
NOTAT

KVU Kongsvingerbanen

Kapasitetsanalyse videreførte konsepter

2020-10-14



Anders Lindfeldt
Hans Sipilä

Innehold	
Introduksjon	4
Metode	5
UIC kapasitetsberegninger	5
Beregning av kapasitetsutnyttelse	6
Beregning av kapasitetsutnyttelse med lange godstog	8
Beregning av kapasitetsutnyttelse på dobbeltspor	10
Beregning av tidstap for kryssinger og forbikjøringer	10
Forutsetninger	12
Dagens infrastruktur	12
Kjøretøy	13
Togtilbud	14
Linjekonsept	15
Døgnfordelinger	17
Stopptid	25
Tomkjøring	25
Tiltak som har blitt vurdert	25
Nye baner	25
UIC kapasitetsberegninger	25
Hvite tider	26
Beregning av tidstap for kryssinger og forbikjøringer	26
Resultater	27
Konsept K2.3 (Økt ombordkapasitet for både person- og godstog, dagens stoppmønster)	27
Konsept K3.4 (Økt frekvens og kortere reisetid)	30
Behov for forbikjøringsspor	32
Konsept 5.1 (Økt kapasitet med reduksjon av reisetid - Dagens stoppmønster)	35
Kjøretid Sørumsand-Leirsund-Lillestrøm	37
Kapasitet på strekningen Lillestrøm – Leirsund (Hovedbanen) og Leirsund-Sørumsand (ny Bane)	38
Kjøretider	39
Følsomhetsanalyse	40
Oppsummering	42

Referanser	43
Vedlegg	44
Kapasitet referanse K0	44
Døgnfordelinger	45
Kjøretider	45
Kjøretider mellom kryssingsspor	45
Konsept K0 (referanse)	46
Konsept K2.3	47
Konsept K3.4	48
Konsept K5.1	49
Følsomhetsanalyse	50
Eksempel trinnvis utbygging av kapasitet konsept K2.3	52
Eksempel beregning av togfølgetid med tre ulike togtyper (lengde)	54

Introduksjon

Kapasitetsanalysen gjennomføres som en del av arbeidet med KVV Kongsvingerbanen. Målet med arbeidet er å analysere de konseptene som har blitt videreført fra grovsilingen og svar på hvilke tiltak som skal til for at konseptene skal kunne gjennomføres. Forslag til tiltak videreføres til oppdragets kostnadsestimat for alle konsept. Analysen skal også estimere togenes framføringstider. Resultatene er grunnlag til en grovsiling av konseptene. Konseptene gjelder primært for 2050.

Følgende tabell viser oversikt over konseptene som er blitt videreført fra grovsilingen:

Tabell 1 Oversikt over konsept i KVV Kongsvingerbanen.

Konsept	Tilbud	Infrastruktur
K0 Referanse	Opprettholde dagens tilbud og standard	Nødvendig vedlikehold + mindre tiltak iht. NTP referanse
Trinn 1		
K1 Buss som supplement til tog	Økt kollektivtransportkapasitet ved bruk av buss som supplement til togtilbudet på Kongsvingerbanen.	Nødvendig vedlikehold + mindre tiltak iht. NTP + ev. fremkommelighetstiltak for buss
Trinn 2		
K2 Økt ombordkapasitet (person- og godstog)	Økt transportkapasitet for persontogtrafikken med bruk av tog med høyere ombordkapasitet. Mindre trengsel om bord. Plass til alle som reiser i rush. <ul style="list-style-type: none"> • K2.3 Økt ombordkapasitet for både person- og godstog, dagens stoppmønster 	Nødvendige tiltak på stasjoner og økt hensettingskapasitet for å ta i bruk nytt togmateriell Flere og lengre kryssingsspor (K2.3)
Trinn 2-3-4		
K3 Optimalisere trafikk og infrastruktur på Kongsvingerbanen	I K3-konseptene er det sett på ulike måter for å utnytte jernbaneinfrastrukturen på annen måte enn i dag, enten med annen prioritering eller med ulike tiltak for å øke kapasiteten på dagens bane. <ul style="list-style-type: none"> • K3.4 Økt frekvens og kortere reisetid 	Dobbeltsporparseller (K3.4)
Trinn 4		
K5 Økt kapasitet med reduksjon av reisetid	Økt kapasitet og kortere reisetid som følge av innkorting av strekningen Lillestrøm-Sørumsand (ny bane). <ul style="list-style-type: none"> • K5.1 Dagens stoppmønster 	Ny banestrekning Lillestrøm-Sørumsand Flere og lengre kryssingsspor Dobbeltspor Sørumsand-Kongsvinger (eventuelt)

Metode

Samme metodikk som i grovsilingen benyttes. Analysen er grov men tilstrekkelig detaljert for å kunne identifisere strekninger som blir flaskehals på Kongsvingerbanen. Kapasiteten på øvrige tilknyttede baner analyseres ikke.

Analysen gjøres i flere trinn:

1. Kjøretidsberegning på dagens Kongsvingerbane gjennomføres i RailSys.
2. Kjøretidene importeres til Sweco sitt verktøy for ruteplanlegging
3. Tilbudskonseptene (kun togtilbud) brukes til å lage en skisse av en rutemodell i ruteplanleggingsverktøyet. Det er en skisse av en rutemodell da det ikke gjennomføres noen konflikthåndtering av togene (et moment som ellers ville ha tatt lang tid). I skissen defineres også togenes stoppmønster.
4. Strekningskapasiteten på dagens infrastruktur Kongsvingerbanen beregnes med UIC 405 metodikk [1]. Resultatene presenteres i en oversiktlig figur som gjør det enkelt å sammenligne tilgjengelig kapasitet med etterspurt kapasitet. Analysen gjøres både for døgnkapasitet og kapasitet i rushtid.
5. Mulige tiltak identifiseres basert på resultatene i forrige trinn og på de forslag til tiltak som står listet i mulighetsstudien.
6. Det lages en ny UIC analyse for å vise situasjonen etter gjennomførte tiltak.
7. Kjøretidstillegg for kryssinger og forbikjøringer beregnes i Sweco sin modell. Modellen estimerer gjennomsnittlig antall kryssinger og forbikjøringer for hvert togmønster. Gjennomsnittlig tidstillegg for kryssinger og forbikjøringer beregnes basert på kjøretider mellom stasjoner, antall blokkstrekninger og togenes prioritet. Den totale kjøretiden beregnes deretter som summen av den tekniske kjøretiden (inklusive stopptid) og antallet kryssinger/forbikjøringer multiplisert med beregnet tidstillegg per kryssing/forbikjøring.
8. Trinn 5-7 gjentas inntil tilstrekkelig kapasitet oppnås.

UIC kapasitetsberegninger

UIC 405-metodikk benyttes for å beregne strekningens kapasitet ved normal drift. For hver strekning beregnes kortest mulig togfølgetid (headway) mellom to tog. For å unngå at det blir for mye forsinkelser, anbefaler UIC at hver strekning benyttes av tog maksimalt 60% av tiden (i løpet av en dag). I rushperioder kan hver strekning benyttes maksimalt 75% av tiden.

Kapasiteten på en strekning mellom to stasjoner er gitt av Formel 2.1, hvor K er anslått kapasitet, T valgt tidsperiode (i analysen er det brukt en periode av 24 timer for beregning av døgnkapasitet og 3 timer i rush), t_{mtf} gjennomsnittlig togfølgetid mellom tog og t_b buffertid mellom tog. $t_{tillegg}$ er et tidstillegg som avhenger av antallet stasjonsstrekninger og er gitt av Formel 2.2, hvor N er totalt antall stasjonsstrekninger. Gjennomsnittlig togfølgetid (t_{mtf}) er gitt av Formel 2.3 og beregnes ved å beregne minimum togfølgetid ($t_{h,ij}$) mellom alle mulige parvise kombinasjoner av togtyper. I Formel 2.3 multipliseres minimum togfølgetid mellom to togtyper med tilsvarende relative frekvens for den kombinasjonen (f_{ij}). Beregnet kapasitet er derfor avhengig av hvilken trafikk som kjører på banen. Merk at metoden her er brukt til å beregne døgnkapasitet og at resultatene dermed er avhengige av hvor lenge togene kjører hvert døgn (når trafikken starter om morgenen og stopper om kvelden). Formel 2.5 brukes til å beregne minimum togfølgetid for to tog som kjører i motsatt retning og formel 2.6 for tog som kjører i samme retning. Merk at formel 2.6 brukes både på enkeltspor og dobbeltspor.

$$K = \frac{T}{t_{mtf} + t_b + t_{tillegg}} \quad (2.1)$$

$$t_{tillegg} = 0.25 \cdot N \quad (2.2)$$

$$t_{mtf} = \sum_s (t_{h,ij} \times f_{ij}) \quad (2.3)$$

$$t_b = \frac{1 - b_{max}}{b_{max}} \cdot t_{mtf} \quad (2.4)$$

$$t_{h,ij} = pt_i + kt_{h,i} + rt_j \quad (2.5)$$

$$t_{h,ij} = \max \left(rt_j + pt_i + \frac{kt_{h,i}}{abs_h}, rt_j + pt_i + kt_{h,i} + \frac{kt_{h,j}}{abs_h} - kt_{h,j} \right) \quad (2.6)$$

rt_j : reservasjonstid tog 2, pt_i : tid de tar for tog 1 å passere signalet
 abs_h : antall blokkstrekinger, $kt_{h,i}$: kjøretid tog 1, $kt_{h,j}$: kjøretid tog 2

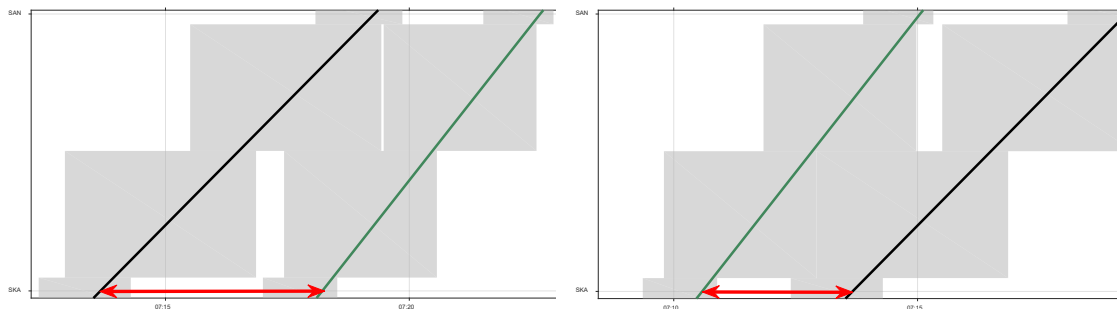
Det er tatt hensyn til effekten av samtidig innkjør. I kapasitetsberegningen adderes 2 minutter til kjøretiden til tog som ankommer en stasjon som ikke har samtidig innkjør. Dette er en konservativ antagelse da det i praksis ikke vil skje kryssinger på hver stasjon. Merk at effekten av samtidig innkjør kun brukes i kapasitetsberegningene, ikke i beregningene av tidstillegg for kryssing og forbikjøring som beskrives i neste avsnitt.

Beregning av kapasitetsutnyttelse

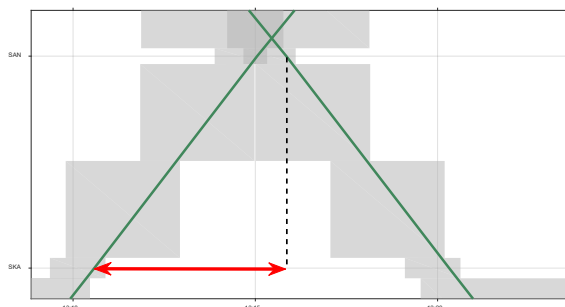
Trinn 1

Første trinn er å beregne gjennomsnittlig togfølgetid (t_{mtf}). Den gjennomsnittlige togfølgetiden beregnes ved å beregne togfølgetid for alle mulige kombinasjoner av togfølger (alle togopplegg kombineres med alle andre togopplegg). Togfølgetiden beregnes både for tog som kjører i samme retning og tog som kjører ulike retning, se figurene nedenfor. Togfølgetiden defineres som tiden fra det at det første toget kjører inn på strekningen til det at det andra toget kan kjøre inn på strekningen. Når togfølgetiden beregnes får det ikke finnes noen konflikter mellom de begge togene. Når togfølgetiden beregnes tas det hensyn til antall blokkposter på strekningen, hastighetsforskjeller mellom togene, togenes lengde og hastighet, og om stasjonen (stasjonen i sluttet av strekningen) har samtidig innkjør eller ikke. Det tas også hensyn at blokkstrekingen må være fri en tid før tog to kjører inn på blokkstrekingen (reservasjonstid, 60 sekunder). Om stasjonen i sluttet av strekninger ikke har samtidig innkjør forlenges togenes kjøretid med 2 minutter.

For å finne den gjennomsnittlige togfølgetiden multipliseres alle togfølgetider med den relative frekvensen for tilsvarende kombinasjon av tog. Togfølgetider basert på togopplegg med mange tog for høyere vekt enn togfølgetider som er basert på togopplegg med få tåg.



Figur 1 Eksempel på togfølgetid når et raskere tog følger på et langsommere (til venstre) og når er langsommere følger på et raskere tog (til høyre). I figuren er det lagt inn en blokkpost mellom SKA og SAN for å bedre illustrere effekten på togfølgetiden når tog kjører med ulik hastighet.



Figur 2 Eksempel på togfølgetid for to tog som ikke kjører i samme retning. I figuren er det lagt inn en blokkpost mellom SKA og SAN for å bedre illustrere effekten på togfølgetiden når tog kjører med ulik hastighet.

Trinn 2

Andre trinn er å beregne buffertid mellom tog Formel 2.4. Buffertiden er avhengig av hvor stor del av analyseperioden som linjen tillates være belagt av tog (b_{max}). UIC anbefaler en belegningsgrad på maks 60 % av døgnet og 75 % i rush for at robustheten ikke skal bli for lav. Om vi for eksempel har en maks belegningsgrad på 60 % og har en gjennomsnittlig togfølgetid på 5 minutter, blir buffertiden 3.3 minutter. I rush (75%) blir buffertiden 1.7 minutter.

Trinn 3

Beregn $t_{tillegg}$, Formel 2.2. Parameteren er avhengig av antallet stasjonsstrekninger (strekningsavsnitt) og sørger for å kompensere for økt kompleksitet og økt risiko for følgeforsinkelser om banen er lang. For hvert strekningsavsnitt på banen økes buffertiden mellom to tog med 0.25 minutter.

Trinn 4

Beregn Formel 2.4.

Beregning av kapasitetsutnyttelse med lange godstog

På korte stasjoner kan ikke lange tog krysse og forbikjøres. På Kongsvingerbanen finnes det flere stasjoner som er kortere enn godstogene som kjører på banen. I tillegg er det i mange konsepter tenkt å øke lengden på godstogene. Av den årsaken er det viktig å ta hensyn til effekten av korte stasjoner i kapasitetsberegningene.

Kapasitetsberegningene tar hensyn til at kapasiteten blir lavere om tog er lengre enn sporene på en kryssingsstasjon. Dette gjøres gjennom å forlenge kjøretidene for lange tog, noe som medfører at togfølgetiden blir lengre. Om en stasjon har for korte spor, brukes kjøretiden mellom de stasjoner på hver side om den korte stasjonen som har tilstrekkelig lange spor for kryssing av *begge* togene i aktuell togrekkefølge i kapasitetsberegningene. For at to tog skal kunne krysse/forbikjøre på en stasjon, er det i beregningene forutsatt at begge togene må være kortere en kryssingsporets lengde. I praksis er det tilstrekkelig om ett av togene er kortere en kryssingsporets lengde for at det skal være mulig å krysse. Da det ofte er persontog som er korte og godstog som er lange, og persontog ofte har høyere prioritet enn godstog, så er antagelsen om at begge togene må være kortere enn sporlengden rimelig. Antagelsen er konservativ.

UIC 405 [1] spesifiserer ikke hvordan kapasitetsutnyttelsen skal beregnes når tog er lengre enn sporene på stasjonene. Av den grunnen gis det her et eksempel på hvordan det er ivaretatt i beregningene:

- Vi vil beregne gjennomsnittlig togfølgetid på delstrekningen B-C.
- Anta at vi har tre stasjoner. Stasjon A og C er lange og stasjon B er kort.
- På banen kjører to regiontogsopplegg, et i hver retning (R1 og R2). De kjører også to godstogsopplegg, et i hver retning (G1 og G2). Regiontogene er kortere enn sporene på alle stasjoner. Godstogene er kortere enn sporene på stasjon A og C, men lengre enn sporene på stasjon B.
- Togenes kjøretider er listet opp i Tabell 2. Tabellen viser også at det går to regiontog i hver retning og et godstog i hver retning.

Tabell 2 Kjøretider og antall tog i eksemplet for beregning av gjennomsnittlig togfølgetid.

	Antall	Kjøretid [min]	
		A <--> B	B <--> C
Persontog, retning 1 (R1)	2	4	4
Persontog, retning 2 (R2)	2	4	4
Godstog, retning 1 (G1)	1	6	6
Godstog, retning 2 (G2)	1	6	6

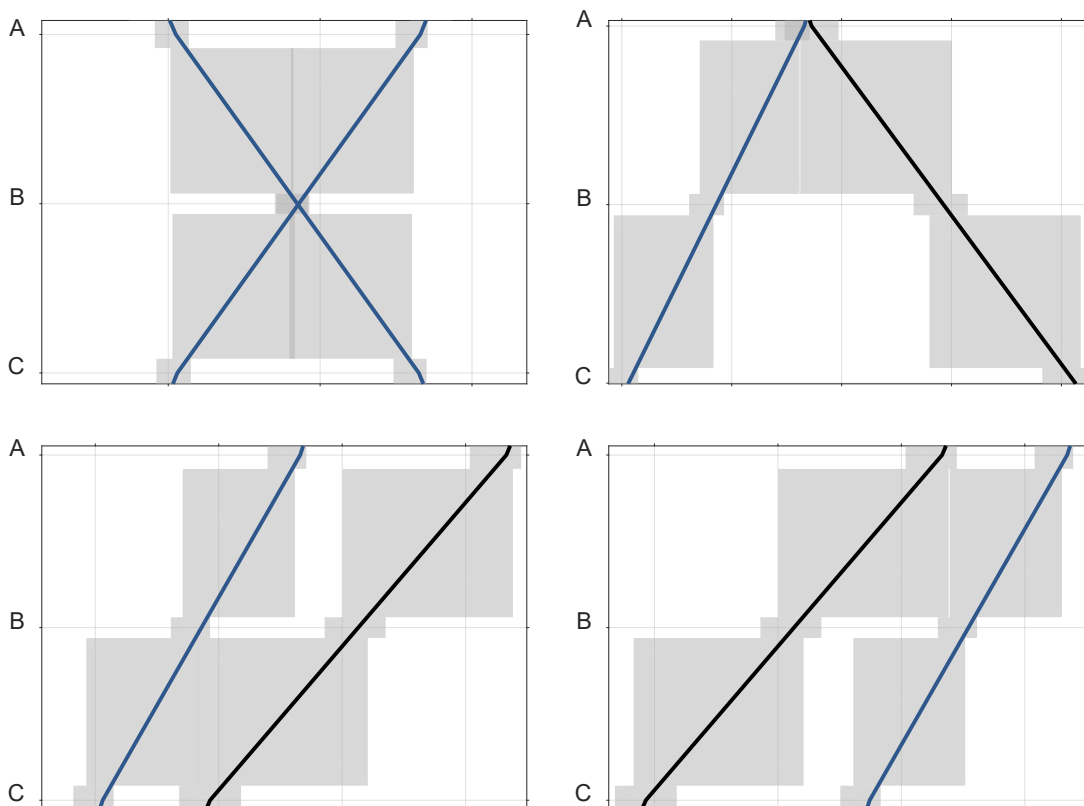
Med fire opplegg finnes det totalt 12 mulige togrekkefølger, se Tabell 3. Hver togrekkefølge har en vekt som beregnes ved å multiplisere antallet tog i begge togoppleggene i togrekkefølgen. Vekten sier hvor sannsynlig togrekkefølgen er sammenlignet med andre togrekkefølger. Tabell 3 viser både beregninger når stasjon B har lange og korte spor. Togrekkefølger med vekter er de samme i begge beregningene.

Togfølgetiden i noen av togrekkefølgene blir lengre når stasjon B har korte spor. Grunnen er at kryssinger må flyttes fra stasjon B til stasjon A/C og at regiontog som følger på godstog må vente lengre på stasjon A/C for å unngå å ta igjen godstoget, se eksempler i Figur 3. Beregningene av togfølgetidene i Tabell 3 er forenklet og tar ikke hensyn til for eksempel reservasjonstid, toglengde og hastighet etc. I eksemplet øker den gjennomsnittlige togfølgetiden fra litt mindre enn 5 minutter til litt mer enn 7 minutter om stasjon B har korte spor. Hadde det vært en annen togmiks med like mange godstog som regiontog, hadde den gjennomsnittlige togfølgetiden økt fra 5 til 8 minutter.

