

*Dublering av
Nationaltheateret
stasjon*

Kapasitetsmessige konsekvenser

Utarbeidet for
NSB Baneregion øst
av
Svein Skartsæterhagen,
april 1994.

Innhold

1	Innledning	3
1.1	Kort historikk	3
1.2	Forutsetninger	3
2	Dagens situasjon	4
2.1	Kapasitet uten stopp	4
2.2	Kapasitet med stopp	4
2.3	Trafikkmengde nå og i nær fremtid	5
2.4	Utbyggingsbehov	5
3	Utbyggingsforslag	6
3.1	Fysisk beskrivelse	6
3.2	Virkemåte	7
4	Kapasitetsøkning ved dublert stasjon	8
4.1	Forutsetninger	8
4.2	Generelt om togfølgetider ved dublert stasjon	9
4.3	Beregnete togfølgetider	10
4.3.1	Dagens signalplassering utenfor dublert område	10
4.3.2	Forbedret signalplassering utenfor dublert område	10
4.4	Oppholdstid som gir kapasitetsdobling	12
4.4.1	Dagens signalplassering utenfor dublert område	12
4.4.2	Forbedret signalplassering utenfor dublert område	12
4.5	Resulterende kapasitet	13
4.6	Konklusjon angående Oslo-tunnelen	13
4.7	Forhold i det omkringliggende sporsystem	14
5	Sammenlikning med 4-spors tunnel	15
5.1	Retningsdrift	15
5.2	Linjadrift	16
6	Ev. videre utbygging etter dublering	17
7	Konklusjon	19
	Referanser	20

1 Innledning

1.1 Kort historikk

Oslo-tunnelen har - både i planleggingsfasen og i den tiden den har vært i drift - blitt sett på som en potensiell flaskehals. På 60-tallet ble det gjennomført simuleringer for å undersøke behovet for 3 spor (ref. [1]). Man konkluderte med at 2 spor var tilstrekkelig for den da prognoserte trafikk. Like etter tunnelens åpning ble det utført et FoU-prosjekt i NSB (ref. [2]) som også konkluderte med at den planlagte trafikk ved full drift kunne avvikles tilfredsstillende, men at det ikke var rom for trafikkøkning.

Mens Oslo sentralstasjon ble prosjektert og bygget med betydelig overkapasitet av hensyn til fremtidig trafikkvekst (ref. [3]), var altså ikke det samme tilfelle med Oslo-tunnelen.

De senere års jernbaneplaner - særlig tilbringertjeneste til flyplass - har aksentuert behovet for økt kapasitet i Oslo-tunnelen. Det ble i denne anledning bl.a. foreslått å undersøke mulighetene for en dublering av Nationaltheatret stasjon (ref. [4]), og det ser nå ut til at en slik dublering er fysisk mulig å gjennomføre.

Denne rapporten gir en foreløpig vurdering av de kapasitetsmessige virkningene av en slik utbygging, men går ikke inn på de bygningstekniske forhold annet enn som forutsetninger for beregningene.

1.2 Forutsetninger

I disse foreløpige / forenklete vurderingene utføres beregningene som om alle tog kjøres med type 69 (2x3 vogner) siden disse utgjør hovedtyngden av materiellet som trafikkerer tunnelen. Dette er rimelig representativt også for andre typer moderne materiell (type 70, E117), men svært ulikt eldre typer materiell (særlig type 65/67).

Togfølgediagram er konstruert utfra dagens signalplassering (hentet fra ref. [5]) og kjøretidsberegninger med NSBs kjøretidsberegningsprogram. De beregnede togfølgetider er rundet av til nærmeste 5s.

Ved behov for mer bakgrunnsstoff om kapasitetsberegninger, klargjøring av begreper og metoder som benyttes osv. henvises til ref. [6].

2 Dagens situasjon

2.1 Kapasitet uten stopp

Tunnelen har stort sett blokkstrekninger på ca. 600 m. Dette gir en togfølgetid på ca 1:05 for to type 69 (150 m) i 90 km/h inkl. 10 s siktavstand. Ved ut- og innkjøring Oslo S er togfølgetidene noe lengre:

ca. 1:15 ved utkjøring mot tunnelen

ca. 1:20 ved innkjøring fra tunnelen

I sistnevnte tilfelle begrenses togfølgetiden av tunnelens lengste blokkstrekning (900 m) fordi det er ett signal mindre ved kjøring mot Oslo S enn ved kjøring mot Nationaltheatret.

Hvis tunnelen bare ble trafikkert av direkte tog, ville den teoretiske maksimalkapasiteten i tog pr. time bli $(60/1:20) = 45$ og $(60/1:15) = 48$ i de to retningene.

Den praktiske kapasitet ved rushtidstopper (timekapasitet) settes vanligvis til 75% av maksimalkapasiteten (se ref. [6]), noe som gir h.h.v. 34 og 36 tog/time.

2.2 Kapasitet med stopp

Med stopp på Nationaltheatret blir bildet helt anderledes. Selv om Nationaltheatret stasjon ligger i en av tunnelens korteste blokkstrekninger (510 og 568 m i de to retningene), blir denne blokkstrekningen belagt i lengre tid enn noen av de andre. Beleggstiden for de øvrige blokkstrekningene ved kjøring i 90 km/h er ca. 30 s. Blokkstrekningen som inneholder Nationaltheatret, belegges i 60 s + oppholdstiden, dvs. totalt 90 - 120 s, altså 3-4 ganger så lenge som de øvrige blokkstrekningene.

