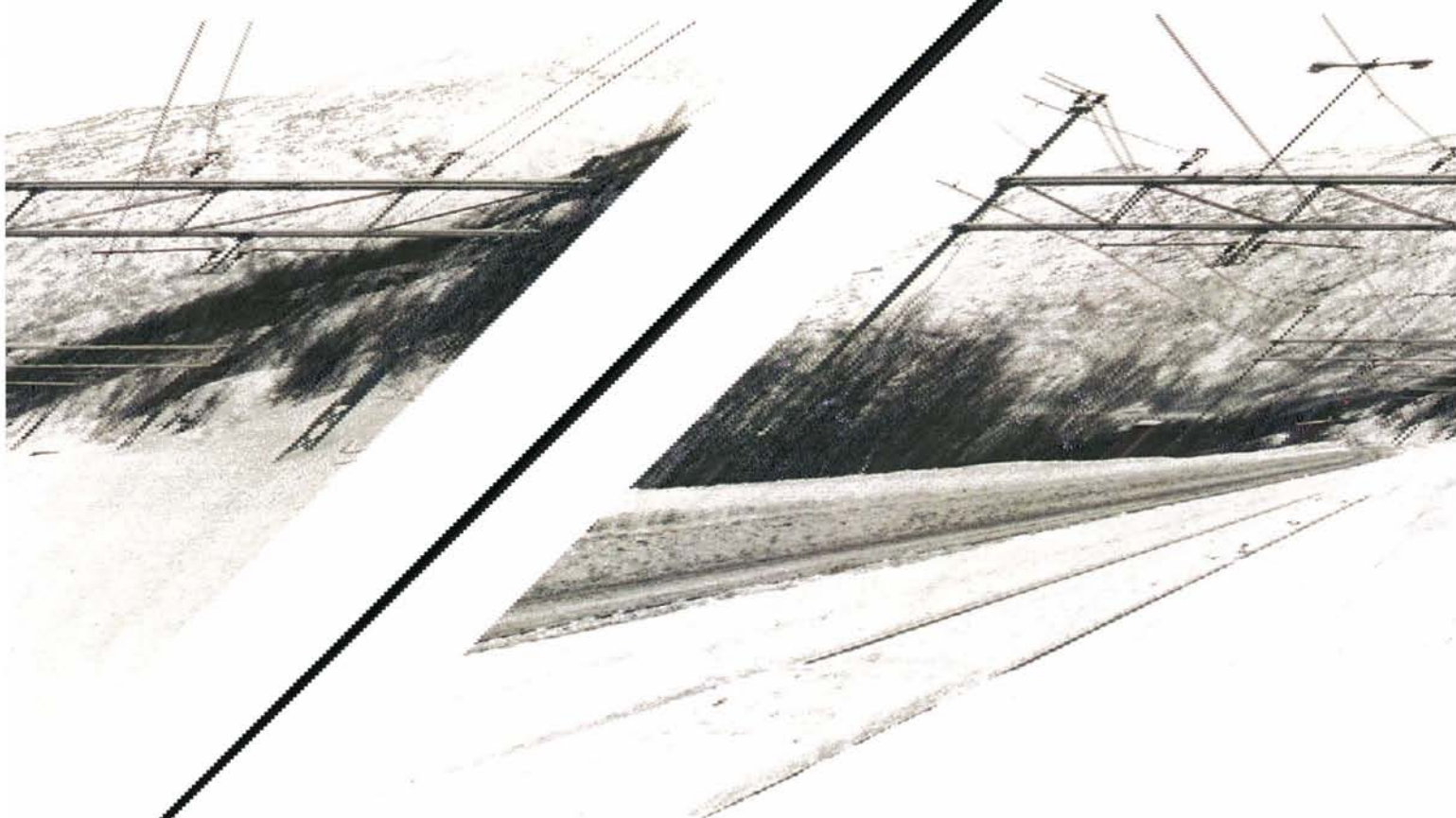


Ofofbanen

30 TONN *per* **Ofofbanen**



Rapport 3.9

INFRASTRUKTUR

Baneenergiforsyning

desember 1996



Jernbaneverket

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD -----	II
SAMMENDRAG -----	III
1. PROBLEMBESKRIVELSE -----	1
2. TILTAK SOM MÅ IVERKSETTES -----	2
2.1 VURDERTE ELEKTRONISKE ANLEGGSDELER -----	4
3. KOSTNADER -----	6
4. KONKLUSJON /ANBEFALINGER -----	10
5. VIDERE ARBEID -----	12
6. APPENDIKSLISTE -----	13

Eks. 1

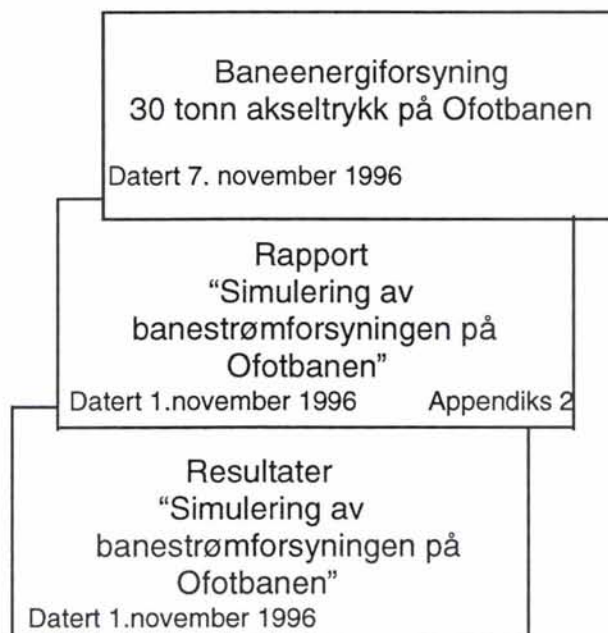
Handwritten text, possibly a title or heading, including the word "Ofotbanen".

FORORD

LKAB ønsker at aksellasten på Malmbanen og Ofotbanen økes fra 25 til 30 tonn og antall vogner økes fra 52 til 68 vogner for malmtog, dette for å effektivisere trafikkeringsopplegget i malmtransporten. Dette betyr at vekten for et fullastet malmtog uten lokomotiv øker fra 5200 tonn til 8160 tonn.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere baneenergiforsyningen på Ofotbanen ved økning av aksellast og antall vogner for malmtog. Rapporten skal også gi oversikt over hvilke tiltak som må gjøres for at baneenergiforsyningen skal være tilfredsstillende. Det vil også utarbeides et kostnadsoverslag for tiltakene som må gjøres. Kostnadsoverslaget har en usikkerhet på +/- 20%.

Dokument som er utarbeidet:



Bjørn M. Jarmund
Trondheim
7. november 1996

SAMMENDRAG

LKAB ønsker at aksellasten på Malmbanen og Ofotbanen økes fra 25 til 30 tonn og antall vogner økes fra 52 til 68 vogner for malmtog, dette for å effektivisere trafikkeringsopplegget i malmtransporten. Dette betyr at vekten for et fullastet malmtog uten lokomotiv øker fra 5200 tonn til 8160 tonn.

Økning av malmtogvekt sammen med nye ruteplaner og nytt lok medfører endring i energibehovet for fremføring av tog på Ofotbanen.

Denne rapporten gir en vurdering av baneenergiforsyningen på Ofotbanen og angir hvilke tiltak som må iverksettes for at baneenergiforsyningen skal være tilfredstillende ved økning av aksellast og vognantall for malmtogene. Rapporten gir også et kostnadsoverslag for de ulike tiltak, samt hvilke anleggsdeler som må vurderes når 30 tonn aksellast er innført.

Grunnlagsmaterialet for denne vurderingen er nye ruteplaner utarbeidet av Banverket ved David Larson, nytt malmlok, økt aksellast og økt vognantall for malmtog. Vi har også foretatt en tilstandsvurdering av de viktigste elektrotekniske anleggsdelene på Ofotbanen.

I forbindelse med vurderingen har Ingeniørtjenesten i samarbeid med BRN gjennomført to simuleringer av baneenergiforsyningen på Ofotbanen. Simuleringene er utført med simuleringsprogrammet OSLO/ VISION hos British Rail Research. Den første simuleringen ble gjennomført i januar 1996, her ble ideelle ruter benyttet. Den andre simuleringen ble gjennomført september 1996 og her ble avviksforhold fra ideell ruteplan studert nærmere, samt at en benyttet målte verdier for grunnmotstanden for malmvognerne. Vi har også studert en tettere trafikk enn hva de ideelle ruteplanene legger opp til. Grunnmotstandene er målt av SJ maskinlaboratoriet, rapporten har regnr. 9503-53g. Videre er det foretatt termiske målinger ved NTNU for å avgjøre om kl-anlegget og mateledninger tåler den høye intermitterende lasten som 30 tonn aksellast representerer. Dette arbeidet inngår i rapporten «Simulering av banestrømforsyningen på Ofotbanen» [appendiks 2].

Konklusjonen på disse vurderingene er at baneenergiforsyningen på Ofotbanen har tilstrekkelig kapasitet for økning av aksellasten fra 25 til 30 tonn forutsatt at endel tiltak settes i verk.

Tiltakene som må settes i verk er:

- Tiltak i Rombak omformerstasjon
- Utskifting av mateledninger
- Tiltak i kontaktledningsanleggene
- Tiltak i Narvik koblingshus

Omfanget av tiltakene er avhengig av hvilke forutsetninger en setter utover ideelle ruteplaner utarbeidet av BV. Kostnadene for tiltakene er estimert til fra kr 21 900 000,- til kr 30 060 000,- eksklusive avgifter.

Kostnadsestimatet har en nøyaktighet på +/- 20%. Det rimeligste alternativet omfatter alternativ A.

Det dyreste alternativet omfatter alternativ D.

Vi anbefaler at Ofotbanen forsterkes etter alternativ B med en kostnad på kr 22 900,- (i 1000 kr eksklusive avgifter)

Alternativ B omfatter:

- i) Forutsetter Ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.
- ii) En tettere ruteplan enn den som er utarbeidet av BV. Ideell rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med "nye malmlok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Vi forutsetter videre at tiltak i under- og overbygging ikke påvirker dagens kontaktledningsanlegg, såsom heving av spor, total utskifting av ballast m.v. Tunell strossing inngår i eget prosjektet.

Hvis 30 tonn aksellast innføres må en være oppmerksom på at det elektrotekniske utstyret i sporet vil utsettes for større krefter og vibrasjoner. Dette vil sannsynligvis medføre større vedlikeholdskostnader for dette utstyret, dette vil være sporfeltisolasjoner, impedansespoler, skinnejord osv.

Sameksistensen mellom strømvagter og kontakttråd må også vies oppmerksomhet pga. at strømvagting med effekter opp mot 10 MW kan medføre økt slitasje på kontakttråden grunnet lysbue mellom kontakttråd og strømvagter.

Vi anbefaler LKAB å fornye sitt kontaktledningsanlegg til minimum 100 mm² kontakttråd og 50 mm² bæreline der dette ikke er gjort.

1. PROBLEMBESKRIVELSE

LKAB ønsker at aksellasten på Malmbanen og Ofotbanen økes fra 25 til 30 tonn og antall vogner økes fra 52 til 68 vogner for malmtog, dette for å effektivisere trafikkeringsopplegget i malmtransporten. Dette betyr at vekten for et fullastet malmtog uten lokomotiv øker fra 5200 tonn til 8160 tonn.

Når aksellast og vognantall øker vil behovet for elektrisk energi til fremføring av malmtog øke. Nytt malmlok og endret trafikkmønster vil også ha innvirkning på energiuttak og spenningsforhold på kontaktledningsanlegget langs Ofotbanen.

Denne rapporten gir en vurdering av baneenergiforsyningen på Ofotbanen og angir hvilke tiltak som må iverksettes for at baneenergiforsyningen skal være tilfredstillende ved økning av aksellast og vognantall for malmtogene. Rapporten gir også et kostnadsoverslag for de ulike tiltak, samt hvilke anleggsdeler som må vurderes når 30 tonn aksellast er innført.