Et utførligere eksempel med tre togtyper og fire stasjoner finnes i vedlegget, avsnitt «Eksempel beregning av togfølgetid med tre ulike togtyper (lengde)».

Tabell 3 Beregning av gjennomsnittlig togfølgetid på delstrekningen B-C når stasjon B har lange og korte spor.

	Togrekkefølge				Lang stasjon B		Kort stasjon B	
					Togfølgetid	Togfølgetid (vektet)	Togfølgetid	Togfølgetid (vektet)
1	R1	R2	4	15,4%	4	0,62	4	0,62
2	R1	G1	2	7,7%	4	0,31	4	0,31
3	R1	G2	2	7,7%	4	0,31	8	0,62
4	R2	R1	4	15,4%	4	0,62	4	0,62
5	R2	G1	2	7,7%	4	0,31	8	0,62
6	R2	G2	2	7,7%	4	0,31	4	0,31
7	G1	R1	2	7,7%	6	0,46	8	0,62
8	G1	R2	2	7,7%	6	0,46	12	0,92
9	G1	G2	1	3,8%	6	0,23	12	0,46
10	G2	R1	2	7,7%	6	0,46	12	0,92
11	G2	R2	2	7,7%	6	0,46	8	0,62
12	G2	G1	1	3,8%	6	0,23	12	0,46
Totalt:			26	100%	5,0	4,8	8,0	7,1



Figur 3 Grafiske ruteplaner med eksempel på mulige togrekkefølger for kapasitetsberegning av delstrekning B-C. I eksemplet er godstog lengre enn sporene på stasjon B. Blå: regiontog, sort: godstog. Togrekkefølgen med to godstog som krysser er ikke vist i figuren. To godstog kan ikke krysse på stasjon B.

Beregning av kapasitetsutnyttelse på dobbeltspor

På nye dobbeltsporparseller på Kongsvingerbanen brukes samme UIC metodikk som på enkeltsporete strekninger. På dobbeltspor lages det to beregninger, en for hvert linjespor. Det er antatt at alle tog som kjører i en retning bruker det ene linjesporet, og at tog som kjører i den andre retningen bruker det andre linjesporet. Kapasitetsberegningene på dobbeltspor gjøres over strekninger som inkluderer flere delstrekninger (ikke for hver delstrekning som på enkeltspor). Dette er nødvendig for å inkludere effekten at hastighetsforskjeller mellom tog spiser kapasitet. Beregningene skjer på strekninger som er mellom to stasjoner der det skjer forbikjøringer. Bli kapasitetsutnyttelsen for høy, er det nødvendig med nye forbikjøringsspor.

Beregning av tidstap for kryssinger og forbikjøringer

Forendringer i trafikken og tiltak på Kongsvingerbanen vil innvirke på hvor mye tid som togene trenger for å avvikle kryssinger og forbikjøringer. Vanligvis beregnes dette tidstillegg gjennom å lage en rutetabell hvor kryssinger og forbikjøringer blir planlagt slik at tog ikke er i konflikt. Å lage rutetabeller er tidkrevende og vi bruker derfor en analytisk modell i stedet. Metoden

beregner antallet kryssinger, forbikjøringer og totalt tidstillegg for kryssing og forbikjøring for en gitt trafikk og infrastruktur. Modellen er basert på følgende grunnleggende antakelser:

- Rutetabellen er syklisk (alle togopplegg kjører med et bestemt tidsintervall)
- Togoppleggenes ankomsttider til første stasjon er helt tilfeldig og er uavhengig av andre togopplegg
- Raske tog har høyere prioritet enn langsomme tog (tog som kjører i samme retning)
- Kapasiteten på stasjoner for kryssinger og forbikjøringer er ubegrenset

For hvert togopplegg defineres inndata som listet opp nedenfor:

- Kjøreretning
- Frekvens (tidsintervall mellom to avganger)
- Prioritet
- Teknisk kjøretid
- Togets lengde
- Tiden før et tog kjører inn på en blokkstrekning som blokkstrekningen reserveres (reservasjonstid)
- Tidstillegg for bremsing og akselerasjon ved stop på stasjon

I tillegg defineres også strekningens totale lengde, antallet stasjoner og antallet blokkposter på hver delstrekning (stasjonsstrekning).

For hvert togopplegg beregnes en gjennomsnittlig tid for kryssing og forbikjøring. Tiden er avhengig av kjøretiden mellom stasjoner, antallet blokkposter, togets lengde, reservasjonstid og togoppleggets prioritet. Lange kjøretider mellom stasjoner medfører at kryssinger og forbikjøringer tar lengre tid. Kryssinger tar også lengre tid hvis toget møter et tog med høyere prioritet. Har togene samme prioritet, deler togene på tidstillegget. Antall blokkposter har betydning for tiden det tar å gjennomføre en forbikjøring. Antall blokkposter spesifiseres for hver stasjonsstrekning.

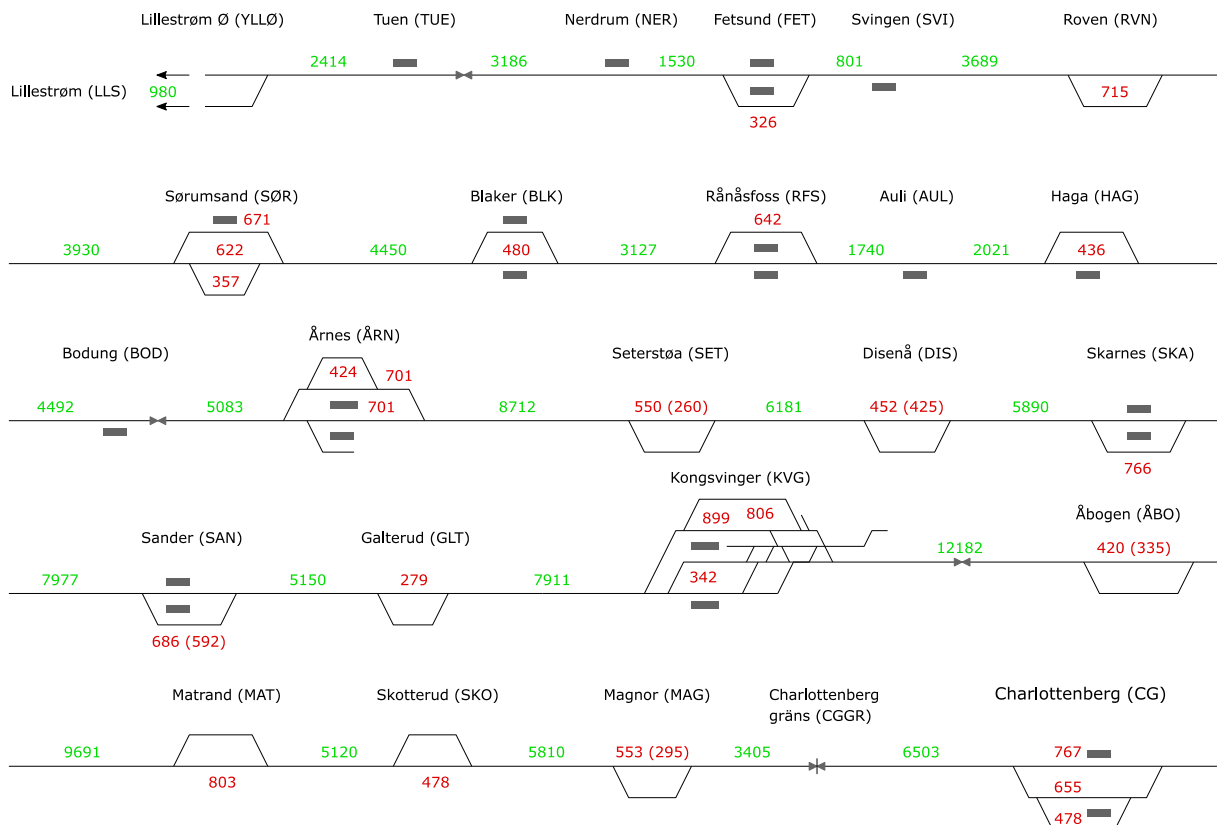
Metodikken er iterativ. For hver iterasjon beregnes antall kryssinger og forbikjøringer for hvert togopplegg. Kjøretidene oppdateres med tiden det tar å gjennomføre beregnet antall kryssinger/forbikjøringer. De oppdaterte kjøretidene brukes som utgangspunkt når antallet kryssinger/forbikjøringer beregnes i neste iterasjon. Programmet avsluttes når forskjellen mellom to iterasjoner er tilstrekkelig liten.

Metoden gir en grov vurdering av tidstap for kryssinger og forbikjøringer. Den tar ikke hensyn til at for eksempel et godstog kan krysse eller forbikjøres av flere tog ved samme tilfelle (antallet kryssinger/forbikjøringer med andre togopplegg summeres, og tidstap adderes for hver kryssing/forbikjøring). Metoden tar ikke heller hensyn til kapasitetsbegrensninger på stasjoner, for eksempel at om det kun finnes to spor på en stasjon så er det ikke mulig å gjennomføre flere kryssinger der samtidig. På dobbelsporparseller er det ikke gjennomført noen beregninger av tidstap for forbikjøringer. Da dobbelsporparsellene på Kongsvingerbanen er relativt korte og kapasitetsutnyttelsen ikke vil være høy, er det antatt at framtidige ruteplaner planlegges slik at det ikke skjer noen forbikjøringer på dobbelsporparsellene.

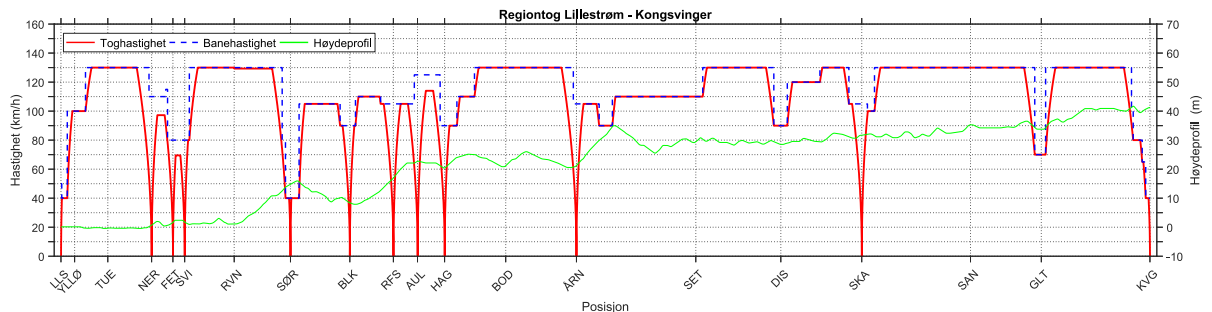
Forutsetninger

Dagens infrastruktur

Dagens Kongsvingerbane er brukt som referanse i beregningen. I referanse situasjonen forutsetter vi at det er to plattformer i Sørumsand (er under bygging nå). Skjematisk sporplan og hastighetsprofil for Kongsvingerbanen vises i Figur 4 og Figur 5. Tabell 4 oppsummerer kryssingssporenes lengde utentil tak.



Figur 4 Skjematisk sporplan Kongsvingerbanen i referansesituasjonen. Grønne tall er avstanden mellom stasjoner/kryssingsspor og de røde er lengden på kryssingssporet.



Figur 5 Hastighetsprofil Kongsvingerbanen i referansesituasjonen.

Tabell 4 Lengde på kryssingsspor uten tiltak. «X» markerer hvilke kryssingsspor som er lange nok til godstog som er 500, 630 og 740 m.

Kryssingsspor	Lengde [m]	Godstog 500 m	Godstog 630 m	Godstog 740 m
Charlottenberg	767	X	X	X
Magnor	295			
Skotterud	478			
Matrand	803	X	X	X
Åbogen	420			
Kongsvinger	899	X	X	X
Galterud	279			
Sander	592	X		
Skarnes	766	X	X	X
Disenå	425			
Seterstøa	260			
Årnes	701	X	X	
Haga	436			
Rånåsfoss	642	X	X	
Blaker	480			
Sørumsand	671	X	X	
Roven	715	X	X	
Fetsund	326			

Kjøretøy

I kjøretidsberegningen på Kongsvingerbanen brukes to forskjellige togtyper:

- Persontog: NSB Type 74 (dobbelt sett), 10% kjøretidsmargin.
- Godstog: RC4, 1500 tonn. (lengden varieres, se tabell med konseptoversikt), 12% kjøretidsmargin.

For fjerntog som kjører på nye baner brukes Type 78, slik at det er mulig å se potensialet av å kjøre i 250 km/t.

Kjøretidsmarginer på 10 % for persontog og 12 % for godstog er standardverdier som brukes i flere prosjekt.

Togtilbud

Togtilbudet i de forskjellige konseptene oppsummeres i tabellen nedenfor. Togtilbudet i tabellen er grunnen til kapasitetsberegningene og hvilke tiltak som blir nødvendige i konseptene. Tabellen viser frekvenser på de forskjellige togoppleggene og lengden på godstogene. Konseptene gjelder primært for 2050. Noen av de enklere konseptene kan gjennomføres innen 2030, men alle som krever planlegging og større investeringer vil ikke være realiserbare før 2050. Togtilbudet som beskrives i tabellen nedenfor er for 2050 og muligheten til trinnvis økning av togtilbudet før 2050 har ikke blitt analysert. Godstogenes lengde varierer ikke over døgnet. Toglengden som står angitt i tabellen gjelder for alle godstog av den typen i konseptet. Øvrige forutsetninger til togtilbudene som vises i tabellen:

- **K0:** Referanse. Trafikken tilsvarer rutetabellen fra 2017.
- **K5.1: Rute 1:** Dagens stoppmønster Kongsvinger - Sørumsand - ny bane - Lillestrøm, Oslo S. **Rute 2:** Sørumsand - gammel bane - Lillestrøm, Oslo S (alle stopp).

Tabell 5 Oversikt over trafikktilbud i videreførte konsepter. Tilbudene i konsept K3.4 og K5.1 er endret siden grovsilingen.

Konsept	Regional persontog Kongsvinger-Oslo S	Lokal tog	Fjerntog	Tømmertog	Kombitog
	Avg. pr. time (lav/rush)	Avg. pr. time (lav/rush)	Avg. pr. dag	Avg. pr. dag/lengde	Avg. pr. dag/lengde
K0.	1/2	-	5	7/500	5/630
K1.	1/2	-	5	7/500	5/630
K2.3	1/2	-	5	7/500	5/740
K3.4	2/2	2/2 (Årnes-...-Oslo S)	8	16/500	8/740
K5.1- A	1/2 (Rute 1)	2/2 (Rute 2)	8 (ny bane)	16/500 (8 på ny bane)	8/740 (alle ny bane)

Det er lagt til grunn at persontog som kjører med 60 minutters intervall har 19 avganger per døgn per retning og at persontog som kjører med 30 minutters intervall har 38 avganger per døgn per retning.

Linjekonsept

I dette avsnitt vises linjekonseptfigurer for alle tilbudskonseptene. Merk at figurene kun viser persontrafikk.

K0 Referanse

- L14** Asker – Kongsvinger
- L14** Rushtidsavganger Oslo S - Kongsvinger (2 avganger pr. dag)
* Tuen og Bodung betjenes kun av enkelte rushtidsavganger.
- SJ1** Oslo S – Stockholm (5 avganger pr. dag)



K1 Buss som supplement til tog

- L14** Asker – Kongsvinger
- L14** Rushtidsavganger Oslo S - Kongsvinger (2 avganger pr. dag)
* Tuen og Bodung betjenes kun av enkelte rushtidsavganger.
- SJ1** Oslo S – Stockholm (5 avganger pr. dag)



K2.3 Økt ombordkapasitet for både person- og godstog, dagens stoppmønster

L14 Asker – Kongsvinger

L14 Rushtidsavganger Oslo S - Kongsvinger (2 avganger pr. dag)
* Tuen og Bodung betjenes kun av enkelte rushtidsavganger.

SJ1 Oslo S – Stockholm (5 avganger pr. dag)



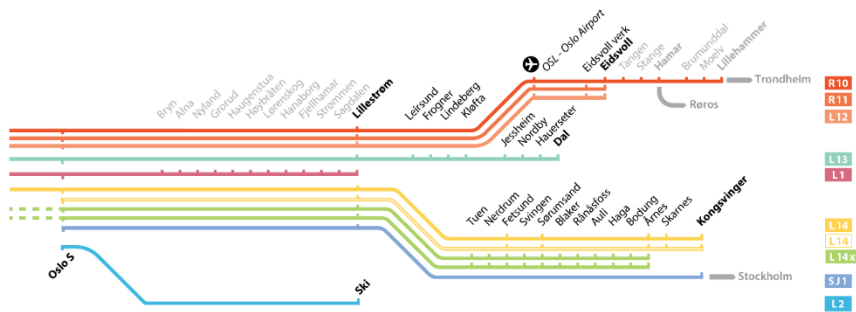
K3.4 Økt frekvens og kortere reisetid

L14 Asker – Kongsvinger

L14 Rushtidsavganger Oslo S - Kongsvinger (2 avganger pr. dag)

L14x Oslo S – Årnes

SJ1 Oslo S – Stockholm (5 avganger pr. dag)



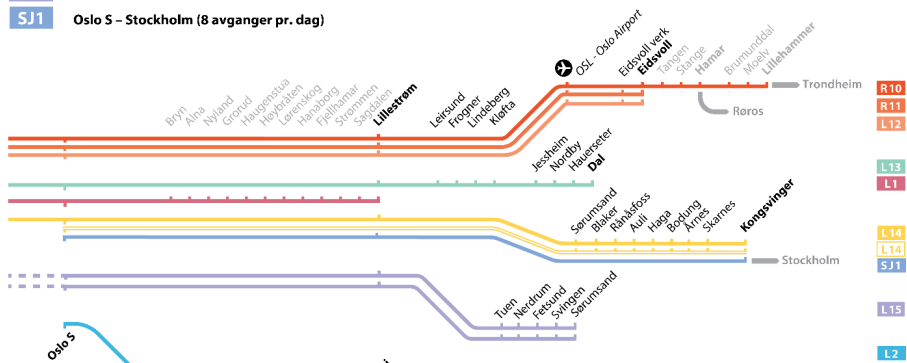
K5.1 Økt kapasitet med reduksjon av reisetid - Dagens stoppmønster

L14 Asker – Kongsvinger

L14 Oslo S – Kongsvinger

L15 Oslo S – Sørumsand

SJ1 Oslo S – Stockholm (8 avganger pr. dag)

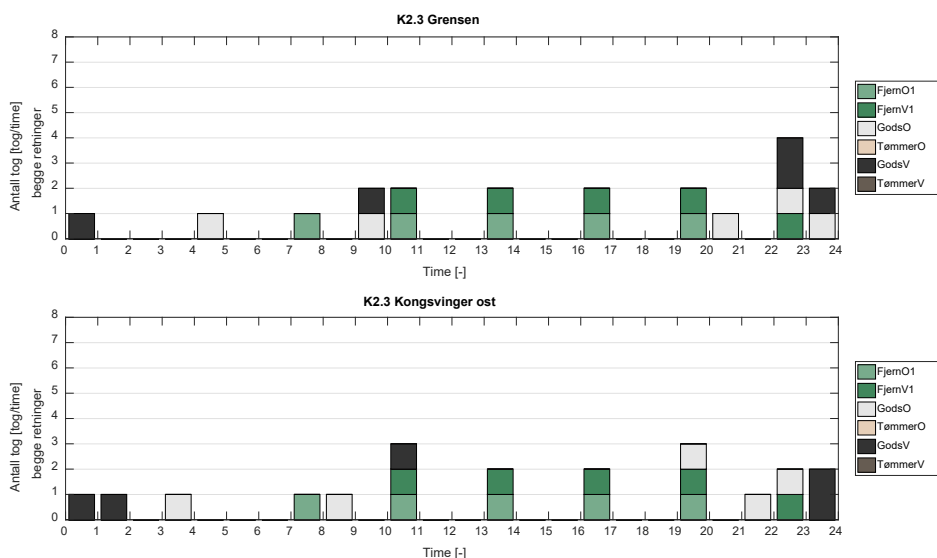


Døgnfordelinger

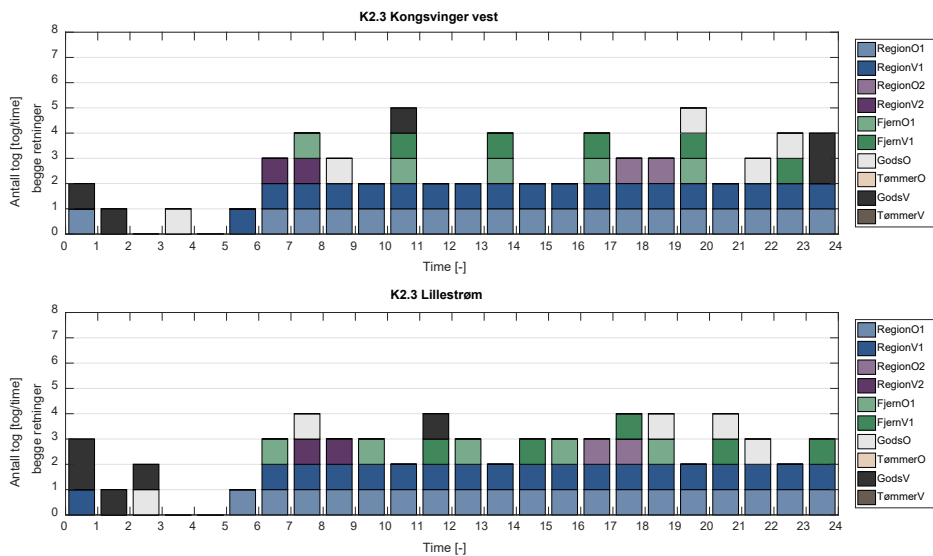
Konsept K2.3

Døgnfordelinger som viser når tåg kjører på banen sammenstilles og brukes til å beregne trafikk i dimensjonerende 3-timers periode. Døgnfordelinger lages for fire snitt, grensen, ost for Kongsvinger, vest for Kongsvinger og ost for Lillestrøm. Grunnen til at vi bruker fire snitt er at det er stor forskjell på trafikken øst og vest for Kongsvinger og at det tar tid for togene å kjøre langs strekningen. For å finne dimensjonerende 3-timers periode på strekningen grensen-Kongsvinger brukes det snitt som har mest trafikk av de tå snittene på strekningen. På tilsvarende måte brukes det snitt av Kongsvinger vest og Lillestrøm som har mest trafikk for å finne dimensjonerende trafikk på strekningen Kongsvinger-Lillestrøm.

