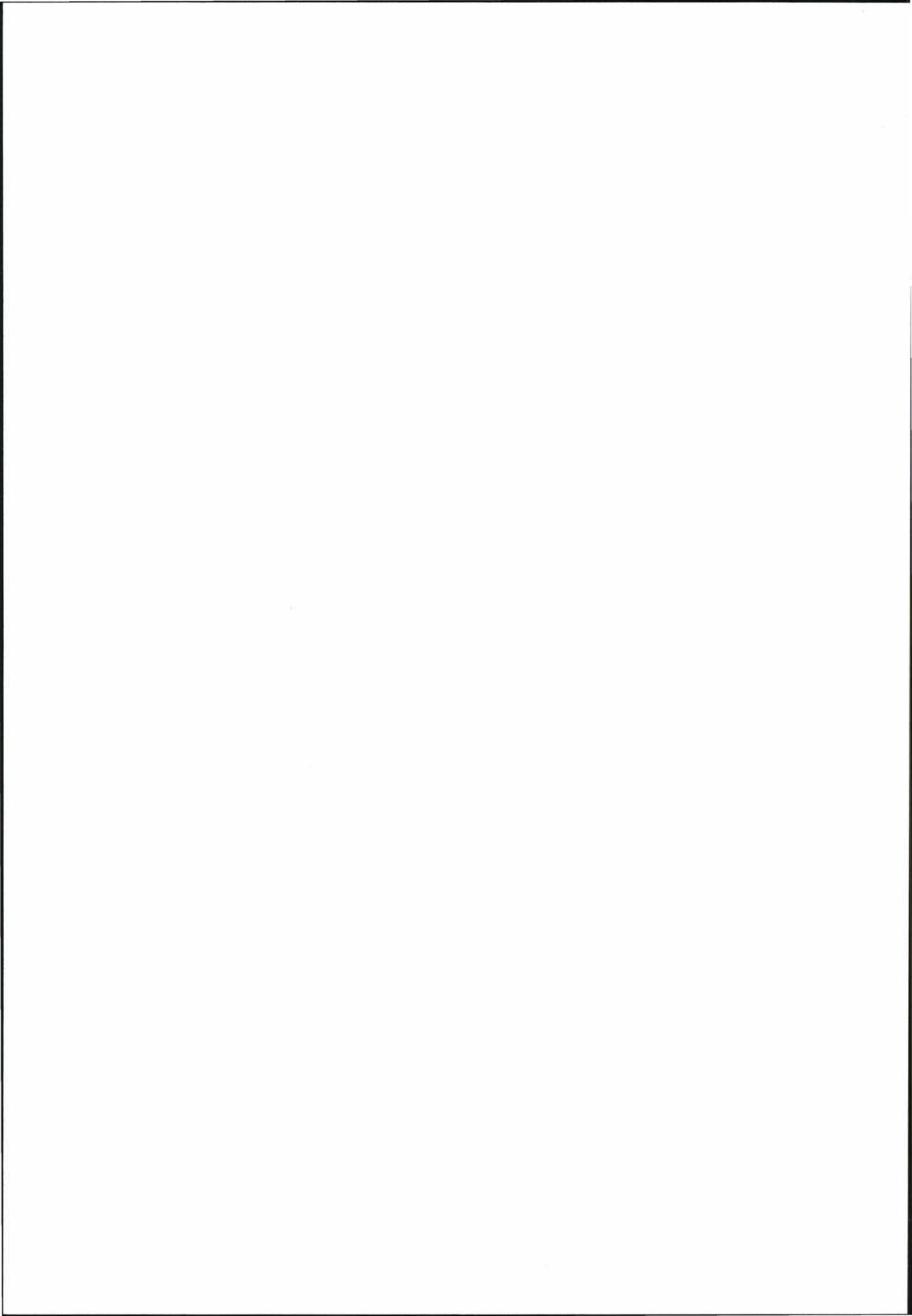


Simuleringsrapport

Banestrømforsyningen i Oslo-området med trafikkøkninger i forbindelse med økt togtrafikk og innfasing av flere FLIRT-togsett

Fase 2 - Trafikk og infrastruktur frem mot 2018






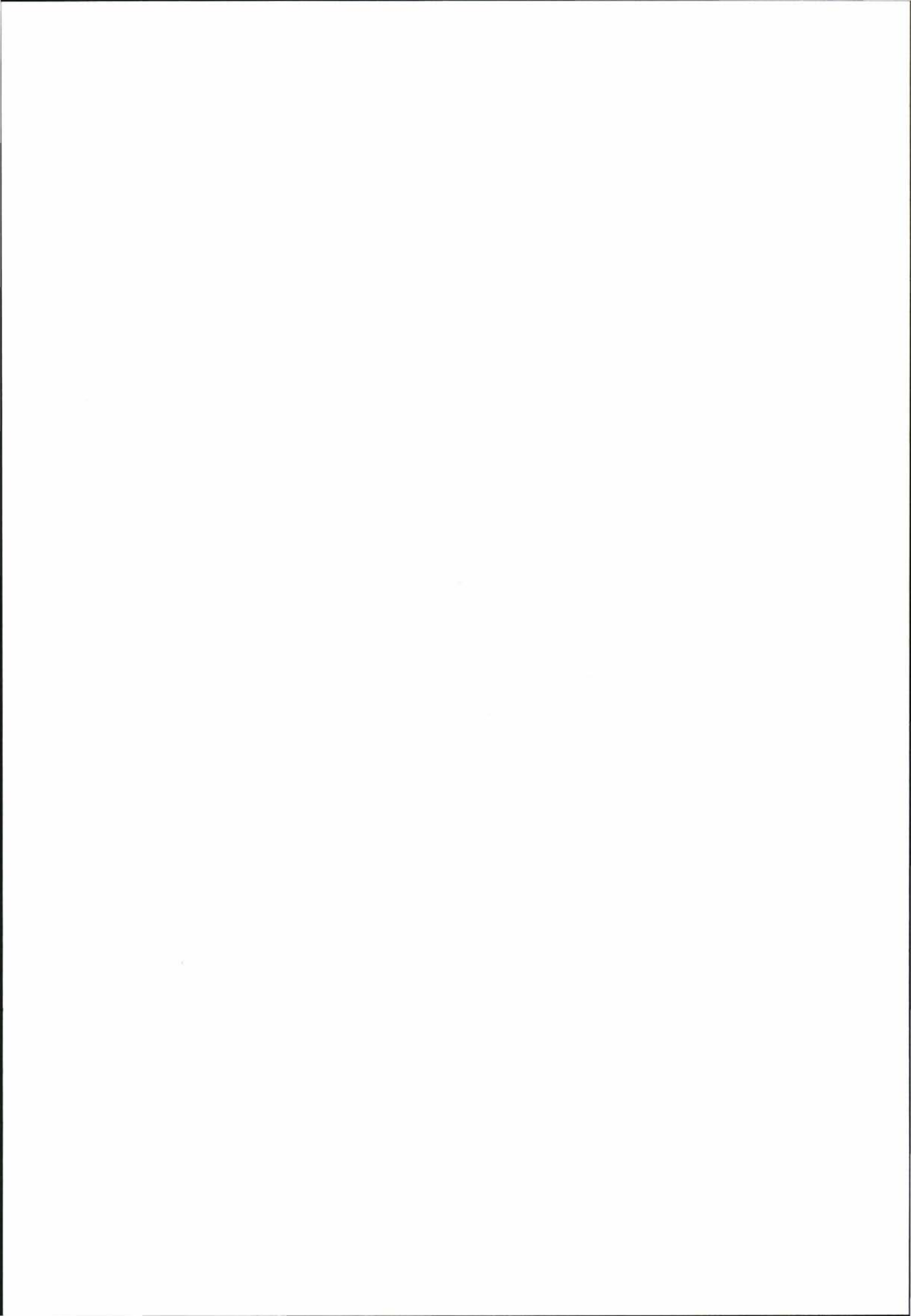
SIMULERINGSRAPPORT

BANESTRØMFORSYNINGEN I OSLO-OMRÅDET MED TRAFIKKØKNING I FORBINDELSE MED NY GRUNNRUTEMODELL

**Undersøkelse av behov for tiltak i
banestrømforsyningen for å tilfredsstille økning av
transportarbeidet ved innfasing av flere togsett
Type 74/75**

Fase 2 - trafikk og infrastruktur 2012 - 2018

000	Endelig utgave	05.10.2011	FM	DALING	JCS
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Banestrømforsyning Simuleringsrapport Banestrømforsyningen i Oslo-området med trafikkøkninger i forbindelse med ny grunnrutemodell		Ant. sider	Fritekst 1d		
		48	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent	Frank Martinsen - ETE	
		Prod. dok. nr.			
Erstatning for					
Erstattet av					
 Jernbaneverket		Dokument nr.			Rev.
		EB-100830-000			000



Sammendrag

NSB har bestilt og får levert 50 nye lokaltog av typen FLIRT (*Flinker leichter innovativer Regional-Triebzug*) i løpet av 2012. Disse togene skal på sikt fase ut alle de eldre togsettene av Type 69 som nå er rundt 40 år gamle. De nye togsettene har en installert elektrisk ytelse på 6,4 MVA (fra strømvogner) og når disse går som doble sett trekker de altså nærmere 13 MVA. Til sammenligning trekker et sett av Type 69 med seks vogner 3,8 MVA. En ytterligere belastnings økning for banestrømforsyningen vil skje ved at trafikken i Oslo-området økes. Opprinnelig var dette tenkt å skje med ruteplan R2012 som skulle settes i verk ved årsskifte 2011/12. Ruteplan R2012 skulle gi en trafikkøkning på 37 %.

R2012 og de kapasitetsøkende tiltakene dette vil innebære ble lagt på is av Regjeringen sommeren 2010. Dermed vil de nye lokal- og regionaltogene (Type 74/75) settes i drift i vanlig rute. En ruteplan med tilsvarende stor trafikk som R2012 forventes å kunne komme i løpet av de nærmeste årene. Dessuten kan det også forventes at NSB går til anskaffelse av ytterligere togsett av samme type etter at de 50 første er i drift. Usikkerheten rundt dette er selvsagt med på å gjøre planleggingen av forsterkninger i banestrømforsyningen vanskelig. Den ekstra kapasiteten som Askerbanen gir skal utnyttes og NSB sine ruteleier på Gardermobanen konstrueres for en maksimalhastighet på 200 km/t. Ruteplanen som er brukt som dimensjonerende i dette arbeidet er den samme som ble brukt i fase 1, men enda flere av de gamle togene av Type 69 er byttet ut med Type 74 og 75.

Bane Energi har hele tiden vært klar over den store belastningen som kan forventes ved innfasing av de 50 nye togene og ruteplan R2012. Simuleringene fra fase 1 viste stor belastning for omformerstasjonene, men at relativt enkle tiltak vedrørende innstilling av spenningsregulatorer kunne forbedre forholdene. Det er spesielt utfall av aggregater som kan føre til overbelastning av de gjenværende aggregatene og lave spenninger for togene. Ytterligere flere tog av Type 74/75 vil belaste systemet mer enn hva slike enkel tiltak kan bidra med av optimalisering. Bane Energi har derfor sett på muligheten av å skaffe seg to statiske omformere på 15 MVA. Disse er forutsatt å være mobile og plassert i container.

Hovedhensikten med denne analysen er å finne ut om 15 MVA er tilstrekkelig og finne passende plassering. Konklusjonen er at disse aggregatene vil være tilstrekkelige og at de best plasseres ved dagens Alnabru og Holmlia stasjon. Plassering rett utenfor omformerstasjonene er konseptet med disse enhetene. De skal mate inn på gamle stasjonenes opprinnelige samleskinnesystem og dermed gå i parallell med dagens aggregater. Et annet tiltak som får en viss betydning er at en mer optimal strømbegrensning for de statiske omformerstasjonene på Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk. Dette betyr at disses kortvarige ytelse kan økes fra dagens 12 MVA til 14 MVA. Ellers anbefales de samme innstillingene av spenningsregulatorer i omformerstasjonene som en kom frem til i fase 1.

Forsidefoto: Testkjøringer av togsettet FLIRT på Bergensbanen i mars 2011. Her har toget gjort en stopp på Myrdal stasjon. Takk til Svein Ulvund som velvillig lot oss få bruke bildet.

1	INNLEDNING	4
1.1	BAKGRUNN	4
1.2	MÅLSETNINGER	4
1.3	FORUTSETNINGER	4
2	KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN	6
2.1	SIMULERINGER OG DIMENSJONERING AV SYSTEM OG KOMPONENTER.....	6
2.1.1	BELASTNING AV OMFORMERE.....	6
2.1.2	MARGINER MOT OVERBELASTNING AV OMFORMERE	7
3	SIMULERINGSMODELLENE.....	9
3.1	AVGRENSING AV SIMULERINGSOMRÅDE	9
3.2	RUTEPLAN	9
3.3	TOGMATERIELL	9
3.4	ØVRIG INFRASTRUKTUR.....	10
4	TRAFIKKSIMULERINGER	11
4.1	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON	11
4.2	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG OPTIMALISERING AV REAKTIV EFFEKTOPPTAK I TOGENE ..	14
4.3	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG PÅDRAGSBEGRENSNING I TYPE 74 OG 75 I MULTIPPEL..	15
4.4	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG EN LITEN ENDRING AV TOGENES AVGANGSTID	16
4.5	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA	17
4.6	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA MED NORMAL XQ.....	18
4.7	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA MED NORMAL XQ OG ØKT KORTVARIG YTELSE FOR LILLESTRØM, JESSHEIM OG SMØRBEKK	21
4.8	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ETT AGGREGAT BÅDE I ASKER OG HOLMLIA, UTEN NYE RESERVEAGGREGATER	22
4.9	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ETT AGGREGAT I BÅDE ASKER OG HOLMLIA, OG RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA.....	24
4.10	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ETT AGGREGAT BÅDE I ASKER OG HOLMLIA, RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA OG OPTIMALISERING AV REAKTIV EFFEKTOPPTAK I TOGENE	26
4.11	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ALLE AGGREGATER I ASKER, ETT I HOLMLIA OG RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU OG HOLMLIA.....	27
4.12	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ETT AGGREGAT BÅDE I ASKER OG HOLMLIA OG TO RESERVEAGGREGATER INNSATT VED ALNABRU	30
4.13	SIMULERING MED UNORMAL DRIFTSITUASJON MED UTFALL AV ETT AGGREGAT I ASKER OG HOLMLIA OG TO RESERVEAGGREGATER INNSATT VED LILLESTRØM	33
4.14	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG SKOPPUM UTVIDET TIL AGGREGATER PÅ 2 x 7 MVA.....	36
4.15	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG SANDE TRANSFORMATORSTASJON I DRIFT	37
4.16	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG SANDE TRANSFORMATORSTASJON I DRIFT MED TRINNKOBLENER	38
4.17	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON OG TRAFIKK PÅ KVELDEN	39
4.18	SIMULERING MED NORMAL DRIFTSITUASJON PÅ KVELDEN OG OPTIMALISERING AV REAKTIV EFFEKTOPPTAK I TOGENE	40
5	OPPSUMMERING, DISKUSJON, KONKLUSJON OG ANBEFALING	41
5.1	OPPSUMMERING AV RESULTATENE	41
5.1.1	<i>Undersøkelser for Oslo-området og mobile omformerstasjoner.....</i>	<i>41</i>
5.1.2	<i>Undersøkelse av den høye belastningen av omformerstasjonene i Larvik og Skoppum.....</i>	<i>42</i>
5.2	DISKUSJON	42
5.2.1	<i>Usikkerhet i forhold til trafikksimuleringer og ruteplan</i>	<i>42</i>
5.2.2	<i>Størrelse og plassering av mobile omformerstasjoner</i>	<i>43</i>
5.2.3	<i>Kald eller varm reserve.....</i>	<i>44</i>
5.2.4	<i>Reaktiv kompensering i togene, innstilling av spenningsstatikk og justering av Xq for de mobile aggregatene.....</i>	<i>44</i>
5.2.5	<i>Andre forslag i rapporten til fase 1 er fremdeles aktuelle.....</i>	<i>45</i>
5.2.6	<i>Strømbelastningen på kontaktledningen vil øke</i>	<i>45</i>
5.2.7	<i>Sande transformatorstasjon og Skoppum omformerstasjon.....</i>	<i>45</i>

5.3	KONKLUSJON OG ANBEFALING	46
5.3.1	<i>Mobile reserveomformere i Oslo-området</i>	46
5.3.2	<i>Forsterkninger for Vestfoldbanen</i>	46
6	REFERANSER	47
7	VEDLEGG 1 MATERIELL OG RUTEPLAN	48
8	VEDLEGG 2 ENDRING AV MAKSIMALBELASTNINGEN FOR STATISKE OMFORMERSTASJONER	49

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Det er fra før av gjort en omfattende analyse angående belastningen av banestrømforsyningen i Oslo-området i forbindelse med innføring av ruteplan R2012 og innføring av de nye togsettene Type 74 og 75, se [1]. Det er analyser for forholdene når det innføres 50 togsett av denne typen som er utført og som er kalt for fase 1. I forbindelse med avgjørelser vedrørende anskaffelser av to mobile reserveaggregater som Bane Energi planlegger skal det i denne rapporten utføres simuleringer for å se på belastningsøkninger i årene etter 2012. Denne studien kalles for fase 2 for Oslo-området og omfatter tiden fra 2013 til 2018. Det er forutsatt at det innføres ytterligere 42 lokaltogsett, av disse er det 35 sett i turnering på Østlandet, i turnering for øvrig er det tre sett og i reserve er det 4 sett. Ruteplanen er den samme som for Fase 1, men NSB's togsett av Type 69 er tatt ut av drift og erstattet med de nye togene. For øvrig forutsettes det her at ruteplan R2012 benyttes uforandret, bortsett fra at flytoget kjører noen flere togsett doble. En annen forutsetning er at Hakavik kraftverk er i drift med ett aggregat som yter 5 MW.

1.2 Målsetninger

Simuleringene i dette arbeidet skal vise om passende maksimal ytelse for de nye planlagte reserveaggregatene vil være 15 MVA, og om to enheter er tilstrekkelig. Det skal også utføres undersøkelser for Vestfoldbanen for å se på tiltak for Skoppum og Larvik omformerstasjoner som ble meget høyt belastet i undersøkelsene for fase 1.

1.3 Forutsetninger

Fra simuleringene for Oslo-området fase 1 ble det anbefalt noen tiltak, og disse forutsettes benyttet også i denne studien. Det blir ikke gjort undersøkelser for å finne ut om disse fremdeles er optimale, da det synets opplagt at disse fremdeles er gyldige. De aktuelle tiltakene er:

- Fallende spenningsstatikk for hvert enkelt aggregat i alle statiske- og roterende omformerstasjoner på 12 %. Ved utfall av ett av to aggregater skal det bli 24 % fallende statikk. For stasjoner med tre aggregater vil utfall av ett gi 18 % statikk og utfall av to av tre gir 36 %.
- For statiske omformerstasjonene Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk, samt for Nordagutu, har man likeledes funnet at fallende statikk på 4 % gjør at disse belastes mer, noe som er positivt for alle de øvrige omformerstasjonene.
- Redusere X_q i de statiske omformerstasjonene Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk. En reduksjon på 50 % ser ut til å være det riktige.
- Endret omsetning i transformatoren i Asker i forbindelse med fjernledningen fra dagens 55/16,5 til 54,5/16,5 kV gir noe mer effekt fra Nordagutu som vanligvis er lettere belastet. (Dette er det tiltaket som har minst betydning.)
- Hakavik kraftverk i drift med 5 MW avlaster stasjonene i Asker og Nordagutu, og indirekte også Oslo-området.

Videre har Bane Energi forutsatt at det er tilstrekkelig med to mobile aggregater på 15 MVA hver. Bare om det viser seg å være behov for å erstatte større effektmengder enn 30 MVA ved utfall gjøres det videre undersøkelser på dette. Det forutsettes at utfall av to aggregater er det scenarior som skal undersøkes, dette fordi Teknisk regelverk JD 546, kapittel 5, forutsetter at

utfall av to omformeraggregater samtidig skal kunne tillates i Oslo-området. Videre har en i fase 1 sett mye på utfall av ett aggregat i Asker og et i Holmlia fordi disse omformerstasjonene er viktige og normalt er belastet høyest. Dermed vil en benytte dette scenarioet i dette arbeidet også.

2 KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN

2.1 Simuleringer og dimensjonering av system og komponenter

2.1.1 Belastning av omformere

Tabell 2-1 nedenfor viser den tillatte belastningsgraden for Jernbaneverkets roterende omformeraggregater. Av hensyn til redundans i strømforsyningen og nødvendig ytelse er det i de fleste omformerstasjoner installert to eller flere aggregater. Disse verdiene er relevante å benytte ved vurdering av belastningsgraden så lenge spenningen er konstant på 16,5 kV på samleskinnen, men med fallende statikk vil en underestimere belastningen. Derfor vil det være mer riktig å vurdere strømmen på aggregatene og i Tabell 2-3 er verdiene for maksimal strømbelastning vist.

Tabell 2-1 Belastning av roterende omformeraggregater. For maks 2 sekunders belastning oppgitt i MVA er det forutsatt 16,5 kV som base.

Aggregat Type	Maks 6 min belastning [MVA]	Maks time belastning [MVA]	Maks 2sek belastning [A]	Maks 2 sek belastning [MVA]
ASEA Q24	4,8	3,1	450	7,425
ASEA Q38	8	5,8	625	10,313
Nebb 7,0 MVA	11	7,0	825	13,613
ASEA Q48/ Nebb 10,0 MVA	14	10	1180	19,470

Tabell 2-2 Belastning av roterende omformeraggregater omregnet til strømverdier på 15 kV siden. For Q24 er det forutsatt transformatoromsetning på 3/16 kV, for Q38 er omsetningen 4/16,6 kV, for 7 MVA aggregatet er den 4,5/17 kV og for Q48 er den 5,2/17 kV.

Aggregat Type	Maks 6 min belastning [kA]	Maks time belastning [kA]	Maks 2sek belastning [A]
ASEA Q24	300	194	450
ASEA Q38	482	349	625
Nebb 7,0 MVA	647	412	825
ASEA Q48/ Nebb 10,0 MVA	824	588	1180

Definisjonen av disse verdiene er som følger:

- Timebelastningen er aggregatenes nominelle ytelse (kontinuerlig belastning). Maksimal tillatte temperatur oppnås for aggregatet.
- Maksimal 6 minutters belastning defineres som aggregatenes/stasjonenes termiske overbelastbarhet. Denne verdien stiller for de roterende aggregatene krav til at belastningen forut for maksimalbelastningen har vært under grunnlasten som er ca. halve 6 minutters verdien. Om dette er oppfylt vil maksimalt tillatte temperatur oppnås, som om aggregatet var belastet med nominell effekt i en time.
- Maksimal 2-sekunders verdi er aggregatenes maksimale strømbelastbarhet. Denne grensen er satt etter starttrinnet for generatorens overstrømsvern. Dersom denne

grenseverdien overskrides vil det kunne føre til at overstrømsvernet kobler ut stasjonen.

Aggregatene vil selvsagt belastes med stadig varierende verdier. Innenfor for eksempel maksimal 6 minutters verdi kan derfor belastningen tillates å overskride fastsatt verdi, hvis belastningen senere innenfor denne perioden er tilsvarende mye under. Således er det gjennomsnittsbelastningen innenfor den aktuelle tidsperioden som er av betydning. Det samme gjelder for 1-times og 2-sekunders belastning¹.