Rapporten "Simulering av banestrømforsyningen på Ofotbanen" har blitt fremlagt for sone Ofotbanen 16. april 1996. Personalet i Narvik har meget god driftserfaring med anleggene på Ofotbanen og det ble diskutert hvilke tiltak som må iverksettes som følge av de endrede forutsetningene.

2. TILTAK SOM MÅ IVERKSETTES

Tiltakende som må settes i verk er avhengige av en rekke faktorer såsom ruteplan, fremtidig trafikkøkning, overgangsfaser m.m.

For å belyse dette har vi valgt å definere ulike alternativer.

Disse er:

Alternativ A:

Forutsetter Ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ B:

Utover alternativ A omfatter dette alternativet en tettere ruteplan en den som er utarbeidet av BV. Ideell rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med "nye malmlok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ C:

Utover alternativ B omfatter dette alternativet en tettere ruteplan en den som er utarbeidet av BV. Ideell rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ D:

Ruteplan der en kan kjøre med stasjonsavstand. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok".

Vi har funnet ut til at følgende tiltak må gjennomføres for de ulike alternativene:

Alternativ A

Rombak Omformerstasjon

Utgående linjebrytere i omformerstasjonen må skiftes ut.

Bryterne må skiftes da økning av aksellasten kan medføre høyere strømmer enn hva dagens trykkluftbrytere er dimensjonert for (1200A merkestrøm). Simuleringer viser strømtopper opp til 1300A forutsatt $\cos\phi \approx 1,0$ (for nye malmlok).

Jordingen for Rombakk omformerstasjon må forbedres ved økt aksellast.

Regulatorer og vern må skiftes/innstilles ved økt aksellast. Dette på grunn av nytt materiell og endring i impedans for mateledninger og kontaktledningsanlegg.

Mateledninger / kabler

Narvik mateledning må byttes ved økt aksellast. Dette fordi den termisk vil overbelaste. Eksisterende mateledning tåler ikke normert påkjenning (640A, se [appendiks 2]). Kabler fra Narvik koblingshus til Fagerneslinja og LKAB må skiftes på grunn av at den blir overbelastet. Kabel på Straumsnes stasjon må skiftes av samme grunn.

Kontaktledningsanlegg

Kontaktledningsanlegget på Fagerneslinja må fornyes. Dette må gjøres pga. overbelastning og dårlig spenningsforhold.

Narvik koblingshus

Bryterne i koblingshuset må skiftes ut. Bryterne må skiftes da økning av aksellasten kan medføre høyere strømmer enn hva dagens brytere er dimensjonert for (600A).

Vern må skiftes/innstilles ved økt aksellast. Dette på grunn av nytt materiell og endring i impedans for mateledninger og kontaktledningsanlegg.

Alternativ B

Samme tiltak som for alternativ A. I tillegg må mateledning Bjørnefjell fornyes med større tverrsnitt.

Alternativ C

Samme tiltak som alternativ B. I tillegg må forsterkningsledning bygges på strekningen fra Narvik stasjon til Riksgrensen.

Alternativ D

Samme tiltak som alternativ C. I tillegg økt tverrsnitt for kablene Narvik koblingshus til LKAB og Fagernes. I tillegg må tverrsnittet økes på kabel Straumsnes stasjon.

2.1 VURDERTE ELEKTRONISKE ANLEGGSDELER

Figur 2.1.i og 2.1.ii angir hvilke elektrotekniske anleggsdeler som er vurdert i denne rapporten. Tabellen angir også hvilke tiltakstyper de ulike anleggsdeler kommer inn under.

Vi har definert følgende tiltakstyper:

Tiltakstype 1: Anleggsdel må skiftes/forbedres straks uavhengig av 30 t.

Tiltakstype 2: Anleggsdel må skiftes/forbedres før 30t iverksettes.

Tiltakstype 3: Anleggsdel må vurderes ved erfaring når 30t er innført.

Tiltakstype 4: Anleggsdel vurderes å tilfredstille krav til 30t forutsatt normalt/planlagt vedlikehold.

Figur 2.1.i Anleggsdeler i og ved Rombakk omformerstasjon

ANLEGGSDDEL	TYPE/STØRRELSE	TILTAK TYPE
TRANSFORMATOR 1 INNGÅENDE LINJE	S=15MVA 132/ kV	4
TRANSFORMATOR 2 INNGÅENDE LINJE	S=15MVA 132/ kV	4
OMFORMER NR.1 M/TILHØRENDE UTSTYR	ASEA 10MVA	4
OMFORMER NR.2 M/TILHØRENDE UTSTYR	ASEA 5.6 MVA	4
OMFORMER NR.3 M/TILHØRENDE UTSTYR	ASEA 10 MVA	4
KONTROLL- UTRUSTNING	ASEA	2
2 STK. TRANSF. UTGÅENDE APPARAT VOGN	PER KURE 10 MVA	4
1 STK. TRANSF. UTGÅENDE APPARAT VOGN	PER KURE 6.5 MVA	4
KABLER I OMFORMERST.	PAPIRISOLERT 3 x 240 CU 1 x 150 CU	4
BRANN- SLUKKINGSUTSTYR	CO ₂ - ANLEGG	4
BRYTERE I OMFORMERST.	TRYKKLUFT HTJB	2
OMFORMER BYGG	BETONG	4
KJØLEANLEGG/ VIFTER-SPJELD		4
LOKALTRANSF.	NATIONAL 200 KVA	4
STASJONSBATTERI	NIFE	4
JORDING	STASJONSJORD	2

Figur 2.1.ii Anleggsdeler på fri linje og Narvik koblingshus

ANLEGGSDDEL	TYPE/STØRRELSE	TILTAK TYPE
KL-ANLEGG FRI LINJE KM 4.64 - 41.90	SYSTEM TABELL 54 KONTAKTTRÅD: O - FORM/100 CU BÆRELINE: 7 TRÅD /50 CU MASTER: STÅL/ B2, H2	4
KL -ANLEGG STASJONER	SYSTEM TABELL 54 KONTAKTTRÅD: 8 FORM /80 CU BÆRELINE: 7 TRÅD /50 CU MASTER: STÅL	4
KL -ANLEGG FAGERNESLINJEN	SYSTEM TABELL 54 KONTAKTTRÅD: 8 FORM /80 CU BÆRELINE: 7 TRÅD /50 CU MASTER: STÅL	2
MATELEDNING ML. BJØRNEFJELL ML. NARVIK	2 x 60 CU LINE	4(2) 2
MASTER/ ISOLATORER	FLETTVERK/ HENGEKJEDE	
MATELEDNING ML. STRAUMSNES ML. KATTERAT	1 x 150 AL	4
MASTER/ ISOLATORER	TRE/PIGG	
MATEKABLER NARVIK KOBL.HUS STRAUMSNES ST.	FAGERNESLINJA 1 x 95 CU LKAB 1 x 95 CU	2
LINJEBRYTERE	ASEA - SIEMENS	4
BRYTERE M/VERN NARVIK KOBLINGSHUS	OLJEFATTIGE	2
IMPEDANSEPOLER	600 A OG 380 A	3
JORDINGSSYSTEM	SKINNEJORD	3
SAMEKSISTENS STRØMAVTAGER/ KONTAKTTRÅD		3
MEKANISK PÅKJENNINGER PÅ UTSTYR I SPOR	-SPORFELTISOLASJON -IMPEDANSEPOLER -PINNELODDING	3

3. KOSTNADER

Kostnadsoverslagene er basert på «Planleggingsbok for fordelingsnett» utarbeidet av Energiforsynings Forsknings Institutt (EFI) og erfaringstall som Jernbaneverket BRN bruker i sitt hovedplanarbeid. Se [appendiks 1]. Vi forutsetter her at tiltak i under- og overbygging ikke påvirker dagens kontaktledningsanlegg. Tunnel crossing inngår i eget prosjektet.

Kostnadene er inndelt etter følgende tiltakstyper i 1000 NOK:

- Tiltakstype 1: Anleggsdel må skiftes/forbedres straks uavhengig av 30 t.
Tiltakstype 2: Anleggsdel må skiftes/forbedres før 30t iverksettes.
Tiltakstype 3: Anleggsdel må vurderes ved erfaring når 30t er innført.
Tiltakstype 4: Anleggsdel vurderes å tilfredstille krav til 30t forutsatt normalt/planlagt vedlikehold.

Alternativ A

Kostnader tiltakstype 1: kr 0,-

Kostnader tiltakstype 2:

Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310,-
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600,-
Jording Rombakk	kr	100,-
Brytere Narvik koblingshus	kr	500,-
Mateledning Narvik	kr	3 440,-
Kabel Narvik - Fagernes/LKAB	kr	510,-
Kabel Straumsnes stasjon	kr	110,-
KI-anlegg Fagerneslinjen m/forsterkningsledning	kr	3 450,-

Kostnader tiltaksgruppe 3: "Ikke vurderbar"

Kostnader tiltaksgruppe 4:

Mateledning Bjørnefjell 70 FeAl	kr	3 500,-
KI-anlegg Straumsnes stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Bjørnefjell stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Katterat stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Rombakk stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Narvik stasjon	kr	1 000,-

Prosjekt adm. 5% kr 880,-

Uforutsett 20% kr 3 500,-

Totale kostnader u/avgift i 1000 NOK kr 21 900,-

Alternativ B

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0,-
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310,-
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600,-
Jording Rombakk	kr	100,-
Brytere Narvik koblingshus	kr	500,-
Mateledning Narvik	kr	3 440,-
Kabel Narvik - Fagernes	kr	510,-
Kabel Straumsnes stasjon	kr	110,-
Kl-anlegg Fagerneslinjen m/forsterkningsledning	kr	3 450,-
Mateledning Bjørnefjell tillegg for 90 FeAl	kr	800,-
Kostnader tiltaksgruppe 3: "Ikke vurderbar"		
Kostnader tiltaksgruppe 4:		
Mateledning Bjørnefjell 70 FeAl	kr	3 500,-
Kl-anlegg Straumsnes stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Bjørnefjell stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Katterat stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Rombakk stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Narvik stasjon	kr	1 000,-
Prosjekt adm. 5%	kr	920,-
Uforutsett 20%	kr	3 660,-
Totale kostnader u/avgift i 1000 NOK	kr	22 900,-

Alternativ C

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0,-
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310,-
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600,-
Jording Rombakk	kr	100,-
Brytere Narvik koblingshus	kr	500,-
Mateledning Narvik	kr	3 440,-
Kabel Narvik - Fagernes	kr	510,-
Kabel Straumsnes stasjon	kr	110,-
KI-anlegg Fagerneslinjen m/forsterkningsledning	kr	3 450,-
Mateledning Bjørnefjell tillegg for 90 FeAl	kr	800,-
Forsterkningsledning Narvik st. - Riksgrensen	kr	5 550,-
Kostnader tiltaksgruppe 3: "Ikke vurderbar"		
Kostnader tiltaksgruppe 4:		
Mateledning Bjørnefjell 70 FeAl	kr	3 500,-
KI-anlegg Straumsnes stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Bjørnefjell stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Katterat stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Rombakk stasjon	kr	1 000,-
KI-anlegg Narvik stasjon	kr	1 000,-
Prosjekt adm. 5%	kr	1 190,-
Uforutsett 20%	kr	4 770,-
Totale kostnader u/avgift i 1000 NOK	kr	29 830,-

