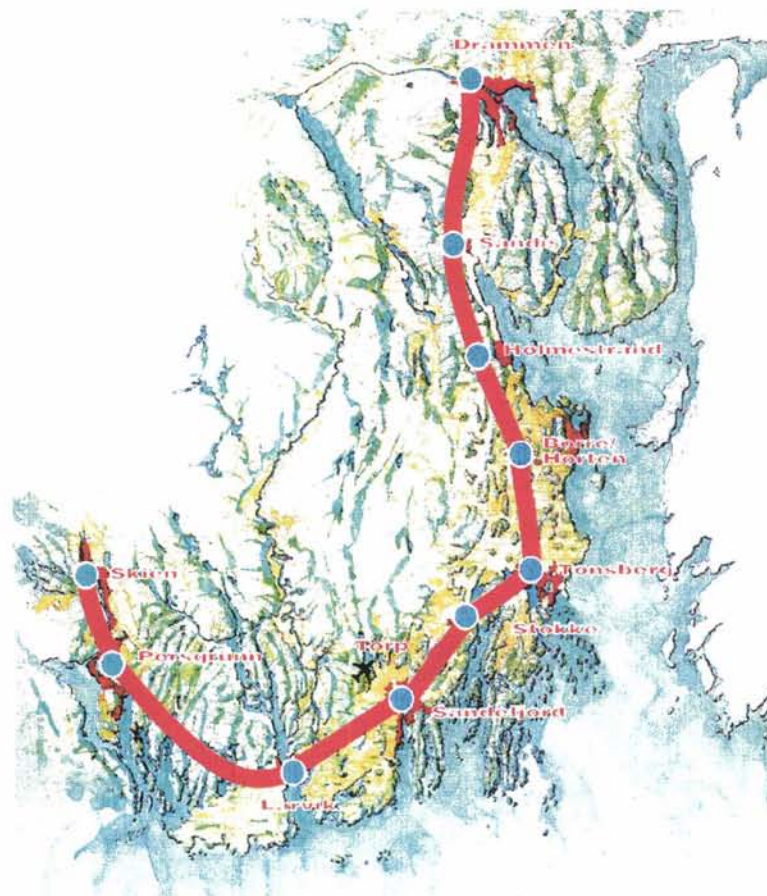


# SIMULERING AV VESTFOLDBANEN

for  
Jernbaneverket Region Sør

September 1997



Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Sør  
Teknisk kontor, Strømforsyning  
Prosjektansvarlig: Martin Inge Algrøy  
Prosjektleder: Bjørn Ståle Varnes

Prosjekt: Simulering av Vestfoldbanen

Rapport nr.: 01

Dato: 01.10.1997

---

**Rapporten omhandler (stikkord):**

- Simuleringer av strømforsyningen til Vestfoldbanen diverse driftssituasjoner.
- Forutsetninger for simuleringene er planlagt ruteplan R98.2.

**For Jernbaneverket Ingeniørtjenesten**

Prosjektansvarlig: Kolbjørn Lofthus  
Prosjektleder: Sven M. Tønnessen  
Prosjektmedarbeidere: Trond J. M. Føllesdal  
Tran Cong Hoa  
Frode Johannessen

Rapport utarbeidet av: Sven M. Tønnessen

Dato for siste revisjon: 01.10.97

Revisjon nr.: 00

Antall sider: 12

Jernbaneverket  
Ingeniørtjenesten  
0048 Oslo  
Besøksadr.: Stenersgt. 1 B/C

Sentralbord: 22 45 61 00  
Telefax: 22 45 61 10

Telegram: Jernbanestyret  
Telex: 71 168 nsbdc n

Postgiro: 0823.07.61494  
Bankgiro: 8200.01.03183

## Dokumentkontrollside

Oppdragsgiver: Jernbaneverket Region Sør, Teknisk kontor							
Prosjektbeskr.: Simulering av Vestfoldbanen							
Prosjektnr.: 197103							
Dokumenttittel: Simulering av Vestfoldbanen						Dokument nr.: 01	
Utarbeidet av : Sven M. Tønnessen						Sign	
Skal kontrolleres av:	Kontrolltype	Rev. 0		Rev. 1		Rev. 2	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
TMF	Helhetsvurdering	01.10.97	<i>TMF</i>				
TMF	Språk	01.10.97	<i>TMF</i>				
TMF	Logisk oppbygging /disposisjon	01.10.97	<i>TMF</i>				
TMF	Teknisk: - faglig - tverrfaglig	01.10.97	<i>TMF</i>				
TMF	Presentasjonsform	01.10.97	<i>TMF</i>				
SMT	Kopieringen er kontrollert (sign original)	01.10.97	<i>SMT</i>				
Generelle kommentarer:							
Dokument godkjent for utsendelse				Dato	01.10.97	Sign.	<i>Sven M. Tønnessen</i>



## SAMMENDRAG

Tidligere simuleringer og målinger av strømforsyningen på Vestfoldbanen for ruteplaner frem til i dag, har vist spenninger ned mot 13,0 kV på kontaktledningsanlegget. I enkelte feilsituasjoner har også matepunktene vært svært høyt belastet.

I foreløpig ruteplan for høsten 1998 (R98.2), er det lagt opp til en økning av togfrekvensen på Vestfoldbanen i forhold til dagens rute. Det er da tenkt benyttet både enkle og doble sett Bm70 i grunnrutene, samt EL18 som innsatstog.

Bakgrunnen for denne rapporten, er at dette vil påvirke både spenningsforholdene på kontaktledningen og gi en større belastning av matestasjonene på strekningen.

I rapporten er det lagt til grunn 5 ulike driftssituasjoner:

- Driftssituasjon 1. Ingen feil.
- Driftssituasjon 2. Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Sande.
- Driftssituasjon 3. Feil på forsyning til/fra Sande transformatorstasjon.
- Driftssituasjon 4. Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Nordagutu.
- Driftssituasjon 5. Kun 1 aggregat i drift i Larvik omformerstasjon.

## RESULTATER

Ved driftssituasjon 1 (ingen feil) kan den planlagte ruteplanen R98.2 opprettholdes, men da uten redundans hverken for feil i strømforsyningen eller variasjoner i trakkraftmateriell (økning i effektuttaket). Dette innebærer at det f.eks i rushtrafikken ikke uten videre kan skiftes fra Bm70 (ev. 2xBm70) til EL18, uten at dette gir store konsekvenser for strømforsyningen.

Med feil i strømforsyningen (driftssituasjon 2,3,4 og 5) kan det på hele Vestfoldbanen bli svært lave spenninger. Avhengig av driftssituasjon kan Sande transformatorstasjon bli belastet opp mot maksimal grense, og kontaktledningsanlegget kan bli hardt belastet. Dette vil kunne gi forsinkelser i togfremføringen og øke faren for følgefeil i strømforsyningen.

Dersom det settes begrensninger i bruk av trekraftmaterialet, viser simuleringene at ruteplanen R98.2 kan opprettholdes for driftssituasjon 1,2,3, og 4. Det er da snakk om bruk av EL18 i innsatstogene, men med kun 50 % av maksimal trekraft tilgjengelig. Eventuelt kan EL17 benyttes i innsatstogene.

For driftssituasjon 5 (kun ett aggregat i drift i Larvik), viser simuleringene at selv med begrensning av trekraftmaterialet er det stor fare for at også det gjenværende aggregatet faller ut. I en slik situasjon er derfor ikke enkeltbegrensninger (EL18/50 %) tilstrekkelig, og ytterlige begrensninger i ruteplanen må iverksettes.

Ruteplanen har høy togfrekvens over nesten hele døgnet. Med dagens muligheter for seksjonering mm., blir vedlikehold/oppretting av feil svært vanskelig.

Dette kan oppsummeres med at ruteplan R98.2 bør begrenses/redueres. EL18/50 % som innsatstog, og i tillegg redusere fra ett dobbelt sett Bm70 til ett enkelt sett Bm70 i rushtrafikken kan være tilstrekkelig. Dette vil kunne gi nødvendig redundansen i strømforsyningsanlegget.

## INNHOLDSFORTEGNELSE

### SAMMENDRAG

<b>INNHOLDSFORTEGNELSE .....</b>	<b>1</b>
<b>1 PROBLEMSTILLINGER, MÅL OG KRAV .....</b>	<b>2</b>
1.1 PROBLEMSTILLINGER.....	2
1.2 MÅL.....	2
1.3 KRAV OM TEKNISK KVALITET .....	2
<b>2 DAGENS STRØMFORSYNINGSANLEGG.....</b>	<b>4</b>
2.1 OMFORMERSTASJONER.....	4
2.2 HAKAVIK KRAFTSTASJON .....	4
2.3 FJERNLEDNINGEN.....	4
2.4 MATESTASJONER FRA FJERNLEDNINGEN .....	5
2.5 OVERLIGGENDE TREFASENETT .....	5
<b>3 SIMULERINGER.....</b>	<b>6</b>
3.1 GENERELT .....	6
<b>4 RESULTATER FRA SIMULERINGENE.....</b>	<b>7</b>
4.1 GENERELT .....	7
4.2 UTFØRELSE .....	7
4.3 SPENNINGER.....	8
4.4 STRØM I KL-ANLEGGET.....	8
4.5 BELASTNING AV LARVIK OMFORMERSATSJON.....	9
4.6 BELASTNING AV SANDE TRANSFORMATORSTASJON .....	10
4.7 ANDRE OBSERVASJONER.....	10
<b>5 KONKLUSJON.....</b>	<b>12</b>

### VEDLEGG 1: FORUTSETNING FOR SIMULERINGENE

### VEDLEGG 2: PLANLAGT RUTEPLAN R98.2

### VEDLEGG 3: OVERSIKTSSKJEMA

# 1 PROBLEMSTILLINGER, MÅL OG KRAV

## 1.1 PROBLEMSTILLINGER

Tidligere simuleringer og målinger av strømforsyningen på Vestfoldbanen for ruteplaner frem til i dag har vist spenninger ned mot 13,0 kV på kontaktledningsanlegget og høye belastninger av matestasjoner i enkelte feilsituasjoner for strømforsyningen.