Togfølgetiden for to BM 69 med stopp på Nationaltheatret er (inkl. 10 s siktavstand)

vestover: 1:40 + oppholdstid

østover: 1:30 + oppholdstid

Såvidt vites er det ikke utført systematiske målinger av oppholdstiden ved Nationaltheatret siden 1981 (ref. [2]). Hvis det ønskes nøyaktig beregning av kapasiteten, må oppholdstider for ulike destinasjoner og materielltyper måles over mange rushtider.

I etterfølgende tabell er timekapasiteten (75% av max) og den teoretiske maksimalkapasiteten (i parentes) beregnet for ulike oppholdstider.

oppholdstid:	20 s	30 s	45 s	60 s	90 s
vestover	22.5 (30)	21 (27.5)	18.5 (25)	17 (22.5)	14 (19)
østover	24.5 (33)	22.5 (30)	20 (26.5)	18 (24)	15 (20)

Tabell 1: Dagens kapasitet som funksjon av oppholdstid

Oppholdstiden på Nationaltheatret er altså av meget stor betydning for kapasiteten på strekningen. Det er her forutsatt at alle tog har egenskaper som type 69, og at alle tog har samme oppholdstid. Innslag av langsommere materiell og/eller lengre oppholdstid gir enda lavere kapasitet.

Man må også være klar over at oppholdstiden normalt øker ved forsinkelser slik at kapasiteten da reduseres. Med så høy kapasitetsutnyttelse som her vil dette forhold ikke bare føre til økt forsinkelse for det allerede forsinkede tog, men også til økt *spredning* av forsinkelser.

2.3 Trafikkmengde nå og i nær fremtid

Med dagens ruteordning er maxtiden vestover 7:30 - 8:30 med 16 lokaltog og 2 ekspress tog (uten stopp på Nationaltheatret, men med samme kjøretid gjennom tunnelen som lokaltogene). Østover er maxtiden 15:00 - 16:00 med 15 lokaltog (ingen IC eller ekspress tog).

Det er altså morgenrushet (vestover) som er mest kritisk, og utfra tabellen ovenfor ser man at ved dagens rushtidsbelastning burde oppholdstiden holdes under 45 s, noe som med dagens materiell neppe lar seg gjøre annet enn for tog som ender/starter på Skøyen.

Spredte private observasjoner tyder på at oppholdstider på 60 s og mer ikke er uvanlig for IC-tog og gjennomgående lokaltog (Lillestrøm - Drammen/Spikkestad og Ski - Sandvika).

Man har altså i dag en maksimalbelastning som er på kanten av det forsvarlige.

Innføring av tilbringertog til Gardermoen vil - uten tiltak - føre til vesentlig forverret punktlighet. Det er planlagt 3 slike tog pr. time og retning gjennom tunnelen. For å beholde dagens punktlighet (som ikke er særlig god) bør det i rushtidene fjernes 4 lokaltog (til/fra Skøyen) for å gi plass til 3 IC/flyplass-tog fordi IC-tog har lengre oppholdstid enn lokaltogene. Ønskes bedret punktlighet ved oppstart av trafikk til Gardermoen, må enda flere lokaltog fjernes.

2.4 Utbyggingsbehov

Som man ser, er kapasiteten dramatisk lavere ved stopp på Nationaltheatret enn uten stopp. Det er altså ikke mangel på kapasitet i tunnelen forøvrig, men bare i området rundt Nationaltheatret stasjon. Dette området utgjør den markerte flaskehals i tunnelen. Sagt med andre ord er det stor kapasitetsmessig ubalanse på strekningen Oslo S - Skøyen.

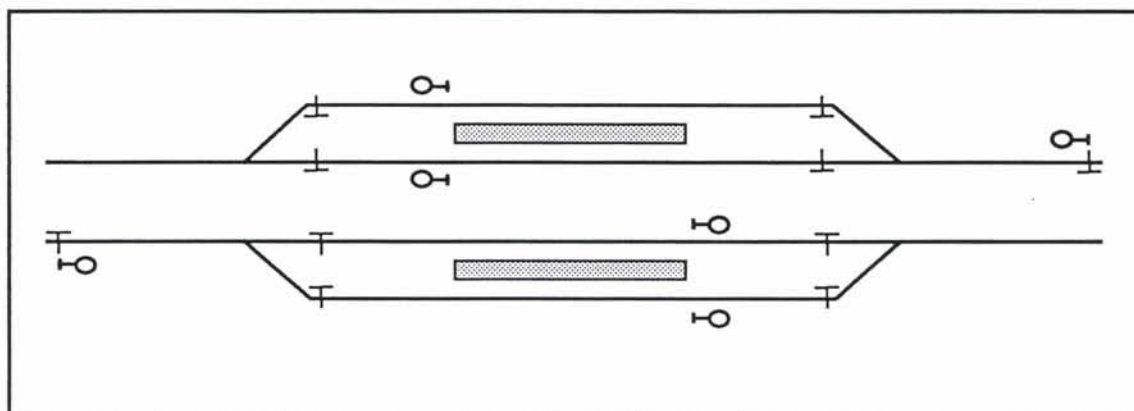
Kapasitetsutbygging bør derfor skje i denne flaskehalsen. Men på tunnelstrekningen forøvrig er det ikke noe behov for økt kapasitet.

Det utbyggingsforslag som behandles i denne rapporten tar utgangspunkt i dette forhold og vil medføre en kapasitetsmessig balansering av hele tunnelstrekningen.

3 Utbyggingsforslag

3.1 Fysisk beskrivelse

En dublering av Nationaltheatret innebærer ytterligere en stasjonshall med mellomplattform, i prinsippet likedan med den eksisterende. En prinsippskisse av utbygd stasjon er vist nedenfor.