Alternativ D

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0,-
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310,-
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600,-
Jording Rombakk	kr	100,-
Brytere Narvik koblingshus	kr	500,-
Mateledning Narvik	kr	3 440,-
Kabel Narvik - Fagernes	kr	510,-
Kabel Straumsnes stasjon	kr	110,-
Kl-anlegg Fagerneslinjen m/forsterkningsledning	kr	3 450,-
Mateledning Bjørnefjell tillegg for 90 FeAl	kr	800,-
Forsterkningsledning Narvik st. - Riksgrensen	kr	5 550,-
Økt tverrsnitt matekabler	kr	180,-
Kostnader tiltaksgruppe 3: "Ikke vurderbar"		
Kostnader tiltaksgruppe 4:		
Mateledning Bjørnefjell 70 FeAl	kr	3 500,-
Kl-anlegg Straumsnes stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Bjørnefjell stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Katterat stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Rombakk stasjon	kr	1 000,-
Kl-anlegg Narvik stasjon	kr	1 000,-
Prosjekt adm. 5%	kr	1 200,-
Uforutsett 20%	kr	4 810,-
Totale kostnader u/avgift i 1000 NOK	kr	30 060,-

4. KONKLUSJON /ANBEFALINGER

For at baneenergiforsyningen for Ofotbanen skal bli tilfredstillende ved økning av aksellasten fra 25 til 30 tonn, må følgende tiltak settes i verk:

- Tiltak i Rombak omformerstasjon
- Utskifting av mateledninger
- Tiltak i kontaktledningsanleggene
- Tiltak i Narvik koblingshus

Tiltakenes omfang er avhengig av hvilke forutsetninger en setter utover ideelle ruteplaner. Ut fra dette har vi valgt å definere følgende alternativer:

Alternativ A:

Forutsetter Ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ B:

Utover alternativ A omfatter dette alternativet en tettere ruteplan en den som er utarbeidet av BV. Ideell rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med "nye malmløk". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ C:

Utover alternativ B omfatter dette alternativet en tettere ruteplan en den som er utarbeidet av BV. Ideell rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok". Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog av gangen(tomtog eller olivintog) på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Alternativ D:

Ruteplan der en kan kjøre med stasjonsavstand. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med "noen nye lok og noen gamle lok".

Kostnadene for de ulike alternativene er i 1000 kr eksklusive avgifter.

Alternativ A: kr 21 900,-
Alternativ B: kr 22 900,-
Alternativ C: kr 29 830,-
Alternativ D: kr 30 060,-

Vi anbefaler at Ofotbanen forsterkes etter alternativ B med en kostnad på kr 22 900,- (i 1000 kr eksklusive avgifter)

Vi forutsetter her at tiltak i under- og overbygging ikke påvirker dagens kontaktledningsanlegg, såsom heving av spor, total utskifting av ballast m.v.

Tunellstrossing inngår i eget prosjekt.

Vi anbefaler LKAB å fornye sitt kontaktledningsanlegg til minimum 100 mm² kjøretråd og 50 mm² bæreline der dette ikke er gjort.

5. VIDERE ARBEID

Når aksellasten øker er det nærliggende å tro at det oppstår større mekaniske påkjenninger på banelegemet som igjen kan medføre større vedlikeholdskostnader for elektroanleggene.

Dette gjelder for eksempel jording, sporfeltisolasjon og tilkoblinger for impedansespoler.

Kostnader for dette er det ikke mulig å forutsi med dagens kunnskap.

Det må klarlegges hvorvidt tiltak i under-/overbyggnig påvirker elektroanleggene på Ofotbanen, såsom heving av spor, total utskifting av ballast m.v.

6. APPENDIKSLISTE

- Appendiks 1 - Kostnadsoverslag for tiltak (2 sider)
- Appendiks 2 - Rapport - Simulering av
banestrømforsyningen på Ofotbanen
(Utarbeidet av NSB Bane,
Ingeniørtjenesten) - 84 sider

APPENDIKS 1

**Kostnadsoverslag for tiltak
2 sider**

Kostnader

Kostnadsoverslagene er basert på «Planleggingsbok for fordelingsnett» utarbeidet av Energiforsyningens Forsknings Institutt (EFI) og erfaringstall fra hovedplanarbeid utført av NSB BRN (se også kostnadsoverslag i hovedplan "KRYSNINGSBELTE LANGSVEEN BRU - ØYER" av mars 1996 utarbeidet av Ingeniørtjenesten).

Kostnadene for nytt kontaktledningsanlegg, system 20, er estimert til kr 1.000.000,- pr.km (eksklusiv avgifter). Dette er i samsvar med erfaringstall som NSB BRN bruker i sine hovedplaner.

Tiltak			1000 kr		
	Antall	1000kr/stk	Arbeid	Utstyr	Totalt
Rombak omformerstasjon					
Utskifting av brytere	5	100	100	-	600
Forbedring av jording	-	-	50	50	100
Vern	1	-	50	50	100
Regulatorer	3	20	50	-	110
	Km	1000kr/km	Arbeid	Utstyr	Totalt
Mateledninger					
Bjørnefjell (2 x FeAl 70)	20	175	inkl.	inkl.	3.500
Bjørnefjell (2 x FeAl 95)	20	215	inkl.	inkl.	4.300
Narvik (2 x FeAl 90)	16	215	inkl.	inkl.	3.440
Kabel Narvik-Fagernes 2x240	0,7	365	inkl.	inkl.	255
Kabel Narvik-Fagernes 3x240	0,7	470	inkl.	inkl.	329
Kabel Narvik-LKAB 2x240	0,7	365	inkl.	inkl.	255
Kabel Narvik-LKAB 2x240	0,7	470	inkl.	inkl.	329
Kabel Straumsnes st. 2x240	0,3	365	inkl.	inkl.	110
Kabel Straumsnes st. 2x240	0,3	470	inkl.	inkl.	141
	Km	1000kr/km	Arbeid	Utstyr	Totalt
Kontaktledningsanlegg					
Fagernes linjen <small>m/forsterk 240 FeAl</small>	3	1.150	inkl.	inkl.	3.450
Straumsnes st.	1	2.000	inkl.	inkl.	1.000
Bjørnefjell st.	1	2.000	inkl.	inkl.	1.000
Katterat st.	1	2.000	inkl.	inkl.	1.000
Rombak st.	1	2.000	inkl.	inkl.	1.000
Narvik st	1	1.000	inkl.	inkl.	1.000
Narvik st. - Bjørnef. Forsterkningsl. 240 FeAl	37	150	inkl.	inkl.	5.550
	Antal	1000kr/stk	Arbeid	Utstyr	Totalt
Narvik koblingshus					
Utskifting av brytere	4	100	100	-	500
Vern		-	50	50	100

Kostnader u/avgift i 1000 kr for nødvendige tiltak i baneenergiforsyningen ved økning av aksellasten på Ofotbanen.

VEDLEGG 4

Planleggingsbok for fordelingsnett
Utdrag fra bind III, del 1: Kostnadskatalogen,
med kostnadsnivå januar 1994

KOPIBESKYTTET

APPENDIKS 2

Rapport

Simulering av banestrømsforsyningen på Ofotbanen.

84 sider



SIMULERING AV BANESTRØMFORSYNINGEN

PÅ

OFOTBANEN

**NSB Bane
Ingeniørtjenesten**

SIMULERING AV BANESTRØMFORSYNINGEN

PÅ

OFOTBANEN

Oppdragsgiver: NSB Baneregion Nord

Prosjekt: Simulering av banestrømforsyningen på Ofotbanen
& Videre simulering på Ofotbanen

Rapport nr.:

Dato: 04.11.1996

Rapporten omhandler (stikkord):

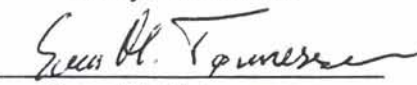
Simulering av banestrømforsyningen på Ofotbanen i forbindelse med å øke aksellasten fra 25 til 30 tonn.

For NSB Ingeniørtjenesten

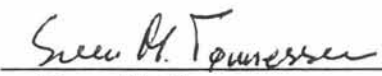
Prosjektansvarlig:


Kolbjørn Løfthus

Prosjektleder:


Sven M. Tønnessen

Rapport utarbeidet av:


Sven M. Tønnessen

Dato for siste revisjon:

Revisjon nr.: 00

Antall sider: 15 + 28

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

Sentralbord: 23 15 15 33
Telefax: 23 15 18 31

Telegram: Jernbanestyret
Telex: 71 168 nsbdc n

Postgiro: 0823.07.61494
Bankgiro: 8200.01.03183

SAMMENDRAG

I forbindelse med at LKAB i Kiruna begynner på nytt hovednivå (1000m) ønsker de å se på mulighetene for å øke aksellasten på malmbanen fra 25 til 30 tonn. I denne forbindelse ble det utført simuleringer av banestrømforsyningen for Ofotbanen.

Rapporten inneholder to delrapporter :

«Simulering av Ofotbanen, Del 1» simulerer dagens og fremtidige ruteplaner utarbeidet av BV
«Simulering av Ofotbanen, Del 2» simulerer avviksforhold for fremtidig ruteplaner.

Etter gjennomgang av begge delrapportene konkluderes det med følgende forsterkninger av banestrømforsyningen på Ofotbanen.

Tiltak som må iverksettes og forbedringer som må utføres:

- Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus
- Brytere Rombakk omformerstasjon
- Jording Rombakk omformerstasjon
- Brytere Narvik koblingshus
- Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95
- Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 95 (tillegg)
- Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 2x 240 mm² AL
- Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 2x 240 mm² AL
- Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm² CU inkl master.
- Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm² Al
- Kabel forbiføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm² Al

Totalt kostnader w/avgifter for å tilfredstille anbefalingen er på kr. 16 650 000,- NOK.

Spesifisert arbeid/utskiftninger er gitt i kapittel 5.6 i «Simulering av Ofotbanen, Del 2».

Spesifiserte kostnader er gitt i kapittel 6 i «Simulering av Ofotbanen, Del 1».

Det er her spesifisert de endringer i banestrømforsyningen som må iverksettes før idriftsettelse av fremtidige ruteplaner med 30 tonns aksellast.

Forsterkningene dekker følgende:

- i) Forutsetter ideelle ruter, utarbeidet av BV. Forsterkningene dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». Det forutsettes at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.
- ii) En tettere ruteplan enn den som er skissert av BV. Ideel rute utarbeidet av BV kan kjøres på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med «nye malmlok». Det forutsettes at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Kapasitet for Rombakk omformerstasjon:

Etter gjennomgang av begge delrapportene konkluderes det videre med at **dagens** installerte ytelse på 5,8 + 2x10 MVA er tilstrekkelig og nødvendig installert ytelse i Rombakk omformerstasjon.

INNHOLD:

Simulering av Ofotbanen, Del 1.

Rapport

Vedlegg

Simulering av Ofotbanen, Del 2.

