


Utredning av banestrømforsyning. Vestfoldbanen med dobbelspor og fremtidig trafikk. Fase 2: Lang sikt

004	Endelig versjon	22.05.2009	YASA	STOY		
003	Høringsutkast		YASA	STOY		
002	Oppdatert med nytt kapittel		STOY			
001	Utkast		YASA	STOY		
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. Av	Kontr. av	Godkj. av	
Utredning av banestrømforsyning. Vestfoldbanen med dobbelspor og fremtidig trafikk. Fase 2: Lang sikt Rapport		Ant. sider	Fritekst 1d			
		58	Fritekst 2d			
			Fritekst 3d			
			Produsent			
		Prod. dok. nr.				
		Erstatning for				
Erstattet av						
 Jernbaneverket		Dokument nr.			Rev.	
					004	

1	INNLEDNING	4
1.1	BAKGRUNN	4
1.2	MÅLSETTING	5
1.3	FORUTSETNINGER	5
1.3.1	Trafikkforutsetninger	5
1.3.2	Infrastrukturforutsetninger	6
2	KRAV TIL BANESTRØMFORSYNING	7
	GENERELLE KRAV TIL ENERGIFORSYNINGEN	7
2.1	OVERORDNET KRAV	7
2.2	KRAV TIL SPENNING	8
2.3	KRAV TIL BEHANDLING AV DRIFTSITUASJONER (REDUNDANSKRAV)	9
2.4	BELASTNING AV OMFORMERE	10
2.5	KONTAKTLEDNINGENS STRØMFØRINGSEVNE	11
2.6	BELASTNING FOR FILTERIMPEDANS OG SUGETRANSFORMATORER	12
2.7	BELASTNING AV AUTOTRANSFORMATORER	12
3	SIMULERINGSRESULTATER	13
3.1	AVGRESNING AV SIMULERING	13
3.2	BANESTRØMFORSYNING	13
4	RESULTATER	15
4.1	ALTERNATIV 1 – DOBBELSPOR MELLOM ASKER OG LARVIK, OG AT-SYSTEM FRA LARVIK TIL SKIEN OG PERSONTRAFIKK	15
4.1.1	<i>Simulering 1 – Normaldriftsituasjon for alternativ 1</i>	15
4.1.1.1	Kjørt distanse og oppsatt rute	15
4.1.1.2	Belastning av matestasjoner	16
4.1.1.3	Belastning av kontaktledningen	18
4.1.1.4	Spennning for togene	19
4.1.2	<i>Simulering 1b – Utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon</i>	21
4.1.2.1	Belastning av matestasjoner	21
4.1.2.2	Belastning av kontaktledningen	21
4.1.2.3	Spennning for togene	22
4.1.3	<i>Simulering 1c – Utfall en av linjene mellom Drammen og Kobbervik</i>	22
4.1.3.1	Belastning av matestasjoner	22
4.1.3.2	Belastning av kontaktledningen	23
4.1.3.3	Spennning for togene	24
4.2	ALTERNATIV 2 – DOBBELSPOR MELLOM ASKER OG LARVIK AT-SYSTEM FRA LARVIK TIL SKIEN OG PERSON- OG GODSTRAFIKK	25
4.2.1	<i>Simulering 2 – Normaldriftsituasjon for alternativ 2</i>	25
4.2.1.1	Belastning av matestasjoner	25
4.2.1.2	Belastning av kontaktledningen	27
4.2.1.3	Spenningen for togene	28
4.2.2	<i>Simulering 2b – Godstog langs Vestfoldbanen og utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon</i>	29
4.2.2.1	Belastning av matestasjoner	30
4.2.2.2	Belastning av kontaktledningen	30
4.2.2.3	Spennning for togene	31
4.3	ALTERNATIV 3 – FLYTTE LARVIK OMFORMERSTASJON TIL PORSGRUNN	32
4.3.1	<i>Simulering 3 – Normaldriftsituasjon for alternativ 3</i>	32
4.3.1.1	Belastning av matestasjoner	32
4.3.1.2	Belastning av Kontaktledningen	34
4.3.1.3	Spennning for togene	35
5	VURDERING AV SIMULERINGENE	36
5.1	VURDERING AV ALTERNATIV 1	36
5.2	VURDERING AV ALTERNATIV 2	36
5.3	VURDERING AV ALTERNATIV 3	36
5.4	SANDE TRANSFORMATORSTASJON	37
5.5	VURDERING AV DIMENSJONERENDE RUTEPLAN	39

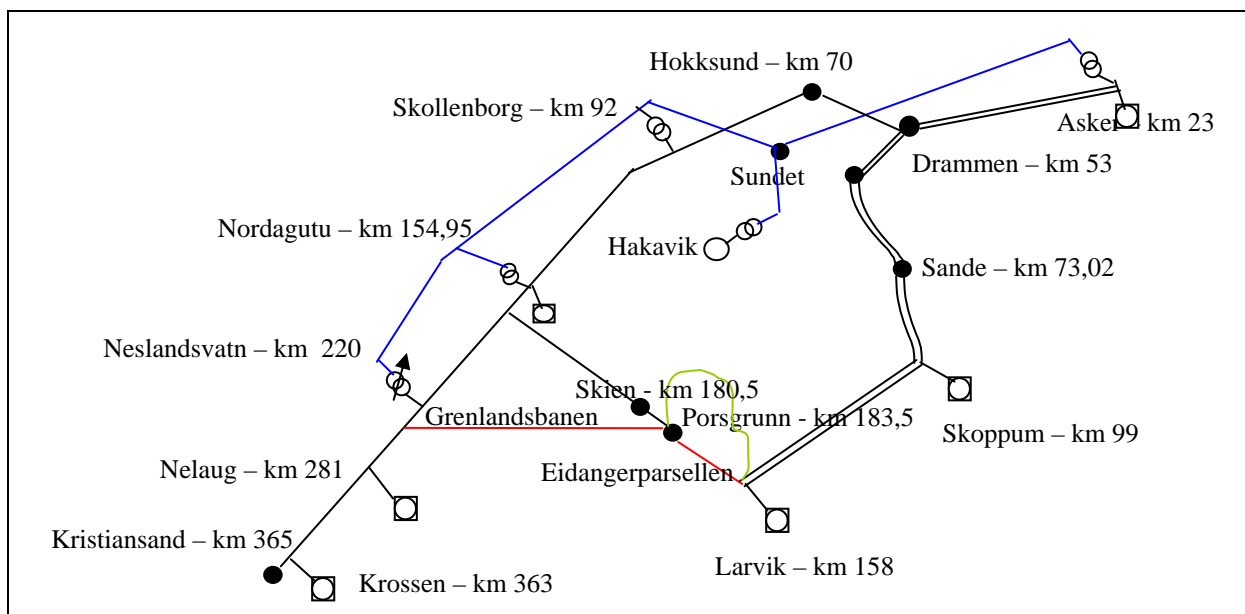
5.6	VURDERING AV BELASTNING AV OMFORMERE.....	39
5.7	DIMENSJONERING AV KONTAKTLEDNINGER	39
5.8	VURDERING AV SPENNINGEN	39
6	STRATEGISKE OG ØKONOMISKE BETRAKTNINGER.....	40
6.1	FRAMTIDIG GRENLANDSBANE	40
6.2	LARVIK OMFORMERSTASJON	40
6.3	KOSTNADSOVERSLAG	41
6.3.1	<i>Underlagstall.....</i>	<i>41</i>
6.3.2	<i>Kostnadsammenstilling.....</i>	<i>42</i>
6.4	BETRAKTNING RUNDT TIDSPUNKT FOR FORNYELSE	42
6.5	SITUASJONEN FØR DET BYGGES DOBBELTSPOR TIL LARVIK	43
7	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER.....	45
8	FRAMDRIFTSPLAN.....	46
9	APPENDIKS A – SPENNING FOR TOGENE	47
10	REFERANSER.....	58

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I første del av utredningsarbeidet for Vestfoldbanen (fase 1), har man undersøkt dagens strømforsyningsanlegg på Vestfoldbanen. Undersøkelsen har vist at banestrømforsyningen etter bygging av Skoppum omformerstasjon er betydelig styrket, og at det framfor å fornye Sande transformatorstasjon kan være aktuelt å legge ned stasjonen. Det er ikke nødvendig å opprettholde driften av Sande transformatorstasjon for å overholde krav i Teknisk Regelverk dersom eksisterende trafikknivå opprettholdes. Dette forutsetter visse kapasitetsoppgraderinger i eksisterende omformerstasjoner.

Den andre delen av utredningsarbeidet for Vestfoldbanen bygger videre på fase 1. Det forutsettes i det videre at Sande transformatorstasjon er lagt ned, og at Hakavik kraftstasjon kun er tilkoplek fjernledningsnett via Sundet koplingshus. I denne analyses den fremtidige trafikken og betydningen denne har på banestrømforsyningen på Vestfoldbanen. I den forbindelse ble det satt opp et prosjektprogram [1] utarbeidet i samarbeid med JBV Plan og Utredning. I prosjektprogrammet ble følgende plan skissert:



Figur 1-1 Kartoversikt for Vestfoldbanen og noe av Sørlandsbanen. Eidangerparsellen og Grenlandsbanen er vist med rød linje. Grønn linjen viser dagens trasee mellom Larvik og Porsgrunn. Eidangerparsellen forkorter strekningen mellom Larvik og Porsgrunn. Grenlandsbanen kobler Vestfoldbanen og Sørlandsbanen.

- Infrastruktur
 - Dobbelspor på hele strekningen mellom Drammen og Larvik.
 - Eidangerparsellen (nytt enkelspor) mellom Larvik og Porsgrunn etablert.
 - AT-system mellom Larvik og Skien.
- Trafikk
 - To tog i hver retning Drammen – Larvik pr time.

- Et godstog 1200 tonn annenhver time i hver retning.

Nye banestrekninger bygges for 200 km/t for persontog, og reisetider i henhold til Jernbaneverkets stamnettutredning "Mer på skinner fram mot 2040" [2] tabell 5.3 legges til grunn. Når det gjelder godstogene, vil en maksimal hastighet på 100 km/t bli lagt til grunn.

1.2 Målsetting

I denne rapporten undersøkes fremtidig behov for banestrømforsyningsanlegg for Vestfoldbanen med dobbelspor fra Asker til Larvik og med AT-system på enkelspor mellom Larvik og Skien, da det er vurdert at dette vil gi lav linjeimpedans. Det skal vurderes nødvendige omformerstørrelser på bakgrunn av den angitte trafikken i prosjektprogrammet og i henhold til banestrømforsynings tekniske krav. Optimal plassering ved fornyelse eller nybygg av Larvik omformerstasjon undersøkes også. Den dimensjonerende ruteplanen legger til grunn en vesentlig høyere togfrekvens enn dagens, men den tar hensyn til utbyggingsplaner av Grendlandsbanen som vil forbinde Vestfoldbanen og Sørlandsbanen.

I rapporten skal det undersøkes forhold for tre hovedalternativer for banestrømforsyning. I samtlige alternativer er Sande transformatorstasjon forutsatt nedlagt.

- Alternativ 1 – Konvensjonelt kontaktledningsanlegg der strekningen mellom Asker og Larvik har dobbelspor og det er AT-system fra Larvik til Skien. Det skal fremføres kun persontog mellom Drammen og Skien.
- Alternativ 2 – Konvensjonelt kontaktledningsanlegg der strekningen mellom Asker og Larvik har dobbelspor og AT-system fra Larvik til Skien. Det fremføres person- og godstrafikk mellom Drammen og Skien.
- Alternativ 3 – Larvik omformerstasjon flyttes til Porsgrunn. Konvensjonelt kontaktledningsanlegg der strekningen mellom Asker og Larvik er dobbelspor og AT-system fra Larvik til Skien. Skoppum omformerstasjon oppgraderes fra 2 x 5, 8 MVA til 2 x 10 MVA. Det fremføres person- og godstrafikk mellom Drammen og Skien.

1.3 Forutsetninger

1.3.1 Trafikkforutsetninger

Dimensjonerende trafikkapasitet for denne utredningen frem mot 2040 har lagt til grunn prosjektprogrammet [1] og Jernbaneverkets stamnettutredning [2]. Ut fra den angitte reisetiden i tabell 5.3 i [2] for Oslo til Tønsberg og Oslo til Skien, finner man ut at gjennomsnittshastigheten for direktetog bør være ca. 150 km/t, mens, fremføringstiden for tog som fremføres med dagens stoppmønster blir ca. 120 km/t. Dagens skilthastighet angir en gjennomsnittshastighet på ca. 115 km/t på hele strekningen dersom et tog fremføres uten stans, mens togene kun oppnår 80 km/t med dagens stoppmønster. En slik endring forutsetter endring i skilthastighet eller banetraseen på hele strekningen. I rapporten "Modernisert Vestfoldbane – Framtidig Grenlandsbane" [3] er det beskrevet de forandringer av dagens trasé mellom Oslo Larvik som er planlagt. Dagens trasé skiller seg vesentlig fra den fremtidige planlagte traseen. Strekningen mellom Larvik og Porsgrunn blir forkortet med ca. 8 km på grunn av Eidangerparsellen. Skilthastigheten langs banestrekningen vil bli endret avhengig av horisontalkurvaturen. For radius over 1800 m skal skilthastigheten være på 200 km/t for persontog og 100 km/t for godstog. Basert på [3] og rapporten "Hovedplan Holm-

Holmestrand-Nykirke” [3], får mesteparten av strekningen en skilthastighet på 200 km/t. Dette fører til en gjennomsnittshastighet på over 180 km/t når et persontog fremføres mellom Drammen og Skien. Den beregnede gjennomsnittshastigheten tar ikke hensyn til den tiden det tar for toget å nå 200 km/t eller falle til null. Ut fra de gitte akselerasjons- og retardasjonsverdiene i modellen for toget i simuleringen, vil toget bruke et minutt for å akselerere fra 0 til 200 km/t og ett minutt for å bremse fra 200 til 0 km/t. Man kan anta at pr stopp vil toget bruke ca. et minutt ekstra og dermed vil gjennomsnittshastigheten være noe lavere. Alt avhengig av hvor ofte toget stopper. For øvrig er skilthastigheten mellom Oslo og Drammen uendret fra dagens, som er mye lavere enn 150 km/t. Man antar at reisetiden vil avvike litt fra den tiden angitt i stamnettutredningen. Likevel antas det at dette har minimalt å si for belastningen av banestrømforsyningen.

For øvrig har man sett bort fra kravet i teknisk regelverk om 20 % margin mot trafikkøkning.

1.3.2 Infrastrukturforutsetninger

Den nye banestrekningen har dobbelspor fra Asker til Larvik. Dobbelsporet er parallellkoblet ved Asker, Drammen, Kobbervik, Sande, Nykirke og Skoppum. Sør for Skoppum er det ikke lagt inn noen parallellkoplinger i simuleringsmodellen. I henhold til ”Jernbaneteknisk rammeplan for Vestfoldbanen” [4] skal det benyttes kontaktledningsanlegg System 25 med 9 parallellkoblinger på hele Vestfoldbanen. Ettersom det ikke er lagt inn sammenkoplinger mellom Skoppum og Larvik er det færre parallellkoblinger i modellen enn i rammeplanen. En antar at spenningen på dobbelsporet mellom Skoppum og Larvik vil være lavere i simuleringsmodellen enn det som opptrer i virkeligheten dersom kontaktledningen sammenkoples. Siden utredningen skal simuleres for verste tilfellet har en i modellen dimensjonert med system 20. Videre er det forutsatt AT-system mellom Larvik og Porsgrunn. Sande transformatorstasjon er lagt ned som matestasjon. Det forutsettes på lang sikt at Grenlandsbanen blir bygd, og godstog vil bli fremført dersom denne banen binder sammen Vestfoldbanen og Sørlandsbanen. De angitte simuleringsalternativene blir simulert uten Grenlandsbanen og dermed er den fremtidige belastningen fra Grenlandsbanen ikke inkludert.

Kontaktledningsimpedansen for nytt dobbelspor er satt til $Z = 0,1875 + j0,189 \Omega/\text{km}$ for hvert spor og for AT-systemet $Z = 0,03895 + j0,0485 \Omega/\text{km}$. Impedansverdier for dobbeltspor er hentet fra eksisterende anlegg og for AT-system er hentet fra ”Strekningsvise utbyggingsplaner Sørlandsbanen” [8].

Krav til togenes spenning vurderes i forhold til prosjekteringskrav i teknisk regelverk, da det planlegges nye strekninger, nye anlegg og dimensjonerende ruteplan.

2 KRAV TIL BANESTRØMFORSYNING

Simuleringen skal påvise at kvalitetskriteriene i teknisk regelverk for banestrømforsyningen overholdes. For eksisterende og nye anlegg er det forskjellige kriterier med hensyn på laveste spenning, se avsnitt nedenfor. I tillegg må ikke matestasjoner, kontaktledning, sugetransformatorer, filterimpedanser, etc. overbelastes.

Generelle krav til energiforsyningen

For tog fremført med elektrisk trekkraftmateriell er den elektriske energiforsyningens kvalitet viktig for å kunne holde ruteplanen. Med den elektriske energiforsyningen menes både banestrømforsyningsanlegg og kontaktledningsanlegg for levering av elektrisk energi helt fram til togets strømtaker.

Med *normal trafikk* menes:

- Trafikk i henhold til den til enhver tid gjeldende ruteplan, inklusive ekstratog kjørt innenfor rammene av restkapasitet, og de til enhver tid gjeldende ruteplanforutsetninger for vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
- Fremtidig trafikkprognose (se avsnitt 2.6) for vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket

Begrepet trafikk omfatter både ruteplan, togsammensetning/trekraft og togvekt.

Med *normal infrastruktur* menes:

- Drift av og forhold ved infrastrukturen som lagt til grunn under prosjektering av opprinnelig anlegg, det gjelder både
 - koblingsbilde i overføringsnett,
 - tilgjengelig og installert ytelse i matestasjoner,
 - samkjøring av matestasjoner samt
 - bruk av andre banestrømforsyningsanlegg (kondensatorbatterier etc).

Med overføringsnett menes kontaktledning, mateledning, fjernledning og AT-ledninger.

2.1 Overordnet krav

- a) Kvaliteten på den elektriske energiforsyningen skal ved normal infrastruktur ikke være en begrensning for normal trafikk.
- b) Normal infrastruktur skal utvikles slik at kvaliteten på den elektriske energiforsyningen ikke blir begrensende for normal trafikk.
- c) Kvaliteten på den elektriske energiforsyningen skal tilpasses de andre infrastrukturelementene slik at infrastrukturen, samlet sett, blir mest mulig optimal på kort og lang sikt sett i forhold til både drifts-, vedlikeholds- og investeringskostnader samt kapasitet og tilgjengelighet for togframføring.
- d) Den elektriske energiforsyningen skal designes og utvikles slik at standardisert europeisk rullende materiell i størst mulig grad kan trafikkere uten spesielløsninger og problemer.

2.2 Krav til Spenning

For at banestrømforsyningen ikke skal være til hinder for fremføringen av en gitt togtrafikk stilles følgende internasjonale hovedkrav (CENELC). De ulike spenningsnivå er gitt i tabell 2-1.