Døgnfordelingene vises i Figur 6 og Figur 7. Figurene viser persontog og godstog som ikke er tømmerog. Regiontogtrafikken kjører omtrent som i dag og fjerntogene kjører hver tredje time med en første avgang mot Sverige time 6 i Lillestrøm og fra Sverige i time 10 ved grensen. Når døgnfordelingen beregnes forskyves persontog en time mellom Kongsvinger vest og Lillestrøm. Mellom grensen og Kongsvinger forskyves ikke persontog da kjøretiden er for kort. Godstog forskyves en time mellom Kongsvinger vest og Lillestrøm, og en time mellom grensen og Kongsvinger.



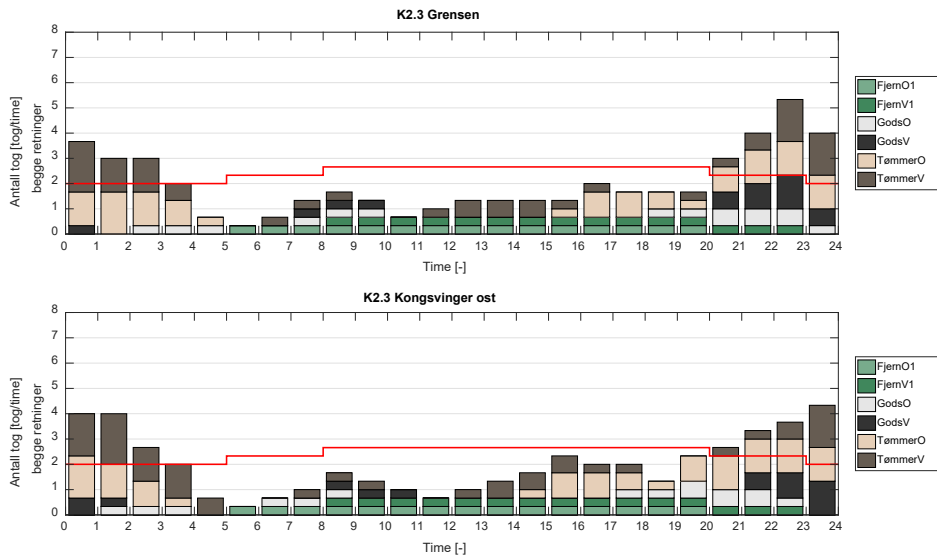
Figur 6 Døgnfordelinger for konsept K2.3. Merk at tømmer tog ikke er vist i figurene.



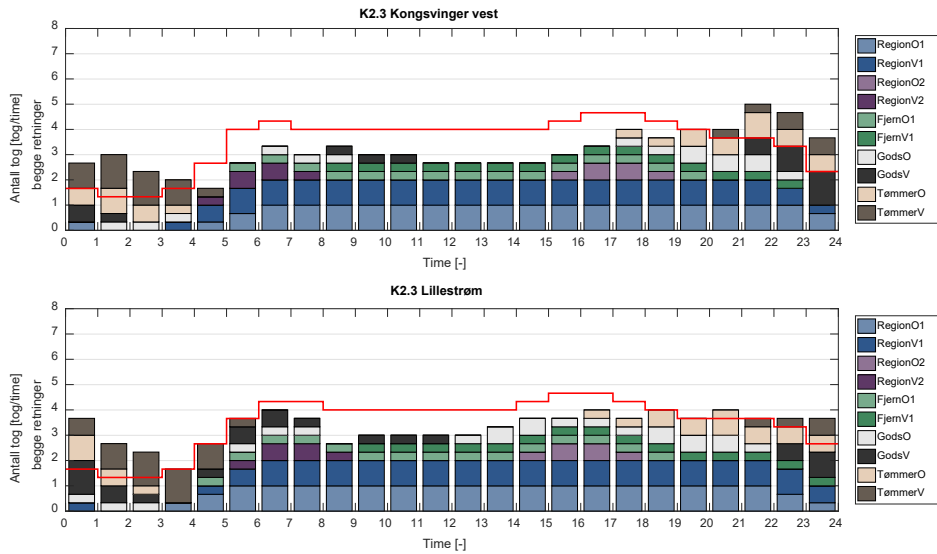
Figur 7 Døgnfordelinger for konsept K2.3. Merk at tømmer tog ikke er vist i figurene.

Døgnfordelingen for godstog baseres på døgnfordelingen i Godstrategien T2033. Godsstrategien har samme antall kombi/vognlast tog som konsept K2.3 og den er dermed en bra kilde til å bestemme når på døgnet som det er mest sannsynlig at kombi/vognlasttogene vil kjøre. Antallet tømmer tog er imidlertid betydelig høyere i godstrategien enn i K2.3. For å finne hva som blir den dimensjonerende trafikken er det imidlertid nødvendig å også inkludere tømmer togene. For å finne den dimensjonerende trafikken brukes godstrategiens døgnfordeling for både kombi/vognlasttog og tømmer tog. Da det kjører flere tømmer tog i godstrategien enn i K2.3, er det nødvendig å begrense antallet tømmer tog i den dimensjonerende 3-timersperioden. Begrensningen gjøres slik at det gjennomsnittlige antallet godstog per time i den dimensjonerende 3-timersperioden kan være maksimalt doble det gjennomsnittlige antallet godstog per time som kjører på strekningen i løpet av hele døgnet. På strekningen grensen-Kongsvinger kjører det totalt 24 godstog per døgn og mellom Kongsvinger og Lillestrøm kjører det 16 godstog/døgn. I dimensjonerende periode kan det dermed gå maks $24/24 \cdot 2 = 2$ godstog per time mellom grensen og Kongsvinger, og $16/24 \cdot 2 = 1,33$ mellom Kongsvinger og Lillestrøm.

Figur 8 og Figur 9 viser hvordan trafikken varierer over døgnet i de ulike snittene. Hver søyle viser gjennomsnittlig trafikk i 3-timers perioder. Oppå søylene viser en rød linje begrensningen i totale antallet tog (antall persontog + 2 tog mellom grensen og Kongsvinger og antall persontog + 1,33 tog mellom Kongsvinger og Lillestrøm). På strekningen grensen-Kongsvinger er dimensjonerende 3-timersperiode mellom klokken 22 og 01 ved grensen. Flere andre perioder har likt antall tog, men perioden som starter klokken 22 har størst antall kombi/vognlasttog. Kombi/vognlasttog er lengre enn tømmer tog og spiser mer kapasitet. På strekningen Kongsvinger-Lillestrøm er dimensjonerende 3-timersperiode mellom klokken 21 og 24 på Kongsvinger vest. Selv om perioden 19-22 har 0.33 flere tog, så kjører alle godstogene i denne periode i samme retning, noe som medfører lavere kapasitetsutnyttelse grunne att de ikke trenger å krysse med andre godstog. Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyse av konsept K2.3 oppsummeres i Tabell 6.



Figur 8 Døgnfordeling konsept K2.3. Søylene viser antall tog/time i 3-timers perioder. Periodene starter i den time som står angitt på x-aksen (f.eks. viser søylen i time 0 gjennomsnittlig antall tog i time 0, 1, og 2).



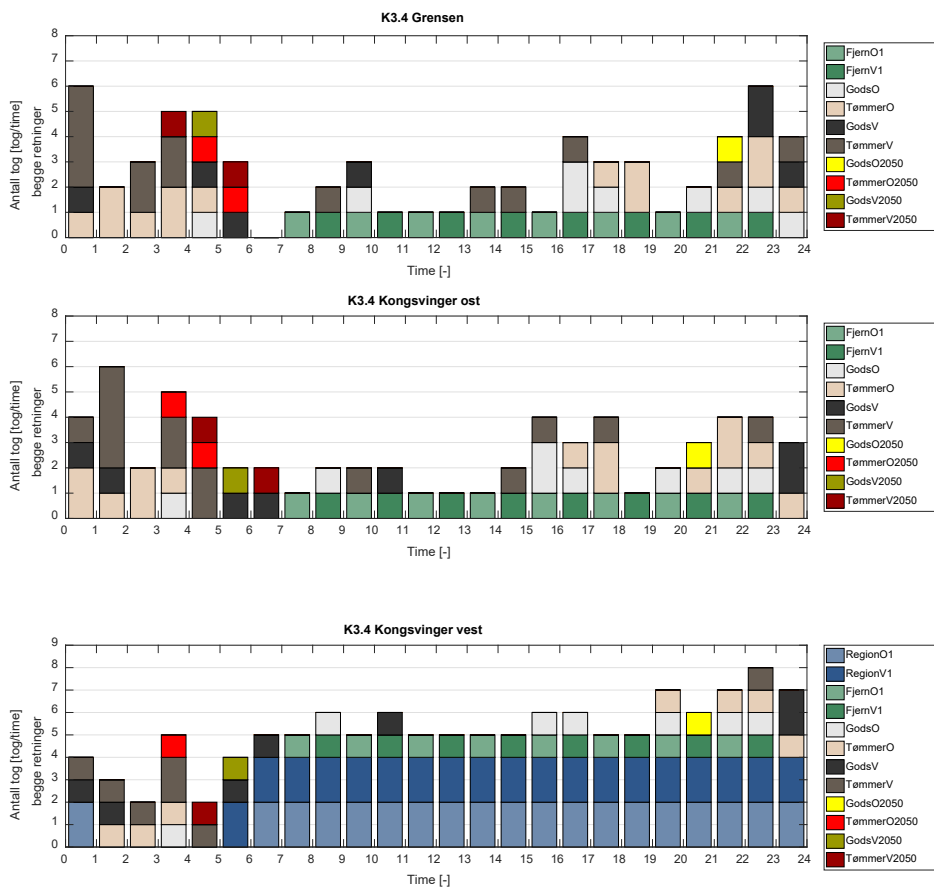
Figur 9 Døgnfordeling konsept K2.3. Søylene viser antall tog/time i 3-timers perioder. Periodene starter i den time som står angitt på x-aksen (f.eks. viser søylen i time 0 gjennomsnittlig antall tog i time 0, 1, og 2).

Tabell 6 Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyser i konsept K2.3.

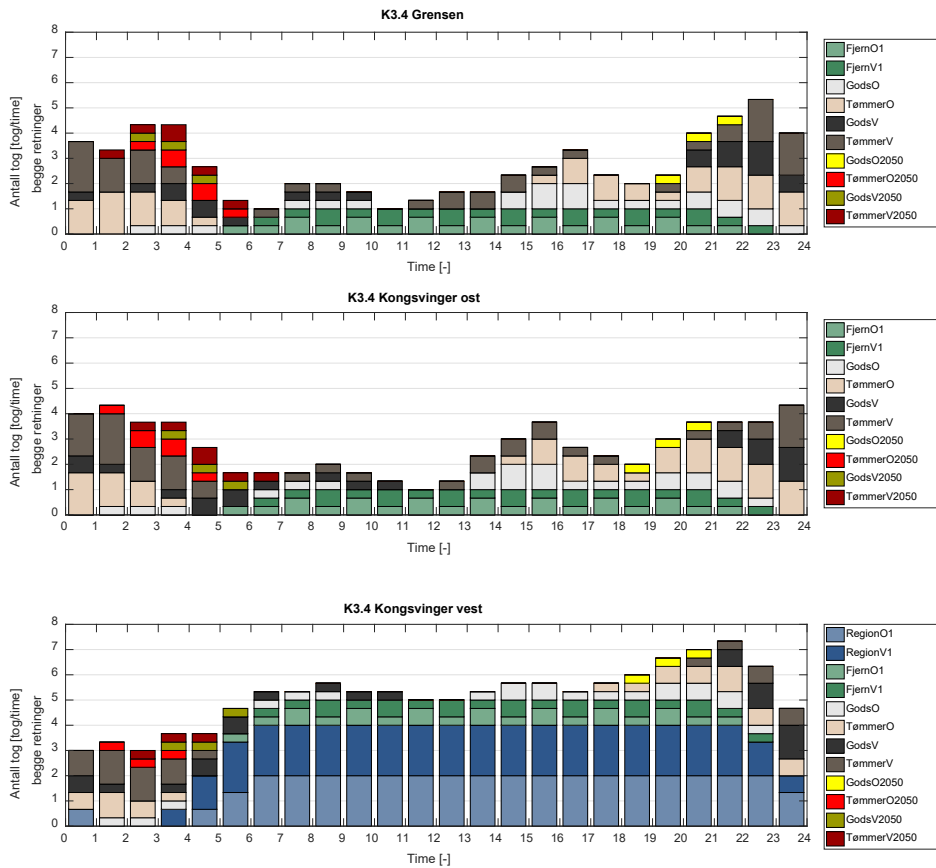
K2.3	Døgn 2030/2050				Dimensjonerende 3-timer 2030/2050			
	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg
Regiontog øst	21	21	21	-	3	3	3	-
Regiontog vest	21	21	21	-	3	3	3	-
Lokaltog øst	-	-	-	-	-	-	-	-
Lokaltog vest	-	-	-	-	-	-	-	-
Fjerntog øst	5	5	5	5	0	0	0	0
Fjerntog vest	5	5	5	5	1	1	1	1
Tømmertog øst	3	3	3	7	0	0	0	0
Tømmertog vest	3	3	3	7	0	0	0	0
Godstog øst	5	5	5	5	2	2	2	2
Godstog vest	5	5	5	5	2	2	2	4
Sum person	52	52	52	10	7	7	7	1
Sum gods	16	16	16	24	4	4	4	6
Sum totalt	68	68	68	34	11	11	11	7
Sum totalt/time	2,83	2,83	2,83	1,42	3,67	3,67	3,67	2,33

Konsept K3.4

I konsept K3.4 kjører fjerntogene annenhver time med en første avgang mot Sverige time 6 i Lillestrøm (time 7 i Kongsvinger vest) og fra Sverige i time 8 ved grensen. Godsstrategiens døgnfordeling for godstog legges til grunn for samtlige typer av godstog. Da mengden tog i godstrategien er beregnet for 2033 og konseptet skal håndtere trafikk i 2050, brukes vekstfaktorer til å øke antallet kombi/vognlast tog (8 %) og tømmerog (9 %). Dette tilsvarer 1 ekstra togpar med kombi/vognlast tog og 2 ekstra togpar med tømmerog. Kombi/vognlast togene plasseres slik at de kjører fra Alnabru i time 19 og ankommer i time 6. Tømmerogene er mer fleksible og plasseres når det finnes restkapasitet slik at de ikke innvirker trafikken i dimensjonerende 3-timersperiode. Døgnfordelingene er vist i Figur 10. Ekstra tømmerog er vist i rød farge og ekstra kombi/vognlast tog i gul farge. Dimensjonerende 3-timersperiode er klokken 22-01 ved grensen på strekningen grensen Kongsvinger og 21-00 ved Kongsvinger vest på strekningen Kongsvinger-Lillestrøm. Se vedlegg for figurer som viser resultat for 3-timersperioder. Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyse av konsept K3.4 oppsummeres i Tabell 7.



Figur 10 Døgnfordelinger for konsept K3.4.



Figur 11 Døgnfordeling konsept K3.4. Søylene viser antall tog/time i 3-timers perioder. Periodene starter i den time som står angitt på x-aksen (f.eks. viser søylen i time 0 gjennomsnittlig antall tog i time 0, 1, og 2).

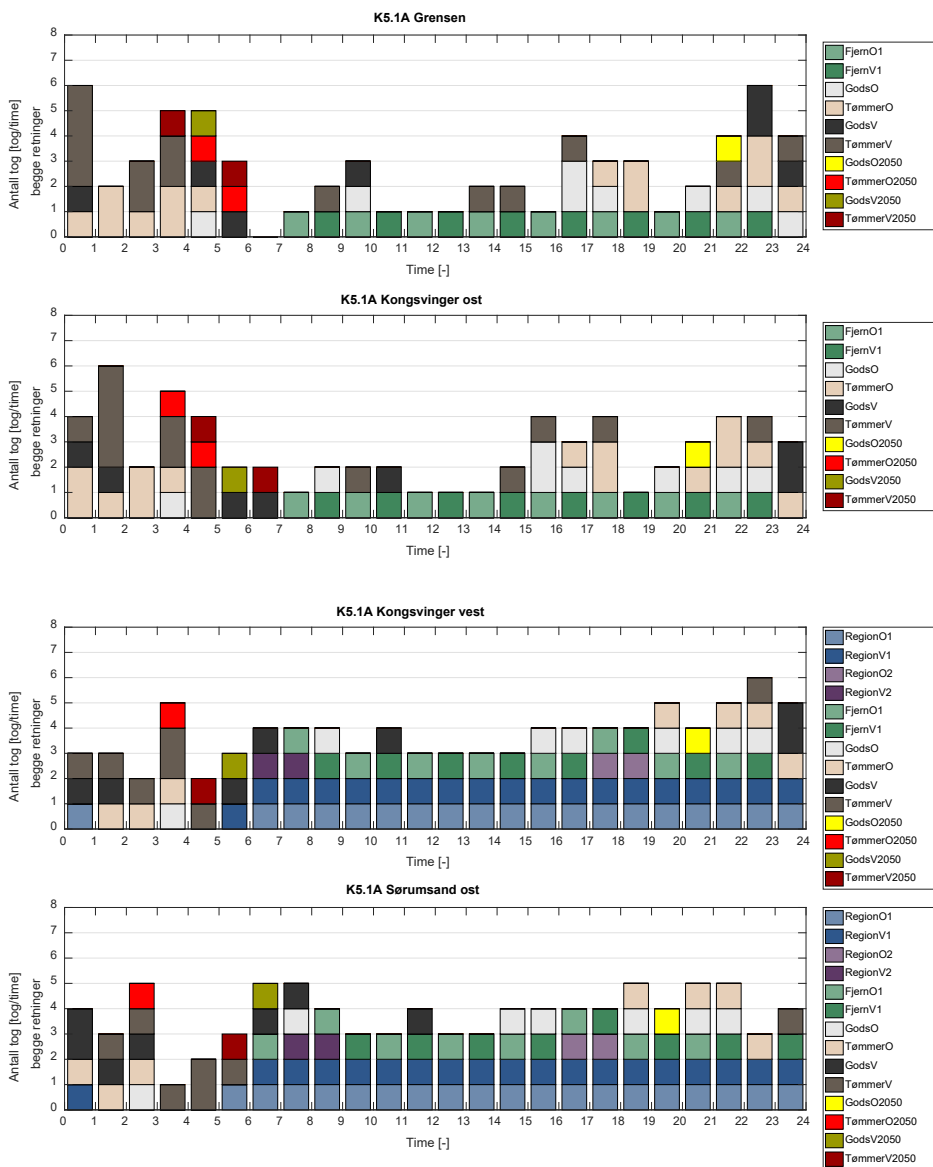
Tabell 7 Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyser i konsept K3.4.