Ruteplanen R98.2 som skisserer togtrafikken høsten 1998 har en viss økning av togfrekvens over Vestfoldbanen i forhold til dagens ruter. I denne ruteplanen er det skissert ruter med enkle og dobbelte sett Bm70 som grunnruter samt EL18 som innsatstog. Totalt antas dette å gi lavere spenninger langs kontaktledningsanlegget samt hardere belastninger av strømforsyningen på Vestfoldbanen.

## 1.2 MAL

Målet med denne rapporten er å analysere strømforsyningen langs Vestfoldbanen for ruteplan R98.2 med og uten feilsituasjoner. Man skal her detektere problemene som kan oppstå og om mulig foreslå realiserbare tiltak for høsten 1998 som kan virke prevantive for problemene.

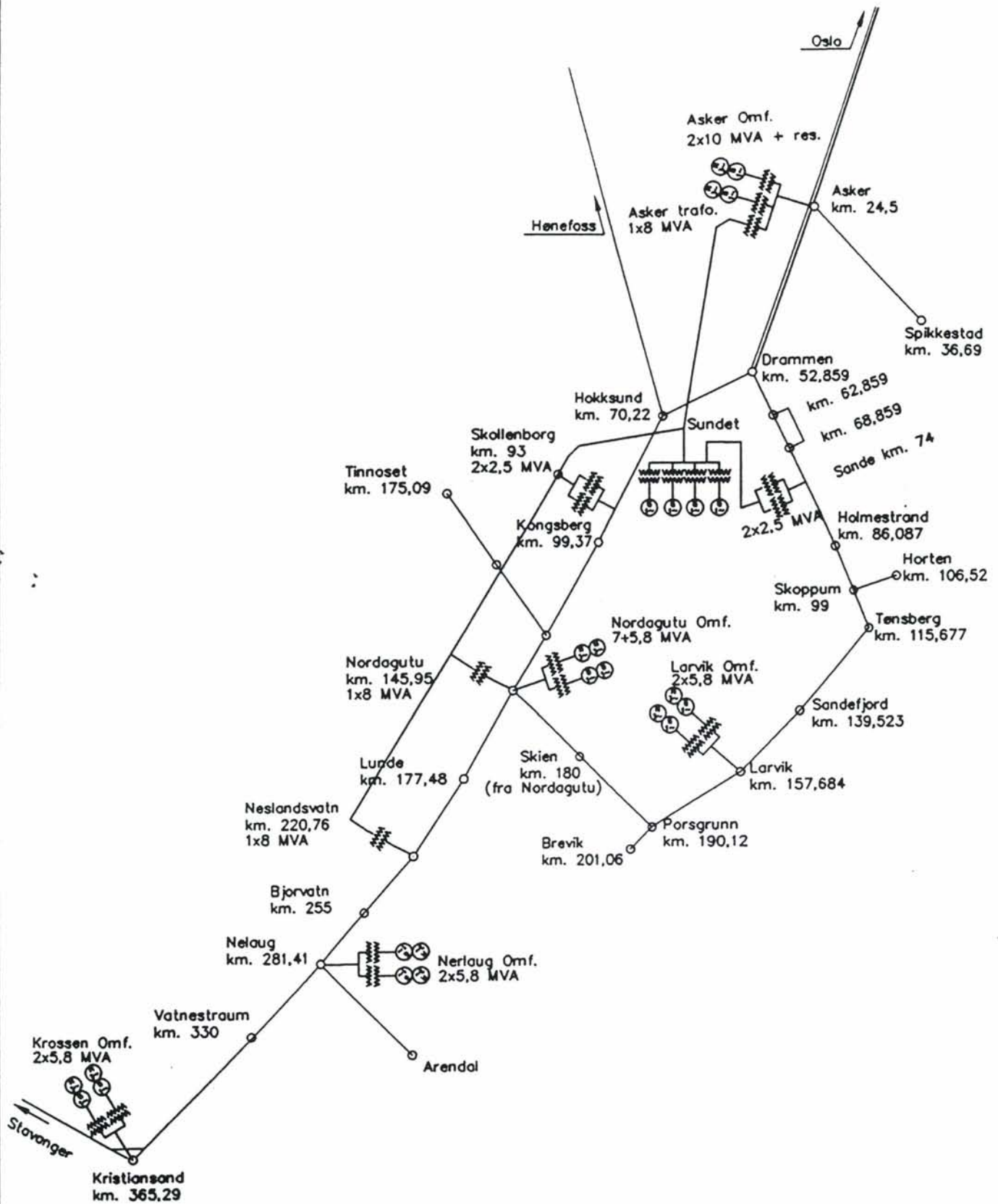
## 1.3 KRAV OM TEKNISK KVALITET

For at banestrømforsyningen ikke skal være til hinder for fremføringen av en gitt togtrafikk, stilles følgende hovedkrav:

Spenningen på strømvtager må ikke underskride en gitt verdi. I henhold til IEC publikasjon nr. 850 er nedre grense på 12,0 kV. *Ved prosjektering av nye anlegg bør en legge seg på en høyere grense. Denne grensen er av JBV satt til 13,5 kV.*

Valget av 13,5 kV som dimensjonerende spenning i prosjektering begrunnes med at en bør ha en viss reserve ved prosjektering av anlegg for fremtidens trafikkøkning.





Figur 1: Dagens banestrømforsyning, Asker - Kristiansand

## 2 DAGENS STRØMFORSYNINGSSANLEGG

Strømforsyningsanlegget på Vestfoldbanen må ses i sammenheng med strømforsyningsanlegget på hele Sørlandsbanen. Se figur 1 side 3. Dagens strømforsyningsanlegg for både Sørlandsbanen og Vestfoldbanen forutsettes å gjelde også for høsten 1998.

### 2.1 OMFORMERSTASJONER

På Sørlandsbanen og Vestfoldbanen mellom Asker og Kristiansand er det følgende omformerstasjoner i dag:

Asker omformerstasjon	2x10	MVA + reserveaggregat.	Roterende
Nordagutu omformerstasjon	7+5,8	MVA	Roterende
Larvik omformerstasjon	2x5,8	MVA	Roterende
Nelaug omformerstasjon	2x5,8	MVA	Roterende
Krossen omformerstasjon	2x5,8	MVA	Roterende

I tillegg er lastflyten til en viss grad påvirket av Sira omformerstasjon, Hønefoss omformerstasjon og Alnabru/Holmlia omformerstasjoner.

### 2.2 HAKAVIK KRAFTSTASJON

Hakavik Kraftstasjon vil for høsten 1998 ha installert 2 aggregater med en elektrisk effekt på 2,7 MVA hver, og disse produserer 16 2/3 Hz utelukkende for JBV.

### 2.3 FJERNLEDNINGEN

Fjernledningen overfører kraft fra fortrinnsvis Hakavik kraftstasjon, Nordagutu omformerstasjon og Asker omformerstasjon til matepunkter både på Vestfold- og Sørlandsbanen. Fjernledningen er bygget som et 55 kV anlegg for en frekvens lik 16 2/3 Hz.

Fjernledningen er delt inn i flere parseller:

Hakavik	-	Sande	ca. 17 km 2xFeAl nr.70
Hakavik	-	Sundet	ca. 10 km 2x2x70 mm <sup>2</sup> CU
Asker	-	Sundet	ca. 14 km 2x2x35 mm <sup>2</sup> +26 km 2xFeAl nr. 95
Sundet	-	Skollenborg	ca. 11 km 2x2x35 mm <sup>2</sup> CU
Skollenborg	-	Nordagutu	ca. 42 km 2x50 mm <sup>2</sup> CU
Nordagutu	-	Neslandsvatn	ca. 63 km 2x50 mm <sup>2</sup> CU

Overføringsnettet består i tillegg av Sundet koblingsstasjon, som knytter sammen linjene fra Asker, Skollenborg og Hakavik. Statkraft og tildels Buskerud Energi eier 55 kV linjen fra Hakavik til Asker, mens Statnett står for drift og vedlikehold av denne linjen.



## 2.4 MATESTASJONER FRA FJERNLEDNINGEN

På den gjeldende banestrekningen er det følgende transformatorstasjoner mellom 55 kV fjernledningen og 16,5 kV kontaktledningen:

Asker transformatorstasjon	1x8,0 MVA
Skollenborg transformatorstasjon	2x2,5 MVA
Sande transformatorstasjon	2x2,5 MVA
Nordagutu transformatorstasjon	1x8,0 MVA
Neslandsvatn transformatorstasjon	1x8,0 MVA trinnbar.

Neslandsvatn 55/16,5 transformator er av spesiell utførelse. Denne har en elektronisk trinnkobler som trinner opp sekundærspenningen 500 V hver gang den registrerer en spenning ut på kontaktledningsnettet lavere enn 16,2 kV. Det er i alt tre trinn på transformatorer og med økende belastninger vil også denne transformatoren gi en lavere spenning ut enn 16,2 kV.

## 2.5 OVERLIGGENDE TREFASENETT

Hver omformerstasjon er forsynt via det regionale / lokale forsyningsnettet, og forsyningsnettet er sammenkoblet via forgreininger og ringnett. Dette gir at hele nettet er synkront med hensyn på frekvensen, men med faseforskjell i spenningen avhengig av lastsituasjoner både i JBV's nett og for alle andre kraft-forbrukere.

For hver omformerstasjon har man normalt innføring med spenning i størrelsesorden 47 til 66 kV og 50 Hz.

Kortslutningsytelser i tilknytningspunktet mellom omformerstasjonene og det bakenforliggende nettet:

Krossen omformerstasjon	Normal ca. 1100 MVA
Nelaug omformerstasjon	Normal ca. 750 MVA
Nordagutu omformerstasjon	Normal ca. 600 MVA
Larvik omformerstasjon	Normal ca. 400 MVA
Asker omformerstasjon	Normal ca. 500 MVA

### 3 SIMULERINGER

#### 3.1 GENERELT

For Vestfoldbanen har man delt inn simuleringene etter driftssituasjoner som kan oppstå. Hver driftssituasjon definerer en feilsituasjon i strømforsyningen til Vestfoldbanen.

Driftssituasjon 1.	Ingen feil.
Driftssituasjon 2.	Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Sande.
Driftssituasjon 3.	Feil på forsyning til/fra Sande transformatorstasjon.
Driftssituasjon 4.	Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Nordagutu.
Driftssituasjon 5.	Kun 1 aggregat i drift i Larvik omformerstasjon.