Figur 1: Prinsippskisse av dublert Nationaltheatret stasjon

På figuren vises kun signalene for normal kjøreretning. Ev. sporforbindelser er heller ikke vist.

Mellom signalene ved plattform og middelpunktene må det være en sikkerhetsone for å tillate samtidig inn- og utkjøring. Lengden av en slik sikkerhetsone bør være i størrelsesorden 150 m. Hva som er nødvendig lengde, må endelig avgjøres av sikkerhetskontoret og tas ikke videre opp her. Det bare understrekes at tilstrekkelig sikkerhetsone er helt nødvendig for å oppnå samtidig inn- og utkjøring. Uten denne muligheten blir det ingen nevneverdig kapasitetsøkning og hele utbyggingen blir verdiløs.

Maksimal kapasitet ved en slik utbygging får man hvis totallengden er så lang at

- all akselerasjon og retardasjon kan forgå mellom middelpunktene
- sporvekslingene tillater linjehastighet i avvik

Men den lille kapasitetsøkningen man får av de siste meterne utover nødvendig sikkerhetsone står neppe i forhold til merkostnadene.

De rent bygningstekniske undersøkelser til nå viser at det kan bli nødvendig med kurveradius 300 m uten overhøyde i den østlige delen av de nye sporene. Dette vil i så fall begrense hastigheten til 50 km/h ved utkjøring fra den nye delen av Nationaltheatret mot øst.

For kjøring fra øst mot vest (eksisterende stasjon) og ved innkjøring til Nationaltheatret fra vest kan dagens hastighet opprettholdes, bare begrenset av ev. hastighetsreduksjon over avvikende sporveksler. Det er foreløpig ikke tatt stilling til sporvekseltype.

Disse forholdene vil bidra til noe ulik kapasitet i de to retningene. Det er foreløpig ikke tatt hensyn til de nevnte hastighetsbegrensningene i de etterfølgende beregninger, dvs. det er regnet som om alle tog kan akselerere og retardere maksimalt til/fra linjehastighet.

3.2 Virkemåte

For å utnytte kapasiteten av en slik stasjon må togene vekselvis kjøre på høyre og venstre side av plattformen. Normalt vil stasjonen fungere som følger:

- Det første toget kjører inn i (f.eks.) venstre spor.
- Straks dette er innenfor middel, gis det klarsignal for innkjøring til høyre spor.
- Det andre toget kjører inn i høyre spor, og vanligvis vil da det første toget være i ferd med å kjøre ut fra venstre spor.
- Straks det andre toget er innenfor middel og det første toget har forlatt venstre spor, gis det på nytt klarsignal for innkjøring til venstre spor.
- Det tredje toget kjører inn i venstre spor, og vanligvis vil da det andre toget være i ferd med å kjøre ut fra høyre spor.

Hvis man av en eller annen grunn vil kjøre to etterfølgende tog i samme spor, reduseres kapasiteten til dagens nivå. Det er derfor viktig at togene kjøres på den ovennevnte måten også ved uregelmessigheter (forsinkelser, endret togrekkefølge o.a.). Dette kan best gjøres ved at det som hovedregel benyttes styringsautomatikk som ruter togene til annet hvert spor. Likeledes må automatiske informasjonssystemer (toganviser) på Nationaltheatret få sin informasjon (styringssignaler) fra de lagte (planlagte) togveger, ikke fra rutemessig sporbruk. Det er i det hele tatt ingen grunn til å operere med rutemessig sporbruk i denne situasjonen.

4 Kapasitetsøkning ved dublert stasjon

Det gis her et forenklet / forløpig anslag på den kapasitetsøkning som kan oppnås i Oslo-tunnelen ved den utbygging som ble skissert i foregående kapittel.

4.1 Forutsetninger

Det sees her kun på selve tunnelstrekningen, og det tas således ikke hensyn til ev. kapasitetsmessige begrensninger på Oslo S og Skøyen som kan bli virksomme hvis Oslo-tunnelens kapasitet ved dublering av Nationaltheatret stasjon utnyttes fullt ut.

Videre sees det kun på de rent tekniske / fysiske forhold; det tas altså ikke hensyn til ev. begrensninger i toglederfunksjonen o.a. (dvs. det forutsettes implisitt at togledelsen dyktiggjøres til å håndtere opp mot dobbelt så mange tog som idag).

Det er ikke regnet med hastighetsreduksjon pga. avvikende sporveksler, dvs. det forutsettes 1:14-veksler (80 km/h i avvik). Bruk av 1:12-veksler (60 - 65 km/h i avvik) vil gi svakt økte togfølgetider og svakt reduserte kapasiteter. Det er videre regnet med dagens hastigheter selv om det antagelig vil bli nødvendig med lavere hastighet i den ene enden av Nationaltheatret stasjon for den ene kjøreretningen, som omtalt i kap. 3.1.

Alle togfølgetider på fri linje inkluderer 10 s siktavstand på signal (ved grønt forsignal). Ved start fra plattform regnes med lengre reaksjonstid (15 s), men denne starter allerede ved grønt hovedsignal.

Forøvrig benyttes de samme forutsetninger som er omtalt i kap. 1.2.

Togfølgetider og kapasitet for tunnelen med dublert stasjon beregnes for to situasjoner:

- med dagens signalplassering utenfor det dublerte området
- med forbedret signalplassering utenfor det dublerte området (hovedsaklig 4-aspekt signalering, repeterbaliser)

I sistnevnte tilfelle er det ikke sett på konkrete signalplasseringer o.l., så resultatene må bare sees som et potensiale for oppnåelig kapasitet.