2.1.2 Marginer mot overbelastning av omformere

Som i rapporten for fase 1 for Oslo-området [1] vil det ikke legges til 20 % reserve/margin for å ta høyde for trafikkøkning ut over dimensjonerende ruteplan (JD 546 avsnitt 2.5). Imidlertid vil margin på 5 % mot høyeste tillatte belastningsgrense for systemer og komponenter legges til, samt marginen på 10 % for å ta høyde for trafikken i normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes å forekomme. Ved simulering med normal drift og ved utfall av to aggregater samtidig i Oslo-området vil en undersøke at det er minst 15 % margin mot overbelastning for alle stasjoner. Altså at belastningen for en stasjon ikke skal overskride 85 %. I presentasjonen av resultatene i tabeller markeres det med rødt og uthevede tall når det er fare for overbelastning av en omformerstasjon. Sorte tall brukes der belastningen er stor, men der det er statiske omformere som ikke kan overbelastes.

I et eget notat kalt "Redundanskriteriet - Vurdering av marginer for belastningen og overholdelse av tilgjengelighetskrav for roterende og statiske omformerstasjoner i banestrømforsyningen (EB.800095)", har en kommet frem til visse belastningsmarginer for roterende omformere som et supplement til teknisk regelverk. Disse marginene tar utgangspunkt i overbelastbarheten til omformerstasjoner og hvor mye de kan belastes før det oppstår fare for overbelastning av det (de) gjenværende aggregatet(r) ved utfall av det første. Nedenfor er Tabell 2-3 hentet ut fra dette notatet og det er markert med rødt hvilke marginer som er relevante å benytte i dette arbeidet. Dette gjelder for banestrømforsyningen der det er ca 40 eller 80 km mellom omformerstasjonene. Her vil dette være relevant å undersøke for de perifere omformerstasjonene.

¹ For 2-sekundersbelastningen gjelder at strømmen må være over kritisk verdi sammenhengende i 2 sekunder. Grunnen er at dette er en verdi som gjelder for et overstrømsrele. Formelt sett er det derfor ikke riktig at en beregner en gjennomsnittelig (RMS) 2-sekundersverdi. SIMPOW kan heller ikke i den modusen som brukes for trafikksimuleringer være i stand til å beregne riktig momentane verdier som med sikkerhet kan si om releet vil løse ut eller ikke.

Tabell 2-3 Tillatt belastningsgrense for 2-sekunders strømverdi, 6-minutters og 1-times effekt av belastningen for omformerstasjoner med to aggregater med lik ytelse. For grenser angitt med intervall er nedre tall bør-verdi og øvre tall er skal-verdi. Redundansverdiene gjelder for hele stasjonen. Tall med rødt er marginene som er relevante å benytte i dette arbeidet.

Dimensjoneringsgrunnlag for stasjoner med to aggregater med lik ytelse		Redundans uten marginer	Margin	Redundans grense
Eksisterende omformerstasjon med roterende aggregater	Målinger og registreringer der en kjenner normalt forekommende høyeste belastning og sjeldne spissbelastninger.	50 %	5 %	47,5 - 50 %
	Simuleringer med dimensjonerende ruteplan.	50 %	5 + 10 %	42,5 - 50 %
	Simuleringer eller beregning for verste normalt forekommende trafikksituasjon.	50 %	5 %	47,5 %
Dimensjonering av ny omformerstasjon med roterende aggregater	Simuleringer med dimensjonerende ruteplan.	50 %	5 + 10 ¹⁾ %	42,5 ²⁾ %
	Simuleringer eller beregning for verste normalt forekommende trafikksituasjon.	50 %	5 ¹⁾ %	47,5 ²⁾ %
Eksisterende omformerstasjon med statiske aggregater	Målinger og registreringer der en kjenner normalt forekommende høyeste belastning og sjeldne spissbelastninger.	50 %	5 %	47,5 - 50 %
	Simuleringer med dimensjonerende ruteplan.	50 %	5 + 10 %	42,5 %
	Simuleringer eller beregning for verste normalt forekommende trafikksituasjon.	50 %	5 %	47,5 %
Dimensjonering av ny omformerstasjon med statiske aggregater	Simuleringer med dimensjonerende ruteplan.	50 %	5+10+20 % eller mer	32,5 %
	Simuleringer eller beregning for verste normalt forekommende trafikksituasjon.	50 %	5+20 % eller mer	37,5 %
	Simuleringer eller beregning for verste normalt forekommende trafikksituasjon med prognose for fremtidig trafikkvekst	50 %	5 %	47,5 %

1) Margin på 20 % for fremtidig trafikkvekst gir for stor ubenyttet installasjon og sløytes for mobile aggregater. Imidlertid bør en ved planlagging av stasjoner med roterende aggregater ta hensyn til at fremtidige utvidelser kan bli nødvendig.

2) For omformerstasjoner som sjeldent utsettes for store trafikkbelastninger kan mindre marginer verders.

3 SIMULERINGSMODELLENE

3.1 Avgrensning av simuleringsområde

Følgende grenser for kjøreveien er valgt:

- Nelaug omformerstasjon ved km 281,5
- Nesbyen omformerstasjon ved km 188,42 (over Roa)
- Gjøvikbanen til Gjøvik ved km 124,2
- Fåberg omformerstasjon ved km 191,7
- Kil omformerstasjon ved km 90,3 fra Charlottenberg på Kongsvingerbanen
- Skålebo omformerstasjon ved km 67,79 fra Kornsjø på Østfoldbanen.

I tillegg er Vestfoldbanen og Bratsbergbanen inkludert, i tillegg til Østre linje på Østfoldbanen og godssporene i Oslo-området. Skifteområdet ved Filipstad og Loenga er derimot ikke inkludert og togenes bevegelse her var heller ikke kjent da dimensjonerende ruteplan ble utarbeidet. Imidlertid vil tog som beveger seg sakte på et skifteområde trekke lite strøm og dette vurderes til å være helt underordnet i det store bildet.

Banestrekningene er modellert med den relevante infrastruktur slik som kurvatur, skiltet hastighet, tunneler og kontaktledningsnett. Det er ikke lagt inn laster ved ytergrensene (randsonene) av simuleringsmodellene, da modellen istedenfor er gitt stor utstrekning.

3.2 Ruteplan

Ruteplanen som er benyttet her er den samme som i Fase 1, - nemlig R2012 som er utarbeidet for togtrafikken for Østlandsområdet med 37 % større togtrafikk er benyttet her uten endringer, se [1]. Det er kun innfasing av ytterlige lokaltogsett til erstatning for alle NSB's Type 69 som er endret. Togtrafikken skal da være slik som en antar at situasjonen vil være for siste del av perioden 2012 til 2018. Det forutsettes imidlertid at NSB Gjøvikbanen ikke faser ut sine lokaltog Type 69. Videre er det forutsatt at noen få av Flytogets avganger går med flere dobbeltsett enn i dag. Simuleringene gjøres også her for tidsrommet 15:00 til 18:00 og en kveldssimulering for tidsrommet 21:00 til 24:00 blir også utført.

Det er forutsatt at det innføres 42 lokaltogsett, av disse er det 35 sett i turnering på Østlandet, i turnering for øvrig er det tre sett og i reserve er det 4 sett. Ruteplanen er den samme som for Fase 1, men NSB's togsett av Type 69 er tatt ut av drift og erstattet med de nye togene. For øvrig forutsettes det her at ruteplan R2012 benyttes uforandret, bortsett fra at flytoget kjører noen flere togsett doble.

3.3 Togmateriell

Alt togmateriellet er det samme som i Fase 1, og det forutsettes at NSB vil komme til å anskaffe seg lokaltog for de indre lokalrutene av samme type som Type 75. Modellen som ble simulert med i Fase 1 hadde en feil i karakteristikken for reaktiv kompensering ved lave spenninger, - dette er rettet opp her. Dermed forutsettes det at reaktiv kompensering og reduksjon av høyeste tillatte effekt ved lave spenninger er slik som fabrikken (STADLER) i første omgang har planlagt. Endringer i senere stadier kan komme.

3.4 Øvrig infrastruktur

Den øvrige infrastrukturen er den samme som for Fase 1 og forbedringstiltakene som ble foreslått er innført her. Hakavik kraftverk er i drift i simuleringene, men Sande transformatorstasjon er satt ut av drift. Modellen er for øvrig utvidet en del slik at Nesbyen omformerstasjon er inkludert, det samme er de nærmeste omformerstasjonene på Svensk side av Østfoldbanen og Kongsvingerbanen.

4 TRAFIKKSIMULERINGER

4.1 Simulering med normal driftsituasjon

Nedenfor viser Tabell 4-1 høyeste belastningen som oppstod for omformerstasjonene ved normal drift. Som en ser blir Asker, Holmlia og Alnabru belastet så høyt for sine 2-sekundersverdier at ved utfall av ett aggregat i en av disse stasjonene vil det andre høyst sannsynlig også falle for overlast. Også Tangen, Skoppum og Larvik blir høyt belastet. Maksimalverdiene for 2-sekundersverdiene er økt betraktelig i forhold til tilsvarende simulering i fase 1, se [1]. Når det gjelder Lillestrøm omformerstasjon skal den ikke kunne belastes mer enn 2,55 kA, dermed er belastningen på 106 % ikke realistisk. Hva denne urealistiske høye belastningen skyldes er ikke undersøkt. En legger for øvrig merke til at for lengre belastningsperioder er det ikke fare for overbelastning.

Av Figur 4-1 ser en at den momentane belastningen i Oslo-området har økt fra 103,0 i fase 1 til 141,2 MW med flere av de nye lokaltogene i trafikk. En legger også merke til at 6-minuttersverdien av belastningen bare har økt fra 53,8 til 55,1 MW. Dermed vil en kunne forvente at en økning av omformerkapasiteten på omtrent denne effekten er det som skal til for å avhjelpe situasjonen. Og med to nye mobile omformere på 15 MVA og Hakavik i drift på 5 MVA er dette nesten oppfylt.

Ellers er den reaktive belastningen minket betraktelig, det er nå betydelig mindre reaktiv effekt som flyter i systemet. Det kan se ut til at størst økning av effektbehovet har skjedd på Hovedbanen og Østfoldbanen mellom Oslo og Ski. Med andre ord på de strekningene der de nye lokaltogene går.

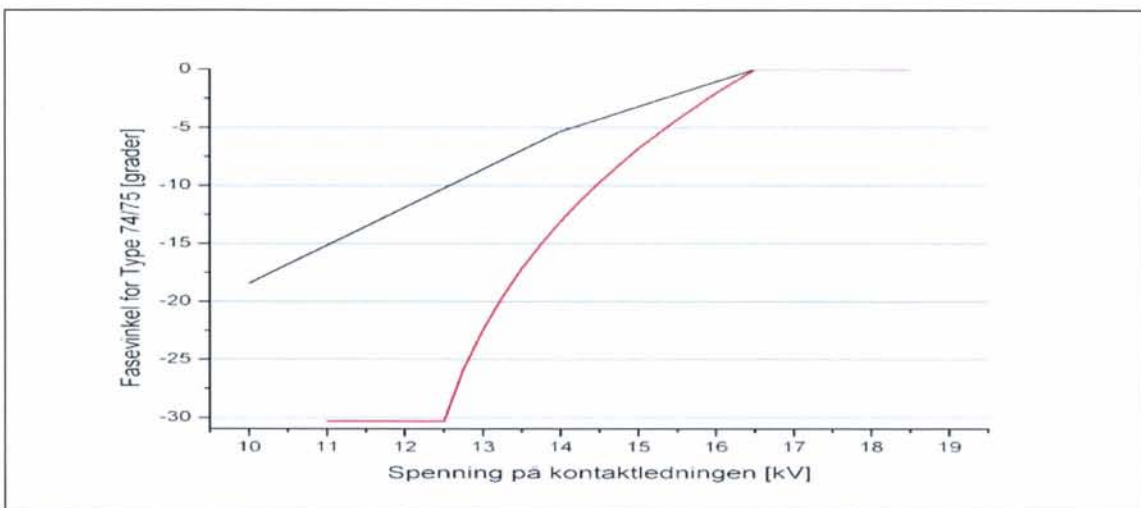
Tabell 4-1 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt bestykning.

Belastning av omformerstasjonene normal drift							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	3 x 10	2,614	74	1,278	52	1,014	57
Holmlia	2 x 10	1,708	72	0,754	46	0,643	55
Alnabru	2 x 10	1,574	67	0,736	45	0,622	53
Lillestrøm	3 x 12	2,685	106²	1,738	68	1,352	62
Jessheim	2 x 12	1,538	91	1,006	59	0,808	56
Tangen	2 x 5,8	0,821	66	0,314	33	0,225	32
Rudshøgda	3,1	0,332	74	0,150	50	0,089	45
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,202	21	0,139	20
Smørbekk	2 x 12	1,571	93	0,823	49	0,683	47
Sarpsborg	1 x 12	0,811	96	0,403	48	0,257	35
Kongsvinger	1 x 5,8	0,397	64	0,171	36	0,111	32
Lunner	1 x 5,8	0,395	63	0,257	53	0,182	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,309	25	0,176	37	0,129	37
Nordagutu	2 x 7	0,698	42	0,380	29	0,260	32
Skoppum	2 x 5,8	1,129	90	0,504	52	0,328	47
Larvik	2 x 5,8	0,989	79	0,316	33	0,225	32

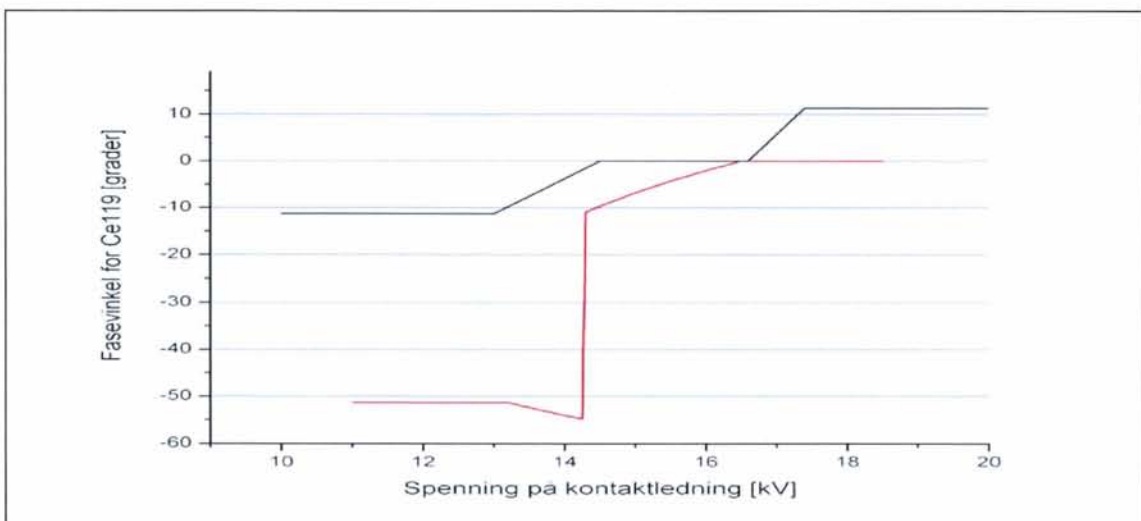
² Større strøm en nominelt tillatt verdi skyldes at modellen for kontrollutrustningen har en svakhet når det gjelder kortvarige høy belastning. Dette beror på tidskonstanter og rutiner for linearisering av modellen.

4.2 Simulering med normal driftsituasjon og optimalisering av reaktiv effektopptak i togene

For tiden pågår et masterarbeid der en søker å finne en mer optimal styring av togenes reaktive effektopptak. Fra før er det utført en prosjektoppgave som ser på dette, se [2] og forslagene til optimaliseringer kommer som en anbefaling i de videre studiene som er under arbeid. Det kan det være interessant å se om det oppstår en endring av effektopptaket for omformerstasjonene, derfor er dette simulert ekstra her. Nedenfor viser Figur 4-2 opprinnelig og forslag til ny karakteristikk for tog i sterkt nett, som er benyttet for Type 74/75. Figur 4-3 viser forslag til karakteristikk for svake nett som er benyttet for godstog Ce119. Tabell 4-2 viser belastningen for omformerstasjonene henholdsvis med og uten endringen. Som en ser er endringen liten, bortsett fra for Skoppum og Larvik der endringen ble henholdsvis 11 og 7 prosentpoeng.



Figur 4-2 Fasevinkel for Type 74 og 75 som funksjon av spenningen på kontaktledningen. Svart kurve viser opprinnelig verdi og rød viser en formodentlig mer optimal verdi.



Figur 4-3 Fasevinkel for lokomotiv Ce119 som funksjon av spenningen på kontaktledningen. Svart kurve viser opprinnelig verdi og rød viser en formodentlig mer optimal verdi.

Tabell 4-2 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Sammenligning av simulering med normal drift og dagens omformerstasjoner og optimalisering av fasevinkelen til lokomotiv CE119 og Type 74/75.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med normal drift				Belastning av omformerstasjonene med normal drift og optimering av reaktivt effektopptak i togene			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	2,614	74	1,278	52	2,637	74	1,206	49
Holmlia	2 x 10	1,708	72	0,754	46	1,600	68	0,718	44
Alnabru	2 x 10	1,574	67	0,736	45	1,508	64	0,715	43
Lillestrøm	3 x 12	2,685	106	1,738	68	2,731	107	1,699	67
Jessheim	2 x 12	1,538	91	1,006	59	1,561	92	0,996	59
Tangen	2 x 5,8	0,821	66	0,314	33	0,788	63	0,301	31
Rudshøgda	3,1	0,332	74	0,150	50	0,340	76	0,140	47
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,202	21	0,597	48	0,208	22
Smørbekk	2 x 12	1,571	93	0,823	49	1,626	96	0,826	49
Sarpsborg	1 x 12	0,811	96	0,403	48	0,805	95	0,380	45
Kongsvinger	1 x 5,8	0,397	64	0,171	36	0,394	63	0,169	35
Lunner	1 x 5,8	0,395	63	0,257	53	0,390	62	0,253	53
Hønefoss	1 x 5,8	0,309	25	0,176	37	0,304	24	0,169	35
Nordagutu	2 x 7	0,698	42	0,380	29	0,645	39	0,351	27
Skoppum	2 x 5,8	1,129	90	0,504	52	0,990	79	0,475	49
Larvik	2 x 5,8	0,989	79	0,316	33	0,899	72	0,301	31

4.3 Simulering med normal driftsituasjon og pådragsbegrensning i Type 74 og 75 i multippel

Det kan være veldig interessant å se betydningen av å redusere maksimalt tiltatt effektopptak i togene. I henhold til Network Statement 2012, vedlegg I, side 3, tillates ikke større strømuttak for togene enn 700 A for de fleste banestrekninger. For Spikestadsbanen og Gjøvikbanen tillates ikke mer enn 450A og for Gardermobanen tillates 900A. Simuleringen her er gjort slik at Type 74 og 75 når de går i dobbeltsett ikke får trekke mer enn 700 A. Muligens kan en regne med at dette også vil skje i virkeligheten ved normale forhold på Gardermobanen. I de øvrige simuleringer i dette arbeidet er det ikke lagt inn noen begrensninger for togenes effektopptak.

Nedenfor ser en av Tabell 4-3 at denne begrensningen fikk en viss betydning for maksimal strømpoptak fra flere av omformerstasjonene. Betydningen er for noen stasjoner stor for 2-sekundersverdiene, mens for 6-minutters og 1-timesverdiene er endringen minimal. Det er Alnabru omformerstasjon blant de sentrale omformerstasjonene som får størst endring på 9 prosentpoeng for sin 2-sekundersverdi. Ellers ser en at Skoppum og Larvik som var mye belastet tidligere, fremdeles er altfor høyt utnyttet. Tiltak for å begrense belastningen i Skoppum blir undersøkt i avsnitt 4.14.

Av dette ser det ut til at strømbegrensning i henhold til Network Statement har en viss betydning, men på ingen måte er avgjørende.

Tabell 4-3 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt bestykning når Type 74/75 gies en begrensning på maksimal tillatt strømoptak på 700 A.

Belastning av omformerstasjonene med normal og redusert strømuttak i Type 74/75 til 700 A							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	2,499	71	1,246	50	0,992	56
Holmlia	2 x 10	1,614	68	0,733	44	0,632	54
Alnabru	2 x 10	1,371	58	0,725	44	0,610	52
Lillestrøm	3 x 12	2,659	105	1,719	68	1,333	61
Jessheim	2 x 12	1,470	87	0,960	57	0,798	55
Tangen	2 x 5,8	0,759	61	0,308	32	0,220	31
Rudshøgda	3,1	0,322	71	0,146	49	0,088	44
Fåberg	2 x 5,8	0,541	43	0,200	21	0,137	20
Smørbekk	2 x 12	1,503	89	0,819	48	0,676	47
Sarpsborg	1 x 12	0,792	93	0,388	46	0,250	34
Kongsvinger	1 x 5,8	0,396	63	0,171	36	0,111	32
Lunner	1 x 5,8	0,396	63	0,257	53	0,182	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,308	25	0,176	36	0,128	37
Nordagutu	2 x 7	0,690	42	0,377	29	0,258	31
Skoppum	2 x 5,8	1,042	83	0,498	52	0,325	47
Larvik	2 x 5,8	0,907	73	0,312	32	0,223	32

4.4 Simulering med normal driftsituasjon og en liten endring av togenes avgangstid

Når det utføres simuleringer lurer en ofte på hva en endring av ruteplanen vil kunne ha for betydning for effektbelastningen for omformerne. Her er det gjort en meget enkel endring ved at annet hvert tog har fått sin avgang forlenget med ett minutt. Det er ikke gjort noen vurderinger på om endringen vil føre til en rute som ikke er fysisk realiserbar, ved at noen tog for eksempel vil komme for nært i forhold til hva signalanlegget tillater. En annen ting er at når endringen er så enkelt kan det hende at togene etter en tid kommer i takt med ruten allikevel, dette fordi tidligste tillatte avgangstider for togene ikke er endret.

Nedenfor viser Tabell 4-4 høyeste belastning for omformerstasjonene med denne endringen innført for simuleringen. En kan se at den kortvarige belastningen for Asker nå er blitt 87 %, mot 74 % i simuleringen med normal drift og uendret timeplan, se 4.1. På den annen side er maksimal kortvarig belastning for Holmlia redusert med ni prosentpoeng, mens Alna igjen er økt med tre. Ellers er endringene små, bortsett fra Larvik som har fått redusert opptaket sitt med hele 21 prosentpoeng. Endringene for 6-minuttes og timesbelastningen er på den annen side liten.

Når det gjelder belastningen for hele Oslo-området kommer den på 146,5 MW og 28,8 MVA_r kortvarig, og for 6-minuttersverdien blir den 54,6 MW og 12,3 MVA_r. Det er altså en økning på 5 MW eller 4 % for 2-sekundersverdien og ellers små endringer. Endringene kan ikke sies å være dramatiske, men en kan altså forvente en viss feilmargin på simuleringen. For Asker

sin del er belastningen såpas høy at marginene er små og større ytelse i Oslo-området kunne vært ønskelig, også under en normal situasjon.

Tabell 4-4 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt bestykning når avgangstidene til togene er noe endret.