Ruteplanen som er lagt til grunn er en modifisert forventet ruteplan for høsten 1998 (R98.2) for Vestfoldbanen. Denne inkluderer også dagens ruteplan for godstrafikk på strekningen Skien/Porsgrunn - Nordagutu. Se vedlegg2.

For hver driftssituasjon er nevnte ruteplanen for Vestfoldbanen gransket for å finne forventet værste tidspunkt på døgnet. Dette har gitt følgende tidspunkter:

Driftssituasjon 1.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 2.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 3.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 4.	Kl. 06:10
Driftssituasjon 5.	Kl. 17:55

For Sørlandsbanen brukes dagens ruteplan for å angi en naturlig bakgrunnslast. For strekningen Drammen - Oslo brukes måledata for belastning av Asker omformerstasjon for å angi en fornuftig bakgrunnslast i Asker.

## 4 RESULTATER FRA SIMULERINGENE

### 4.1 GENERELT

Simuleringene som er gjort har tatt utgangspunkt i fem forskjellige driftssituasjoner. Disse driftssituasjonene gjentas her og vil i figurer under dette kapittelet benevnes som hhv. Sim 1 til Sim 5.

Sim 1	Driftssituasjon 1.	Ingen feil.
Sim 2	Driftssituasjon 2.	Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Sande.
Sim 3	Driftssituasjon 3.	Feil på forsyning til/fra Sande transformatorstasjon.
Sim 4	Driftssituasjon 4.	Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Nordagutu.
Sim 5	Driftssituasjon 5.	Kun 1 aggregat i drift i Larvik omformerstasjon.

For hvert tog som er representert i simuleringene er disse belastet opp til 100 % av maksimal ytelse for det enkelte toget. Å anta at alle tog på Vestfoldbanen har maksimal belastning samtidig er i overkant av hva man kan forvente. Erfaringsmessig er en mer realistisk maksimal belastningssituasjon for Vestfoldbanen å anta at minst halvparten av de aktuelle togene på strekningen har 100 % av maksimal ytelse, mens de resterende har 80 % av maksimal belastning. Dette er lagt til grunn for den videre resultatbehandlingen og resultatene fra disse simuleringene er i sin helhet gitt i tabellene v1-v14 i vedlegg 1.

### 4.2 UTFØRELSE

- Alle driftssituasjonene ble simulert med EL18 som innsatstog, og uten begrensninger i effektuttaket.  
Bakgrunnslasten i Asker er for driftssituasjon 1, 2 og 3 lav. (se vedlegg 1)  
Resultatene er vist i tabell v1 - v6 i vedlegg 1.  
Tabell v4 er her spesiell (se vedlegg).
- Driftssituasjonene 1, 2 og 3 ble simulert med EL18 som innsatstog, og uten begrensninger i effektuttaket.  
Bakgrunnslasten i Asker er for driftssituasjon 1, 2 og 3 høy. (se vedlegg 1)  
Resultatene er vist i tabell v7 - v9 i vedlegg 1.
- Alle driftssituasjonene ble simulert med EL18 som innsatstog, og med begrenset til 50 % av maksimalt trekkraft.  
Bakgrunnslasten i Asker er for driftssituasjon 1, 2 og 3 høy. (se vedlegg 1)  
Resultatene er vist i tabell v10 - v14 i vedlegg 1.

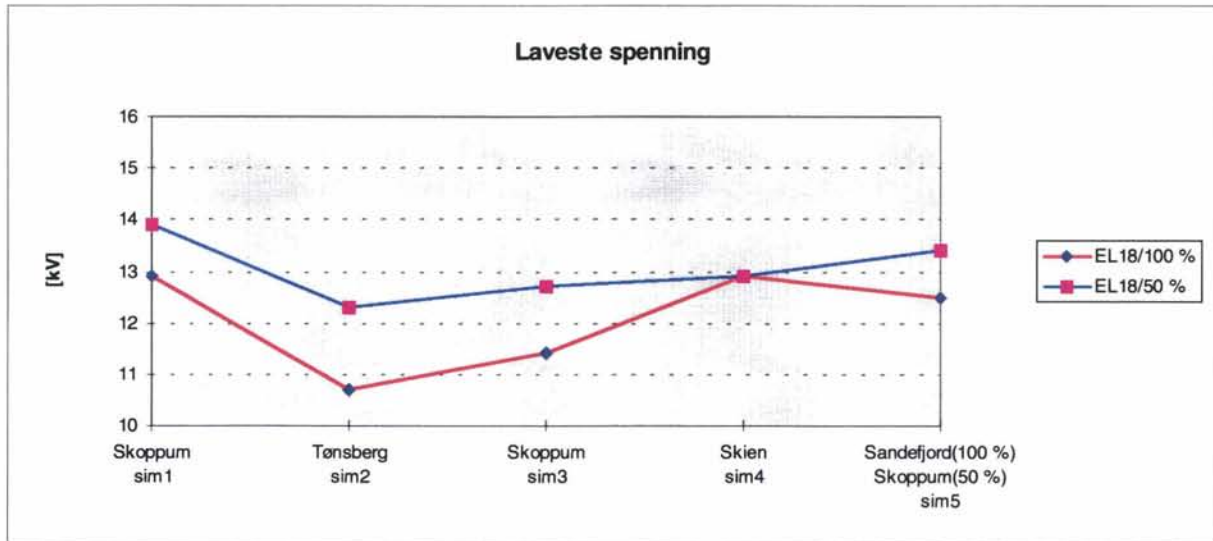
Resultatene fra utførelse 1 og utførelse 2 med driftssituasjon 1, 2 og 3, viser kun marginale forskjeller. For sammenligninger av resultater for simuleringer med EL18/100% og EL18/50% brukes følgende tabeller:

	<u>EL18/100 %</u>	<u>v.s</u>	<u>EL18/50 %</u>
Driftssituasjon 1	tabell v7	v.s	v10
Driftssituasjon 2	tabell v8	v.s	v11
Driftssituasjon 3	tabell v9	v.s	v12
Driftssituasjon 4	tabell v5	v.s	v13
Driftssituasjon 5	tabell v6	v.s	v14



### 4.3 SPENNINGER

Figuren under viser laveste spenning på Vestfoldbanen for hver av de forskjellige driftssituasjonene 1- 5 (her: sim 1 - sim 5), samt stedet hvor denne spenningen oppstår.



Figur 4.1 Laveste spenning på Vestfoldbanen

Figuren viser en merkbar forbedring av spenningen ved bruk av EL18 som innsatstog og med begrensning på maksimal ytelse (EL18/50%)

Uten feil i banestrømforsyningen (sim 1) finnes spenninger uansett ikke under 12,9 kV. Dette vil med stor sannsynlighet ikke gi forsinkelser, og ruteplanen kan opprettholdes som normalt.

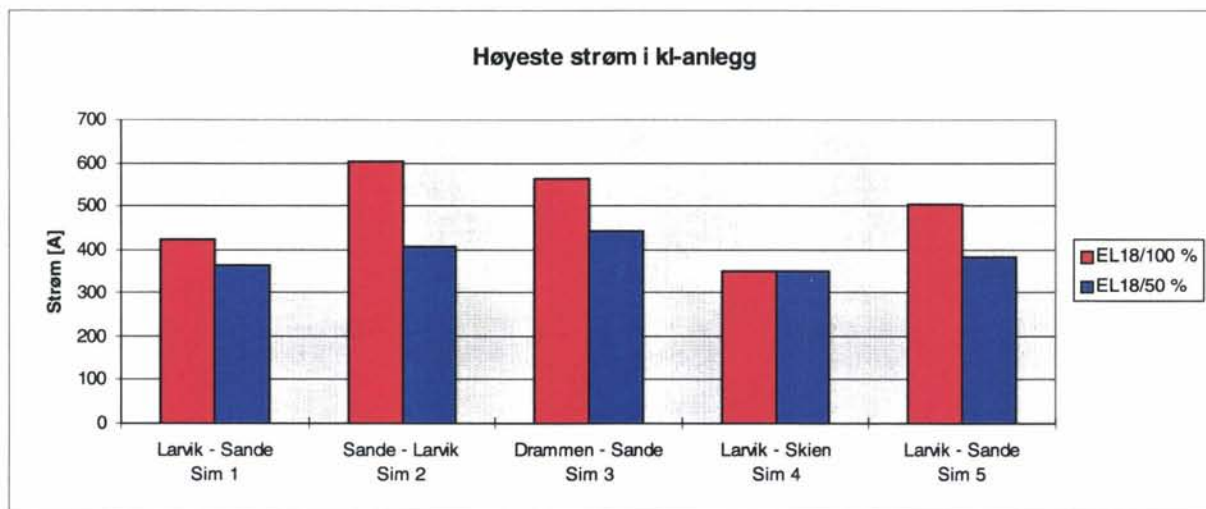
Med begrensninger på 50 % av ytelsen for EL18 lok`et vil ikke spenningen gå under 12,3 kV selv med feil i banestrømforsyningen (sim 2 - sim 5). Dette gjelder kun kortvarig, og derav antas at ruteplanen kan opprettholdes som normalt.

Uten begrensninger på ytelsen for EL18 lok`et og feil i banestrømforsyningen ( sim 2 - sim 3) vil spenningen kunne komme ned i hhv 10,7 og 11,4 kV. Dette er for lavt til at man kan garantere å opprettholde ruteplanen uten forsinkelser.

### 4.4 STRØM I KL-ANLEGGET

Figur 4.2 viser høyeste strøm i kontaktledningsanlegget for de forskjellige driftssituasjonene (sim - sim5). Dette er gjort for alle driftssituasjonene for EL18 lok`et både med og uten begrensninger i ytelsen. I tillegg viser figuren hvor på Vestfoldbanen denne strømmen kan oppstå.

Strømsøylene som er gitt i figuren antas som kun kortvarige topper. Det er derfor ikke noen umiddelbar fare selv med strømmer opp mot 800 A for et normalt kontaktledningsanlegg. For strekningen Drammen - Skoger er det imidlertid kun 80 mm<sup>2</sup> CU kjøretråd og 50 mm<sup>2</sup> CU bæreline. Man kan derfor ikke regne med at selv kortvarige strømmer bør være noe over ca 600 A.