K3.4	Døgn 2030				Døgn 2050				Dimensjonerende 3-timer 2030/2050			
	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg
Regiontog øst	38	38	38	-	38	38	38	-	6	6	6	-
Regiontog vest	38	38	38	-	38	38	38	-	6	6	6	-
Lokaltog øst	38	38	-	-	38	38	-	-	6	6	-	-
Lokaltog vest	38	38	-	-	38	38	-	-	6	6	-	-
Fjermtog øst	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	0
Fjermtog vest	8	8	8	8	8	8	8	8	1	1	1	1
Tømmertog øst	7	7	7	14	8	8	8	16	3	3	3	4
Tømmertog vest	7	7	7	14	8	8	8	16	1	1	1	5
Godstog øst	7	7	7	8	8	8	8	9	2	2	2	2
Godstog vest	7	7	7	7	8	8	8	8	2	2	2	4
Sum person	168	168	92	16	168	168	92	16	26	26	14	1
Sum gods	28	28	28	43	32	32	32	49	8	8	8	15
Sum totalt	196	196	120	59	200	200	124	65	34	34	22	16
Sum totalt/time	8,17	8,17	5,00	2,46	8,33	8,33	5,17	2,71	11,33	11,33	7,33	5,33

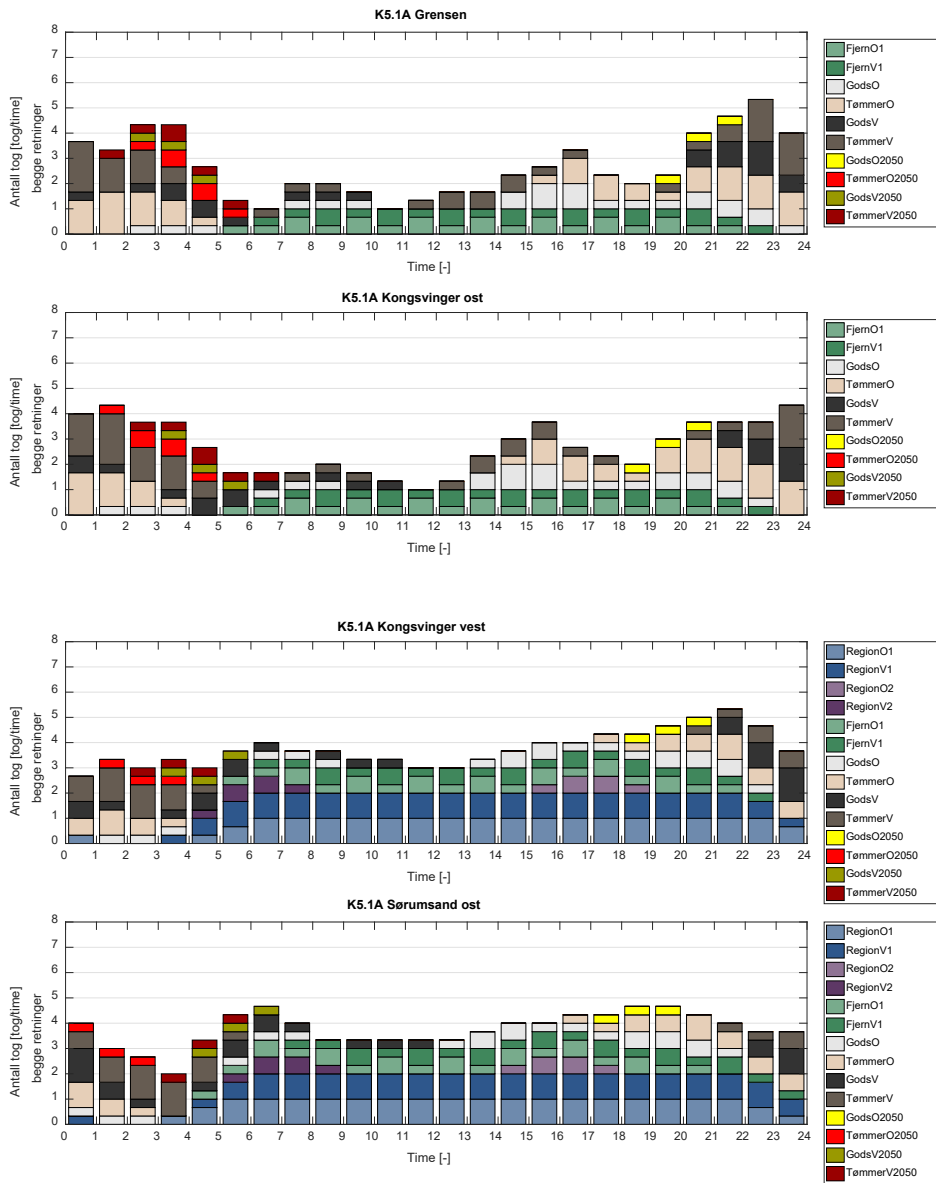
Konsept K5.1

I konsept K5.1 kjører fjerntogene annenhver time med en første avgang mot Sverige time 6 i Lillestrøm (time 7 i Kongsvinger vest) og fra Sverige i time 8 ved grensen. Godstogene har samme døgnfordeling som i konsept K3.4. Døgnfordelingene er vist i Figur 12.

Dimensjonerende 3-timersperiode er klokken 22-01 ved grensen på strekningen grensen Kongsvinger og 21-00 ved Kongsvinger vest på strekningen Kongsvinger-Lillestrøm. Se vedlegg for figurer som viser resultat for 3-timersperioder. Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyse av konsept K5.1 oppsummeres i Tabell 8.



Figur 12 Døgnfordelinger for konsept K5.1.



Figur 13 Døgnfordeling konsept K5.1. Søylene viser antall tog/time i 3-timers perioder. Periodene starter i den time som står angitt på x-aksen (f.eks. viser søylen i time 0 gjennomsnittlig antall tog i time 0, 1, og 2).

Tabell 8 Trafikkgrunnlag for kapasitetsanalyser i konsept K5.1.

K5.1	Døgn 2030				Døgn 2050				Dimensjonerende 3-timer 2030/2050			
	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg	Lillestrøm- Sørumsand	Sørumsand- Årnes	Årnes- Kongsvinger	Kongsvinger- Charlottenberg
	Regiontog øst	-	21	21	-	-	21	21	-	-	3	3
Regiontog vest	-	21	21	-	-	21	21	-	-	3	3	-
Lokaltog øst	38	-	-	-	38	-	-	-	6	-	-	-
Lokaltog vest	38	-	-	-	38	-	-	-	6	-	-	-
Fjertog øst	-	8	8	8	-	8	8	8	-	1	1	0
Fjertog vest	-	8	8	8	-	8	8	8	-	1	1	1
Tømmertog øst	-	7	7	14	-	8	8	16	-	3	3	4
Tømmertog vest	-	7	7	14	-	8	8	16	-	1	1	5
Godstog øst	-	7	7	8	-	8	8	9	-	2	2	2
Godstog vest	-	7	7	7	-	8	8	8	-	2	2	4
Sum person	76	58	58	16	76	58	58	16	12	8	8	1
Sum gods	0	28	28	43	0	32	32	49	0	8	8	15
Sum totalt	76	86	86	59	76	90	90	65	12	16	16	16
Sum totalt/time	3,17	3,58	3,58	2,46	3,17	3,75	3,75	2,71	4,00	5,33	5,33	5,33

Stopptid

På større stasjoner med mange på/avstigende brukes en stopptid på 60 sekunder. På mindre stasjoner brukes 40 sekunder. Større stasjoner er: Kongsvinger, Årnes, Sørumsand, Fetsund og Lillestrøm.

Tomkjøring

Det er ikke tatt hensyn til tomtogskjøring.

Tiltak som har blitt vurdert

Mulig tiltak på Kongsvingerbanen er:

- Forlengelse av eksisterende kryssingsstasjoner og nye kryssingsstasjoner. Nye kryssingsstasjoner bygges med samtidig innkjør og en sporelengde som muliggjør kryssinger med 740 m lange godstog.
- Samtidig innkjør
- Nye blokkposter
- Nye dobbelsporparseller langs dagens strekning.

Effekten av å øke makshastigheten på strekninger der det er mulig har ikke blitt vurdert. Økt makshastighet kan redusere reisetiden og øke kapasiteten.

Nye baner

I konsept 5.1 forutsettes at ny bane mellom Sørumsand-Leirsund er dobbeltspor med ERTMS og en makshastighet på 200 km/t. Togene kjører ikke i makshastighet så lang strekning, og om makshastigheten reduseres til 160 km/t forlenges kjøretiden for persontog kun med omtrent 23 sekunder, se avsnittet «Kjøretid Sørumsand-Leirsund-Lillestrøm» under «Resultater».

UIC kapasitetsberegninger

Det er valgt å beregne kapasitetsutnyttelse for hele døgnet og i dimensjonerende 3-timersperiode. Dette er i henhold til UIC metodikk som anbefaler maks kapasitetsutnyttelse på

60 % over hele døgnet og 75 % i rushperioder. Blir beregnet kapasitetsutnyttelse høyere enn anbefalt i noen av tidsperiodene, gir det behov for tiltak.

Hvite tider

Døgnkapasitet er beregnet over en tidsperiode på 24 timer. Det avsettes dermed ingen tid til vedlikehold av banen.

Beregning av tidstap for kryssinger og forbikjøringer

Forutsetninger for beregningene er listet opp nedenfor.

- Tidstillegg for bremsing til stopp
 - Persontog: 30 sekunder
 - Godstog: 60 sekunder
- Tidstillegg for akselerasjon
 - Persontog: 30 sekunder
 - Godstog: 120 sekunder
- Reservasjonstid (alle tog): 60 sekunder

Alle persontog har samme prioritet og alle godstog har samme prioritet. I alle konsept med unntak har persontog høyere prioritet enn godstog.

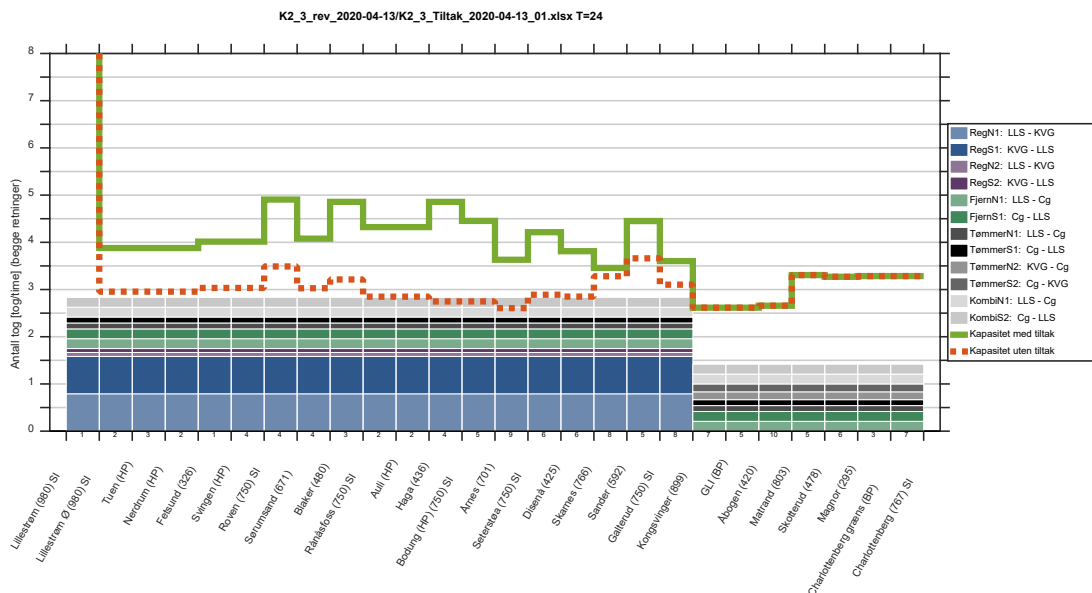
Når tidstillegg og døgnkapasitet beregnes er det antatt at godstogsavgangene er jevnt spredt over hele tidsperioden. Dette er en forutsetning som er brukt i alle konsepter. I virkeligheten går det flere godstog mot vest på natten og morgenen og flere mot øst på ettermiddagen/kvelden. Godstogene krysser dermed ikke like ofte med andre godstog i virkeligheten som i modellene. Dette medfører at modellen beregner noe høyere kapasitetsutnyttelse og lengre kjøretider for godstog enn i virkeligheten.

Resultater

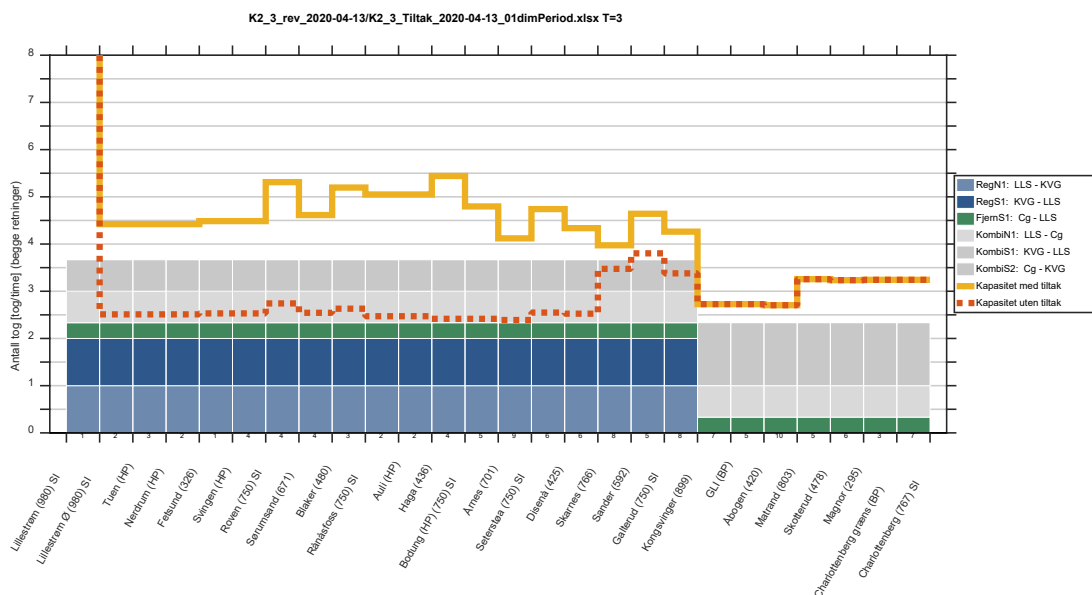
Konsept K2.3 (Økt ombordkapasitet for både person- og godstog, dagens stoppmønster)

Figur 14 viser togtilbud (søyler) og beregnet kapasitet (linjer) langs hele strekningen mellom Lillestrøm og Charlottenberg. Figuren viser antall tog og kapasitet per time og tallene er et gjennomsnitt over hele døgnet (24 timer). Figur 15 viser tilsvarende resultater for dimensjonerende 3-timersperiode. Figurene viser både kapasitet før (rød stiple linje) og etter tiltak (grønn / gul linje). Ulike farger på søylene viser ulike typer av tog. Lysere farge viser tog som kjører nordover/østover og mørkere farge tog som kjører sydover/vestover. Figurene viser at strekningen Kongsvinger-grensen allerede i dag har nok kapasitet for å håndtere togtilbudet i konseptet, selv om det er kun Matrand som er lang nok til å krysse med godstog. At godstog forlenges fra 630 til 740 m har liten betydning da ingen stasjon er mellom 630 og 740 m lang.

På strekningen Lillestrøm-Kongsvinger er det ikke nok kapasitet, spesielt i den dimensjonerende 3-timersperioden er det for lav kapasitet hele strekningen mellom Lillestrøm Ø og Skarnes. Døgnkapasiteten er lavere enn i referanse (K0) grunnet lengre godstog (i øvrig identisk togtilbud), se vedlegg. De er høyere belastning i den dimensjonerende 3-timersperioden enn over hele døgnet. Når alle tiltak som må til for å klare dimensjonerende 3-timersperiode er realisert, finnes det restkapasitet sett over hele døgnet. Årsaken til at det finnes restkapasitet er at når kapasiteten dimensjoneres etter kapasitetsbehovet i dimensjonerende 3-timersperiode, så finnes det restkapasitet øvrige tider på døgnet når belastningen er lavere. Restkapasiteten kan kun benyttes til å kjøre flere tog hvis døgnfordelingen endres slik at ekstra tog kjører i perioder med lav belastning.



Figur 14 Togtilbud (søyler) og kapasitet (linjer) over hele døgnet i konsept K2.3. Rød stiple linje viser kapasitet før tiltak og grønn linje kapasitet etter tiltak.



Figur 15 Togtilbud (søyler) og kapasitet (linjer) i dimensjonerende 3-timersperiode i konsept K2.3. Rød stiplet linje viser kapasitet før tiltak og gul linje kapasitet etter tiltak.

Nødvendig tiltak er:

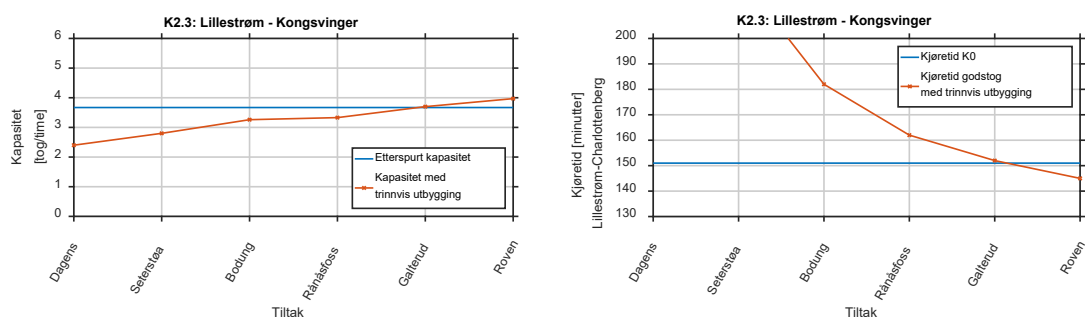
- Forlengelse av stasjoner/nye stasjoner til 1000 (tog 740 m) og samtidig innkjør:
 - Galterud
 - Seterstøa
 - Bodung
 - Rånåsfoss
 - Roven

Det er akkurat nok kapasitet uten å forlenge Roven stasjon. Det er imidlertid vurdert at Roven stasjon også bør forlenges slik at kjøretiden mellom lange stasjoner blir mer jevnt fordelt på strekningen, se oppsummering av kjøretider mellom kryssingsspor i vedlegget. I tillegg betyr forlengelse av Roven at kjøretiden for godstog på strekningen blir kortere enn i referanse, se Figur 16.

Figur 16 viser hvordan kapasiteten på strekningen Lillestrøm Ø – Kongsvinger øker for hvert tiltak. Figuren viser også hvordan kjøretiden mellom Lillestrøm og Charlottenberg reduseres. Kapasiteten på hele strekningen defineres av den delstrekning som har lavest kapasitet. Tiltakene realiseres i en rekkefølge som fjerner strekningens flaskehals (den delstrekning som har lavest kapasitet). For eksempel begrenses kapasiteten før tiltak av delstrekningen Årnes-Seterstøa, se Figur 15 (omtrent 2,5 tog/t i dimensjonerende 3-timersperiode). Første tiltak er å forlenge Seterstøa. Tiltaket vil ha størst effekt på tilstøtende delstrekninger (grunnet samtidig innkjør), men det vil også forbedre kapasiteten lenger unna, helt ut til Skarnes og Lillestrøm Ø. Årsaken til at det blir en forbedring på en så lang strekning er at forlengingen av Seterstøa forbedrer muligheten til å krysse med lange godstog mellom de nærmeste kryssingsporene på hver side som er lange nok til å krysse lange godstog. Se også figurer i vedlegget under avsnitt «Eksempel trinnvis utbygging av kapasitet konsept K2.3».

Den lokale effekten av et tiltak er oftest betydelig høyere enn hva som er vist i figuren. Årsaken er at det, etter at et tiltak har blitt realisert, ofte blir en annen flaskehals (annen delstrekning) på en annen del av strekningen som blir begrensende, se figurene i vedlegget. Av samme årsak kan det se ut som at et tiltak som gir en liten forbedring i kapasitet samtidig gir en stor forbedring i redusert kjøretid, se for eksempel Rånåsfoss.

