrad im Werktagsverkehr:</b>	in Spitzenstunde: bis 70% NVZ: bis 55% Bei Einzelfahrten in Spitzenstunde: bis 100%	in Spitzenstunde: bis 65% NVZ: bis 50% Bei Einzelfahrten in Spitzenstunde: bis 100%
<b>Tagesauslastung:</b>	Tagesauslastung > 40%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Verringerung der Auslastung	Tagesauslastung > 30%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Verringerung der Auslastung
<b>Beförderungskomfort</b>	Für Fahrten mit einer durchschnittlichen Beförderungszeit über 15 Minuten soll jedem Fahrgast ein Sitzplatz zur Verfügung stehen. Wochenendverkehr und SVZ: Jedem Fahrgast sollte ein Sitzplatz zur Verfügung gestellt werden.	
<b>B) Betriebswirtschaftliche Sichtweise:</b>		
<b>Tagesauslastung:</b>		
Linien in Oberzentren	Tagesauslastung < 10%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung	Tagesauslastung < 15%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung
Linien außerhalb von Oberzentren:	Tagesauslastung < 7%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung	Tagesauslastung < 12%: -> Prüfung von Maßnahmen zur Erhöhung der Auslastung
<b>Einzelfahrtbetrachtung:</b>	Betrachtung einzelner Fahrten: Nutzen regelmäßig weniger als 5 Fahrgäste pro Fahrt (am Querschnitt der größten Belastung) ein Angebot, sollte der Einsatz differenzierter Bedienungsweisen erwogen werden.	

Tabelle 4: Grenz- und Richtwerte: Fahrzeugauslastung

Guidance in regard of PT-dimensioning

(Source: Bavaria Free State)

The Bavarian guidance for planning public transport says the following:

One is using two types of parameters, absolute thresholds (“Grenzwert”) and recommended values (“Richtwert”). 70% load (of total capacity, seats + standees with 4 P/m<sup>2</sup>) is given as the absolute maximum load in peak hours, 65% is recommended. During off-peak hours (“Normalverkehrszeiten (NVZ)”) these values are 55%, respectively 50%.

For single peak hour trains (or trams, buses...) 100% load is acceptable.

For a trip length over 15min passengers should be able to get a seat.

Another source for comparison is the operating contract for the Berlin S-Bahn system:

### Anlagen zum Verkehrsvertrag über die Bedienung der Strecken im S-Bahnverkehr in der Region Berlin / Brandenburg

A variety of operational topics are fixed in this contract annex – a first one the different operating times:

Verkehrszeiten	Montag – Freitag	Sonnabend	Sonntag
Tagesverkehr	ca. 4:00 - 1:00 Uhr	ca. 4:00 - 1:00 Uhr	ca. 4:00 - 1:00 Uhr
- SVZ	ca. 4:00 - 5:00 Uhr	ca. 4:00 - 7:00 Uhr	ca. 4:00 - 9:00 Uhr
- HVZ	ca. 5:00 - 8:00 Uhr		
- NVZ	ca. 8:00 - 14:00 Uhr	ca. 7:00 - 20:30 Uhr	ca. 9:00 - 20:30 Uhr
- HVZ	ca. 14:00 - 18:30 Uhr		
- NVZ	ca. 18:30 - 20:30 Uhr		
- SVZ	ca. 20:30 - 1:00 Uhr	ca. 20:30 - 1:00 Uhr	ca. 20:30 - 1:00 Uhr

Definition of different time categories for peak, off-peak and low demand times

(Source: VBB)

Those are used to define the offer during the different time slots for the different S-Bahn lines:

Grundangebot					
Linie	Abschnitt	Zahl Zuggruppen (Züge je 20-min- Grundtakt)			Bemerkungen
		HVZ <sup>1</sup>	NVZ <sup>2</sup>	SVZ <sup>3</sup>	
S 1	Wannsee – Zehlendorf	2	2	1	
	Zehlendorf – Potsdamer Platz	3	2	2	
	Potsdamer Platz – Nordbahnhof	2	2	2	
	Nordbahnhof – Frohnau	2	2	1	
	Frohnau – Oranienburg	1	1	1	
S 2	Blankenfelde – Lichtenrade	1	1	1	
	Lichtenrade – Buch	2	2	1	
	Buch – Bernau	1	1	1	
S 25	Teltow Stadt – Lichtenfelde Süd	1	1	1	Nach Fertigstellung Streckenverlängerung
	Lichtenfelde Süd – Nordbahnhof	2	2	1	NVZ Sa/So 20-min-Takt
	Nordbahnhof – Tegel	1	1	1	Nach Abschluss 3. Baustufe Schönerholz – Tegel Verdichtung auf 2/2/1
	Tegel – Hennigsdorf	1	1	1	

Definition of number of train services per hour for different time categories

(Source: VBB)

S5	Strausberg Nord – Strausberg	1	1	0,5	20-Minuten-Takt nach Herstellung der Kreuzungsmöglichkeit Hegermühle
	Strausberg – Hoppegarten	1	1	1	
	Hoppegarten – Mahlsdorf	2	1	1	
	Mahlsdorf – Warschauer Str. / Ostbahnhof	3	2	1	
	Ostbahnhof – Westkreuz	2	1	1	
S7	Ahrensfelde – Warschauer Str.	3	2	1	
	Warschauer Str. – Potsdam Hbf.	2	2	1	

#### Definition of number of train services per hour for different time categories

(Source: VBB)

It is visible that the number of trains per hour for lines S1, S2 and S25 is not different for peak and off-peak hours, only for the low demand times (NVZ) a reduction of service levels is apparent. For others as S5 and S7 one sees a difference.

However, one should also notice that there is not one frequency for the complete length of a line! If one looks at S1 it is obvious that the central section from Zehlendorf to Potsdamer Platz is served in peak hours by 3 services, while other sections are served just by two services and the more rural section from Frohnau to Oranienburg only by one service all day. Same for S2, S25... This example shows that one principally owns two tools for shaping capacity: different frequencies for different times and different number of trains in different sections (a third tool is operating different train lengths – short trains (“Kurzzug”), long trains (“Langzug”), not visible here).

Below is given an overview of the resulting frequencies on certain network sections by overlapping of different lines (maximum headway 2min in peak hours).

Strecke	HVZ	NVZ	SVZ
Stadtbahn (Ostbahnhof – Charlottenburg)	2 - 3	3 - 4	5
Nord-Süd-Bahn (Nordbahnhof – Anhalter Bahnhof)	3 - 4	3 - 4	5 - 10
Ringbahn (Nordring: Treptower Park – Gesundbrunnen – Westend)	4 - 5	5 - 10	5 - 10
Ringbahn (Südring: Westend – Neukölln – Treptower Park)	3 - 5	5 - 10	5 - 10
Baumschulenweg – Schöneweide	3 - 4	3 - 4	5
Schöneweide – Adlershof	4	4	5 - 10
Adlershof – Grünau	5 - 10	5 - 10	10
Adlershof – Flughafen Schönefeld	10	10 - 20	20
Friedrichsfelde Ost – Warschauer Straße	2 - 3	3 - 4	5 - 10
Anhalter Bahnhof – Priesterweg	5	5 - 10	10

#### Resulting maximum headways on specific network sections

(Source: VBB)

Here one can also notice clear differences between peak and off-peak service levels resulting from joint operation of different lines.

The document also presents the following criteria for dimensioning the offered capacity:

Kriterien für die Bereitstellung eines ausreichenden Platzangebotes:

Das Platzangebot der Züge ergibt sich aus der Zahl der Sitz- und Stehplätze.

Das Sitzplatzangebot ist so zu bemessen, dass Fahrgäste im Regelfall nicht länger als 15 Minuten stehen müssen.

Die Stehplatzanzahl basiert auf der Grundlage von 4 Personen/qm Stehplatzfläche, wobei die maximale Auslastung von 65% der Gesamtplätze in der HVZ nicht überschritten werden sollte. Darüber hinaus soll der Mittelwert der maximalen Auslastung über die 20-Minuten-Spitze in der Spitzenstunde 80 % nicht überschreiten.

Während der NVZ und SVZ ist eine derartige maximale Auslastung von 65% der Gesamtplätze nur bei einzelnen Zügen zulässig, um keine zusätzlichen wirtschaftlichen Zwänge für die S-Bahn Berlin GmbH zu erzeugen.

Innerhalb des S-Bahnringes kann in den Spitzenzeiten von diesem Standard abgewichen werden. Kurzfristige Spitzen bei Großveranstaltungen bleiben ebenfalls außer Betracht.