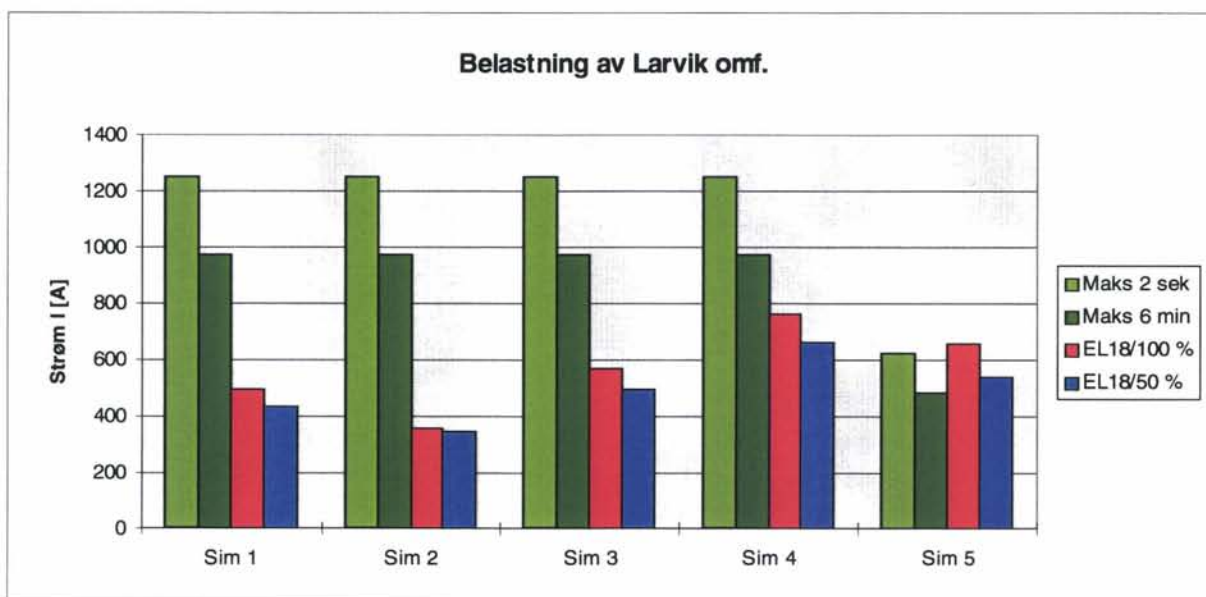
Figur 4.2 Høyeste strøm i kl-anlegget.

Figuren viser at man stort sett får en merkbar reduksjon i strømmen i kontaktledningsanlegget ved bruk av EL18 med begrensning i ytelsen.

Driftssituasjon 3 (sim 3) viser at strømmen uten begrensning i ytelsen for EL18 loket kan komme opp i ca. 560 A. Med begrensning i ytelsen for EL18 loket oppnår man kun ca. 440 A på samme sted.

Ellers viser figuren at det stort sett ikke er strømmer over 600 A noe sted på Vestfoldbanen.

#### 4.5 BELASTNING AV LARVIK OMFORMERSATSJON



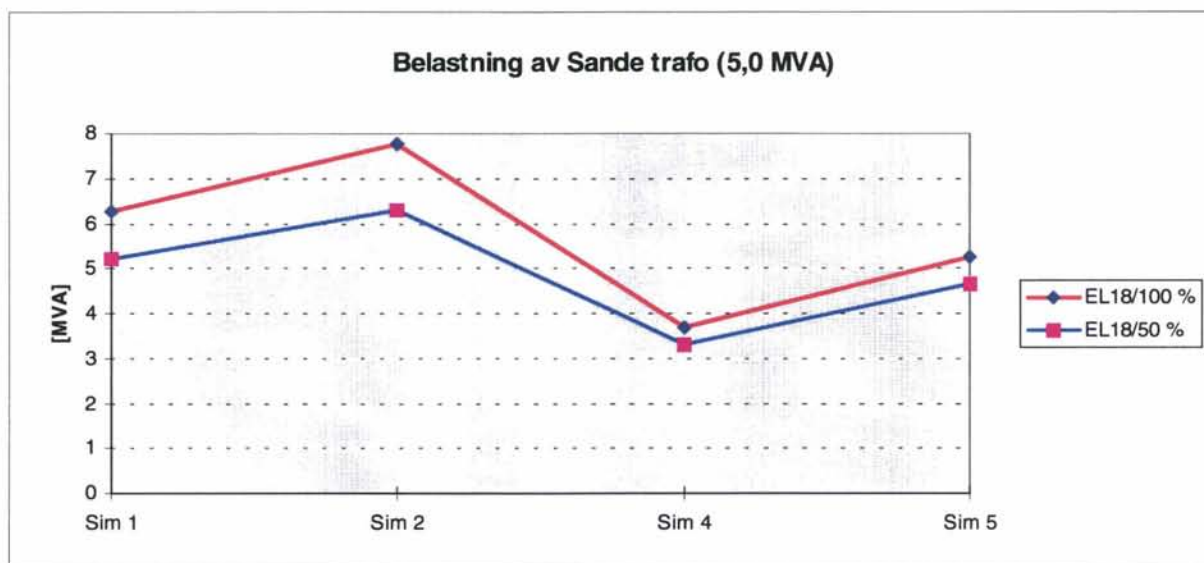
Figur 4.3 Maksimale "kortvarige" belastninger av Larvik omformerstasjon.

- 2 sekundsverdien og 6 minuttersverdien viser hva Larvik omformersatsjon maksimalt kan levere, og ikke hva som er simulert. For driftssituasjon 5 (sim 5) er kun ett aggregat i Larvik i drift. Søylene EL18/100 % og EL18/50 % viser hva som er simulert.

Figuren viser at for driftssituasjonene 1 - 4 (sim 1 - sim4) er verdiene langt under både 2-sek. og 6 min- verdiene.

For driftssituasjon 5 (sim 5) med ett aggregat ute i Larvik vil det gjenstående aggregatet i Larvik med stor sannsynlighet falle ut uten begrensninger på ytelsen for innsatstoget (EL18). Med begrensninger i ytelsen for innsatstoget (EL18) vil man kunne få belastninger over tillatt 6 min. verdi, men under 2 sek. verdien. Det er derfor ikke mulig å si om det gjennværende aggregatet faller ut eller ikke. Dette avgjøres av hvor lang den kortvarige overbelastningen faktisk er, samt hva aggregatet belastes med i forkant og etterkant.

#### 4.6 BELASTNING AV SANDE TRANSFORMATORSTASJON



Figur 4.4 Maksimale "kortvarige" belastninger av Sande transformatorstasjon.

Driftssituasjon 2 (sim 2) med brudd i samkjøringen mellom Sande og Larvik viser generelt høyeste belastning av Sande transformatorstasjon.

Uten begrensninger på EL18 lok`et for innsatstog kan Sande transformatorstasjon bli belastet med ca. 55 % over nominell ytelse (5,0 MVA). Det antas at temperaturen ikke overstiger maksimale verdier dersom overlasten er tilstrekkelig kortvarig.

Med feil i 1-fase samkjøringen mellom Larvik og Sande anbefales at innsatstoget maksimalt trekkes av ett EL18 lok med begrensning på maksimal trekraft lik 50 %.

#### 4.7 ANDRE OBSERVASJONER

Med simuleringer med 100 % belastning av alle lok/tog på strekningen og uten feil i banestrømforsyningen finner man fra resultatene laveste spenning på Vestfoldbanen lik 12,7 kV. Dette betyr at man med stor sannsynlighet vil fremføre denne trafikken uten noen videre forsinkelser.

Med brudd i 1-fase samkjøringen mellom Larvik og Sande finner man at dess nærmere matestasjonene Larvik eller Sande bruddet oppstår dess lavere blir spenningen på



kontaktledningen i høylastsituasjoner. Brudd i samkjøringen nærmere Larvik omformerstasjon enn Sande transformatorstasjon vil med stor sannsynlighet gi så lave spenninger at dette vil gi utslag i fremføringen.

Brudd i forsyningen til Sande transformatorstasjon eller utfall av Sande transformatorstasjon vil ikke føre til totalt kollaps i spenningene langs Vestfoldbanen. Årsaken til dette er at Asker omformerstasjon (via Drammen koblingshus) vil mate forholdsvis mye av strekningen Drammen - Sande selv i driftssituasjoner uten feil i banestrømforsyningen. Årsaken til dette er igjen at Sande transformatorstasjon ikke klarer å opprettholde spenningen lik 16,5 kV på samme måte som en omformerstasjon.

Trafikkfremføringen mellom Larvik omformerstasjon og Nordagutu omformerstasjon er særdeles utsatt for brudd i samkjøringen på strekningen. Et eventuelt brudd i samkjøringen "bør" være lokalisert veldig nær det elektrisk midtpunktet mellom de respektive omformerstasjonene. Dersom man får brudd i kontaktledningsanlegget på denne strekningen vesentlig nærmere Larvik enn Nordagutu og visa versa, vil dette kunne gi store problemer i togfremføringen på strekningen. I en slik driftssituasjon bør det være aktuelt at man setter begrensninger på togvarmeuttaket i Skien.

Ved utfall av ett aggregat i Larvik omformerstasjon finner man at det gjenværende aggregatet stort sett er veldig utsatt for overbelastninger. Man kan tenke seg at man stiller spenningsregulatoren på det gjenværende aggregatet slik at en større del av lasten skyves over på andre matestasjoner. Dette vil derimot gi enda lavere spenninger langs Vestfoldbanen og er derfor ikke en endelig løsning. Totalt fordrer en slik driftssituasjon at man setter begrensninger i fremføringen, og med varsel om forsiktig kjøring.

## 5 KONKLUSJON

Simuleringene som ligger til grunn for resultatene har tatt utgangspunkt i fem forskjellige driftssituasjoner:

- Driftssituasjon 1. Ingen feil.
- Driftssituasjon 2. Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Sande.
- Driftssituasjon 3. Feil på forsyning til/fra Sande transformatorstasjon.
- Driftssituasjon 4. Feil på 1-fase samkjøring mellom Larvik og Nordagutu.
- Driftssituasjon 5. Kun 1 aggregat i drift i Larvik omformerstasjon.