Rapport

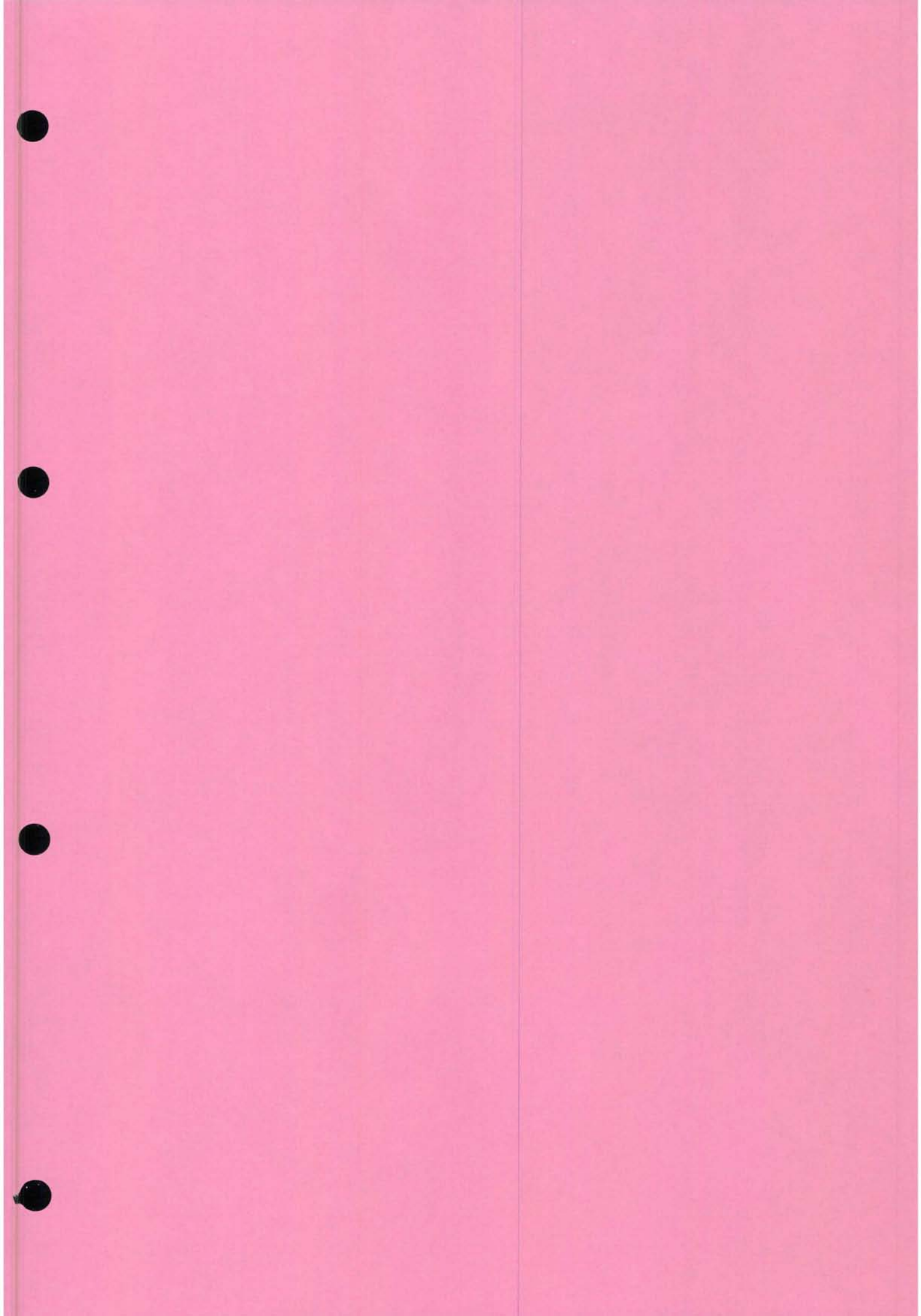
Vedlegg

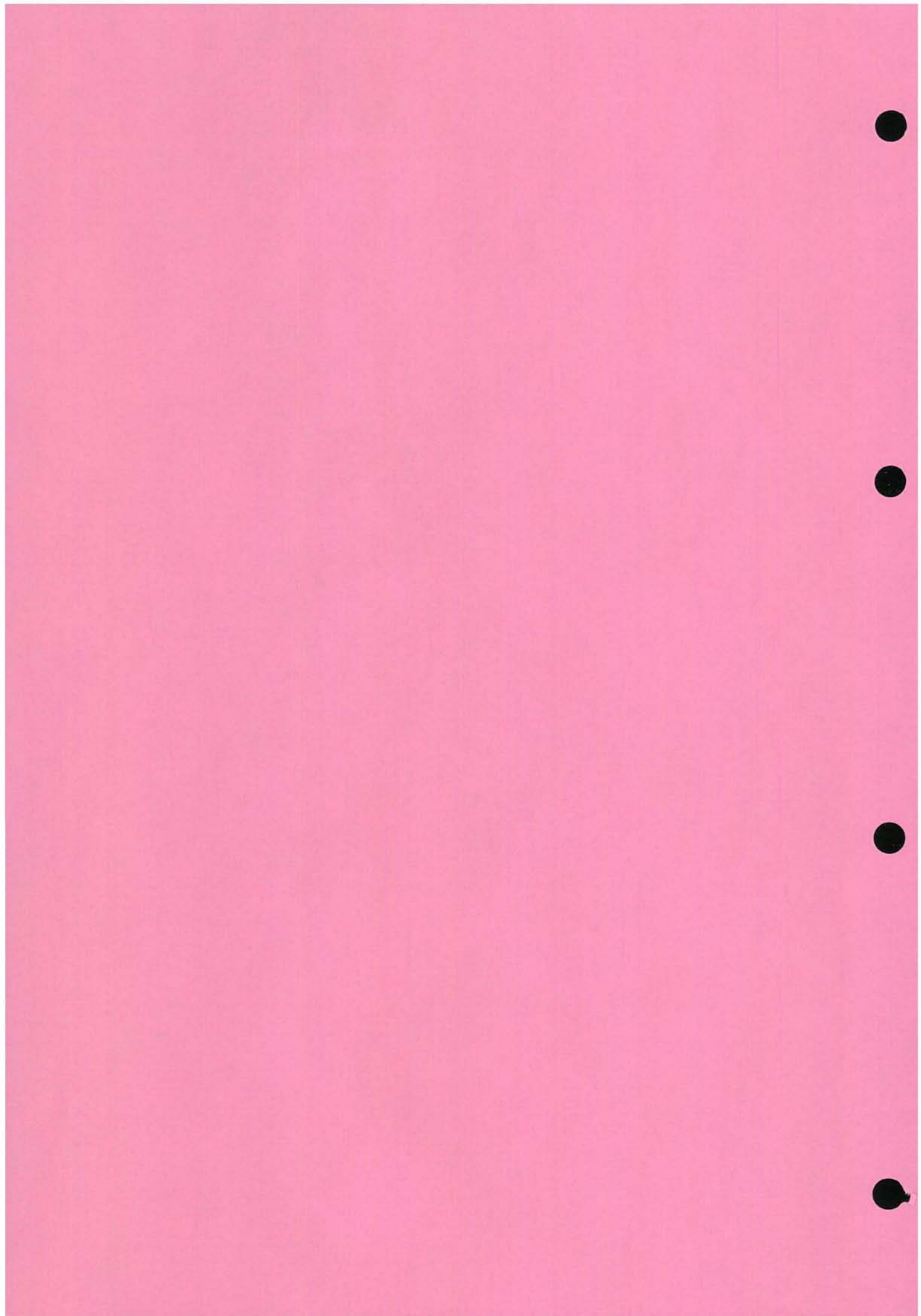
Utskrifter fra simuleringene er gitt i egen del:

Simulering av banestrømforsyningen på Ofotbanen: Utskrifter.

Simulering av Ofotbanen, Del 1: Utskrifter.

Simulering av Ofotbanen, Del 2: Utskrifter.





SIMULERING AV OFOTBANEN, DEL 1

SAMMENDRAG

I forbindelse med at LKAB i Kiruna begynner å bryte malm på nytt hovednivå (1000m) ønsker de å se på muligheten for å øke aksellasten på malmbanen fra 25 til 30 tonn. Det er startet et norsk - svensk samarbeidsprosjekt som skal se på overgangen fra 25 til 30 tonn aksellast. Dagens malmtog kjøres med 2*EL15 eller Dm3 lokomotiv. Med en økning i aksellasten er det forutsatt nytt materiell for fremføring av malmtogene.

Fremtidige ruteplaner med økt aksellast og nytt materiell er utarbeidet av Banverket v/David Larsson.

Det er utført simuleringer/beregninger av banestrømforsyningen hos British Rail Research i Derby, England. Datamaskinprogrammet VISION/OSLO simulerer banestrømforsyningen ut ifra en gitt ruteplan. Det er utført simuleringer med 4 forskjellige alternativer.

I VISION/OSLO er det lagt inn data for vertikalkurvatur, hastighet, signaler og elektriske data for strekningen fra Fagernes til Stenbacken. Det er også lagt inn modeller av det elektriske materialet som går på Ofotbanen.

Arbeidet er utført i samarbeid mellom BrN teknisk avdeling i Trondheim, sone Ofotbanen, Banverket og Ingeniørtjenesten.

Kapasitetsvurderinger:

I simuleringene er det forutsatt en installert ytelse i Rombak omformerstasjon lik $5.8 + 10$ MVA.

Under forutsetning av at aggregatene i Rombak omformerstasjon deler lasten likt i forhold til nominell ytelse vil det ikke gi utfall av omformerstasjonen dersom maksimal aksellast økes fra 25 til 30 tonn. Forutsetningene for de fremtidige ruteplanene er gitt i kapittel 3.

Rombak omformerstasjon er hardt belastet med toppverdier på mellom 1000 og 1300 A. Det anbefales å ha en installert ytelse i Rombak omformerstasjon på $2*5.8 + 10$ MVA.

Det vises også til kapittel 5.4 angående beregning av effektreserve i Rombak omformerstasjon.

Nytt kontaktledningsanlegg med 100 mm^2 Cu kontakttråd og 50 mm^2 Cu bæreline har en maksimal kontinuerlig belastning lik 600 A. På fri linje på Ofotbanen er det kontaktledningsanlegg med 100 mm^2 Cu kontakttråd og 50 mm^2 Cu bæreline. På enkelte stasjoner er det 80 mm^2 Cu kontakttråd. Den beregnede gjennomsnittlige belastningen i kontaktledningsanlegget tilsier at kl-anlegget ikke overbelastes termisk.

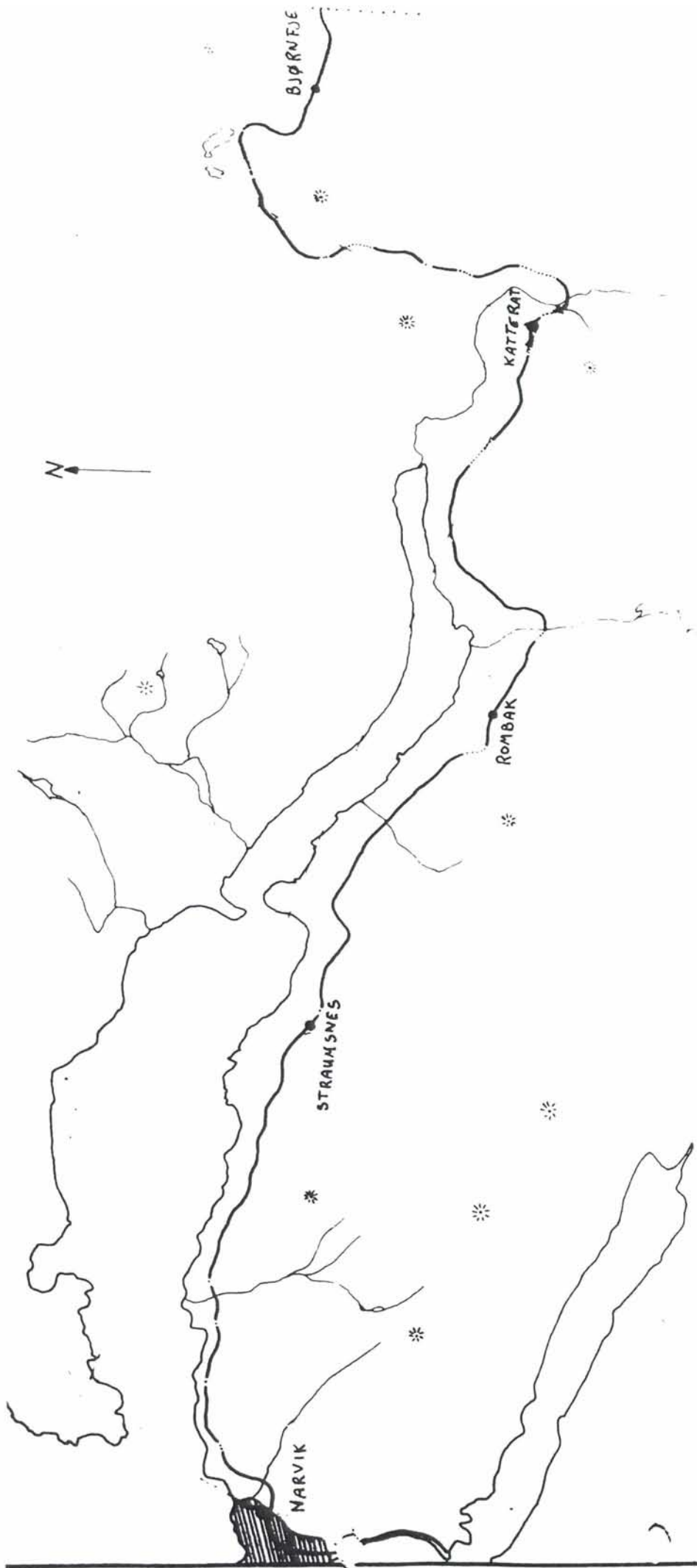
På Ofotbanen er det 600 A impedansespole. I henhold til kravspesifikasjonen for en 600 A impedansespole, skal denne klare 950 A i 30 minutter og 1600 A i 5 minutter uten å overbelastes. Dette tilsier at impedansespole på Ofotbanen ikke overbelastes. På grunn av usikkerhet om virkemåte, overbelastbarhet, etc. bør dette utredes videre.