Belastning av omformerstasjonene med normal drift og endrede rutetider							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	3,084	87	1,295	52	1,015	58
Holmlia	2 x 10	1,494	63	0,775	47	0,642	55
Alnabru	2 x 10	1,660	70	0,788	48	0,627	53
Lillestrøm	3 x 12	2,670	105	1,841	72	1,370	63
Jessheim	2 x 12	1,505	89	0,959	57	0,798	55
Tangen	2 x 5,8	0,816	65	0,309	32	0,230	33
Rudshøgda	3,1	0,334	74	0,149	50	0,089	44
Fåberg	2 x 5,8	0,576	46	0,203	21	0,138	20
Smørbekk	2 x 12	1,559	92	0,828	49	0,681	47
Sarpsborg	1 x 12	0,831	98	0,402	47	0,261	36
Kongsvinger	1 x 5,8	0,397	63	0,172	36	0,112	32
Lunner	1 x 5,8	0,399	64	0,266	55	0,182	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,297	24	0,172	36	0,130	37
Nordagutu	2 x 7	0,685	42	0,377	29	0,259	31
Skoppum	2 x 5,8	1,119	90	0,500	52	0,327	47
Larvik	2 x 5,8	0,729	58	0,280	29	0,219	31

4.5 Simulering med normal driftsituasjon og reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia

Nedenfor viser Tabell 4-5 maksimal belastning av omformerstasjonene med simulering der det settes inn reserveaggregater på 15 MVA ved Holmlia og Alnabru. Reserveaggregatene er merket med "x". Som en ser er virkningen av de nye aggregatene at belastningen på spesielt stasjonene de står ved siden av reduseres, sammenlign med resultatene i avsnitt 4.1. For nabostasjonene Asker og Lillestrøm er forskjellen ikke så stor. Det kan dermed se ut til at disse aggregatene ikke trenger å være i drift ved normal drift, det vil si når alle de eksisterende omformeraggregatene er i drift.

Tabell 4-5 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru.

Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
	[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	3 x 10	2,497	71	1,194	48	0,921	52
Holmlia	2 x 10	1,204	51	0,499	30	0,432	37
Holmlia X	15	0,933	103	0,493	58	0,430	59
Alnabru	2 x 10	1,064	45	0,519	32	0,439	37
Alnabru X	15	0,924	102	0,534	63	0,449	62
Lillestrøm	3 x 12	2,647	104	1,473	58	1,142	52
Jessheim	2 x 12	1,515	89	0,935	55	0,750	52
Tangen	2 x 5,8	0,811	65	0,305	32	0,217	31
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,149	50	0,088	44
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,200	21	0,136	20
Smørbekk	2 x 12	1,409	83	0,722	43	0,588	40
Sarpsborg	1 x 12	0,790	93	0,393	46	0,242	33
Kongsvinger	1 x 5,8	0,393	63	0,168	35	0,106	30
Lunner	1 x 5,8	0,391	63	0,251	52	0,176	50
Hønefoss	1 x 5,8	0,306	24	0,173	36	0,124	35
Nordagutu	2 x 7	0,689	42	0,375	29	0,255	31
Skoppum	2 x 5,8	1,130	90	0,499	52	0,324	46
Larvik	2 x 5,8	0,965	77	0,312	32	0,219	31

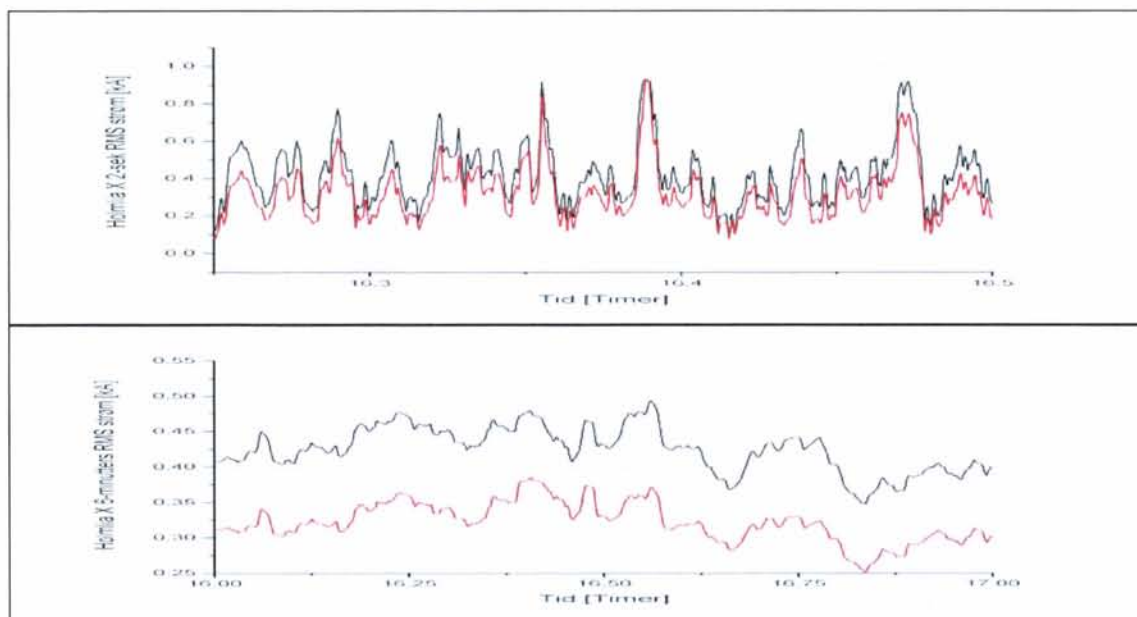
4.6 Simulering med normal driftsituasjon og reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia med normal X_q

Opprinnelig har de statiske omformeraggregatene en faseforskyvning mellom strøm og spenning som skal være lik den til de roterende Q48-aggregatene. En sier at de statiske aggregatene har en tverraksereaktans (X_q), og denne kan om ønskelig justeres. I fase I av studiene for Oslo-området [1] kom en frem til at en reduksjon på 50 % for X_q ville være gunstig for Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk. En har her gjort en undersøkelse for å se om det er mer gunstig og heller velge opprinnelig innstilling av X_q for de mobile aggregatene. Utgangspunktet for undersøkelsen må være at en ønsker en noenlunde jevn effektfordeling mellom de nye aggregatene og de eksisterende som de plasseres rett ved.

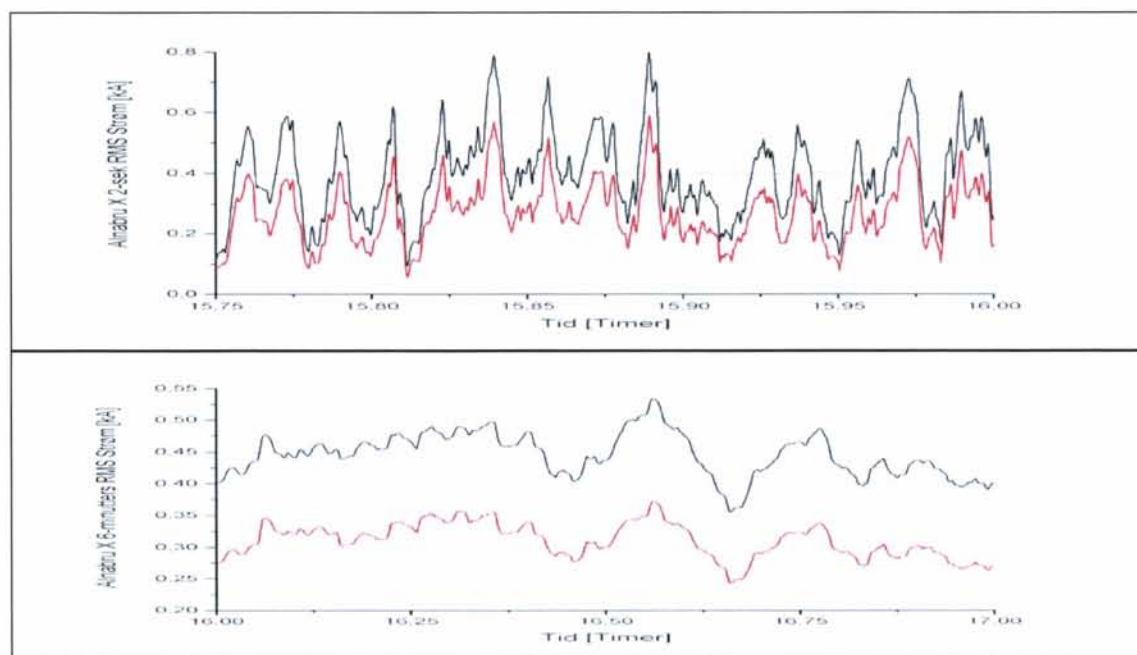
Nedenfor viser Tabell 4-6 maksimal belastning av omformerstasjonene når X_q er 50 % redusert, og når tverraksereaktansen hadde sin opprinnelige verdi. Som en ser blir forskjellene minimale for 2-sekundersverdiene, men forskjellen er betydelig for 6-minuttersverdier av strømmen. De mobile omformerne tar som forventet mindre del av effekten, og i Figur 4-4 og Figur 4-5 er dette vist for de to aggregatene med og uten reduksjon av X_q .

Tabell 4-6 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru. Forsøk med redusert, henholdsvis normal Xq, for reserveaggregatene

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia. 50 % Xq for de nye statiske omformerne.				Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia. Normal 100 % Xq for de nye statiske omformerne.			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	2,497	71	1,194	48	2,525	71	1,216	49
Holmlia	2 x 10	1,204	51	0,499	30	1,216	52	0,549	33
Holmlia X	15	0,933	103	0,493	58	0,930	102	0,385	45
Alnabru	2 x 10	1,064	45	0,519	32	1,106	47	0,569	35
Alnabru X	15	0,924	102	0,534	63	0,833	92	0,372	44
Lillestrøm	3 x 12	2,647	104	1,473	58	2,646	104	1,538	60
Jessheim	2 x 12	1,515	89	0,935	55	1,523	90	0,958	56
Tangen	2 x 5,8	0,811	65	0,305	32	0,809	65	0,308	32
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,149	50	0,332	74	0,149	50
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,200	21	0,574	46	0,201	21
Smørbekk	2 x 12	1,409	83	0,722	43	1,461	86	0,753	44
Sarpsborg	1 x 12	0,790	93	0,393	46	0,795	94	0,396	47
Kongsvinger	1 x 5,8	0,393	63	0,168	35	0,394	63	0,169	35
Lunner	1 x 5,8	0,391	63	0,251	52	0,391	63	0,252	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,306	24	0,173	36	0,305	24	0,174	36
Nordagutu	2 x 7	0,689	42	0,375	29	0,690	42	0,376	29
Skoppum	2 x 5,8	1,130	90	0,499	52	1,126	90	0,500	52
Larvik	2 x 5,8	0,965	77	0,312	32	0,982	79	0,313	32



Figur 4-4 Strøm belastning for mobilt aggregat ved Holmlia for 2-sekundersverdi (øverst) og 6-minuttersverdi (nederst) for et utsnitt av simuleringsperioden. Svart kurve for opprinnelige verdier for Xq og rød kurve med 50 % reduksjon.



Figur 4-5 Strøm belastning for mobilt aggregat ved Holmlia for 2-sekundersverdi (øverst) og 6-minuttersverdi (nederst) for et utsnitt av simuleringsperioden. Svart kurve for opprinnelige verdier for Xq og rød kurve med 50 % reduksjon.

4.7 Simulering med normal driftsituasjon reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia med normal Xq og økt kortvarig ytelse for Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk

Bane Energi har i juni 2011 besluttet å få modifisert de omformerstasjonene som med nye FLIRT-tog kommer til å bli belastet mest. Vedlegg 2 viser hva som planlegges å gjøres. Det er altså en modifikasjon som skal gjøre at hvert aggregat i Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk kan levere 1091 A kortvarig (får betydning for 2-sekundersverdien). Tidligere var denne grensen 850 A for Lillestrøm og Jessheim, mens den var 994 A for Smørbekk. Dette forventes å få disse omformerstasjonene til å belastes under sin strømgrenseverdi, samt at alle de nærliggende omformerne også kan bli noe avlastet.

Nedenfor viser Tabell 4-7 at spesielt Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk blir prosentvis mindre belastet for sine 2-sekundersverdier. Derimot blir ikke alle nærliggende stasjoner mindre belastet og for 6-minuttersverdiene ser det ut til å ikke gi entydig resultater, ved at ikke alle får en reduksjon.

Tabell 4-7 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med nye statiske omformerstasjoner og økt kortvarig ytelse i LIL, JES og SMO.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia				Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia. Økt kortvarig ytelse i LIL, JES og SMO			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	2,497	71	1,194	48	2,526	71	1,215	49
Holmlia	2 x 10	1,204	51	0,499	30	1,223	52	0,548	33
Holmlia X	12	0,933	103	0,493	58	0,932	103	0,384	45
Alnabru	2 x 10	1,064	45	0,519	32	1,106	47	0,568	34
Alnabru X	12	0,924	102	0,534	63	0,833	92	0,372	44
Lillestrøm	3 x 12	2,647	104	1,473	58	2,958	90	1,538	60
Jessheim	2 x 12	1,515	89	0,935	55	1,522	70	0,958	56
Tangen	2 x 5,8	0,811	65	0,305	32	0,813	65	0,307	32
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,149	50	0,330	73	0,149	50
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,200	21	0,574	46	0,201	21
Smørbekk	2 x 12	1,409	83	0,722	43	1,461	67	0,753	44
Sarpsborg	1 x 12	0,790	93	0,393	46	0,794	94	0,397	47
Kongsvinger	1 x 5,8	0,393	63	0,168	35	0,394	63	0,169	35
Lunner	1 x 5,8	0,391	63	0,251	52	0,391	63	0,253	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,306	24	0,173	36	0,305	24	0,174	36
Nordagutu	2 x 7	0,689	42	0,375	29	0,690	42	0,376	29
Skoppum	2 x 5,8	1,130	90	0,499	52	1,122	90	0,500	52
Larvik	2 x 5,8	0,965	77	0,312	32	0,976	78	0,313	32

4.8 Simulering med unormal driftssituasjon med utfall av ett aggregat både i Asker og Holmlia, uten nye reserveaggregater

Med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia ser en at begge disse to stasjonene står i stor fare for å miste sine gjenværende omformere, se Tabell 4-8. Sannsynligvis vil det gjenværende aggregatet på Holmlia lett kunne falle ut og da vil i første omgang de gjenværende to aggregatene i Asker stå i stor fare for å falle ut, dernest kan det samme skje på Alnabru. Det er dermed god grunn til å vurdere mobile reserveaggregater for å forhindre de lave spenningene som vil oppstå for togene i en slik situasjon. Endringene for de andre aggregatene er ikke spesielt store.

I Figur 4-7 kan en se at den totale maksimalbelastningen i Oslo-området har falt fra 141,2 til 132,0 MW. Den reaktive effektflyten og 6-minuttersverdiene for effekten er lite påvirket. I Tabell 4-12 viser at syv tog får spenninger under 12,0 kV, men dette er kortvarig. Det kan bety at togene blir lite påvirket av de lave spenningene. Derimot vil utfall av flere omformere føre til enda lavere spenninger som nok vil påvirke trafikkavviklingen mye.

Tabell 4-8 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av ett roterende aggregat i Asker og Holmlia.

Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	2 x 10	2,196	93	1,125	68	0,898	76
Holmlia	1 x 10	1,117	95	0,520	63	0,438	74
Alnabru	2 x 10	1,824	77	0,839	51	0,709	60
Lillestrøm	3 x 12	2,738	108	1,895	74	1,477	68
Jessheim	2 x 12	1,548	91	1,032	61	0,840	58
Tangen	2 x 5,8	0,821	66	0,322	33	0,231	33
Rudshøgda	3,1	0,333	74	0,151	50	0,090	45
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,204	21	0,140	20
Smørbekk	2 x 12	1,685	99	0,906	53	0,757	52
Sarpsborg	1 x 12	0,827	98	0,412	49	0,270	37
Kongsvinger	1 x 5,8	0,398	64	0,173	36	0,115	33
Lunner	1 x 5,8	0,406	65	0,265	55	0,190	55
Hønefoss	1 x 5,8	0,325	26	0,182	38	0,137	39
Nordagutu	2 x 7	0,766	46	0,426	33	0,288	35
Skoppum	2 x 5,8	1,154	92	0,527	55	0,344	49
Larvik	2 x 5,8	0,974	78	0,320	33	0,232	33

Tabell 4-9 Tog som får lavere spenning enn 12,0 kV i simuleringen. Materieltypen og antall enheter for hvert tog.

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
3766 - Tp71_1	11,9	14,7
3773 - Tp71_1	11,9	14,8
1631 - Tp74_2	11,7	15,0
1679 - Tp74_1	11,9	15,0
1681 - Tp74_1	11,6	15,0
1682 - Tp74_2	12,0	14,7
1684 - Tp74_1	11,7	15,0
1686 - Tp74_1	11,7	15,0
333 - Tp74_2	11,9	14,7
834 - Tp74_1	11,5	12,5
833 - Tp74_2	11,5	12,6
933 - Tp74_2	11,7	12,9
532 - Tp74_2	11,9	14,7
531 - Tp74_2	12,0	13,8
533 - Tp74_1	11,9	15,0
63 - Tp73_2	11,9	13,9

4.9 Simulering med unormal driftsituasjon med utfall av ett aggregat i både Asker og Holmlia, og reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia

I Tabell 4-10 kan en se høyeste belastning av omformerstasjonene ved utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia når det er satt inn mobile aggregater ved Asker og Holmlia. Sammenlignes resultatet her med belastningen i avsnitt 4.8 ser en at høyeste belastning er noe redusert for spesielt Holmlia og Asker. Det er nå neppe noen fare for at det gjenværende aggregatet i Holmlia vil kunne falle ut, men de to gjenværende aggregatene i Asker er det noe mer usikkert med. Det er noe liten margin mot overbelastning, men en liten justering av X_q i de nye aggregatene og spenningsstatikk i de andre omformerne kan påvirke belastningsgraden.

En legger også merke til at kortvarig belastningen for de mobile reserveaggregatene er veldig stor, mens langvarig belastning er betydelig lavere. Det kan se ut som om forskjellen for begge aggregatene er rundt 35 prosentpoeng. Ved dimensjonering av aggregatene kan dette være et viktig fenomen som gjør det mulig å redusere størrelsen på tilhørende transformatorer noe. Hvor mye nominell størrelse på transformatorene kan reduseres kan en ikke si med sikkerhet ut fra dette. En vurdering må gjøres der det gis visse marginer for at forskjellen mellom langvarig og kortvarig belastning også kan være mindre. Dette er for øvrig et fenomen som gjelder generelt for alle omformerstasjoner.

Strømbelastningen på kl-anlegget kan bli høy med de nye omformerne og i Tabell 4-11 er det undersøkt om en overskrider de høyeste strømverdiene som kan tillates. Av verdiene ser det ut som om dette ikke skal bli noe problem. Imidlertid kan det tenkes at om det er baner som har returkrets med sugetransformatorer og filterimpedanser (og eventuelt andre seriekomponenter) med lavere nominell ytelse enn kontaktledningen. Her kan overbelastning bli et problem, og utskifting av disse komponentene må da gjøres. Videre er det undersøkt hvor mange tog som får lav spenning, se Tabell 4-12. Det blir altså fem tog som får spenninger under 12,0 kV og dette er ikke akseptabelt i henhold til kravet i Teknisk regelverk.

Tabell 4-10 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia. Planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru.

Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	2 x 10	2,071	88	1,029	62	0,793	67
Holmlia	1 x 10	0,807	68	0,312	38	0,263	45
Holmlia X	15	0,944	104	0,570	67	0,505	69
Alnabru	2 x 10	1,173	50	0,558	34	0,474	40
Alnabru X	15	0,926	102	0,571	67	0,483	66
Lillestrøm	3 x 12	2,654	104	1,540	61	1,207	55
Jessheim	2 x 12	1,521	90	0,955	56	0,770	53
Tangen	2 x 5,8	0,810	65	0,307	32	0,219	31
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,149	50	0,089	44
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,201	21	0,137	20
Smørbekk	2 x 12	1,507	89	0,769	45	0,629	43
Sarpsborg	1 x 12	0,796	94	0,398	47	0,248	34
Kongsvinger	1 x 5,8	0,394	63	0,169	35	0,107	31
Lunner	1 x 5,8	0,396	63	0,256	53	0,181	52
Hønefoss	1 x 5,8	0,312	25	0,178	37	0,130	37
Nordagutu	2 x 7	0,743	45	0,412	32	0,277	34
Skoppum	2 x 5,8	1,150	92	0,517	54	0,336	48
Larvik	2 x 5,8	0,983	79	0,315	33	0,225	32

Tabell 4-11 Maksimal strøm på noen utvalgte avganger fra omformerstasjoner. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia. Planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru.

Avgang	Strøm Føringsevne	10-sek RMS		1-min RMS		6-min RMS		10-min RMS		30-min RMS		1-time RMS	
		[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]
Holmlia - nord 1	600	1,269	42	0,742	59	0,501	63	0,477	64	0,422	65	0,395	66
Holmlia - nord 2	600	0,793	26	0,474	38	0,334	42	0,319	43	0,298	46	0,288	48
Alnabru - vest 1	600	1,330	44	0,916	73	0,613	77	0,572	76	0,509	78	0,485	81
Alnabru - vest 2	600	1,040	35	0,699	56	0,515	64	0,492	66	0,465	72	0,438	73
Alnabru - øst 1	600	0,697	23	0,451	36	0,293	37	0,278	37	0,228	35	0,221	37
Alnabru - øst 2	600	0,618	21	0,362	29	0,208	26	0,175	23	0,150	23	0,139	23
Lillestrøm - HB vest 1	600	0,844	28	0,492	39	0,325	41	0,295	39	0,253	39	0,248	41
Lillestrøm - HB vest 2	600	0,607	20	0,348	28	0,209	26	0,204	27	0,178	27	0,170	28
Lillestrøm - GRB vest 1	600	0,857	29	0,695	56	0,544	68	0,469	62	0,418	64	0,382	64
Lillestrøm - GRB vest 2	600	1,195	40	0,958	77	0,570	71	0,496	66	0,449	69	0,408	68
Lillestrøm - Øst	600	0,798	27	0,530	42	0,345	43	0,295	39	0,242	37	0,217	36

Tabell 4-12 Tog som får lavere spenning enn 12,0 kV i simuleringen. Materieltypen og antall enheter for hvert tog.

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
1683	11,9	15,0
834	11,5	12,5
833	11,5	12,5
933	11,7	12,8
63	11,9	13,9

4.10 Simulering med unormal driftsituasjon med utfall av ett aggregat både i Asker og Holmlia, reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia og optimalisering av reaktiv effektopptak i togene

Samme karakteristikk for fasevinkelen som ble testet ut i avsnitt 4.2 er undersøkt med utfall for å se om dette kan forbedre forholdene. Tabell 4-13 nedenfor viser at belastningen for omformerne i Oslo-området endres lite. Imidlertid ser en igjen at belastningen for Skoppum og Larvik blir en del lavere, men ikke nok til å sikre redundans ved utfall. Imidlertid oppnås en forbedring av spenningen for togene, se Tabell 4-15, der spenningen for de fem togene med lavest spenning er vist. En ser altså spenningen forbedres en del og at en kommer innenfor akseptkriteriet i regelverket på 12,0 kV. Dersom dette er mulig å realisere, vil det kunne være gunstig.