Uten noen form for feil i strømforsyningen på Vestfoldbanen kan den planlagte ruteplanen R98.2 opprettholdes, men da uten redundans hverken for feil i strømforsyningen eller variasjoner i trakkraftmaterieell (økning i effektuttaket). Dette innebærer at det f.eks i rushtrafikken ikke uten videre kan skiftes fra Bm70 (ev 2xBm70) til EL18, uten at dette gir store konsekvenser for strømforsyningen.

Med feil i strømforsyningen (driftssituasjon 2,3,4 og 5), vil det på hele Vestfoldbanen bli svært lave spenninger på kontaktledningsanlegget. Sande transformatorstasjon belastes opp mot maksimal grense, og kontaktledningsanlegget blir svært belastet. Dette vil gi forsinkelser i togfremføringen og økt fare for følgefeil i strømforsyningen.

Med begrensning i bruk av materiellet på Vestfoldbanen viser simuleringene at ruteplanen R98.2 kan opprettholdes for driftssituasjon 1,2,3, og 4. Det er da snakk om bruk av EL18 som innsatstog med kun 50 % av maksimal trekkraft tilgjengelig (eventuelt EL17).

For driftssituasjon 5 "kun ett aggregat i drift i Larvik omformerstasjon", viser simuleringene at selv med begrensning av trekkraftmateriellet for innsatstogene kan det gjenværende aggregatet være i stor fare for å falle ut. I en slik situasjon er derfor ikke enkeltbegrensninger (EL18/50 %) tilstrekkelig, og ytterlige begrensninger i ruteplanen må iverksettes.

Ruteplanen har høy togfrekvens over nesten hele døgnet. Med dagens muligheter for seksjonering mm., blir vedlikehold/oppretting av feil svært vanskelig.

Dette kan oppsummeres med at ruteplan R98.2 bør begrenses/reduceres. EL18/50 % som innsatstog, og i tillegg redusere fra ett dobbelt sett Bm70 til ett enkelt sett Bm70 i rushtrafikken kan være tilstrekkelig. Dette vil kunne gi nødvendig redundansen i strømforsyningsanlegget.

**VEDLEGG 1**

**FORUTSETNINGER  
FOR  
SIMULERINGENE**



**INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>V1 FORUTSETNINGER FOR SIMULERINGENE.....</b>	<b>2</b>
V1.1 DET BAKENFORLIGGENDE NETTET .....	2
V1.2 OMFORMERSTASJONER.....	2
V1.3 KONTAKTLEDNINGEN .....	3
V1.4 FJERNLEDNINGEN .....	3
V1.5 HAKAVIK KRAFTSTASJON .....	3
V1.6 MATERIELL .....	4
V1.7 BELASTNINGER.....	5
V1.8 RESULTATER .....	11

## V1 FORUTSETNINGER FOR SIMULERINGENE.

I simuleringene er programpakken SIMPOW benyttet. Dette programmet er utviklet av ABB og er spesielt laget for lastflytberegninger og dynamiske analyser av større kompliserte nett.

### V1.1 DET BAKENFORLIGGENDE NETTET

JBV's nett har i dag samkjøring mellom alle matestasjoner på strekningen Asker - Kristiansand. En nøyaktig modell må da ta hensyn til det bakenforliggende nettet for å gi et riktig bilde av lastflyten på strekningen.

Utgangspunktet for det modellerte bakenforliggende nettet er et tunglasttilfelle gitt av Statnett. Fra Statnett og frem til de forskjellige omformerstasjoner er forsyningslinjene knyttet sammen i ringnett og maskenett. Alle linjelengder, spenningsnivåer, effektuttak, transformatorer, kortslutningsytelser samt vinkelen på spenninger er modellert for på best mulig måte å etterligne det eksisterende nettet.

Simulerte kortslutningsytelser inn til omformerstasjonene:

- Krossen omformerstasjon 350 MVA
- Nelaug omformerstasjon 780 MVA
- Nordagutu omformerstasjon 250 MVA
- Larvik omformerstasjon 130 MVA
- Asker omformerstasjon 160 MVA

Spenningsnivå og vinkel på spenningen i tilknytningspunktet mellom omformerstasjonene og det bakenforliggende nettet er gitt nedenfor. Disse parameterene har i likhet med kortslutningsytelsen innvirkning på effektfordelingen på enfasesiden mellom de forskjellige omformerstasjonene.

	Spenning inn	Vinkel på spenningen
--	--------------	----------------------

Nettkonfigurasjonen som er lagt til grunn i simuleringene er i sin helhet vist i vedlegg 3.

### V1.2 OMFORMERSTASJONER

I simuleringene er det lagt til grunn den faktiske ytelse på omformerstasjonene slik det er beskrevet under kapitlet «Dagens strømforsyning».

Utgangsspenningen av omformerstasjonene er regulert på en slik måte at omformeren søker å holde konstant spenning lik 16,5 kV slik det generelt er gjort i JBV i dag.

Effektfordelingen mellom to aggregater i samme stasjon er regulert slik at effekten blir fordelt prosentvis likt etter ytelsen til hver av aggregatene.

### V1.3 KONTAKTLEDNINGEN

I figur 1 i hovedrapporten er den eksisterende banestrømforsyningen skissert. Det er her påmerket km avstander fra Oslo S. Det er her ikke tatt hensyn til kjedebrudd. Dette for å kunne sammenligne med andre lignende skisser. I simuleringene er det derimot tatt hensyn til kjedebrudd slik at de totale impedansene skal være ihht de faktiske forhold.

Det største og det eneste kjedebruddet som får noen vesentlig invirkning på lengdene i figur 1 er mellom Asker og Drammen. Kjedebruddet er ved den 28'nde km fra Oslo S, og den faktiske avstanden mellom Asker og Drammen er på 16,6 km. Dette medfører at alle avstander vest for Asker egentlig bare har den oppgitte km-verdi minus 11,8 km.

Impedansen som er lagt til grunn for simuleringene er  $Z = 0,21 + j0,21$  ohm/km langs hele strekningen fra Asker til Kristiansand, og implementerer både tur- og returliner. Det er da forutsatt kontaktledningsanlegg med 100 mm<sup>2</sup> CU kjøretråd og 50 mm<sup>2</sup> CU bæreline. For strekningen Drammen - Skogerparsellen er dette ikke tilfellet. Her er det i virkeligheten 80 mm<sup>2</sup> CU kjøretråd og 50 mm<sup>2</sup> CU bæreline. Denne strekningen er såpass kort at den ikke vil være årsak til unøyaktigheter i simuleringene av vesentlig betydning.

Sugetransformatorer kan for enkelte deler erfaringsmessig øke impedansen i kontaktledningen ytterligere til  $Z = 0,23 + j0,23$  ohm/km, men dette er det ikke tatt hensyn til i simuleringene.

### V1.4 FJERNLEDNINGEN

Nominell spenning er 55 kV.

Impedansen i enlederene som er lagt til grunn i simuleringen tilsvarer tur og retur.

• Hakavik - Sande	17 km	$Z = 0,52 + j0,25$ ohm/km
• Hakavik - Sundet	10 km	$Z = 0,28 + j0,13$ ohm/km
• Sundet - Asker	14 km	$Z = 0,53 + j0,14$ ohm/km
	+ 26 km	$Z = 0,39 + j0,25$ ohm/km
• Sundet - Skollenborg	11 km	$Z = 0,53 + j0,14$ ohm/km
• Skollenborg - Nordagutu	42 km	$Z = 0,73 + j0,28$ ohm/km
• Nordagutu - Neslandsvatn	62,6 km	$Z = 0,73 + j0,28$ ohm/km

### V1.5 HAKAVIK KRAFTSTASJON

Installert ytelse er på 2x2,7 MVA og reguleringen av Hakavik kraftstasjon er slik at den leverer konstant aktiv effekt. Dette er gitt av turtallet på turbinen.

I de simuleringene hvor Hakavik er i drift har vi brukt to aggregater som til sammen leverer 4 MW konstant ut på fjernledningen..

Spenningsreguleringen av Hakavik kraftstasjon er gjort slik at den i tomgang skal gi 16,5 kV ut på kontaktledningen. Ved et pådrag på kraftstasjonen vil denne øke spenningen for å holde spenningen ut av maskinene konstant. En spenningsøkning på maskinene gir en økning av den reaktive belastningen på maskinene og den totale belastningen øker. Et resultat av en ytterligere belastningsøkning vil være at maskinene kommer til et punkt da feltspenningen ikke kan økes mer. Dette forekommer normalt med 20-30 % overlast. Det som skjer da ved en ytterligere belastningsøkning er at utgangsspenningen på maskinene faller og dermed faller også spenningen på kontaktledningen i de matepunktene Hakavik leverer effekt til.



## V1.6 MATERIELL

Belastningsmodellene som er lagt til grunn i simuleringene tar utgangspunkt i planlagt R98.2 for Vestfoldbanen. For strekningen Skien/Porsgrunn - Nordagutu er det brukt dagens ruteplan R97.2 for å skissere en fremtidig godstrafikk på strekningen. For Sørlandsbanen er det brukt dagens ruteplan R97.2 for å bestemme bakgrunnslasten.

For Vestfoldbanen er det planlagt grunnruter med Bm70 og 2xBm70. Som Innsatstog er det forutsatt bruk av EL18 med 9 vogner. Alternativt kan det benyttes EL17 som innsatstog i stedet for EL18.

For godsruiter mellom Skien/Porsgrunn - Nordagutu er det i simuleringene forutsatt bruk av EL14.

Alt aktuelt trekraft-materiell som kan benyttes på både Sørlandsbanen og Vestfoldbanen er skissert under med karakteristiske elektrisk data.