Tabell 2-1 Spenningsnivåer i normer

Betegnelse	Spenning [V]	Beskrivelse
$U_{\min 2}$	11 000	Minimal midlertidig spenning
$U_{\min 1}$	12 000	Minimal permanent spenning
U_n	15 000	Nominell spenning
$U_{\max 1}$	17250	Maksimal permanent spenning
$U_{\max 2}$	18 000	Maksimal midlertidig spenning

Normen EN 50163 stiller følgende krav:

- Varighet av spenning mellom $U_{\min 1}$ og $U_{\min 2}$ skal ikke overstige 2 minutter.
- Varighet av spenning mellom $U_{\max 1}$ og $U_{\max 2}$ skal ikke overstige 5 minutter.
- Spenningen på matestasjonens samleskinne skal være mindre enn eller lik $U_{\max 1}$
- I normal drift skal spenningen ligge mellom $U_{\min 1}$ og $U_{\max 1}$
- Under unormal drift skal ikke spenning mellom $U_{\min 1}$ og $U_{\min 2}$ forårsake skader eller feil.
- Dersom spenningen kommer opp mellom $U_{\max 1}$ og $U_{\max 2}$, skal den være mindre enn eller lik $U_{\max 1}$ for et uspesifisert tidsrom. Spenningen mellom $U_{\max 1}$ og $U_{\max 2}$, skal bare forekomme under midlertidige betingelser som ved regenerativ bremsing eller spenningsregulering som for eksempel ved trinkopling på transformatorer.
- Under unormal drift er $U_{\min 2}$ den laveste spenning som rullende materiell er bygd for å operere under.

Jernbanens egne krav for banestrømforsyningen, JD 546, tilsier at spenningen på togenes strømvaktaker ikke skal underskride verdiene gitt i tabell 2-2. Følgende vurdering av spenningen gjelder:

- Med Kortvarig spenning menes laveste effektivverdi av spenning som måles på togenes strømvaktaker. Ett sekund er egnet samplingsintervall.
- Med langvarig spenning menes gjennomsnitt av effektivverdi av spenning over en periode på 2 minutter som måles på togenes strømvaktaker.
- Med gjennomsnittlig spenning menes $U_{\text{mean useful}}$ for tog og område som definert i EN 50388.

Tabell 2-2 Krav til spenning. Alle tall i kV

	Type krav	Kortvarig	Langvarig	Gjennomsnitt
Normalt krav	Vedlikehold	Skal $\geq 12,0$ Bør $\geq 12,5$	Bør $\geq 13,5$	Skal $\geq 13,5$
	Prosjektering	Skal $\geq 13,0$	Skal $\geq 14,0$	Skal $\geq 14,0$
Redusert krav	Vedlikehold	Skal $\geq 11,0$	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 13,5$
	Prosjektering	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 12,0$	Skal $\geq 13,5$

2.3 Krav til behandling av driftsituasjoner (redundanskrav)

- a) Det stilles *normalt krav* til spenning i *normale driftsituasjoner* og i *normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes*.
1. Den elektriske energiforsyningen skal ikke medføre forstyrrelser, forsinkelser og begrensninger for togtrafikken.
 2. Med *normal driftsituasjon* menes:
 - 2.1. *Normal trafikk*
 - 2.2. *Normal infrastruktur*
 - 2.3. Vedlikehold hvor *normal infrastruktur* kan opprettholdes
 3. Med *normale driftsituasjoner med endringer som ofte kan forventes* menes for eksempel:
 - 3.1. Trafikk:
 - 3.1.1. Forsinkelser i togtrafikken som en normalt kan forvente.
 - 3.1.2. Enkelttilfeller av bytte av trekraft.
 - 3.1.3. Enkelttilfeller av ekstra vogner i persontog.
 - 3.1.4. Enkelttilfeller av øket lastvekt for godstog dersom operativ ruteplanlegger tillater dette.
 - 3.1.5. Ekstratog på baner med baneprioritet 1, 2 og 3.
 - 3.2. Infrastruktur:
 - 3.2.1. Uforutsett utfall/stans av en mateenhet i en matestasjon i Oslo-området.
Med Oslo-området menes banestrekningene med baneprioritet 1 i og rundt Oslo.
- b) Det stilles *reduisert krav* til spenning i *avvikssituasjoner*.
1. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken bør unngås ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
 2. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken skal unngås ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket
 3. Med *avvikssituasjoner* menes for eksempel:
 - 3.1. Trafikk:
 - 3.1.1. Ekstratog på baner med baneprioritet 4 og 5.
 - 3.2. Infrastruktur:
 - 3.2.1. Feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut 100 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger.
 - 3.2.2. Samtidig utfall/stans av en mateenhet i to forskjellige matestasjoner i Oslo-området.
 - 3.3. Vedlikehold:
 - 3.3.1. Planlagt vedlikehold av overføringsnett eller andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke hindrer togframføringen fysisk.
 - 3.3.2. Planlagt vedlikehold av matestasjoner hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut etterspurt effekt fordelt på alle utgående linjeavganger.
 4. Kravene vedrørende planlagt vedlikehold anses også som oppfylt dersom vedlikeholdet kan legges til perioder med liten trafikk slik at *normalt krav* til spenning kan opprettholdes for de togene som på det tidspunktet er i trafikk.
- c) Det stilles *reduisert krav* til spenning i *unormale driftsituasjoner*.
1. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken bør begrenses/reduseres ved vurderinger i forhold til vedlikeholdsregelverket
 2. Forsinkelser og begrensninger i togtrafikken skal begrenses/reduseres ved vurderinger i forhold til prosjekteringsregelverket
 3. Med *unormale driftsituasjoner* menes for eksempel:
 - 3.1. Trafikk:
 - 3.1.1. Oppløsning etter masseforsinkelse i henhold til gjeldende rutiner
 - 3.2. Infrastruktur:

- 3.2.1. Alvorlig feil i matestasjon hvor matestasjonen ikke kontinuerlig kan mate ut minst 50 % av stasjonens installerte ytelse fordelt på alle utgående linjeavganger.
 - 3.2.2. Utfall av energiforsyning til en matestasjon
 - 3.2.3. Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, mellom matestasjoner som følge av brudd i samkjøringen i trefasenettet.
 - 3.2.4. Uforutsett brudd på samkjøringen eller elektrisk øydannelse på grunn av brudd i overføringsnett og andre seriekomponenter (kondensatorbatteri etc.) som ikke fysisk hindrer togframføringen på de(n) elektriske øyen(e).
Med elektrisk øydannelse menes seksjonering av overføringsnett som fører til at banestrekninger eller deler av banestrekninger isoleres elektrisk fra samkjøringen med resten av nettet.
- 3.3. Vedlikehold av infrastruktur:
- 3.3.1. Større vedlikehold av matestasjoner hvor begrensning i ytelsen er nødvendig, for eksempel bytte av roterende aggregater.
4. Begrensning/reduksjon av forsinkelser og begrensninger i togtrafikken som følge av lav spenning på togets strømvaktar, kan for eksempel være:
- 4.1. Strategiske, taktiske og/eller operative disponeringer i trafikken.
 - 4.2. Optimalisering av seksjoneringsmuligheter.
 - 4.3. Etablering av flere mulige matingsveier.
 - 4.4. Planlegging av vedlikehold.
- d) Det stilles ikke krav til spenningen i berørt(e) seksjon(er) i *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig*.
1. Energiforsyningens nedetid i *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig*, skal reduseres mest mulig
 2. Med *situasjoner der togtrafikk ikke er mulig*, menes for eksempel:
 - 2.1. Trafikk:
 - 2.1.1. Stående feil/kortslutning i rullende materiell.
 - 2.2. Infrastruktur:
 - 2.2.1. Regionalt kraftsystemutfall med manglende energiforsyning til to eller flere nærliggende matestasjoner.
 - 2.2.2. Brudd i samkjøringen, både planlagt og uforutsett, i overføringsnett som fysisk hindrer togframføringen.
 - 2.2.3. Utsiktet utløsning av nødfrakobling
 - 2.3. Vedlikehold:
 - 2.3.1. Annet vedlikehold (ikke energiforsyningen) som hindrer fysisk togframføringen.

Tabell 2-3 viser den tillatte belastningsgraden for roterende omformeraggregater.

2.4 Belastning av omformere

Tabell 2-3 nedenfor viser den tillatte belastningsgraden for roterende omformeraggregater. Av hensyn til redundans i strømforsyningen og nødvendig ytelse er det i de fleste omformerstasjoner installert to eller flere aggregater.

Tabell 2-3 Belastning av roterende omformeraggregater

Aggregat Type [MVA]	Maks 2sek belastning [A]	Maks 6 min belastning [MVA]	Maks time belastning [MVA]
3,1	450	4,8	3,1
5,8	625	8	5,8
7,0	825	11	7,0
10,0	1180	14	10

Definisjonen av disse verdiene er som følger:

- Timebelastningen er aggregatenes nominelle ytelse (kontinuerlig belastning). Den maksimale tillatte temperaturen oppnåes for aggregatet.
- Maksimal 6 minutters belastning defineres som aggregatenes/stasjonenes termiske overbelastbarhet. Denne verdien forutsetter for de roterende aggregatene at belastningen før maksimalbelastningen har vært under grunnlasten, som er halve 6 minutters-verdien. Om dette er oppfylt, vil maksimalt tillatte temperatur oppnåes, 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 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 gjennomsnittsbeklastningen innenfor den aktuelle tidsperioden som er av betydning. Det samme gjelder for 1 times- og 2 sekundersbelastning.

Maksimalverdiene er beregnet ved at belastningen (i MVA eller kA) er integrert over den aktuelle tidsperioden, integralet får enheten MVAs eller kAs. Dette divideres deretter med den aktuelle tidsperioden (1 time, 6 minutter eller 2 sekunder). Verdien en da får vil være ekvivalent med en kontinuerlig belastning over den aktuelle tidsperioden. For effekten angir middelverdien:

$$S_{MEAN} = \frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} S dt$$

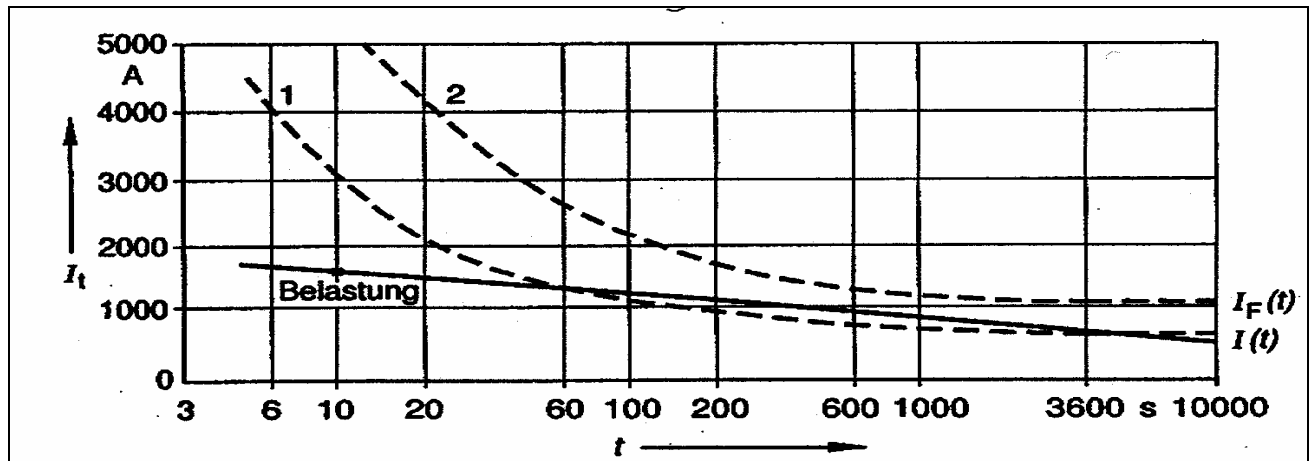
For strømmer og spenninger blir tidsverdier undersøkt med effektivverdien (RMS, Root Mean Square):

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{T_0}^{T_0+T} I^2 dt}$$

2.5 Kontaktledningens strømføringsevne

Kontaktledningen for de fleste strekningene er av kopper (Cu) med 100 mm² kontakttråd og 50 mm² bæreline. Figur 2-1 nedenfor viser denne kontaktledningens strømføringsevne. Det er forutsatt følgende; at kontaktråden er slitt 10 %, det er 35 °C lufttemperatur og 1 m/s vindhastighet. Nominell strømføringsevne er 600 A.

Tilnærmede verdier for strømbelastningen kan avleses for kontaktledning uten forsterkningsleder (kurve 1): Tillatt strøm for 10 sekunders belastning 3000A, for 1 minutt 1250A og for 6 minutter 800A. På samme måte som for belastning av omformerne gjelder verdiene belastning av angitt strøm kontinuerlig over angitt tid. Også ved bygging av nytt kontaktledningsanlegg vil denne typen materiell benyttes.



Figur 2-1 Kontaktledningens strømføringsevne, tid i sekunder

2.6 Belastning for filterimpedans og sugetransformatorer

Filterimpedans for de fleste strekningene er dimensjonert for 380A, men de nyeste er på 600A. Strømbelastning for filterimpedanser på 600A og 380A og strømbelastningen for sugetransformatorer på 250A, 380A og 600A er hentet fra [3]. Dette er vist i nedenfor.

Tabell 2-4 Overbelastbarhet for filterimpedanser.

Nominell Størrelse [A]	Belastning i 1 sek [A]	Belastning i 5 sek [A]	Belastning i 1 min [A]	Belastning i 5 min [A]	Belastning i 30 min [A]	Belastning i 2 timer [A]
600	20000	11800	3500	1600	950	800
380	-	7500	2200	1000	950	500

Tabell 2-5 Overbelastbarhet og metningsgrense for sugetransformatorer

Nominell Størrelse [A]	Belastning i 1 sek [A]	Belastning i 5 sek [A]	Belastning i 1 min [A]	Belastning i 5 min [A]	Belastning i 30 min [A]	Belastning i 2 timer [A]	Metningsgrense
250	-	5000	1750	750	400	330	1500
380	-	7500	2200	1000	600	500	2200
600	20000	11800	3500	1600	950	800	3500

2.7 Belastning av autotransformatorer

Belastbarheten for autotransformatorene er gitt som generelle verdier for denne typen komponenter. Egne termiske beregninger for de størrelsene som er aktuelle er ikke utført fra fabrikanten. Verdiene nedenfor viser veiledende tall. Strømmen er referert 30,0 kV spenningsnivå, dette er det samme som faktisk strømmen i viklingene. I de modellene som blir brukt i simuleringene her, er ikke autotransformatorene modellert.

Tabell 2-6 Preliminære verdier for overbelastbarhet av autotransformatorer

Størrelse for autotransformator	Nominell strøm [A]	2 sek [A]	30 sek [A]	90 sek [A]	60 min [A]
6 MVA	200	6000	1500	500	260
3 MVA	100	6000	1500	250	130

3 SIMULERINGSRESULTATER

I dette kapittelet beskrives kort de modeller som anvendes i simuleringen og inndata for disse. Modellen for denne simuleringen er bygd opp videre fra tidligere simulering utført i ”Utredning av Vestfoldbanen i fase 1” [5].

3.1 Avgresning av simulering

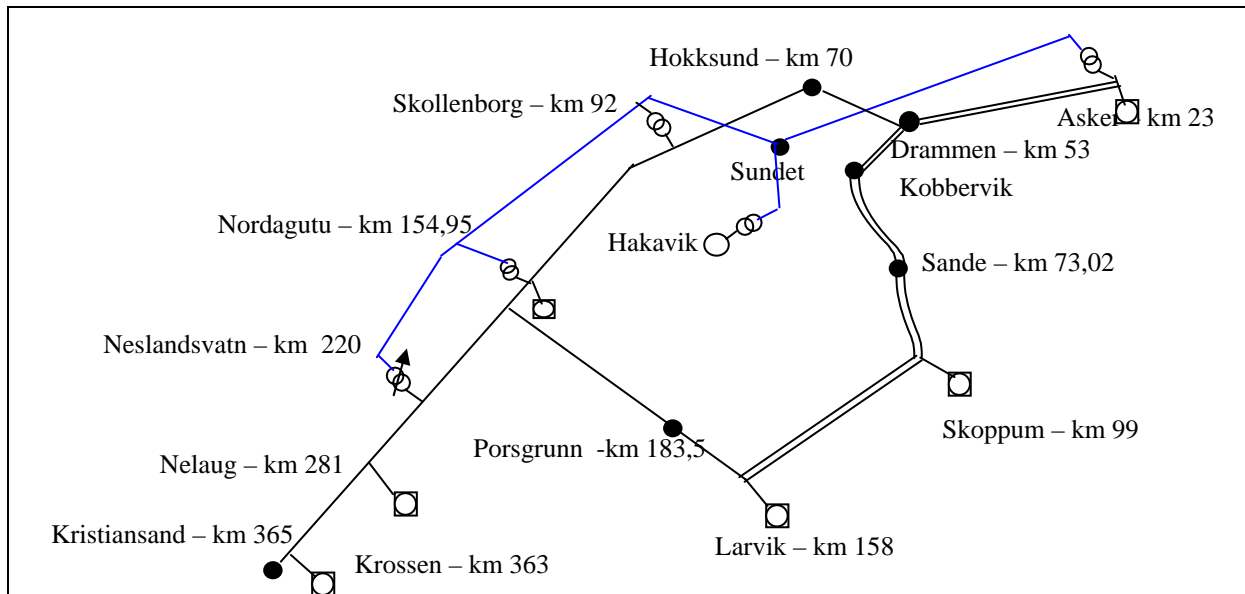
Banestrekningen strekker seg fra Asker ved km 23,83 til Kristiansand km 365,29. Strekningen på Vestfoldbanen er modellert med fremtidig infrastruktur angitt i Jernbaneløpplanens stamnettutredning [2]. Det er dobbelspor mellom Drammen og Larvik, og skilthastigheten er endret slik at den gir en gjennomsnittshastighet på ca. 150 km/t. Derimot er vertikalkurvaturen uendret til Larvik, fordi undersøkelser som ble foretatt av ”Plan og utredning” (PP) viser at den fremtidige banen ikke vil skille seg vesentlig fra dagens topologi. Traseen fra Larvik og Porsgrunn er endret med Eidangerparsellen.

Sande transformatorstasjon er ikke tatt med i simuleringen, da det i [5] ble vist at spenningen for togene være tilfredsstillende uten transformatorstasjonen. Derimot er alle andre eksisterende omformer- og transformatorstasjoner inkludert. I modellen har man benyttet en dimensjonerende ruteplan som er angitt i prosjektprogrammet [1]. Man har tatt utgangspunkt i grafiske ruteplaner nr. R152.2 og R.157.1 for å bygge opp den fremtidige ruteplan for hele togtrafikken langs Vestfoldbanen. Trafikken fremføres mellom Asker og Skien og mellom Asker og Krossen. Den fremtidige ruteplanen skiller seg vesentlig fra dagens ruteplan, da det skal fremføres persontog med halvtimes frekvens og godstog annenhver time i hver retning.

Det utføres simuleringer for trafikk i totalt 18 timer. Ved samleskinnen i Asker omformerstasjon er det lagt inn en belastning som representerer belastningen fra trafikken inn mot Oslo. Denne lasten er hentet fra simuleringen fra Osloområdet [6] ved Asker omformerstasjon for å mate mot Oslo og Spikkestad. Liknende last ble lagt ved noden for Hokksund for å etterlikne belastningen mot Bergensbanen.

3.2 Banestrømforsyning

Alle aktuelle omformerstasjoner har roterende aggregater, og de er lagt inn med en flat spenningskarakteristikk på 16,5 kV i henhold til JD 548. I henhold til hovedoppgaven ”Spenningsregulator med statorstrøm- og feltstrømbegrensning for jernbanens roterende omformer” [7], vil stasjonene ha fallende statikk ved utfall av aggregater. Hver omformerstasjon er forsynt fra det regionale/lokale forsyningsnettet, der normal tilførselsspenning i området er 11 – 66 kV, 50 Hz. I tillegg er Hakavik kraftstasjon tilknyttet 55 kV fjernledning. Fjernledningen går fra Hakavik til Sundet kopleingspunkt som igjen går til Asker transformatorstasjon. Fjernledningen strekker seg videre fra Sundet kopleingspunkt til Skollenborg, Nordagutu og Neslandsvatn transformatorstasjoner. I modellen er eksisterende Sande transformatorstasjon fjernet, se Figur 3-1.