4.2 Generelt om togfølgetider ved dublert stasjon

Kapasiteten bestemmes av den begrensende togfølgetid. For å finne den begrensende togfølgetid må det i hver situasjon utføres beregninger for følgende *tre* togfølgetilfeller:

- a) togfølgetid inn mot Nationaltheatret når to tog kjører inn i hvert sitt spor
- b) togfølgetid over Nationaltheatret når to tog kjører i samme spor (det er da et mellomliggende tog i det andre sporet)
- c) togfølgetid ut fra Nationaltheatret når to tog kjører ut fra hvert sitt spor

Togfølgene a og c representerer togfølger av to etterfølgende tog på tunnelstrekningen. Oppholdstiden på Nationaltheatret er da uten betydning for togfølgetidene. For innkjøring mot Nationaltheatret fra Oslo S og for utkjøring fra Nationaltheatret mot Oslo S må man ved beregning av togfølgetiden ta hensyn til hele strekningen f.o.m. Nationaltheatret t.o.m. Oslo S.

Togfølge b representerer togfølge av to tog i samme spor, og det er da et tog mellom disse på tunnelstrekningen forøvrig; dette er togfølgetiden mellom 1. og 3. tog i kap. 3.2. Denne togfølgetiden påvirkes fortsatt av oppholdstiden på Nationaltheatret.

Ved korte oppholdstider på Nationaltheatret vil den lengste av togfølgetidene a og c være dimensjonerende og dermed bestemme kapasiteten i tunnelen. Men ved lange oppholdstider vil togfølgetid b, som avhenger av oppholdstiden, fortsatt være dimensjonerende. I sistnevnte situasjon oppnås en tilnærmet kapasitetsdobling (man ser da bort fra ev. hastighetsreduksjoner pga. dubleringen og forsetter at alle tog har opphold på Nationaltheatret).

Det kan derfor beregnes en grenseverdi for oppholdstiden som er slik at

- ved oppholdstider over denne grenseverdien oppnås tilnærmet kapasitetsdobling, og oppholdstiden er fortsatt dimensjonerende for kapasiteten
- ved oppholdstider under denne grenseverdien oppnås ikke kapasitetsdobling, og oppholdstiden er uten betydning for kapasiteten så lenge den er under grenseverdien

I det følgende omtales togfølgetider for begge retninger i de ulike situasjoner, grenseverdien for oppholdstid som gir kapasitetsdobling, og kapasiteter og kapasitetsøkninger i de ulike situasjoner.

4.3 Beregnede togfølgetider

4.3.1 Dagens signalplassering utenfor dublert område

Togfølgetider i retning Oslo S -> Skøyen

Togfølgetid Oslo S - Nationaltheatret: $t_a = 1:15$.

Det er her forutsatt at toget starter en reaksjonstid (15 sekunder) etter at hovedsignalet blir grønt (men før forsignalet blir grønt). Det er regnet med hastighetsgrense på 40 km/h i trakta, og det er forutsatt at toget kjører uten å bremse fram mot første signal i trakta selv om toget startet fra plattform mens derværende signal viste "vent stopp". Signalet i trakta har skiftet til grønt før toget er på siktavstand, og ATS begrenser ikke hastigheten under 40 km/h.

Togfølgetid over Nationaltheatret ved to etterfølgende tog i samme spor: $t_b = 1:40 + t_o$ der t_o er oppholdstiden.

Togfølgetid Nationaltheatret - Skøyen: $t_c = 1:20$.

Togfølgetider i retning Skøyen -> Oslo S

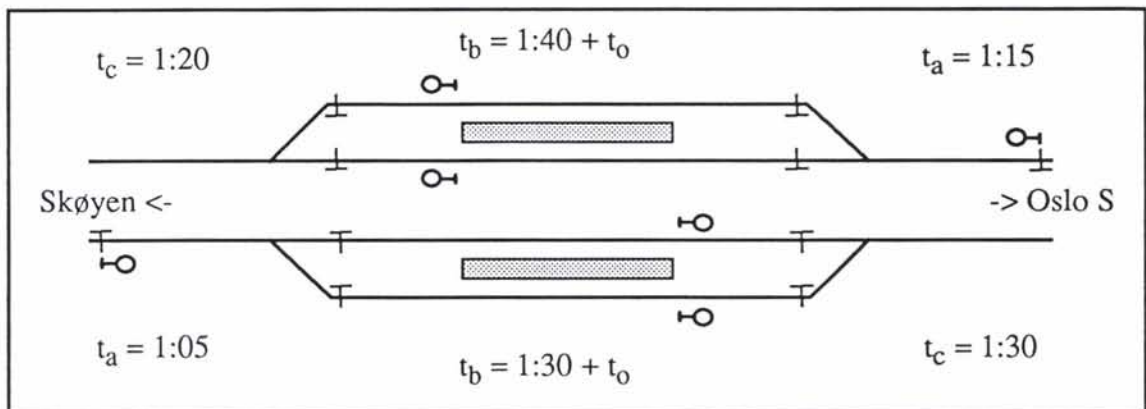
Togfølgetid Skøyen - Nationaltheatret: $t_a = 1:05$.

Togfølgetid over Nationaltheatret ved to etterfølgende tog i samme spor: $t_b = 1:30 + t_o$ der t_o er oppholdstiden.

Togfølgetid Nationaltheatret - Oslo S: $t_c = 1:30$.

Denne lange togfølgetiden skyldes en blokkstrekning på 900 m.

I følgende figur er togfølgetidene vist for de strekningsdeler de er relatert til.