	Pmax MW	Qmax MVA <sub>r</sub>	MP	MQ
Bm68	0,8	0,4	1,86	0
Bm69	2,25	1,8	1	1
Bm70	2,33	---	1	0
2xBm70	4,66	---	1	0
EL13	3,15	1,55	1,86	0
EL14	5,2	2,6	1,86	0
EL16	5,25	4,5	1	1
EL17	3,3	---	1	0
EL18	7,25	---	1	0
EL18/50 %	3,65	---	1	0
X2000	5,0	---	1	0

I simuleringene er det lagt til grunn at lok`et har den hastigheten hvor maksimalt effektuttak er mulig. For belastninger på Vestfoldbanen som direkte berører antatte problemområder, er lasten variert dynamisk for hver simuleringssituasjon, for å se sammenhenger og konsekvenser. For bakgrunnslasten og last som har mindre betydning for Vestfoldbanen er lasten satt som et fast uttak.

Effektuttakets spenningsavhengighet er her tatt hensyn på en tilnærmet måte med to konstanter MP og MQ. Formlene under gjengir hva de betyr:

$$P_1 = (U_1 / U_N)^{MP} \times P_N$$

$$Q_1 = (U_1 / U_N)^{MQ} \times Q_N$$

$U_1$  er faktisk spenningen ved lok`et.

$U_N$  er nominell spenning ved lok`et.

MP og MQ er faktorer som angir spenningsavhengigheten for lok`et.

$P_N$  og  $Q_N$  er hhv aktivt og reaktivt effektuttak med nominell spenning ved lok`et.

$P_1$  og  $Q_1$  er da hhv faktisk aktivt og reaktivt effektuttak ved lok`et.

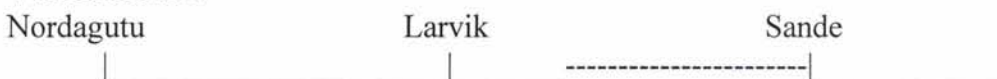
### V1.7 BELASTNINGER

Simuleringene tar utgangspunkt i antatt R98.2 for Vestfoldbanen. Driftssituasjonene angitt i hovedrapporten angir i hvert enkelt tilfelle antatte kritiske strekninger mhp. spenninger.

Driftssituasjon 1.	Ingen feil.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 2.	Feil på samkjøring mellom Larvik Sande.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 3.	Feil på forsyning til Sande transformatorstasjon.	Kl. 08:00
Driftssituasjon 4.	Feil på samkjøring mellom Larvik og Nordagutu.	Kl. 06:10
Driftssituasjon 5.	Kun 1 aggregat i drift i Larvik omformerstasjon.	Kl.17:50

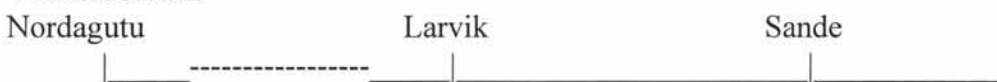
Kritisk strekning (merket stiplet) for driftssituasjon 1,2 og 3.

Vestfoldbanen:



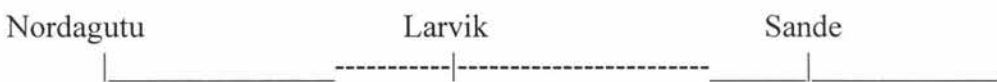
Kritisk strekning (merket stiplet) for driftssituasjon 4.

Vestfoldbanen:



Kritisk strekning (merket stiplet) for driftssituasjon 5.

Vestfoldbanen:



Klokkeslettene 08:00, 06:10 og 17:50 er høylasttilfeller for hhv hver av de tre kritiske strekningene, og de simuleringene som er gjort tar utgangspunkt i den trafikken man har på Vestfoldbanen på denne tiden av døgnet. For hvert tidspunkt er det satt opp de togsett som går på både Vestfold- og Sørlandsbanen. Dette er skissert på de neste sidene for hvert av klokkeslettene 08:00, 06:10 og 17:50.

For å forstå belastningssituasjonen fullt ut refereres til oversiktsskjema vedlagt til slutt i rapporten. Her kan man på enfasesiden finne igjen de aktuelle nodene det refereres til på de neste sidene. Disse nodene er kun knutepunkt i simuleringmodellen, nødvendige for å kunne sette opp riktig belastningsfordeling iht R98.2. Avstandene mellom nodene er identisk med avstandene mellom de aktuelle belastningene.

- Belastning for kritiske strekning for det aktuelle klokkeslettet blir lastet opp etter egne funksjoner vist i fugurer senere.
- Belastning for strekninger som indirekte kan ha innvirkning på spenningsforhold på kritisk strekning er belastet med 50% av maksimal last.
- Annen bakgrunnslast regnes som grunnlast og er belastet med kun 30% av makslast.

**Belastninger på strekningen Drammen - Nordagutu på Vestfoldbanen****Klokka 08:00**

<i>Sted</i>	<i>Node</i>	<i>Avstand fra forrige sted/node</i>	<i>Trekraft</i>	<i>Belastning</i>
Drammen				
	Fiks5A	10 km	----	----
	Fiks5	6 km	----	----
Sande	SandeA	4,14 km	2xBm70	Se figur v1 side v8
	HortA	20,0 km	1xEL18	Se figur v1 side v8
Skoppum		5,0 km	----	----
	ToensA	10,0 km	1xBm70	Se figur v1 side v8
Tønsberg		6,7 km	----	----
	L9C	23,3 km	2xBm70	Se figur v1 side v8
Sandefjord		0,5 km	----	----
	L9A	10,1 km	----	----
Larvik	L16	10,0 km	----	----
	Fiks3	25,0 km	1xBm70	50 %
Porsgrunn	Porsgr	11,4 km	----	----
Skien	Skien	9,60 km	----	1,0 MW
	Fiks1	34,0 km	----	----
Nordagutu	N16	0,5 km		

**Klokka 06:10**

<i>Sted</i>	<i>Node</i>	<i>Avstand fra forrige sted/node</i>	<i>Trekraft</i>	<i>Belastning</i>
Drammen				
	Fiks5A	10 km	----	----
	Fiks5	6 km	----	----
Sande	SandeA	4,14 km	1xBm70	Se figur v2 side v9
	HortA	20,0 km	----	----
Skoppum		5,0 km	----	----
	ToensA	10,0 km	----	----
Tønsberg		6,7 km	----	----
Sandefjord	L9C	23,8 km	2xBm70	Se figur v2 side y9
	L9A	10,1 km	----	----
Larvik	L16	10,0 km	1xEL18	Se figur v2 side v9
Porsgrunn		36,4 km	----	----
	Fiks3	4,6 km	2xBm70	Se figur v2 side v9
Skien	Porsgr	5,0 km	----	1,0 MW
	Skien	8,0 km	1xEL14	Se figur v2 side v9
	Fiks1	26,0 km	----	----
Nordagutu	N16	0,5 km		



**Klokka 17:50**

<i>Sted</i>	<i>Node</i>	<i>Avstand fra forrige sted/node</i>	<i>Trekraft</i>	<i>Belastning</i>
Drammen				
	Fiks5A	10 km	----	----
	Fiks5	6 km	----	----
Sande	SandeA	4,14 km	1xBm70	Se figur v3 side v10
Skoppum		25,0 km	----	----
	HortA	2,0 km	2xBm70	Se figur v3 side v10
	ToensA	14,0 km	----	----
Tønsberg		2,7 km	----	----
	L9C	14,0 km	1xEL18	Se figur v3 side v10
Sandefjord		9,8 km	----	----
	L9A	10,2 km	1xBm70	Se figur v3 side v10
Larvik	L16	10,0 km	----	----
	Fiks3	10,0 km	2xBm70	Se figur v3 side v10
Porsgrunn	Porsgr	26,4 km	----	----
Skien	Skien	9,6 km	----	1,0 MW
	Fiks1	34,0 km	----	----
Nordagutu	N16	0,5 km		

**Bakgrunnslast for Sørlandsbanen, dvs strekningen Oslo - Neslandsvatn.**Klokken 08:00 & 06:10

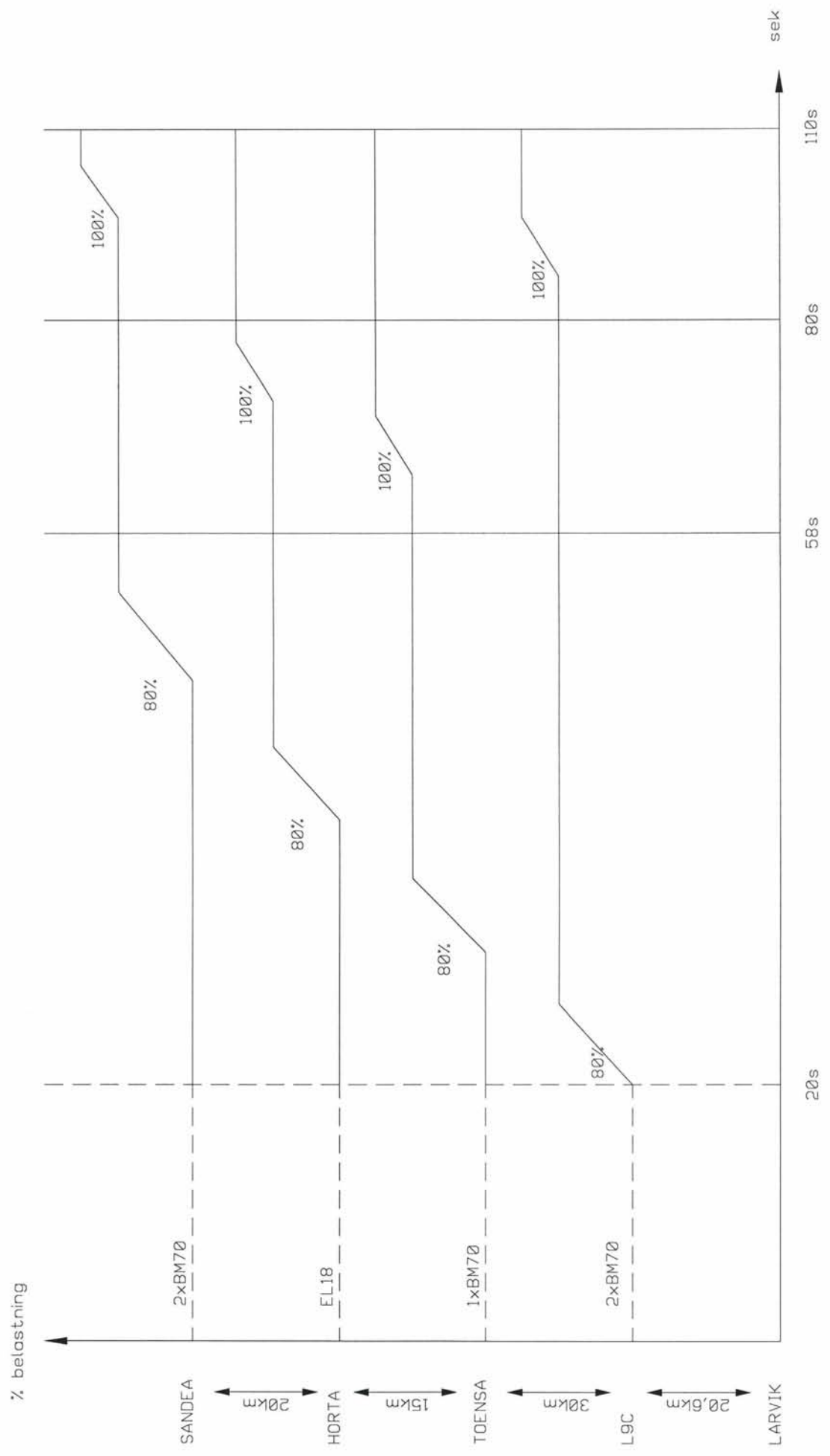
Strekning	Belastning
Oslo - Drammen	4,3 MW + 3,4 MVA <sub>r</sub> (ev. 8,7 MW + 4,4 MVA <sub>r</sub> kun kl 08:00)
Drammen - Skollenborg	EL14/30 %
Skollenborg - Nordagutu	Bm-69/100 %
Nordagutu - Neslandsvatn	x2000/100 %