### Criteria for dimensioning capacity – special regard to peak hours

(Source: VBB)

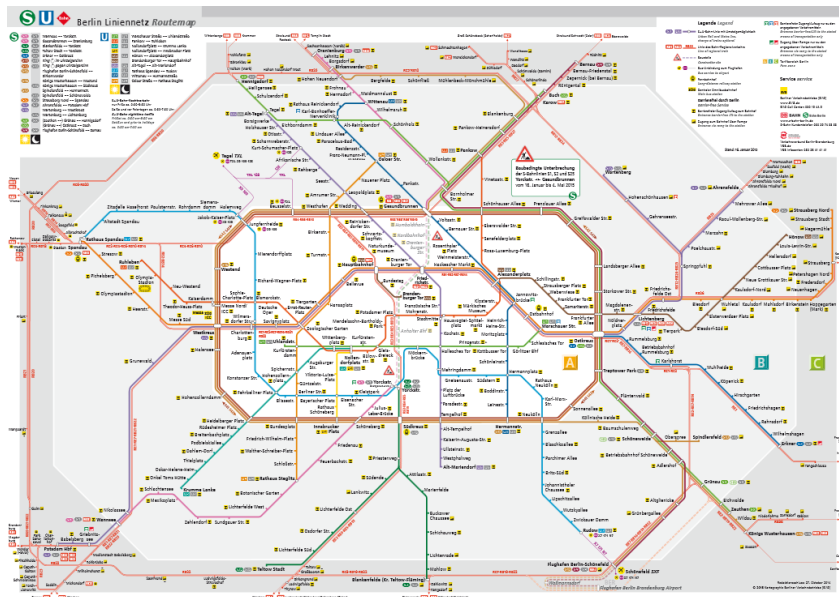
Total capacity is seating and standing capacity calculated with 4 P/m<sup>2</sup>.

Seating capacity should ensure that no passenger usually will need to stand for more than 15min.

Maximum load in peak hours should not go beyond of 65% of total capacity, the maximum load in a 20-min peak not beyond 80%.

During off-peak and low demand times (“NVZ”, “SVZ”) the maximum load threshold of 65% is (only) allowed for specific services in order to limit economical consequences for S-Bahn-Berlin. (This means the load level should usually be better but up to 65% is acceptable to avoid frequency increase, longer trains etc...).

**Most important the last sentence here: Within the S-Bahn-Ring it is possible in peak hours to withdraw from this rule.** This allows principally to use the full capacity or even to overload for the whole rather large core of the Berlin S-Bahn network.



Berlin S-Bahn / Rail network

(Source: VBB)

This core part of the network ranges about 12km East-West and 8km North-South.

Overload situations appear being accepted in quite many systems for peak hour conditions as designing operations for perfect quality in peak hours is seen as too expensive.

The following examples are from Australia and Ireland.

**Table 3: Morning Peak Hour City Bound Passenger Train Operations (1 Hour Peak – March 2010 )**

Line (Year 2010 )	Trains	Capacity	Utilisation	% Loading	Reasonable Spare Capacity
Main Western	39	39,000	37,230	95	1,800
Illawarra	17	17,000	17,935	106	-900
North Shore	18	18,000	15,525	86	2,500
Eastern Suburbs	15	15,000	7,375	49	7,600
Revesby / E Hills	12	12,000	11,945	100	100
Bankstown	6	6,000	6,630	111	-600
Total All Lines	107	107,000	96,640	90	10,400

Source ( CityRail, 2010 )

Sydney peak hour train loads and capacity

(Source: Tim Brooker/ARUP/CityRail)

## Yarra Trams Load Standards Survey Report May 2013

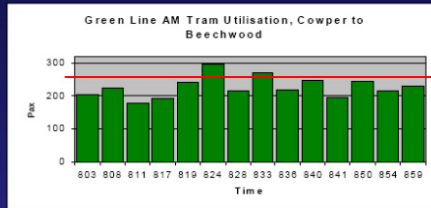
	Within 20% of Load Standard
	Within 10% of Load Standard
	Load Standard Breach

Location	Route	Direction	Rolling Hour	2012			2013		
				Rolling Hour Average Load	Average Maximum Capacity	% Average Maximum Capacity	Rolling Hour Average Load	Average Maximum Capacity	% Average Maximum Capacity
<b>Non – CBD Locations - AM Peak</b>									
Elgin St / Lygon St	1 & 8	South Bound	7:31-8:30	71.4	77.8	91.7	70.8	77.6	91.3
			8:01-9:00	87.8	80.7	108.8	88.6	81.6	108.6
			8:31-9:30	85.0	70.3	120.9	81.0	74.5	108.7
			9:01-10:00	69.4	65.6	105.7	60.9	67.9	89.7
Dandenong Rd / Hornby St	5, 64	West Bound	7:31-8:30	71.6	67.0	106.9	68.7	65.6	104.8
			8:01-9:00	68.5	64.3	106.5	73.2	64.1	114.3
St Kilda Rd / High St	3, 5, 16, 64, 67	North Bound	8:01-9:00	--	--	--	74.4	63.0	118.0
St Kilda Rd / Commercial Rd	3, 5, 16, 64, 67	North Bound	8:01-9:00	--	--	--	71.9	63.4	113.5
Wellington Pde / Jolimont Rd <sup>1</sup>	48	West Bound	7:01-8:00	48.5	55.0	88.1	57.2	57.1	100.1
			7:31-8:30	67.6	56.7	119.2	69.6	56.6	123.0
			8:01-9:00	71.7	63.7	112.6	80.5	61.0	132.0
			8:31-9:30	64.9	66.7	97.3	75.8	62.5	121.2
			9:01-10:00	57.9	60.0	96.5	62.3	57.4	108.6

Yarra Trams (Melbourne) peak hour train loads and capacity

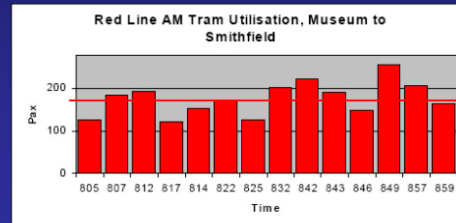
(Source: Public Transport Victoria)

# Capacity V Demand



85% of comfortable capacity used  
Loading of greater than 4/m<sup>2</sup>

Capacity of 265 persons (40m)



Capacity of 190 persons (30m)



Peak four load situation in LUAS-light rail system (Dublin)

(Source: RPA)

It should be noticed also that capacity in French tramways is usually even calculated with 5 P/m<sup>2</sup> as “crowded conditions” which are acceptable in peak hours.

**In conclusion the experts must state from international experience that there are common features with the Oslo approach taken forward in the capacity report but a major difference exists in the handling of the peak hour conditions in the core part of the network. It is felt that using the maximum capacity (100% of seating and standing capacity, the latter calculated with 4 P/m<sup>2</sup>) in peak hour conditions for the inner city is an acceptable approach while defining capacity and thus offer with higher comfort levels will lead to a considerably oversized offer for other parts of the day, especially if the offer is not adapted to the different load situations over the day respectively identical for the total length of a line.**

## Specific look into tramway and bus capacity issues

### Tramway

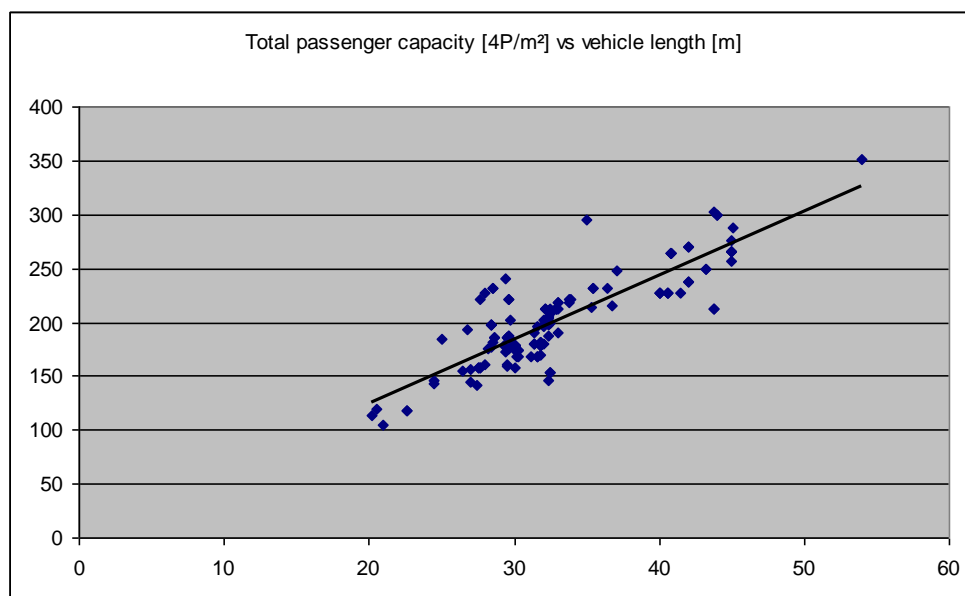
One main concern regarding the tram sector is the range of “new” rolling stock used which appears to the experts a bit coincidental.