Figur 2: Togfølgetider for dublert Nationaltheatret stasjon

4.3.2 Forbedret signalplassering utenfor dublert område

Dagens signalplassering med forsignal og hovedsignal på samme mast er i praksis et 3-aspekt signalsystem. Det må da være minst to blokkstrekninger mellom togene for at full hastighet skal kunne holdes. Et vanlig tiltak for kapasitetsøkning er overgang til 4-aspekt signalsystem. Dette innebærer som hovedregel at det blir et nytt signal mellom hvert av

de eksisterende, dvs. at blokkstrekningene halveres. Men det må da være minst tre blokkstrekninger mellom togene for at full hastighet skal kunne holdes. Nærmere omtale av togfølgetider og kapasitetsforhold for slike systemer finnes i ref. [6].

For tunnelstrekningen som typisk har blokkstrekninger på ca. 600 m, vil typisk blokkstrekning for 4-aspekt signalsystem bli ca. 300 m.

Det er ikke vurdert om alle disse nye signalplasseringene vil være mulig i praksis pga. sikt, sporveksler o.a. slik at de etterfølgende tall må betraktes som det man i beste fall kan oppnå ved 4-aspekt signalsystem.

Togfølgetider i retning Oslo S -> Skøyen

Togfølgetid Oslo S - Nationaltheatret: $t_a = 1:00$.

Det er her bare regnet med deling av den lengste blokkstrekningen og noe justert signalplassering slik at det blir tre omtrent like lange blokkstrekninger mellom signal ved plattform Oslo S og signalet før Nationaltheatret. Videre er det forutsatt at det andre toget starter fra Oslo S når det nest høyeste (3.) aspekt kommer opp, det har da vært ca. 20 s reaksjonstid fra tidspunktet da 2.aspekt kom opp. Det er forutsatt 60 km/h i trakta (det er 1:12-veksler for de fleste spor). Videre er det forutsatt repeterballise 100 - 200 m foran første signal i tunnelen for å sikre at 60 km/h kan holdes helt fram til første signal.

Togfølgetid over Nationaltheatret ved to etterfølgende tog i samme spor: $t_b = 1:40 + t_o$ der t_o er oppholdstiden.

Togfølgetid Nationaltheatret - Skøyen: $t_c = 1:10$.

Togfølgetider i retning Skøyen -> Oslo S

Togfølgetid Skøyen - Nationaltheatret: $t_a < 1:05$

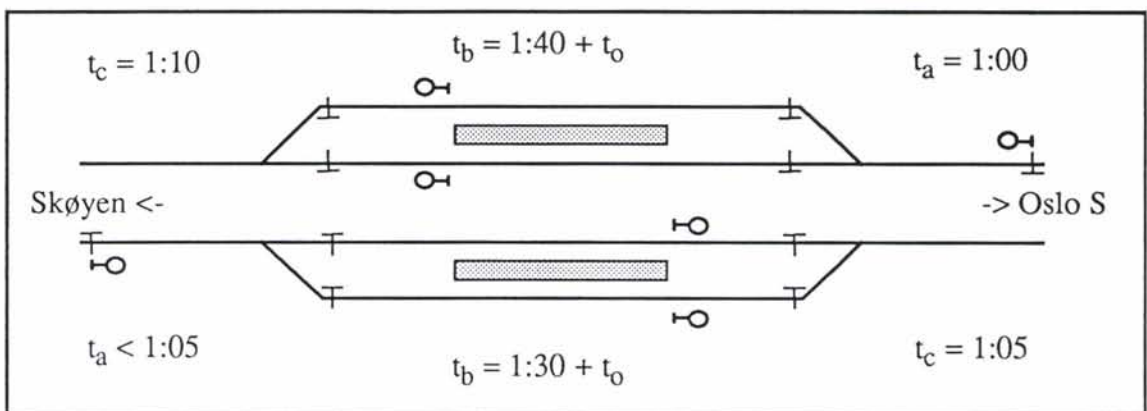
(ikke beregnet, siden t_c likevel er dimensjonerende).

Togfølgetid over Nationaltheatret ved to etterfølgende tog i samme spor: $t_b = 1:30 + t_o$ der t_o er oppholdstiden.

Togfølgetid Nationaltheatret - Oslo S: $t_c = 1:05$.

Det er her forutsatt at dagens blokkstrekning på ca. 900 m deles i tre like deler slik at blokk lengden ved 4-aspekt signalering blir den samme som ellers på strekningen.

I følgende figur er togfølgetidene vist for de strekningsdeler de er relatert til.



Figur 3: Togfølgetider for dublert Nationaltheatret stasjon med forbedret signalsystem

4.4 Oppholdstid som gir kapasitetsdobling

For å finne den dimensjonerende togfølgetid sammenliknes først togfølgetidene ved kjøring inn og ut av Nationaltheatret (t_a og t_c) direkte. Den største av disse er dimensjonerende for hele strekningen hvis den er mer enn det halve av togfølgetiden mellom to tog i samme spor på Nationaltheatret (t_b).

For å oppnå dobling av kapasiteten på strekningen ved dublering av Nationaltheatret må togfølgetiden t_b være dimensjonerende, dvs.

$$t_b > 2 * \max(t_a, t_c)$$

Ved innsetting av tallene for togfølgetider finner vi at kapasitetsdobling oppnås når oppholdstiden på Nationaltheatret er større enn de grenseverdier som beregnes nedenfor.

4.4.1 Dagens signalplassering utenfor dublert område

Grenseverdi for kjøretning Oslo S -> Skøyen:

Ved innsetting av togfølgetidene fra kap. 4.3.1 i formelen ovenfor, får man

$$1:40 + t_0 > 2 * 1:20$$

dvs. kapasitetsdobling oppnås når oppholdstiden $t_0 > 1:00$.