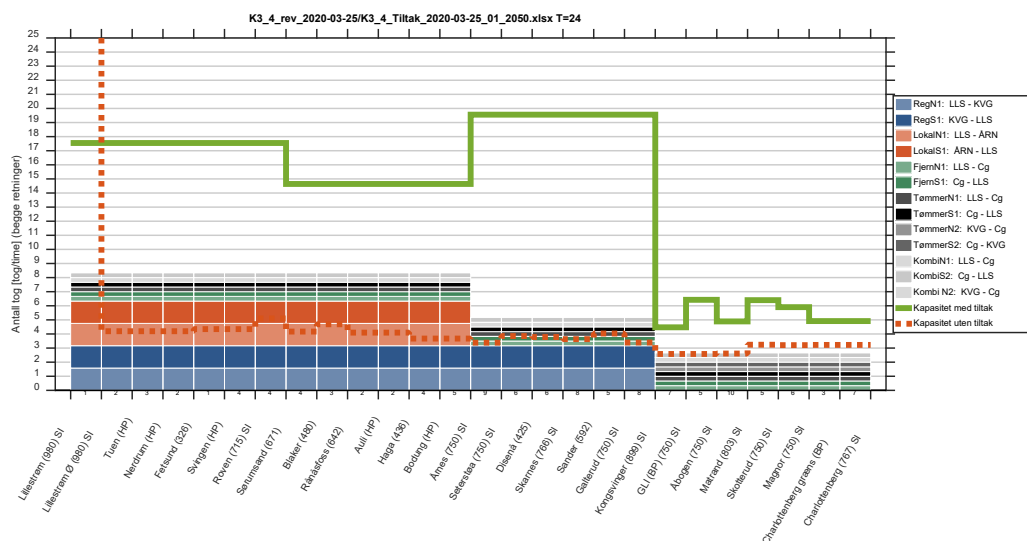
Når alle tiltak er realisert, finnes det nok kapasitet og kjøretiden for godstog er noe redusert sammenlignet med referanse. Alle tiltakene må til for å få ønsket effekt på kapasitet og kjøretid. Rekkefølgen av tiltak er ikke nødvendigvis optimal for å maksimere kapasiteten og eller minimere kjøretiden i vert trinn.



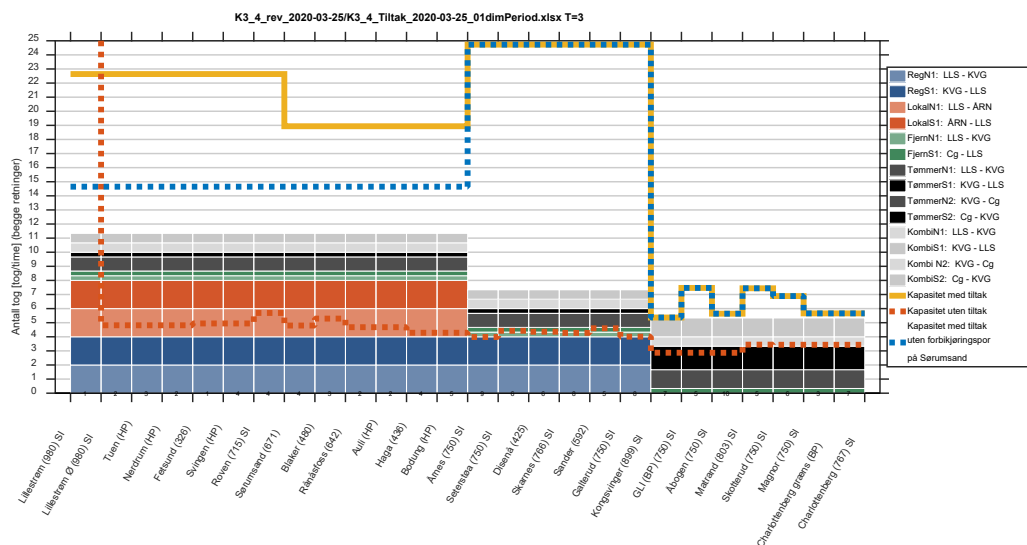
Figur 16 Utvikling av kapasitet (dimensjonerende 3-timersperiode) og kjøretid ved trinnvis utbygging av tiltak.

Konsept K3.4 (Økt frekvens og kortere reisetid)

Figur 17 og Figur 18 viser togtilbud og resultatene av kapasitetsanalysen med og uten tiltak. På strekningen Lillestrøm-Årnes er det nødvendig med dobbeltspor da det i gjennomsnitt er litt mer enn 8 tog per time over hele døgnet og litt mer enn 11 tog per time i dimensjonerende 3-timersperiode. Årsaken til at kapasiteten varierer på strekningen når det har blitt bygget ut dobbeltspor, er at trafikkmiksen ikke er konstant og at hastighetsforskjellen mellom ulike typer av tog varierer. Størst hastighetsforskjell, og dermed lavest kapasitet, mellom lokaltog og øvrige tog er det mellom Sørumsand og Årnes, se Tabell 9 og Figur 20.



Figur 17 Togtilbud (søylor) og kapasitet (linjer) over hele døgnet i konsept K3.4. Rød stiple linje viser kapasitet før tiltak og grønn linje kapasitet etter tiltak.



Figur 18 Togtilbud (søylor) og kapasitet (linjer) i dimensjonerende 3-timersperiode i konsept K3.4. Rød stiple linje viser kapasitet før tiltak og gul linje kapasitet etter tiltak. Blå stiple linje viser kapasitet etter tiltak uten forbi kjøringsspor på Sørumsand.

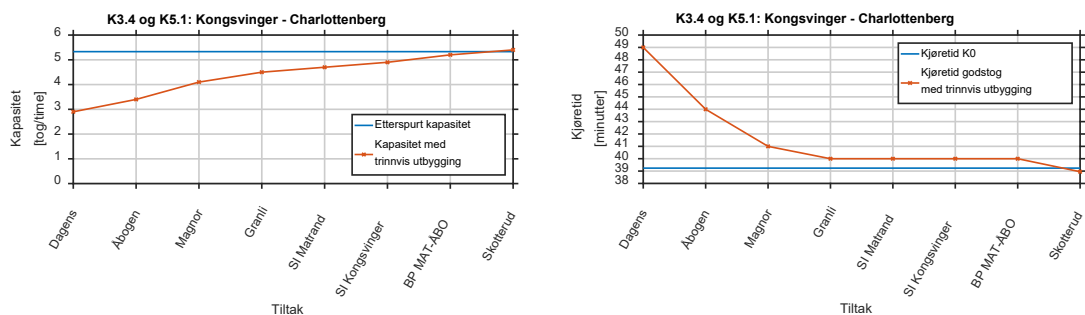
Strekningen Sørumsand-Årnes har lavere kapasitet enn Lillestrøm Ø-Sørumsand fordi forskjellen i kjøretid mellom lokaltog og regiontog er større på den strekningen, se Tabell 9. Selv om det er motsatt for kombinasjonen regiontog – fjerntog og godstog – fjerntog, så kjører det betydelig flere regiontog og lokaltog på strekningen enn fjerntog og godstog. Av den grunnen har hastighetsforskjellen mellom lokaltog og regiontog større betydning (større relativ frekvens, se metodekapittelet) i kapasitetsberegningen enn øvrige kombinasjoner av tog. Den vektlagte gjennomsnittlige forskjellen i kjøretid er omtrent 1 minutt større på strekningen Sørumsand-Årnes enn på Lillestrøm-Sørumsand.

Tabell 9 Beregning av gjennomsnittlig forskjell i kjøretid.

Togkombinasjon	Forskjell i kjøretid		
	Relativ frekvens	Lillestrøm-Sørumsand	Årnes
Lokal - Region	0,43	4	6
Lokal - Fjern	0,09	7	7
Lokal - Gods	0,18	3	5
Region - Fjern	0,09	3	1
Region - Gods	0,18	1	1
Fjern - Gods	0,04	4	2
Vektlagt gjennomsnitt:		3,5	4,4

På strekningen Årnes – Kongsvinger går det færre tog (omtrent 5 tog per time over døgnet og 7 tog per time i dimensjonerende 3-timersperiode). Det anbefales dobbeltspor også på denne strekningen. Selv om kapasiteten med dobbeltspor Årnes – Kongsvinger er høyere enn mellom Lillestrøm og Årnes, så er det vanskelig å bruke den ekstra kapasiteten. Årsaken er at alle togene på strekningen er gjennomgående å begrenses av kapasiteten mellom Lillestrøm og Årnes.

På strekningen Kongsvinger – grensen gir høy belastning i dimensjonerende 3-timersperiode at samtlige eksisterende stasjoner må forlenges til full lengde med samtidig innkjør. I tillegg må de etableres en ny stasjon på Granli, en ny blokkpost mellom Matrand og Åbogen og samtidig innkjør på Matrand og Kongsvinger. Utenom den dimensjonerende tidsperioden, gir tiltakene god restkapasitet. Effekten av tiltakene på kapasitet og kjøretider vises i Figur 19. Når alle tiltak er realisert, finnes det nok kapasitet og kjøretiden for godstog er noe redusert sammenlignet med referanse.



Figur 19 Utvikling av kapasitet (dimensjonerende 3-timersperiode) og kjøretid ved trinnvis utbygging av tiltak.

Nødvendige tiltak er:

- Forlengelse av stasjoner til 1000 m (tog 740 m) og samtidig innkjør:
 - Magnor
 - Skotterud
 - Åbøgen
- Ny stasjon på Granli med full lengde og samtidig innkjør.
- Ny blokkpost mellom Matrand og Åbøgen.
- Samtidig innkjør på Kongsvinger og Matrand.
- Dobbeltspor Lillestrøm – Kongsvinger med forbikjøringsspor på Sørumsand

Behov for forbikjøringsspor

Selv om det bygges dobbeltspor på hele strekningen mellom Lillestrøm og Kongsvinger, så kan det fortsatt oppstå kapasitetsrelaterte problemer på strekningen. Årsaken er at det mellom Lillestrøm og Årnes kjører lokaltog som har betydelig lavere gjennomsnittlig hastighet enn øvrige tog. Årsaken til den lave hastigheten er at de stopper ofte. Stor hastighetsforskjell i kombinasjon med at både lokaltogene og regiontogene kjører med stive 30-minutters intervaller gjør at det finnes begrenset med ruteleier tilgjengelig for fjerntog og godstog. I tillegg er fjerntog raskere enn regiontog og godstog på strekningen Lillestrøm – Kongsvinger.

Tabell 10 og Figur 20 illustrerer problemet. Forskjellen i kjøretid mellom Lillestrøm og Årnes er for lokaltog og regiontog 10 minutter og for lokaltog og fjerntog 14 minutter. Om lokaltog og regiontog sammen skal bli til et system som kjører omtrent hvert 15 minutt, så gjenstår det kun noen få luker som fjerntog kan bruke, spesielt som fjerntogene også må unngå å ta igjen regiontogene før Kongsvinger/Lillestrøm, se Figur 20. Også godstogene begrenses da det vil være vanskelig for godstog å kjøre i en rute som er etter et lokaltog og før et regiontog, se markeringer i Figur 20. Årsaken er at om togfølgetiden er 15 minutter ved første stasjon på strekningen, så er den kun 5 minutter på siste stasjon. En luke på 5 minutter er ikke nok til å passe in et godstog. Dette begrenser kapasiteten for godstog kraftig da de kun kan kjøre i 3 av 8 luker i en timesperiode. Kapasiteten kan forbedres ved å ha et forbikjøringsspor på strekningen eller ved å ikke ha helt stiv 15 minutters intervall ved første stasjon. Jevnt intervall mellom togene er imidlertid gunstig for de reisende og vil fordele antallet reisende jevnere mellom lokaltog og regiontog. Hvis regiontoget forskyves slik at det passerer Årnes seinere (bedre kapasitet), vil regiontoget få flere passasjerer. Regiontoget vil sannsynligvis allerede ha flere passasjerer da det kommer fra Kongsvinger, er raskere og knutepunktstoppende.

Et forbi kjøringsspor på strekningen Lillestrøm – Årnes muliggjør forbi kjøring av godstog, noe som vil gi godstogene bedre og flere ruteleier med kortere framføringstider. I tillegg vil forbi kjøringssporet øke robustheten når langsomme lokaltog kan forbi kjøres av raskere regiontog og fjerntog ved forsinkelser. Sørumsand er omtrent midt på strekningen mellom Lillestrøm og Årnes, hvilket gjør at forbi kjøringssporet med fordel kan plasseres der. Om det ikke plasseres et forbi kjøringsspor på Sørumsand blir kapasiteten lavere, vist i Figur 18. Selv om UIC analysen viser at det er nok kapasitet uten forbi kjøringsspor, så gjør de stive persontogsoppleggene i kombinasjon med hastighetsforskjellene på strekningen at kapasiteten i praktikken er lavere. Uten forbi kjøringssporet blir fleksibiliteten i ruteplanleggingen lav da det kun finnes noen få mulige ruteleier for godstog der ikke de stive persontogstilbudne må tilpasses godstogene. I tillegg gjør hastighetsforskjellene på strekningene Lillestrøm-Årnes respektive Årnes-Kongsvinger at begge disse strekningene henger sammen kapasitetsmessig på en måte som UIC metodikken ikke klarer å fange opp.

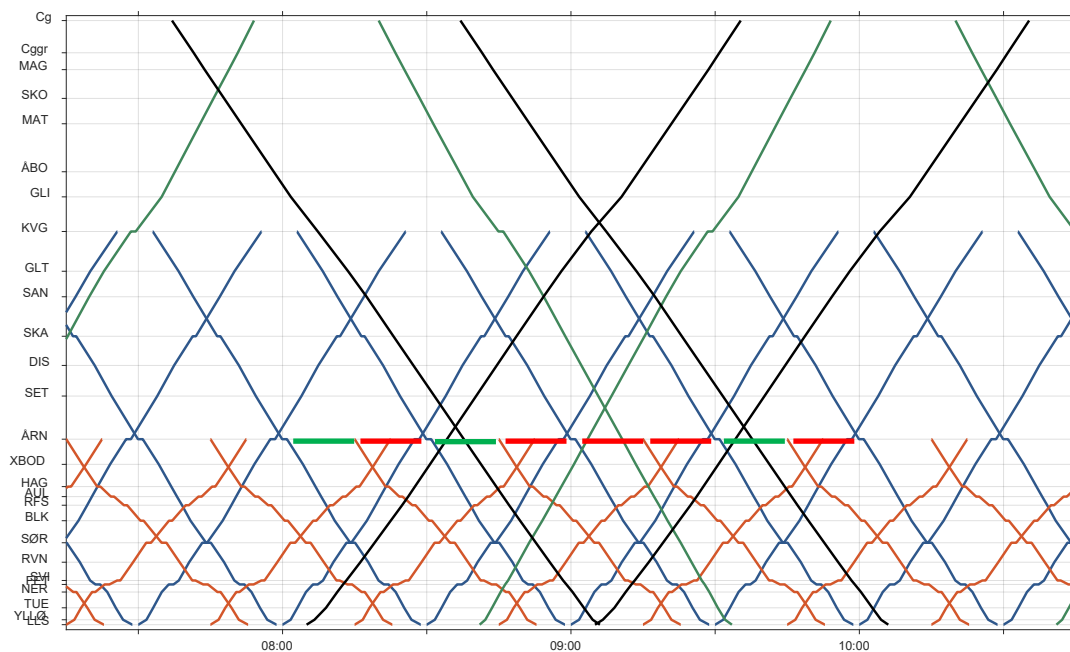
Som vises i Figur 20 så medfører hastighetsforskjellene på dobbeltsporet at det for eksempel kan bli vanskelig for både et fjerntog og et godstog å kjøre mellom et lokaltog og regionaltog. Dette kan medføre at noen kryssingsmønstre på strekningen Kongsvinger-grensen får høyere sannsynlighet enn andre. I eksemplet i figuren ser det ut slik at godstog kan komme å krysse på Kongsvinger eller Granli og at godstog og fjerntog kan komme å krysse på Magnor, Skotterud eller Matrand. Kryssingsmønstrer er imidlertid avhengig av hvordan regionaltog og lokaltogmønstrene plasseres relativt hverandre og deres snutider i Kongsvinger og Årnes. I tillegg finnes det mange andre bindinger i systemet som kan ha større betydning for når fjerntog og godstog ankommer fra Värmlandsbanan respektive Lillestrøm. I dette tilfellet har det imidlertid mindre betydning hvor kryssingene vil skje, da alle stasjoner på strekningen oppgraderes slik at de kan håndtere kryssinger med lange godstog.

Tabell 10 Kjøretider på den dobbeltsporete strekningen i konsept K3.4.

Kjøretid [minutter]	Lokaltog	Regiontog	Fjerntog	Godstog
Lillestrøm-Sørumsand	17	13	10	14
Sørumsand-Årnes	20	14	13	15
Lillestrøm-Årnes	37	27	23	29
Lillestrøm-Kongsvinger	-	56	48	59
Antall tog	76	76	16	32

Tabell 11 Rutetider for østgående tog i Figur 20. Teknisk togfølgetid er omtrent 2.5 minutter for persontog..

K3.4	Godstog	Lokaltog	Regiontog	Fjerntog
Lillestrøm	08:05	08:15	08:30	08:41
Årnes	08:34	08:53	08:58	09:04
Kongsvinger	09:04	-	09:26	09:29



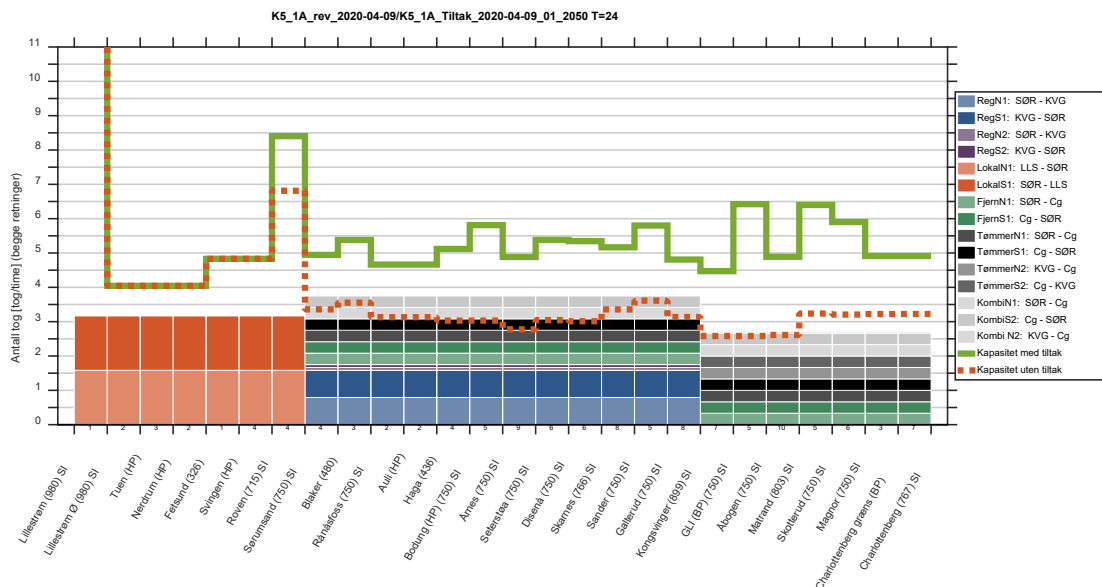
Figur 20 Grafisk ruteplan som viser et eksempel på mulige ruteleier i konsept K3.4. Røde tog er lokaltog, blå tog er regiontog, grønne tog er fjerntog og svarte tog er godstog. Strekningen mellom Lillestrøm (LLS) og Kongsvinger (KVG) er dobbeltsporet. Regiontogene kjører in og ut av Lillestrøm ved omtrent samme minuttal som i dagens ruteplan. Grønne horisontale linjer viser hvilke luker som kan brukes av godstog retning mot Lillestrøm hvis det ikke bygges forbi kjøringsspor mellom Lillestrøm og Årnes. Røde horisontale linjer viser luker som ikke kan brukes.