Klokken 17:50

<i>Sted</i>	<i>Node</i>	<i>Avstand fra forrige sted/node</i>	<i>Trekraft</i>	<i>Belastning</i>
Asker	A16			8,7 MW + 4,4 MVA <sub>r</sub>
Drammen				
	Fiks6	16,6 km		
	Fiks4	12,0 km	EL17	50 %
	Fiks4A	11,0 km	Bm69	30 %
	Skb16B	10,0 km	Bm69	30 %
			EL14	30 %
	Skb16	7,0 km		
	Fiks2	14,0 km	EL14	30 %
	Fiks1	38,8 km		
Nordagutu	N16	0,5 km		
	L_8	47,0 km	EL13	30 %
Neslandsvatn	Nes16	27,8 km	X2000	30 %

Belastningen for Asker er funnet av målinger av belastningen av omformersatsjonen for de aktuelle tidspunktene på døgnet og for vinterperioden.

Figur. V1

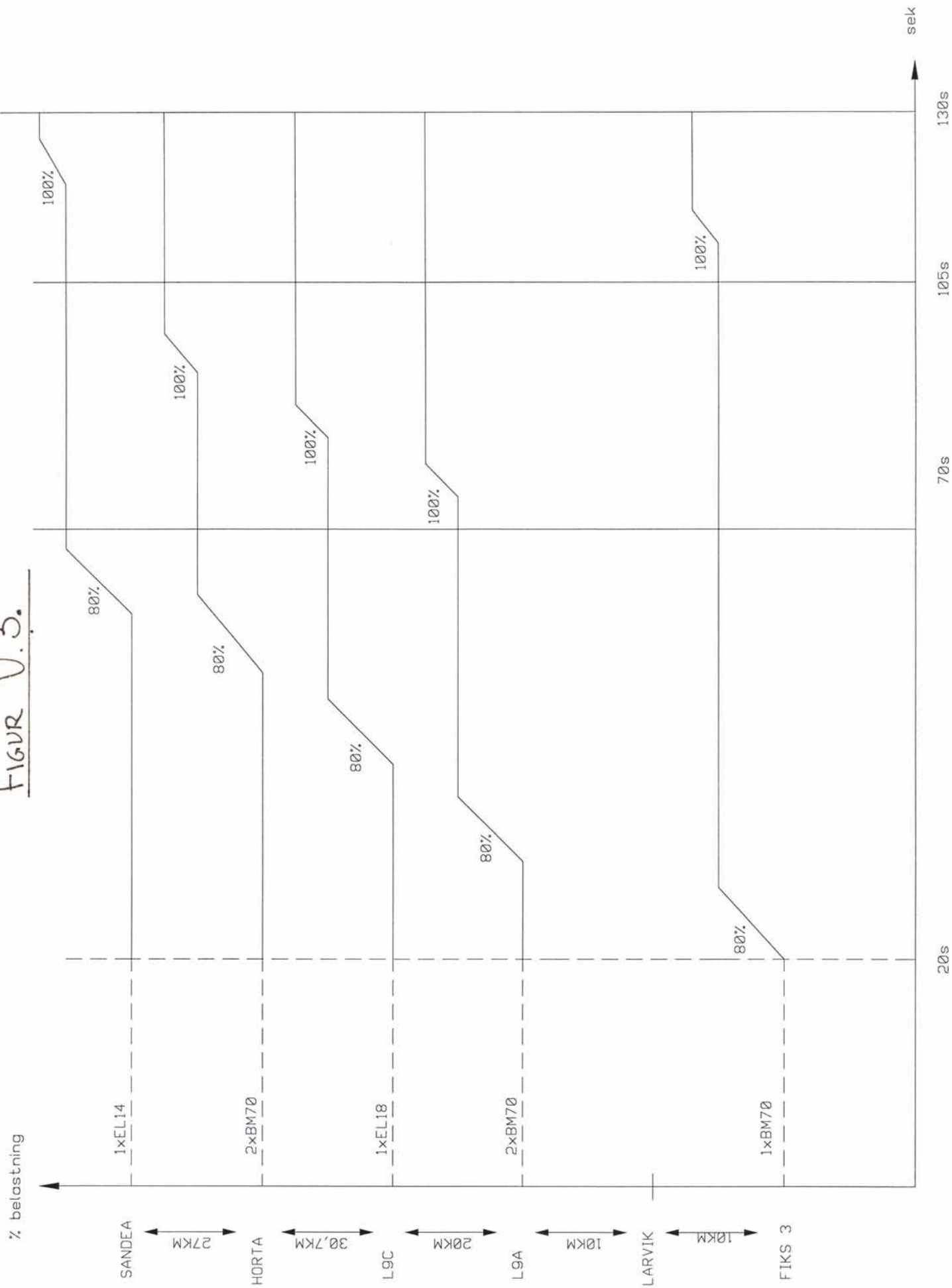


FIGUR. V2.





FIGUR V.3.



## V1.8 RESULTATER

I tabellene på side v11 - v24 følger hovedresultater fra simuleringene. Det er her referert til driftssituasjonen for simuleringen. Disse angir hvilken feilsituasjon man har for strømforsyningen på Vestfoldbanen. I tillegg refereres det på hver tabell til et gitt tidspunkt [t] i sekunder for simuleringen. Disse angir i hht figurene v1, v2 og v3 den prosentvise opplastingen av hvert enkelt tog på den kritiske strekningen.

### Simuleringer med EL18 som innsatstog og uten reserverasjoner.

Tabell	side	Klokken	driftssit.	tidspkt [t]	ref. fig.
v1	v12	kl 08:00	1	80 sek	v1
v2	v13	kl 08:00	2	80 sek	v1
v3	v14	kl 08:00	3	80 sek	v1
v4	v15	kl 06:10	4	70 sek	v2
v5	v16	kl 06:10	4	85 sek	v2
v6	v17	kl 17:50	5	105 sek	v3

### Simuleringer med EL18 som innsatstog og uten reserverasjoner. I tillegg er bakgrunnslasten øket i Asker.

Tabell	side	Klokken	driftssit.	tidspkt. [t]	ref. fig.
v7	v18	kl 08:00	1	80 sek	v1
v8	v19	kl 08:00	2	80 sek	v1
v9	v20	kl 08:00	3	80 sek	v1

### Simuleringer med EL18 som innsatstog og med 50 % maksimal knappen inne. I tillegg er bakgrunnslasten øket i Asker.

Tabell	side	Klokken	driftssit.	tidspkt. [t]	ref. fig.
v10	v21	kl 08:00	1	80 sek	v1
v11	v22	kl 08:00	2	80 sek	v1
v12	v23	kl 08:00	3	80 sek	v1
v13	v24	kl 06:10	4	85 sek	v2
v14	v25	kl 17:50	5	105 sek	v3

**Tabell v1**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Ingen feil				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	6,67	2,34	7,07	11,6	432,8
SANDE	5,97	1,88	6,26	5,0	422
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	16,0		
L16			16,3		
L9C	3,53	0,04	14,3		
TOENSA	1,92	0,02	13,2		
HORTA	5,87	0,07	12,9		
SANDEA	3,45	0,04	14,9		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I ( A )				
LARVIK - SKIEN	62				
LARVIK - SANDE	412				
SANDE - LARVIK	414				
SANDE - DRAMMEN	-251				



**Tabell v2**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl-anlegg på strekningen Larvik-Sande				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	4,70	1,47	4,92	11,6	301
SANDE	7,10	2,81	7,64	5,0	538
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	16,0		
L16			16,3		
L9C	3,47	0,04	15,3		
TOENSA	1,68	0,02	10,9		
HORTA	5,17	0,07	11,4		
SANDEA	3,35	0,04	14,2		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	88				
LARVIK - SANDE	232				
SANDE - LARVIK	598				
SANDE - DRAMMEN	-327				

**Tabell v3**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i fjernledning til Sande				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	7,45	3,61	8,28	11,6	508
SANDE					
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	16,0		
L16			16,3		
L9C	3,51	0,04	13,9		
TOENSA	1,77	0,02	11,9		
HORTA	5,19	0,07	11,4		
SANDEA	3,07	0,04	12,7		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	90				
LARVIK - SANDE	494				
SANDE - LARVIK	336				
SANDE - DRAMMEN	-568				