Grenseverdi for kjøretning Skøyen -> Oslo S

Ved innsetting av togfølgetidene fra kap. 4.3.1 i formelen ovenfor, får man

$$1:30 + t_0 > 2 * 1:30$$

dvs. kapasitetsdobling oppnås når oppholdstiden $t_0 > 1:30$.

4.4.2 Forbedret signalplassering utenfor dublert område

Grenseverdi for kjøretning Oslo S -> Skøyen:

Ved innsetting av togfølgetidene fra kap. 4.3.2 i formelen ovenfor, får man

$$1:40 + t_0 > 2 * 1:10$$

dvs. kapasitetsdobling oppnås når oppholdstiden $t_0 > 0:40$.

Grenseverdi for kjøretning Skøyen -> Oslo S

Ved innsetting av togfølgetidene fra kap. 4.3.2 i formelen ovenfor, får man

$$1:30 + t_0 > 2 * 1:05$$

dvs. kapasitetsdobling oppnås når oppholdstiden $t_0 > 0:40$.

4.5 Resulterende kapasitet

I tabellen nedenfor er timekapasiteten ved rushtidstopper (75% av max) og den teoretiske maksimalkapasiteten (i parentes) beregnet for en oppholdstid på 60 s for alle tog. Under kapasitetstallene er angitt den prosentvise økning i forhold til dagens situasjon.

Kjøreretning	Dagens situasjon	Dublering med dagens signalplass.	Dublering med forbedret signalplass.
Oslo S -> Skøyen	17 (22.5)	34 (45) + 100%	34 (45) + 100%
Skøyen -> Oslo S	18 (24)	30 (40) + 67%	36 (48) + 100%

Tabell 2: Kapasiteter og kapasitetsøkninger ved 60 s oppholdstid

I neste tabell vises tilsvarende størrelser når oppholdstiden for alle tog er 30 s.

Kjøreretning	Dagens situasjon	Dublering med dagens signalplass.	Dublering med forbedret signalplass.
Oslo S -> Skøyen	21 (27.5)	34 (45) + 62%	38.5 (51.5) + 87%
Skøyen -> Oslo S	22.5 (30)	30 (40) + 33%	41 (55.5) + 83%

Tabell 3: Kapasiteter og kapasitetsøkninger ved 30 s oppholdstid

Ved sammenlikning med kap. 2.1 sees at dublert stasjon gir omtrent samme kapasitetsforhold som nåværende utforming med bare direkte tog. Dette er en indikasjon på at utformingen med dublert stasjon bringer stasjonsdelen av strekningen i kapasitetsmessig balanse med resten av tunnelstrekningen.

4.6 Konklusjon angående Oslo-tunnelen

Med dagens materiell og oppholdstider kan en tilnærmet dobling av kapasiteten i Oslo-tunnelen være innen rekkevidde ved dublering av Nationaltheatret stasjon og forbedret signalssystem.

Det må presiseres at denne kapasitetsøkningen gjelder Oslo-tunnelen vurdert isolert. Det ligger utenfor dette arbeidet å vurdere hvilke tiltak som må utføres i det omkringliggende sporsystem for å muliggjøre en slik kapasitetsøkning. Her skal det bare medtas noen korte, grove betraktninger om kapasiteten i det omkringliggende sporsystem.

4.7 Forhold i det omkringliggende sporsystem

Av ref. [3] framgår det at Oslo S kan håndtere opp mot det dobbelte av den da (i 70-åra) planlagte trafikk. Selv om dette ikke nødvendigvis er fullt ut gyldig nå, er det klart at sporsystemet på Oslo S kan håndtere en betydelig trafikkøkning utover dagens nivå, og at man på kort sikt ikke vil møte noen kapasitetsbegrensning der.

Sporsystemet øst for Oslo S har tildels store kapasitetsproblemer, men her er utbygging vedtatt for Hovedbanen og planlagt for Østfoldbanen.

På Skøyen snustasjon er kapasiteten anstrengt med den fysiske utforming (spor, signaler, plattformer) og de oppholdstider (snutider) man har idag. Utbygging av plattform ved søndre omkjøringsspor vil bedre forholdene noe, men det er her ikke vurdert hvor mye dette vil bety. Kortere snutider vil antagelig også forbedre kapasitetssituasjonen.

Strekningen Skøyen - Asker er også sterkt belastet og kan ikke ta nevneverdig flere tog - i hvert fall ikke over hele strekningen. Også her arbeides det imidlertid med utbyggingssplaner.

På vestsiden av Oslo-tunnelen er altså kapasitetssituasjonen for tiden mer vanskelig enn på østsiden, og det usikkert hvor man best kan "gjøre av" et økende togantall gjennom Oslo-tunnelen.

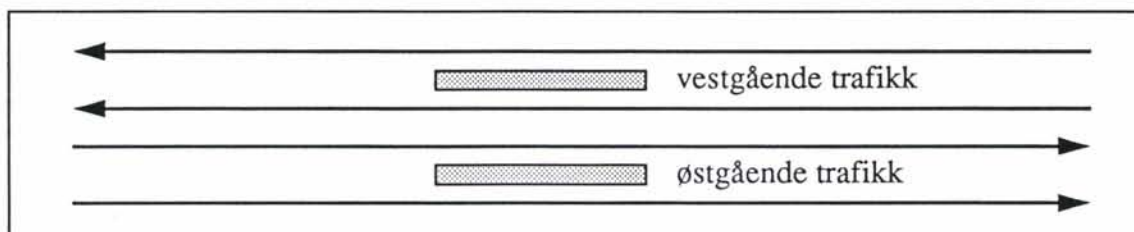
For at den her omtalte kapasitetsøkning gjennom Oslo-tunnelen skal kunne nyttiggjøres fullt ut må den altså følges av en utbygging av det omkringliggende sporsystem. Mest prekært synes det å være på vestsiden av tunnelen.