Tabell 4-13 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia. Planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru og optimalisering av reaktivt effektopptak i togene.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia. Nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia				Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia. Nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia og optimering av reaktivt effektopptak i togene			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%		[kA]	%		
Asker	2 x 10	2,071	88	1,029	62	2,116	90	0,967	59
Holmlia	1 x 10	0,807	68	0,312	38	0,756	64	0,331	40
Holmlia X	15	0,944	104	0,570	67	0,936	103	0,449	53
Alnabru	2 x 10	1,173	50	0,558	34	1,179	50	0,613	37
Alnabru X	2 x 15	0,926	102	0,571	67	0,869	96	0,390	46
Lillestrøm	3 x 12	2,654	104	1,540	61	2,645	104	1,616	64
Jessheim	2 x 12	1,521	90	0,955	56	1,512	89	0,974	57
Tangen	2 x 5,8	0,810	65	0,307	32	0,787	63	0,299	31
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,149	50	0,341	76	0,139	46
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,201	21	0,597	48	0,207	21
Smørbekk	2 x 12	1,507	89	0,769	45	1,630	96	0,813	48
Sarpsborg	1 x 12	0,796	94	0,398	47	0,796	94	0,378	45
Kongsvinger	1 x 5,8	0,394	63	0,169	35	0,393	63	0,167	35
Lunner	1 x 5,8	0,396	63	0,256	53	0,392	63	0,254	53
Hønefoss	1 x 5,8	0,312	25	0,178	37	0,311	25	0,171	36
Nordagutu	2 x 7	0,743	45	0,412	32	0,691	42	0,378	29
Skoppum	2 x 5,8	1,150	92	0,517	54	1,005	80	0,490	51
Larvik	2 x 5,8	0,983	79	0,315	33	0,903	72	0,304	32

Tabell 4-14 De fem togene som får lavest spenning 12,0 kV i simuleringen. Materielttype og antall enheter for hvert tog.

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
211 - Tp69_1	12,3	13,5
834 - Tp74_1	12,5	13,6
833 - Tp74_2	12,5	13,6
933 - Tp74_2	12,5	13,9
834 - Tp74_1	12,5	13,6

4.11 Simulering med unormal driftsituasjon med utfall av alle aggregater i Asker, ett i Holmlia og reserveaggregater innsatt ved Alnabru og Holmlia

Det kan være interessant å se hva som skjer om alle aggregatene i Asker omformerstasjon faller ut samtidig med at et aggregat i Holmlia er ute. Dette scenarioet kan en tenke seg er tilfellet i forrige avsnitt der en får utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia og der de gjenværende to aggregatene i Asker også faller ut. Nedenfor viser Tabell 4-15 at

maksimalbelastningen på det gjenværende roterende aggregatet i Holmlia blir stor, men at marginen mot overbelastning er ganske god. Det er dermed sannsynlig at denne situasjonen ikke vil føre til at andre aggregater faller ut, altså at en ikke får en kaskade av omformerutfall.

Derimot kan strømbelastningen på avgangene til kl-anlegget bli et problem for Alnabru omformerstasjon, se Tabell 4-16. Som en ser blir belastningen her stor og med liten margin mot overbelastning. Dette betyr at denne ekstraordinære situasjonen ikke kan få lov til å vare lenge. Videre viser Tabell 4-17 at en mengde tog får spenninger under 12,0 kV noe som selvsagt er forventet med et så alvorlig tap av omformerkapasitet. Imidlertid er det gunstig å se at det tross alt ikke skjer et utfall av alle omformeraggregater og at togtrafikken fremdeles kan fortsette å gå til en har greid å starte aggregatene igjen.

Tabell 4-15 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av alle aggregater i Asker og ett i Holmlia. Planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru.

Belastning av omformerstasjonene med utfall av alle aggregatene i Asker og ett i Holmlia og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	0 x 10	0,000	0	0,000	0	0,000	0
Holmlia	1 x 10	0,951	81	0,568	69	0,491	84
Holmlia X	12	0,896	99	0,404	48	0,346	48
Alnabru	2 x 10	1,436	61	0,725	44	0,624	53
Alnabru X	12	0,934	103	0,482	57	0,415	57
Lillestrøm	3 x 12	2,685	106	1,845	73	1,460	67
Jessheim	2 x 12	1,541	91	1,020	60	0,832	57
Tangen	2 x 5,8	0,814	65	0,320	33	0,228	33
Rudshøgda	3,1	0,331	74	0,151	50	0,090	45
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,204	21	0,140	20
Smørbekk	2 x 12	1,540	91	0,857	51	0,711	49
Sarpsborg	1 x 12	0,818	96	0,406	48	0,262	36
Kongsvinger	1 x 5,8	0,398	64	0,173	36	0,113	32
Lunner	1 x 5,8	0,429	69	0,278	58	0,203	58
Hønefoss	1 x 5,8	0,355	28	0,202	42	0,158	45
Nordagutu	2 x 7	1,033	63	0,648	50	0,436	53
Skoppum	2 x 5,8	1,309	105	0,609	63	0,399	57
Larvik	2 x 5,8	0,988	79	0,334	35	0,248	36

Tabell 4-16 Maksimal strøm på noen utvalgte avganger fra omformerstasjoner. Simulering med dagens omformerstasjoner og utfall av alle aggregater i Asker og ett i Holmlia. Planlagt reserveaggregater innsatt ved Holmlia og Alnabru.

Avgang	Strømføringsevne	10-sek RMS		1-min RMS		6-min RMS		10-min RMS		30-min RMS		1-time RMS	
		[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]	[kA]	[%]
Holmlia - nord 1	600	1,292	43	0,806	65	0,556	70	0,531	71	0,474	73	0,440	73
Holmlia - nord 2	600	0,859	29	0,511	41	0,384	48	0,376	50	0,344	53	0,328	55
Alnabru - vest 1	600	1,402	47	1,044	84	0,724	90	0,692	92	0,616	95	0,584	97
Alnabru - vest 2	600	1,122	37	0,818	65	0,632	79	0,616	82	0,576	89	0,543	90
Alnabru - øst 1	600	0,656	22	0,422	34	0,272	34	0,253	34	0,218	34	0,215	36
Alnabru - øst 2	600	0,583	19	0,328	26	0,217	27	0,196	26	0,171	26	0,156	26

Tabell 4-17 Tog som får lavere spenning enn 12,0 kV i simuleringen. Materielttype og antall enheter for hvert tog.

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
834 - Tp74_1	10,9	11,4
833 - Tp74_2	10,9	11,6
933 - Tp74_2	10,8	11,6
63 - Tp73_2	10,9	12,7
3756 - Tp71_1	11,8	14,0
3758 - Tp71_1	11,9	14,0
3760 - Tp71_1	11,8	13,0
3762 - Tp71_1	12,0	13,4
3766 - Tp71_1	11,8	12,6
3769 - Tp71_1	11,5	13,9
3771 - Tp71_1	11,8	13,4
3773 - Tp71_1	11,9	13,1
3779 - Tp71_1	11,6	13,3
1633 - Tp74_2	11,7	13,2
1681 - Tp74_1	11,9	14,6
1683 - Tp74_2	11,7	13,2
1630 - Tp74_2	11,7	13,0
1632 - Tp74_2	11,9	13,0
1682 - Tp74_2	11,9	13,5
1686 - Tp74_1	11,9	15,0
331 - Tp74_2	11,7	14,0
333 - Tp74_2	11,3	12,9
335 - Tp74_2	11,2	12,5
330 - Tp74_1	11,7	13,0
332 - Tp74_1	11,6	12,3
832 - Tp74_1	11,6	12,4
834 - Tp74_1	11,4	12,1
831 - Tp74_1	11,5	12,6
833 - Tp74_2	11,6	11,7
835 - Tp74_2	11,7	13,1
879 - Tp74_1	11,5	14,0
881 - Tp74_2	11,7	12,7
883 - Tp74_2	11,8	12,8
931 - Tp74_1	11,3	12,5
933 - Tp74_2	11,6	13,3
832 - Tp74_1	11,4	13,9

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
534 - Tp74_1	11,6	13,1
536 - Tp74_1	11,2	12,6
529 - Tp74_1	11,4	13,2
531 - Tp74_1	11,2	12,6
581 - Tp74_1	11,4	12,8
883 - Tp74_1	11,2	12,1
2282 - Tp74_2	11,7	13,2
1030 - Tp72_1	11,7	12,9
1032 - Tp72_1	11,8	12,9
602 - EL18_8B7	11,5	13,6
79 - Tp73_2	11,5	13,2
5800 - BR185_800	11,5	13,0
10582 - Tp74_1t	11,9	13,3
11133 - Tp72_1t	11,5	13,1
12881 - Tp74_1t	11,8	14,0
22181 - Tp74_1t	11,5	13,9
22883 - Tp74_1t	12,0	14,2

4.12 Simulering med unormal driftsituasjon med utfall av ett aggregat både i Asker og Holmlia og to reserveaggregater innsatt ved Alnabru

Det kan bli reist spørsmål om å plassere begge reserveaggregatene ved eksisterende Alnabru omformerstasjon og denne simuleringen ser på en slik situasjon der det igjen har falt ut ett aggregat i Asker og Holmlia. I Tabell 4-18 ser en at de gjenværende aggregatene i Asker og Holmlia er høyt belastet, sammenlign med simuleringen i avsnitt Tabell 4-11. Som en ser blir Asker belastet litt høyere, men for Holmlia er belastningen økt veldig mye. Det ser ut som om det ikke er gunstig ut fra belastningen for de gjenværende aggregatene å plassere begge de mobile aggregatene på Alnabru. Hadde scenarioet vært utfall av ett eller begge aggregater i eksisterende omformerstasjon på Alnabru hadde denne plasseringen vært mer gunstig.

Det er også undersøkt strømbelastningen på avgangene til kl-anlegget fra Alnabru i Tabell 4-19 og som en ser er marginene mot overbelastning små. I Figur 4-7 kan en se effektflyten i Oslo-området når belastningen er på sitt høyeste. Videre viser Tabell 4-20 spenningen for togene som får spenninger under 12,0 kV. Som en ser er det igjen fem tog som får spenninger under Regelverkets krav, men spenningen er ikke noe særlig endret fra simuleringen med utfall og reserveomformerne plassert ved Holmlia og Alnabru.

Tabell 4-18 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og begge planlagte reserveaggregater innsatt ved Alnabru.

Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia og to nye statiske omformere ved Alnabru							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	2 x 10	2,129	90	1,076	65	0,840	71
Holmlia	1 x 10	1,057	90	0,472	57	0,397	67
Alnabru	2 x 10	1,073	45	0,584	35	0,497	42
Alnabru X	2 x 15	1,538	85	0,732	43	0,620	43
Lillestrøm	3 x 12	2,662	105	1,638	64	1,278	59
Jessheim	2 x 12	1,526	90	0,978	58	0,787	54
Tangen	2 x 5,8	0,813	65	0,309	32	0,222	32
Rudshøgda	3,1	0,332	74	0,149	50	0,089	45
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,202	21	0,138	20
Smørbekk	2 x 12	1,634	96	0,866	51	0,713	49
Sarpsborg	1 x 12	0,819	97	0,409	48	0,263	36
Kongsvinger	1 x 5,8	0,394	63	0,170	35	0,109	31
Lunner	1 x 5,8	0,402	64	0,261	54	0,186	53
Hønefoss	1 x 5,8	0,318	25	0,180	37	0,133	38
Nordagutu	2 x 7	0,756	46	0,420	32	0,283	34
Skoppum	2 x 5,8	1,153	92	0,523	54	0,340	49
Larvik	2 x 5,8	0,988	79	0,317	33	0,228	33

Tabell 4-19 Maksimal strøm på noen utvalgte avganger fra omformerstasjoner. Simulering med dagens omformerstasjoner og begge planlagte reserveaggregater innsatt ved Alnabru.

Avgang	Strømførings evne	10 sek		1 min		6 min		10 min		30 min		1 time	
		RMS [kA]	[%]	RMS [kA]	[%]	RMS [kA]	[%]	RMS [kA]	[%]	RMS [kA]	[%]	RMS [kA]	[%]
Alnabru - vest 1	600	1,501	50	1,029	82	0,700	88	0,659	88	0,593	91	0,566	94
Alnabru - vest 2	600	1,236	41	0,818	65	0,610	76	0,581	77	0,553	85	0,523	87
Alnabru - øst 1	600	0,695	23	0,452	36	0,291	36	0,277	37	0,230	35	0,226	38
Alnabru - øst 2	600	0,622	21	0,361	29	0,211	26	0,179	24	0,159	24	0,146	24

Tabell 4-20 Tog som får lavere spenning enn 12,0 kV i simuleringen. Materielttype og antall enheter for hvert tog.

Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
1683 - Tp74_2	11,9	14,9
834 - Tp74_1	11,5	12,4
833 - Tp74_2	11,5	12,5
933 - Tp74_2	11,7	12,8
63 - Tp73_2	11,9	13,9

4.13 Simulering med unormal driftsituasjon med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia og to reserveaggregater innsatt ved Lillestrøm

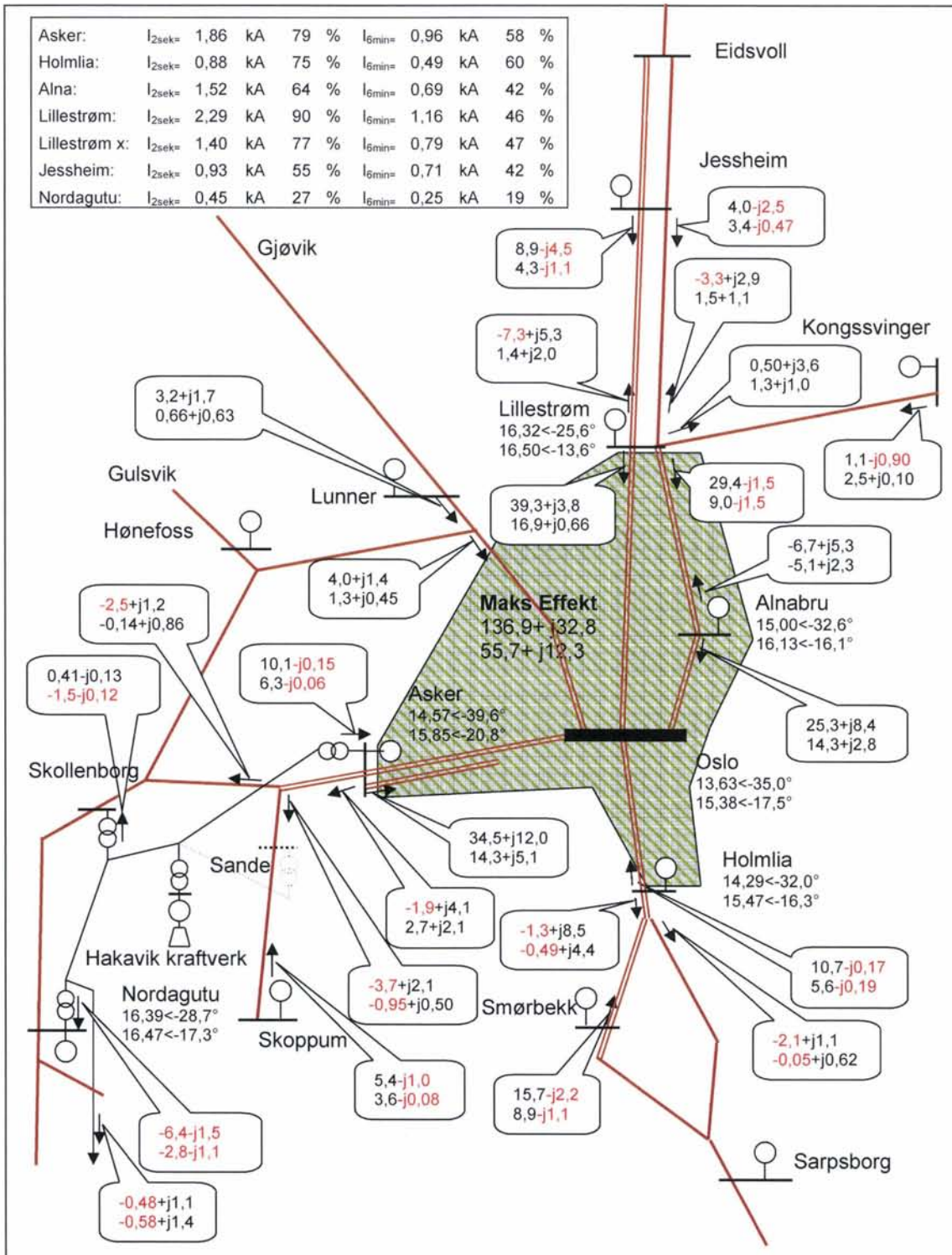
I forrige avsnitt så en at belastningen på kl-anlegget ble veldig høy ved plassering av begge de mobile aggregatene på Alnabru, det kan derfor være interessant å se om Lillestrøm vil være en bedre plassering om begge aggregatene skal stå på et sted. Som en ser i Tabell 4-21 nedenfor blir belastningen av de gjenværende aggregatene i Asker og Holmlia enda noe større enn i avsnitt 4.12. Ved denne plasseringen er tydeligvis de mobile aggregatene elektrisk sett kommet enda lengre unna Holmlia og Asker og tyngdepunktet for belastningen.

Når det gjelder effektflyten i øyeblikket med størst lastoptak ser en at det nå er mye effekt som overføres fra Lillestrøm over Gardermo- og Hovedbanen, se Figur 4-8. Når det gjelder strømbelastningen på avgangene til kl-anlegget viser Tabell 4-23 at det neppe er fare for overbelastning. Pussig nok er det denne gangen bare fire tog som får spenninger under 12,0 kV, se Tabell 4-24.

Det ser ut til at denne plasseringen av aggregatene er ugunstig fordi faren for at de gjenværende aggregatene på Holmlia og Asker står i fare for å falle ut.

Tabell 4-21 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med to reserveaggregater innsatt på Lillestrøm og utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia.

Belastning av omformerstasjonene med utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia og to nye statiske omformere på Lillestrøm							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	2 x 10	2,168	92	1,104	67	0,869	74
Holmlia	1 x 10	1,098	93	0,495	60	0,416	71
Alnabru	2 x 10	1,520	64	0,733	44	0,629	53
Lillestrøm	3 x 12	2,420	95	1,347	53	1,079	49
Lillestrøm X	2 x 12	1,518	83	0,920	54	0,744	51
Jessheim	2 x 12	1,499	88	0,917	54	0,747	51
Tangen	2 x 5,8	0,810	65	0,303	31	0,216	31
Rudshøgda	3,1	0,330	73	0,149	50	0,089	44
Fåberg	2 x 5,8	0,574	46	0,201	21	0,137	20
Smørbekk	2 x 12	1,640	97	0,874	52	0,719	49
Sarpsborg	1 x 12	0,818	96	0,408	48	0,264	36
Kongsvinger	1 x 5,8	0,392	63	0,167	35	0,105	30
Lunner	1 x 5,8	0,406	65	0,265	55	0,188	54
Hønefoss	1 x 5,8	0,321	26	0,181	37	0,134	38
Nordagutu	2 x 7	0,762	46	0,423	33	0,285	35
Skoppum	2 x 5,8	1,155	92	0,524	54	0,341	49
Larvik	2 x 5,8	0,978	78	0,317	33	0,228	33



Figur 4-8 Maksimal aktiv effekt for Oslo-området oppstår klokken 16:03:26 og for 6-minuttersverdi opptrer maksimalverdien mellom klokken 16:24:09. Effektflyt for 2-sekunders (øverste tall) og 6-minuttersverdi (nederste tall) for MEAN effekt. Aktiv- og reaktiv effekt der negativt fortegn er markert med røde tall.

Tabell 4-22 Maksimal strøm på noen utvalgte avganger fra omformerstasjoner. Simulering med to reserveaggregater innsatt på Lillestrøm og utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia.

Avgang	Strøm føring sevne	10 sek RMS [kA]	[%]	1 min RMS [kA]	[%]	6 min RMS [kA]	[%]	10 min RMS [kA]	[%]	30 min RMS [kA]	[%]	1 time RMS [kA]	[%]
Lillestrøm - HB vest 1	600	0,945	31	0,551	44	0,386	48	0,370	49	0,337	52	0,318	53
Lillestrøm - HB vest 2	600	1,383	46	1,084	87	0,673	84	0,603	80	0,550	85	0,509	85
Lillestrøm - GRB vest 1	600	1,166	39	0,712	57	0,484	60	0,457	61	0,398	61	0,383	64
Lillestrøm - GRB vest 2	600	1,018	34	0,819	66	0,662	83	0,583	78	0,525	81	0,487	81

Tabell 4-23 Tog som får lavere spenning enn 12,0 kV i simuleringen. Materielltype og antall enheter for hvert tog.

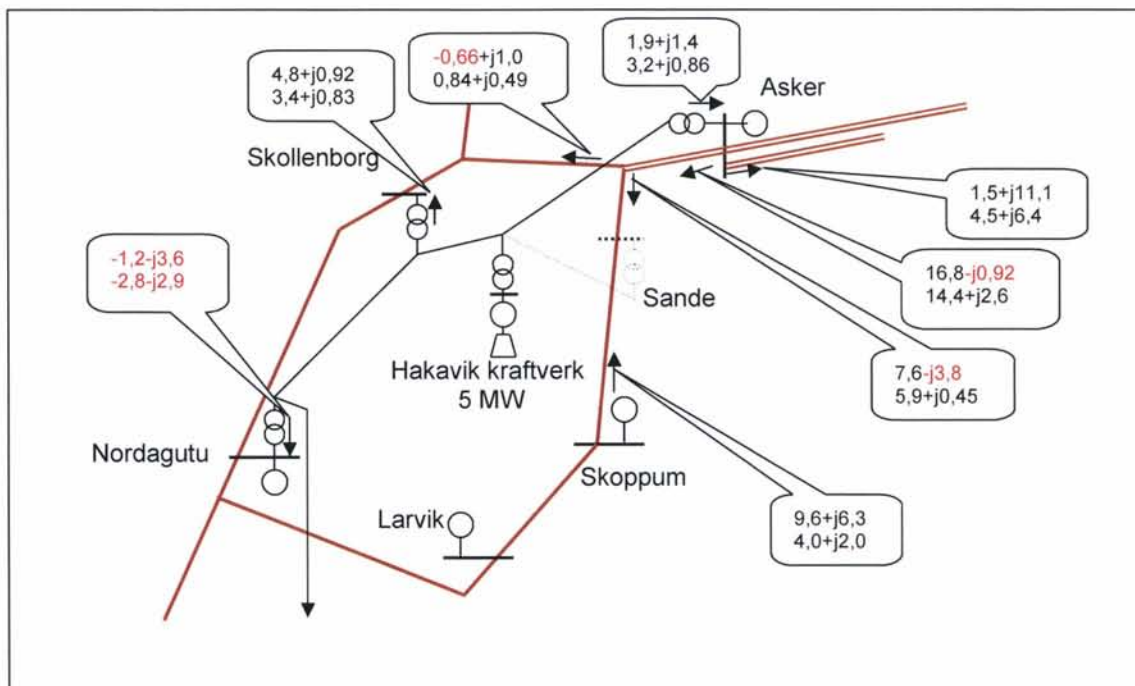
Tog	Minimum spenning under 12 kV RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
834 - Tp74_1	11,5	12,4
833 - Tp74_2	11,5	12,5
933 - Tp74_2	11,6	12,8
63 - Tp73_2	11,9	13,9

4.14 Simulering med normal driftsituasjon og Skoppum utvidet til aggregater på 2 x 7 MVA

Det kan bli et problem at også perifere omformerstasjoner som Skoppum og Larvik blir belastet så høyt. Selv om en undersøkte forholdene med strømbegrensning i de nye togsettene ble reduksjonen av belastningen liten, se avsnitt 4.2. Det åpenbare er å utvide omformerstasjonene og det er her forsøkt å sette inn to aggregater på 7 MVA i Skoppum. Tabell 4-24 viser at belastningsprosenten går ned, men at det fremdeles er så liten margin at utfall av det ene aggregatet sannsynligvis vil føre til at det gjenværende faller ut. Sannsynligvis skulle den samme oppgraderingen vært gjort i Larvik, noe som også ville ført til mindre sjanse for at utfall av ett aggregat i en stasjon fører til overbelastning av det gjenværende. Figur 4-9 viser effektflyten i banestrømforsyningsanleggene og som en ser er det store effektmengder som går inn på linjen mellom Drammen og Sande. I neste avsnitt ser en på et tilfelle der Sande omformerstasjon er i drift.