Konsept 5.1 (Økt kapasitet med reduksjon av reisetid - Dagens stoppmønster)

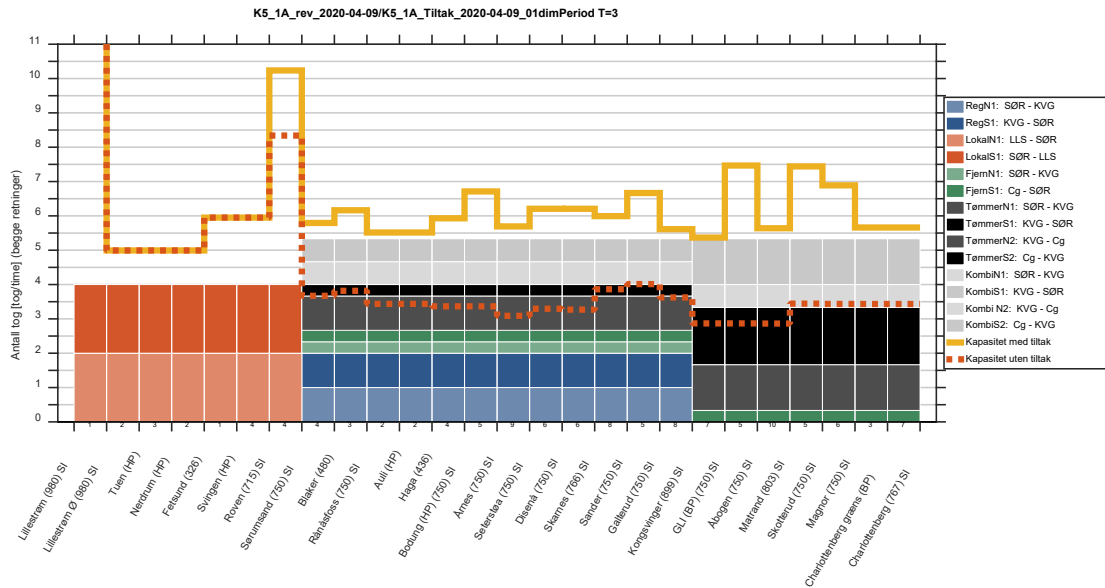
I konsept K5.1 er det nødvendig med flere tiltak for å øke kapasiteten på enkeltsporet på både strekningen mellom Sørumsand og Kongsvinger, og mellom Kongsvinger og grensen. Trafikken mellom Kongsvinger og grensen er identisk med konsept K3.4 og tiltakene på strekningen er derfor samme som i K3.4. På strekningen Lillestrøm – Sørumsand kjører det kun lokaltog, og det er ikke nødvendig med noen tiltak. Det må etableres vendemulighet for lokaltogene på Sørumsand og det er en stor fordel om lokaltogene kan snut på stasjonen uavhengig av øvrige tog som kjører den nye banen til/fra Kongsvinger. Stasjonen bør dermed utformes slik at lokaltogene har dedikerte spor og at de ikke trenger å krysse (kryssende togvei) med øvrig trafikk inne på stasjonen.

Som i tidligere konsept, så er det trafikken i dimensjonerende 3-timersperiode som bestemmer hvor mange tiltak som må til. Dette gir en del restkapasitet øvrige døgnet, spesielt på strekningen Kongsvinger – grensen. Selv om det går færre tog per døgn mellom Kongsvinger og grensen enn mellom Sørumsand og Kongsvinger, så går det like mange tog i dimensjonerende 3-timersperiode. Dette medfører at banen etter tiltak har omtrent lik kapasitet på hele strekningen mellom Sørumsand og grensen, se Figur 21 og Figur 22.

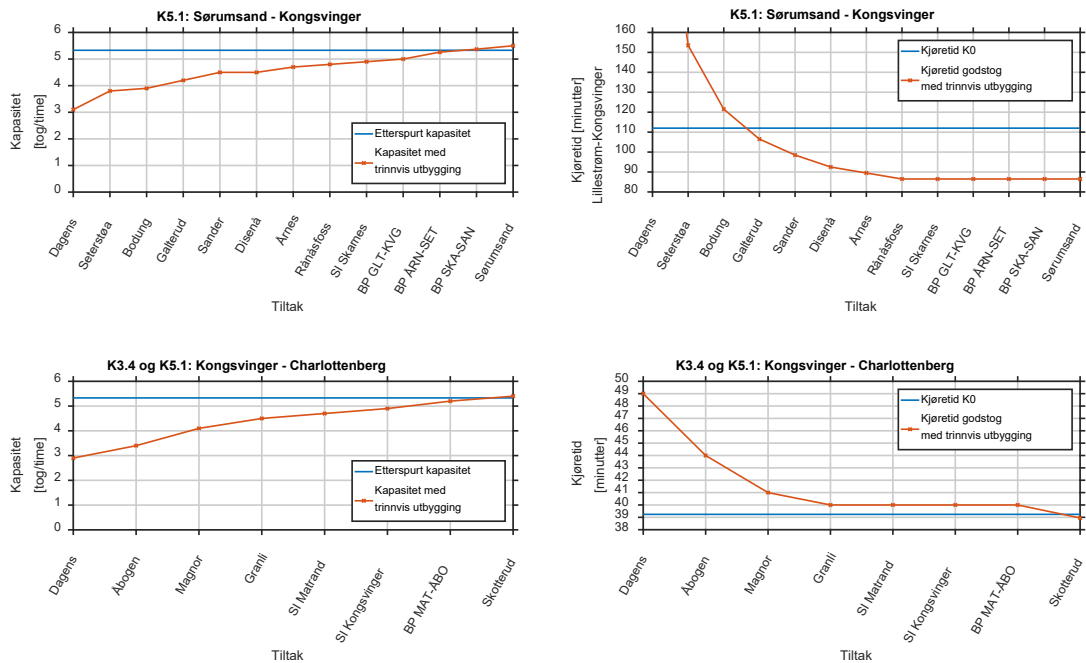
Effekten av tiltakene på kapasitet og kjøretider vises i Figur 23. Når alle tiltak er realisert, finnes det nok kapasitet på alle delstrekninger. Kjøretiden for godstog er redusert sammenlignet med referanse (K0) på strekningen Lillestrøm – Kongsvinger takk vare den nye banen til Sørumsand. Mellom Kongsvinger og Charlottenberg er kjøretiden omtrent som i referanse.



Figur 21 Togtilbud (søylar) og kapasitet (linjer) over hele døgnet i konsept K5.1. Rød stiptet linje viser kapasitet før tiltak og grønn linje kapasitet etter tiltak.



Figur 22 Togtilbud (søylor) og kapasitet (linjer) i dimensjonerende 3-timersperiode i konsept K5.1. Rød stiplet linje viser kapasitet før tiltak og gul linje kapasitet etter tiltak.



Figur 23 Utvikling av kapasitet (dimensjonerende 3-timersperiode) og kjøretid ved trinnsvis utbygging av tiltak. Øvre figurer viser kapasitet og kjøretider med tiltak mellom Sørumsand og Kongsvinger (vist kjøretid er Lillestrøm – Kongsvinger via nye bane). Nedre figurer viser kapasitet og kjøretid på strekningen Kongsvinger – Charlottenberg.

Nødvendige tiltak er:

- Forlengelse av stasjoner til 1000 m (tog 740 m) og samtidig innkjør:
 - Magnor
 - Skotterud
 - Åbogen
 - Galterud
 - Sander
 - Disenå
 - Seterstøa
 - Årnes
 - Bodung
 - Rånåsfoss
 - Sørumsand
- Ny stasjon på Granli med full lengde og samtidig innkjør.
- Nye blokkposter mellom:
 - Matrand og Åbogen
 - Kongsvinger – Galterud
 - Sander – Skarnes
 - Seterstøa – Årnes
- Samtidig innkjør på Kongsvinger, Skarnes og Matrand

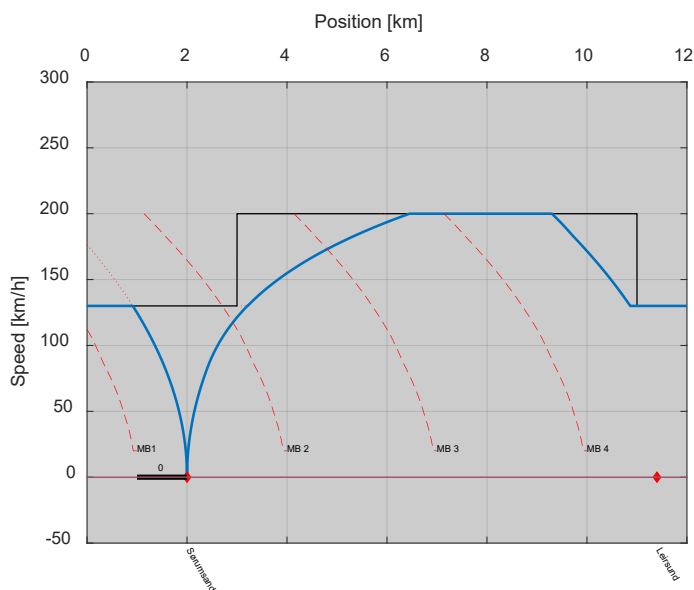
Kjøretid Sørumsand-Leirsund-Lillestrøm

I dette avsnittet oppsummeres resultatene fra kjøretidsberegningen av den nye banen mellom Sørumsand-Leirsund. For persontogene er kjøretidene beregnet med Type 74 for regiontog og fjern tog. Beregningene er grove overslag, og det er ikke tatt hensyn til effekter av stigninger eller andre begrensninger i linjeføringen.

Det er antatt at banen har makshastighet på 200 km/t. Hvis makshastigheten reduseres til 160 km/t, får persontogene 23 sekunder lengre kjøretid.

Tabell 12: Kjøretider Sørumsand-Leirsund-Lillestrøm i minutter

Kjøretider	Regiontog	Godstog
Sørumsand-Leirsund	4,2	7,5
Leirsund-LLS	2,0	-



Figur 24 Hastighetsprofil for regiontog på den nye banen Sørumsand-Leirsund.

Kapasitet på strekningen Lillestrøm – Leirsund (Hovedbanen) og Leirsund-Sørumsand (ny Bane)

På Hovedbanen nord for Lillestrøm går det i dag omtrent 100 tog per døgn (begge retninger). I K5.1 kjører det omtrent 90 tog/døgn på den nye banen fra Sørumsand til Leirsund. Fra Leirsund til Lillestrøm blir det da totalt 100+90 tog = 190 tog/døgn. Med et driftsdøgn på 24 timer tilsvarer dette nesten 8 tog per time i gjennomsnitt. I perioder av døgnet vil det kjøre betydelig flere tog enn gjennomsnittet. Det vil dermed ikke være kapasitet nok mellom Leirsund og Lillestrøm om alle tog skal kjøre på dagens Hovedbane. Enten må det bygges dobbeltspor, eller så må det ses på løsning der persontogene fra Kongsvingerbanen for eksempel kjører via Gardermobanen. Selv om alle persontog fra Kongsvingerbanen kan kjøre Gardermobanen og kun godstogene fra Kongsvingerbanen kjører på Hovedbanen, vil det bli veldig trangt på Hovedbanen (i gjennomsnitt 5.5 tog per time). Spesielt som det antageligvis kan forventes at trafikken på Hovedbanen også øker i framtiden.

Den nye banen Leirsund – Sørumsand trenger ikke nødvendigvis å ha dobbeltspor hele strekningen. Litt avhengig valgt løsning for tilkobling på Hovedbanen og/eller Gardermobanen bør imidlertid den nye banen ha en strekning med noen kilometer dobbeltspor nærmest Leirsund. Dette er nødvendig slik at tog fra/til den nye banen kan kjøre på/av Hovedbanen/Gardermobanen uten å redusere kapasiteten på disse. Kryssing av tog fra/til den nye banen må kunne skje uten å innvirke på trafikken på Hovedbanen/Gardermobanen. Det vil skje fletting av tog fra den nye banen og tog på Hovedbanen/Gardermobanen. Det betyr at tog fra den nye banen ofte vil bli nødt til å redusere hastigheten eller stoppe helt før de kjører in på Hovedbanen/Gardermobanen. Dobbeltsporet bør være tilstrekkelig langt slik at dette kan skje uten å redusere kapasiteten på den enkeltsporete strekningen nærmere Sørumsand. Da stopp grunnet fletting vil skje ofte, er det kanskje ønskelig at dobbeltsporet kan magasinere to lange tog i retning mot Lillestrøm. Forutsatt at Sørumsand utformes slik at lokaltogene ikke interferer med øvrige tog, kan den nye banen være enkeltsporet noen kilometer nærmest Sørumsand. På strekningen er det samme belastning som på Kongsvingerbanen mellom Sørumsand og

Kongsvinger (som fortsatt en enkeltsporet). Ytterligere en enkeltsporet delstrekning vil imidlertid redusere kapasiteten litt på øvrige deler av Kongsvingerbanen opp mot Kongsvinger. Med litt mer enn 5 tog/tim i rushperioden og nesten 4 tog/time over hele døgnet, vil den nye strekningen ha høy belastning om den blir enkeltsporet.

Kjøretider

Regiontogenes kjøretid er input til den samfunnsøkonomiske vurderingen i grovsilingen. Lange kjøretider kan også avdekke behov for ekstra tiltak i tilfeller der kapasitetsanalysen viser at kapasiteten er godt nok.

Tabellen nedenfor oppsummerer beregnede kjøretider for regiontog, lokaltog, fjerntog og godstog. Kjøretiden er summen av teknisk kjøretid, kjøretidsmargin, oppholdstid inklusive tidstillegg for bremsing og akselerasjon og tidstillegg kryssing/forbikjøring. For å få reisetiden for persontog til Oslo S, kan 10 minutters reisetid (inkluderer stopp på Lillestrøm) adderes til talene vist i tabellen.

I vedlegget vises mer detaljerte resultater for alle togopplegg.

Tabell 13 Beregnet total kjøretid i minutter for persontog og godstog. To kjøretider vises. Den første er beregnet basert på at persontog alltid prioriteres foran godstog. Den andre viser kjøretiden når persontog og godstog har samme prioritet.

Kjøretid [minutter]	K0	K2.3	K3.4	K5.1
Regionaltog (Lillestrøm-Kongsvinger)	71 (73)	71 (72)	56 (56)	59 (62)
Lokaltog (Lillestrøm-Sørumsand/Årnes)	-	-	37 (37)	18 (18)
Fjerntog (Lillestrøm-Charlottenberg)	78 (82)	78 (82)	74 (77)	72 (78)
Godstog (Lillestrøm-Charlottenberg)	151 (110)	145 (108)	98 (95)	125 (92)
Tømmertog (Kongsvinger-Charlottenberg)	39 (36)	39 (36)	39 (36)	39 (36)

Beregnete kjøretider for godstog synes i flere tilfeller være lengre enn forventet. For å sammenligne så tog det i snitt 114 minutter for godstog i R17 å kjøre mellom Lillestrøm og Kongsvinger. I K0 tar det 151 minutter. Forskjellen forklares av flere ting:

- I alle konsepter, har godstogene lavere prioritet enn persontogene. Dette betyr at persontog ikke for noe tillegg ved kryssing med godstog. Det er alltid godstogene som må stoppe. Virkeligheten er litt mer fleksibel og persontog kan normalt tilpasses litt ibland om det gir stor gevinst for godstogene. Dette har stor betydning i beregningene. Tallene i parentes viser resultatene om godstog og persontog har samme prioritet. Godstogenes kjøretid reduseres betydelig mens persontogenes kun øker med noen få minutter.
- Teknisk kjøretid er beregnet for et tog på 1500 ton. Det er tyngre enn de fleste togene på Kongsvingerbanen og medfører også at de for lengre teknisk kjøretid. Det medfører også store tidstillegg for bremsing (1 minutt) og akselerasjon (2 minutter).
- Godstogene er lange. Lengden på kombitogene varierer mellom 630 og 740m. Allerede 630 meter lange tog i K0 er lengre enn de fleste tog som kjører der i dag. Toglengden har stor betydning da det er mangt kryssingsspor på Kongsvingerbanen som er korte.

Følsomhetsanalyse

Det har blitt gjennomført en følsomhetsanalyse. I analysen varieres trafikkmengden med +/- 25% for å se på hva de har for betydning for nødvendige tiltak. Både døgntrafikken og trafikken i dimensjonerende 3-timersperiode varieres og alle togtyper endres likt (med samme prosent). Trafikkmengder for ulike delstrekninger i de forskjellige konseptene oppsummeres i Tabell 14. Da både døgntrafikk og trafikken i dimensjonerende 3-timersperiode varieres likt, så er det fortsatt trafikken i den dimensjonerende 3-timersperioden som er dimensjonerende for hvilke tiltak som må til.

Tabell 14 Trafikkmengder brukt i følsomhetsanalysen.

Konsept	100%		-25%		+25%	
	Døgntrafikk [tog/t]	Dimensjonerende 3-timer [tog/t]	Døgntrafikk [tog/t]	Dimensjonerende 3-timer [tog/t]	Døgntrafikk [tog/t]	Dimensjonerende 3-timer [tog/t]
K2.3						
Lillestrøm-Kongsvinger	2,8	3,7	2,1	2,8	3,5	4,6
Kongsvinger-Charlottenberg	1,4	2,3	1,1	1,7	1,8	2,9
K3.4						
Lillestrøm-Årnes	8,3	11,3	6,2	8,5	10,4	14,2
Årnes-Kongsvinger	5,2	7,3	3,9	5,5	6,5	9,2
Kongsvinger-Charlottenberg	2,7	5,3	2,0	4,0	3,3	6,7
K5.1						
Lillestrøm-Sørumsand	3,2	4,0	2,4	3,0	4,0	5,0
Sørumsand-Kongsvinger	3,8	5,3	2,8	4,0	4,7	6,7
Kongsvinger-Charlottenberg	2,7	5,3	2,0	4,0	3,3	6,7

Resultatene fra følsomhetsanalysen oppsummeres i Tabell 15. Om trafikken reduseres med 25% er det i K2.3 kun nødvendig å forlenge kryssingsporet på Seterstøa. I konsept K3.4 er det fortsatt nødvendig med dobbeltspor mellom Lillestrøm og Årnes. Mellom Årnes og Kongsvinger er det ikke nødvendig med dobbeltspor, men alle stasjoner utenom Disenå må forlenges til 750 m med samtidig innkjør. I tillegg må også Kongsvinger få samtidig innkjør. På strekningen Kongsvinger-Charlottenberg forlenges Åbogen og Magnor. Figur som viser kapasiteten finnes i vedlegget. I konsept K5.1 reduseres tiltakene til forlengelse av Seterstøa, Bodung, Galterud, Åbogen og Magnor.

I konsept 2.3 innebærer en trafikkøkning med 25% at flere kryssingsspor må forlenges, se Tabell 15. I tillegg til dette må det in tiltak mellom Roven og Lillestrøm. Kapasiteten kan forbedres ved å fjerne stoppene på Svingen og Nerdrum. I K3.4 må det være dobbeltspor hele veien fra Lillestrøm til Charlottenberg. Selv om det i Figur 18 ser ut som om kapasiteten mellom Kongsvinger og Charlottenberg kan økes ved å bygge tre nye kryssingsspor på de tre lengste strekningene, vurderes det ikke som mulig da 6.7 tog per time vil medføre en ekstrem belastning som ikke vil gi robust trafikk. Spesielt som det må forutsettes at enkeltsporet fortsetter på svensk side grensen. I konsept K5.1 må det bygges dobbeltspor fra Sørumsand til Charlottenberg. Det har i tillegg blitt analysert om maksimalt utbygget enkeltspor mellom Sørumsand og Kongsvinger (inklusive tre helt nye stasjoner) gir nok kapasitet, se vedlegg.

Tabell 15 Tiltak i følsomhetsanalysen. Kapasiteten på strekningene etter tiltak er angitt i tabellen (dimensjonerende 3-timersperiode). For strekninger med dobbeltspor er det antatt at kapasiteten er tilstrekkelig. Tall i parentes i konsept K2.3 +25% på strekningen Lillestrøm-Kongsvinger viser kapasiteten uten tiltak på strekningen Roven-Lillestrøm.

Konsept	-25%		+25%	
K2.3	Tiltak	Kapasitet [tog/t]	Tiltak	Kapasitet [tog/t]
Lillestrøm-Kongsvinger	Seterstøa	2,8	Galterud, Seterstøa, Bodung, Rånåsfoss, Roven, Årnes, Sander, SI Skarnes, SI Kongsvinger*	4,6 (4,4)
Kongsvinger-Charlottenberg	-	2,7	Åbogen	3,24
K3.4				
Lillestrøm-Årnes	DSP	-	DSP	-
Årnes-Kongsvinger	Galterud, Sander, Seterstøa, Årnes, SI Kongsvinger	5,5	DSP	-
Kongsvinger-Charlottenberg	Åbogen, Magnor	4,1	DSP	-
K5.1				
Lillestrøm-Sørumsand	-	5	-	5
Sørumsand-Kongsvinger	Seterstøa, Bodung, Galterud	4,2	DSP	-
Kongsvinger-Charlottenberg	Åbogen, Magnor	4,1	DSP	-

* Nødvendig med tiltak mellom Roven og Lillestrøm, en mulighet er å fjerne stopp på Svingen og Nerdrum

SI: Samtidig Innkjør, DSP: Dobbeltspor

Oppsummering

Det har i grunnen blitt brukt samme metodikk for å analysere de videreførte konseptene som den som ble brukt i grovsilingsnotatet. En stor forskjell er fra grovsilingen er imidlertid at data om antall godstog fra Jernbanedirektoratets Godstrategi 2033 er lagt til grunn for antallet godstog i konseptene. Dette betyr at det kjører betydelig flere godstog i konsept K3.4 og K5.1 nå enn i grovsilingen. Dette medfører at det er nødvendig med flere tiltak, spesielt i K3.4 og K5.1 på strekningen mellom Kongsvinger og grensen. En annen forskjell fra grovsilingen er at døgnfordelingen av godstogsavganger fra Godsstrategi 2033 er brukt til å finne dimensjonerende trafikk (rushperiode) på Kongsvingerbanen. Forutsetningene for analysen i dette notat er nå i samsvar med Godstrategien. En annen forskjell er at driftsdøgnet lengde er endret fra 20 til 24 timer. Lengre driftsdøgn sammen med de nye døgnfordelingene gjør at det er kapasitetsbehovet i rushperioden, og ikke døgnbehovet, som blir dimensjonerende for hvor mye tiltak som må til. Foreslåtte tiltak er dermed avhengige av Godsstrategiens døgnfordeling. I alle konsepter er estimert tidstap for kryssinger og forbikjøringer for godstog på strekningen Kongsvinger – Charlottenberg omtrent samme som i referanse (K0). Estimeringen er laget på gjennomsnittlig trafikk over hele døgnet, og viser dermed at nivået på tiltak på strekningen er rimelig også med hensyn til døgnbelastningen.