We believe that either one should keep the discussion on a more general level (apart from specific vehicles) or all major European suppliers and their vehicle platforms need to be covered:

ALSTOM CITADIS	(the DUALIS platform is the TramTrain vehicle which is not really fitting here in a tramway context!)
BOMBARDIER FLEXITY 2	(is shown; whether the FLEXITY CLASSIC is still an option can be discussed – it’s one of the older platforms in the Bombardier portfolio, focussing on some German customers)
SIEMENS AVENIO	(not covered)
ANSALDOBREDA SIRIO	(not covered; we are aware that there is a lot of bad reputation related to this supplier due to various experience: Oslo, Birmingham, Gothenburg – this can’t be an argument within such an overview)
STADLER VARIOBAHN	(covered with Bergen version; TANGO not covered)
VOSSLOH TRAMLINK	(not covered)
CAF URBOS 3	(not covered)

Certainly all vehicle platforms will basically present a certain (similar?) seating and standing capacity depending on basic dimensions as length and width. The diagrams below are taken from a survey of the tramway market in the years 2000-2010 done by Axel Kuehn which involved all European tram orders/deliveries.

The first diagram highlights the basic connection between vehicle length and total vehicle capacity.

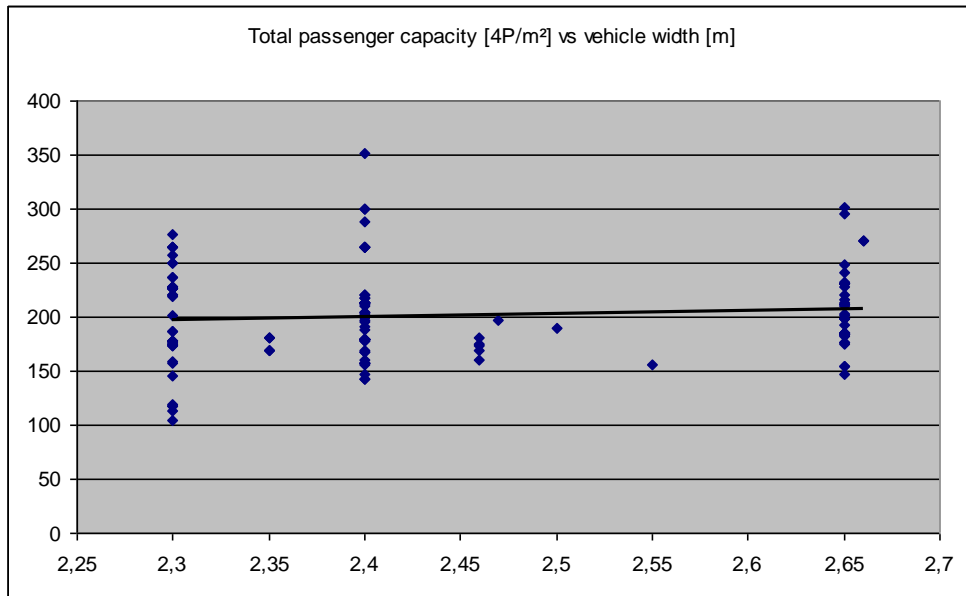


Tramways’ total passenger capacity vs vehicle length

(Source: Axel Kuehn)

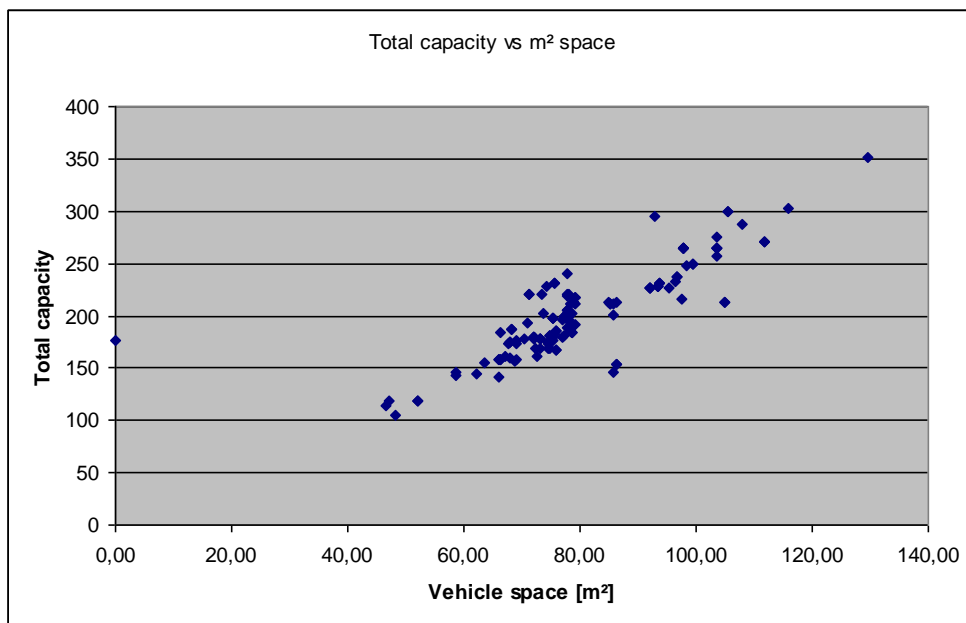


The second diagram looks at the connection between vehicle width and capacity for the three main clusters of 2.3m, 2.4m and 2.65m vehicles.



Tramways' total passenger capacity vs vehicle width

(Source: Axel Kuehn)



Tramways' total passenger capacity vs vehicle space in m<sup>2</sup>

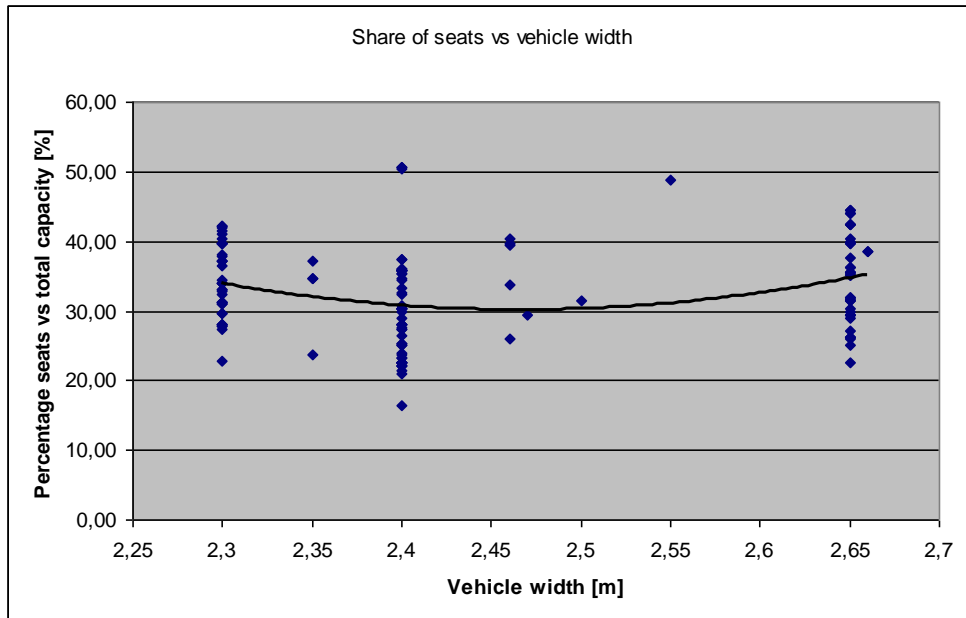
(Source: Axel Kuehn)

Not surprisingly the diagram which compares vehicle space in m<sup>2</sup> with total capacity is rather similar to the one comparing length and total capacity – length is just more influential on capacity. For easier understanding: a 30m tramway with 2.4m width means 72m<sup>2</sup>, a 35m tramway with 2.65m width 93m<sup>2</sup> etc.

Usually 2.65m wide vehicles offer a higher seating capacity ratio as they allow for four seats in a row (2+2) while less wide vehicles (especially 2.3m ones) often are showing three seats (2+1) only and thus offering more standing capacity. It is obvious from the diagram that the majority of 2.65m vehicles are below 250 passengers total capacity while quite some 2.3m vehicles are showing higher

maximum capacity. However, the trend line confirms rather small differences in the average of the three types/categories.

Looking at the ratio of seated capacity vs total capacity gives a slightly different picture. It confirms that 2.65m vehicles (forgetting some exceptional configurations) are showing the highest seat ratios (up to 45%). But all three types are confirming a range of about 20% to 40% seating capacity depending on chosen configurations.



Tramways' share of seats ratio vs vehicle width

(Source: Axel Kuehn)

Total capacity of a tramway vehicle will therefore depend strongly on the length and chosen seat configuration where a lot of flexibility exists within one vehicle platform (which makes it also a bit dangerous to pick just one example from one specific city). This is nicely highlighted by the examples below.

The first pictures show the seat configuration of three SIRIO vehicles from Gothenburg (29.5m long, 2.65m wide), Bergamo (32m long, 2.4m wide) and Florence (32m long, 2.4m wide).

The three vehicles have the following seat/standing (4P/m<sup>2</sup>) capacity:

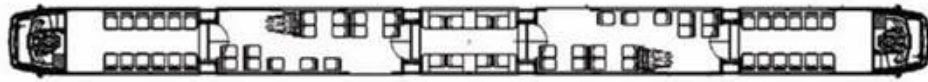
- Gothenburg (uni-directional): 82 seats, 104 standing, 2 wheel-chair areas
- Bergamo (bi-directional): 62 seats, 118 standing, 2 wheel-chair areas
- Florence (bi-directional): 42 seats, 154 standing, 4 wheel-chair areas

Accordingly the three vehicles show seat/total capacity ratios of 44% (Gothenburg), 34% (Bergamo) and 21% (Florence) – representing in principle the full range from low to high as also visible from the diagram above.