Det er fare for å overlaste $1 \times 95 \text{ mm}^2$ Cu kablen som går fra Narvik koblingshus til linjen Fagernes - Narvik.

Spenningsforhold

Med nytt materiell for fremføring av malmtogene er det kun på strekningen fra Fagernes til Rombak at det er registrert lav spenning. Dersom togførere gis pålegg om redusere pådraget under oppstart fra Fagernes eventuelt Narvik, er det tilfredsstillende spenning også på strekningen fra Fagernes til Rombak.

Det er forutsatt at de nye malmtogene reduserer effektuttaket ved lave spenninger som vist i vedlegg 2.



FIGUR 1.0 : OFOTBANEN

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	2
INNHALDSFORTEGNELSE	4
1 INNLEDNING	5
1.1 BAKGRUNN	5
1.2 MÅLSETTING.....	5
1.3 ARBEIDETS OMFANG.....	5
2 FORUTSETNINGER	6
2.1 INFRASTRUKTUR.....	6
2.1.1 Banestrekninger.....	6
2.1.2 Hastighet	6
2.2 ELEKTRISK	6
2.2.1 Omformerplassering, kontaktledning og mateledninger.....	6
2.2.2 Overliggende trefasenett	6
2.3 TOGMATERIELL OG RUTEPLAN.....	6
2.3.1 Ruteplan	6
2.3.2 Rullende materiell	7
2.4 TEKNISKE KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN	7
3 SIMULERINGSALTERNATIVER	8
4 REPRESENTASJON AV STRØMFORSYNINGSSYSTEMET I VISION-OSLO	9
4.1 REPRESENTASJON AV OMFORMERSTASJONENE.....	9
4.2 REPRESENTASJON AV KONTAKTLEDNINGSANLEGGET	9
4.3 MODELLER FOR ELEKTRISK MATERIELL	9
5 RESULTATER	10
5.1 BELASTNING I ROMBAK OMFORMERSTASJON	10
5.2 MÅLINGER PÅ EKSISTERENDE BANESTRØMFORSYNING.	11
5.3 SPENNINGSFORHOLD	12
5.4 EFFEKTRESERVE.....	12
6 KONKLUSJON	13
7. LITTERATURLISTE	14
8. VEDLEGGSLISTE:	15

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

I forbindelse med at LKAB i Kiruna begynner å bryte malm på nytt hovednivå (1000m) ønsker de å se på muligheten for å øke aksellasten på malmbanen fra 25 til 30 tonn. Det er startet et norsk - svensk samarbeidsprosjekt som skal se på overgangen fra 25 til 30 tonn aksellast.

1.2 MÅLSETTING

Målet for prosjektet er å klarlegge om eksisterende banestrømforsyning er tilstrekkelig for fremføring av malm med nye lokomotiv og dersom maksimal aksellast økes fra 25 til 30 tonn.

1.3 ARBEIDETS OMFANG

Det er utført simuleringer av banestrømforsyningen hos British Rail Research i Derby, England. Datamaskinprogrammet VISION/OSLO simulerer banestrømforsyningen ut ifra en gitt ruteplan. Det er utført simuleringer med 4 forskjellige alternativer.

I VISION/OSLO er det lagt inn data for vertikalkurvatur, hastighet, signaler og elektriske data for strekningen fra Fagernes til Stenbacken. Det er også lagt inn modeller av det elektriske materiellet som går på Ofotbanen.

I tillegg til dagens ruteplan er det utført simuleringer med 2 forskjellige fremtidige ruteplaner.

For alle alternativer er det tatt utskrifter av sum enfasestrøm, aktiv og reaktiv effekt i Rombak omformerstasjon, samt utskrifter av strømmen i de forskjellige mateledningene langs Ofotbanen. I tillegg er det tatt utskrifter av spenning (på pantografen) over et utdrag av tog.

2 FORUTSETNINGER

2.1 INFRASTRUKTUR

2.1.1 Banestrekninger

Det er tatt utgangspunkt i eksisterende bane mellom Fagernes og Stenbacken, som vist i figur 1.0.

2.1.2 Hastighet

Det er brukt dagens hastigheter.

2.2 ELEKTRISK

2.2.1 Omformerplassering, kontaktledning og mateledninger

I alle simuleringene er det forutsatt eksisterende omformerstasjoner ved Rombak (km. 20.4 fra Fagernes), Tornehamn (km. 63 fra Fagernes) og Stenbacken (km 110 fra Fagernes).

Kontaktledningsanlegget på Ofofbanen er delt opp i seksjoner som hver mates fra Rombak omformerstasjon, via mateledninger. All returstrøm føres tilbake til omformerstasjonen i skinnene. På Ofofbanen er det 600 A impedansespoler, men det er ikke sugetransformatorer. I vedlegg 1 er det vist koblingsskjema for strekningen Rombak - Bjørnefjell.

På fri linje er det kontaktledningsanlegg med 100 mm² Cu kontakttråd og 50 mm² Cu bæreline. På alle stasjoner er det 80 mm² Cu kontakttråd.

I simuleringene er det forutsatt samkjøring med Sverige.

2.2.2 Overliggende trefasenett

I simuleringene er det forutsatt et stivt trefasenett.

2.3 TOGMATERIELL OG RUTEPLAN

2.3.1 Ruteplan

Det er brukt 3 forskjellige ruteplaner i simuleringene, derav 2 fremtidige ruteplaner i tillegg til dagens ruteplan. Det har en stor innvirkning på strømforsyningen hvordan de forskjellige lokførere kjører. På Ofofbanen har alle togførere pålegg om å være forsiktig med pådraget under oppstart og ved akselerasjon. I simuleringens programmet VISION/OSLO kjører alle togførere i utgangspunktet med maksimalt pådrag under oppstart og ved akselerasjon. I programmet er det mulig å redusere trekraften under oppstart/akselerasjon for å bedre etterligne de virkelige forhold.

I dagens ruteplan er alle malmtog kjørt med 2*EL15. Malmtogene har vogner med en aksellast på 25 tonn. I simuleringer med dagens ruteplan er det lagt inn forbehold om at enkelte malmtog har redusert trekraft under oppstart/akselerasjon. (se kapittel 5.2)

I fremtidig ruteplan nr. 1 og 2 er det forutsatt nytt materiell for fremføring av malmtogene. Aksellast er økt fra 25 til 30 tonn. Vedlegg 2 viser trekraftkurver og strømforbruk for det nye malmtoget.

Vedlegg 3 viser eksisterende ruteplan (R95) for Ofotbanen.

Vedlegg 4 viser fremtidig ruteplan nummer 1.

Vedlegg 5 viser fremtidig ruteplan nummer 2.

Vedlegg 7 viser en test-ruteplan med 2 malmtog (tomtog) etter hverandre fra Fagernes til over riksgrensen.

Fremtidige ruteplaner med økt aksellast og nytt materiell er utarbeidet av Banverket v/David Larsson.

2.3.2 Rullende materiell

Dagens ruteplan

Malmtog m/last:	2*EL15 + 5200 t
Malmtog u/last:	2*EL15 + 1040.t
Olivintog:	2*EL15 + 2080 t

Are tog:	Rc4 + 800 t
	Rc4 + 500 t

Persontog:	Type 69 m/3 vogner
	Rc4 + 6 vogner

Fremtidig ruteplan nr. 1 og nr. 2

Malmtog m/last:	Nytt malmtog + 8160 t
Malmtog u/last:	Nytt malmtog + 1360 t
Olivintog:	Nytt malmtog + 2400 t

Are tog:	Rc4 + 820 t
	Rc4 + 620 t

Persontog:	Type 69 m/3 vogner
	Rc4 + 6 vogner

2.4 TEKNISKE KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN

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

- Spenningen på strømvogter må ikke underskride en gitt verdi. Iht. IEC publikasjon nr 850 er nedre grense satt til 12,0 kV. Ved prosjektering av nye anlegg bør en legge seg på en høyere grense. Denne grensen er av NSB 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 trafikk.

Viser også til kapittel 5.4 angående beregning av effektreserve i omformerstasjonene.

3 SIMULERINGSALTERNATIVER

Simuleringsalternativ 1:

Eksisterende bane fra Fagernes til Abisko i Sverige og med dagens ruteplan (R95).

Simuleringsalternativ 2:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med fremtidig ruteplan nr. 1

Simuleringsalternativ 3:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med fremtidig ruteplan nr. 2

Simuleringsalternativ 4:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med test-ruteplan (vedlegg 7)

4 REPRESENTASJON AV STRØMFORSYNINGSSYSTEMET I VISION-OSLO

4.1 REPRESENTASJON AV OMFORMERSTASJONENE

I simuleringene, er det for omformerstasjonene brukt en modell som gir tilnærmet konstant utmatet spenning lik 16,5 kV og med økende fasesakking/fasevinkel ved økende last. Vedlegg 6 viser fasevinkelkarakteristikken for et 10 MVA roterende omformeraggregat.

Tabell 4.1 viser antall aggregat som er plassert i omformerstasjonene og den nominelle ytelsen. I simuleringene er det forutsatt at i en normal driftssituasjon er alle omformerenheter/aggregater i hver enkelt omformerstasjon i drift. Det er også forutsatt at reguleringssløyfen i hver omformerstasjon gir en ideell lastfordeling mellom hvert omformeraggregat i stasjonen.

Omformerstasjoner		
Rombak		1x5,8 MVA +
(km 20,4 fra Fagernes)		1x10 MVA
Tornehamn		1x10 MVA +
(km 63 fra Fagernes)		2x2,4 MVA
Stenbacken		2x10 MVA
(km 110 fra Fagernes)		

Tabell 4.1: Omformerstasjoner m/nominell ytelse

4.2 REPRESENTASJON AV KONTAKTLEDNINGSANLEGGET

Kontaktledningsanlegget på Ofofbanen er delt opp i seksjoner som hver mates fra Rombak omformerstasjon, via mateledninger. All returstrøm føres tilbake til omformerstasjonen i skinnene. På Ofofbanen er det ikke sugetransformatorer.

I vedlegg 1 er det vist koblingsskjema og hvilke impedansverdier som er brukt for kontaktledningsanlegget og de forskjellige mateledningene. Verdiene er hentet fra tidligere utførte kortslutningsberegninger (fra 1969) [1].

4.3 MODELLER FOR ELEKTRISK MATERIELL

Det er laget modeller av alle motorvogner og lokomotiver som brukes i simuleringene. Med utgangspunkt i materiellets trekraftkurver (som funksjon av hastighet og kontaktledningsspenning), effektfaktor og virkningsgrad er det for hvert lokomotiv/hver motorvogn beregnet strømforbruk som funksjon av hastighet ved forskjellig spenning på kontaktledningsanlegget. Disse kurvene for strømforbruket danner modellen for det elektriske materiellet.