Nødvendige tiltak og estimerte kjøretider for de forskjellige konseptene er vist i Tabell 16 og Tabell 17.

Tabell 16 Oppsummering av nødvendige tiltak i de forskjellige konseptene.

Konsept	Ny bane	Nye/forlengelse av eksisterende kryssingspor	Andre tiltak
K2.3	-	Galterud, Seterstøa, Bodung, Rånåsfoss, Roven	-
K3.4	-	Magnor, Skotterud, Åbogen, Granli	-Dobbelspor Lillestrøm Ø - Kongsvinger med forbikjøringspor på Sørumsand -Samtidig innkjør på Matrand og Kongsvinger -Ny blokkpost mellom Matrand - Åbogen
K5.1	Ny bane Leirsund-Sørumsand	Magnor, Skotterud, Åbogen, Granli, Galterud, Sander, Disenå, Seterstøa, Årnes, Bodung, Rånåsfoss, Sørumsand	-Samtidig innkjør på Matrand og Kongsvinger -Nye blokkposter mellom Matrand-Åbogen, Kongsvinger-Galterud, Sander-Skarnes, Seterstøa-Årnes

Tabell 17 Beregnet total kjøretid i minutter for persontog og godstog. To kjøretider vises. Den første er beregnet basert på at persontog alltid prioriteres foran godstog. Den andre viser kjøretiden når persontog og godstog har samme prioritet.

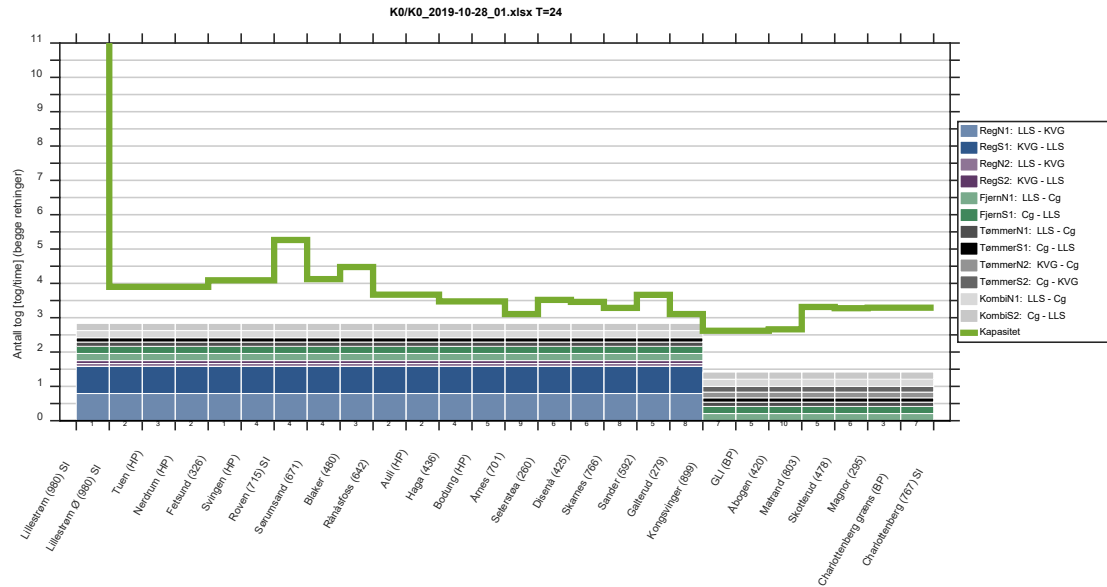
Kjøretid [minutter]	K0	K2.3	K3.4	K5.1
Regionaltog (Lillestrøm-Kongsvinger)	71 (73)	71 (72)	56 (56)	59 (62)
Lokaltog (Lillestrøm-Sørumsand/Årnes)	-	-	37 (37)	18 (18)
Fjerntog (Lillestrøm-Charlottenberg)	78 (82)	78 (82)	74 (77)	72 (78)
Godstog (Lillestrøm-Charlottenberg)	151 (110)	145 (108)	98 (95)	125 (92)
Tømmertog (Kongsvinger-Charlottenberg)	39 (36)	39 (36)	39 (36)	39 (36)

Referanser

- [1] Codex 405R Capacity, UIC, 1996.

Vedlegg

Kapasitet referanse K0



Figur 25 Kapasitet og togtilbud i konsept K0 (referanse).

Døgnfordelinger

Kjøretider

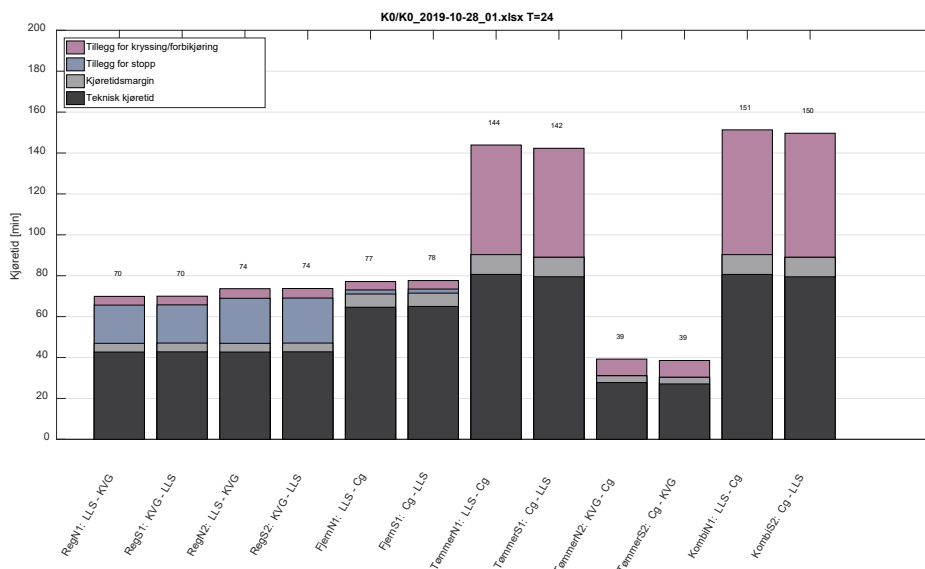
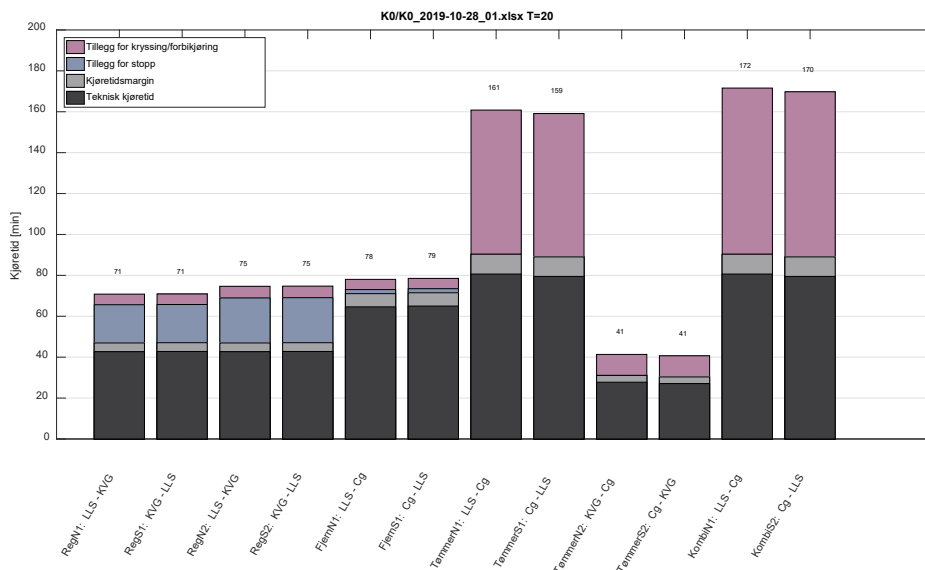
Kjøretider mellom kryssingsspor

Tabell 18 Kjøretider for persontog og godstog. For hvert konsept (kolonne 5-8) vises kjøretiden mellom kryssingsspor som er lange nok til å krysse godstog i konseptet (med alle tiltak). Kjøretidene inkluderer kjøretidsmargin, men ikke tidstillegg for akselerasjon eller bremsing.

Kjøretid østlig retning [minutter]		Persontog	Godstog	K0 (630 m)	K2.3 (740 m)	K3.4 (740 m)	K5.1 (740 m)
Charlottenberg	Charlottenberg græns (BP)	3,4	4,4				
Charlottenberg græns (BP)	Magnor	1,9	2,3			6,7	6,7
Magnor	Skotterud	3,2	4,1			4,1	4,1
Skotterud	Matrand	2,8	3,6	14,4	14,4	3,6	3,6
Matrand	Åbogen	5,3	6,8			6,8	6,8
Åbogen	GLI (BP)	2,8	3,6			3,6	3,6
GLI (BP)	Kongsvinger	4,9	6,3	16,7	16,7	6,3	6,3
Kongsvinger	Galterud	5,1	6,2		6,2	DSP	6,2
Galterud	Sander	3,1	3,7			DSP	3,7
Sander	Skarnes	4,5	5,6	15,6	9,3	DSP	5,6
Skarnes	Disenå	3,4	4,1			DSP	4,1
Disenå	Seterstøa	3,5	4,3		8,4	DSP	4,3
Seterstøa	Årnes	5,0	6,1	14,5		DSP	6,1
Årnes	Bodung (HP)	2,8	3,5		9,6	DSP	3,5
Bodung (HP)	Haga	2,6	3,1			DSP	
Haga	Auli (HP)	1,2	1,4			DSP	
Auli (HP)	Rånåsfoss	1,0	1,3	9,3	5,8	DSP	5,8
Rånåsfoss	Blaker	1,8	2,4			DSP	
Blaker	Sørumsand	2,7	3,4	5,7		DSP	5,7
Sørumsand	Roven	2,2	3,0	3,0	8,7	DSP	-
Roven	Svingen (HP)	2,1	2,9			DSP	-
Svingen (HP)	Fetsund	0,6	0,7			DSP	-
Fetsund	Nerdrum (HP)	0,9	1,2			DSP	-
Nerdrum (HP)	Tuen (HP)	1,8	2,4			DSP	-
Tuen (HP)	Lillestrøm Ø	1,4	2,4	9,5	9,5	DSP	-
Lillestrøm Ø	Lillestrøm	1,2	1,6	DSP	DSP	DSP	-

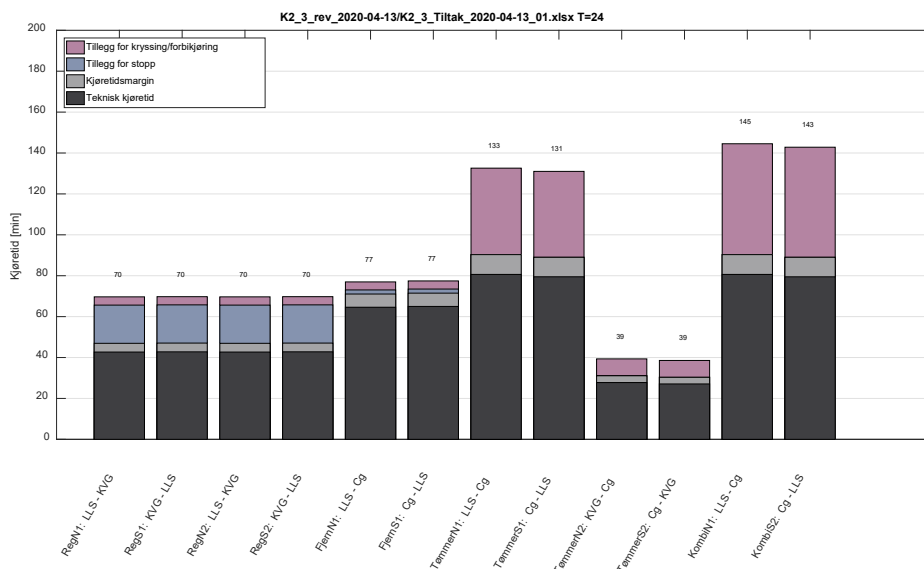
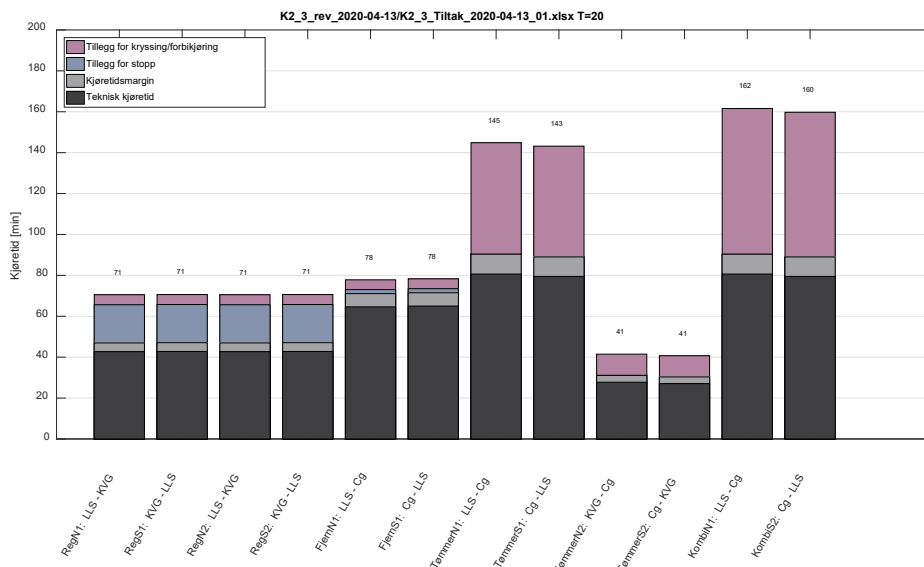
Konsept K0 (referanse)

Øvre figuren viser resultat med 20 timers driftsdøgn og nedre figuren med 24 timers driftsdøgn. Øvre figuren brukes til å beregne kjøretider for persontog. Persontog kjører ikke hele døgnet og får kun tidstap ved kryssinger/forbikjøring med andre persontog (figurene viser resultat når persontog har høyere prioritet enn godstog). Nedre figuren brukes til å beregne kjøretider for godstog (kjører hele døgnet).



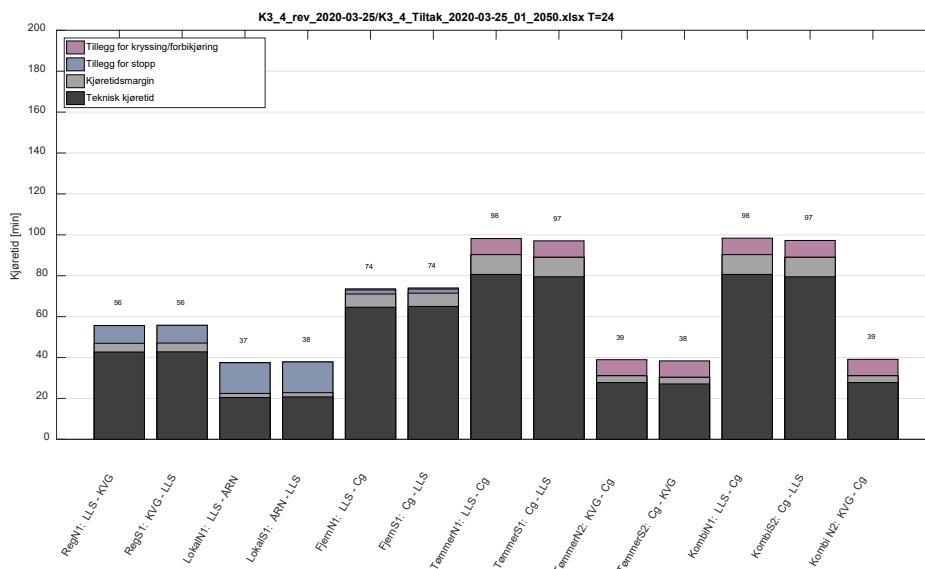
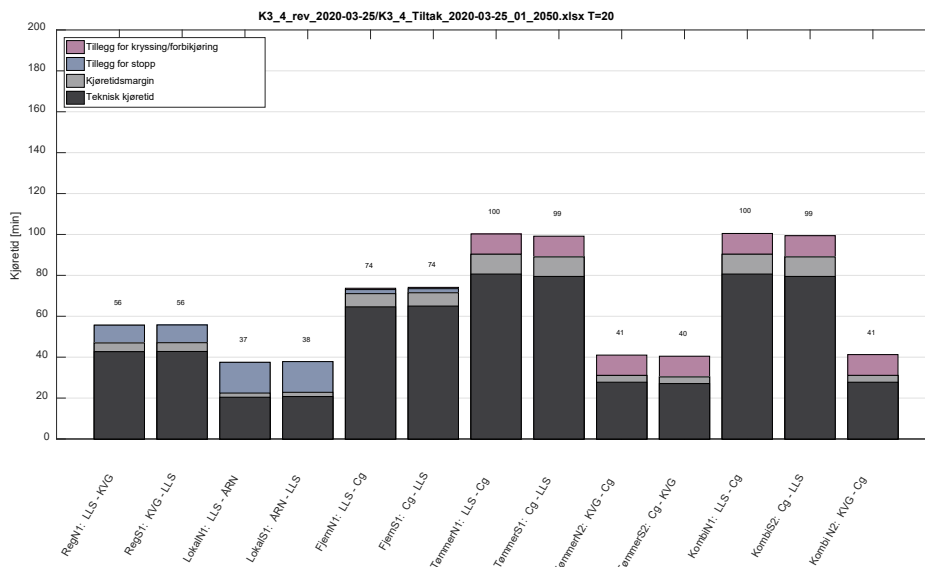
Konsept K2.3

Øvre figuren viser resultat med 20 timers driftsdøgn og nedre figuren med 24 timers driftsdøgn. Øvre figuren brukes til å beregne kjøretider for persontog. Persontog kjører ikke hele døgnet og får kun tidstap ved kryssinger/forbikjøring med andre persontog (figurene viser resultat når persontog har høyere prioritet enn godstog). Nedre figuren brukes til å beregne kjøretider for godstog (kjører hele døgnet).