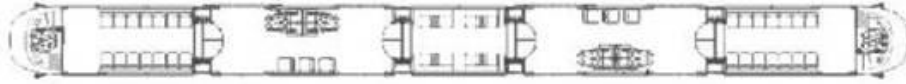
Seat configuration SIRIO Gothenburg

(Source: ANSALDOBREDA)



Seat configuration SIRIO Bergamo

(Source: ANSALDOBREDA)



Seat configuration SIRIO Florence

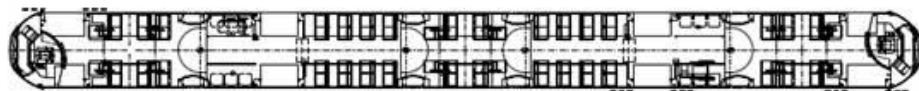
(Source: ANSALDOBREDA)

The first obvious difference to be noticed is the one between a uni-directional vehicle (which means also normally doors on one side only!) as in Gothenburg and bi-directional vehicles as in Bergamo and Florence. Both the second driver's cabin and the additional doors take space away which otherwise can be used for additional seats. A bi-directional vehicle will just because of the double number of doors always have a lower seat ratio and an increased standing capacity!

The Swedish vehicle's configuration with higher seating capacity (4 seats per row) and seats vertical to the vehicle axle represent the middle and Northern European style while configurations like they have been used for Bergamo and Florence with seats parallel to the vehicle axle seem to be more popular in Southern countries.

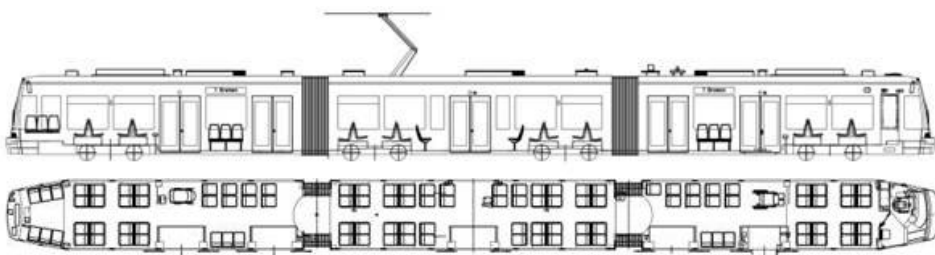
The different approaches between Bergamo and Florence can be explained by the different characteristics of the networks: in Bergamo it is a 14km regional railway corridor converted to light rail, in Florence it is an urban tramway in a large city. The difference will be responsible for rather different travel distances and longer travel distances require more seats. This should have influenced also the different door layout with only 4 doors per side in Bergamo and 6 doors per side in Florence which again allows some more seats for the Bergamo vehicle.

For comparison the picture below shows the layout of the bi-directional 32m long, 2.65m wide Bergen VARIOBAHN vehicle with its 84 seats and 128 standing places (39.6% seat ratio). Besides the two driver cabins the layout idea seems to be very near to the Gothenburg one! However, both the Gothenburg and Bergen vehicle do have a width of 2.65m and are therefore certainly friendlier for "4 seat per row" approaches.



Seat configuration VARIOBAHN Bergen

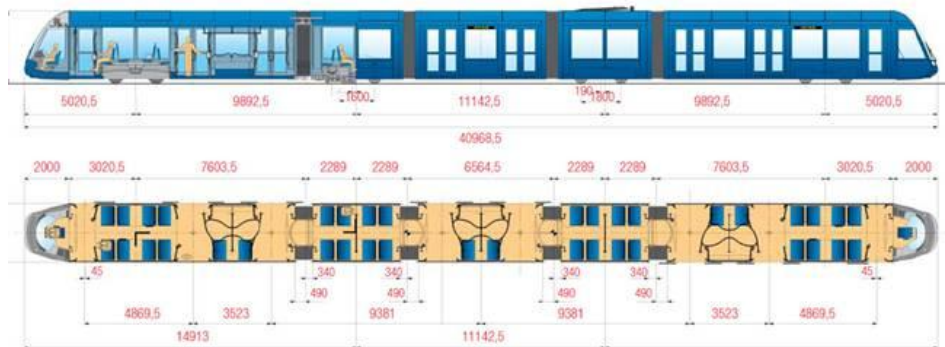
(Source: STADLER)



Seat configuration FLEXITY CLASSIC Bremen

(Source: BOMBARDIER)

The uni-directional German FLEXITY CLASSIC for Bremen (35m long, 2.65m wide) in picture above shows a similar “seat oriented” approach – certainly benefitting from the lower number of doors (44.6% seats ratio).

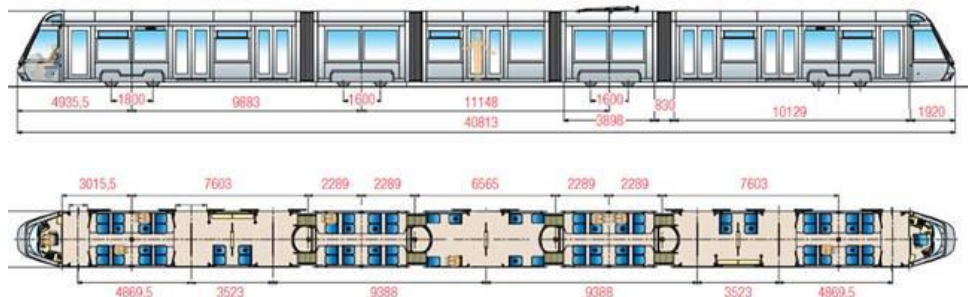


Seat configuration CITADIS Montpellier

(Source: ALSTOM)

The bi-directional Montpellier CITADIS (41m long, 2.65m wide) in picture above also uses 4 seats per row but shows still rather large standing capacities in the door areas (26.3% seats ratio).

The Dublin CITADIS in picture below of similar length but 2.4m width shows principally an identical layout but works with one door less in the middle section and a few seats more (30% seats ratio).



Seat configuration CITADIS Dublin

(Source: ALSTOM)

Four seats per row in a 2.4m wide vehicle means either accepting less wide seats or a narrower middle path.

**The experts are aware that the KVV level is a rather strategic one and discussing layout details of tramway vehicles may therefore appear a bit overdone. However, it is felt that instead of pointing to specific (random?) vehicles or assuming that certain layouts will just stay for the future, that the interaction between basic layout options should be briefly explained.**

If the Oslo tramway system – as recommended – is foreseen to achieve a major role in the future PT-network of Oslo it will require modernisation to become a “state-of-the-art” system. Such modernisation must include both improvements to infrastructure and rolling stock. Which vehicle length becomes possible in different parts of the network needs to be discussed. A completely new tramway corridor following one of the rings may well allow for 42m trams while other corridors touching historic parts of the network may be limited to 32m. Today’s modular

trams allow ordering easily 5 and 7 module trams with both length without complicating maintenance and requiring different spare parts etc.

**Therefore the experts feel it being too early to decide on maximum length of tram vehicles in a future Oslo network!**

Similarly there should be a discussion whether the next generation of trams should be single or double ended. To get rid of the need for turning loops may be interesting and the choice of double ended trams would automatically lead to a lower seat ratio and thus higher total capacity.

All these issues certainly can't be discussed and decided here within the KVVU environment. However, it is seen necessary to raise basic questions to be discussed and detailed in a next stage.

**One should notice here also that the tramway sector in Oslo, due to its neglected role in the past 30 years, is in a very different starting position than railway or metro which saw quite some development in recent years with new infrastructure and rolling stock. Therefore it is certainly much more justified to assume for these modes that the level of changes is more limited and that what one sees today is more or less what may be used also in the future. The scope for modernisation and changes in the tramway field is much bigger and therefore the experts see it slightly dangerous here to base discussions on existing conditions.**

**Bus**

One major difference between tramways and buses in regard of capacity is the fact that bus length is limited to about 24m with double articulated buses and there appears to be rather clear definitions of length (in Europe!) for the three clusters non-articulated standard bus (~12m), articulated bus (~18m) and double articulated bus (~24m).

Whether longer buses will be approved as road vehicles in Europe is seen by the experts with some reluctance. However, it should be at least mentioned that there have been pilots as the AutoTram Extra Grand with 30.7m presented in 2012 with a total capacity of about 250 passengers.



AutoTram Extra Grand

(Source: Wikipedia / Rainer Haufe)

Compared to this tramways do not have a defined maximum length per vehicle – German BOStrab comes up with a maximum of 75m for street operation but does not define whether this may be reached by a single vehicle or coupled units. The Budapest Combino with 54m length is an example for a “very long” tramway and there exist various tramways in the 40-45m range.

This means that capacity discussions in the bus field appear much less flexible and the market choice, at least for 24m buses, is much smaller.