**Tabell v4**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl-anlegg like sør for NORDAGUTU				
kl = 0610					
t = 70s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK					
SANDE					
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,56	2,1	9,1		
PORSGR.	1,0	0,1	9,7		
FIKS 3	3,18	0,04	10,1		
L16	5,74	0,06	16,0		
L9C	3,16	0,03			
SANDEA	1,40	0,01			
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN					
LARVIK - SANDE					
SANDE - LARVIK					
SANDE - DRAMMEN					



Tabell v5

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl.anlegg like nord for SKIEN				
kl = 0610					
t = 85s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	11,34	3,97	12,0	11,6	759
SANDE	3,64	0,67	3,70	5,0	231
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	3,25	2,1	14,2		
PORSGR.	1,0	0,1	12,9		
FIKS 3	3,87	0,05	13,0		
L16	5,74	0,06	16,3		
L9C	3,16	0,03	15,3		
SANDEA	1,40	0,01	16,0		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	350				
LARVIK - SANDE	189				
SANDE - LARVIK	244				
SANDE - DRAMMEN	-123				

**Tabell v6**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	1 aggregat ute i LARVIK				
kl = 1750					
t = 105s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	9,19	5,41	10,7	5,8	656
SANDE	5,14	1,05	5,25	5,0	357
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,3		
FIKS 3	3,58	0,04	15,3		
L9A	2,10	0,02	14,5		
L9C	5,80	0,07	12,5		
HORTA	3,74	0,05	12,7		
SANDEA	1,81	0,02	14,7		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	196				
LARVIK - SANDE	504				
SANDE - LARVIK	421				
SANDE - DRAMMEN	-204				

**Tabell v7**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Ingen feil				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	7,73	2,28	8,06	11,6	494
SANDE	6,01	1,76	6,26	5,0	426
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,84		
L16			16,3		
L9C	3,53	0,04	14,4		
TOENSA	1,92	0,02	13,0		
HORTA	5,86	0,07	12,9		
SANDEA	3,45	0,04	14,7		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	112				
LARVIK - SANDE	423				
SANDE - LARVIK	405				
SANDE - DRAMMEN	-236				



**Tabell v8**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl.anlegg på strekningen Larvik - Sande				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	5,59	1,37	5,76	11,6	353
SANDE	7,27	2,72	7,76	5,0	554
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,84		
L16			16,3		
L9C	3,47	0,04	15,3		
TOENSA	1,67	0,02	10,7		
HORTA	5,16	0,07	11,2		
SANDEA	3,34	0,04	14,0		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	140				
LARVIK - SANDE	232				
SANDE - LARVIK	601				
SANDE - DRAMMEN	-317				

**Tabell v9**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i fjernledningen til SANDE				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	8,53	3,53	9,23	11,6	566
SANDE					
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,8		
L16			16,3		
L9C	3,52	0,04	13,9		
TOENSA	1,77	0,02	11,9		
HORTA	5,17	0,07	11,4		
SANDEA	3,07	0,04	12,7		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	114				
LARVIK - SANDE	506				
SANDE - LARVIK	327				
SANDE - DRAMMEN	-561				

**Tabell v10**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Ingen feil				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	6,88	1,81	7,11	11,6	436
SANDE	5,07	1,28	5,23	5,0	347
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,84		
L16			16,3		
L9C	3,53	0,04	14,7		
TOENSA	2,0	0,02	13,9		
HORTA	3,63	0,04	13,9		
SANDEA	3,51	0,04	15,0		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	113				
LARVIK - SANDE	364				
SANDE - LARVIK	274				
SANDE - DRAMMEN	-175				



**Tabell v11**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl-anlegg på strekningen Larvik - Sande				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	5,44	1,37	5,61	11,6	344
SANDE	6,03	1,78	6,28	5,0	427
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,8		
L16			16,3		
L9C	3,47	0,04	15,3		
TOENSA	1,84	0,02	12,3		
HORTA	3,36	0,04	12,9		
SANDEA	3,45	0,04	14,7		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	140				
LARVIK - SANDE	232				
SANDE - LARVIK	407				
SANDE - DRAMMEN	-232				

**Tabell v12**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i fjernledningen til SANDE				
kl = 0800					
t = 80s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	7,52	2,78	8,02	11,6	492
SANDE					
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,8		
L16			16,3		
L9C	3,52	0,04	14,4		
TOENSA	1,88	0,02	12,9		
HORTA	3,32	0,04	12,7		
SANDEA	3,20	0,04	13,5		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	114				
LARVIK - SANDE	429				
SANDE - LARVIK	217				
SANDE - DRAMMEN	-443				

**Tabell v13**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	Brudd i kl-anlegg like nord for SKIEN				
kl = 0610					
t = 85s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	10,19	3,63	10,81	11,6	663
SANDE	3,31	0,07	3,31	5,0	207
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	3,26	2,1	14,2		
PORSGR.	1,0	0,1	12,9		
FIKS 3	3,87	0,05	13,0		
L16	3,39	0,03	16,3		
L9C	3,16	0,03	15,3		
SANDEA	1,40	0,01	16,0		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	349				
LARVIK - SANDE	166				
SANDE - LARVIK	204				
SANDE - DRAMMEN	-112				

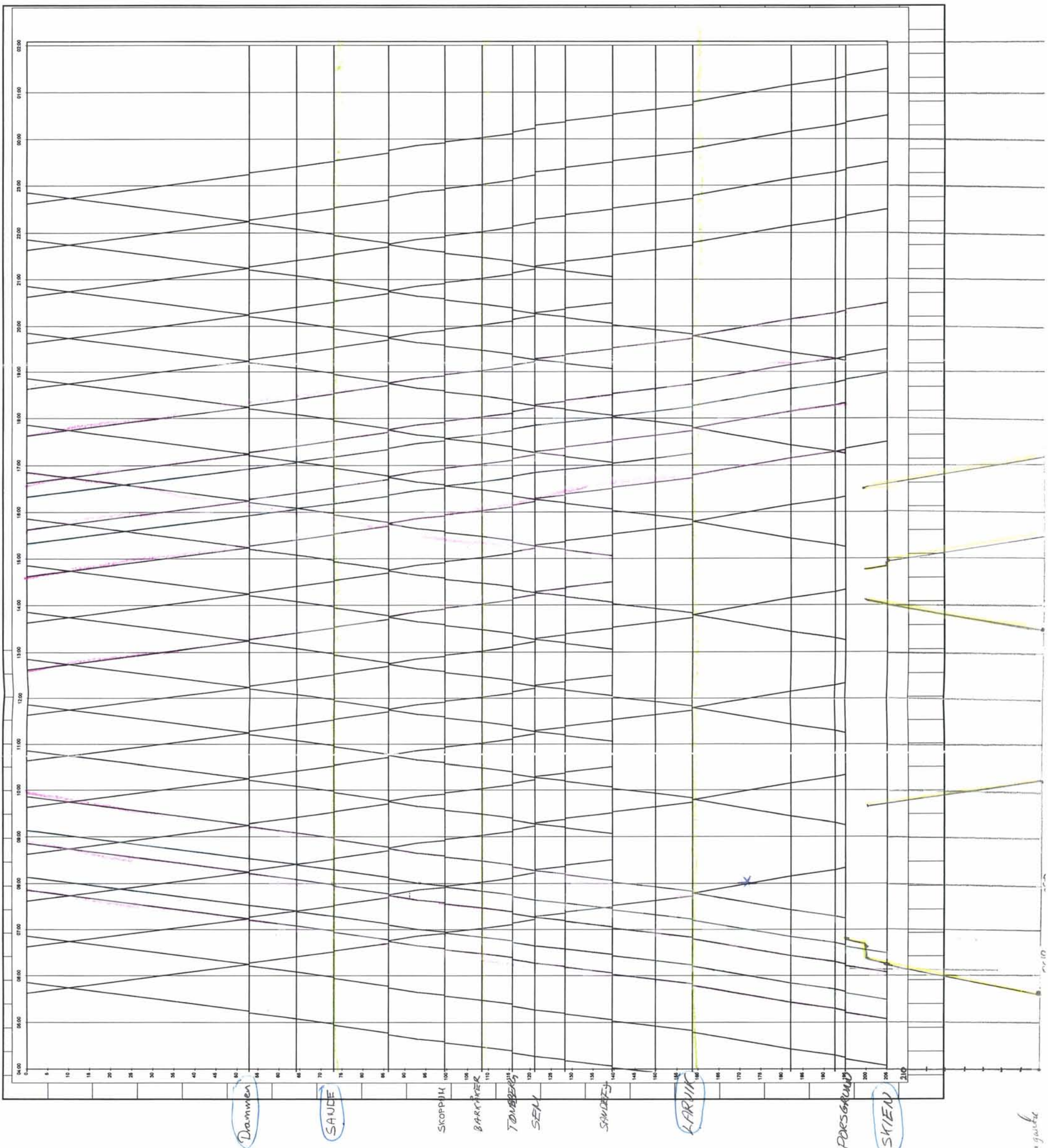
**Tabell v14**

<b>SIMULERING AV VESTFOLDBANEN</b>					
<b>RUTEPLAN : HØSTEN 1998</b>					
Driftssituasjon	1 aggregat ute i LARVIK				
kl = 1750					
t = 105s					
<b>PRODUKSJON</b>					
Matestasjon	P(MW)	Q(MVAr)	S(MVA)	SN(MVA)	I(A)
LARVIK	7,72	4,35	8,86	5,8	537
SANDE	4,61	0,73	4,67	5,0	311
<b>LASTUTTAK &amp; SPENNING</b>					
NODE	P(MW)	Q(MVAr)	U (KV)		
SKIEN	1,0	0,1	15,5		
FIKS 3	3,58	0,04	15,5		
L9A	2,15	0,02	15,0		
L9C	3,62	0,04	13,7		
HORTA	3,95	0,05	13,4		
SANDEA	1,83	0,02	15,0		
<b>STRØM I KL-ANLEGG</b>					
Retning	I (A)				
LARVIK - SKIEN	196				
LARVIK - SANDE	383				
SANDE - LARVIK	345				
SANDE - DRAMMEN	-170				



## **VEDLEGG 2**

### **PLANLAGT RUTEPLAN R98.2**



Innsatsstog EL18 (EL17) + 9 vogner

2 x BM 70

1 x BM 70

1 x EL14

## **VEDLEGG 3**

### **OVERSIKTSSKJEMA**