Figur 3-1 Kartoversikt for samtlige matestasjoner ved Vestfoldbanen og noen ved Sørlandsbanen. Blå linje viser fjernledningen. På grunn av kjedebrudd er avstanden mellom Asker – Drammen på ca. 16 km.

I Asker omformerstasjon er det plassert tre aggregater og i tillegg har den en transformatorstasjon. I Skoppum, Norddagutu, Nelaug og Larvik omformerstasjon er det plassert to aggregater. I Norddagutu er det i tillegg plassert en transformatorstasjon. Av hensyn til redundans og nødvendig ytelse er det ønskelig å installere to eller flere aggregater i hver stasjon. Dersom et aggregat faller ut sier redundanskrevet at det/de gjenværende ikke skal overbelastes (n-1 kriteriet). Teknisk regelverk (TR) sier at stasjoner med ett aggregat kan tillates å belastes med oppimot 85 % av nominell ytelse (5 % margin mot overbelastning og 10 % reserve/margin for å ta høyde for trafikkendringer eller avvik). Ut fra 85 % belastning for et aggregat forventer man at to aggregater i en stasjon tillattes maksimal 43 % belastning. Ved utfall av ett eller flere aggregater i en stasjon vil poljulsvinkelen i de gjenstående aggregatene endres, samtidig som en del av lasten vil skyves til andre matestasjoner. Dermed kan en sette opp en tommelfingerregel om at stasjoner med to roterende omformere i en stasjon aldri skal belastes med mer enn til sammen 50 – 60 % av sin nominelle ytelse. For stasjoner med tre omformere tillates ikke større belastning enn 66 – 76 % og for fire 75 – 85 % av sin nominelle ytelse.. Tabell 3-1 viser plassering, maksimal belastning og prosenttallet for høyeste tillatte belastning for de angitte omformerstasjonene langs Vestfoldbanen og en del av Sørlandsbanen.

Tabell 3-1 Plassering av matestasjonene og maksimal tillatt belastning av omformerne

Matestasjon	Aggregater	Plassering [km]	Maks 2 sek belastning [A]	Maks 6 min belastning [MVA]	Maks 1 time belastning [MVA]	Tillatt belastning [%]
Asker	3x10 MVA + 8 MVA	23,83	3540	42	30	85
Skollenborg	5 MVA	92,59	-	-	5	100
Skoppum	2x5,8 MVA	99,54	900	9,6	6,2	60
Nordagutu	2x7 MVA + 8 MVA	145,95	1650	22	14	60
Larvik	2x7 MVA	158,66	825	11	7	60
Neslandsvatn	8 MVA	220,76	-	-	8	100
Nelaug	2x5,8 MVA	281,41	1250	16	11,6	60

4 RESULTATER

Resultater fra simuleringene presenterer belastningen på samtlige matestasjoner (omformerstasjoner og transformatorstasjoner) i MVA, laveste spenning for samtlige tog for 1 sekund og 2 minuttersperiode (RMS-verdien), og strømmen ut fra utgående linjeavganger i matestasjonene til de forskjellige kontaktledningspartene. Ved å undersøke begge disse tidsintervallene får man en indikasjon på om spenningen er i henhold til teknisk regelverk både for kortvarige og langvarige tidsperioder.

4.1 Alternativ 1 – Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien og persontrafikk

I alternativ 1 er det simulert med konvensjonelt kontaktledningsanlegg der strekningen mellom Asker og Larvik er dobbelspor og AT-system mellom Larvik og Skien. Det skal fremføres kun persontog mellom Drammen og Skien. I tillegg har man i dette alternativet simulert med tre scenarier. Første simulering ”simulering 1” omhandler normal driftsituasjon og andre og tredje simulering henholdsvis ”simulering 1b” og ”simulering 1c” med avvikssituasjon.

Det benyttes 2 x 5,8 MVA aggregater i Skoppum omformerstasjon og 2 x 7 MVA aggregater i Larvik omformerstasjon, noe som skiller seg fra dagens bestykning ved at Skoppum og Larvik omformerstasjon i dag har henholdsvis 2 x 3,1 MVA og 1 x 7 MVA aggregater. Der er dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. I modellen er fremtidige Eidangerforbindelsen tatt med. Denne forbindelsen vil forkorte strekningen mellom Larvik og Porsgrunn med ca. 8 km.

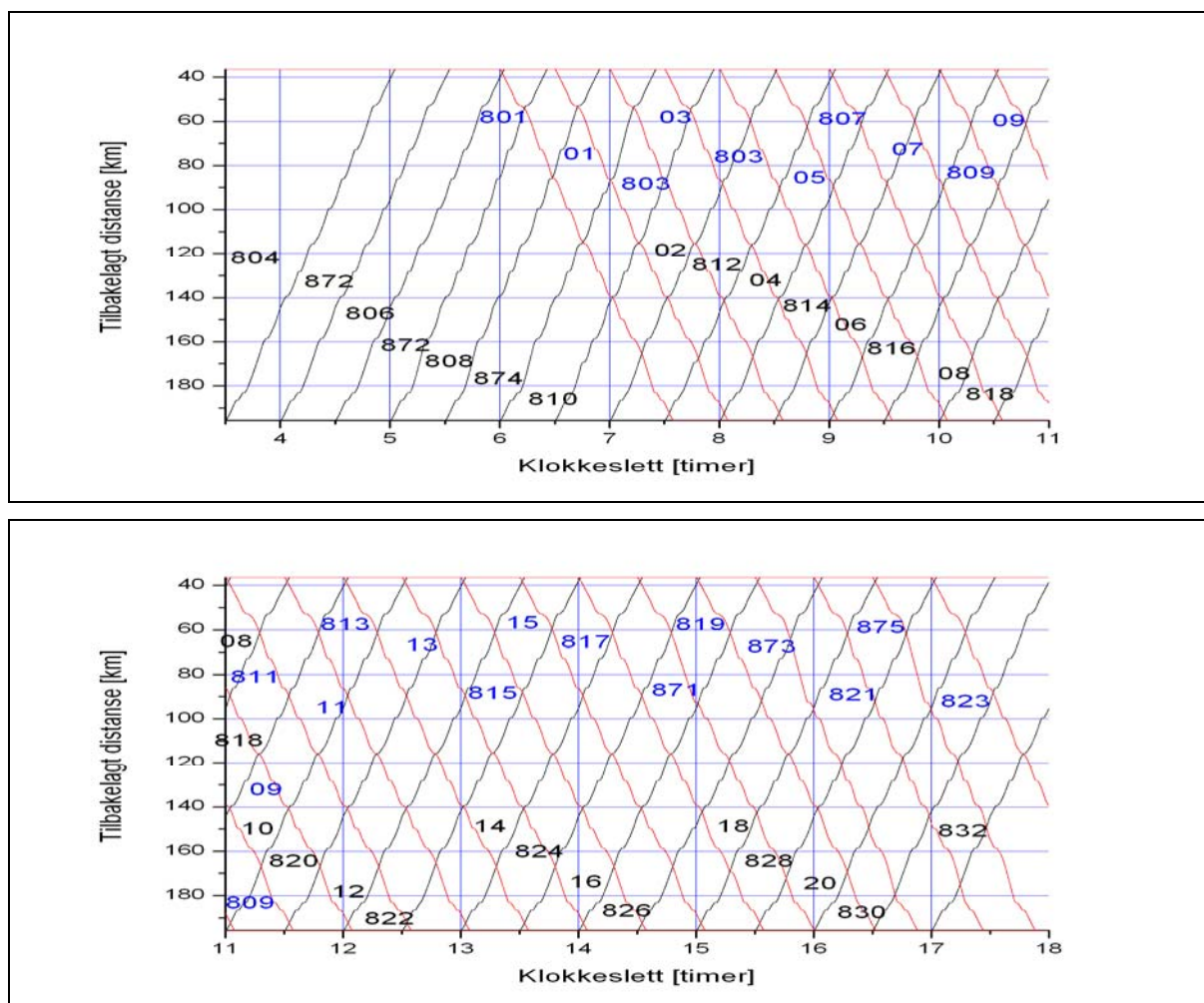
4.1.1 Simulering 1 – Normaldriftsituasjon for alternativ 1

Simulering 1 omhandler fremtidig trase og persontrafikk langs Vestfoldbanen. Figur 3-1 viser hvordan strekningen ser ut med forbindelse mot Sørlandsbanen. Det forutsettes dimensjonerende ruteplan og normal driftsituasjon angitt fra [1]. Det fremføres persontog (InterCity) langs Vestfoldbanen.

I simulering 1 er samtlige persontog tatt med, men det er ikke simulert med godstog på Vestfoldbanen. For strekninger langs Sørlandsbanen og Breivikbanen fremføres togene i henhold til ruteplan R152.2 og dermed godstogene også.

4.1.1.1 Kjørt distanse og oppsatt rute

For å sjekke kjøretiden til alle togene er tilbakelagt distanse for togene som funksjon av tid undersøkt. En får da kontrollert om simuleringsprogrammet gir korrekt reisetid. I figur 4-1 ser man at reisetiden fra Asker til Skien er på 1 time og 35 minutter. Denne reisetiden er omtrent 5 minutter for lang i forhold til angitt reisetid i stamnettutredning [2], dersom man antar at et persontog vil bruke ca. 15-20 minutter mellom Oslo og Asker. I simuleringsprogrammet søkes det å oppnå en så riktig som mulig ruteplan selv om man ikke har anledning til å utarbeide en ruteplan som sørger for at kryssing skjer inne på stasjoner på enkeltsporet bane.



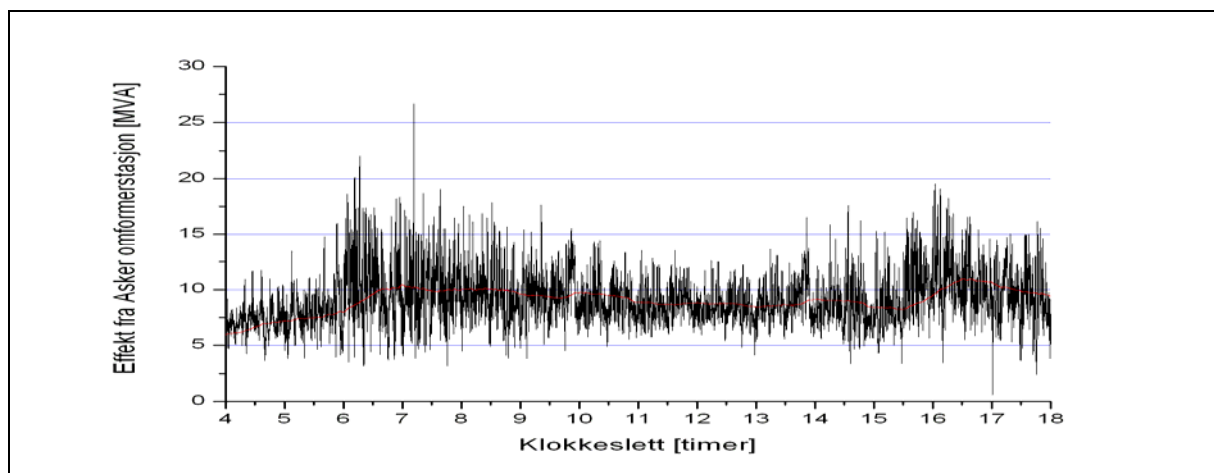
Figur 4-1 Tilbakelagt distanse for IC-togene med utgangspunkt i Oslo (0 km). De fremføres på Vestfoldbanen mellom Asker og Skien mellom klokken 3:30 og 18:00. De røde kurvene viser tog som fremføres i retning fra Oslo, mens de svarte kurvene viser tog som fremføres i retning mot Oslo. Tallene angir tognummer.

4.1.1.2 Belastning av matestasjoner

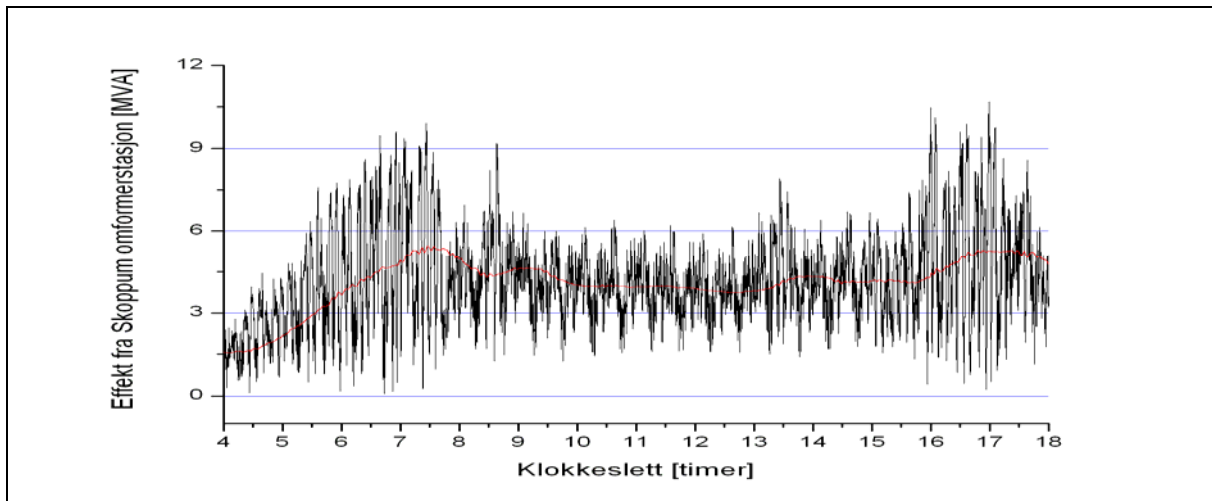
Belastningen av matestasjonene med dimensjonerende ruteplan vises i tabell 4-1. Belastningen for alle matestasjonene ligger innenfor det tillatte grensen i alle tidsperioder. Nedenfor er det i figur 4-2, figur 4-3 og figur 4-4 vist levert effekt for henholdsvis Asker, Skoppum og Larvik omformerstasjon for 2-sekundersperioden og 1-timesperioden.

Tabell 4-1 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 1 med normal driftsituasjon, dobbelspor mellom Asker – Larvik, og AT-system mellom Larvik – Skien. På strekningen Drammen – Skien fremføres kun persontrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

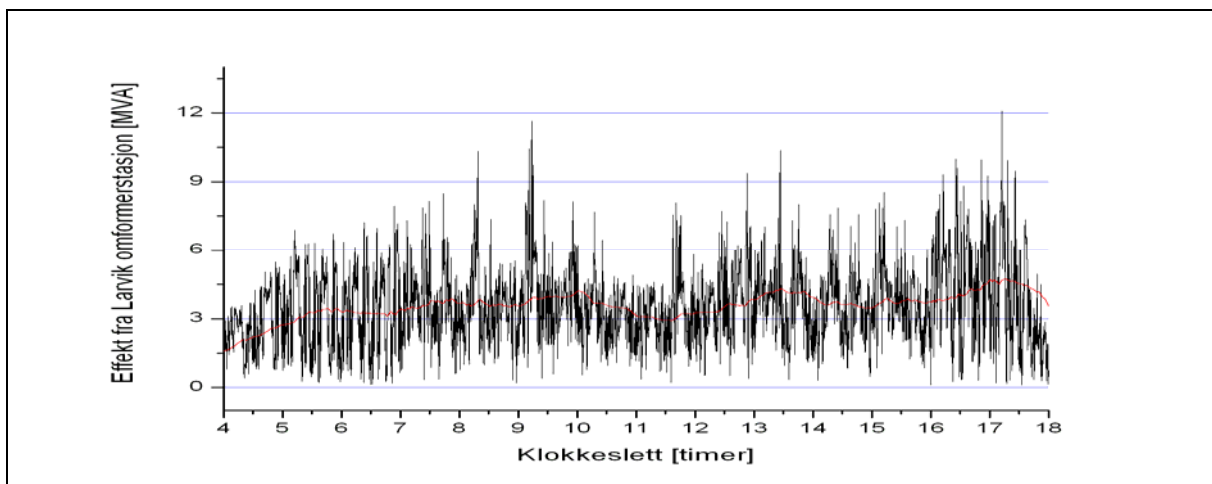
Simulering 1 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen							
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse					
		2 sek		6 min		1 time	
		MVA	%	MVA	%	MVA	%
Asker	3 x 10	26,68	46	12,64	30	10,97	37
Asker fjernl.	8	5,08	-	2,66	-	2,96	37
Skoppum	2 x 5,8	10,68	52	7,24	45	5,45	47
Larvik	2 x 7	12,09	44	7,46	34	4,75	34
Nordagutu	2 x 7	8,38	31	5,22	24	4,23	30
Nordagutu fjernl.	8	8,34	-	5,54	-	4,42	55
Nelaug	2 x 5,8	7,12	35	4,63	29	2,24	19
Neslandsvatn	8	6,16	-	3,85	-	2,07	26
Skollenborg	5	2,24	-	0,53	-	0,45	9



Figur 4-2 Levert effekt, MEAN-verdi for 2 sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Asker omformerstasjon. Simulering 1 med dobbelspor mellom Asker – Larvik, og AT-system mellom Larvik Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres kun persontrafikk.



Figur 4-3 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Skoppum omformerstasjon. Simulering 1 med dobbelspor mellom Aker - Larvik, og AT-system mellom Larvik - Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres kun persontrafikk.



Figur 4-4 Levert effekt, MEAN-verdi for 2 sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Larvik omformerstasjon. Simulering 1 med dobbelspor mellom Aker Larvik, og AT-system mellom Larvik - Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres kun persontrafikk.

4.1.1.3 Belastning av kontaktledningen

Belastning av kontaktledning er undersøkt for høyeste RMS-verdier for tidsperioder som vist i tabell 4-2. Ut fra figur 2-1 kan man se at belastningen er innenfor kravene for kontaktledningens strømføringssevne. Kontaktledningen mellom Drammen og Hokksund og mellom Larvik og Eidanger får størst strømbelastning med henholdsvis 61 % og 49 % for 6 minuttersverdien og 64 % og 40 % for 1 timesverdien. Strekningen mellom Larvik og Eidanger og mellom Drammen og Hokksund får de størst strømsverdiene fordi banestrekningene er enkelsporet. Man ser at belastningen for kontaktledningene er innenfor strømføringskravet, da de oppfyller 10 % margin for uventet hendelser, 20 % margin for fremtidige trafikkøkning og 5 % margin for avvikssituasjoner. Strømverdiene er også innenfor kravet for overbelastbarhet for filterimpedanser og sugetransformatorer, angitt i tabell 2-4 og tabell 2-5

Tabell 4-2 Høyeste belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 1 med normal driftsituasjon, dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres kun persontrafikk.