When looking at the available products in the 24m bus sector one can notice 3 suppliers: APTS (Phileas), Hess (O2792) and Van Hool (Exqui City 24). Other suppliers may become available in future (eg Solaris). With similar length they show some differences in total capacity – ranging from about 150-180 (200) passengers and 55-65 seats.

The 24m-bus used as a reference in the capacity report, the VOLVO 7500, as it is operational in Gothenburg, is no more produced nowadays. The total capacity as given in the report, 130 Passengers, appears considerably lower as the capacities given for the three types marketed now.

Therefore, the experts have to repeat their request from the tramway discussion above to focus in the presentation on today’s market.

When discussing bus capacity it should be taken into account that riding comfort for standing passengers will be reduced with regard to the (usually) non-guided operation. Therefore comfort criteria for standing passengers have a higher justification for buses than for trams.

## System capacity

### S-Bahn / Metro

The experts would not see much difference between metro and S-Bahn operation regarding maximum frequencies / headways.

Stuttgart S-Bahn operates 24 trains per hour, Frankfurt S-Bahn has increased to 24 tph in 2010 (before 22 tph) in the central tunnel section. Munich manages 30 tph with a more advanced signalling system involving continuous train control (see <http://en.wikipedia.org/wiki/Linienzugbeeinflussung>).

The Oslo metro system is operated today with a maximum of 28 trains per hour but there are aims to manage 32tph with a new signalling system.

28 respectively 32tph is to be seen already as a rather high headway! The latter means a theoretical average headway of 112s.

38tph is operated eg in Moscow and Paris and seen as a maximum “efficient” number, meaning 95s average headway.

80/90s is usually given as an absolute minimum technical headway! However, even Nuremberg with their automatic metro doesn't achieve (use) less than 100s!

The smaller the headway the more decisive stop times get; means one has to make sure that train x has cleared in time the platform before train x+1 arrives, otherwise it's stop capacity which decides, not route capacity.

Another issue is the random interaction between different lines which are “merged” into one line for the central tunnel section. Theoretically it may be possible to squeeze all lines into a very fixed schedule allowing to create a minimum headway but any delay will then cause problems because suddenly it's not the planned train x+1 which follows (it's delayed) but train x+2 which would then need to be even quicker to follow with “near minimum” headway (it will not be able to replace x+1 exactly in the planned slot). Means also that x+1 might even get more delay until it can be entered in the row behind x+2 which is now in front...

Also important: The smaller the headway, the smaller the speed needs to be! To achieve very low headways trains need to follow each other with slow speeds (getting near to running on sight conditions)...

### Tramway

The experts have been surprised that a 10min frequency per tram line (6 trams per hour and direction) appears to be seen as the maximum in the capacity report. Storgata with 4 lines is used in the capacity report as a critical cross-section and 24 trams per hour are resulting here from 4 lines with 6 trams per hour.

Question is, however, whether a new network configuration with new corridors can enable reducing the number of lines joined in one corridor, thus enabling higher frequencies for single lines? Completely new infrastructure, eg in the ring or in sub-urban environment, would certainly allow higher frequencies and possibly longer units than in other existing parts of the network. It appears a bit that conclusions regarding tram capacity are very much drawn on the basis of the existing network and not based upon a future layout as eg the K1/A2 scenario? This appears inconsistent with parameters assumed eg in the modelling of the K1 scenario where up to 12 trams per hour and direction have been used. The experts have also

noticed considerations to use 30 or even more trams per hour as a maximum corridor capacity. It is strongly recommended to harmonise the different reports in this regard.

As tramways are operating principally on sight, the signal system (block system) is not posing technical limits in regard of headways – theoretically one tram could just follow the one in front with a safe braking distance (which would depend on speed). In pedestrian zone conditions this distance may go down to a few meters.

However, the maximum headway of a tramway corridor is seen internationally at 2-3 minutes, thus 20-30 trams per hour and direction and –surprisingly on first sight– quite on a similar level as found in S-Bahn or metro systems.

When discussing corridor capacity it is first of all important to distinguish between maximum frequencies which may exist in some systems (which have developed over time and may be far from perfect – as said in our meeting: no one will use Oxford Street in London as a best practice example of what frequencies are feasible in a bus system) and a desirable, sustainable frequency / headway which should be used as a reliable basis for planning new systems.

For the latter the experts would like to confirm that 3min headway should be used as a recommended value which means 20 trams per hour and direction. 24 trams per hour respectively a headway of 2.5min can be used as an exceptional quality.

The reason for these threshold parameters is mainly to be found in the characteristics of a surface system in the urban realm which owns necessarily level crossings with other traffic. If trams operate with 2min headway per direction (or even less!) and own full priority it means that with requests for green light in either direction coming randomly there may be slots within an hour where one request in one direction is immediately followed by a request in the other and so on.

As a result the capacity for crossing traffic would be dramatically reduced and likely this would raise requirements to reduce priority levels. Or in other words: if running too many trams they can't get priority and will need to operate with lower commercial speeds which means we talk about somewhat theoretical capacity as the system is slow and not very attractive.

If one aims for an attractive tram system with reasonable commercial speeds and thus full priority at junctions one needs to keep tramway traffic at an acceptable level. 3min is being used as a planning parameter in all new French tramways and is applied also for the new Danish tramways. Discussions with the French consultants involved showed a threshold of 3min 20s being treated as a real, dogmatic headway threshold and it required quite some debate to get acceptance for some exceptions going beyond/below. The experts would recommend that the real maximum should be seen at 2.5min which allows two lines with 5min frequency operating in the same corridor.

One should also take into account that the tougher the headways become, the more decisive stop capacity will become. Due to “natural delays” trams will always appear a bit randomly and therefore a tram approaching a stop may not be able to enter as another one is still occupying it. The likelihood for this effect grows with the number of trams per hour. And one will likely not be able to create 60m platforms for 30m trams or 80m platforms for 40m trams to solve this problem.

A chain is only as strong as its weakest link: means that most tramway lines will run on more difficult central sections of a network and more easy to handle sub-urban sections where they may have more independence from other traffic. However, the decisive parameter is the frequency which can be operated under good conditions in the critical network parts...



## Bus(way)

Touching the bus field just quickly the experts would like to state that any sophisticated busway infrastructure should be envisaged to show capacity limits similar to tramways.

## Final remarks and conclusions

The experts would like to summarise their findings as follows:

1. The capacity report should get a proper introduction chapter which gives an overview of international views on mode capacity.
2. It is further recommended to highlight the interaction between PT-demand, PT-capacity and PT-offer which should include explaining the available planning range and flexibility, especially in regard of peak-hour traffic.
3. It would be seen as helpful to get an understanding of the peak hour situation in Oslo (what percentage of the day traffic?).
4. The definition of peak hour comfort conditions for Oslo appears a bit “luxurious” compared to the approaches in other central European countries.
5. The experts would recommend to re-think the handling of peak hour traffic, either by adapting offer and capacity (operational patterns) more to different load situations over a day or, if this is not wished, to accept use of 100% total capacity during peak hours for central network sections.
6. Beyond the core KVVU-tasks the experts would recommend to re-evaluate the operational concepts for both railway and metro. As already identified within earlier benchmarking considerations, the operational approaches used so far seem to give some scope for efficiency increases (eg by changing frequencies more often during a day and/or by “sectioning” of lines and operation of lower frequencies on outer sections and/or shortening / lengthening of trains).
7. A change of the operational patterns may involve additional infrastructure requirements as eg storage tracks at certain stations. This should be evaluated to ensure that such features can be included to the planning process as early as possible.
8. In regard of the presentation of the tramway sector in the capacity report the experts would recommend some brief introduction which highlights some basic dependencies between main parameters (including aside of length and width eg seat configurations, ratio seating / standing, impact of possibly using bi-directional trams in the future). It is acknowledged that due to the strategic scope of the KVVU there are quite understandable limits in regard of the depth which can be allocated to such “details” in this context.
9. The experts would recommend avoiding the presentation of a few specific tramway vehicle types and prefer a more general presentation of capacity issues depending on a range of parameters (otherwise one should show the available vehicle range of European suppliers in a more complete way).
10. The experts would also for the bus sector recommend to take into account today’s market.
11. The experts recommend not to overstress system capacity of the surface systems and to use 24 trams per hour and direction as a maximum threshold for corridor capacity. The same value should be used for any “busway” considerations. Any higher frequencies would likely mean jeopardising priority, reducing commercial speeds and thus the total quality of the system.

Karlsruhe and Gothenburg –March 15<sup>th</sup> 2015

Axel Kuehn      Bernt Nielsen



# KVU OSLO- NAVET

## Minimum passenger demand for justification of PT-infrastructure

---

<b>Ferdigstilt:</b>	5. mai 2015
<b>Prosjekt:</b>	KVU Oslo-Navet
<b>Forfattere:</b>	Axel Kuehn, Karlsruhe og Bernt Nielsen, Göteborg
<b>Prosjektkontakter:</b>	Terje Grytbakk, KVU-staben
<b>Vedlegg til:</b>	Spesialanalysen kapasitet og rullende materiell, vedlegg 10c

---

### Sammendrag:

Dette er et notat utarbeidet av de uavhengige, internasjonale ekspertene tilknyttet KVU Oslo-Navet. Her drøftes momentet minimum etterspørsel, sett i forhold til maks kapasitet i kollektivnettverket.