Tabell 4-24 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Sammenligning av simulering med normal drift og Skoppum omformerstasjon utvidet til to aggregater på 7 MVA.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med normal drift og nye statiske omformere ved Alnabru og Holmlia				Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med Skoppum utvidet til 2 x 7,0 MVA aggregater			
		Strøm i RMS-verdier					Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter			2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]		%	[MVA]	[kA]	%
Asker	3 x 10	2,497	71	1,194	48	3 x 10	2,525	71	1,212	49
Nordagutu	2 x 7	0,689	42	0,375	29	2 x 7	0,685	42	0,374	29
Skoppum	2 x 5,8	1,130	90	0,499	52	2 x 7	1,135	69	0,512	40
Larvik	2 x 5,8	0,965	77	0,312	32	2 x 5,8	0,959	77	0,311	32



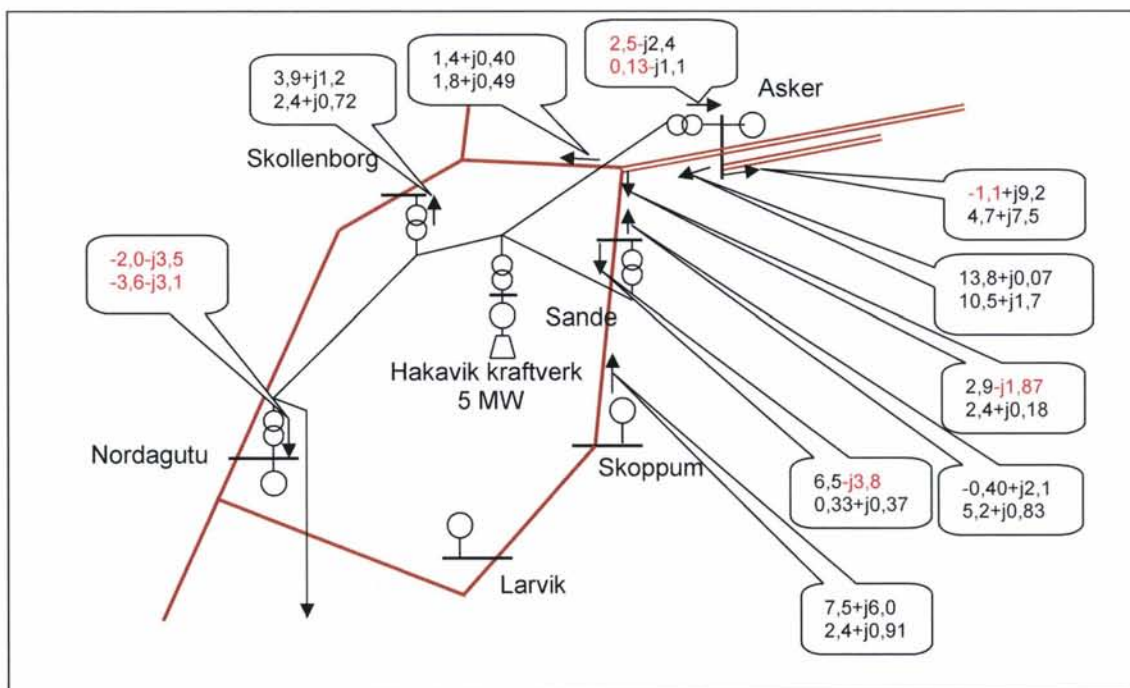
Figur 4-9 Effektflyt når Skoppum omformerstasjon er belastet på sitt meste. Effektflyt for 2-sekunders (øverste tall) og 6-minuttersverdi (nederste tall) for MEAN effekt. Aktiv- og reaktiv effekt der negativt fortegn er markert med røde tall.

4.15 Simulering med normal driftsituasjon og Sande transformatorstasjon i drift

Ved simulering med Sande transformatorstasjon i fortsatt drift og Skoppum fremdeles bestykket med bare to omformeraggregater på 5,8 MVA. Det ut til at Skoppum belastes mye, se Tabell 4-25. Belastningen har gått en del ned for Skoppum sin del, men prosentvis er belastningen fremdeles for høy med bare to aggregater på 5,8 MVA. Figur 4-10 viser effektflyten i kraftsystemet, og som en ser bidrar Sande med flere MVA i situasjonen med høyest effektbehov i Skoppum. Denne effekten hentes fra Nordagutu og Asker omformerstasjoner.

Tabell 4-25 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Sammenligning av simulering med normal drift og Sande transformatorstasjon i drift.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med Skoppum utvidet til 2 x 7,0 MVA aggregater. Sande transformatorstasjon ikke i drift.				Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med Sande transformatorstasjon inne og Skoppum med 2 x 5,8 MVA aggregater			
		Strøm i RMS-verdier					Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter			2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]		%	[MVA]	[kA]	%
Asker	3 x 10	2,525	71	1,212	49	3 x 10	2,620	74	1,196	48
Nordagutu	2 x 7	0,685	42	0,374	29	2 x 7	0,840	51	0,439	34
Skoppum	2 x 7	1,135	69	0,512	40	2 x 5,8	0,939	75	0,400	41
Larvik	2 x 5,8	0,959	77	0,311	32	2 x 5,8	0,979	78	0,310	32



Figur 4-10 Effektflyt når Skoppum omformerstasjon er belastet på sitt meste. Effektflyt for 2-sekunders (øverste tall) og 6-minuttersverdi (nederste tall) for MEAN effekt. Aktiv- og reaktiv effekt der negativt fortegn er markert med røde tall.

4.16 Simulering med normal driftsituasjon og Sande transformatorstasjon i drift med trinnkobler

Det kan være at forholdene forbedrer seg noe om Sande transformatorstasjon utstyres med trinnkobler på samme måte som Neslandsvatn. Nedenfor viser Tabell 4-26 at Skoppum omformerstasjon bare blir avlastet med to prosentpoeng. Ut fra dette kan det se ut som om Skoppum må utstyres med aggregater på 7,0 MVA og at Sande transformatorstasjon i tillegg må være i drift for at belastningen ikke skal bli for stor.

Tabell 4-26 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Sammenligning av simulering med normal drift og Sande transformatorstasjon i drift med trinnkobler.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med Sande transformatorstasjon inne og Skoppum med 2 x 5,8 MVA aggregater				Belastning av omformerstasjonene med Sande transformatorstasjon med trinnkobler og Skoppum med 2 x 5,8 MVA aggregater			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	2,620	74	1,196	48	2,631	74	1,196	48
Nordagutu	2 x 7	0,840	51	0,439	34	0,860	52	0,455	35
Skoppum	2 x 7	0,939	75	0,400	41	0,913	73	0,390	40
Larvik	2 x 5,8	0,979	78	0,310	32	0,975	78	0,307	32

4.17 Simulering med normal driftsituasjon og trafikk på kvelden

Nedenfor viser Tabell 4-27 maksimal belastning av omformerstasjonene med trafikksimulering for togene mellom klokken 21:00 og 24:00. På denne tiden er det flest godstog som kjører og som en ser blir belastningen på omformerstasjonene høyst moderat. Unntaket er de statiske omformerne på Lillestrøm, Jessheim og Sarpsborg som ble forbausende mye belastet. I denne simuleringen er det ingen reserveaggregater i drift og ikke uventet kan disse være utkoblet i lavlastperioder.

Tabell 4-27 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt bestykning. Trafikk på kvelden mellom klokken 21:00 og 24:00.

Belastning av omformerstasjonene normal drift på kvelden							
Omformerstasjon	Innsatt ytelse	Strøm i RMS-verdier					
		2-sek		6-minutter		1-time	
		[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%
Asker	3 x 10	1,658	47	0,988	40	0,655	37
Holmlia	2 x 10	0,964	41	0,513	31	0,435	37
Alnabru	2 x 10	1,006	43	0,524	32	0,458	39
Lillestrøm	3 x 12	2,630	103	1,211	48	1,053	48
Jessheim	2 x 12	1,409	83	0,795	47	0,677	47
Tangen	2 x 5,8	0,619	50	0,276	29	0,214	31
Rudshøgda	3,1	0,283	63	0,112	37	0,079	40
Fåberg	2 x 5,8	0,519	41	0,207	21	0,130	19
Smørbekk	2 x 12	1,074	63	0,694	41	0,551	38
Sarpsborg	1 x 12	0,852	100	0,538	63	0,349	48
Kongsvinger	1 x 5,8	0,426	68	0,250	52	0,182	52
Lunner	1 x 5,8	0,386	62	0,235	49	0,198	57
Hønefoss	1 x 5,8	0,367	29	0,211	44	0,152	44
Nordagutu	2 x 7	0,568	34	0,367	28	0,239	29
Skoppum	2 x 5,8	0,311	25	0,195	20	0,135	19
Larvik	2 x 5,8	0,323	26	0,150	16	0,109	16

4.18 Simulering med normal driftsituasjon på kvelden og optimalisering av reaktiv effektopptak i togene

Samme karakteristikk for fasevinkelen som ble testet ut i avsnitt 4.2 er undersøkt for trafikken på kveldstid for å se om dette kan forbedre belastningen av omformerne. Som en ser av Tabell 4-28 er reduksjonen av belastningen meget liten.

Tabell 4-28 Maksimal belastning av omformerstasjonene. Prosentvis belastning av total ytelse i aggregater i drift. Simulering med dagens omformerstasjoner og planlagt bestykning. Trafikk på kvelden mellom klokken 21:00 og 24:00 og optimalisering av reaktiv effektopptak for godstogene.

Omformer stasjon	Innsatt ytelse	Belastning av omformerstasjonene med normal drift				Belastning av omformerstasjonene med normal drift og optimering av reaktiv effektopptak i togene			
		Strøm i RMS-verdier				Strøm i RMS-verdier			
		2-sek		6-minutter		2-sek		6-minutter	
		[MVA]	[kA]	%	[kA]	%	[kA]	%	[kA]
Asker	3 x 10	1,658	47	0,988	40	1,584	45	0,946	38
Holmlia	2 x 10	0,964	41	0,513	31	0,939	40	0,502	30
Alnabru	2 x 10	1,006	43	0,524	32	0,975	41	0,519	32
Lillestrøm	3 x 12	2,630	103	1,211	48	2,618	103	1,196	47
Jessheim	2 x 12	1,409	83	0,795	47	1,466	86	0,797	47
Tangen	2 x 5,8	0,619	50	0,276	29	0,591	47	0,265	28
Rudshøgda	3,1	0,283	63	0,112	37	0,275	61	0,107	36
Fåberg	2 x 5,8	0,519	41	0,207	21	0,530	42	0,206	21
Smørbekk	2 x 12	1,074	63	0,694	41	1,053	62	0,693	41
Sarpsborg	1 x 12	0,852	100	0,538	63	0,861	102	0,536	63
Kongsvinger	1 x 5,8	0,426	68	0,250	52	0,429	69	0,250	52
Lunner	1 x 5,8	0,386	62	0,235	49	0,377	60	0,223	46
Hønefoss	1 x 5,8	0,367	29	0,211	44	0,340	27	0,195	41
Nordagutu	2 x 7	0,568	34	0,367	28	0,512	31	0,337	26
Skoppum	2 x 5,8	0,311	25	0,195	20	0,310	25	0,192	20
Larvik	2 x 5,8	0,323	26	0,150	16	0,320	26	0,150	16

5 OPPSUMMERING, DISKUSJON, KONKLUSJON OG ANBEFALING

5.1 Oppsummering av resultatene

5.1.1 Undersøkelser for Oslo-området og mobile omformerstasjoner

Trafikksimuleringer er gjort med ruteplan R2012 med en økning av antallet nye togsett av Type 74 og 75 ut over NSB sin opprinnelige bestilling på 50 sett er utført. Det er først og fremst utført undersøkelser for Oslo-området definert som området innenfor omformerne Asker, Lillestrøm, Holmlia og Lunner/Roa. Simuleringsperioden er fra klokken 15:00 til 18:00. En forutsetning er at de tiltakene med innstilling av spenningsregulatorer som en fant i Fase 2, se [1], er videreført her, se for øvrig avsnitt 1.3. Følgende kan oppsummeres som funn:

- Det ser ut til at de mobile reserveaggregatene er tilstrekkelig dimensjonert for den økte belastningen, med ca. 2 x 15 MVA kortvarig. Dette ut fra at et enkelt resonnement om at det momentane effektbehovet i Oslo-området ser ut til å ha økt med ca. 38 MW fra simuleringene i fase 1. I tillegg til en ytelse på 30 MVA fra de mobile aggregatene vil Hakavik kraftverk kunne supplere med 5 MW.
- Som alltid i banestrømforsyningen er det stor forskjell på maksimal og mer gjennomsnittlig belastning. Ved konstruksjon av aggregatene er det derfor mulig å la transformatoren være en del mindre enn ytelsen for selve omformereren.
- Simulering der togene gis en effektbegrensning på 500 A gir liten reduksjon av høyeste effektopptak for omformerstasjonene. Det er bare Type 74/75 i multippel som kan trekke så mye strøm.
- Simulering med endret karakteristikk for fasevinkelen som funksjon av spenning for Type 74/75 og CE119 ble endringen av belastningen for omformerne liten. Men i en unormal driftsituasjon med utfall av aggregater så en at spenningen for togene ble noe forbedret slik at en kommer innenfor akseptgrensen på 12,0 kV.
- Simulering med en liten endring av halvparten av togenes avgangstid gir en pekepinn om belastningsendringer ved avvik fra dimensjonerende ruteplan. En har sett at noen omformerstasjoner fikk belastningen sin økt nokså mye, mens andre fikk redusert belastning.
- Plasseringene av de nye aggregatene som er undersøkt her er Holmlia og Alnabru, begge aggregater på Alnabru eller begge på Lillestrøm. Ut fra dette kan en se at:
 - Ved plassering av begge aggregatene på enten Alnabru eller Lillestrøm vil det ved utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia være små marginer mot utfall av de gjenværende aggregatene.
 - Ved plassering av ett mobilt aggregat på henholdsvis Holmlia og Alnabru og utfall av ett roterende aggregat i hver av disse, blir de gjenværende aggregatene i Asker omformer noe høyt belastet. Marginene mot overbelastning er derimot såpass store at dette anses som akseptabelt.
 - Ved plassering av begge aggregatene på Alnabru vil strømbelastningen på avgangene til kl-anlegget bli så stor at det er fare for overbelastning. Dermed vil en fraråde plassering av begge aggregater på Alnabru og heller foretrekke Lillestrøm, dersom begge aggregater må plasseres på samme sted.
 - Selv med de nye aggregatene vil noen tog få lave spenninger, uansett plassering, ved to samtidige omformerutfall. Det er snakk om fire til fem tog som får spenninger ned mot 11,5 kV.

- Simulering med utfall av alle aggregater i Asker omformer kan være et scenario der en har hatt utfall av ett aggregat i både Holmlia og Alnabru. Med plassering av ett mobilt aggregat i Holmlia og i Alnabru vil sannsynligvis ikke de øvrige omformerne falle ut. Dermed kan togtrafikken fremdeles opprettholdes, riktignok med sannsynlighet for store forsinkelser. Ved plassering av de mobile aggregatene på enten Alnabru eller Lillestrøm vil det være mindre marginer mot overbelastning av de gjenværende aggregatene i Holmlia. Scenarioet vil da kunne bli at alle aggregater i Asker og Holmlia faller ut.

5.1.2 Undersøkelse av den høye belastningen av omformerstasjonene i Larvik og Skoppum

Flere simuleringer ble utført for å se på nødvendig bestykning eller andre tiltak i omformerstasjonen i Skoppum og transformatorstasjonen på Sande, oppsummert er dette:

- Selv med redusert strømpoptak i Type 74/75 i multipel blir belastningen for Skoppum og Larvik så stor at utfall av ett aggregat i en av disse stasjonene sannsynligvis fører til utfall av det andre. De nye togene og rutene vil belaste omformerne her veldig mye.
- Selv med utvidelse av Skoppum til 2 x 7 MVA aggregater vil belastningen bli for høy, sannsynligvis må enda større aggregater settes inn.
- Istedenfor å sette inn større aggregater i Skoppum enn 2 x 5,8 MVA er det forsøkt å la Sande transformatorstasjon være i drift. Dette ser ikke ut til å avhjelpe situasjonen tilstrekkelig og det ser ut til at det er nødvendig både at Sande transformatorstasjon er i drift og at Skoppum utvides til 2 x 7,0 MVA.

5.2 Diskusjon

5.2.1 Usikkerhet i forhold til trafikksimuleringer og ruteplan

Den såkalte ruteplan R2012 og de kapasitetsøkende tiltakene denne innebærer ble lagt på is av Regjeringen sommeren 2010. Dermed vil de nye lokal- og regionaltogene (Type 74/75) settes i drift i vanlig rute. En ruteplan med tilsvarende stor trafikk som R2012 forventes å kunne komme i løpet av de nærmeste årene. Dessuten kan det også forventes at NSB går til anskaffelse av ytterligere togsett av samme type etter at de 50 første er i drift. Usikkerheten rundt dette er selvsagt med på å gjøre planleggingen av forsterkninger i banestrømforsyningen vanskelig. De mobile aggregatene har til hensikt både å støtte opp banestrømforsyningen når og om økt trafikk kommer, men er også ment som reserve når overhaling av roterende Q48 aggregater i Oslo-området skjer. De er også ment som reserve i tilfelle havari av omformere andre steder i landet, når det ikke lenger er behov for dem i Oslo-området.

Dette er usikkerhet som har å gjøre med ruteplan, men en har også usikkerhet knyttet til modellering av togene. Simuleringene forutsetter at alle lokomotivførere har en hard kjørestil og at tilgjengelig effekt i togene utnyttes fullt ut til raske akselerasjoner for å oppnå skiltet hastighet. Det er muligens bare adhesjonsforholdene i simuleringen som er moderate i forhold til gunstigst mulige forhold i varmt og tørt vær. Effektopptaket i hvert enkelt tog er nært det maksimale og sannsynligvis vil kjøringen i Oslo-området komme til å bli hard. Kjøringen må også være hard for å kunne oppfylle en ruteplan med mange avganger.

Det er dermed endringen av rutene og sammenlagring av effekt som kan komme til å gi størst endringer av maksimalt effektbehov i forhold til simuleringene. Imidlertid vil nok dette gi

størst utslag på en matestrekning med få tog, og mindre og mindre utslag desto større antall tog som trafikkerer et område. Simuleringene kan generelt forventes å være konservative, men for simuleringene for Oslo-området er det flere ting enn ellers som taler for at de kommer til å ligge nærmere opp til virkeligheten enn simuleringer for hovedstrekningene der det er få tog. Nettopp dette ble testet i simuleringen med endring av avgangstidene for togene. En så at omtrent bare 2-sekundersverdiene for Asker, Holmlia og Alnabru ble endret for Oslo-området, de andre lengre midlede strømverdiene var nesten uforandret. For maksimalverdien for belastningen for hele Oslo-området ble økningen på bare 4 %. Imidlertid ble belastningen på Asker omformerstasjon så stor at marginene mot overbelastning ble i minste laget. Dette er såpass ugunstig at en bør vurdere å ha de mobile aggregatene i drift selv i normal drift, se diskusjon i avsnitt 5.2.3.

Det har også vært usikkerheter med hensyn på togmateriellet som brukes i avgangene. På pendelen Spikkestad – Kongsvinger ble det i fase 1 forutsatt doble Type 74 togsett, mens det i fase 2 er satt inn enkle sett i den dimensjonerende ruteplanen. Dermed blir belastningen av Kongsvinger omformerstasjon lavere i simuleringene her, enn i fase 1. Imidlertid vil dette ikke føre til at omformerstasjonen belastes for mye.

5.2.2 Størrelse og plassering av mobile omformerstasjoner

Det ser ut til at det momentane effektbehovet i Oslo-området har økt med ca. 38 MW fra simuleringene i fase 1. At de nye mobile omformeraggregatene som skal plasseres i Oslo-området er på til sammen 30 MVA kortvarig, virker da fornuftig. Med en oppdekning med 5 MVA ekstra fra Hakavik kraftverk er en kommet nært opp mot totalt 38 MVA. Dette forutsetter at en definerer belastningssituasjonen som en fant i fase 1 til å være helt opp mot grensen av hva en kunne akseptere, inkludert marginer.

En annen ting som taler for reserveaggregater på 15 MVA (909 A ved 16,5 kV) er at en roterende omformer av typen Q48 med 10 MVA, kortvarig kan belastes på omtrent det samme (1180 A kortvarig). Og det er nettopp disse aggregatene de mobile reserveaggregatene skal erstatte. Ut fra dette resonnetet burde kanskje de nye aggregatene være noe større slik at de tilsvarer Q48-aggregatenes kortvarige maksimalbelastning. Derimot kan kortvarig belastning være mindre.

Når det gjelder plassering av aggregatene er utgangspunktet at de bør plasseres så nært omformerstasjonene der utfall av aggregater får størst konsekvens og er mest sannsynlig. Dette vil være Asker, Holmlia og Alnabru. Lillestrøm er også en viktig omformerstasjon, men utfall av aggregater her fører ikke overbelastning av de gjenværende. Helst skulle en derfor ønsket at det var tre aggregater og at de plasseres ved Asker, Holmlia og Alnabru. Imidlertid vil en kunne innvende at en da setter inn større effekt enn det er behov for og at kostnadene med dette blir store. En annen ting er at Asker omformerstasjon har tre aggregater, slik at utfall av de gjenværende er mindre sannsynlig enn for Alnabru og Holmlia. En annen ting er fjernledningen som støtter opp Asker.

En ulempe med Alnabru og Holmlia er at disse stedene vil føre til kostnader ved forsterkning av overliggende forsyningsnett. Derfor er det sett på plassering av begge aggregatene på Alnabru, men da ble strømføringsevnen til kl-anlegget på Hovedbanen noe liten. Lillestrøm er derfor et bedre sted å plassere omformerstasjonene, siden belastningen da fordeles på Gardermobanen og Hovedbanen. Men simuleringene viste at ved utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia blir de gjenværende aggregatene i disse stasjonene høyt belastet. Sannsynligvis vil

utfall av ett aggregat i Alnabru og Asker eller Alnabru og Holmlia gi omtrent samme resultat. Da står en i fare for at en plassering av reserveaggregatene i Lillestrøm ikke gir sikkerhet for å avhjelpe situasjonen de i første omgang var ment for.