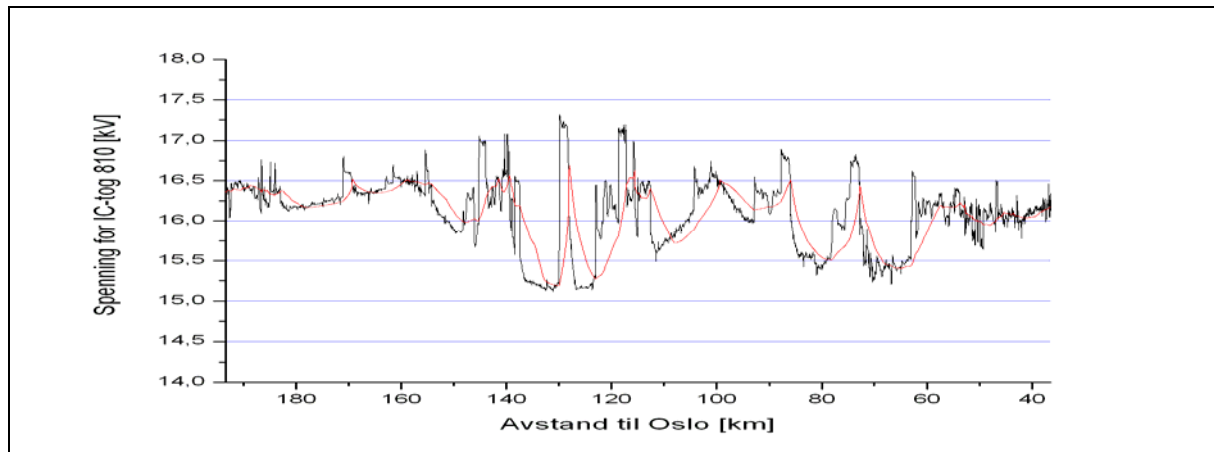
KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1 ¹	505	455	336	247	199
Drammen – Asker Spor2 ²	402	389	322	253	190
Drammen – Kobbervik Spor1	486	479	460	308	207
Drammen – Kobbervik Spor2	380	367	319	232	178
Drammen – Hokksund	745	707	653	488	382
Sande – Skoppum Spor1	341	321	272	216	166
Sande – Skoppum Spor2	341	321	272	223	167
Skoppum – Sande Spor1	388	385	365	262	176
Skoppum – Sande Spor2	438	430	419	303	187
Skoppum – Larvik Spor1	483	479	437	305	193
Skoppum – Larvik Spor2	399	395	391	284	180
Larvik – Skoppum Spor1	507	501	442	290	184
Larvik – Skoppum Spor2	466	463	429	317	193
Larvik – Eidanger	683	661	580	392	238
Skollenborg – Hokksund	492	430	344	238	118
Skollenborg – Nordagutu	325	298	277	252	132
Nordagutu – Skollenborg	326	317	221	206	109
Nordagutu – Neslandsvatn	352	338	316	186	99
Nordagutu – Skien	515	496	461	350	250
Neslandsvatn – Nordagutu	354	349	327	201	103
Neslandsvatn – Nelaug	467	403	335	244	150
Nelaug – Neslandsvatn	354	352	297	230	139
Nelaug – Dalo	486	444	398	326	163

4.1.1.4 Spenning for togene

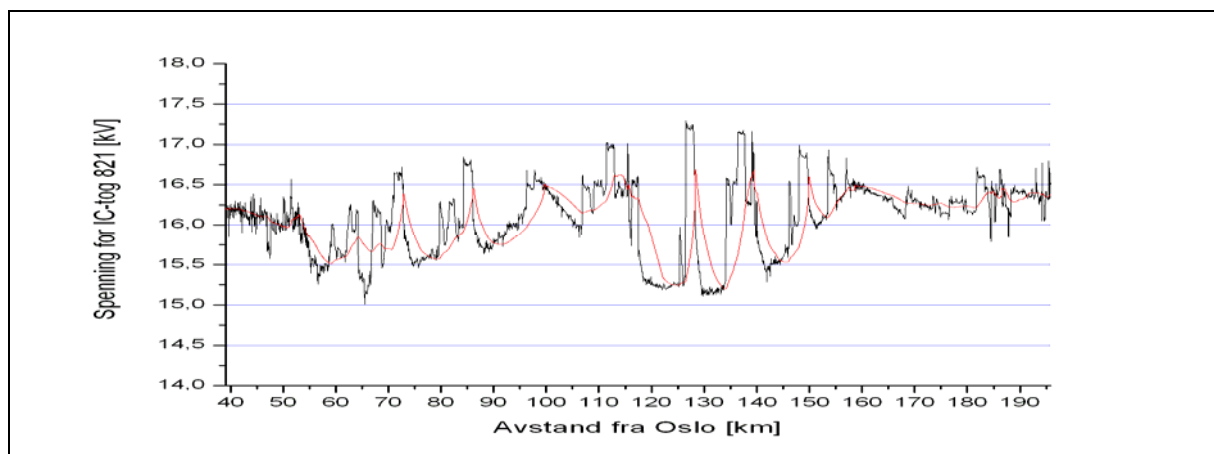
Spenning for samtlige tog langs Vestfoldbanen er vist i Appendiks A tabell 9-1. Vurdert ut fra prosjekteringskrav får samtlige tog tilfredsstillende spenning for kortvarig- og langvarig spenningskrav. Gjennomsnittspenningen er også innenfor kravet på 14,0 kV. Nedenfor vises spenningen som funksjon av tilbakelagt distanse fra Asker til Skien for forskjellige togkategorier, se figur 4-5, figur 4-6 og figur 4-7.

¹ Spor1 er når tog fremføres fra Oslo

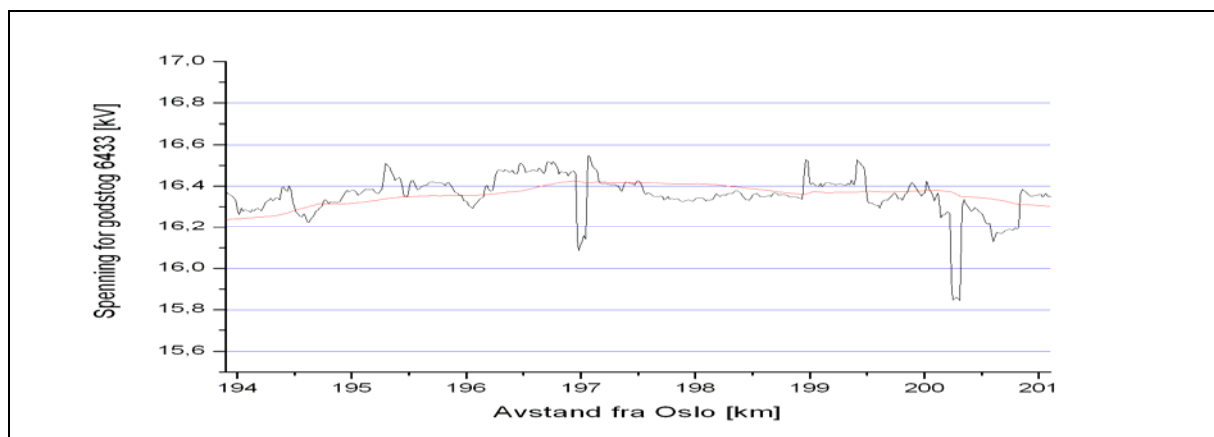
² Spor2 er når tog fremføres til Oslo



Figur 4-5 Spenning for østgående IC-tog 810 fra Skien til Asker. Simulering 1 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og rød strek viser 2 minuttersverdi (RMS).



Figur 4-6 Spenning for vestgående IC-tog 821 fra Asker til Skien. Simulering 1 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og rød strek viser 2 minuttersverdi (RMS).



Figur 4-7 Spenning for godstog 6433 fra Bjørntvedt til Ørvik ved Breviklinjen. Simulering 1 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og rød strek viser 2 minuttersverdi (RMS).

4.1.2 Simulering 1b – Utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon

Utfall av et aggregat kan forekomme i alle omformerstasjonene, og i dette simuleringsalternativet har man valgt å la et aggregat i Skoppum omformerstasjon være utkoblet (men spenningsregulatorens statikk er innstilt for to aggregater i drift). Dette er en situasjon som tillater begrensninger i togtrafikken og redusert kortvarig og langvarig spenning ned til 12,0 kV. Derimot tillates det at gjennomsnittspenningen kommer ned til 13,5 kV. Simuleringen av alternativet er likevel gjennomført med full togtrafikk.

4.1.2.1 Belastning av matestasjoner

Nedenfor viser tabell 4-3 belastning av samtlige matestasjonene når et aggregat i Skoppum omformerstasjon faller ut. Man ser at det gjenværende aggregatet Skoppum omformerstasjon er den som blir mest belastet, men er godt innenfor den tillatte grensen på 85 % for alle tidsperiodene. Belastningen på Larvik og Asker omformerstasjoner øker mest i denne situasjonen.

Tabell 4-3 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 1b med utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon, dobbelspor mellom Asker – Larvik, og AT-system mellom Larvik – Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres kun persontrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

Simulering 1 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen							
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse					
		2 sek		6 min		1 time	
		MVA	%	MVA	%	MVA	%
Asker	3 x 10	25,80	44	12,57	30	10,75	36
Asker fjernl.	8	5,08	-	2,65	-	2,95	37
Skoppum	1 x 5,8	7,94	77	5,17	65	4,13	71
Larvik	2 x 7	12,54	46	7,86	36	5,20	37
Nordagutu	2 x 7	8,38	31	5,24	24	4,29	31
Nordagutu fjernl.	8	8,41	-	5,56	-	4,44	56
Nelaug	2 x 5,8	7,12	35	4,6	29	2,25	19
Neslandsvatn	8	6,13	-	3,82	-	2,09	26
Skollenborg	5	2,33	-	0,53	-	0,45	9

4.1.2.2 Belastning av kontaktledningene er det i figur 4-8, figur 4-9 og figur 4-10, vist levert effekt for henholdsvis asker, skoppum og larvik omformerstasjon for 2-sekundersperioden og 1-timesperioden.

tabell 4-7 Tabell 4-4 kan man se at kontaktledningen mellom Larvik og Eidanger og mellom Nordagutu og Skien får størst strømbelastning med henholdsvis 49 % og 45 % for 6-minuttersverdien og 40 % og 43 % for 1-timesverdien. Strekningen mellom Larvik og Eidanger og mellom Drammen og Hokksund får de største strømsverdiene i forhold til de andre strekningene fordi banestrekningene er enkeltsporet. Man ser at belastningen for kontaktledningene er innenfor strømføringskravet, overbelastbarhet for filterimpedanser og sugetransformatorer.

Tabell 4-4 Høyeste belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 1b med utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon, dobbelspor

mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres kun person- trafikk.

KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1	528	472	364	270	211
Drammen – Asker Spor2	423	404	349	265	201
Drammen – Kobbervik Spor1	512	505	485	325	214
Drammen – Kobbervik Spor2	378	368	323	234	183
Drammen – Hokksund	612	569	393	264	152
Sande – Skoppum Spor1	465	447	374	233	171
Sande – Skoppum Spor2	352	299	269	218	158
Skoppum – Sande Spor1	371	366	342	246	167
Skoppum – Sande Spor2	419	408	397	285	174
Skoppum – Larvik Spor1	467	463	426	297	182
Skoppum – Larvik Spor2	387	385	373	272	171
Larvik – Skoppum Spor1	545	541	479	312	198
Larvik – Skoppum Spor2	501	495	461	332	205
Larvik – Eidanger	679	659	577	391	242
Skollenborg – Hokksund	496	431	348	241	121
Skollenborg – Nordagutu	326	298	277	251	132
Nordagutu – Skollenborg	327	318	222	207	110
Nordagutu – Neslandsvatn	352	334	319	187	99
Nordagutu – Skien	529	510	482	358	260
Neslandsvatn – Nordagutu	352	350	327	202	103
Neslandsvatn – Nelaug	465	404	335	242	149
Nelaug – Neslandsvatn	355	353	297	231	140
Nelaug – Dalo	486	444	397	326	163

4.1.2.3 Spenning for togene

Spenningen for samtlige tog vises i Appendiks A tabell 9-2, og alle togene får spenninger bedre enn tillatte grense, selv når et aggregat i Skoppum omformerstasjon faller ut. Dette er en avvikssituasjon og de lave spenningene tilfredsstiller spenningskravene selv når de er vurdert i forhold til normaldriftsituasjon.

4.1.3 Simulering 1c – Utfall en av linjene mellom Drammen og Kobbervik

Feil eller arbeid kan kreve utkobling av kontaktledningen, og i denne simuleringen vil man utkoble en av linjene mellom Drammen og Kobbervik, slik at mating fra Asker omformerstasjon reduseres i retning Vestfoldbanen. Dette vil sørge for at alle togene ved bruddstedet vil fremføres gjennom det ene sporet som er i drift. Redusert spenning for togene ned til 12,0 kV vil være tillatt kortvarig og langvarig for denne situasjonen. Derimot tillates det at gjennomsnittspenningen kun faller til 13,5 kV.

4.1.3.1 Belastning av matestasjoner

I tabell 4-5 nedenfor vises belastning av matestasjonene når en av linjene mellom Drammen og Kobbervik utkobles. Man ser at det ikke vil være problemer med stasjonenes leveringskapasitet sammenlignet med tabell 3-1.

Tabell 4-5 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 1c med utfall av en linje mellom Drammen og Kobbervik, dobbelspor mellom Asker – Larvik, og AT-system mellom Larvik – Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres kun persontrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

Simulering 1 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen							
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse					
		2 sek		6 min		1 time	
		MVA	%	MVA	%	MVA	%
Asker	2 x 10	26,45	45	12,55	30	10,87	36
Asker fjernl.	8	5,15	-	2,72	-	3,01	38
Skoppum	2 x 5,8	10,55	51	7,27	45	5,41	47
Larvik	2 x 7	12,08	44	7,46	34	4,75	34
Nordagutu	2 x 7	8,43	31	5,59	25	4,50	32
Nordagutu fjernl.	8	8,34	-	5,54	-	4,42	55
Nelaug	2 x 5,8	7,12	35	4,63	29	2,24	19
Neslandsvatn	8	6,16	-	3,84	-	2,07	26
Skollenborg	5	2,26	-	0,52	-	0,44	9

4.1.3.2 Belastning av kontaktledningen

Nedenfor viser tabell 4-9 belastning for kontaktledningen for høyeste RMS verdier. Høyeste belastning fås for linjen Drammen – Kobbervik og den er 52 % for 6-minuttersverdien og 60 % for 1-timesverdien. Dette viser at belastningen er godt innenfor kravene. Man har også undersøkt at belastningen er innenfor den tillatte grensen for overbelastbarhet av filterimpedanser og sugetransformatorer.

Tabell 4-6 Høyeste belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 1c med utfall av en linje mellom Drammen og Kobbervik, dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres kun person- trafikk.

Simulering 1 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen					
KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1	498	444	325	240	193
Drammen – Asker Spor2	392	379	310	245	183
Drammen – Kobbervik Spor1	0	0	0	0	0
Drammen – Kobbervik Spor2	728	703	643	473	359
Drammen – Hokksund	617	574	398	269	155
Sande – Skoppum Spor1	432	409	349	212	162
Sande – Skoppum Spor2	329	274	256	202	152
Skoppum – Sande Spor1	390	387	368	261	173
Skoppum – Sande Spor2	441	432	422	304	184
Skoppum – Larvik Spor1	479	475	433	302	191
Skoppum – Larvik Spor2	393	391	387	281	178
Larvik – Skoppum Spor1	510	505	446	293	186
Larvik – Skoppum Spor2	470	467	431	320	195
Larvik – Eidanger	681	660	578	392	241
Skollenborg – Hokksund	490	426	344	238	119
Skollenborg – Nordagutu	322	300	278	252	134
Nordagutu – Skollenborg	325	317	222	206	110
Nordagutu – Neslandsvatn	353	339	317	186	99
Nordagutu – Skien	525	505	474	358	259
Neslandsvatn – Nordagutu	354	349	327	201	103
Neslandsvatn – Nelaug	469	405	336	245	150
Nelaug – Neslandsvatn	357	352	297	230	139
Nelaug – Dalo	485	444	398	326	163

4.1.3.3 Spenning for togene

Spenningen for togene i simulering 1c vises i Appendiks A tabell 9-3. Alle togene får tilfredsstillende spenning selv ved utfall av en av linjene mellom Drammen og Kobbervik. Utfall av en linje medfører redusert krav til spenning for denne banestrekningen. Togenes laveste kortvarige spenning er likevel over den minste tillatte spenning i normalsituasjon på 13,0 kV.. Den langvarige spenningen og gjennomsnittsspenningen tilfredsstiller også spenningskravet.

4.2 Alternativ 2 – Dobbelspor mellom Asker og Larvik AT-system fra Larvik til Skien og person- og godstrafikk

I alternativ 2 har man et konvensjonelt kontaktledningsanlegg på strekningen mellom Asker og Larvik er dobbelspor og AT-system fra Larvik til Skien. Det fremføres et 1200 tonn godstog annenhver time langs Vestfoldbanen i hver retning, i tillegg til de persontogene som er angitt i simulering 1. Det benyttes 2 x 5,8 MVA omformere i Skoppum omformerstasjon og 2 x 7 MVA i Larvik omformerstasjon. For øvrig er det lagt dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. I modellen er det lagt inn data for den fremtidige Eidangerforbindelsen. Forskjellen fra alternativ 1 er således kun introduksjonen av godstrafikk i alternativ 2.

I dette alternativet har man simulert med to scenarier. Første simulering ”simulering 2” omhandler normal driftsituasjon og andre simulering ”simulering 2b” med avvikssituasjon.

4.2.1 Simulering 2 – Normaldriftsituasjon for alternativ 2

I simulering 2 undersøkes strømforsyningen ved fremføring av tunge tog langs Vestfoldbanen, og videre via Grenlandsbanen til Sørlandsbanen. I denne utredningen har man ikke inkludert Grenlandsbanen, og alle togene stoppes derfor i Skien. Ved prosjektering av Grenlandsbanen må strømforsyning til togene her utredes spesielt.

4.2.1.1 Belastning av matestasjoner

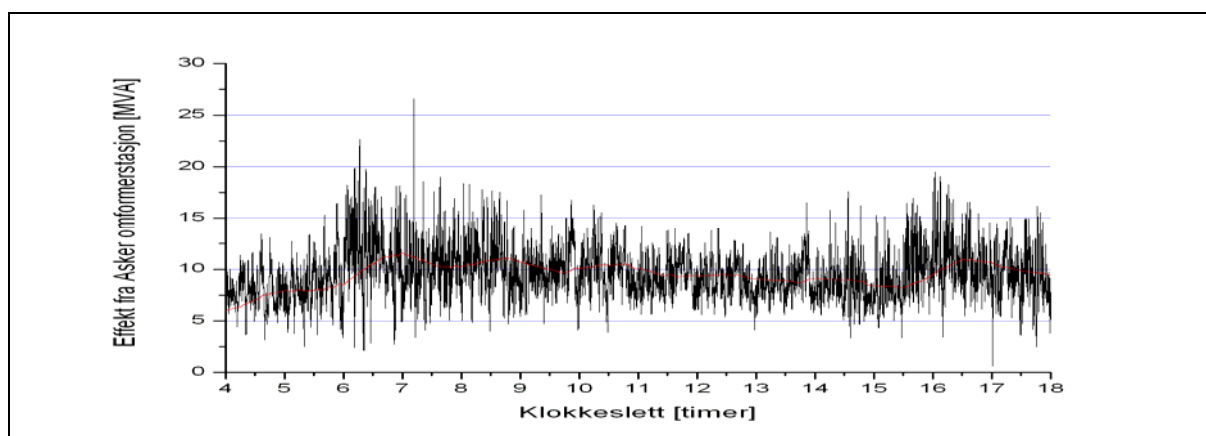
Nedenfor er det i figur 4-8, figur 4-9 og figur 4-10, vist levert effekt for henholdsvis Asker, Skoppum og Larvik omformerstasjon for 2-sekundersperioden og 1-timesperioden.

Tabell 4-7 Tabell 4-7 viser belastning av matestasjonene når det fremføres både persontog og godstog langs Vestfoldbanen. For 2-sekundersverdien blir maksimal belastning på Skoppum og Larvik omformerstasjon over den tillatte grensen på henholdsvis 79 % og 64 %. For maksimal 6-minuttersverdi og 1-timesverdi er Skoppum omformerstasjon marginalt over den tillatte grensen på 60 %. De andre matestasjonene er innenfor kravet for de to tidsperiodene. Man ser at Skoppum omformerstasjon ikke tilfredsstiller n-1 kriteriet for 2 sekunders belastning. Dersom et av aggregatene i omformerstasjonen faller ut, vil det gjenstående aggregatet bli over 100 % belastet, og dette vil kunne føre til utfall av stasjonen og dermed også fare for utfall av nabostasjonene.