Trekraftkurver og strømforbruk (for EL15 og nytt malmtog) som funksjon av hastighet ved varierende spenning er gitt i vedlegg 2. For de nye malmtogene er det ikke tatt hensyn til at lokomotivet kan mate effekt inn på kontaktledningen.

Det er forutsatt at de nye malmtogene reduserer effektuttaket ved lave spenninger som vist i vedlegg 2. Dette for å hindre at Rombak omformerstasjon kjøres ut.

5 RESULTATER

5.1 BELASTNING I ROMBAK OMFORMERSTASJON

Tabell 5.1 viser høyeste belastning (de 3 høyeste strømverdiene) i Rombak omformerstasjon med tilhørende mateledninger.

Rombak Omformer	Simuleringsalt. 1			Simuleringsalt. 2			Simuleringsalt. 3		
	Sum Strøm [A]	1100	1040	1000	1300	1050	1050	1050	1000
ML Narvik [A]	800	800	775	800	800	800	850	750	750
ML Straumsnes [A]	1000	800	800	750	700	700	750	700	700
ML Katterat [A]	950	850	750	800	800	800	850	750	750
ML Bjørnefjell [A]	600	500	500	400	400	400	400	400	400

Tabell 5.1: Toppbelastning i Rombak omformerstasjon og mateledninger.

Ingen av verdiene (sum strøm) i tabell 5.1 gir utfall av aggregat i Rombak omformerstasjon under forutsetning at reguleringssystemet gir en relativ lik lastdeling mellom de to aggregatene i omformerstasjonen.

Med dagens ruteplan og fremtidig ruteplan nr. 1 er Rombak omformerstasjon hardt belastet med toppverdier mellom 1000 og 1300 A.

Tabell 5.2 viser gjennomsnittsverdier (strøm) i de forskjellige mateledningene. For mateledningene er det vist høyeste gjennomsnittlige strøm i løpet av en tidsperiode på tilnærmet 10 min. «Simulering av Ofofbanen, Del 1:Utskrifter» viser at gjennomsnittsverdiene angitt i tabell 5.2 begrenses til ca. 10 min. Det er i perioden med godstog/malmtog lastet med olivin (starter fra Fagernes) som gir den høyeste gjennomsnittlige strømmen i de forskjellige mateledningene.

	Simuleringsalt. 1		Simuleringsalt. 2		Simuleringsalt. 3	
	Malmtog	Malmtog	Malmtog	Malmtog	Malmtog	Malmtog
	m/olivin	u/olivin	m/olivin	u/olivin	m/olivin	u/olivin
ML Narvik [A]	750	410	650	500	650	500
2x60 mm ² Cu						
ML Straumsnes [A]	610	375	670	450	670	450
FeAl nr. 150						
ML Katterat [A]	700	375			700	450
FeAl nr. 150						

Tabell 5.2: Gjennomsnittlig belastning i mateledninger.

I simuleringalternativ 2 krysser malmtogene ved Katterat.

Ett aggregat på 10 MVA og ett på 5.8 MVA kan belastes kontinuerlig med henholdsvis ca. 630 A og ca. 360 A. Resultatene fra simuleringene viser at med 1x10 + 1 x 5.8 MVA i Rombak omformerstasjon gir ikke dette termiske problemer i omformerstasjonen. (se «Simulering av Ofofbanen, Del 1: Utskrifter»)

Nytt kontaktledningsanlegg med 100 mm² Cu kontaktråd og 50 mm² Cu bæreline har en maksimal kontinuerlig belastning lik 600 A. Kl-anlegget på Ofofbanen vil dermed ikke overbelastes. Det er derimot viktig å ta hensyn til kl-anleggets høye alder og mulighet for slitasje som reduserer kontaktledningens termiske egenskaper.

Maksimal kontinuerlig belastning i mateledningene ved 20 grader er[2]:

2x50 mm ² Cu:	2x280 A	= 560 A
2x60 mm ² Cu:	2x320 A	= 640 A
FeAl nr. 150:		= 727 A

Med mating til strekningen Fagernes - Narvik kun via ML Narvik og videre gjennom en 1x 95 mm² Cu kabel (det vil si Z-17 ligger ute i koblingsskjema vist i vedlegg 1) er det fare for å overbelaste kabelen.

Mateledning fra Rombak til Narvik og fra Rombak til Bjørnefjell er «utglødd» og tåler ikke normalt påkjenning.

I henhold til kravspesifikasjonen for en 600 A impedansespole, skal denne klare 950 A i 30 minutter og 1600 A i 5 minutter uten å overbelastes. Dette tilsier at impedansespoleene på Ofotbanen ikke overbelastes. På grunn av usikkerhet om virkemåte, overbelastbarhet, etc. bør dette utredes videre.

Simuleringsalternativ 4

Med to malmtog (tomtog) etter hverandre fra Fagernes over riksgrensen er det registrert en spenning over togene på 11,5 kV. (I modellen for nytt malmtog er det forutsatt at malmtog kobles fra kl-anlegget ved spenning under 11,0 kV). Rombak omformerstasjon går hardt belastet.

5.2 MÅLINGER PÅ EKSISTERENDE BANESTRØMFORSYNING.

Det er i perioden fra 08.01.96 til 11.01.96 registrert sum strøm i Rombak omformerstasjon. I desember 1995 er strømmen i ML Straumsnes registrert. I tabell 5.3 er de høyeste registrerte strømverdiene, både toppverdier og gjennomsnittsverdier, fra målingene gjengitt. Gjennomsnittsverdiene er gitt over en periode på ca. 6 min.

Romak omformer	Toppverdier			Høyeste gjennom-
				snittlige verdier i 6 min
		[A]		[A]
Sum strøm	800	730	710	750
ML Straumsnes	700*	500	400	400

Tabell 5.3: Målte verdier

* Strømtoppen på 700 A er målt når lokføreren gir ett høyere pådrag enn ved "forsiktig" kjøring.

Tabell 5.3 viser målte verdier med forsiktig kjøring på Ofotbanen.

Sammenlignet med beregnede verdier (simuleringsalternativ 1) er de målte verdiene lavere. De viktigste årsakene til avviket er at:

- det ikke er mulig å simulere hvordan hver enkelt togfører i virkeligheten kjører.
- i simuleringsprogrammet vil flere hendelser være sammenfallende i forhold til i virkeligheten på grunn av at dataprogrammet nøyaktig følger en innlagt ruteplan.

I simuleringsalternativ 1 (med dagens ruteplan) er de høyeste gjennomsnittlige strømverdiene i løpet av 6 min. i Rombak ca. 600 A. Det er da sett bort i fra periodene med oppstart av Olivintog fra Fagernes.

I periodene med oppstart av Olivintog fra Fagernes er de høyeste gjennomsnittlige strømverdiene i løpet av 6 min. i Rombak ca. 900 A. De tilsvarende målte verdiene er i størrelsesorden 750 A. Årsaken til at beregnede verdier ligger over målte verdier er at lokførerne i virkeligheten reduserer pådraget under oppstart fra Fagernes. I tillegg til at lokomotivet trekker mindre effekt vil også spenningen på

kontaktledningen holde seg høyere. Samlet gir dette en lavere gjennomsnittlig strøm i forhold til beregnet verdi.

I simuleringer med dagens ruteplan er det gjort følgende tiltak for å gi bedre overenstemmelse med målte verdier:

- Tog nr. 9931 og 9911 har redusert trekraft under oppstart fra Fagernes og Narvik stasjon.
- Tog nr. 9908 har redusert trekraft under oppstart fra Bjørnefjell stasjon.
- Tog nr. 984 og 9926 har redusert trekraft under oppstart fra Katterat stasjon.

5.3 SPENNINGSFORHOLD

For alle 3 ruteplanene er det strekningen fra Fagernes til Rombak omformerstasjon som gir de laveste spenningene. Med dagens ruteplan og oppstart av godstog/malmtog med olivin fra Fagernes stasjon, er det registrert spenning ned mot 11,5 kV.

I simuleringene med dagens ruteplan er det forutsatt at tog nr. 9911 (malmtog u/last) har redusert pådrag under oppstart fra Fagernes. Fra Fagernes til Narvik ligger da spenningen over toget jevnt på 14,8 kV. Tog nr. 9927 (malmtog u/last) starter fra Fagernes med høyt pådrag, noe som gir en spenning ned mot 12,0 kV over toget.

Med fremtidig ruteplan nummer 1 og 2 er det under oppstart av godstog/malmtog med olivin fra Fagernes stasjon, registrert en spenning ned mot 12,5 kV. For nytt materiell er det forutsatt en effektfaktor tilnærmet lik 1 og med en reduksjon i trekraft ved lave spenninger som vist i vedlegg 2. Dette er årsaken til at nytt materiell for malmtog gir en bedre spenningsprofil langs Ofofbanen i forhold til dagens materiell (2*EL15).

Fra Rombak omformerstasjon til riksgrensen, er det tilfredsstillende spenning. (> 13,5 kV).

5.4 EFFEKTRERVE

Med en installert ytelse i Rombak omformerstasjon på 5,8 + 10 MVA er det forutsatt en 6 min. verdi for belastningen i omformerstasjonen lik 1100 A.

Tilsvarende 6 min. verdi med en installert ytelse lik $2 \times 10 + 5,8$ MVA er satt lik 1800 A.

Med en installert ytelse lik $2 \times 5,8 + 10$ MVA er 6 min. verdi satt 1500.

Det er tatt hensyn til at to aggregater i virkeligheten ikke klarer å dele lasten likt (i forhold til aggregat størrelse).

Tabell 5.4 angir effektreserve beregnet ut ifra en gjennomsnittlig belastning i løpet av 6 min. i Rombak omformerstasjon. Det er beregnet effektreserve for ulike installerte ytelse i Rombak omformerstasjon.

Rombak omformerstasjon	Største gj.snittlige belastning pr. 6 min.	Installert ytelse: 5,8+10 MVA	Installert ytelse: 5,8+2x10 MVA	Installert ytelse: 2x5,8+10 MVA
Sim. alt. 1	900	$1 - (900/1100) = 18\%$	$1 - (900/1800) = 50\%$	$1 - (900/1500) = 40\%$
Dagens rute				
Sim. alt. 2	850	$1 - (850/1100) = 23\%$	$1 - (850/1800) = 53\%$	$1 - (850/1500) = 43\%$
Ruteplan 1				
Sim. alt. 3	850	$1 - (850/1100) = 23\%$	$1 - (850/1800) = 53\%$	$1 - (850/1500) = 43\%$
Ruteplan 2				

Tabell 5.4: Beregnet effektreserve ut ifra 6 min. verdier.

6 KONKLUSJON

Under forutsetning av att aggregatene i Rombak omformerstasjon deler lasten likt i forhold til nominell ytelse vil det ikke gi utfall av omformerstasjonen dersom maksimal aksellast økes fra 25 til 30 tonn.

Med dagens ruteplan og fremtidig ruteplan nr. 1 er Rombak omformerstasjon hardt belastet med toppverdier mellom 1000 og 1300 A. Det anbefales å ha en installert ytelse i Rombak omformerstasjon på $2 \cdot 5.8 + 10$ MVA.

Med nytt materiell for fremføring av malmtogene er det kun på strekningen fra Fagernes til Rombak at det er registrert lav spenning. Dersom togførere gis pålegg om å redusere pådraget under oppstart fra Fagernes eventuelt Narvik er det tilfredsstillende spenning også på strekningen fra Fagernes til Rombak.