De planlagte to reserveaggregatene avhjelper ikke fullt ut en forbedret spenning for togene. Simuleringen med utfall av aggregater i Asker og Holmlia viste at fem tog fikk for lave spenninger, altså spenning kortvarig under 12,0 kV. Sannsynligvis vil det samme skje ved utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia, mens samtidig utfall av aggregater i Holmlia og Alnabru høyst sannsynlig ikke fører til lave spenninger. Dermed kan det se ut til at reserveaggregatene kan avhjelpe et effektunderskudd, men at overføringsevnen er for liten. Enda et reserveaggregat (i tillegg) kunne ha avhjulpet denne situasjonen. Å kreve at spenningen for togene skal være innenfor forskriftskravet når kostnadene for aggregatene er så store synes urimelig. Imidlertid viste det seg at en endring av Type 74/75 sin karakteristikk for reaktiv effektopptak kunne forbedre spenningen nok til å komme innenfor regelverkets krav. Lokomotivene for godstogene ble også endret, men dette har nok liten betydning for rushtidsperioden i Oslo-området. Muligens er den undersøkte endringen for stor i forhold til hva togsettenes ytelse er bygget for, men det viser at en optimalisering av denne karakteristikken vil kunne være gunstig.

5.2.3 Kald eller varm reserve

For Oslo-områdets omformere er undersøkelsene utført og bedømt ut fra at to av de roterende omformerne samtidig kan falle ut uten store problemer for togtrafikken, så lenge de to mobile omformerne er i drift. Det er da mulig å ha de mobile omformerne utkoblet i normal drift, - såkalt kald reserve. Ulempen med dette er at om to roterende omformere faller ut blir spenningen for togene lav og forsinkelser kan oppstå, spesielt om oppstart av reserveaggregatene kommer til å ta lang tid. Det burde i så fall ikke være mer enn noen sekunder i oppstartstid. En må også vurdere en driftsrutine der reserveomformerne startes opp om ett av aggregatene i Asker, Holmlia, Alnabru, Lillestrøm eller Jessheim har stoppet.

Imidlertid viste simuleringen med endring av togenes ruteplan at høy spissbelastning kan oppstå, og en bør derfor måle og vurdere belastningen veldig nøye i årene fremover. Kan det vise seg at belastningen virkelig blir så høy og varierende som denne simuleringen antyder, bør en nok alltid ha reserveaggregatene i drift. Altså den en kan kalle for varm reserve. Målinger og statistikk for belastningen må gjøres for å kunne holde øye med utviklingen og vite når slike tiltak er nødvendige.

5.2.4 Reaktiv kompensering i togene, innstilling av spenningsstatikk og justering av X_q for de mobile aggregatene

Innstilling av spenningsstatikk i omformerstasjonene og justering av X_q i de statiske omformerstasjonene er viktige tiltak for å styre effektflyten. I praksis kan det vise seg at det kan bli vanskelig å få den ønskede parametringen, spesielt i de eldre elektroniske regulatorene som er i bruk i de roterende omformerne. Det kan se ut som om marginene mot overbelastning er såpass små, at slike forskjeller mellom simuleringer og virkeligheten kan få betydning. En løsning på dette kan være reaktiv effektstyring i de togene som kommentert i forrige avsnitt. En annen løsning kan være å la de nye mobile aggregatene injisere effekt i en feilsituasjon. Om en lar de nye aggregatene injisere så mye effekt som mulig i en feilsituasjon kan en avhjelpe usikkerheten relatert til innstilling av spenningsregulatorene. Det samme kan tenkes å kunne implementeres for Lillestrøm omformerstasjon også.

For øvrig kan det tenkes at Xq i de nye statiske omformerne er noe for høyt justert. Dette ser en ved at de nye statiske omformerne gjennomgående har noe høy kortvarig belastning, mens de roterende aggregatene rett ved siden er lite belastet. Sannsynligvis er det her bare små justeringer som skal til. Her kan en forsøke seg frem under testkjøringer under idriftsettelsen.

5.2.5 Andre forslag i rapporten til fase 1 er fremdeles aktuelle

Temperatur- og strømbegrensere som sørger for at et roterende aggregat vanskelig kan overbelastes er fremdeles interessant. Det er da meningen at spenningen vil synke for stasjonen, og nabostasjonene vil avhjelpe situasjonen. Det viktigste er uansett at aggregater ikke overbelastes og faller ut for overbelastning. En annen ting som ble påpekt i fase 1 er at om det viser seg at høyeste tillatte strømbelastning for de roterende aggregatene kan økes, vil dette være svært gunstig. Det har jo vist seg hele tiden at det er kortvarige verdier som får omformeraggregatene til å stå i fare for overlast.

Også for de statiske omformeraggregatene på Lillestrøm, Jessheim og Smørbekk er det sett på muligheten for å øke den kortvarige ytelsen. Dette vil som en har sett i avsnitt 4.7 gjøre at disse stasjonene ikke så lett går i strømgrense, samt at de andre stasjonene kan bli avlastet. Vedlegg 2 forklarer hvordan dette er planlagt.

5.2.6 Strømbelastningen på kontaktledningen vil øke

Som det er vist i avsnitt 4.9 vil strømmen på kontaktledningen ikke bli større enn det som er godt innenfor tillatte verdier. I alle fall om en har normal driftsituasjon. Ved ensidig matet strekning kan muligens strømmen bli stor, men da vil gjerne også spenningen bli så lav at togenes effektopptak reduseres. Dermed er det neppe behov for å sette inn overstrømsvern for å unngå at termisk grenseverdier overskrides. Imidlertid bør situasjonen holdes under oppsikt. Oppstår situasjoner der strømmen over tid blir over nominell verdi på 600 A bør det vurderes å sette inn overstrømsvern.

En annen ting som bør vurderes er om returkretsen på alle berørte baner er tilstrekkelig dimensjonert. Om det er strekninger med sugetransformatorer eller impedansspoler (eller andre seriekomponenter) med mindre ytelse enn kl-anlegget bør disse vurderes byttet.

5.2.7 Sande transformatorstasjon og Skoppum omformerstasjon

Som en har sett ble Skoppum omformerstasjon belastet så mye at selv 2 x 7 MVA aggregater og Sande transformatorstasjon i fortsatt drift vil gjøre at maksimalbelastningen ikke blir tilfredsstillende. Med nye dobbeltspor i drift om en tid mellom Nykirke og Holm og mellom Barkåker og Tønsberg kan denne belastningen forventes å økes betydelig. Med de nye traseene vil Skoppum omformerstasjon komme til å stå langt unna jernbanetraseen. Sande transformatorstasjon er dessuten meget gammel og er planlagt nedlagt. Dermed er det nødvendig med en oppgradering av banestrømforsyningen i dette området. Det foreslås her at det etableres en ny omformerstasjon i området og at forbindelsen til fjernledningen opprettholdes, enten ved Sande eller et helt nytt sted. Mulig at fjernledningen må forlenges slik ned mot Skoppum-området.

Det en kan oppnå med dette er å forsterke banestrømforsyningen på Vestfoldbanen i tråd med fremtidige krav. Dessuten kan en da få frigjort omformerkapasitet som kan forflyttes til Larvik som også trenger forsterkning med de nye togene, men også på grunn av den nye

parsellen mellom Larvik og Porsgrunn. En annen ting som kan oppnås med dette er at en ny stor omformerstasjon tilknyttet fjernledningen kan avlaste Oslo-området. De nye omformerne må ha stor ytelse av redundanshensyn og denne ekstrapasiteten kan utnyttes til Oslo-området i tilfelle utfall av omformere der.

Omformerstasjonen ved Skoppum eller Sande som mater inn på fjernledningen kan om nødvendig styres til å injisere effekt. Dette om det viser seg vanskelig å få nødvendig overføring bare ved hjelp av spenningsfall ved utfall av aggregater i Oslo-området og innstilling av spenningsregulatorer. Det er mulig at denne strategien kan vise seg nyttig også på lang sikt, dersom det planlegges en ny stor omformerstasjon i Oslo-området.

5.3 Konklusjon og anbefaling

5.3.1 Mobile reserveomformere i Oslo-området

Ut fra undersøkelsene i dette arbeidet ser det ut til at to aggregater med maksimalytelse på 15 MVA vil være tilstrekkelig som reserve i Oslo-området frem til 2018 forutsatt ruteplan R2012. Det er også en forutsetning at NSB faser inn ytterligere togsett av Type 74/75, altså flere enn det opprinnelige innkjøpet på 50 enheter. Beste plassering ser ut til å være Alnabru og Holmlia både ut fra simuleringer og resonnementer rundt behov ved sannsynlige utfall. Det frarådes å sette to aggregater på samme sted, for eksempel på Lillestrøm. To aggregater på Alnabru kan ikke tillates fordi strømbelastningen på kontaktledningene vil bli for stor ved utfall av aggregater i Asker og Holmlia.

Det vil kunne oppstå lave spenninger ved utfall av to aggregater samtidig, da spesielt ved tilfeller der ett aggregat i Asker faller ut samtidig med utfall i enten Holmlia eller Alnabru. Imidlertid viser simuleringene at optimalisering av reaktivt effektopptak i de nye togsettene, Type 74/75, vil kunne forbedre spenningene tilstrekkelig til å komme innenfor kravet på 12,0 kV. Enda ett mobilt reserveaggregat kunne gi bedre spenninger for togene. Sett i forhold til kostnadene for nye mobile reserveomformere og konsekvensene lave spenninger får, synes det rimelig å kunne akseptere dette. Konklusjonen blir dermed at to reserveomformere, overbelastbare til 15 MVA hver, er en tilstrekkelig dimensjonering for den økte belastningen. Ettersom simuleringresultatene viser en vesentlig lavere timesbelastning enn kortvarig belastning, anses 10 MVA per aggregat som en tilstrekkelig dimensjonering for nominell effekt. Det forutsettes da at også Hakavik kraftverk er i drift med 5 MW.

Måling og vurdering av belastningen i Oslo-området i årene fremover er viktig for å kunne se belastningsutviklingen. Ut fra dette kan en vurdere om de mobile aggregatene kan være varm- eller kald reserve.

5.3.2 Forsterkninger for Vestfoldbanen

For Vestfoldbanen anbefales det å starte planleggingen av større omformerstasjoner. Det er i denne studien påpekt gunstige effekter av å ha forbindelsen mellom fjernledningen og omformerstasjonen på samme sted. Det har vært planer om å legge ned fjernledningen fra Hakavik til Sande, men dette bør revurderes. En ny stor omformerstasjon i området mellom Skoppum og Sande anbefales, samt utvidelse av omformerstasjonen i Larvik.

6 REFERANSER

1. Frank Martinsen: "Banestrømforsyningen i Oslo-området med trafikkøkninger i forbindelse med ruteplan R2012", Fase 1 – Trafikk og infrastruktur i nær fremtid". Simuleringsrapport, Jernbaneverket, 18.6.2010. Dokument nr EB-100776-000.
2. Eivind Toreid: "Active control of reactive power in a modern electrical rail vehicle", studentprosjekt ved Asian Institute of Technology, Thailand. November 2010.

7 VEDLEGG 1 MATERIELL OG RUTEPLAN

For periodene fra klokken 15:00 til 18:00 og 21:00 til 24:00.

Train Nr	Departure	SimID/ResID	Train Type	Count of MU's or Cars or Weight
!!!!	Flytoget: Gardermoen - GMB - Lillestrøm - Romeriksporten - Oslo - Askerbanen - Drammen			
3754	14:15		BM71	1
3756	14:35		BM71	1
3758	14:55		BM71	1
3760	15:15		BM71	1
3762	15:35		BM71	1
3764	15:55		BM71	1
3766	16:15		BM71	1
3768	16:35		BM71	1
3770	16:55		BM71	1
3772	17:15		BM71	1
3774	17:35		BM71	1
3776	17:55		BM71	1
!!!!	Flytoget: Gardermoen - GMB - Lillestrøm - Romeriksporten - Oslo			
3556	14:45		BM71	1
3558	15:05		BM71	1
3560	15:25		BM71	1
3562	15:45		BM71	1
3564	16:05		BM71	1
3566	16:25		BM71	1
3568	16:45		BM71	1
3570	17:05		BM71	1
3572	17:25		BM71	1
3574	17:45		BM71	1
!!!!	Flytoget: Drammen - Askerbanen - Oslo Romeriksporten - Lillestrøm - GMB - Gardermoen			
3761	14:08		BM71	1
3763	14:28		BM71	1
3765	14:48		BM71	1
3767	15:08		BM71	1
3769	15:28		BM71	1
3771	15:48		BM71	1
3773	16:08		BM71	1
3775	16:28		BM71	1
3777	16:48		BM71	1
3779	17:08		BM71	1
3781	17:28		BM71	1
3783	17:48		BM71	1
!!!!	Flytoget: Oslo - Romeriksporten - Lillestrøm - GMB - Gardermoen			
3559	14:55		BM71	1
3561	15:15		BM71	1
3563	15:35		BM71	1
3565	15:55		BM71	1
3567	16:15		BM71	1
3569	16:35		BM71	1
3571	16:55		BM71	1
3573	17:15		BM71	1

3575	17:35	BM71	1
3577	17:55	BM71	1
!!!!	NSB Pt: linje 440 Drammen-Askerbanen-Oslo S - Romeriksporten-Lillestrøm-Hovedbanen-Dal		
1629	14:10	BM75	1
1631	15:10	BM75	2
1633	16:10	BM75	2
1635	17:10	BM75	1
1679	13:50	BM75	1
1681	14:50	BM75	1
1683	15:50	BM75	2
1685	16:50	BM75	1
1687	17:50	BM75	1
!!!!	NSB Pt: linje 440 Dal-Hoevedbanen-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo S-Askerbanen-Drammen		
1630	14:53	BM75	2
1632	15:53	BM75	2
1634	16:53	BM75	1
1636	17:53	BM75	1
1680	14:12	BM75	1
1682	15:12	BM75	2
1684	16:12	BM75	1
1686	17:12	BM75	1
!!!!	NSB Pt: linje 560 Skøyen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)-Mysen		
1229	14:03	BM72	1
1231	15:03	BM72	1
1233	16:03	BM72	2
1235	17:03	BM72	1
!!!!	NSB Pt: linje 560 Skøyen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)-Mysen-Rakkestad		
1281	15:33	BM72	1
1283	16:33	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 560 Mysen-Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Skøyen		
1230	13:56	BM72	1
1232	14:56	BM72	1
1234	15:56	BM72	1
1236	16:56	BM72	1
1238	17:56	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 560 -Rakkestad-Mysen-Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Skøyen		
!!!!	NSB Pt, linje 002 Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB-Lillehammer		
327	14:35	BM74	1
329	13:59	BM74	1
331	14:59	BM74	2
333	15:59	BM74	2
335	16:59	BM74	2
337	17:59	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 002 Lillehammer-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen		
328	12:17	BM74	1

330	13:17	BM74	1
332	14:17	BM74	1
334	15:17	BM74	1
336	16:15	BM74	1
338	17:17	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 002 Hamar-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo		

!!!! NSB Pt, linje 003 Larvik-Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB-Eidsvoll

828	14:57	BM74	1
830	13:53	BM74	1
832	14:53	BM74	1
834	15:53	BM74	1
836	16:53	BM74	1
838	17:53	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 003 Skien-Drammen-Askerbanen-Oslo		

!!!! NSB Pt, linje 003 Tønsberg-Drammen-Askerbanen-Oslo

!!!! NSB Pt, linje 003 Eidsvoll-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen-Larvik

827	12:30	BM74	1
829	13:30	BM74	1
831	14:30	BM74	1
833	15:30	BM74	2
835	16:30	BM74	2
837	17:30	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 003 Oslo-Askerbanen-Drammen-Skien		

879	14:50	BM74	1
881	15:50	BM74	2
883	16:50	BM74	2
!!!!	NSB Pt, linje 003 Oslo-Askerbanen-Drammen-Tønsberg		

931	15:30	BM74	1
933	16:30	BM74	2

!!!! NSB Pt, linje 450 Kongeberg-Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB- Eidsvoll

530	13:51	BM75	1
532	14:51	BM75	2
534	15:51	BM75	1
536	16:51	BM75	1
538	17:51	BM75	1
!!!!	NSB Pt, linje 450 Kongeberg-Drammen		

!!!! NSB Pt, linje 450 Eidsvoll-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen-Kongeberg

527	13:14	BM75	1
529	14:14	BM75	2
531	15:14	BM75	2
533	16:14	BM75	1
535	17:14	BM75	1

!!!!	NSB Pt, linje 450 Oslo-Askerbanen-Drammen-Kongeberg		
581	15:24	BM75	1
!!!!	NSB Pt, linje 450 Lysaker-Askerbanen-Drammen-Kongeberg		
583	16:33	BM75	1
!!!!	NSB Pt, linje 400, Asker-Drammensbanen-Oslo-Brynsbakken/Hovedbanen-Lillestrøm		
2130	14:46	BM76	2
2132	15:46	BM76	2
2134	16:46	BM76	1
2136	17:46	BM76	1
2178	14:16	BM76	1
2180	15:16	BM76	2
2182	16:16	BM76	1
2184	17:16	BM76	1
2230	14:32	BM76	1
2232	15:32	BM76	2
2234	16:32	BM76	1
2236	17:32	BM76	1
2278	14:02	BM76	1
2280	15:02	BM76	1
2282	16:02	BM76	2
2284	17:02	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 400, Lillestrøm-Brynsbakken/Hovedbanen-Oslo-Drammensbanen-Asker		
2129	13:56	BM76	1
2131	14:56	BM76	1
2133	15:56	BM76	1
2135	16:56	BM76	1
2137	17:56	BM76	1
2179	14:26	BM76	1
2181	15:26	BM76	1
2183	16:26	BM76	1
2185	17:26	BM76	1
2231	14:41	BM76	1
2233	15:41	BM76	1
2235	16:41	BM76	1
2237	17:41	BM76	1
2279	14:11	BM76	1
2281	15:11	BM76	1
2283	16:11	BM76	1
2285	17:11	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 550, Lysaker-Oslo-Moss (Østfoldbanen)		
1131	15:16	BM72	2
1133	16:16	BM72	2
1135	17:16	BM72	1
1179	14:46	BM72	1
1181	15:46	BM72	2
1183	16:46	BM72	2
1185	17:46	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 550, Lysaker-Oslo-Moss (Østfoldbanen)		
1134	16:30	BM72	1
1178	14:00	BM72	1

1184	17:00	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 460, Spikkestad-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Kongsvinger		
1029	13:24	BM72	1
1031	14:24	BM72	1
1033	15:24	BM72	1
1035	16:24	BM72	1
1037	17:24	BM72	1
!!!!	Linje 460,Oslo S-Romeriksporten-Lillestrøm-Kongsvinger		
1081	15:39	BM74	1
1083	16:39	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 450, Spikkestad-Askerbanen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB Pt, linje 460, Kongsvinger-Romeriksporten-Oslo-Drammenbanen-Spikkestad		
1028	13:02	BM72	1
1030	14:02	BM72	1
1032	15:00	BM72	1
1034	15:59	BM72	2
1036	17:05	BM72	2
!!!!	NSB Pt, linje 450, Moss (Østfoldbanen)-Oslo-Drammenbanen-Spikkestad		
1180	15:00	BM72	1
1182	16:00	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 510, Lysaker-Oslo-Kolbotn (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB Pt, linje 500, Lysaker-Oslo-Ski (Østfoldbanen)		
2731	15:06	BM76	2
2733	16:06	BM76	2
2735	17:06	BM76	2
2779	14:36	BM76	2
2781	15:36	BM76	2
2783	16:36	BM76	2
2785	17:36	BM76	1
2831	14:50	BM76	2
2833	15:50	BM76	2
2835	16:50	BM76	2
2837	17:50	BM76	1
2879	14:20	BM76	1
2881	15:20	BM76	2
2883	16:20	BM76	1
2885	17:20	BM76	2
!!!!	NSB Pt, linje 510, Kolbotn (Østfoldbanen)-Oslo-Lysaker		
2830	14:59	BM76	1
2878	14:48	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 500, Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Lysaker		
2730	15:00	BM76	1
2732	16:00	BM76	1
2734	17:00	BM76	1
2778	14:30	BM76	1
2780	15:30	BM76	1
2782	16:30	BM76	1
2784	17:30	BM76	1

2832	15:46		BM76	1
2834	16:46		BM76	1
2836	17:46		BM76	1
2880	15:16		BM76	2
2882	16:16		BM76	1
2884	17:16		BM76	1
!!!!	NSB Anbud, Skøyen - Oslo - Hakadal Gjøvikbanen			
279	14:00		BM69	1
281	15:09		BM69	1
283	16:09		BM69	1
285	17:19		BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Oslo - Jaren Gjøvikbanen			
241	13:47		BM69	1
245	15:47		BM69	1
247	16:49	????	BM69	1
251	17:47		BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Oslo - Gjøvik Gjøvikbanen			
207	13:07		BM69	1
209	15:07		BM69	1
211	16:13	????	BM69	1
213	17:07		BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Hakadal - Oslo - Skøyen Gjøvikbanen			
282	15:28	???	BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Jaren - Oslo Gjøvikbanen			
252	15:19		BM69	1
256	17:26		BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Gjøvik - Oslo Gjøvikbanen			
214	13:32		BM69	1
216	15:35		BM69	1
218	17:34		BM69	1
!!!!	NSB Pt, linje 001, Oslo-Halden (Østfoldbanen)			
127	14:42		BM73	1
129	14:45		BM73	2
131	15:45		BM73	2
133	16:45		BM73	2
135	17:45		BM73	1
179	14:12		BM73	1
181	15:12		BM74	2
183	16:12		BM74	2
185	17:12		BM73	1
!!!!	NSB Pt, linje 001, Halden (Østfoldbanen)-Oslo			
130	14:08		BM73	1
132	15:08		BM73	1
134	16:08		BM73	1
136	17:08		BM73	1
138	18:08		BM73	1
!!!!	Fjerntog, Oslo - Askerbanen - Hønefoss			
63	16:00		BM73	2
!!!!	Fjerntog, Hønefoss - Askerbanen - Oslo			
602	15:52		EL18	8B7

!!!!	Fjerntog, Halden (Østfoldbanen)-Gøteborg		
395	15:38	BM73	1
!!!!	Fjerntog, Gøteborg-Halden (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB Pt, Fjerntog, Oslo-GMB-Lillehammer		
45	14:10	BM73	2
47	16:10	BM73	2
!!!!	Fjerntog, Oslo - Askerbanen - Kristiansand - Stavanger		
79	15:10	BM73	2
!!!!	Godstog, (Alnabru) - Hjuksebø - Nelaug - (Stavanger)		
5803	14:28	BR185	800
!!!!	Godstog, (Stavanger) - Nelaug - Alnabru		
5800	14:28	BR185	800
5804	16:04	BR185	800
!!!!	Godstog, (Bergen) - Hønefoss - Alnabru		
5504	17:08	BR185	800
!!!!	Godstog, Brevik - Eidanger		
6460	14:55	EI14	800
6462	15:45	EI14	800
6464	16:35	EI14	800
!!!!	NSB T,Kongsberg-Drammen		
10531	17:28	BM75	1t
10583	17:55	BM75	1t
!!!!	NSB T,Kongsberg-Askerbanen-Oslo		
10582	17:00	BM75	1t
!!!!	NSB T,Drammen-Kongsberg		
!!!!	NSB T,Asker-Drammensbanen-Filipstad		
!!!!	NSB T,Drammen-Spikkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Spikkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Asker(Drammenbanen)		
!!!!	NSB T,Dal -Eidsvoll (Hovedbanen)		
11633	17:50	BM75	1t
11683	17:26	BM75	1t
!!!!	NSB T,Eidsvoll-Dal (Hovedbanen)		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Lysaker		
11131	14:56	BM72	1t
11133	15:56	BM72	1t
12881	15:00	BM76	1t
22181	15:26	BM76	1t
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Skøyen		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Sandvika-Drammenbanen-Høvik		
21183	16:19	BM72	1t
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Oslo-GMB-Lillestrøm-Hovedbanen-Dal		

!!!!	NSB T,Filipstad-Høvik		
!!!!	NSB T,Filipstad-Oslo-Romeriksporten-Kongsvinger		
!!!!	NSB T,Filipstad-Skøyen		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Rakkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Kolbotn		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Ski		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Moss		
!!!!	NSB T,Høvik-Kolbotn (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB T,Høvik-Sandvika-Askerbanen-Drammen		
21134	17:39	BM72	1t
!!!!	NSB T,Høvik-Filipstad		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Oslo(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Filipstad(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Høvik(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Ski(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Lysaker-Askerbanen-Drammen		
!!!!	NSB T,Lysaker-Filipstad		
!!!!	NSB T,Mysen -(Østfoldbane)-Filipstad		
11282	17:29	BM72	1t
!!!!	NSB T,Oslo- Kolbotn -(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Oslo- Filipstad		
!!!!	NSB T,Oslo- lodalen		
!!!!	NSB T,Rakkestad-Filipstad (Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Rakkestad-Mysen (Østfoldbane)		
21286	17:17	BM72	1t
!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Filipstad		
12783	17:31	BM76	1t
12835	17:42	BM76	1t
!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Oslo		

!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Kolbotn		
!!!!	NSB T,Skien-Tønsberg		
!!!!	NSB T,Spikkestad-Askerbanen-Skøyen-Filipstad		
21182	17:54	BM72	1t
!!!!	NSB T,Spikkestad-Drammen		
!!!!	NSB T,Spikkestad-Askerbanen-Lysaker		
11180	17:25	BM72	1t
!!!!	NSB T,Tønsberg-Larvik		
10838	17:03	BM74	1t
!!!!	NSB T,Tønsberg-Skien		
!!!!	NSB T,Høvik-Lysaker		
11135	17:08	BM72	1t
11181	15:38	BM72	1t
11183	16:38	BM72	1t
12731	14:59	BM76	1t
12733	15:59	BM76	1t
12737	17:59	BM76	1t
12781	15:29	BM76	1t
12837	17:43	BM76	1t
22735	16:59	BM76	1t
22783	16:29	BM76	1t
22785	17:29	BM76	1t
22833	15:43	BM76	1t
22835	16:43	BM76	1t
22883	16:13	BM76	1t
22885	17:13	BM76	1t
!!!!	NSB T,Høvik-Skøyen		
!!!!	NSB T,Lodalen-Oslo		
!!!!	NSB T,Lysaker-Høvik		
11134	17:33	BM72	1t
11178	15:03	BM72	1t
12730	15:43	BM76	1t
12732	16:43	BM76	1t
12734	17:43	BM76	1t
12778	15:13	BM76	1t
12780	16:13	BM76	1t
12782	17:13	BM76	1t
12830	15:29	BM76	1t
12832	16:29	BM76	1t
12834	17:29	BM76	1t
12878	14:59	BM76	1t
12880	15:59	BM76	1t
12882	16:59	BM76	1t
12884	17:59	BM76	1t

!!!!