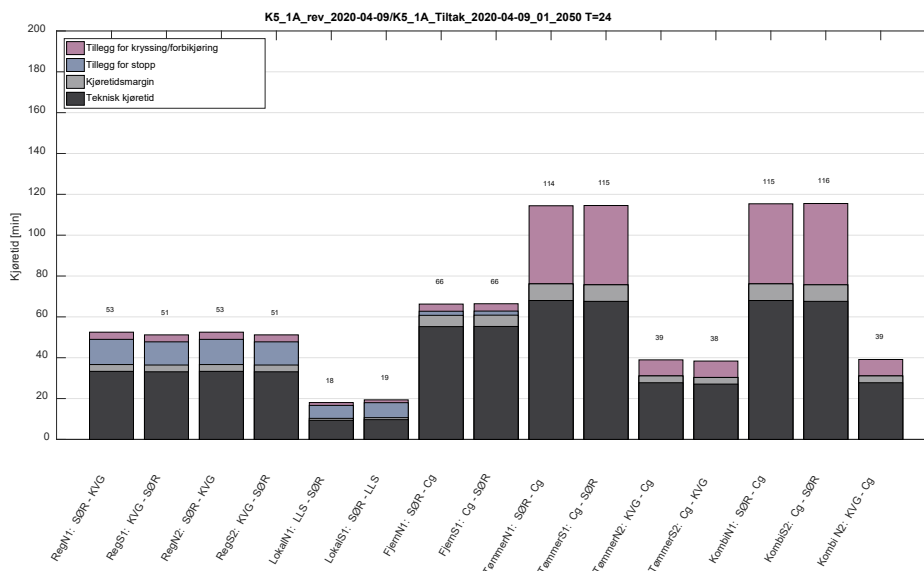
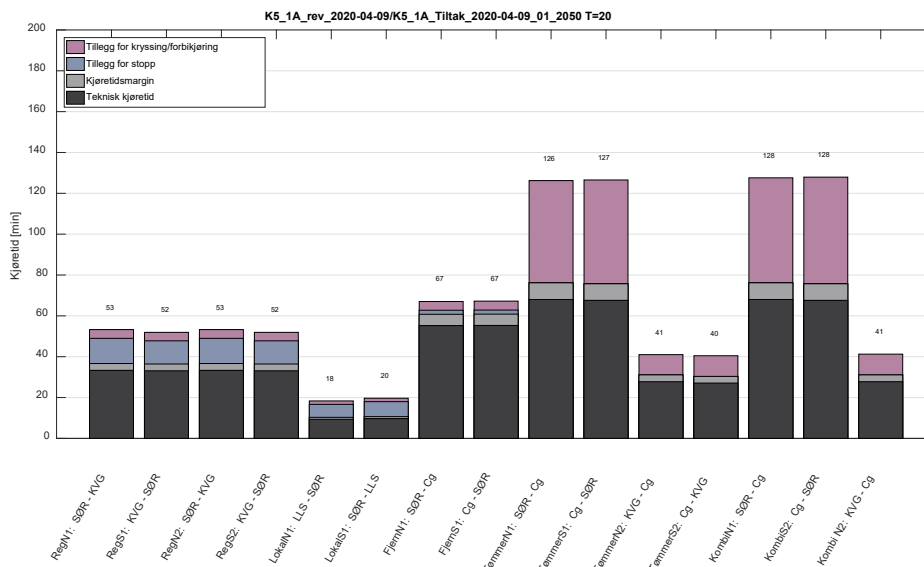
Konsept K3.4

Øvre figuren viser resultat med 20 timers driftsdøgn og nedre figuren med 24 timers driftsdøgn. Øvre figuren brukes til å beregne kjøretider for persontog. Persontog kjører ikke hele døgnet og får kun tidstap ved kryssinger/forbikjøringer med andre persontog (figurene viser resultat når persontog har høyere prioritet enn godstog). Nedre figuren brukes til å beregne kjøretider for godstog (kjører hele døgnet).

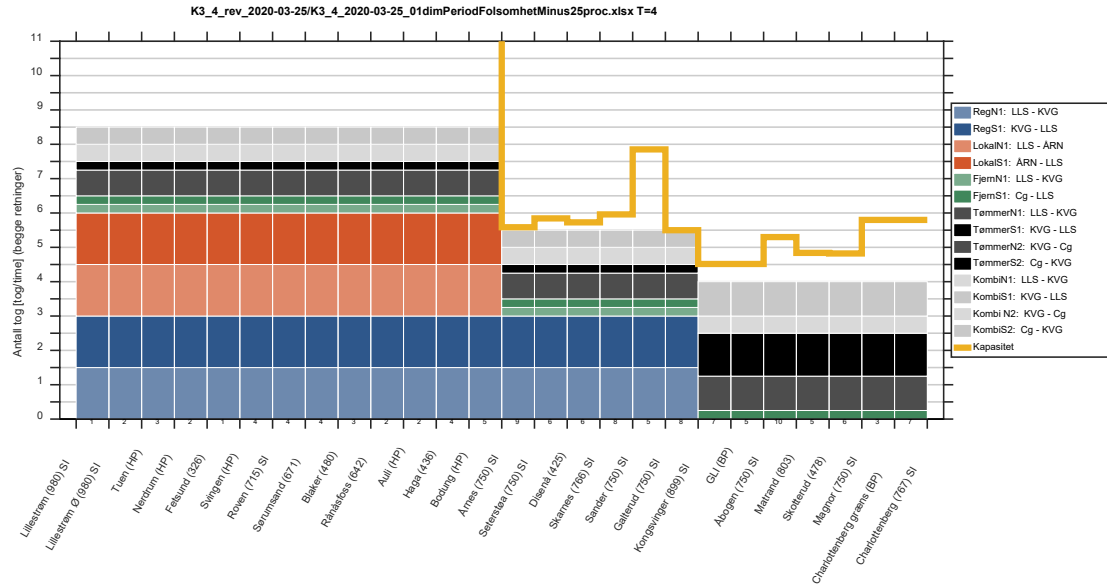


Konsept K5.1

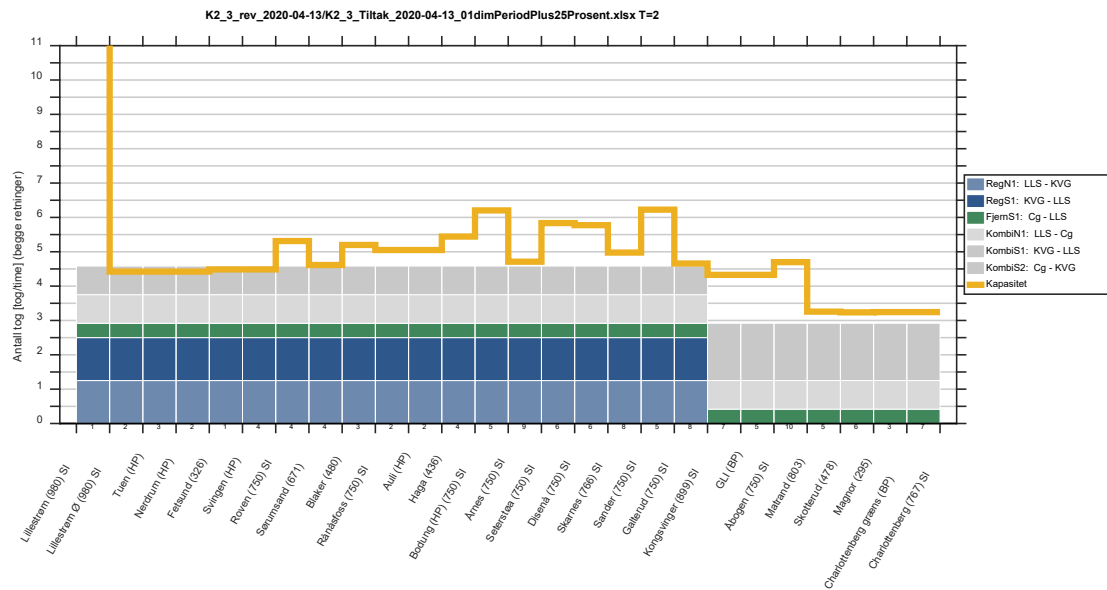
Øvre figuren viser resultat med 20 timers driftsdøgn og nedre figuren med 24 timers driftsdøgn. Øvre figuren brukes til å beregne kjøretider for persontog. Persontog kjører ikke hele døgnet og får kun tidstap ved kryssinger/forbikjøringer med andre persontog (figurene viser resultat når persontog har høyere prioritet enn godstog). Nedre figuren brukes til å beregne kjøretider for godstog (kjører hele døgnet).



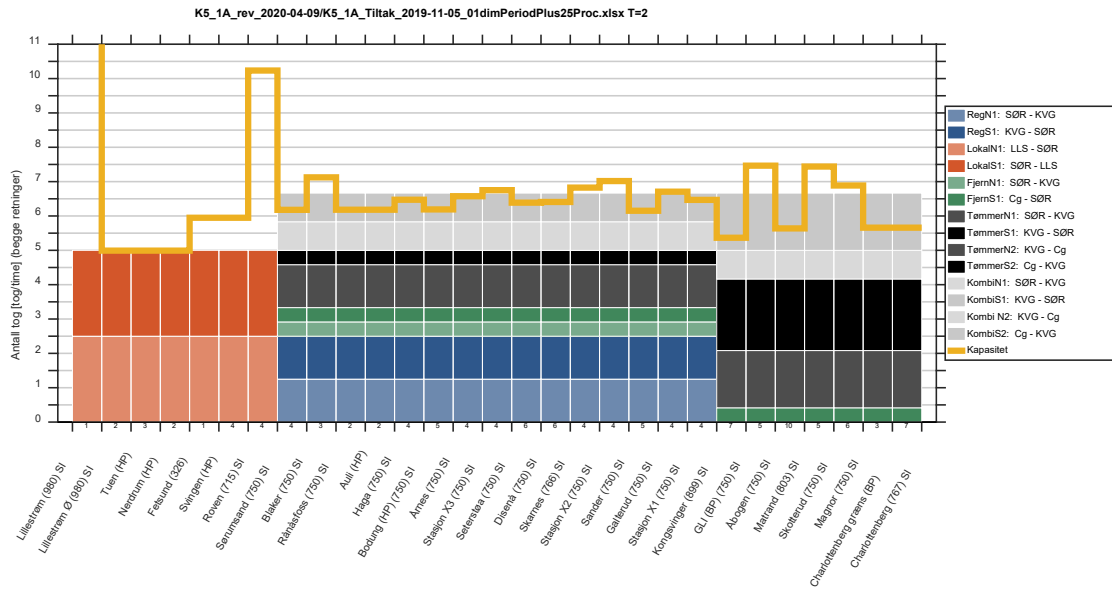
Følsomhetsanalyse



Figur 26 Kapasitet i konsept K3.4 -25%

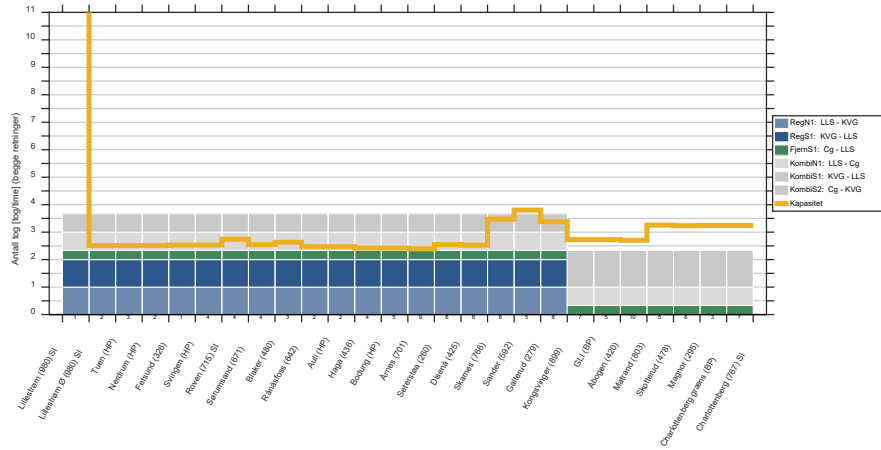


Figur 27 Kapasitet i konsept K2.3 +25%.

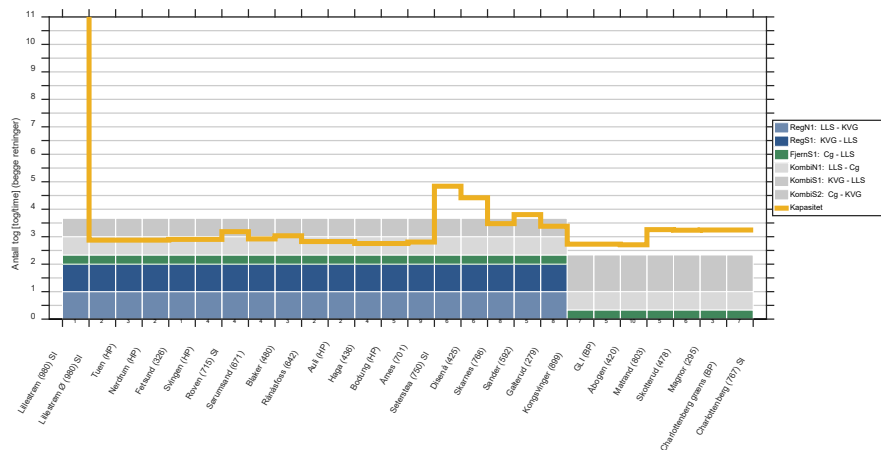


Figur 28 Kapasitet i konsept K5.1 +25% med tre nye kryssingsspor mellom Sørumsand og Kongsvinger.

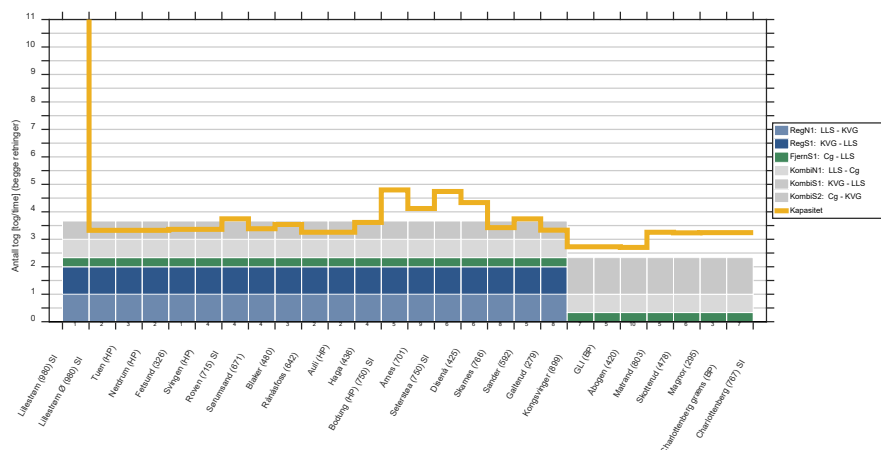
Eksempel trinnvis utbygging av kapasitet konsept K2.3



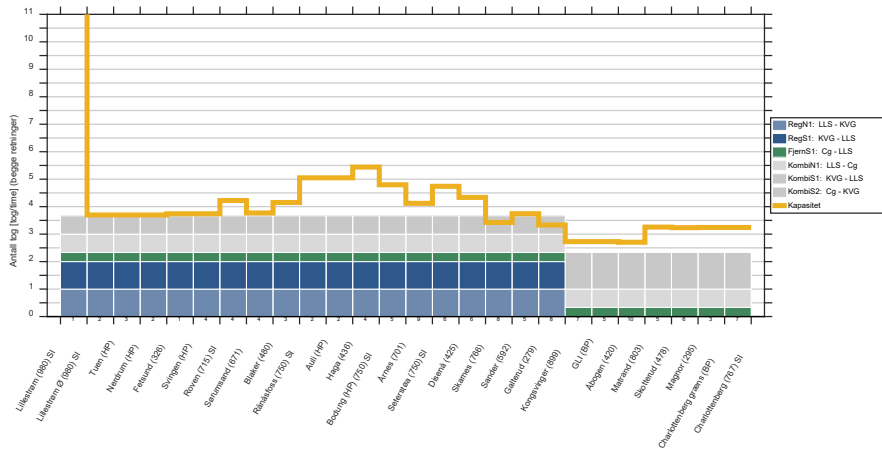
Dagens



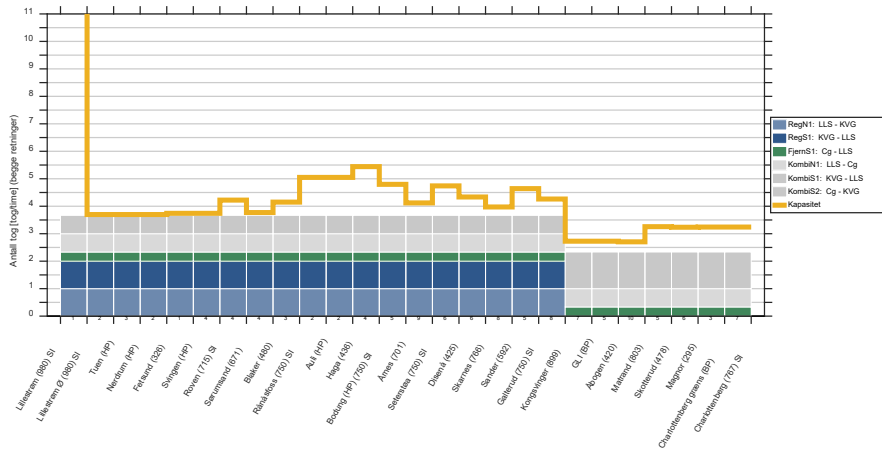
Seterstø



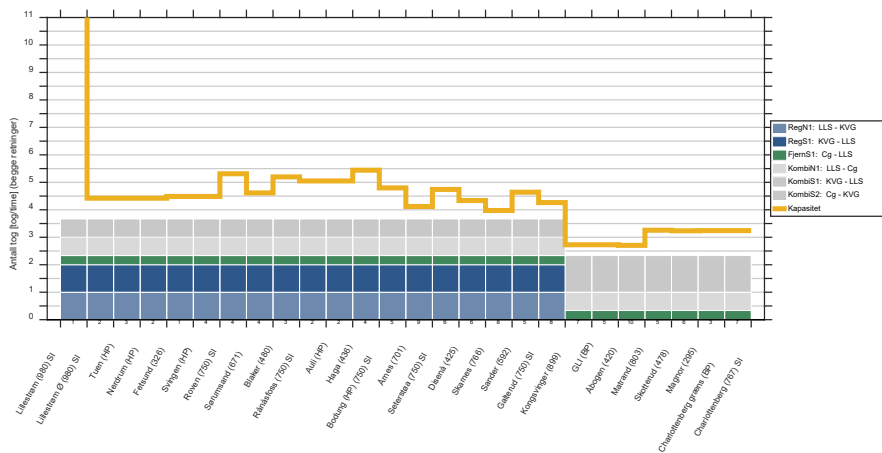
Bodung



Rånåsfoss



Galterud



Roven

Eksempel beregning av togfølgetid med tre ulike togtyper (lengde)

Eksemplet er tilsvarende som i avsnittet «Kapasitetsutnyttelse med lange godstog». Forskjellen er at det i dette eksempel finnes 3 tog med forskjellig lengde og fire stasjoner, slik at det er mulig å bedre vise hvordan metodikken fungerer.

Strekningen A-B og B-C får samme togfølgetid da ingen av godstogene kan krysse på stasjon B og kjøretidene på begge strekningene er samme. Strekning C-D får lavere togfølgetid da tømmerogene (T1 og T2) kan krysse på stasjon C.

Som beskrevet i rapporten så er det det lengste toget som bestemmer hvilken kjøretid som skal brukes, det vil si det er ikke tatt hensyn til muligheten til overlange kryssinger. Dette er en forenkling som fungerer bra når det lengre toget er et godstog og det kortere et persontog. Er det et kort og et langt godstog, gjelder samme forutsetninger. Metodikken gjør ingen forskjell på om det er persontog eller godstog, den ser kun til tog lengder og sporengder. Av den årsaken blir togfølgetiden for kombinasjoner av godstog (K) og tømmerog (T) samme på delstrekning C-D som på A-B og B-C, selv om tømmerogene er kortere enn sporene på stasjon C.

Kjøretid						Togfølgetid					
Tog	Antall	Lengde	A <--> B	B <--> C	C <--> D	Togrekkefølge	Vekt [%]	A <--> B	B <--> C	C <--> D	
R1	2	220	4	4	4	1 R1 R2	8%	4	4	4	
R2	2	220	4	4	4	2 R1 K1	4%	4	4	4	
K1	1	740	6	6	6	3 R1 K2	4%	12	12	12	
K2	1	740	6	6	6	4 R1 T1	4%	4	4	4	
T1	1	500	6	6	6	5 R1 T2	4%	8	8	4	
T2	1	500	6	6	6	6 R2 R1	8%	4	4	4	
						7 R2 K1	4%	12	12	12	
						8 R2 K2	4%	4	4	4	
						9 R2 T1	4%	8	8	4	
						10 R2 T2	4%	4	4	4	
						11 K1 R1	4%	10	10	10	
						12 K1 R2	4%	18	18	18	
						13 K1 K2	2%	18	18	18	
						14 K1 T1	2%	6	6	6	
						15 K1 T2	2%	18	18	18	
						16 K2 R1	4%	18	18	18	
						17 K2 R2	4%	10	10	10	
						18 K2 K1	2%	18	18	18	
						19 K2 T1	2%	18	18	18	
						20 K2 T2	2%	6	6	6	
						21 T1 R1	4%	8	8	6	
						22 T1 R2	4%	12	12	6	
						23 T1 K1	2%	6	6	6	
						24 T1 K2	2%	18	18	18	
						25 T1 T2	2%	12	12	6	
						26 T2 R1	4%	12	12	6	
						27 T2 R2	4%	8	8	6	
						28 T2 K1	2%	18	18	18	
						29 T2 K2	2%	6	6	6	
						30 T2 T1	2%	12	12	6	
Gjennomsnitt:								10,53	10,53	9,33	
Vektlagt gjennomsnitt:								9,46	9,46	8,31	

Kryssingsspor A: 750 m
 Kryssingsspor B: 400 m
 Kryssingsspor C: 630 m
 Kryssingsspor D: 750 m.