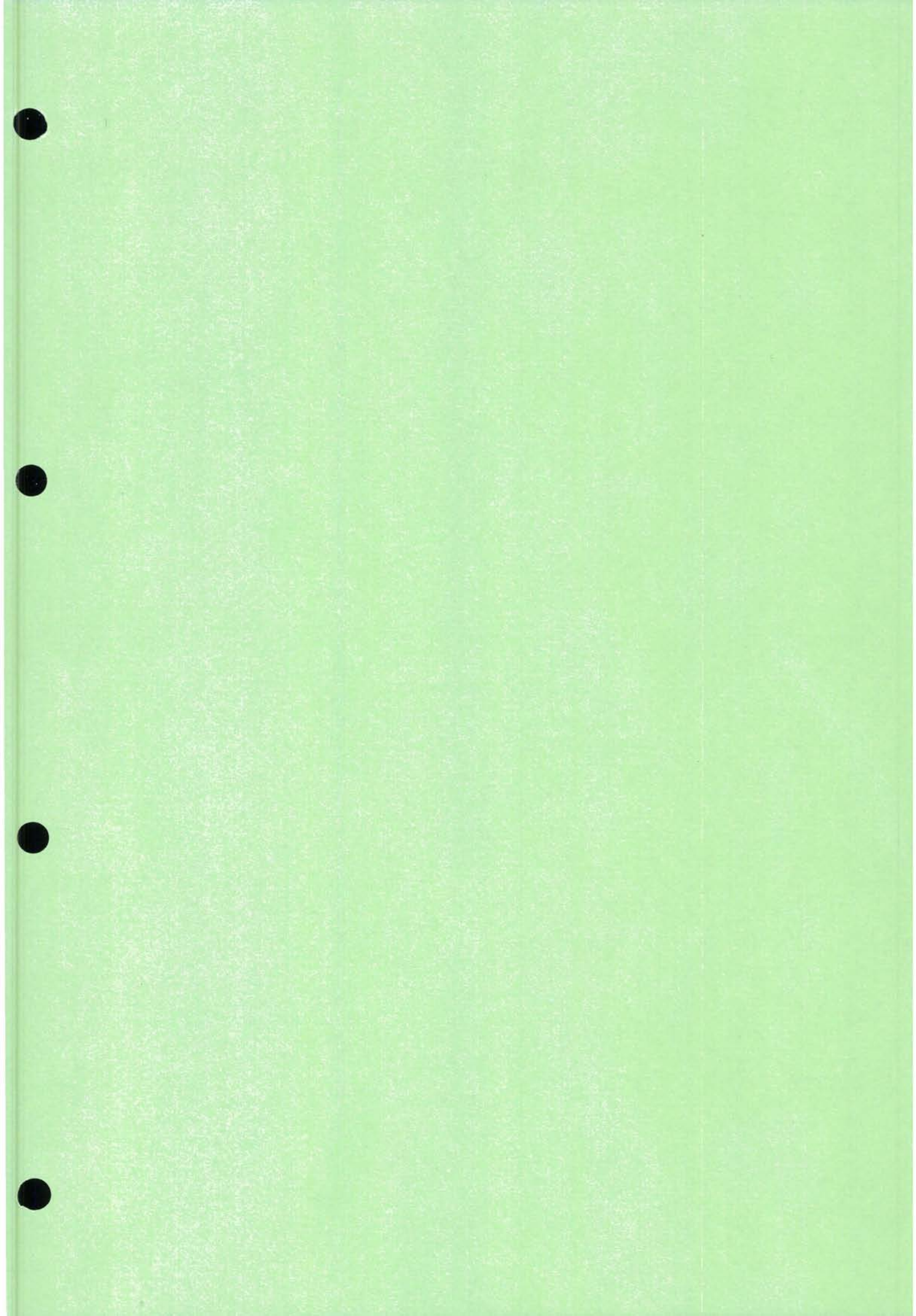
7. LITTERATURLISTE

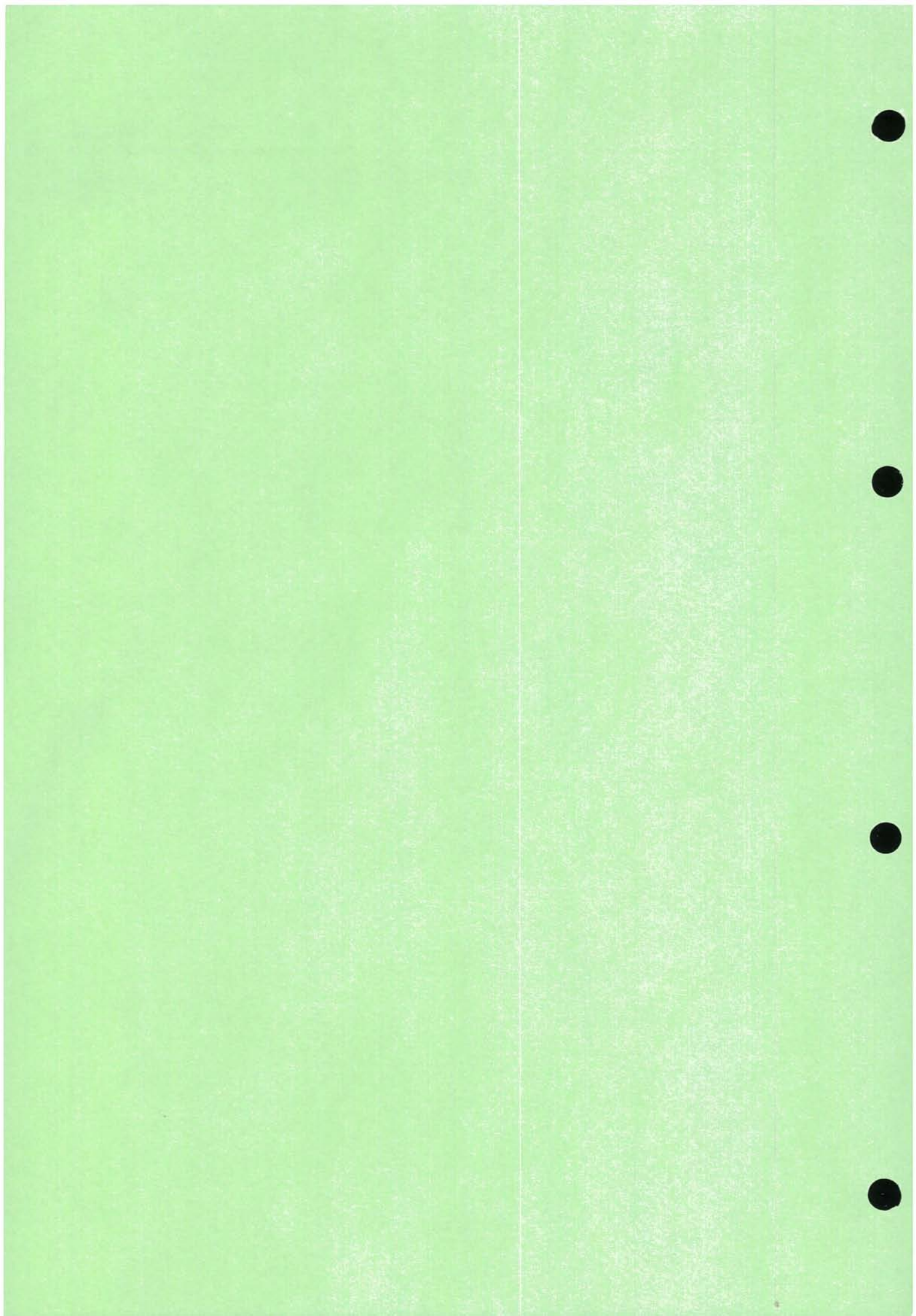
- [1] Målinger av kl-anleggets elektriske konstanter
Finnes hos NSB Ingeniørtjenesten.

- [2] Elektriske kraftsystemer
Del 2
Hans H. Faanes m/flere
Universitet i Trondheim, NTH
Januar 1991.

8. VEDLEGGSLISTE:

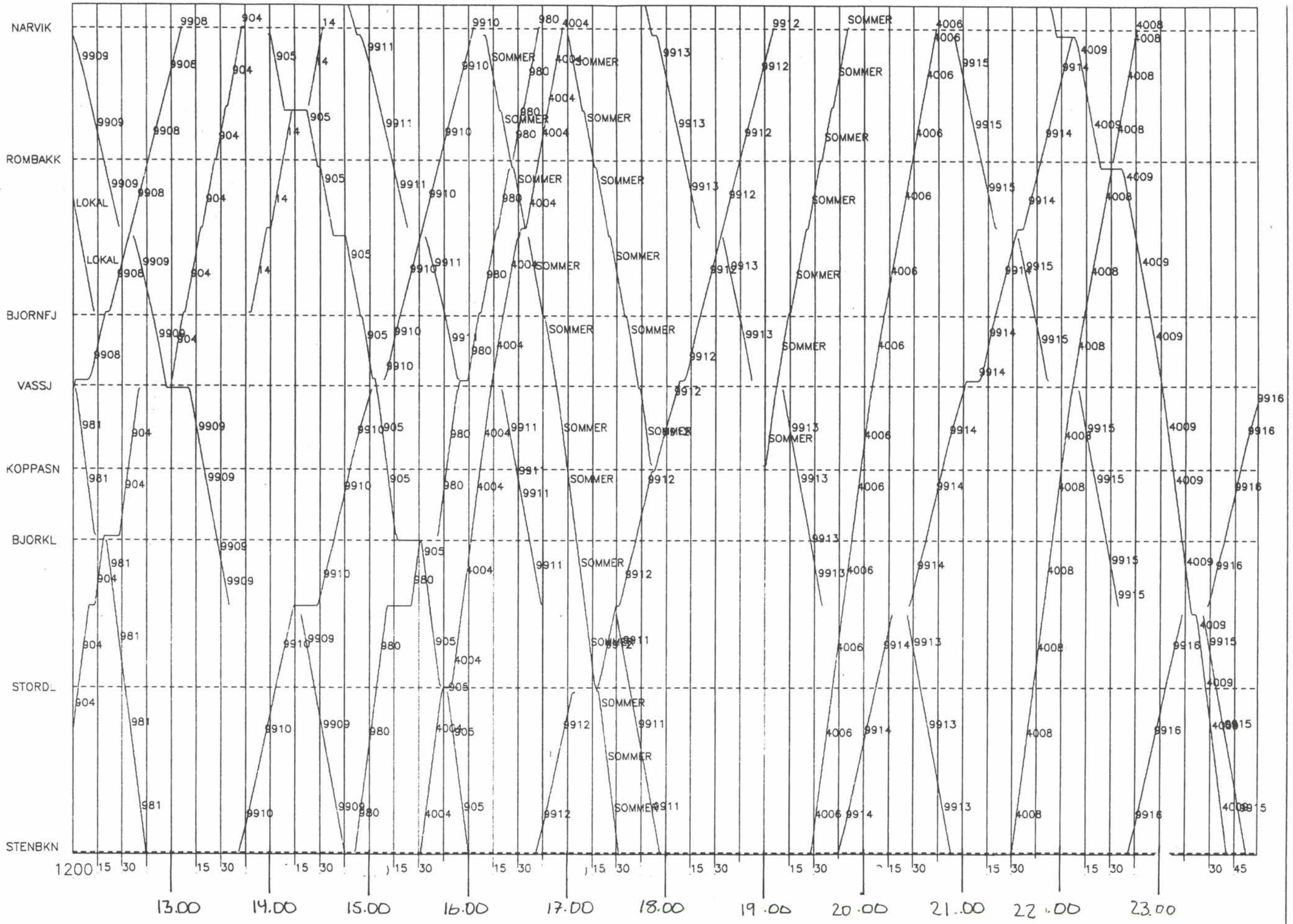
- 1 Kablingsskjema (kontaktledningsanlegg) for strekningen Rombak - Bjørnefjell.
- 2 Trekkraftkurver og strømforbruk for EL15 og nye malmtog.
- 3 Dagens ruteplan (R 95)
- 4 Fremtidig ruteplan nr. 1
- 5 Fremtidig ruteplan nr. 2
- 6 Fasevinkelkarakteristikk for et 10 MVA roterende omformeraggregat.
- 7 Test-ruteplan