## Introduction

Axel Kuehn and Bernt Nielsen have been asked in early 2014 by Jernbaneverket to accompany the KVVU Oslo-Navet as independent experts.

As part of their activities they have delivered a number of reports and presentations which are summarised in their final statement of 29<sup>th</sup> April 2015 (“Anbefalinger fra Kuehn og Nielsen”).

It has been pointed out in the final statement report that “the experts notice some **bias linked to the political zero growth target when** looking at the evaluation approach taken forward in the KVVU. Understandably this target has led to a concentration on capacity or better maximum capacity. To deliver such capacities a variety of measures or more precisely new infrastructure is being proposed. However, when looking at the patronage which the modelling process forecasts for 2030 and 2060 one can notice that the values reached here for peak hour conditions (3h peak) in some parts of the network are considerably below thresholds which are usually applied for the justification of new infrastructure. The experts don’t see this being evaluated or commented in any detail in the documentation? **One is talking only about the high end (maximum capacity offered) but not about the low end (minimum demand required).** The experts have spent some thought about the “low end” issue and will present those thoughts in a separate memo. Without going into detail here: **the “low end” view is a required step to shape the network respectively stages of any network. The initial results support the expert’s recommendation to stop further metro extensions in the wider region but they also touch on existing corridors – also in the tramway / light rail field.**”

The report presented here summarises the “experts’ thoughts” mentioned above and can be seen as an annex to the recommendations delivered already.

## Minimum passenger demand

Usually, when developing strategies for a new or improved public transport system in a city, the initial discussion is about the minimum passenger demand required for the justification of new infrastructure, eg for implementing a tramway in a city having only bus transport so far. Looking for maximum capacity may well be a second question when evaluating the system specifications including the size and capacity of rolling stock and the operational frequency.

Why looking for minimum passenger demand at all? The reason is the usual cost-benefit approach used for all kind of measures. A more costly project requires more revenue than a cheaper one. More input requires more output... Or in other words: one should not take a sledge hammer to break a nut!

It is fully appreciated by the experts that the focus in the KVVU-study, as a result of the zero growth target, has been the other way around and concentrating nearly exclusively at the maximum capacity question.

Within a network or more simple within a single line there is always differing passenger demand in different sections and the sub-urban or regional line ends will show less demand than the central sections. It is understandable that the main focus of the Oslo Navet KVVU has been on the centre of the network(s) where capacity limits appear most urgent and certainly it is not really required here to check for minimum demand first.

The need to evaluate also minimum passenger demand, however, is seen as crucial for the outer parts of the network where it is necessary to decide:

- ⇒ whether metro lines deserve further extensions,
- ⇒ whether tramway or light rail lines should be built or extended,
- ⇒ whether tramway or light rail may be suited to replace envisaged metro extensions,
- ⇒ which mode appears justifiable at all.

Similarly it could be worthwhile to look at the existing networks in order to identify the weak parts and to discuss any strategies for those.

The experts have recommended to invest in an “optimization phase” for the network(s) developed in the KVVU. Such minimum demand evaluation should be made an integral part of such an optimization process in order to shape the future network with regard to mode use/choice, infrastructure (new/extended), operational patterns (also within the existing network!) and priorities (sequence of projects).

To perform such an evaluation it is necessary to establish suited thresholds which can be used for comparison.

The experts present an approach in the next chapter.

## Thresholds

Thresholds are required in regard of the Oslo network strategy mainly for metro, tramway / light rail and possibly busway – those modes which require most discussion in regard of their sub-urban or regional scope. It is easiest to start with the light rail / tramway sector as there is most background information available.

Axel Kuehn has participated in 2009 in a strategic study dealing with the future layout of the Bergen Bybane network. As mentioned above, the basic question here was:

**For which corridors can tramway / light rail be seen as justifiable?**

### Problemstilling

*Hvilke deler av Bergensområdet kan betjenes med bane, og hvilken utviklingsrekkefølge er gunstigst?*

Bybanen mellom Bergen Sentrum og Nesttun åpner sommeren 2010, og et par år etter vil forlengelsen til Rådal trolig være klar. Videre utbygging av bybanen deretter er uavklart. I det overordnede plangrunnlaget for transportpolitikken i Bergen, er det lagt til grunn at bybanenettet skal videreutvikles til Flesland og i transportkorridorene vestover og nordover.

Som ledd i arbeid med avklaring av bybanens rolle i et framtidig kollektivsystem, er det analysert hvilke strekninger og deler av byregionen det kan være aktuelt med videre bybaneutbygging. Utredningens formål er å svare på følgende hovedspørsmål:

- I hvilke transportkorridorer er det mest aktuelt med bybane?
- Hvor langt ut i bystrukturen er bane tjenlig, til kommunesentra i Bergens nabokommuner?
- Hvilken rekkefølge kan anbefales for trinnvis utvikling av et bybanenett?
- På hvilke stamruter for kollektivtrafikken vil det være for lite grunnlag for bane og hvor det vil være behov for tiltak for buss?

Benchmarking has been used as a method and thresholds have been developed from a variety of international sources and case studies.

### *Benchmarking, avgrensning av bybanekorridorer og utbyggingsrekkefølge*

I korridoranalysen er benchmarking brukt som metode. Det innebærer at mulige bybanekorridorer i Bergen sammenlignes med andre byer ved hjelp av utvalgte erfaringstall. Dette er i hovedsak knyttet til passasjergrunnlag. Det er et stort antall byer med moderne bybaner, og erfaringer derfra er oppsummert i hva som er "vanlige" verdier som kan testes opp mot situasjonen i Bergen. I utredninger benyttes denne metoden vanligvis på et overordnet nivå i tidlig fase i vurdering av konsepter, før det foreligger et plangrunnlag som gir grunnlag for mer detaljerte analyser. Benchmarking kan ikke erstatte planlegging, men på et tidlig stadium kan det gi indikasjoner på hvilke områder som er mest aktuell for videre utredning.

The full report can be downloaded here:

[http://www.hordaland.no/Global/samferdsel/Filer/ra5011567\\_bybanen\\_ett\\_sluttrapport\\_11\\_18-12-09\\_normal.pdf](http://www.hordaland.no/Global/samferdsel/Filer/ra5011567_bybanen_ett_sluttrapport_11_18-12-09_normal.pdf)

Three parameters have been used:

- ⇒ Passengers per day and km
- ⇒ Passengers per peak hour and direction
- ⇒ Population per km based on 400m catchment

Følgende benchmarkingvariable er benyttet for å vurdere markeds- og passasjergrunnlag:

- Variabel 1: Passasjerer pr linjekilometer
- Variabel 2: Passasjerer i dimensjonerende rushtime i en retning. Dette er uttrykk for kapasitetsbehovet.
- Variabel 3: Bosatte innenfor 400 m fra holdeplasser langs banetraseen, delt på traseens lengde. I Bergen er det tidligere benyttet større avstander for avgrensing av stoppenes nærområde. 400 m er valgt fordi det ikke foreligger sammenlignbare tall for andre avstander.

Based on the evaluation of a variety of international examples the following thresholds have been established:

**Passengers per day and km:**

3500 standard value tram, 2000 low value tram, 1000 value busway

**Passengers per peak hour and direction:**

2500 standard value tram, 1300 low value tram

**Population per km based on 400m catchment**

2000 standard value

***Oppsummering av terskelverdier for tre benchmarkingsvariable***

1. Passasjerer pr linje-km
  - 3500 passasjerer pr linjekm, klar baneanbefaling
  - 2000 passasjerer pr linjekm, bane kan være aktuelt
  - 1000 passasjerer pr linjekm, høykvalitets busstilbud er aktuelt
2. Passasjerer pr time i rushet, i dimensjonerende snitt i korridoren
  - 2500 passasjerer pr time i rushet, klar baneanbefaling
  - 1300 passasjerer pr time i rushet, bane kan være aktuelt
3. Bosatte i influensområdet
  - 2000 bosatte i snitt pr km, innen 400 m fra banen, aktuelt for bane

The specific annex explaining the approach in regard of the thresholds and showing background information used can be downloaded here:

[http://www3.bergen.kommune.no/BKSAK\\_filer/bksak%5C0%5CVEDLEGG%5C2009192393-2627221.pdf](http://www3.bergen.kommune.no/BKSAK_filer/bksak%5C0%5CVEDLEGG%5C2009192393-2627221.pdf)

Some excerpts of this report have been integrated in the “capacity report” of Kuehn and Nielsen for the Oslo Navet KVVU.