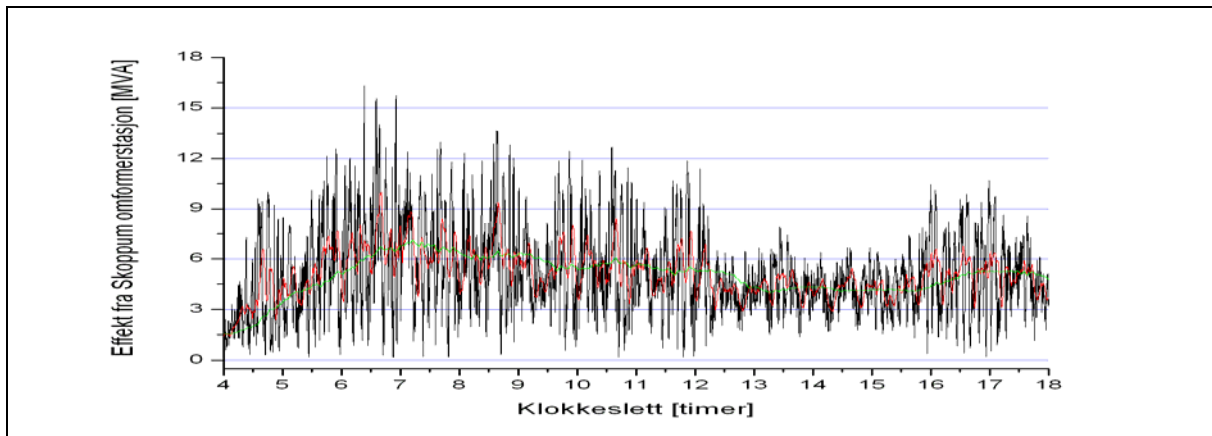
Nedenfor er det i figur 4-8, figur 4-9 og figur 4-10, vist levert effekt for henholdsvis Asker, Skoppum og Larvik omformerstasjon for 2-sekundersperioden og 1-timesperioden.

Tabell 4-7 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 2 med normal driftsituasjon, dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen til Skien fremføres både person- og godstrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

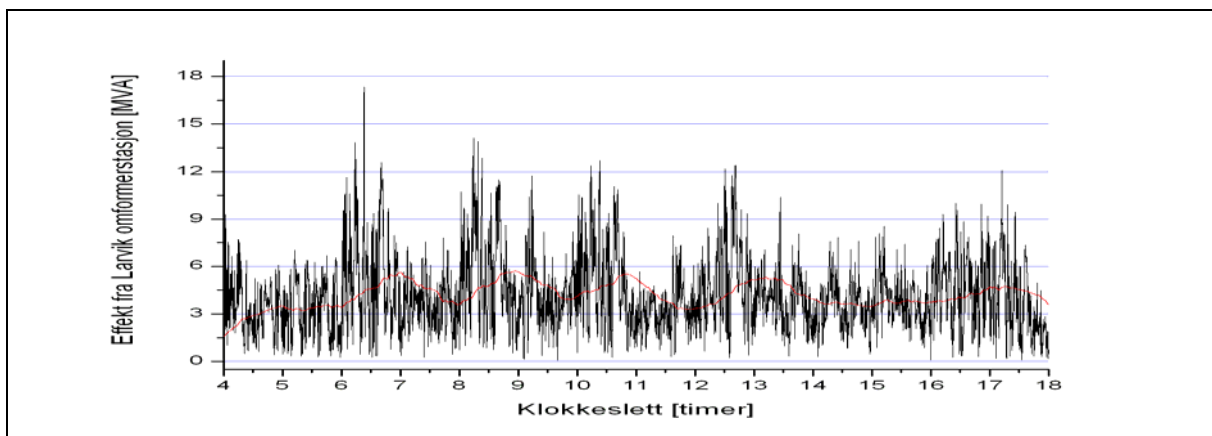
Simulering 2 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen										
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse								
		2 sek			6 min			1 time		
		MVA	%	Δ [MVA]	MVA	%	Δ [MVA]	MVA	%	Δ [MVA]
Asker	2 x 10	26,59	46	-0,09	13,25	32	0,61	11,61	39	0,64
Asker fjernl.	8	5,08	-	0	2,66	-	0	2,96	37	0
Skoppum	2x5,8	16,32	79	5,64	10,01	63	2,77	7,12	61	1,67
Larvik	2x7	17,34	64	5,25	9,77	44	2,32	5,71	41	0,96
Nordagutu	2 x 7	8,39	31	0,01	5,21	24	-0,01	4,23	30	0
Nordagutu fjernl.	8	8,30	-	-0,04	5,54	-	0	4,42	55	0
Nelaug	2 x 5,8	7,13	35	0,01	4,61	29	-0,02	2,23	19	-0,01
Neslandsvatn	8	6,15	-	-0,01	3,85	-	0	2,07	26	0
Skollenborg	5	2,11	-	-0,13	0,53	-	0	0,45	9	0



Figur 4-8 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Asker omformerstasjon. Simulering 2 med dobbelspor mellom Asker Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres person- og godstrafikk.



Figur 4-9 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) 6-minutters (rød) og 1 time (grønn) fra Skoppum omformerstasjon. Simulering 2 med dobbelspor mellom Asker Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres person- og godstrafikk.



Figur 4-10 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Larvik omformerstasjon. Simulering 2 med dobbelspor mellom Aker Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres person- og godstrafikk.

4.2.1.2 Belastning av kontaktledningen

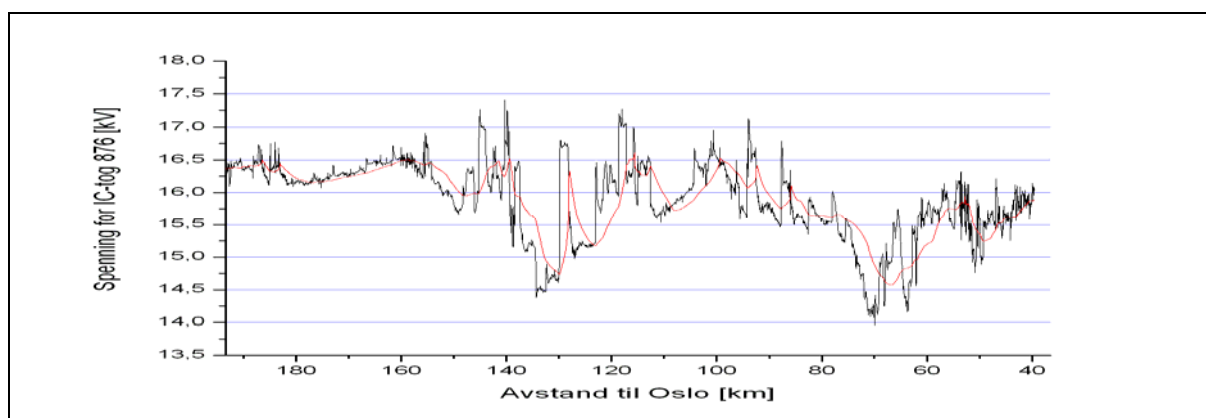
Tabell 4-8 viser høyeste belastningsstrøm på utgående linjer til de forskjellige kontaktledningspartene. Høyeste belastning oppstår på strekningene Larvik – Eidanger og Nordagutu – Skien der 6-minutters belastning er henholdsvis 63 % og 66 %, og for 1-times belastning er henholdsvis 51 % og 58 % av høyeste tillatt belastningsstrøm. Kontaktledningen på disse to strekningene får høyest belastning i forhold til de andre strekningene fordi de er enkelspor. Belastningen for kontaktledningene er altså godt innenfor strømføringsevnen, overbelastbarhet av filterimpedanser og sugetransformatorer.

Tabell 4-8 Høyest belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 2 med normal driftsituasjon, dobbelspor mellom Aker Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen – Skien fremføres person- og godstrafikk.

Simulering 2 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen					
KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1	635	574	406	329	245
Drammen – Asker Spor2	529	507	425	347	222
Drammen – Kobbervik Spor1	590	588	564	395	243
Drammen – Kobbervik Spor2	431	417	395	306	215
Drammen – Hokksund	618	574	395	267	154
Sande – Skoppum Spor1	432	401	359	270	205
Sande – Skoppum Spor2	689	682	659	397	220
Skoppum – Sande Spor1	533	526	484	280	199
Skoppum – Sande Spor2	739	733	657	413	248
Skoppum – Larvik Spor1	616	605	598	374	203
Skoppum – Larvik Spor2	680	675	628	450	264
Larvik – Skoppum Spor1	576	555	507	290	184
Larvik – Skoppum Spor2	767	763	656	437	283
Larvik – Eidanger	704	663	646	506	307
Skollenborg – Hokksund	496	438	343	238	118
Skollenborg – Nordagutu	335	305	277	252	132
Nordagutu – Skollenborg	342	319	221	206	109
Nordagutu – Neslandsvatn	353	337	317	186	99
Nordagutu – Skien	794	784	625	529	349
Neslandsvatn – Nordagutu	351	349	327	201	103
Neslandsvatn – Nelaug	467	407	336	244	150
Nelaug – Neslandsvatn	356	352	297	230	139
Nelaug – Dalo	486	444	398	326	163

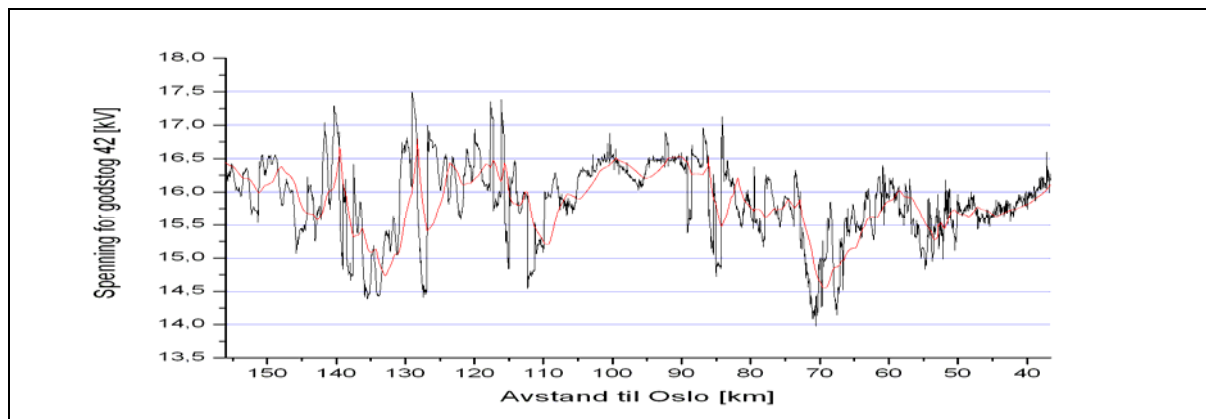
4.2.1.3 Spenningen for togene

Spenning for samtlige tog langs Vestfoldbanen for denne simuleringen er vist i Appendiks A Tabell 9-4. Alle togene får tilfredsstillende spenning for momentan- og 2-minuttersperioden. Nedenfor i figur 4-11, figur 4-12 og figur 4-13 vises spenning og tilbakelagte distanse for de togene som får lavest spenning.

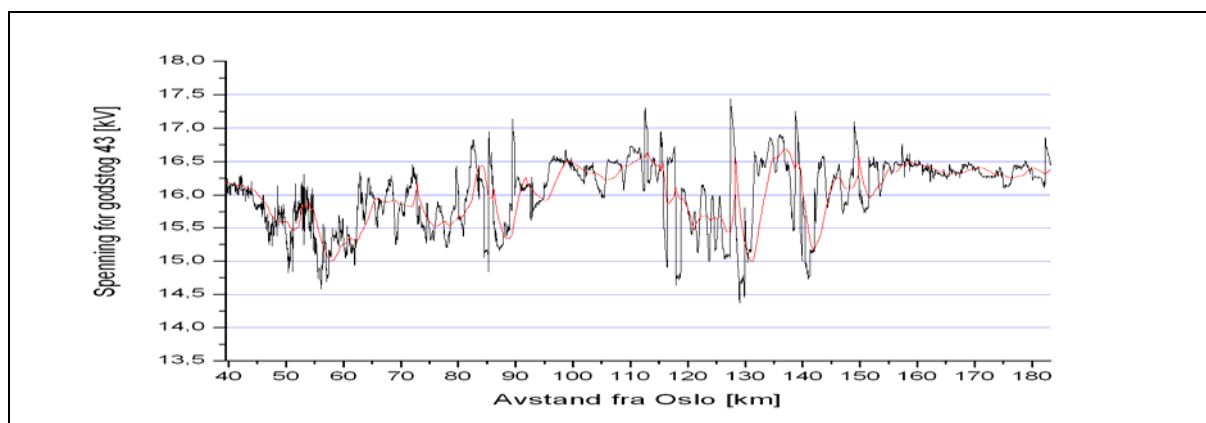


Figur 4-11 Spenning for østgående IC-tog 876 fra Skien til Asker. Simulering 2 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og

rød strek viser 2-minuttersverdi (RMS). Laveste momentanverdi er 14, 0 kV og laveste 2-minuttersverdi er 14,6 kV.



Figur 4-12 Spenning for østgående godstog 42 fra Larvik til Asker. Simulering 2 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og rød strek viser 2-minuttersverdi (RMS). Laveste momentanverdi er 14, 0 kV og laveste 2-minuttersverdi er 14,6 kV.



Figur 4-13 Spenning for vestgående godstog 43 fra Eidanger til Asker. Simulering 2 med dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system fra Larvik til Skien. Sort strek viser momentanverdi og rød strek viser 2-minuttersverdi (RMS). Laveste momentanverdi er 14, 4 kV og 15,0 kV.

4.2.2 Simulering 2b – Godstog langs Vestfoldbanen og utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon

Utfall av et aggregat kan forekomme i alle omformerstasjonene, og i dette simuleringsalternativet har man valgt å la et aggregat i Skoppum omformerstasjon være utkoblet (men spenningsregulatorens statikk er innstilt for to aggregater i drift). Man har sett at ved normal driftssituasjon har Skoppum omformerstasjon vært mest belastet, derfor har man valgt å se på en feilsituasjon der et aggregat i Skoppum omformerstasjon er utkoblet. For å redusere simuleringstiden ble det simulert bare for de tidspunktene som Skoppum omformerstasjon var mest belastet. Det vil si mellom klokken 06:30 og 09:00, se avsnitt 4.2.1 for tidligere simulering 2.

4.2.2.1 Belastning av matestasjoner

Nedenfor viser tabell 4-9 belastningen av samtlige matestasjoner når et aggregat i Skoppum omformerstasjon er falt ut. Man ser at det gjenværende aggregatet i Skoppum vil bli overbelastet.

Tabell 4-9 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 2b med utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres både person- og godstrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

Simulering 2b – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen										
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse								
		2 sek			6 min			1 time		
		MVA	%	Δ [MVA]	MVA	%	Δ [MVA]	MVA	%	Δ [MVA]
Asker	2 x 10	25,84	44	-0,84	13,12	31	0,48	11,57	39	0,6
Asker fjernl.	8	4,86	-	-0,22	2,52	-	-0,14	2,76	37	-0,20
Skoppum	1x5,8	11,98	116	1,30	7,36	92	0,12	5,32	92	-0,13
Larvik	2x7	19,68	72	7,59	10,28	47	2,82	6,33	45	1,58
Nordagutu	2 x 7	6,26	23	-2,12	3,69	17	-1,53	2,73	20	-1,5
Nordagutu fjernl.	8	6,58	-	-1,76	4,89	-	-0,65	3,50	44	-0,92
Nelaug	2 x 5,8	3,90	19	-3,22	1,47	9	-0,02	1,20	10	-0,01
Neslandsvatn	8	4,47	-	-1,69	1,76	-	-2,09	1,06	13	-1,01
Skollenborg	5	2,16	-	-0,08	0,53	-	0	0,45	9	0

4.2.2.2 Belastning av kontaktledningen

Høyest 6-minutters- og 1-timesbelastningsstrøm har man mellom Larvik og Eidanger og Nordagutu og Skien. For maksimal 6-minuttersverdi er belastningen på henholdsvis 63 % og 68 %, og for 1-times er belastningen på henholdsvis 51 % og 61 % av høyeste tillatt belastningsstrøm. I tillegg tar de høyde for avvikssituasjoner og fremtidig trafikkøkning. Belastningen for linjene er innenfor strømføringskravet for kontaktledning. Strømverdien er også innenfor den overbelastbarhetsgrense for filterimpedanser og sugetransformatorer.

Tabell 4-10 Høyest belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 2b med utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen til Skien fremføres både person- og godstrafikk.

Simulering 2b – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen					
KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1	664	607	425	353	262
Drammen – Asker Spor2	575	558	459	374	234
Drammen – Kobbervik Spor1	577	563	537	396	259
Drammen – Kobbervik Spor2	474	462	434	328	228
Drammen – Hokksund	507	483	361	208	130
Sande – Kobbervikk Spor1	445	415	328	254	195
Sande – Kobbervik Spor2	727	719	688	414	219
Sande – Skoppum Spor1	533	526	484	280	194
Sande – Skoppum Spor2	383	375	327	247	189
Skoppum – Sande Spor1	483	476	465	322	190
Skoppum – Sande Spor2	703	701	628	393	237
Skoppum – Larvik Spor1	598	588	573	354	191
Skoppum – Larvik Spor2	649	645	597	425	248
Larvik – Skoppum Spor1	620	600	536	312	196
Larvik – Skoppum Spor2	854	847	724	463	306
Larvik – Eidanger	702	687	642	506	317
Skollenborg – Hokksund	505	444	272	159	118
Skollenborg – Nordagutu	334	304	194	131	91
Nordagutu – Skollenborg	344	321	209	149	87
Nordagutu – Neslandsvatn	312	299	182	122	59
Nordagutu – Skien	823	814	653	544	363
Neslandsvatn – Nordagutu	351	342	231	121	60
Neslandsvatn – Nelaug	304	284	223	153	93
Nelaug – Neslandsvatn	304	284	223	153	90
Nelaug – Dalo	486	444	331	216	121

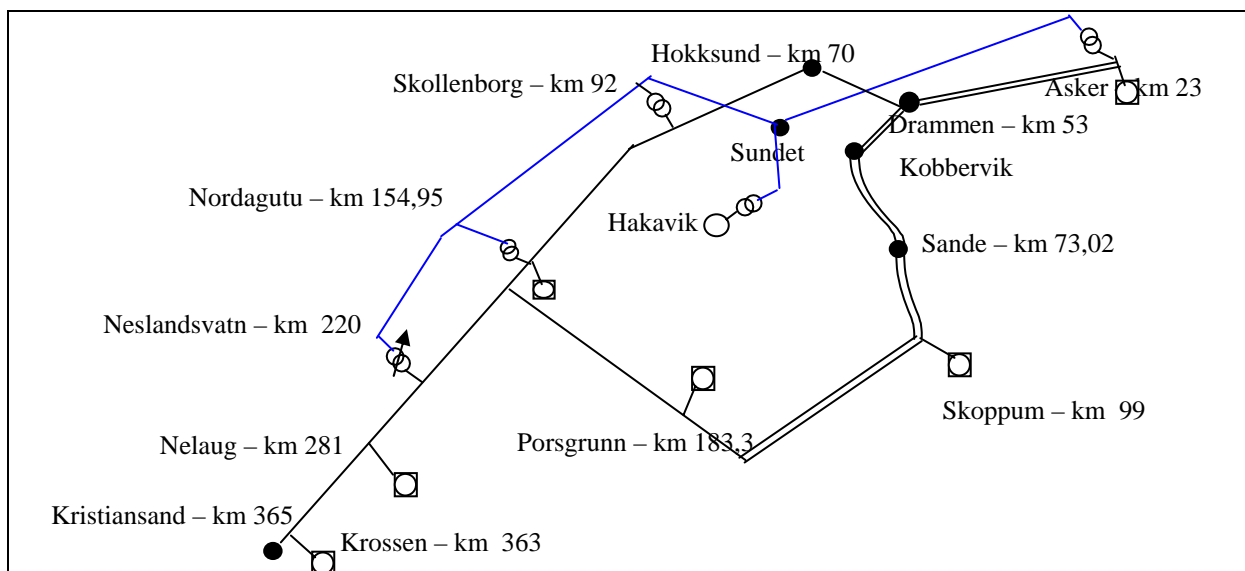
4.2.2.3 Spenning for togene

Spenning for samtlige tog er vist i Appendiks A tabell 9-5. Togene tilfredsstillter kortvarige og langvarige spenningskrav for normal krav selv i denne avvikssituasjon.