21181

END

NSB T,Skøyen-Høvik

15:20

BM72

1t

Train Nr	Departure	SimID/ResID	Train Type	Count of MUs or Cars og Weight
!!!!	Flytoget: Gardermoen - GMB - Lillestrøm - Romeriksporten - Oslo - Askerbanen - Drammen			
3794	20:55		BM71	1
3796	21:15		BM71	1
3798	21:35		BM71	1
3800	21:55		BM71	1
3802	22:15		BM71	1
3804	22:35		BM71	1
3806	22:55		BM71	1
3808	23:15		BM71	1
3810	23:35		BM71	1
3812	23:55		BM71	1
!!!!	Flytoget: Gardermoen - GMB - Lillestrøm - Romeriksporten - Oslo			
3592	20:45		BM71	1
3594	21:05		BM71	1
3596	21:25		BM71	1
3598	21:45		BM71	1
3600	22:05		BM71	1
3602	22:25		BM71	1
3604	22:45		BM71	1
3606	23:05		BM71	1
3608	23:25		BM71	1
3610	23:45		BM71	1
!!!!	Flytoget: Drammen - Askerbanen - Oslo Romeriksporten - Lillestrøm - GMB - Gardermoen			
3797	20:45		BM71	1
3799	20:28		BM71	1
3801	20:48		BM71	1
3803	21:08		BM71	1
3805	21:28		BM71	1
3807	21:48		BM71	1
3809	22:08		BM71	1
3811	22:28		BM71	1
3813	22:48		BM71	1
3815	23:08		BM71	1
!!!!	Flytoget: Oslo - Romeriksporten - Lillestrøm - GMB - Gardermoen			
3595	20:55		BM71	1
3597	21:15		BM71	1
3599	21:35		BM71	1
3601	21:55		BM71	1
3603	22:15		BM71	1
3605	22:35		BM71	1
3607	22:55		BM71	1
3609	23:15		BM71	1
!!!!	NSB Pt: linje 440 Drammen-Askerbanen-Oslo S - Romeriksporten-Lillestrøm-Hovedbanen-Dal			
1641	20:47		BM75	1
1643	21:10		BM75	1
1645	22:10		BM75	1

1647	23:10	BM75	1
1651	23:50	BM75	1
1691	20:39	BM75	1
1693	20:50	BM75	1
1695	21:50	BM75	1
1697	22:50	BM75	1
!!!!	NSB Pt: linje 440 Dal-Hoevedbanen-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo S-Askerbanen-Drammen		
1600	23:53	BM75	1
1640	20:46	BM75	1
1642	20:53	BM75	1
1644	21:53	BM75	1
1646	22:53	BM75	1
1650	23:12	BM75	1
1692	20:12	BM75	1
1694	21:12	BM75	1
1696	22:12	BM75	1
!!!!	NSB Pt: linje 560 Skøyen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)-Mysen		
1241	20:15	BM72	1
1243	21:03	BM72	1
1245	22:03	BM72	1
1247	23:03	BM72	1
!!!!	NSB Pt: linje 560 Skøyen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)-Mysen-Rakkestad		
!!!!	NSB Pt, linje 560 Mysen-Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Skøyen		
1200	22:56	BM72	1
1242	20:41	BM72	1
1244	20:56	BM72	1
1246	21:56	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 560 -Rakkestad-Mysen-Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Skøyen		
!!!!	NSB Pt, linje 002 Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB-Lillehammer		
341	19:59	BM74	1
343	20:59	BM74	1
345	21:59	BM74	1
347	22:59	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 002 Lillehammer-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen		
340	20:35	BM74	1
342	20:56	BM74	1
344	20:17	BM74	1
346	21:17	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 002 Hamar-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo		
!!!!	NSB Pt, linje 003 Larvik-Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB-Eidsvoll		
840	20:44	BM74	1
842	19:53	BM74	1
844	20:53	BM74	1
846	21:53	BM74	1
!!!!	NSB Pt, linje 003 Skien-Drammen-Askerbanen-Oslo		
!!!!	NSB Pt, linje 003 Tønsberg-Drammen-Askerbanen-Oslo		

!!!!	NSB Pt, linje 003 Eidsvoll-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen-Larvik		
!!!!	NSB Pt, linje 003 Oslo-Askerbanen-Drammen-Skien		
!!!!	NSB Pt, linje 003 Oslo-Askerbanen-Drammen-Tønsberg		
!!!!	NSB Pt, linje 450 Kongeberg-Drammen-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Lillestrøm-GMB-Eidsvoll		
500	22:51	BM75	1
542	20:38	BM75	1
544	20:51	BM75	1
546	21:51	BM75	1
!!!!	NSB Pt, linje 450 Kongeberg-Drammen		
!!!!	NSB Pt, linje 450 Eidsvoll-GMB-Lillestrøm-Romeriksporten-Oslo-Askerbanen-Drammen-Kongeberg		
539	20:36	BM75	1
541	20:14	BM75	1
543	21:14	BM75	1
545	22:14	BM75	1
547	23:14	BM75	1
!!!!	NSB Pt, linje 450 Oslo-Askerbanen-Drammen-Kongeberg		
!!!!	NSB Pt, linje 450 Lysaker-Askerbanen-Drammen-Kongeberg		
!!!!	NSB Pt, linje 400, Asker-Drammensbanen-Oslo-Brynsbakken/Hovedbanen-Lillestrøm		
2100	23:46	BM76	1
2142	20:46	BM76	1
2144	21:46	BM76	1
2146	22:46	BM76	1
2190	20:53	BM76	1
2192	21:16	BM76	1
2194	22:16	BM76	1
2196	23:16	BM76	1
2240	20:38	BM76	1
2242	20:32	BM76	1
2244	21:32	BM76	1
2246	22:32	BM76	1
2292	21:02	BM76	1
2294	22:02	BM76	1
2296	23:02	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 400, Lillestrøm-Brynsbakken/Hovedbanen-Oslo-Drammensbanen-Asker		
2101	23:56	BM76	1
2141	20:28	BM76	1
2143	20:56	BM76	1
2145	21:56	BM76	1
2147	22:56	BM76	1
2191	20:58	BM76	1
2193	21:26	BM76	1
2195	22:26	BM76	1
2243	20:41	BM76	1
2245	21:41	BM76	1
2247	22:41	BM76	1
2291	20:42	BM76	1
2293	21:11	BM76	1

2295	22:11	BM76	1
2297	23:11	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 550, Lysaker-Oslo-Moss (Østfoldbanen)		
1191	20:46	BM72	1
1193	21:46	BM72	1
1195	22:46	BM72	1
1197	23:46	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 550, Moss (Østfoldbanen)-Oslo-Lysaker		
1190	20:51	BM72	1
1192	21:00	BM72	1
1194	22:00	BM72	1
1196	23:00	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 460, Spikkestad-Askerbanen-Oslo-Romeriksporten-Kongsvinger		
1001	23:24	BM72	1
1043	20:24	BM72	1
1045	21:24	BM72	1
1047	22:24	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 450, Spikkestad-Askerbanen-Oslo-Ski (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB Pt, linje 460, Kongsvinger-Romeriksporten-Oslo-Drammenbanen-Spikkestad		
1000	23:02	BM72	1
1042	20:02	BM72	1
1044	21:02	BM72	1
1046	22:02	BM72	1
!!!!	NSB Pt, linje 450, Moss (Østfoldbanen)-Oslo-Drammenbanen-Spikkestad		
!!!!	NSB Pt, linje 510, Lysaker-Oslo-Kolbotn (Østfoldbanen)		
2801	23:50	BM76	1
2843	20:50	BM76	1
2845	21:50	BM76	1
2847	22:50	BM76	1
2893	21:20	BM69	1
2895	22:20	BM76	1
2897	23:20	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 500, Lysaker-Oslo-Ski (Østfoldbanen)		
2743	21:06	BM76	1
2745	22:06	BM76	1
2747	23:06	BM76	1
2793	21:36	BM76	1
2795	22:36	BM76	1
2797	23:36	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 510, Kolbotn (Østfoldbanen)-Oslo-Lysaker		
2800	23:59	BM76	1
2842	20:59	BM76	1
2844	21:59	BM76	1
2846	22:59	BM76	1
2892	21:29	BM76	1
2894	22:29	BM76	1
2896	23:29	BM76	1
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Skøyen - Oslo - Hakadal - Roa - Gjøvik		
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Oslo - Hakadal - Roa - Gjøvik		
215	19:07:00	BM69	1

217	21:07:00	BM69	1
219	23:07:00	BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Oslo - Hakadal - Roa - Jaren		
253	19:47	BM69	1
255	20:27	BM69	1
257	21:47	BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Hakadal - Oslo - Skøyen		
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Jaren - Roa - Hakadal - Oslo		
262	21:20	BM69	1
!!!!	NSB Anbud, Lokaltog Gjøvik - Roa - Hakadal - Oslo		
220	19:37	BM69	1
222	21:34	BM69	1
!!!!	NSB Pt, linje 500, Ski (Østfoldbanen)-Oslo-Lysaker		
2742	21:00	BM76	1
2744	22:00	BM76	1
2746	23:00	BM76	1
2790	21:02	BM76	1
2792	21:30	BM76	1
2794	22:30	BM76	1
2796	23:30	BM76	1
!!!!	NSB Pt, linje 001, Oslo-Halden (Østfoldbanen)		
139	19:45	BM73	1
141	20:45	BM73	1
143	21:45	BM73	1
145	22:45	BM73	1
147	23:45	BM73	1
!!!!	NSB Pt, linje 001, Halden (Østfoldbanen)-Oslo		
142	19:46	BM73	1
144	20:46	BM73	1
146	21:46	BM73	1
!!!!	Fjerntog, Halden (Østfoldbanen)-Gøteborg		
399	20:38	BM74	1
!!!!	Fjerntog, Gøteborg-Halden (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB Pt, Fjerntog, Oslo-GMB-Lillehammer		
!!!!	NSB T,Kongsberg-Drammen		
10543	23:28	BM75	1
!!!!	NSB T,Kongsberg-Askerbanen-Oslo		
!!!!	NSB T,Drammen-Kongsberg		
!!!!	NSB T,Asker-Drammensbanen-Filipstad		
12294	23:24	BM76	1
!!!!	NSB T,Drammen-Spikkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Spikkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Asker(Drammenbanen)		
!!!!	NSB T,Dal -Eidsvoll (Hovedbanen)		
11695	23:29	BM75	1
!!!!	NSB T,Eidsvoll-Dal (Hovedbanen)		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Lysaker		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Skøyen		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Sandvika-Drammenbanen-Høvik		
!!!!	NSB T,Drammen-Askerbanen-Oslo-GMB-Lillestrøm-Hovedbanen-Dal		

!!!!	NSB T,Filipstad-Høvik		
!!!!	NSB T,Filipstad-Oslo-Romeriksporten-Kongsvinger		
!!!!	NSB T,Filipstad-Skøyen		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Rakkestad		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Kolbotn		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Ski		
!!!!	NSB T,Filipstad-Østfoldbanen-Moss		
!!!!	NSB T,Høvik-Kolbotn (Østfoldbanen)		
!!!!	NSB T,Høvik-Sandvika-Askerbanen-Drammen		
!!!!	NSB T,Høvik-Filipstad		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Oslo(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Filipstad(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Høvik(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Kolbotn-Ski(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Lysaker-Askerbanen-Drammen		
!!!!	NSB T,Lysaker-Filipstad		
!!!!	NSB T,Mysen -(Østfoldbane)-Filipstad		
!!!!	NSB T,Oslo- Kolbotn -(Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Oslo- Filipstad		
!!!!	NSB T,Oslo- lodalen		
!!!!	NSB T,Rakkestad-Filipstad (Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Rakkestad-Mysen (Østfoldbane)		
!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Filipstad		
!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Oslo		
!!!!	NSB T,Ski-(Østfoldbane)-Kolbotn		
!!!!	NSB T,Skien-Tønsberg		
!!!!	NSB T,Spikkestad-Askerbanen-Skøyen-Filipstad		
!!!!	NSB T,Spikkestad-Drammen		
!!!!	NSB T,Spikkestad-Askerbanen-Lysaker		
!!!!	NSB T,Tønsberg-Larvik		
!!!!	NSB T,Tønsberg-Skien		
!!!!	NSB T,Høvik-Lysaker		
11193	21:38	BM72	1
11195	22:38	BM72	1
11197	23:38	BM72	1
12447	22:59	BM76	1
12743	20:59	BM76	1
12745	21:59	BM76	1
12747	22:59	BM76	1
12793	21:29	BM76	1
12795	22:29	BM76	1
12797	23:29	BM76	1
12845	21:43	BM76	1
12847	22:43	BM76	1
12893	21:13	BM76	1
12895	22:13	BM76	1
12897	23:13	BM76	1
22701	23:59	BM76	1
23801	23:43	BM71	1
!!!!	NSB T,Høvik-Skøyen		

!!!!	NSB T,Lodalen-Oslo		
!!!!	NSB T,Lysaker-Høvik		
11190	21:03	BM72	1
11192	22:03	BM72	1
11194	23:03	BM72	1
12742	21:43	BM76	1
12744	22:43	BM76	1
12746	23:43	BM76	1
12790	21:13	BM76	1
12792	22:13	BM76	1
12794	23:13	BM76	1
12842	21:29	BM76	1
12844	22:29	BM76	1
12846	23:29	BM76	1
12890	20:59	BM76	1
12892	21:59	BM76	1
12894	22:59	BM76	1
12896	23:59	BM76	1
!!!!	NSB T,Skøyen-Høvik		
!!!!	Godstog (Bergen -) Hønefoss - Roa - Alnabru		
!!!!	Gogdstog Sundland - Hønefoss - (Bergen)		
5519	21:20	BR185	800
!!!!	Godstog Alnabru - Roa - (Bergen)		
5511	20:11	BR185	800
5513	22:25	BR185	800
5515	22:23	BR185	800
!!!!	Gogdstog Alnabru- Drammen - Hønefoss - (Bergen)		
5567	21:57	BR185	800
!!!!	Godstog (Trondheim -) Dombås - Alnabru		
5710	19:39	BR185	1000
5712	20:39	BR185	1000
5714	21:29	BR185	1000
5716	22:29	BR185	1000
!!!!	Godstog Alnbru - Dombås (- Trondheim)		
5703	20:24	BR185	1000
5705	20:44	BR185	1000
5707	20:20	BR185	1000
5709	21:20	BR185	1000
5711	22:20	BR185	1000
5713	23:20	BR185	1000
!!!!	Godstog Alnabru - Nelaug (- Stavanger)		
5801	20:21	BR185	800
5803	21:21	BR185	800
5805	22:21	BR185	800
5807	23:21	BR185	800
!!!!	Godstog (Stavanger) - Nelaug - Alnabru		
5802	20:34	BR185	800
5804	20:46	BR185	800
5806	20:05	BR185	800

5808	20:48	BR185	800
!!!!	Godstog Kil - Carlottenberg - Kongsvniger - Alnabru		
41934	18:48	EI16	1000
41936	19:48	EI16	1000
41938	21:48	EI16	1000
41940	22:48	EI16	1000
41942	23:48	EI16	1000
!!!!	Godstog Alnabru - Kongsvniger - Carlottenberg - Kil		
41935	20:28	EI16	1000
41937	20:50	EI16	1000
41939	21:15	EI16	1000
41941	22:15	EI16	1000
41943	23:15	EI16	1000
!!!!	Godstog Skälebo - Kornsjø - Alnabru		
41952	17:20	EI16	1000
41954	18:20	EI16	1000
41956	19:20	EI16	1000
41958	20:20	EI16	1000
41960	21:20	EI16	1000
41962	22:20	EI16	1000
!!!!	Godstog Alnabru - Kornsjø - Skälebo		
41949	20:52	EI16	1000
41951	20:22	EI16	1000
41953	21:22	EI16	1000
41955	22:22	EI16	1000
41957	23:22	EI16	1000
!!!!	Godstog Alnabru - Drammen		
5301	20:41	EI16	1000
5303	21:41	EI16	1000
5305	22:41	EI16	1000
5307	23:41	EI16	1000
!!!!	Godstog Drammen - Alnabru		
5304	20:53	EI16	1000
5306	21:53	EI16	1000
5308	22:53	EI16	1000
5310	23:53	EI16	1000
!!!!	Nattog		
605	23:09	EI18	NBB
705	22:47	EI18	NSBOK
405	23:05	EI18	NDB
END			

8 VEDLEGG 2 ENDRING AV MAKSIMALBELASTNINGEN FOR STATISKE OMFORMERSTASJONER

Jerbaneverket

Effekthöjning omriktare Jessheim, Lilleström, Smörbeek

Customer reference:
BBRail reference: 2177216

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © Balfour Beatty Rail AB

Resp. unit	Author	Date of issue	Customer Doc. No	Revision	Page
K	Stefan Karlsson	2011-05-20		-	1/15
Our Ref			Doc. No		
2177216	+46 21 408133		BBSE20110530-A		

Innehåll	Sida
1 Bakgrund.....	3
2 Befintlig omriktardata	3
2.1 Begränsande faktorer	3
2.2 Strömgräns	4
2.3 Olika delar av omriktare.....	5
3 Föreslagen modifiering.....	6
3.1 Omriktare	6
3.1.1 Utökad effekt	6
3.1.1.1 Smörbekk	7
3.1.1.2 Lilleström och Jessheim.....	7
3.1.2 Utförande	7
3.2 Stationsdator.....	8
3.2.1 Lastdelning.....	8
3.2.2 Startautomatik.....	8
3.2.2.1 Statistik	8
3.2.2.2 Prognos	8
3.2.2.3 Manöver av startautomatik	9
3.2.2.4 Manöver av omriktare från startautomatik.....	9
3.2.2.5 Tidsvilkor.....	11
3.2.2.6 Minimum omriktare i drift	11
3.2.2.7 Övervakning.....	11
3.2.2.8 Presentation på bildskärm.....	12
3.2.3 Utförande	12
4 Verifikation.....	13
5 Berörd dokumentation.....	14
6 Revisions	15

1 Bakgrund

Jernbaneverket har gett Balfour Beatty uppdraget att utreda om och hur mycket man kan höja uteffekten på de befintliga omriktarna i Jessheim, Lilleström och Smörbeek.

Målet är att öka uteffekten till 18MVA.

2 Befintlig omriktardata

Smörbeek	2st á	850A 117% 10min/h	14MVA 16,4MVA
Lilleström	3st á	727A 117% 10min/h	12MVA 14MVA
Jessheim	2st á	727A 117% 10min/h	12MVA 14MVA

2.1 Begränsande faktorer

Omriktarnas uteffekt begränsas av (i huvudsak) följande faktorer.

- GTO:ernas kommuteringsförmåga.
Begränsar peak-strömmen.
- Belastningen på snubber- och klampingkretsar.
Begränsar både peak- och rms-ström.
- Termisk belastning halvledare.
Begränsar både peak- och rms-ström.
- Termisk belastning transformatorer.
Begränsar rms-ström.
- Termisk belastning serieinduktor
Begränsar rms-ström.
- Kylsystem (vatten och luft)
Begränsar rms-ström.
- Spänningsfall, framför allt i transformatorer och serieinduktor.
Påverkar kurvformen på utspänningen

Teoretiskt klarar GTO:erna av att släcka 3000A vilket skulle motsvara c:a 42MVA. Detta värmer dock upp komponenten för mycket och man kan inte köra så hög ström kontinuerligt. För att få en driftsäker utrustning begränsas strömmen betydligt under detta värde av termiska egenskaper, snubber- och klampingkrets och av säkerhetsfaktorer och dynamiken i regler- och skyddskretsar.

Strömriktarna har ”standardutförande MegaMacs” och klarar att leverera c:a 20MVA i praktiken. Dock måste hänsyn tas till de övertoner som genereras från fordon och detta reducerar effekten ytterligare. Moderna fordon genererar dock betydligt lägre övertoner än äldre (typ RC, EL16 och andra med halvstyrda tyristorbryggor) fordon.

Transformatorerna är anpassade till det effektbehov som fanns vid upphandling men tar man hänsyn till den cykliska belastningen kan högre toppeffekt tas ut.

Serieinduktorerna är även de anpassade till det effektbehov som fanns vid upphandling men tar man hänsyn till den cykliska belastningen kan högre toppeffekt tas ut.

Kylvattensystemet transporterar huvuddelen av förlusterna från strömriktaren till värmväxlaren för avkylning.