5 Sammenlikning med 4-spors tunnel

Som et alternativ til eller videreføring av dublering av Nationaltheatret, har det vært vurdert 2 nye spor på hele tunnelstrekningen. Dette kan gjøres enten i form av retningsdrift eller som linjeføring. Disse alternativene omtales hver for seg.

5.1 Retningsdrift

Retningsdrift innebærer en utbygging til en 4-spors strekning hvor de to spor i samme retning går ved siden av hverandre og kan brukes om hverandre. På Nationaltheatret vil det da bli felles plattform for alle tog i samme retning. De to spor i samme retning er altså likeverdige, se følgende figur.



Figur 4: Sporbruk ved retningsdrift

Det bør fortrinnsvis være mellomplattform på Nationaltheatret, men dette er ikke noen betingelse for at det skal kalles retningsdrift. Ved bruk av mellomplattform blir det *en* plattform for alle tog i samme retning, og alle togtyper vil bruke samme plattform for denne retningen.

En slik utbygging vil gi en dobling av kapasiteten under forutsetning av at begge spor belastes likt, og at man er fleksibel med å endre sporbruk ved uregelmessigheter.

Ved lange oppholdstider på Nationaltheatret vil dette alternativet gi omtrent samme kapasitet som dublering av Nationaltheatret stasjon (strengt tatt vil kapasiteten bli litt høyere hvis de nye spor kan få samme hastighetsstandard som dagens spor).

Ved korte oppholdstider (under grenseverdien anslått i kap.4.4) vil dette alternativet gi noe høyere kapasitet enn dublert Nationaltheatret stasjon, og forskjellen blir større desto kortere oppholdstiden er.

Dessuten gir dette alternativet større frihet i ruteopplegget fordi det kan kjøres to tog i samme retning på samme tidspunkt (f.eks. to tog med avgang på hel time).

Kostnadene ved dette alternativet vil imidlertid være det mangedobbelte av dublering av Nationaltheatret stasjon.

5.2 Linjedrift

Linjedrift innebærer at de nye spor bygges som en egen linje - uavhengig av de eksisterende spor. En slik utbygging kan brukes til å skille ulike trafikktyper slik at man får en lokaltogstasjon på Nationaltheatret og en stasjon for IC og fjerntog som i følgende figur. Ved bruk av mellomplattformer blir det *en* plattform for alle tog av en viss type, og for denne typen vil trafikk i begge retninger bruke samme plattform.



Figur 5: Sporbruk ved linjedrift

I teorien gir dette også en kapasitetsdobling. Men siden denne løsning binder alle tog til å gå på det rutemessige spor, blir det i praksis kapasitetsdobling bare hvis begge linjer blir utnyttet like mye, dvs. hvis det er omtrent like mange IC/fjerntog som lokaltog.

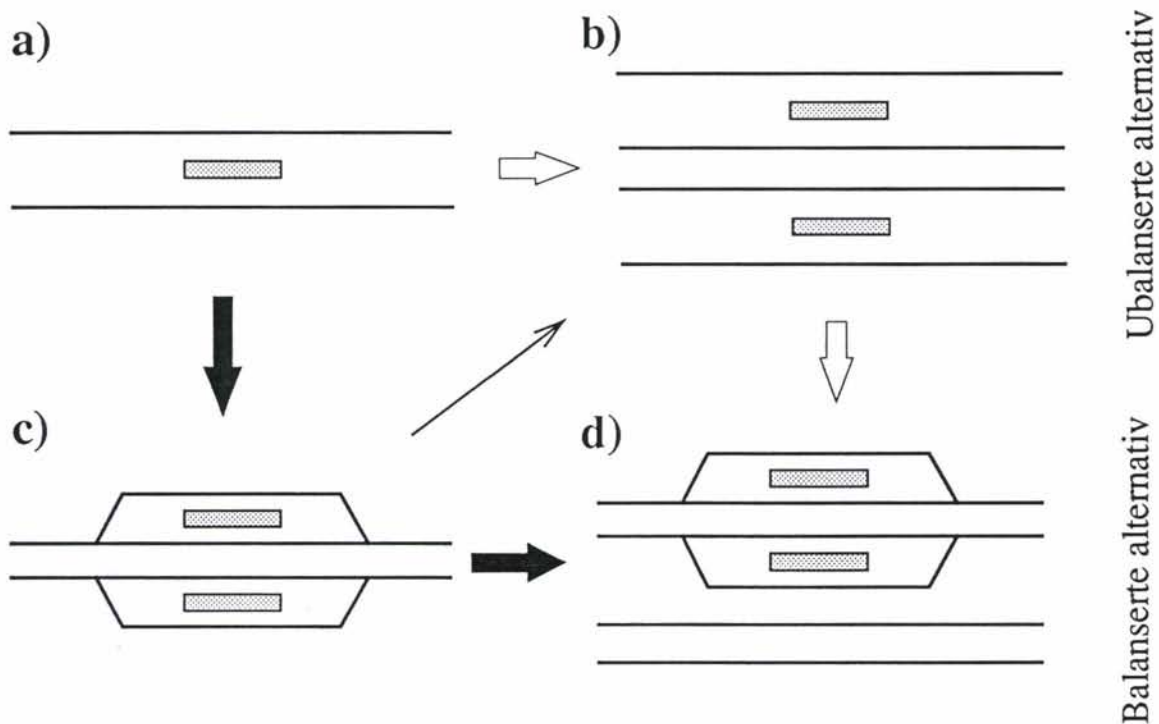
I praksis vil denne løsningen innebære en voldsom overkapasitet på IC/fjerntog-linjen, mens lokaltog-linjen vil være nesten like hardt belastet som i dag med belastning oppunder praktisk kapasitet i rushtiden.