4.3 Alternativ 3 – Flytte Larvik omformerstasjon til Porsgrunn

I alternativ 3 har man flyttet Larvik omformerstasjon til Porsgrunn. Det er forutsatt konvensjonelt kontaktledningsanlegg og dobbeltspor mellom Asker og Larvik, og AT-system og enkeltspor fra Larvik til Skien. Alternativet er vurdert med godstogtrafikk på strekningen. Skoppum omformerstasjon oppgraderes fra 2 x 5, 8 MVA til 2 x 10 MVA, da en ser fra alternativ 2 at 5,8 MVA omformeraggregater ikke er nok i Skoppum omformerstasjon dersom det kjøres 1200 tonn tunge godstog på strekningen. I dette alternativet har man bare gjort en simulering med normal driftsituasjon.

I dette alternativet har man flyttet Larvik omformerstasjon på km 158 til Porsgrunn på km 183,3, se figur 4-14. Avstanden mellom Skoppum og Porsgrunn omformerstasjoner er ca. 23 km lengre enn avstanden mellom Skoppum og Larvik, og den totale avstanden blir nå 84 km. Banestrekningen mellom Asker og Larvik er dobbelsporet, mens strekningen mellom Larvik (km 158) og Skien (km 180) er enkeltsporet. Mellom Asker og Larvik er det konvensjonelt KL-anlegg mens strekningen fra Larvik til Skien har AT-system. Strekningen med AT-system er 38 km.



Figur 4-14 Kartoversikt for samtlige matestasjoner ved Vestfoldbanen og noen ved Sørlandsbanen. Blå linje viser fjernledningen. På grunn av kjedebrudd er avstanden mellom Asker – Drammen på ca. 16 km. Larvik omformerstasjon ble flyttet til Porsgrunn til km 183,3.

4.3.1 Simulering 3 – Normaldriftsituasjon for alternativ 3

Dette alternativet er vurdert i forbindelse med fremføring av de tunge godstog langs Vestfoldbanen. Dette scenariet undersøkes for å vurdere om dette alternativet er bedre egnet enn simuleringsalternativ 2. Det undersøkes kun normal driftsituasjon. Usikkerheten med en slikt alternativ er at avstanden mellom Skoppum og den nye omformerstasjon i Porsgrunn blir lang, og dermed kan føre til lave spenninger for togene.

4.3.1.1 Belastning av matestasjoner

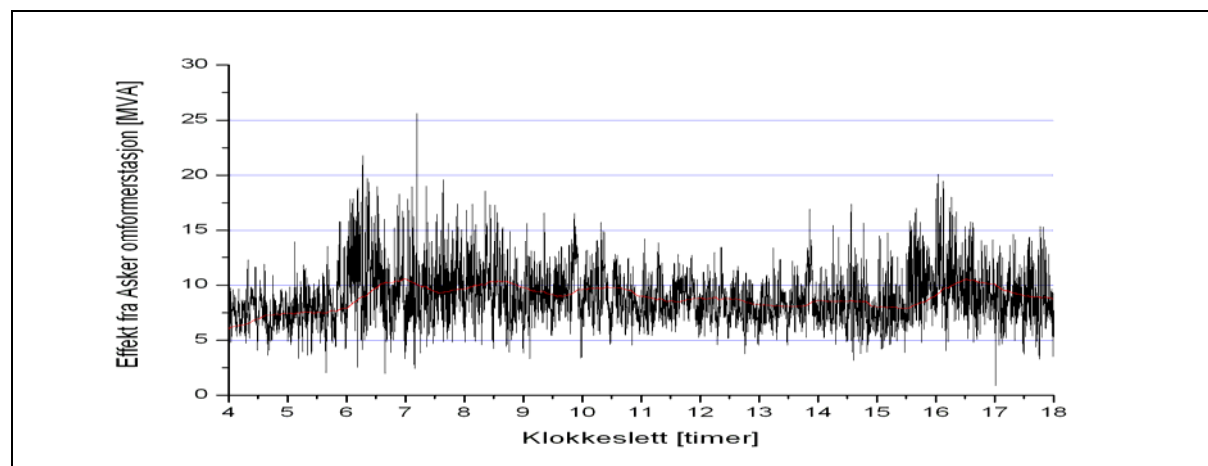
Belastning av samtlige matestasjoner vises i tabell 4-11 og resultatet viser at belastningen ligger innenfor den tillatte grensen for alle tidsperiodene. Denne bedringen skyldes økning av den installert ytelse ved Skoppum og Porsgrunn. Ut fra den levert effekten fra

omformerstasjonene antar man at Skoppum og Porsgrunn bør ha størrelser på henholdsvis 2 x 7 MVA og 2 x 7 MVA.

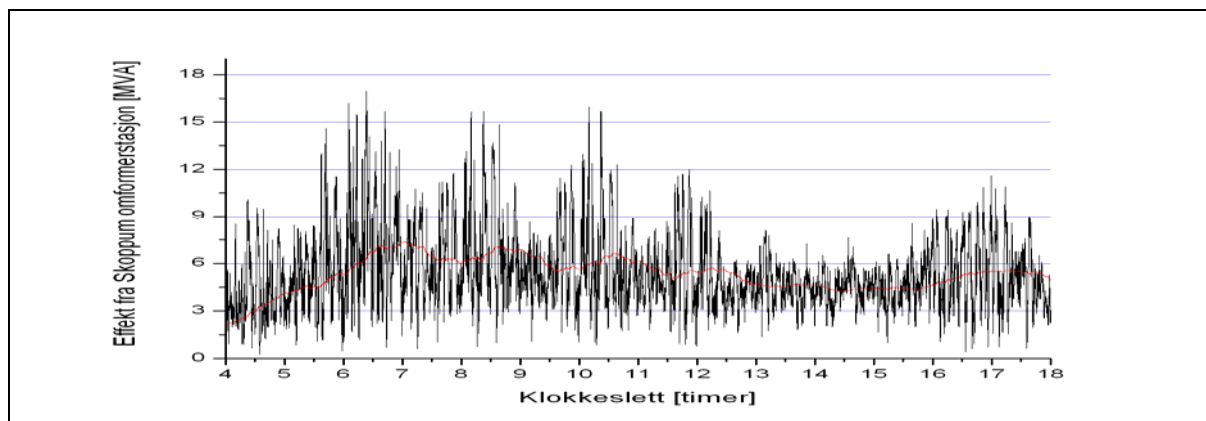
Figur 4-15, figur 4-16 og figur 4-17 viser belastningen i Asker, Skoppum og Larvik omformerstasjon.

Tabell 4-11 Belastning på omformerstasjoner og transformatorstasjoner. Simulering 3 der Larvik omformerstasjon er flyttet til Porsgrunn. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres både person- og godstrafikk. Prosentvis belastning av innsatt ytelse for noen utvalgte tidsperioder.

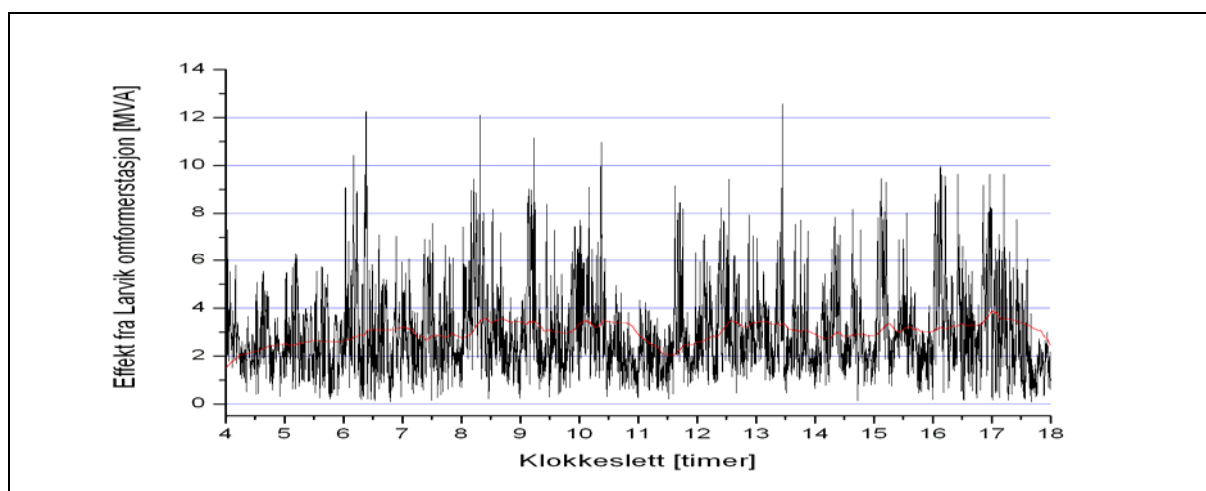
Simulering 6 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen							
Omformer/trafostasjon	Innsatt ytelse [MVA]	Effekt og prosent av maksimalytelse					
		2 sek		6 min		1 time	
		MVA	%	MVA	%	MVA	%
Asker	2 x 10	25,63	44	12,86	31	10,57	35
Asker fjernl.	8	3,62	-	1,96	-	2,66	33
Skoppum	2 x 10	16,95	44	10,67	38	7,36	37
Porsgrunn	2 x 7	12,58	46	6,19	28	3,59	26
Nordagutu	2 x 7	4,96	18	2,58	12	1,97	14
Nordagutu fjernl.	8	6,44	-	3,99	-	3,11	39
Nelaug	2 x 5,8	5,22	25	1,88	12	1,20	10
Neslandsvatn	8	4,76	-	1,76	-	1,03	13
Skollenborg	5	1,69	-	0,53	-	0,46	9



Figur 4-15 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Asker omformerstasjon. Simulering 3 der Skoppum omformerstasjon er oppgradert til 2 x 10 MVA og Larvik omformerstasjon er flyttet til Porsgrunn. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik – Skien. På strekningen Drammen – Skien fremføres både person og godstrafikk.



Figur 4-16 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Skoppum omformerstasjon. Simulering 3 der Skoppum omformerstasjon er oppgradert til 2 x 10 MVA og Larvik omformerstasjon er flyttet til Porsgrunn. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien. På strekningen Drammen – Skien fremføres både person- og godstrafikk.



Figur 4-17 Levert effekt, MEAN-verdi for 2-sekunders (sort) og 1 time (rød) fra Larvik omformerstasjon. Simulering 3 der Skoppum omformerstasjon er oppgradert til 2 x 10 MVA og Larvik omformerstasjon er flyttet til Porsgrunn. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien. På strekningen Drammen – Skien fremføres både person- og godstrafikk.

4.3.1.2 Belastning av Kontaktledningen

Belastning av kontaktledningene vises under i Tabell 4-12. Man ser at belastningen for kontaktledningene mellom Porsgrunn og Larvik og mellom Skoppum og Larvik spor 2 får størst verdi. Maksimalbelastningen for disse linjene er på henholdsvis 59 % og 61 % for 6-minuttersverdien og 48 % og 42 % for 1-timersverdien. Belastningen for linjene er innenfor strømføringskravet for kontaktledning, overbelastbarhetsgrense for filterimpedanser og sugetransformatorer. I tillegg tar de høyde for avvikssituasjoner og fremtidig trafikkøkning.

Tabell 4-12 Høyest belastningsstrøm på kontaktledningene fra omformerstasjonene for noen tidsperioder. Simulering 3 der Larvik omformerstasjon er flyttet til Porsgrunn samt oppgradert Skoppum omformerstasjon til 2 x 10 MVA. Dobbelspor mellom Asker og Larvik, og AT-system mellom Larvik og Skien og på strekningen Drammen - Skien fremføres både person- og godstrafikk

Simulering 3 – Sammenkoblet kontaktledningsanlegg fra Asker til Krossen					
KL avgang ved omformere	Strøm [A]				
	1 sek	10 sek	1 min	6 min	1 time
Drammen – Asker Spor1	587	568	370	306	219
Drammen – Asker Spor2	624	618	417	262	189
Drammen – Kobbervik Spor1	505	496	479	361	214
Drammen – Kobbervik Spor2	386	374	337	272	188
Drammen – Hokksund	483	454	367	224	134
Sande – Kobbervikk Spor1	406	374	291	222	169
Sande – Kobbervik Spor2	761	748	689	399	200
Sande – Skoppum Spor1	542	534	475	257	175
Sande – Skoppum Spor2	353	326	290	200	163
Skoppum – Sande Spor1	508	504	496	334	190
Skoppum – Sande Spor2	716	702	623	398	245
Skoppum – Larvik Spor1	647	635	624	388	206
Skoppum – Larvik Spor2	795	784	752	488	254
Larvik – Skoppum Spor1	508	504	458	279	151
Larvik – Skoppum Spor2	699	686	546	356	215
Porsgrunn – Larvik	843	817	733	472	286
Porsgrunn – Skien	641	603	515	362	232
Skollenborg – Hokksund	468	406	343	237	118
Skollenborg – Nordagutu	335	298	257	126	88
Nordagutu – Skollenborg	314	291	189	137	81
Nordagutu – Neslandsvatn	318	305	185	124	58
Nordagutu – Skien	691	687	550	368	250
Neslandsvatn – Nordagutu	340	330	220	113	56
Neslandsvatn – Nelaug	313	302	221	151	91
Nelaug – Neslandsvatn	304	283	221	151	89
Nelaug – Dalo	486	444	331	216	121

4.3.1.3 Spenning for togene

Spenning for samtlige tog langs Vestfoldbanen blir gode se Appendiks A Tabell 9-6. Alle togene får tilfredsstillende spenning både for kortvarig- og langvarig spenningskrav.

5 VURDERING AV SIMULERINGENE

I tabell 5-1 er det satt opp hovedresultater fra samtlige simuleringer. Omformerstasjonenes belastning vises i reelle og prosentvise tall. Verdier som kommer over den tillatte grensen basert på redundanskriteriet er markert med uthevet rødt skrift. I tabellen vises den laveste spenningen som oppstår for togene i hvert av simuleringalternativene. For verdier av spenningen under den tillatte grensen er skriften uthevet. Spenningene er vurdert i forhold til prosjekteringskrav.

5.1 Vurdering av alternativ 1

For alternativ 1 får man meget gode spenningsverdier for togene selv for tilfellene med avvikssituasjoner. Alle omformerstasjonene får belastning godt under den tillatte grensen. Også for kontaktledning får strømv verdier som er under den tillatte strømføringsvevnen. Det vil være tilstrekkelig med en installert ytelse i Larvik omformerstasjon på 2 x 5,8 MVA.

5.2 Vurdering av alternativ 2

For alternativ 2, med godstog, er det bare Skoppum omformerstasjon som blir belastet over den tillatte grensen for samtlige tidsperioder. Dette skyldes de tunge godstogene som fremføres. Spenningsnivået for samtlige tog og strømbelastningen for kontaktledningene er innenfor kravet, men likevel blir man nødt til å vurdere å oppgradere ytelsen i Skoppum omformerstasjon. Det ble undersøkt en avvikende driftssituasjon, med utfall av et aggregat i Skoppum omformerstasjon. Simuleringen viser at Skoppum omformerstasjon med 2 x 5,8 MVA omformere ikke har tilstrekkelig redundans ved framtidig framføring av godstog for Sørlandsbanen på strekningen.

5.3 Vurdering av alternativ 3

Konsekvensen av å flytte Larvik omformerstasjon til Porsgrunn ble undersøkt, det vil si å flytte Larvik omformerstasjon ca. 23 km lenger unna Skoppum. Hensikten med dette vil være å forsikre seg om at den framtidige Grenlandsbanen får tilstrekkelig sterk strømforsyning uten at det må gjøres ekstra investeringer. Skoppum og Porsgrunn omformerstasjoner er begge lavt belastet, ca 40 % av maksimalytelse, og man kan anta at de aggregatene man har lagt inn i simuleringen er noe overdimensjonert, samtidig som simulering 2 viser at 5,8 MVA aggregater er for lite i Skoppum. Minimalspenningene for alle godstogene blir 300 – 400 V lavere enn i simulering 2. Likevel er spenningsnivået tilfredsstillende for samtlige godstog. For øvrig er det små forskjeller om omformerstasjonen plasseres i Larvik eller i Porsgrunn. Det er ikke gjort simuleringer av avvikstilfeller for dette alternativet. Men ut fra den belastningen matestasjonene opplever under normal driftssituasjon antar man at de vil være innenfor tillatt grense selv i avvikssituasjoner. Ved utfall av en linje eller alvorlig feil i en matestasjon kan man også sørge for å kjøre de tunge godstogene langs via Hokksund og i stedet for via Vestfoldbanen. De persontogene som fremføres langs denne strekningen viser at togene vil ha tilfredsstillende spenning selv ved linjeutfall fra Porsgrunn mot Larvik. For at togene skal ha en spenning på 12,0 kV ved Larvik, må et tog trekke en strøm fra Skoppum på over 600 A. Ut fra simuleringen ser man at persontog ikke trekker strøm mer enn ca. 150 A, tilsvarende 4 samtidige tog på strekningen. Derfor kan man slutte at selv ved en unormal driftssituasjon vil persontogene oppfylle spenningskravet forutsatt at godstogene framføres via Hokksund.

5.4 Sande transformatorstasjon

Samtlige simuleringsalternativer gir tfredsstillende resultater selv når Sande transformatorstasjon er fjernet som matestasjon. Simuleringene i foreliggende rapport forutsetter at det er dobbeltspor også mellom Drammen og Kobbervik. Med mating via dobbeltspor på hele strekningen Drammen – Skoppum tyder simuleringene på at det vil være en robust konklusjon, selv overfor avvikssituasjoner, at Sande kan legges ned. Det er likevel uvisst når dobbeltsporet mellom Kobbervik og Drammen vil realiseres. Inntil det bygges dobbeltspor på denne delen av strekningen foreslås det derfor at det legges en ekstra kabel på den ca. 6 km. lange strekningen Drammen – Kobbervik. En anser at dette er en mellomløsning inntil at det er bygget dobbeltspor mellom Drammen og Kobbervik. Dette vil opprettholde forsyningssikkerheten selv i en avvikssituasjon med frakopling av kontaktledningen på denne strekningen som en ekstra sikkerhet. Etter at nytt dobbeltspor Drammen – Kobbervik er ferdig er det ikke lenger behov for denne kabelen.

Tabell 5-1 Oppstilte resultater fra samtlige utførte simuleringer for samtlige alternativer. Uthevet skrift for tilfeller der tillatte verdier er overskredet.