The first two thresholds have in 2012 also been applied within the Stavanger Bybane KVVU:

*Tabell 2. Terskelverdier for introduisering av busway og bybane (kilde: kvu sluttrapport 2009, Kühn, A., Busway, bybane or kombibane. Results in view of international experience and approaches, arbeidsnotat, Karlsruhe 2009).*

Anbefalte terskelverdier	Busway	Bybane – normal aksept	Bybane – lav aksept	Dimensjon
Daglig befrakting	> 1.000	> 3.500	> 2.000	Passasjerer pr. virkedøgn pr. trasekilometer
Maks. timeskapasitet	-	> 2.500	> 1.300	Passasjerkapasitet pr. time pr. retning

Full report can be downloaded here:

[http://www.vegvesen.no/attachment/571345/binary/918301?fast\\_title=Revidert+KVVU+Konsept+3C+bybane.pdf](http://www.vegvesen.no/attachment/571345/binary/918301?fast_title=Revidert+KVVU+Konsept+3C+bybane.pdf)

It appears therefore justifiable to use these thresholds principally also for forthcoming Oslo evaluations in regard of minimum passenger demand.

However, it should be noted that these thresholds are principally representing values for completely new systems and not for extensions of existing ones. Certainly there are synergies envisageable with extensions which could mean that justification could be seen given with somewhat lower thresholds. This issue needs a more detailed discussion based on specific conditions of a project to evaluate synergies.

Also it appears required to discuss and establish thresholds suited for the evaluation of metros.

To allow a “quick and dirty” look at the network plots for the different modes for the years 2030 and 2060 which have been produced within the KVVU modelling process, the experts have used mainly the second of the three thresholds.

For tramway / light rail the above mentioned values have been used, for metro and S-Bahn values have been configured from the background information in above mentioned report (Bergen annex 1).

This resulted in the following:

Mode / Level	Passengers/km		Passengers/h-dir (peak)	
	Low	Standard	Low	Standard
Tram/LR	2.000	3.500	1.300	2.500
Metro			6 000 *)	9.000
S-Bahn			4.000	6.000

\*) use of existing infra to larger extent

It should be noted that the experts do see the values for metro and S-Bahn as preliminary and subject to further discussion.

## Evaluation of network plots

The network plots which have been made available are based on a 3h peak period which means that values are not directly comparable. The experts have used 50% of the given values as a “thought-to-be” peak hour value for their brief review.

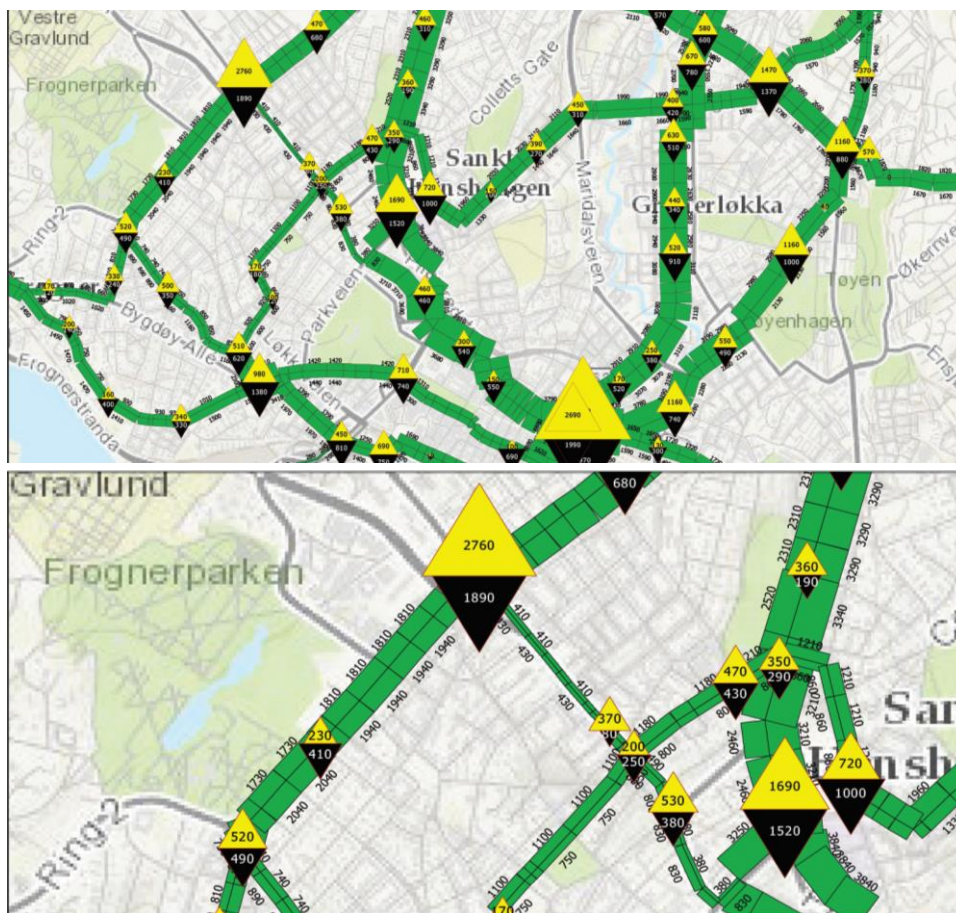
Also this needs further verification.

As pointed out the experts don't see a 3h peak period evaluation as suitable for dimensioning a transport system.

**Within the scope of this initial review the experts focused on getting some overview allowing to get some idea of the effects of measures for the different modes within the different scenarios for both 2030 and 2060. Therefore the comments made below scratch only the surface, are far from being complete and a more thorough discussion is required.**

### Tramway /light rail

If one takes a look at the K1 scenario (=the tramway one) and the tramway mode within such the plot of central Oslo appears for 2030 as below:



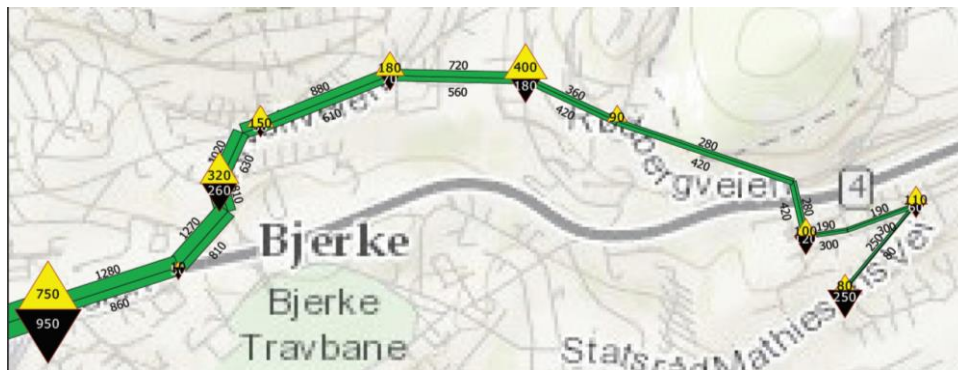
If one picks a detail in the Western part one can notice that eg the new Ring 2 tramway appears justifiable according to the thresholds and has also positive impact on the continuation on existing infrastructure beyond Majorstuen.

At the same time other existing infrastructure, eg the connection south-eastwards of Majorstuen appears heavily underused with just 430 passengers per direction in a 3h period!

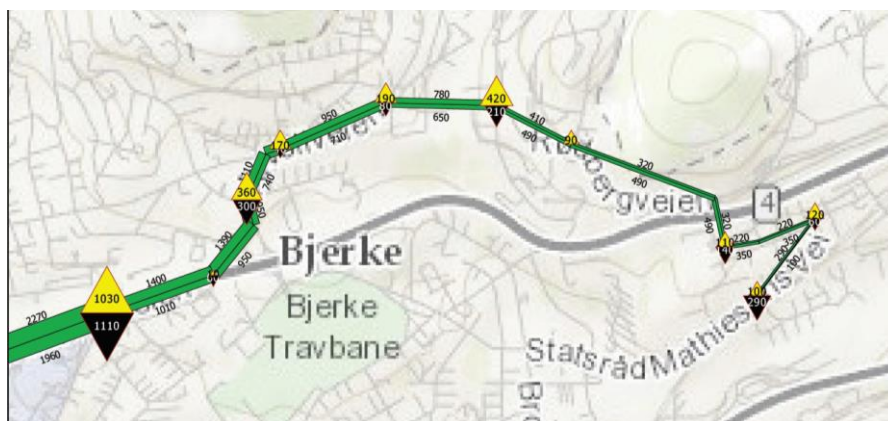
If any modelling errors can be excluded here, the experts would say in such a case that such results need to be reflected in the future network layout which may also mean closing certain parts (lines) of the existing network in order to make available scarce capacity (max 24 trams/h and direction!) in central corridors to those lines which are well used. This is a rather similar approach as taken forward for the metro tunnel capacity when looking at the under-used Frognerseteren line occupying capacity slots in the tunnel.

This is just one example but representative for the type of discussion which the experts would see as required within the described network optimization phase.