Dette alternativet er meget dyrere enn dublering av Nationaltheatret stasjon og innebærer i praksis en lavere kapasitet.

6 Ev. videre utbygging etter dublering

Som det fremgår av foregående kapittel, vil det ikke bli noen vesentlig kapasitetsøkning ved å utvide fra 4 spor på Nationaltheatret til 4 spor i hele Oslo-tunnelen. Dette skyldes at man da går fra en kapasitetsmessig balansert situasjon til en situasjon med strek kapasitetsmessig ubalanse. Det er derfor ingen grunn til å legge til rette for forlengelse av de nye spor ved Nationaltheatret, i hvert fall ikke i retning av Oslo S. I retning mot Skøyen har man usikkerhetsmomentet Elisenberg stasjon, så for denne delen av tunnelstrekningen bør det ev. vurderes hvilke kapasitetsmessige konsekvenser det får å fullføre denne stasjonen.

I nedenstående figur vises skissemessig nåværende situasjon og ulike alternative utbyggingsmuligheter. De to øverste er begge kapasitetsmessig ubalanserte alternativer (med markert flaskehals), mens de to nederste er ganske bra balanserte.



Figur 6: Alternativ med flaskehals (a , b) og i kapasitetsmessig balanse (c, d)

De svarte pilene markerer den gunstigste utbyggingssekvensen (mest kapasitet for pengene), mens de hvite markerer en vesentlig dyrere "veg". Den tynde pilen markerer en spesielt ugunstig utbygging med store kostnader og minimale virkninger.

Hvis det en gang skulle bli behov for ytterligere kapasitet i tunnelen utover det dublering av Nationaltheatret stasjon vil gi, må man da gå til utbygging av to helt nye spor for hele strekningen som vist i alternativ d. Et stort usikkerhetsmoment ved en slik utbygging er om Oslo S har kapasitet til å håndtere mer trafikk til/fra tunnelen enn de 30 - 40 tog/time som dublering av Nationaltheatret stasjon muliggjør. (Andre deler av det omkringliggende sporsystem kan ikke håndtere en slik trafikkøkning, se kap. 4.7, men det antas at det vil være lettere å bygge ut strekningene enn å bygge ut Oslo S.)

I ref. [3] kom man fram til at kapasitetsgrensen for Oslo S ligger opp mot det dobbelte av den trafikk som var planlagt i begynnelsen av 70-årene da dette arbeidet ble gjort. Selv om forholdene nå kan være anderledes enn forutsetningene den gang, synes det likevel rimelig å antyde følgende forhold:

- alternativ c på foregående figur (dublering av Nationaltheatret stasjon) vil medføre en belastning i nærheten av kapasitetsgrensen for Oslo S
- alternativ d på foregående figur vil medføre en belastning utover kapasitetsgrensen for Oslo S

Disse forhold og den store kapasitetsøkning man får ved dublering av Nationaltheatret stasjon (og ev. signaltekniske forbedringer i tunnelen forøvrig), medfører at det på det nåværende tidspunkt neppe er behov for å vurdere eller forberede for ytterligere tiltak for kapasitetsøkning i selve tunnelen.

7 Konklusjon

Med dagens materiell og oppholdstider kan en tilnærmet dobling av kapasiteten i Oslo-tunnelen være innen rekkevidde ved dublering av Nationaltheatret stasjon og forbedret signalsystem.

En dublering av Nationaltheatret stasjon gir et mangedobbelt utbytte (i form av kapasitetsøkning pr. investert beløp) sammenliknet med bygging av to nye spor gjennom hele tunnelen.

For at den her omtalte kapasitetsøkning gjennom Oslo-tunnelen skal kunne nyttiggjøres fullt ut må den imidlertid følges av en utbygging av det omkringliggende sporsystem utover det som pr. idag er vedtatt. Mest prekært synes det å være på vestsiden av tunnelen.

Kapasitetsbegrensninger i omkringliggende sporsystem samt den store kapasitetsøkning man får ved dublering av Nationaltheatret stasjon (og ev. signaltekniske forbedringer i tunnelen forøvrig), medfører at det neppe er behov for å vurdere ytterligere tiltak på selve tunnelstrekningen nå.

Elisenberg stasjon utgjør imidlertid et usikkerhetsmoment, og en ny kapasitetsvurdering bør gjøres i god tid før denne stasjonen skal fullføres.

På kortere sikt er det også mulig å oppnå noe kapasitetsøkning i tunnelen på en vesentlig rimeligere måte, f.eks. ved andre prinsipper for signalering rundt Nationaltheatret stasjon, sammenkobling/deling av tog o.a.

Referanser

- [1] Odd Gulbrandsen: "Optimalisering av Norges Statsbaners fremtidige tunnel under Oslo", TØI, Oslo, 1964.
- [2] FoU D18 Kapasitetsutbygging på nærtrafikkstrekninger, delprosjekt "Kapasitetsundersøkelser vedrørende Oslo-tunnelen", oktober 1980.
- [3] O. Svennar: "Simulering av toggangen på Oslo sentralstasjon", inngår i rapporten : "Simulering av togbevegelser på større stasjonsområder", NSB Had 1.11.1975.
- [4] S.Skartsæterhagen: "En vurdering av kapasitet og behov for utbygging av infrastruktur på strekningene Oslo S - Ski og Oslo S - Asker", Oslo, april 1990.
- [5] NSB tegning nr. S 50201.
- [6] S. Skartsæterhagen: "Kapasitet på jernbanestrekninger", Institutt for energiteknikk, 1993.