	Simuleringsalternativ	Maksimal belastning omformerstasjoner. 2-sekund [MVA] / [%]	Maksimal belastning omformerstasjoner 6-minutt. [MVA] / [%]	Maksimal Belastning omformere for 1-time [MVA] / [%]	Lavest spenning tog moment	Lavest spenning tog 2-minutter	Strømbelastning
Alternativ 1 — Dobbelspor mellom Asker Larvik, og AT-system mellom Larvik Skien. — Persontrafikk langs Vestfoldbanen	Simulering 1: Normal driftsituasjon med	Asker: 26,44 / 46 Skoppum: 10,68 / 52 Larvik: 12,09 / 44	Asker: 12,64 / 30 Skoppum: 7,24 / 45 Larvik: 7,46 / 34	Asker: 10,97/37 Skoppum: 5,45 / 47 Larvik: 4,75 / 34	Persontog: 15,0	Persontog: 15,2	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense
	Simulering 1b: — Avvik driftsituasjon utfall av et aggregat i Skoppum.	Asker: 25,80 / 44 Skoppum: 7,94 / 77 Larvik: 12,54 / 46	Asker: 12,57 / 30 Skoppum: 5,17 / 65 Larvik: 7,86 / 36	Asker: 10,75 / 36 Skoppum: 4,13 / 71 Larvik: 5,20 / 37	Persontog: 14,8	Persontog: 15,0	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense
	Simulering 1c: — Avvik driftsituasjon utfall av en linje	Asker: 26,45 / 45 Skoppum: 10,55 / 51 Larvik: 12,08 / 44	Asker: 12,55 / 30 Skoppum: 7,27 / 45 Larvik: 7,46 / 34	Asker: 10,87 / 36 Skoppum: 5,41 / 47 Larvik: 4,75 / 34	Persontog: 14,7	Persontog: 15,0	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense
Alternativ 2 — Alt Dobbelspor mellom Asker Larvik, og AT-system mellom Larvik Skien. — Person og godstrafikk langs Vestfoldbanen	Simulering 2: — Normal driftsituasjon med	Asker: 26,59/ 46 Skoppum: 16,32 / 79 Larvik: 17,34 / 64	Asker: 13,25 / 32 Skoppum: 10,01 / 63 Larvik: 9,77 / 44	Asker: 11,61/ 39 Skoppum: 7,12 / 61 Larvik: 5,71 / 41	Persontog: 14,0 Godstog: 14,0	Persontog: 14,6 Godstog: 14,6	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense
	Simulering 2b: — Avvik driftsituasjon utfall av et aggregat i Skoppum.	Asker: 25,84 / 44 Skoppum: 11,98 / 116 Larvik: 19,68 / 72	Asker: 13,12 / 31 Skoppum: 7,36 / 92 Larvik: 10,28 / 47	Asker: 11,57 / 39 Skoppum: 5,32 / 92 Larvik: 6,33/ 45	Persontog: 13,7 Godstog: 13,7	Persontog: 14,3 Godstog: 14,2	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense
Alternativ 3 — Skoppum omformerstasjon oppgradert til 2x10 MVA — Larvik omformerstasjon flyttet til Porsgrunn — Dobbelspor mellom Asker Larvik, og AT-system mellom Larvik Skien. — Person og godstrafikk langs Vestfoldbanen	Simulering 3: — Normal driftsituasjon med	Asker: 26,55 / 45 Skoppum: 16,95 / 44 Porsgrunn: 14,54 / 53	Asker: 12,86 / 31 Skoppum: 10,66 / 38 Porsgrunn: 9,86/45	Asker: 10,57 / 37 Skoppum: 7,36 / 37 Porsgrunn: 5,25/38	Persontog: 14,1 Godstog: 13,9	Persontog: 14,3 Godstog: 14,6	Høyeste belastningsstrøm er innenfor tillatte grense

5.5 Vurdering av dimensjonerende ruteplan

Den dimensjonerende ruteplanen baseres på den fremtidige infrastrukturen langs Vestfoldbanen og på forutsetningen at Grenlandsbanen skal bygges. Derfor er antatt frekvens frem mot 2040 benyttet. For øvrig har man sett bort fra kravet i teknisk regelverk om 20 % margin mot trafikkøkning. En forventer ikke ytterligere trafikkvekst utover det som er gitt i denne utredningen. Om trafikkveksten likevel skulle øke ytterligere, vil en måtte ta i bruk ytelsen som ligger systemets redundans. Som forklart i avsnitt 1.3 er ruteplanen og skilthastigheten bygd ut fra de gitte forutsetninger slik at kjøretiden til togene går 5 minutter saktere enn det som er angitt i stamnettutredningen. Dette skyldes at man ikke har klart å forutsi riktig hastighet gjennom hele banestrekningen. Å lage en helt ny grafisk ruteplan på en ny banestrekning krever nøye vurdering av hvordan stoppmønsteret til trafikken skal være samtidig som skilthastigheten bør settes så riktig så mulig.

5.6 Vurdering av belastning av omformere

Simuleringene viser at det ikke er fare for utfall for de fleste omformerstasjonene med den ruteplanen som er simulert i alternativ 1 med kun fremtidig persontrafikk. I alternativ 2 med godstrafikk blir redundansen i Skoppum omformerstasjon for dårlig, og i en slik situasjon vil en måtte øke bestykningen i Skoppum til 2 x 7 MVA aggregater. Bestykningen i Larvik på 2 x 7 MVA er tilfredsstillende

Dersom det ønskes å flytte Larvik omformerstasjon til Porsgrunn og samtidig kjøre godstog, bør bestykningen i Skoppum oppgraderes til minst 2 x 7 MVA.

5.7 Dimensjonering av kontaktledninger

For normale driftsituasjoner har simuleringene vist en maksimal strømbelastning på kontaktledningene på 68 %. I henhold til "Regler for prosjektering" oppfyller disse verdiene kravene for 10 % margin for endringer som kan forventes på grunn av forsinkelser i togtrafikk eller avvikssituasjon og 5 % margin for tillatt overbelastning. For tilfellet med avvikssituasjon ble den maksimale strømbelastning på 77 % ved avgang mot øst ved Larvik. Dette gir en margin på 22 %. Dersom en ser bort fra krav med trafikkvekst som nevnt i 5.5, kan man si at disse belastningene er innenfor tillatt belastningsgrense.

5.8 Vurdering av spenningen

For samtlige av simuleringsalternativene har man undersøkt spenning for togene. Den lave spenningen som oppstår på togene er en avgjørende faktor for å vurdere om simuleringsalternativet er tilfredsstillende. Togenes spenning avhenger av antall tog som fremføres i nærheten av hverandre, samtidig som avstanden mellom matestasjonene og type kontaktledningssystem også er innvirkende faktorer.

Simuleringene viser at spenningen for togene blir lavest når Larvik omformerstasjon blir flyttet til Porsgrunn, på grunn av at matestrekningen blir lang. Dersom avstanden mellom omformerstasjonen skal være lang samtidig som man fremfører tunge godstog og flere persontog på strekningen, er det gunstig å bygge AT-system på strekningen. De spenningsverdiene som fåes i dette alternativet tilfredsstiller kravet angitt i JD 546, men likevel er spenningsverdiene for togene bedre når Larvik omformerstasjon ikke flyttes til Porsgrunn.

6 STRATEGISKE OG ØKONOMISKE BETRAKTNINGER

Det er vurdert to hovedalternativer for banestrømforsyningen på Vestfoldbanen: Enten at omformerstasjonenes plassering er som i dag, eller at Larvik omformerstasjon flyttes til Porsgrunn. Det er ikke gjort simuleringer rundt flytting av Skoppum omformerstasjon. Det antas at det i alle tilfelle ville bli så kostbart at et slikt alternativ ville komme svært dårlig ut i en økonomisk sammenstilling av alternativer. Dessuten er Skoppum omformerstasjon ganske ny samtidig som Larvik omformer har en kort restlevetid.

Sande transformatorstasjon legges ned i begge alternativene. Simuleringene har vist at systemet gir tilfredsstillende spenninger for alle tog etter at Sande transformatorstasjon er lagt ned, også når det går godstrafikk på strekningen, og i alle de vurderte avvikssituasjonene. Dette kommer i første rekke av at utbygging av dobbeltspor på strekningen og AT-system i en del av strekningen fører til en sterkere strømforsyning enn med dagens enkeltspor.

For å redusere kontaktledningstap og spenningsfall i kontaktledningen ytterligere, foreslås det sammenkopling mellom de to parallelle kontaktledningene både på strekningen Drammen-Skoppum og på strekningen Skoppum-Larvik.

6.1 Framtidig Grenlandsbane

Hovedbegrunnelsen for å flytte Larvik omformerstasjon til Porsgrunn vil være muligheten for at omformerstasjonen da i fremtiden også kan forsyne hele Grenlandsbanen med strøm. Lengden på Grenlandsbanen mellom Porsgrunn og Skorstøl vil være ca. 60 km, med ytterligere ca. 60 km. fra Skorstøl til framtidige Herefoss omformerstasjon, og ca. 30 km fra Skorstøl til Neslandsvatn transformatorstasjon. Det er derfor mer usikkert om det vil være kapasitet i Larvik omformerstasjon til å mate hele den nye banestrekningen via Eidangerforbindelsen. Dette må i tilfelle utredes når det planlegges å fremføre godstog på Grenlandsbanen. Alternativer for forsterkning kan være forlengelse av 55 kV fjernledning fra Neslandsvatn til Tangen/Kragerø, eller bygging av en ny omformerstasjon på den framtidige strekningen.

Fra et strategisk og økonomisk synspunkt, vil det derfor være best om en ny eller fornyet omformerstasjon i Grenlandsområdet kan legges nærmere Porsgrunn enn dagens Larvik omformer, da dette med stor sikkerhet vil eliminere behovet for framtidige nye matestasjonsanlegg i forbindelse med Grenlandsbanen. Dette gjelder forutsatt at kontaktledningen på strekningen Porsgrunn – Skorstøl bygges som et autotransformatorsystem (AT-system) eller med fjernledning.

6.2 Larvik omformerstasjon

Følgende muligheter for fornyelse av Larvik omformerstasjon finnes:

- Fornyelse i eksisterende fjellhaller
- Ny omformerstasjon i dagen i nærheten av eksisterende omformerstasjon
- Ny omformerstasjon i dagen ved Porsgrunn.

Dersom det bygges ny omformerstasjon i dagen anbefales det at det bygges en statisk omformerstasjon, for å frigjøre roterende aggregater til andre stasjoner og som reserve. Fornyelse i eksisterende fjellhall for to roterende aggregater vil kunne gjøres forholdsvis rimelig, men en må da forvente økte kostnader til strømforsyning i forbindelse med bygging av den framtidige Grenlandsbanen.

Simuleringene i de foregående kapitlene viser at begge simuleringsalternativene gir tilfredsstillende resultater for spenningen til togene på Vestfoldbanen. Ved framtidig framføring av godstog på Vestfoldbanen anbefales ytelsen til aggregatene i Skoppum og Larvik/Porsgrunn å være minst 2 x 7 MVA, ellers ser det ut til at det er tilstrekkelig med 2 x 5,8 MVA omformere både i Larvik/Porsgrunn og i Skoppum. Det presiseres at framtidig belastning fra Grenlandsbanen ikke er med i disse beregningene. En eventuell statisk omformerstasjon i Larvik eller Porsgrunn bør derfor ha margin for framtidig trafikkøkning. En eventuell roterende omformerstasjon i Larvik bør bygges med tilstrekkelig kapasitet 3 x 5,8 MVA, 2 x 7 MVA eller 2 x 10 MVA. Fordi det er få 7 MVA og 10 MVA omformeraggregater tilgjengelig, er 3 x 5,8 MVA det mest realistiske alternativet.

6.3 Kostnadsoverslag

Dette delkapittelet er en oppstilling av kostnadsoverslag for de ulike alternativene for fornyelse av Larvik omformerstasjon.

Alle nåverdiberegninger er gjort med 4,5 % kalkulasjonsrente og en levetid på 30 år, og det er sett bort fra prisstigning. Anslagene inkluderer nåverdi av drifts- og vedlikeholdskostnader for anleggene.

Alle kostnadene angis som nåverdi, referert til år 0.

6.3.1 Underlagstall

Kostnader for bygging av ny omformerstasjon baseres på kostnadsanslag for ulike løsninger ved bygging av ny omformer i Stavanger [9].

Kostnader for framtidig forsterkning av banestrømforsyning til Grenlandsbanen angis med følgende løsning:

- Forlengelse av fjernledning Neslandsvatn – Grenlandsbanen (15 km, 0,6 mill. kr. pr. km): 9 mill. kr. (anslag)
- Utvidelse av 55 kV koplingsanlegg i Neslandsvatn med en avgang: 2,5 mill. kr. (anslag)
- Bygging av ny transformatorstasjon ved Grenlandsbanen: 18,2 mill. kr. (basert på anslag for Sande transformatorstasjon, referert i utredningens del 1)
- DV-kostnader for ovenstående anlegg beregnes ved 2 % av investeringskostnaden årlig. Nåverdi: 9,7 mill. kr.

Totalt kostnadsanslag for forsterkning anslås derfor til 39,4 mill. kr.

Kostnader ved forsterkning av strømforsyning til Grenlandsbanen er forutsatt å påløpe i år 20. Diskontert til år 0 blir denne kostnaden 16,3 mill. kr.

Tapskostnader anslås med følgende forutsetninger:

- Larvik/Porsgrunn omformerstasjon har 8760 driftstimer per år, med 2 MVA kontinuerlig belastning.
 - En 5,8 MVA roterende omformer har da ca. 200 kW tap.
 - En 15 MVA statisk omformer har da ca. 100 kW tap.

- Energiprisen er 31 øre per kWh.
- Følgende tapskostnader anslås derfor:
 - Roterende omformer (5,8 MVA): 0,54 mill. kr. pr. år. NV = 8,8 mill. kr
 - Statisk omformer (15 MVA): 0,27 mill. kr. pr. år. NV = 4,4 mill. kr.

6.3.2 Kostnadssammenstilling

Fornyelse i eksisterende fjellhaller for tre roterende omformere:	114,1 mill. kr.
Framtidig forsterkning av strømforsyning til Grenlandsbanen:	16,3 mill. kr.
Tapskostnader i 30 år:	8,8 mill. kr.
<u>Totale kostnader for alternativet:</u>	<u>139,2 mill. kr.</u>

Ny statisk omformerstasjon i Larvik:	150,2 mill. kr.
Framtidig forsterkning av strømforsyning til Grenlandsbanen:	16,3 mill. kr.
Tapskostnader i 30 år:	4,4 mill. kr.
<u>Totale kostnader for alternativet:</u>	<u>170,9 mill. kr.</u>

Ny statisk omformerstasjon i Porsgrunn:	150,2 mill. kr.
Tapskostnader i 30 år:	4,4 mill. kr.
<u>Totale kostnader for alternativet:</u>	<u>154,6 mill. kr.</u>

Overslaget antyder at det billigste alternativet blir å fornye Larvik i eksisterende fjellhaller.

Ekstrakostnaden ved å bygge ny omformerstasjon til 2 x 15 MVA statisk omformer i Porsgrunn anslås til 15,4 mill. kr. Dette kan da anses som kostnaden for å frigjøre to roterende omformeraggregater her. Dette vurderes som en lav kostnad for å frigjøre to aggregater, det anses ikke sannsynlig at det vil kunne gjøres til lavere kostnad andre steder.

6.4 Betraktning rundt tidspunkt for fornyelse

På grunn av at banestrømforsyningen på Vestfoldbanen er tilfredsstillende med dagens strømforsyningsanlegg, og vil være tilfredsstillende også med den forespeilede trafikkøkningen på strekningen fram til ny trafikk settes inn på Grenlandsbanen, bør fornyelse av Larvik omformerstasjon utsettes lengst mulig. Det finnes ingen systemmessige eller belastningsmessige grunner til at Larvik omformerstasjon må fornyes før Grenlandsbanen bygges. I forbindelse med bygging av ny Grenlandsbane bør det bygges en ny statisk omformerstasjon med tilstrekkelig kapasitet i nærheten av Porsgrunn.

Dersom tilstanden på Larvik omformer er så dårlig at den må fornyes før Grenlandsbanen bygges, bør det ved fornyelse bygges en ny statisk omformerstasjon i Porsgrunn. En vil da ha forberedt tilstrekkelig ytelse for Grenlandsbanen, samtidig som eksisterende roterende omformeraggregater i Larvik frigjøres.

6.5 Situasjonen før det bygges dobbeltspor til Larvik

Det er for tiden konkrete planer om utbygging av dobbeltspor på strekningene Holm-Nykirke og Barkåker-Tønsberg. Etter dette vil det med unntak av to korte parseller være sammenhengende dobbeltspor mellom Drammen og Tønsberg. Det vil da være kapasitet til å øke trafikken mellom Drammen og Tønsberg. På strekningen Tønsberg-Larvik vil likevel trafikken være begrenset av at strekningen er enkeltsporet i lang tid framover. Det kan derfor antas at en del tog vil ha Tønsberg som endestasjon, og trafikken videre til Larvik ikke vil øke vesentlig utover dagens trafikk. Dermed kan det antas at spenningsfallet på enkeltsporet mellom Skoppum/Porsgrunn omformerstasjon og togene på linjen vil være innenfor akseptable grenser. Følgende regnestykke settes opp for å underbygge antakelsen:

Eksisterende avstand mellom Skoppum og Larvik er ca. 59 km. Ved flytting av omformerstasjonen til Porsgrunn økes denne avstanden til ca. 95 km før Eidangerbanen bygges, og 84 km etter at Eidangerbanen er bygget. Det antas at det er samkjøring, slik at linjen mates både fra Porsgrunn/Larvik og fra Skoppum, og at spenningen reguleres til 16,5 kV ved omformerstasjonene. Strømforsyningen sett fra toget blir da parallellkoplingen av impedansen mellom toget og Porsgrunn/Larvik og impedansen mellom toget og Skoppum. Impedansen sett fra toget er derfor halvparten av faktisk impedans i kontaktledningsanlegget.

Dersom en her forholder seg til prosjekteringskravet for kontaktledningsspenning på 13,5 kV, blir maksimalt tillatt spenningsfall i kontaktledningen 3 kV. For de ulike lengdene på kontaktledningen kan en da beregne maksimalt tillatt belastningsstrøm midt på linjen. (Nærmere matestasjonene kan det trekkes høyere strøm uten at spenningen synker like mye):

Skoppum-Larvik (som i dag):

$$Z_{linje} = 17,7\Omega, Z_{ekvivalent} = 4,425\Omega, \Delta U_{maks} = 3kV$$

$$I_{maks} = \frac{\Delta U_{maks}}{Z_{ekvivalent}} = 678A$$

Skoppum-Porsgrunn (uten Eidangerbanen):

$$Z_{linje} = 28,2\Omega, Z_{ekvivalent} = 7,05\Omega, \Delta U_{maks} = 3kV$$

$$I_{maks} = \frac{\Delta U_{maks}}{Z_{ekvivalent}} = 425A$$

Skoppum-Porsgrunn (med Eidangerbanen):

$$Z_{linje} = 20\Omega, Z_{ekvivalent} = 5\Omega, \Delta U_{maks} = 3kV$$

$$I_{maks} = \frac{\Delta U_{maks}}{Z_{ekvivalent}} = 600A$$

Ovenstående overslag viser at maksimal laststrøm på strekningen i dag er ca. 678 A, tilsvarende 4,5 persontog som samtidig trekker maksimal strøm midt på strekningen. Tilsvarende tall før Eidangerbanen er bygget, er 425 A, tilsvarende 2,8 tog som samtidig trekker maksimalt midt på strekningen (dvs. en reduksjon av kapasiteten). Etter at Eidangerparsellen er bygget øker igjen kapasiteten til 600 A, tilsvarende 4 persontog som trekker maksimalt midt på strekningen. Ved videre utbygging av dobbeltspor mellom

Skoppum og Larvik, vil kapasiteten så gradvis øke til omtrent det dobbelte, ca. 1200 A, eller 9 persontog som trekker maksimalt samtidig.

Ved brudd i kontaktledningen vil kapasiteten reduseres ytterligere. Det er derfor svært viktig å opprettholde samkjøringen mellom omformerstasjonene i perioder med høy togtrafikk.

Det anses at den faktiske kapasitetsreduksjonen som oppstår på strekningen etter at omformerstasjonen er flyttet til Porsgrunn og Eidangerparsellen er bygget (600 A mot 678 A) er liten, og at kapasiteten på strekningen i alle tilfelle vil være stor (maksimalt 4 – 6 tog som trafikkerer strekningen samtidig i normalsituasjonen). Fordi spenningen og kapasiteten på strekningen uansett vil reduseres i forhold til dagens situasjon, og fordi den viktigste premissen for å bygge omformerstasjon i Porsgrunn er strømforsyning til den framtidige Grenlandsbanen, anbefales det i tilfelle å utsette denne fornyelsen lengst mulig.