One more example from the K1 scenario, tram mode:



The Bjerke extension seems also to be well below usual tramway thresholds. If this result represents true reality (within modelling scope!) and not some modelling error, this section could not be first priority for improving and extending the tramway network. When looking at the 2060 plot for the same corridor the result is not changing very much:

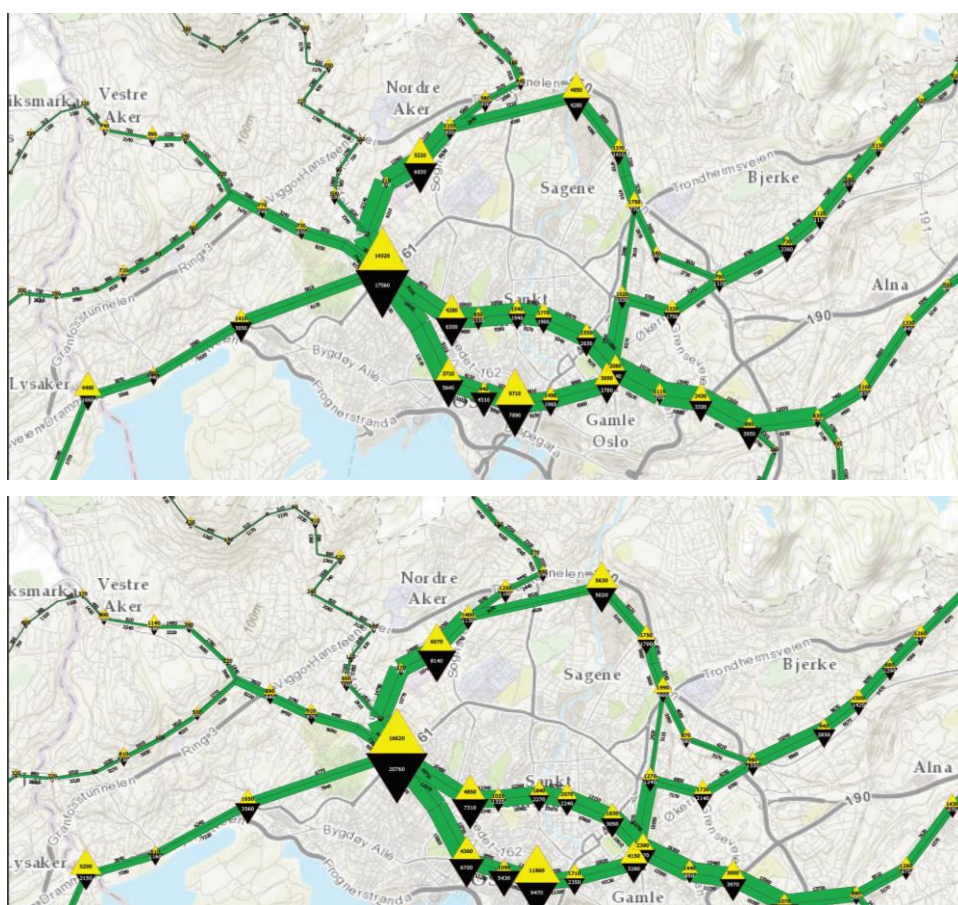


Such comparisons need principally to be performed for all modes and scenarios in order to exclude that modelling errors might impact on conclusions. The experts wonder whether a 30 years period should not generate some increase – even in remote parts of a network. But this impression is a more general one – the difference between 2030 and 2060 in the modelling results appears rather small.

However, the scope of this report is not to look into the modelling results as such (some spotted inconsistencies are subject to a separate memo), it is much more using some exemplary results to explain why a discussion and evaluation of minimum passenger demand is required and why a sound, reliable modelling basis (1h peak!) is required for further evaluation.

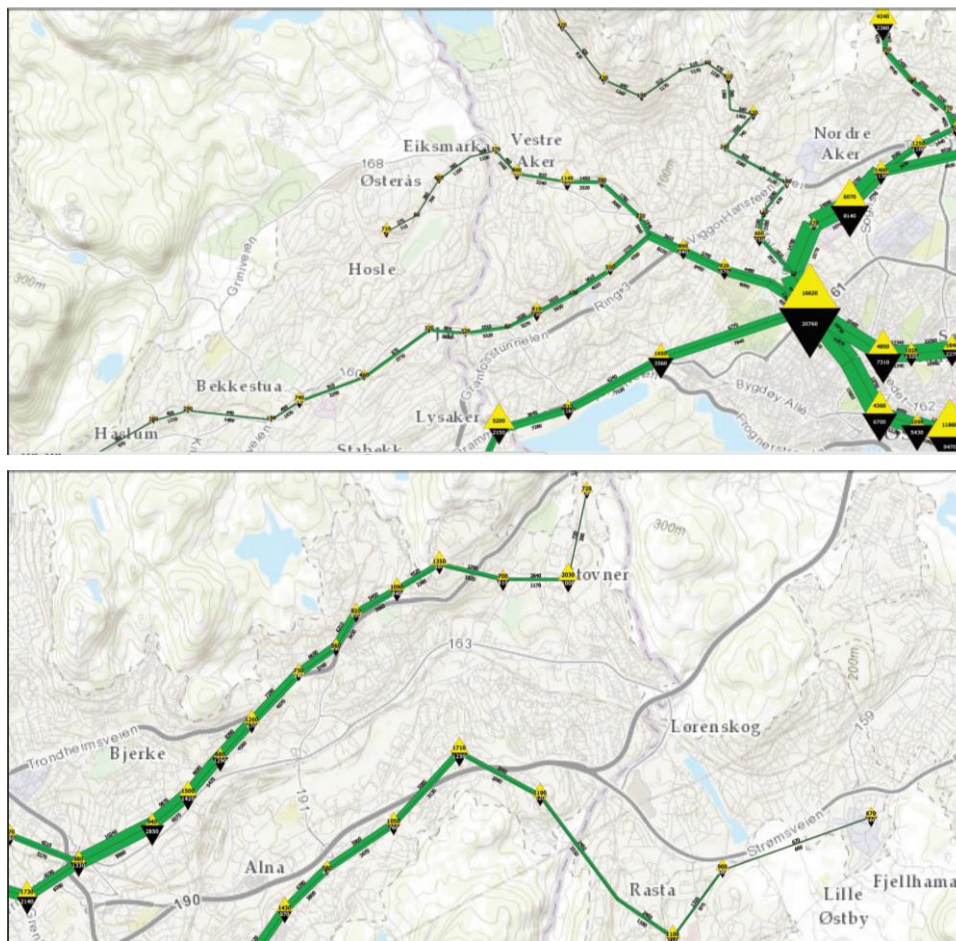
### Metro

If one looks into the K3 scenario, metro mode for 2030 (up) and 2060 (below) one notices again rather small changes from 2030 to 2060, possibly not more than a 10% increase in central cross sections? But beyond this comment, when concentrating on minimum passenger demand required for justification, one has to acknowledge that especially the existing Western metro corridors are significantly lower than envisaged thresholds – and still in 2060.



If one takes a deeper look into the West (2060) one has to note that the passenger values (for a 3h peak) are far below usual metro patterns and well within the average scope of light rail.

The same is noticeable for the line ends in the Eastern part of the network.



The experts are well aware of the historic background of the Oslo metro network and why most of the lines are ranging much further out into low-density country side than standard metro systems which have been created from scratch in more recent years in comparable European agglomerations. This is an explanation for the status-quo of the network but it should possibly not be used as an “eternal excuse” to go on like this in the future.

There are two likely levels of discussion to be taken forward which own also different difficulty level:

Level 1: discussing further extensions of the metro network

Level 2: discussing existing parts of the metro network

Regarding level 1, the experts are even more convinced by these plots (2060!) that any further metro extension going even further out will not deliver justifiable results from a cost/benefit point of view. Replacing further metro extensions by light rail / tramway functioning either as local connectors (island function, see toolbox: Munich, line 23) or, if possible, as extensions of the existing tramway network, are definitely required considerations.

Regarding level 2, the experts are aware, that changes of the existing network are much more difficult. The trouble around the future strategy for Holmenkollenbanen is giving some evidence here. However, an open approach appears required in the first instance.

It is a definite fact that the current network structure takes all metro lines, whether strong or weak, through the existing core tunnel which implies that some weak lines take slot capacity which would be nice to give to lines which would require (deserve!) more frequency.

Building a second metro tunnel is certainly an option to solve this issue on the long-term but the experts would also recommend to review the metro network and potential changes to the existing network structure more straight forward than it has been possible within the KVV process so far.

## Conclusion and recommendation

The experts conclude and recommend the following:

- ⇒ Use “minimum passenger demand” as a criterion for the evaluation of the future network layout within a forthcoming optimisation process for the KVV scenario(s) – looking at maximum capacity alone is not enough.
- ⇒ Establish and agree on threshold values for the different modes.
- ⇒ Ensure that the modelling quality supports such evaluation (1h peak!).
- ⇒ Concentrate on tramway/light rail and metro which are the two “neighbouring” and potentially “overlapping” modes.
- ⇒ Take an unbiased look not only at envisaged extensions but also on the existing network.
- ⇒ Conclusions from such evaluation should principally allow for:
  - all kind of measures for all modes,
  - not only new or extended infrastructure,
  - also closing infrastructure/operations for specific sections or lines,
  - or replacing one mode by another in specific network parts.

Axel Kuehn, Karlsruhe – Bernt Nielsen, Gothenburg

5 May 2015