Spänningsfallet begränsar framför allt kurvformen på utspänningen samt utmatad reaktiv effekt. Att toppen på utspänningen ”plattas till” får dock minimal inverkan så länge man inte höjer belastningen för mycket. När det gäller den reaktiva effekten så har moderna fordon en effektfaktor nära ”1” till skillnad mot äldre tyristorfordon som hade en dålig effektfaktor.

Då järnvägsdrift är väldigt cyklisk och det tar tid innan olika komponenterna når kritiska temperaturer kan många av komponenterna ”överlastas” under intervall utan att ta skada. Hur lång tid och hur stor överlast som kan tillåtas bestäms av temperaturen och tidskonstanten hos respektive komponent och dess kylning.

2.2 Strömgräns

Omriktarens uteffekt begränsas (i normalfallet) av en strömgräns som påverkar omriktarens utspänning och fasläge så att inga skadliga överströmmar uppstår. Denna strömgräns påverkas idag av två faktorer:

- Utetemperatur
(proportionell reduktion vid utetemperatur över 25°C till 63% vid 40 °C).
- Körcykel
(överlast 10 minuter per timme).

Detta för att inte få en överhettning av någon komponent.

Om man istället övervakar temperaturerna hos den eller de mest känsliga komponenterna (direkt eller indirekt) kan man utnyttja det faktum att lasten är cyklisk och dessutom tillåta en lägre marginal utan att påverka driftsäkerheten.

2.3 Olika delar av omriktare

Nedan listas de delar av omriktaren som påverkas mest av lastökning.

	Smörbekk	Lilleström	Jessheim
Kylvatten-system	0,8-1,5 ton kylvätska (vatten/glykol blandning) Varning vid 55°C, tripp vid 60°C (internt TRACS) Varning vid 45°C, tripp vid 50°C (internt SW) På svenska 15MVA omriktare ligger temperaturen normalt på c:a 35°C		
Ventilation ventilhall	Dimensionerad för maximal rumstemperatur på 40°C. Strömriktaren klarar högre temperaturer och larmar först vid 50°C (tripp vid 60°C) Detta medför att marginal finns.		
Trefas-transformator	50/2x2,47/22 kV 15,33/2x9,165/5,26 MVA 44,3 ton totalt varav 11,4 ton olja	47/2x2,47/22 kV 12,7/2x7,91/5,79 MVA 52,7 ton totalt varav 16 ton olja	66/2x2,47/22 kV 12,7/2x7,91/5,79 MVA 49,3 ton totalt varav 15,5 ton olja
	Ingen analog temperaturgivare men har temperaturvakt för oljetemperatur. Signal (larm) vid 85°C Tripp vid 110°C		
Enfas-transformator	8x1,72/18,92 kV 16,53 MVA 76,6 ton totalt varav 14,1 ton olja	8x1,69/18,59 kV 13,925 MVA, överlast 16,51MVA, 10min/h 72,1 ton totalt varav 16,8 ton olja	
	Ingen analog temperaturgivare men har temperaturvakt för oljetemperatur. Signal (larm) vid 85°C Tripp vid 110°C		

Som jämförelse har Borlänges transformatorer (15MVA MegaMacs) följande data:

3-fas

145/2x2,47/22 kV 14,9/2x9,117/6,5MVA
56,6 ton totalt varav 13,2 ton olja

1-fas

8x1,647/17,46 kV 14,84MVA
75,8 ton totalt varav 16,3 ton olja

När man tittar på transformatorernas märkeffekt måste man ta hänsyn till övertoner och de tilläggsförluster de innebär. Att tänka på är att de övertoner som genereras av fordon går "baklänges" och genererar likström och filterströmmar i mellanledet men att de värmer upp enfastransformatorn (och växelriktaren).

Jämför man massorna (och förlusterna) mellan de olika huvuddelarna ovan får man att den kortaste tidskonstanten för uppvärmning ligger i strömriktarens kylvattensystem.

De mest "kritiska" siffrorna återfinns i märkeffekten på i Jessheims och Lilleströms transformatorer. Primärlindningen på trefastrafon är endast på 12,7MVA och enfastransformatorn är endast på 13,9MVA.

Då samtliga transformatorer är ONAN kan märkeffekten ökas något med fläktar.

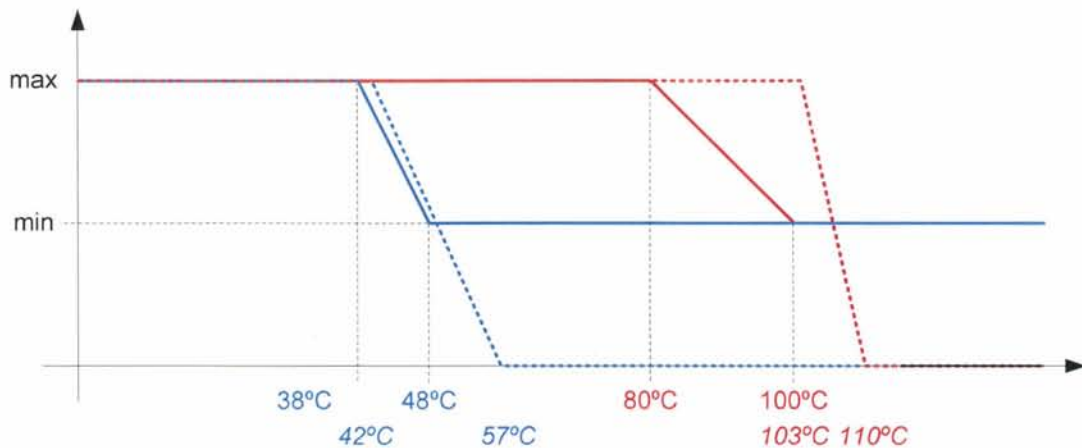
Att kortvarigt ta ut denna överlast är dock fullt möjligt och med en normalt cyklisk belastning bör transformatorerna klara sig. Enligt normer är överlast på 150% under intervall normalt förekommande.

Dock är en analog temperaturövervakning av oljetemperaturen en bättre lösning.

3 Föreslagen modifiering

3.1 Omriktare

3.1.1 Utökad effekt



Vi föreslår att man ändrar stömgränsen så att den endast påverkas av temperaturen hos kylvattnet och larmnivån från de olika oljetemperaturerna från transformatorerna.

Temperaturen hos kylvattnet skulle då få inverkan enligt blå kurva i figuren ovan. Om senare erfarenheter visar att utökad kylning behövs kan kyltornen för vattenkylningen utökas (ingår inte i föreslagen modifiering).

Temperaturerna hos oljetemperaturerna skulle då få inverkan enligt röd kurva i figuren ovan.

Fläktar kan införas som tillägg (ingår inte i föreslagen modifiering) om erfarenheter visar på att transformatorerna är den styrande faktorn.

Den temperatur som medför den lägsta strömgränsen blir styrande.

Som jämförelse är motsvarande funktioner på omriktarna i Stavanger inlagda med streckade linjer och kursiva värden i diagrammet. Största skillnaden är att i Stavanger tillåter man högre temperatur på oljan samt styr ner till noll.

I verkligheten (med normalt kopplat nät) kommer aldrig omriktarnas uteffekt att reduceras fullt ut då effekten fördelas om till andra stationer när omriktarna går i strömgräns.

Från omriktaren går (redan idag) en analog signal till stationsdatorn som är proportionell mot aktuell strömgräns. Denna används av lastdelningen så att lasten fördelas mellan omriktarna enligt aktuell strömgräns. Detta innebär att en "uppvärmd" omriktare avlastas.

För att göra detta byts befintliga temperaturvakter på transformatorerna ut mot ny övervakning med både gränslägen (motsvarande befintlig vakt) och en analog utgång för oljetemperaturen som ansluts till omriktardatorn i KS. Övrig information finns redan tillgänglig i omriktarens kontroll dator och genom att modifiera delar av mjukvaran skapas önskad funktion.

3.1.1.1 Smörbekk

Strömgränsen (max) höjs från 994A (117% av 850A) till 1091A (16,4MVA till 18MVA).
Min sätts till 458A (42% av max).

Detta kommer att medföra att omriktaren avlastas så att minnivå inte nås (under förutsättning att omgivningen kan ta över lasten).

Storleken på transformatorerna gör att dessa troligtvis aldrig kommer att larma och sänka strömgränsen.

3.1.1.2 Lilleström och Jessheim

Strömgränsen (max) höjs från 850A (117% av 727A) till 1091A (14MVA till 18MVA).
Min sätts till 458A (42% av max).

Detta kommer att medföra att omriktaren avlastas så att minnivå inte nås (under förutsättning att omgivningen kan ta över lasten).

Eventuellt kommer trefas transformatorn att sänka strömgränsen vid enstaka tillfällen då man får en överlast på 150% på primärlindningen.

3.1.2 Utförande

En omriktare i en station modifieras åt gången för att inte sänka tillgänglig effekt mot nätet mer än nödvändigt för att inte påverka tågtrafiken.

Befintlig utrustning för temperaturövervakning på en- och trefas transformatorer demonteras och byts ut mot nya med både nivåövervakning (temperaturnivåer och funktion lika befintliga) och en analog utgång. De nya (analog) signalerna ansluts till respektive omriktares kontrollskåp (KS). I kontrollskåpet kopplas signalerna (2 per omriktare) till respektive omriktares överordnade dator via var sin isolerförstärkare för signalanpassning och galvanisk isolering.

Mjukvaran till omriktarens överordnade dator modifieras så att de nya signalerna för oljetemperatur används för att reducera omriktarens strömgräns proportionellt mot oljetemperaturen om oljetemperaturen går över inställd nivå. Samma mjukvara modifieras även så att befintliga reduktioner (körcykel och utetemperatur) av omriktarens uteffekt tas bort och ersätts med en reduktion av strömgräns proportionellt mot kylvattentemperaturen om kylvattentemperaturen går över inställd nivå. Det lägsta av dessa två värden för strömgräns blir styrande för omriktaren.

Ombyggnaden medför att nya signalkablar måste dras mellan stationens kontrollrum och transformatorerna. Vi förutsätter att vi får gå genom väggar utan att EMP-säkra genomföringarna.

I slutet av ombyggnaden uppdateras även omriktarens överordnade mjukvara som tas fram i förväg. Mjukvaran (omriktarna har individuella program) förbereds på kontoret och slutlig kontroll (och eventuell justering) görs på plats.

Arbetet förutsätter att en omriktare kan tas ur drift, fränskiljas och jordas medan arbete pågår.

När temperaturövervakningen av transformatorerna är bytta (och anslutna) kan omriktaren startas lika tidigare så snart arbete avslutas. Så länge mjukvaran inte uppdaterats kommer omriktarna att fungera lika tidigare.

3.2 Stationsdator

För att automatisera ett mer maximalt utnyttjande av omriktarna bör även lastdelning och startautomatik uppgraderas.

3.2.1 Lastdelning

Omriktarna sänder en analog signal till stationsdatorn som är proportionell mot omriktarens aktuella strömgräns. Denna kan användas för att "skala" hur stor del av stationens last respektive omriktare skall ta. En sådan funktion innebär att en omriktare med lägre strömgräns än övriga avlastas.

Befintlig lastdelning görs om så att denna möjlighet tillvaratas på ett bättre sätt. Då förenklas ett maximalt utnyttjande av stationen.

Möjlighet att ta lastdelningen i och ur drift införs.

3.2.2 Startautomatik

Startautomatiken görs om så att även den tar hänsyn tas till aktuell strömgräns hos respektive omriktare. Därigenom justeras start och stoppnivåer i startautomatiken så att de anpassas till aktuell situation.

Även om basfunktionerna behålls så ändras många inställningsmöjligheter. Man utnyttjar även datorn för att beräkna vissa delar automatiskt för bättre anpassning till förändrade förhållanden.

3.2.2.1 Statistik

Stationens totala utström sparas i perioder om 6 minuter under en vecka. Dessa perioder är låsta till klockslag och veckodag.

Strömmen passerar ett lågpasfilter 5s (för att minimera inverkan av kortslutningar).

Maxvärdet av den filterade strömmen under perioden sparas.

Efter 1:a veckan görs en "medelvärdesbildning" enligt "% av nytt värde + (100-%) av gammalt värde".

3.2.2.2 Prognos

Prognosen bildas från statistiken över stationens totala utström.

Värdet i prognosen bildas av det maximala värdet hos stationens utström under X perioder á 6min (från "nu" och framåt i tiden + ett värde bakåt i tiden). Värden tas från statistiken.

Inställning 1-20.

3.2.2.3 Manöver av startautomatik

Startautomatiken skall kunna tas i och ur drift.

Användandet av prognosen skall kunna tas i och ur drift.

Förnyelse av statistik skall medföra att 100% nya värden läggs in i statistiken från ordertillfället och under en vecka (ej kalender) framåt i tiden. Befintlig statistik behålls dock och används för prognos.

Radering innebär att statistiken raderas helt och att prognosen därmed nollställs till dess att ny statistik lästs in.

Frysning innebär att aktuell statistik bibehålls och ingen uppdatering sker.

Manuell blockad och hävning av blockad för enskild omriktare skall vara möjlig oavsett omriktarens driftläge.

3.2.2.4 Manöver av omriktare från startautomatik

Följande villkor för att startautomatiken ska få manövrera enskild omriktare:

- Ansluten
- Auto (i befintliga fall)
- Aktiv (ej blockerad) i startautomatik.
- >5-12kV på 15kV samlingsskena (momentan för förhindrande av start, tidsfördröjning 2-100s innan blockad av samtliga omriktare).
- Ej uppfyllt villkor blockerar omriktaren
- Frånläge utan att automatiken sänt frånorder blockerar omriktaren
- Felsignal från omriktaren blockerar omriktaren
- Manuell tillorder häver blockad av omriktaren (om övriga villkor är uppfyllda och startautomatiken är i drift).
- Delad 15kV samlingsskena stänger av startautomatiken.
- Totalstopp blockerar samtliga omriktare i startautomatiken.

Omriktare med ”minst” drifttid startas först.

Omriktare med ”längst” drifttid stoppas först.

Inställningar av nivåer görs i procent av nominella värden. Datorn räknar sedan om procentsatsen till aktuella värden som används i styrningen.

För att undvika korta intervall mellan manöver läggs inställbara fördröjningar in.

Tid mellan start eller startförsök och start 1-60s.

Tid mellan start eller startförsök och stopp 1-60s.

Tid mellan stopp eller stoppförsök och start 1-60s.

Tid mellan stopp eller stoppförsök och stopp 1-60s.

Om manövervilkor ligger kvar utan att den verkställts inom angiven tid blockeras den omriktaren och annan (om tillåtet) får samma order.

Tillslag

Spänning 15kV samlingskena

Vid <80-95% av aktuell stationsreferens sätts startvillkor.

(Hänsyn till omriktarkomponeringen som

ger en sänkning på c:a 3% vid maximal reaktiv last) sätts startvillkor.

Tidsfördröjning 0-100s.

(Hänsyn till kortslutning på linje).

Strömgräns

När någon omriktare går i strömgräns sätts startvillkor.

Tidsfördröjning 2-1000s

(Hänsyn till kortslutning på linje samt att undvika "kort peak").

Belastning.

Då det primära villkoret är att det skall finnas tillräcklig effekt för att täcka tågens behov har prognosen mindre betydelse vid start än vid stopp. För att start skall beordras med avseende på belastning måste den aktuella lasten vara hög. Beroende på prognosen används olika tidsfördröjning.

Om aktuell last är >50-99% av tillgänglig effekt (summan av strömgränserna av de omriktare som är i drift, korrigerad för nedsatta strömgränser och överlastförmåga) sätts startvillkor.

Om prognosen >0-99% av tillgänglig effekt (summan av strömgränserna av de omriktare som är i drift, korrigerad för nedsatta strömgränser och överlastförmåga) sätts startvillkor.

Tidsfördröjning 2-1000s vid hög prognos och hög aktuell last.

Tidsfördröjning 2-1000s vid låg prognos och hög aktuell last.

För få omriktare i drift

Är för få omriktare i drift startas omriktare.

Frånslag

Belastning

Det effektivaste sättet att minska antalet manöver (till/från) av omriktare är att utnyttja prognosen för att se efter om det finns behov att "återstarta" omriktare om man gör ett frånslag. Då automatiken "vet" vilken omriktare som kommer att stängas av och hur stor den är (strömgräns) kan startautomatiken avgöra behovet (om en omriktare stoppas) att starta en omriktare under periodtiden och om så är fallet förhindra frånslag.

Om aktuell last är <0-100% av startvilkor med avdrag för aktuella strömgränsen hos den omriktare som kommer att stoppas (dvs % av det startvilkor som erhålls efter stopp av omriktare).

Om prognosen är <0-100% av startvilkor med avdrag för aktuella strömgränsen hos den omriktare som kommer att stoppas (dvs % av det startvilkor som erhålls efter stopp av omriktare).

Både aktuell belastning och belastningen enligt prognosen måste vara låga för att stoppa omriktaren.

Tidsfördröjning 0-1000s vid aktiv prognos.

Tidsfördröjning 0-1000min vid avstängd prognos.

Då periodtiden och antalet perioder i prognosen avgör tiden vid låg belastning och hög prognos finns egentligen inget behov av tidsfördröjning vid låg last och hög (aktiv) prognos.

Vid låg belastning och låg prognos kan man behöva en kortare tidsfördröjning.

För många omriktare i drift

Skulle fler än tillåtet antal omriktare vara i drift stängs omriktare av.

3.2.2.5 Tidsvilkor

Vid vissa tillfällen (t.ex. höglastperioder som beredskap för driftstörningar eller vid arbete) har det visat sig att man vill begränsa automatikens förmåga att starta och stoppa omriktare. Genom att under tidsintervall begränsa vilket antal omriktare som får (max)/skall (min) vara i drift ges den möjligheten.

3.2.2.6 Minimum omriktare i drift

Om mindre antal än begränsat antal omriktare är i drift startas ytterligare omriktare om enfas samlingsskenan är spänningsatt (nollspänning blockerar dock samtliga omriktare och start uteblir).

3.2.2.7 Övervakning

Följande övervakning bör finnas:

- Omriktare följer inte order
- Antal tillgängliga omriktare mindre än vad som ska vara i drift.

Övriga övervakningar som kommunikation, insignaler och liknande förutsätt skötas på systemnivå.

3.2.2.8 Presentation på bildskärm

Nedanstående bild är ett förenklat (och preliminärt) utkast på till en bild i stationens HMI för att förenkla inställning av startautomatiken.

The screenshot displays the 'Startautomatik' control interface. It includes several key sections:

- STATISTIK:** A table showing daily and weekly statistics for starts from the SA and average current.
- OMRIKTARSTATUS:** A panel for managing OMR (Omriktare) status, including checkboxes for 'Blockad i drift', 'Aktuell strömgräns', and 'Drifttid' for OMR 1, 2, 3, and ALLA.
- TIDSSTYRNING AV ANTAL OMRIKTARE I DRIFT:** A table for scheduling OMR operation times for weekdays (Måndag - Fredag) and weekends (Lördag - Söndag), with columns for start/stop times and counts.
- PROGNOS:** A forecast bar showing current and future current levels across different time intervals.
- INSTÄLLNINGSPARAMETRAR STARTAUTOMATIK:** A detailed parameter configuration table with columns for 'Inst.' (setpoint), 'Motsv.' (actual), and 'Aktuellt värde' (current value) for various settings like voltage, time delays, and current limits.
- Manöver startautomatik:** Control buttons for 'TILL' (enable) and 'FRÅN' (disable) for manual operation.
- Användning av prognos:** Similar control buttons for using the forecast.
- Statistik:** Buttons for 'Radering' (clear), 'Förnya' (refresh), and 'Frys' (freeze).
- OMR 1 and ALLA:** Specific status panels for OMR 1 and ALLA, including 'Blockera' and 'Häv blockad' buttons.
- ABB Logo:** The ABB logo is visible in the bottom right corner.

Inställbara parametrar visas i blått.

Framräknade och uppmätta värden visas i grönt.

Till höger om bilden för startautomatiken finns utkast till 2 undermenyer.

Slutligt utförande kommer att anpassas till befintligt system i samband med programmeringen.

3.2.3 Utförande

Startautomatik och Lastdelning är lokaliserade till avskiljda delar av mjukvaran i stationsdatorn. Detta, och systemet i sig medger att uppgradering sker under drift och kan genomföras parallellt med ombyggnaden av omriktarna i stationen. Endast lastdelning och startautomatik kommer att vara ur drift.

Om tillgängliga omriktare (som inte modifieras) körs kontinuerligt påverkas tågdriften minimalt.

Ny mjukvara förbereds i förväg och installeras på plats. Slutlig anpassning och intrimning sker på plats.

4 Verifikation

Förutom att verifiera att de signaler som tillkommit eller ändrats är korrekt anslutna och får avsedd inverkan utförs följande prov för att studera stationernas uppförande.

Följande mätpunkter:

Omriktarnas uteffekt (aktiv och reaktiv).

Omriktarnas utström.

Omriktarnas aktuella strömgräns.

Spänningen på 1-fas samlingsskena.

Typprov utförs endast i en station (helst Lilleström):

Startautomatik ur drift.

Omriktaren körs ensam för att belastas till dess att den aktuella strömgränsen sänks. (Forceras om fläktarna till kylvattensystemet stängs av.)

Inverkan på startautomatik kontrolleras (nivå start kontrolleras visuellt)

Därefter startas övriga omriktare.

Lastdelningen kontrolleras, "uppvärmd" omriktare skall ta lägre last.

Omriktarna körs till dess att nivån på strömgräns återställts på den "uppvärmda omriktaren).

Lastdelningen kontrolleras, samtliga omriktare skall ta lika last.

Inverkan på startautomatik kontrolleras (nivå start och stopp kontrolleras visuellt).

Funktionsprov utförs på samtliga stationer.

Stationen körs i normal drift med startautomatik i drift under 1 vecka (statistiken skall vara aktiv så stationen måste redan ha varit i drift under minst en vecka tidigare).

Följande utvärderas:

- Lastdelning med avseende på avvikelser i fördelning av last
- Startautomatik med avseende på frekvens på manöver
- Nedsatt strömgräns med avseende på frekvens och inverkan på lastdelning.

Släpvisarna för högsta uppnådd oljetemperatur hos omriktarnas transformatorer avläses och dokumenteras av Jernbaneverket före ombyggnad.

Efter ombyggnad och en tids provdrift utförs samma avläsning av Jernbaneverket.

Temperaturerna före och efter ombyggnad jämförs för varje individuell transformator.

5 Berörd dokumentation

Nedan listas huvuddelen av de dokumenttyper (per station) som kommer att behöva uppdateras. Vi förutsätter att eventuell Norsk översättning av aktuella dokument utförs av Jernbaneverket.

Omriktardokument

Beskrivning omriktare
Felsökning omriktare
Kretsschema kontrollskåp
Förbindningstabell kontrollskåp
Apparatlista kontrollskåp
Apparatlista enfas transformator
Apparatlista trefas transformator
Kretsschema omriktare
Kabellista
Kabeltabell

Stationsdokument

Kabellista station
Kabeltabell station
Programschema stationsdator
Beskrivning station
Beskrivning Startautomatik
Beskrivning lastdelning

6 Revisions

Rev	Date	Description of revision	Approved
-	20110530	Issued	SK

We reserve all rights in this document and in the information contained therein. Reproduction, use or disclosure to third parties without express authority is strictly forbidden. © Ballour Beatty Rail AB

Our Ref
2177216

C:\Conisio\Leveransorder\Gardemobanan\Lilleström\X_Eftermarknad\Effekthöjning\BBSE20110530-A.doc

Customer Doc. No

Doc. No
BBSE20110530-A

Revision Page
- 15/15