7 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Banestrømforsyningen for Vestfoldbanen med dobbelspor mellom Asker til Larvik og AT-system fra Larvik til Skien og med kun persontrafikk fremført, gir tilfredsstillende resultater, selv for de simulerte avvikssituasjoner. Dersom det skal kjøres bare persontog langs Vestfoldbanen er bestykningen for matestasjonene i alternativ 1 passe stor og bestykningen i Larvik omformerstasjon kan reduseres til 2 x 5,8 MVA i forhold til foreslått bestykning i Vestfoldbanen fase 1 [5]. Simuleringen gir akseptable spenninger for togene.

Med kun persontrafikk på Vestfoldbanen, og før Grenlandsbanen bygges, anbefales følgende:

- AT-system mellom Larvik og Skien
- 2 x 5,8 MVA i Skoppum og 2 x 5,8 MVA i Larvik omformerstasjon

Når det fremføres både godstog og persontog langs Vestfoldbanen er spenningen for samtlige tog innenfor akseptable tillatte grense. Ut fra belastningen for matestasjonene ser det ut til å være nødvendig å oppgradere Skoppum omformerstasjon til minst 2 x 7 MVA for å ivareta redundanskrav.

Med ny Grenlandsbane, eksisterende Larvik omformerstasjon, og både person- og godstrafikk på Vestfoldbanen, anbefales følgende:

- AT-system mellom Larvik og Skien
- 2 x 7 MVA i Skoppum og 2 x 7 MVA, eventuelt 3 x 5,8 MVA eller 2 x 15 MVA statisk i Larvik

Flytting av Larvik omformerstasjon til Porsgrunn vil gi noe lavere spenning til godstogene på Vestfoldbanen, men alle spenningene er likevel innenfor grensen angitt i JD 546. På bakgrunn av de økonomiske betraktningene anbefales det derfor at Larvik omformerstasjon legges ned etter at det er bygget ny statisk omformer i Porsgrunn. Følgende ytelser anbefales dersom det skal framføres godstrafikk på strekningen:

- AT-system mellom Larvik og Porsgrunn
- 2 x 7 MVA i Skoppum og 2 x 15 MVA statisk i Porsgrunn

Det er ikke gjort simuleringer ved å flytte Larvik til Porsgrunn uten godstrafikk. Det antas at dette vil gi noe lavere belastning på omformerstasjonene og bedre spenning for togene.

Dersom det bygges ny omformerstasjon i Porsgrunn, og Grenlandsbanen bygges ut med AT-system, er det stor sannsynlighet for at Grenlandsbanen har tilstrekkelig god strømforsyning. Kapasiteten vil i alle tilfelle være like stor som planlagt på resten av Sørlandsbanen, med 2x15 MVA statiske omformere eller 3x5,8 MVA roterende omformere [8].

Dersom det likevel velges ikke å flytte Larvik omformerstasjon til Porsgrunn, anbefales det at det gjennomføres en separat utredning om strømforsyning til Grenlandsbanen, slik at forsterkningstiltak kan iverksettes før trafikk settes inn på denne banen. Ved dette alternativet kan det antas at det vil bli behov for ytterligere forsterket strømforsyning her.

Anbefalingen fra utredningens del 1 om å legge ned Sande transformatorstasjon opprettholdes for alle alternativene. Selv i de simulerte avvikssituasjonene blir spenningen til togene tilstrekkelig høy.

8 FRAMDRIFTSPLAN

På bakgrunn av foreliggende arbeid som er gjennomført for Vestfoldbanen (kortsiktig og langsiktig del) foreslås følgende framdriftsplan for utvikling av strømforsyning på Vestfoldbanen.

1. Skoppum omformerstasjon oppgraderes til 2x5,8 MVA aggregater (snarest)
2. Sande transformatorstasjon legges ned (umiddelbart etter pkt. 1)
3. Eidangerparsellen bygges ferdig.
4. Fornyelse av Larvik omformerstasjon drøyes lengst mulig. Ved store umiddelbare oppgraderingsbehov eller på annen måte utrangert stasjon anbefales det at det bygges ny omformerstasjon i Porsgrunn.
5. Når det besluttes å bygge Grenlandsbanen fra Porsgrunn til Skorstøl, må det bygges en ny omformerstasjon. Anbefalt plassering er Porsgrunn.

9 APPENDIKS A – SPENNING FOR TOGENE

Tabellene under viser laveste momentane og langvarige spenning for togene. Disse tallene er RMS-verdier.

Tabell 9-1 Simulering 1 viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der alle matestasjonene er koblet inn. Det fremføres persontog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,2	16,3
6429_t	15,9	16,3
6431	15,9	16,1
6433	16,3	16,1
6433_t	15,8	16,2
6433_tt	15,9	16,1
6435	16,3	16,2
6435_t	15,8	16,2
6435_tt	15,9	16,1
6437	16,3	16,2
6437_t	15,8	16,2
6437_tt	16,0	16,1
6439	16,1	16,1
6439_t	15,9	16,3
6441	16,3	16,3
6441_t	15,9	16,3
6441_tt	15,9	16,1
6443	16,3	16,2
6443_t	15,9	16,2
6443_tt	16,0	16,1
6431	15,9	16,1
6432	16,3	16,2
6432_t	15,9	16,2
6432_tt	15,9	16,1
6434	16,0	16,1
6434_t	15,9	16,3
6434_tt	15,9	16,1
6436	16,3	16,2
6436_t	15,9	16,3
6436_tt	15,9	16,1
6440	16,0	16,1
6442	16,3	16,2
804	15,9	16,1
806	15,6	15,7
808	15,1	15,2
810	15,1	15,2
02	15,6	15,8
812	15,7	15,8
04	15,7	15,9
814	15,8	15,9
06	15,6	15,9
816	15,8	15,9
08	15,5	15,8
818	15,8	15,9
10	15,8	15,9

820	15,7	15,9
12	15,8	15,9
822	15,6	15,7
14	15,7	15,9
824	15,7	15,8
16	15,8	15,9
826	15,4	15,7
18	15,2	15,6
828	15,3	15,5
20	15,5	15,6
830	15,9	16,0
832	15,6	15,7
834	16,1	16,2
872	15,9	16,0
874	15,1	15,2
876	15,1	15,2
801	15,5	15,8
01	15,4	15,7
803	15,3	15,7
03	15,5	15,8
805	15,5	15,7
05	15,7	15,8
807	15,6	15,8
07	15,8	15,9
809	15,6	15,9
09	15,9	15,9
811	15,5	15,8
11	15,8	15,9
813	15,8	15,9
13	15,7	15,9
815	15,8	15,9
15	15,7	15,8
817	15,7	15,9
819	15,7	15,9
821	15,0	15,2
823	15,3	15,6
825	15,4	15,6
871	15,7	15,8
873	15,1	15,2
875	15,1	15,2
12266	16,0	16,3
10571	16,1	16,4
10573	16,0	16,2
10575	16,1	16,2

Tabell 9-2 Simulering 1b viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der alle et aggregat i Skoppum omformerstasjon faller ut. Det fremføres persontog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breiviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,2	16,4
6429_t	15,9	16,3
6431	15,9	16,1
6433	16,3	16,1
6433_t	15,9	16,2
6433_tt	15,9	16,1
6435	16,3	16,2
6435_t	15,8	16,2
6435_tt	15,9	16,1
6437	16,3	16,2
6437_t	15,8	16,2
6437_tt	16,0	16,1
6439	16,1	16,2
6439_t	15,9	16,3
6441	16,3	16,3
6441_t	15,9	16,3
6441_tt	15,9	16,1
6443	16,3	16,2
6443_t	15,9	16,2
6443_tt	16,0	16,1
6431	15,9	16,1
6432	16,3	16,2
6432_t	15,9	16,2
6432_tt	15,9	16,1
6434	16,0	16,0
6434_t	15,9	16,3
6434_tt	15,9	16,1
6436	16,3	16,2
6436_t	15,9	16,3
6436_tt	15,9	16,1
6440	16,0	16,1
6442	16,3	16,2
804	15,9	15,9
806	15,4	15,6
808	14,8	15,0
810	14,8	15,0
02	15,6	15,7
812	15,6	15,7
04	15,6	15,8
814	15,8	15,9
06	15,6	15,8
816	15,8	15,9
08	15,4	15,7
818	15,8	15,9
10	15,7	15,8
820	15,7	15,8
12	15,7	15,8
822	15,5	15,6
14	15,7	15,8
824	15,7	15,8
16	15,7	15,8

826	15,3	15,6
18	15,1	15,5
828	15,2	15,4
20	15,4	15,6
830	15,6	15,8
832	15,5	15,7
834	16,1	16,2
872	15,9	15,9
874	14,9	15,0
876	14,8	15,0
801	15,4	15,6
01	15,3	15,6
803	15,2	15,6
03	15,4	15,7
805	15,5	15,6
05	15,7	15,8
807	15,6	15,8
07	15,8	15,9
809	15,6	15,8
09	15,8	15,9
811	15,4	15,7
11	15,8	15,9
813	15,7	15,9
13	15,7	15,9
815	15,7	15,8
15	15,6	15,7
817	15,7	15,8
819	15,7	15,8
821	14,8	15,0
823	15,2	15,2
825	15,3	15,6
871	15,7	15,8
873	14,9	15,0
875	14,9	15,1
12266	16,0	16,2
10571	16,1	16,4
10573	16,0	16,2
10575	16,1	16,2

Tabell 9-3 Simulering 1c viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der alle matestasjonene er koblet inn og utfall en av linjene mellom Drammen og Kobbervik. Det fremføres persontog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breiviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,2	16,3
6429_t	15,9	16,3
6431	15,9	16,1
6433	16,3	16,1
6433_t	15,8	16,2
6433_tt	15,8	16,1
6435	16,3	16,3
6435_t	15,8	16,2
6435_tt	15,9	16,1
6437	16,3	16,2
6437_t	15,8	16,2
6437_tt	16,0	16,1
6439	16,1	16,1
6439_t	15,9	16,3
6441	16,3	16,3
6441_t	15,9	16,3
6441_tt	15,9	16,1
6443	16,3	16,2
6443_t	15,9	16,2
6443_tt	16,0	16,1
6431	15,9	16,1
6432	16,3	16,2
6432_t	15,9	16,2
6432_tt	15,9	16,1
6434	16,0	16,1
6434_t	15,9	16,3
6434_tt	15,9	16,1
6436	16,3	16,2
6436_t	15,9	16,3
6436_tt	15,9	16,1
6440	16,0	16,1
6442	16,3	16,2
804	15,9	16,0
806	15,6	15,7
808	15,0	15,2
810	15,1	15,2
02	15,5	15,6
812	15,7	15,8
04	15,7	15,9
814	15,8	15,8
06	15,6	15,8
816	15,8	15,8
08	15,5	15,7
818	15,8	15,8
10	15,7	15,8
820	15,7	15,8
12	15,7	15,8
822	15,5	15,6
14	15,7	15,8
824	15,7	15,8
16	15,7	15,8

826	15,3	15,6
18	15,2	15,4
828	15,2	15,4
20	15,4	15,6
830	15,9	16,0
832	15,4	15,5
834	16,1	16,2
872	15,9	16,0
874	15,1	15,2
876	15,1	15,2
801	15,6	15,8
01	15,4	15,7
803	15,3	15,7
03	15,5	15,8
805	15,2	15,4
05	15,6	15,7
807	15,5	15,6
07	15,7	15,7
809	15,6	15,7
09	15,6	15,7
811	15,5	15,7
11	15,6	15,7
813	15,6	15,7
13	15,6	15,7
815	15,6	15,7
15	15,4	15,5
817	15,5	15,7
819	15,5	15,7
821	14,8	15,0
823	15,1	15,3
825	14,9	15,1
871	15,6	15,7
873	14,9	15,1
875	14,7	15,0
12266	16,0	16,3
10571	16,1	16,4
10573	16,0	16,2
10575	16,1	16,2

Tabell 9-4 Simulering 2 viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der alle matestasjonene er koblet inn. Det fremføres persontog og godstog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breiviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,1	16,3
6429_t	15,9	16,3
6431	15,9	16,1
6433	16,3	16,1
6433_t	15,7	16,2
6433_tt	15,9	16,1
6435	16,3	16,2
6435_t	15,8	16,2
6435_tt	15,9	16,1
6437	16,2	16,2
6437_t	15,8	16,2
6437_tt	16,0	16,1
6439	16,1	16,1
6439_t	15,9	16,3
6441	16,3	16,3
6441_t	15,9	16,3
6441_tt	15,9	16,1
6443	16,3	16,2
6443_t	15,9	16,2
6443_tt	16,0	16,1
6431	15,9	16,1
6432	16,3	16,3
6432_t	15,9	16,2
6432_tt	15,9	16,1
6434	16,0	16,1
6434_t	15,9	16,3
6434_tt	15,9	16,1
6436	16,3	16,2
6436_t	15,9	16,3
6436_tt	15,9	16,1
6440	16,0	16,1
6442	16,3	16,2
804	15,3	15,7
806	15,3	15,6
808	14,6	15,0
810	14,9	15,1
02	15,6	15,7
812	15,2	15,5
04	15,1	15,4
814	15,4	15,7
06	15,6	15,8
816	15,4	15,7
08	15,0	15,3
818	15,4	15,7
10	15,8	15,9
820	15,7	15,9
12	15,8	15,9
822	15,6	15,7
14	15,7	15,9
824	15,7	15,8
16	15,8	15,9

826	15,4	15,7
18	15,2	15,6
828	15,3	15,5
20	15,5	15,6
830	15,9	16,0
832	15,6	15,7
834	16,1	16,2
872	15,3	15,6
874	15,1	15,2
876	14,0	14,6
801	15,5	15,8
01	15,1	15,6
803	14,7	15,2
03	15,1	15,5
805	15,4	15,7
05	15,3	15,6
807	15,1	15,4
07	15,1	15,5
809	15,6	15,8
09	15,3	15,7
811	14,9	15,3
11	15,1	15,5
813	15,8	15,9
13	15,7	15,9
815	15,8	15,9
15	15,7	15,8
817	15,7	15,9
819	15,7	15,9
821	15,0	15,2
823	15,3	15,6
825	15,4	15,6
871	15,7	15,8
873	15,1	15,2
875	15,1	15,2
12266	16,0	16,3
10571	16,1	16,3
10573	16,0	16,2
10575	16,1	16,2
40	14,4	15,1
42	14,0	14,6
44	14,4	15,0
46	14,4	15,1
41	14,5	15,0
43	14,4	15,0
45	14,4	15,0
47	14,4	15,0

Tabell 9-5 Simulering 2b viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der et aggregat i Skoppum omformerstasjon faller ut. Det fremføres persontog og godstog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breiviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,1	16,3
6429_t	15,9	16,3
6431	15,9	16,1
6433	16,3	16,1
6433_t	15,7	16,2
6431	15,9	16,1
6432	16,3	16,2
6432_t	15,9	16,2
6432_tt	15,9	16,1
804	15,3	15,7
806	14,9	15,3
808	14,3	14,7
810	14,4	14,8
02	15,3	15,6
812	14,9	15,3
04	15,2	15,6
814	15,9	16,2
872	15,2	15,2
874	14,8	15,0
876	13,8	14,3
801	15,0	15,5
01	14,4	15,1
803	14,6	15,1
03	14,8	15,3
805	15,2	15,5
05	14,9	15,3
10571	16,1	16,3
40	14,1	14,8
42	13,7	14,2
44	14,0	15,0
41	14,2	14,8
43	14,0	14,7

Tabell 9-6 Simulering 3 viser laveste spenning for tog for utvalgte tidsperioder der Skoppum omformerstasjon oppgraderes til 2 x 10 MVA og Larvik omformerstasjonen er flyttet til Porsgrunn. Dobbelspor mellom Asker – Larvik og AT-system mellom Larvik og Skien. Det fremføres persontog og godstog langs Vestfoldbanen og godstog langs Breiviklinjen.

Tog	Minimum Spenning RMS [kV]	
	1 sekund	2 minutter
6429	16,4	16,5
6429_t	16,3	16,5
6431	16,4	16,4
6433	16,4	16,5
6433_t	16,2	16,5
6433_tt	16,3	16,4
6435	16,4	16,5
6435_t	16,2	16,4
6435_tt	16,3	16,4
6437	16,4	16,5
6437_t	16,2	16,5
6437_tt	16,4	16,4
6439	16,5	16,5
6439_t	16,2	16,5
6441	16,5	16,5
6441_t	16,2	16,5
6441_tt	16,4	16,4
6443	16,4	16,5
6443_t	16,3	16,5
6443_tt	16,4	16,4
6431	16,4	16,4
6432	16,4	16,5
6432_t	16,2	16,5
6432_tt	16,3	16,4
6434	16,4	16,5
6434_t	16,2	16,5
6434_tt	16,4	16,4
6436	16,4	16,5
6436_t	16,2	16,5
6436_tt	16,4	16,4
6440	16,4	16,4
6442	16,4	16,5
804	15,4	15,8
806	15,0	15,2
808	15,0	15,0
810	15,9	16,2
02	15,8	15,9
812	15,8	15,9
04	15,1	15,3
814	15,2	15,4
06	15,7	15,9
816	15,4	15,8
08	15,1	15,3
818	15,0	15,3
10	15,8	15,9
820	15,8	15,9
12	15,7	15,8
822	15,6	15,6
14	15,8	15,9

824	15,6	15,9
16	15,9	15,9
826	16,0	16,0
18	16,4	16,4
828	15,5	15,6
20	15,5	15,8
830	15,7	15,8
832	15,8	15,9
834	15,7	15,9
872	15,2	15,5
874	15,0	15,0
876	14,1	14,3
801	15,5	15,6
01	14,6	14,9
803	14,9	15,0
03	14,8	15,2
805	15,6	15,6
05	15,0	15,1
807	15,1	15,3
07	14,8	15,2
809	15,7	15,9
09	15,1	15,2
811	15,0	15,2
11	14,8	15,3
813	15,8	15,9
13	15,8	15,9
815	15,7	15,8
15	15,8	15,9
817	15,7	15,9
819	15,9	16,1
821	14,9	15,0
823	15,4	15,6
825	15,4	15,7
871	15,7	15,9
873	15,0	15,0
875	15,0	15,0
12266	15,9	16,0
10571	16,3	16,4
10573	16,3	16,5
10575	16,4	16,4
40	14,2	15,2
42	13,9	14,6
44	14,0	14,8
46	14,0	15,0
41	14,1	14,7
43	14,1	14,8
45	14,1	14,8
47	14,1	14,8

10 REFERANSER

1. Prosjektprogram, Utredning av banestrømforsyning til Vestfoldbanen, BE 26.02.2008.
2. Jernbaneverkets stamnettutredning, Mer på skinner fra mot 2040, oktober 2006.
3. Rapport, Modernisert Vestfoldbanen – Framtidig Grenlandsbane. Parsellene for modernisert Vestfoldbane, og Korridor for sammenkopling Sørlandsbanen – Vestfoldbanen (Grenlandsbanen). September 1997.
4. Rapport, ”Modernisering av Vestfoldbanen” Drammen – Skien, NSB Bane Region Sør, desember 1994
5. Simuleringsrapport, Utredning av Vestfoldbanen, BTPE, 2008.
6. Simuleringsrapport, Utredning av samkjøringen i Oslo området med hensyn på mulig reduksjon av energitap, oktober 2003.
7. Hovedoppgave, ”Spenningsregulator med statorstrøm- og feltstrømbegrensning for jernbanens roterende omformer”, Institutt for elkraftteknikk, Jernbaneverket Hovedkontoret Banesystem, juni 2002.
8. Simuleringsrapport, Strekningsvise utbyggingsplaner Sørlandsbanen, Banestrømforsyning med AT-system, desember 2007.
9. Doculive sak 200800129, dokument 19, vedlegg 2.