Vedlegg 1

Ruteplan nr. 1



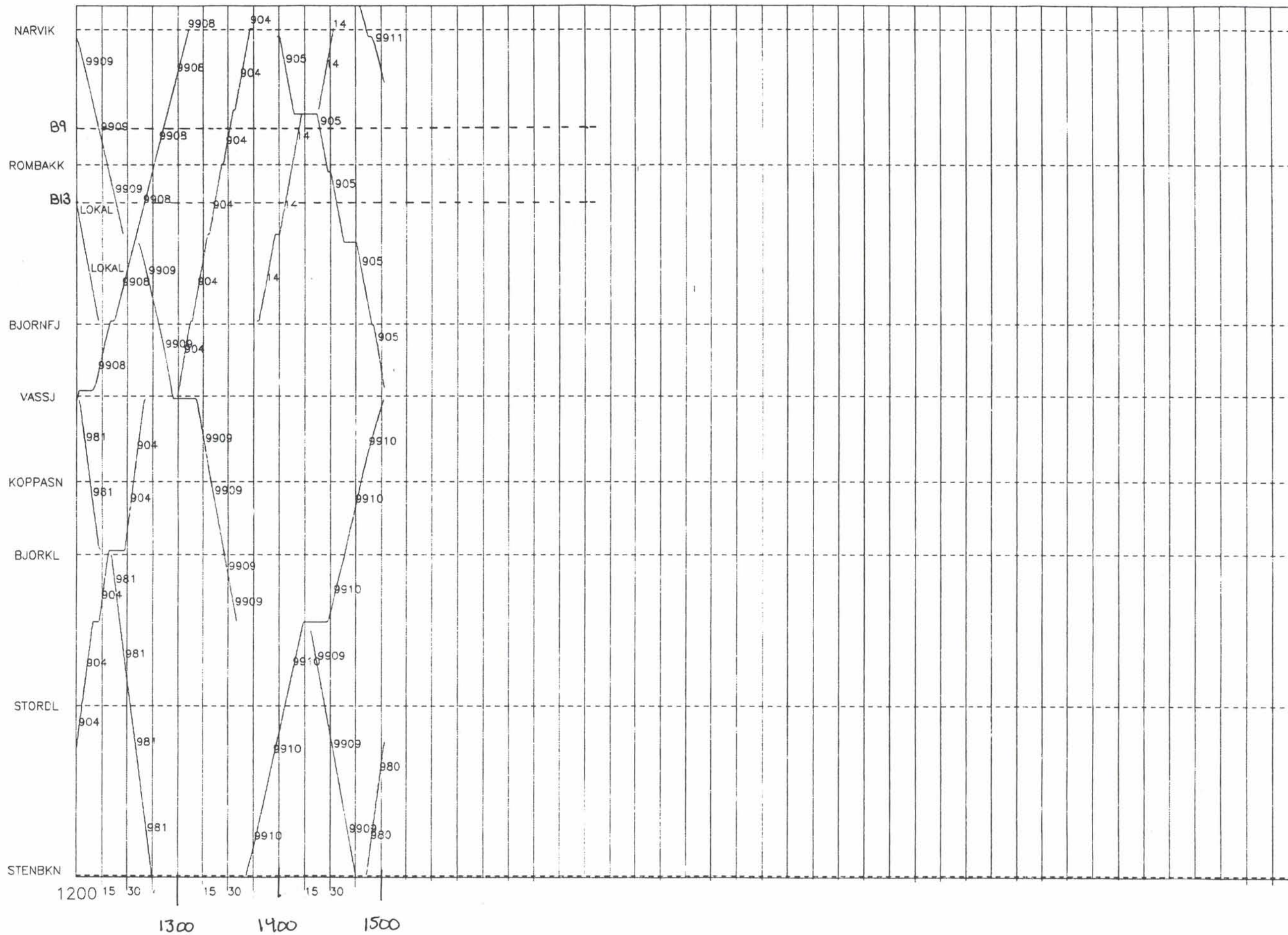
Train graph for layout OFTBAN15 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 16:14 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 2

Ruteplan nr. 2



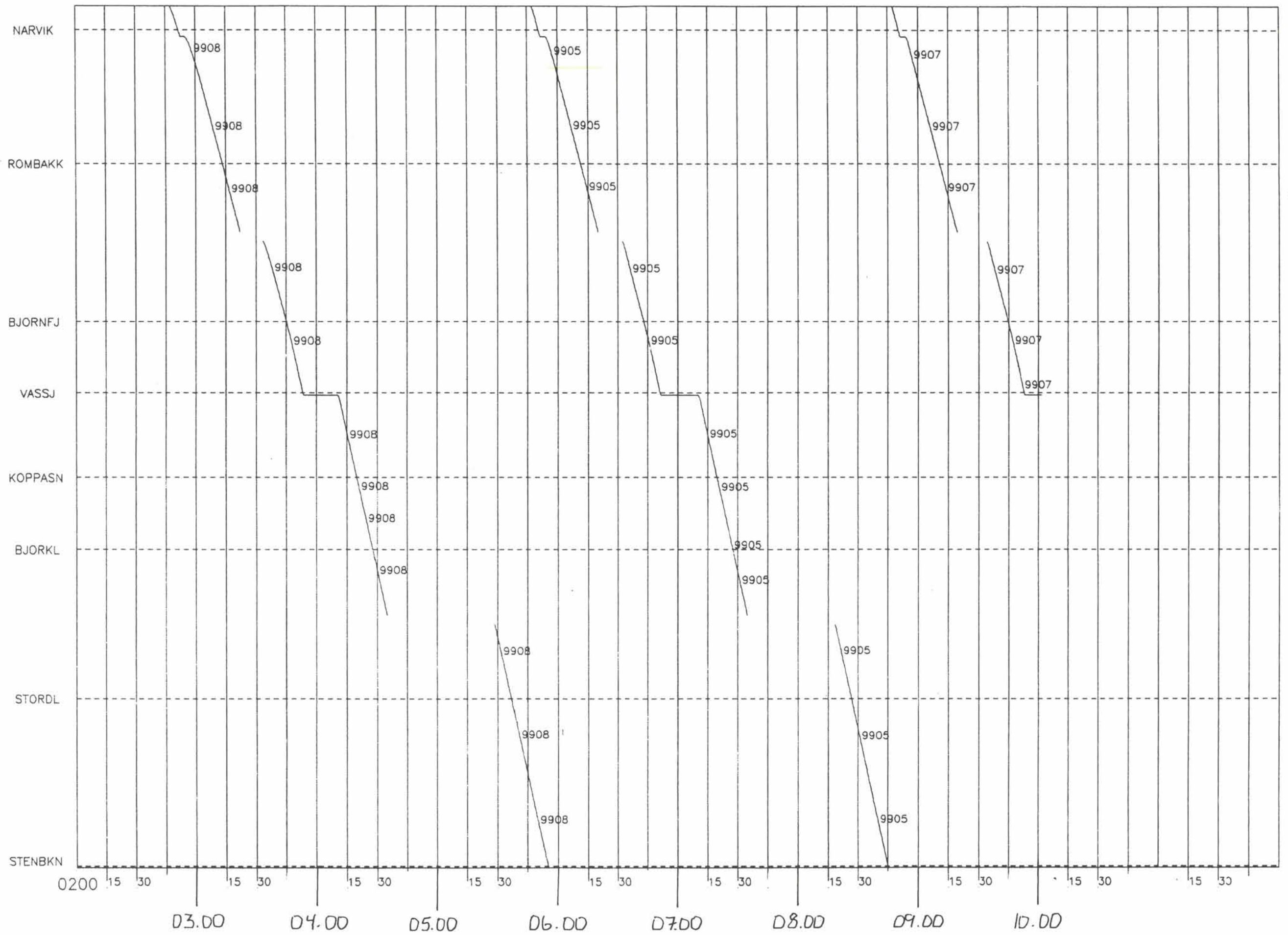
Train graph for layout OFTBAN20 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 22:07 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 3

Ruteplan nr. 3.1



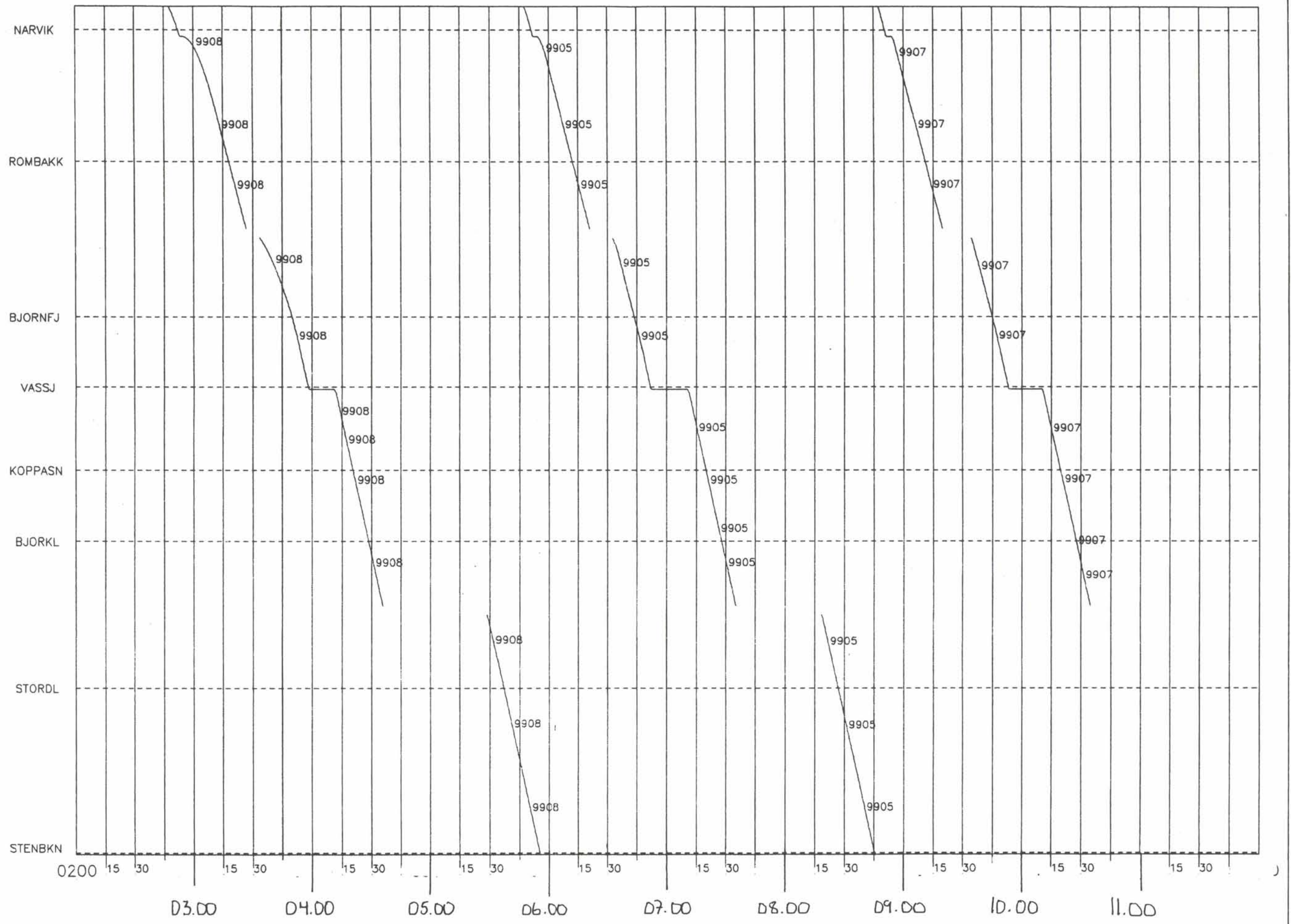
Train graph for layout OFTBAN13 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 16:11 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 4

Ruteplan nr. 3.2



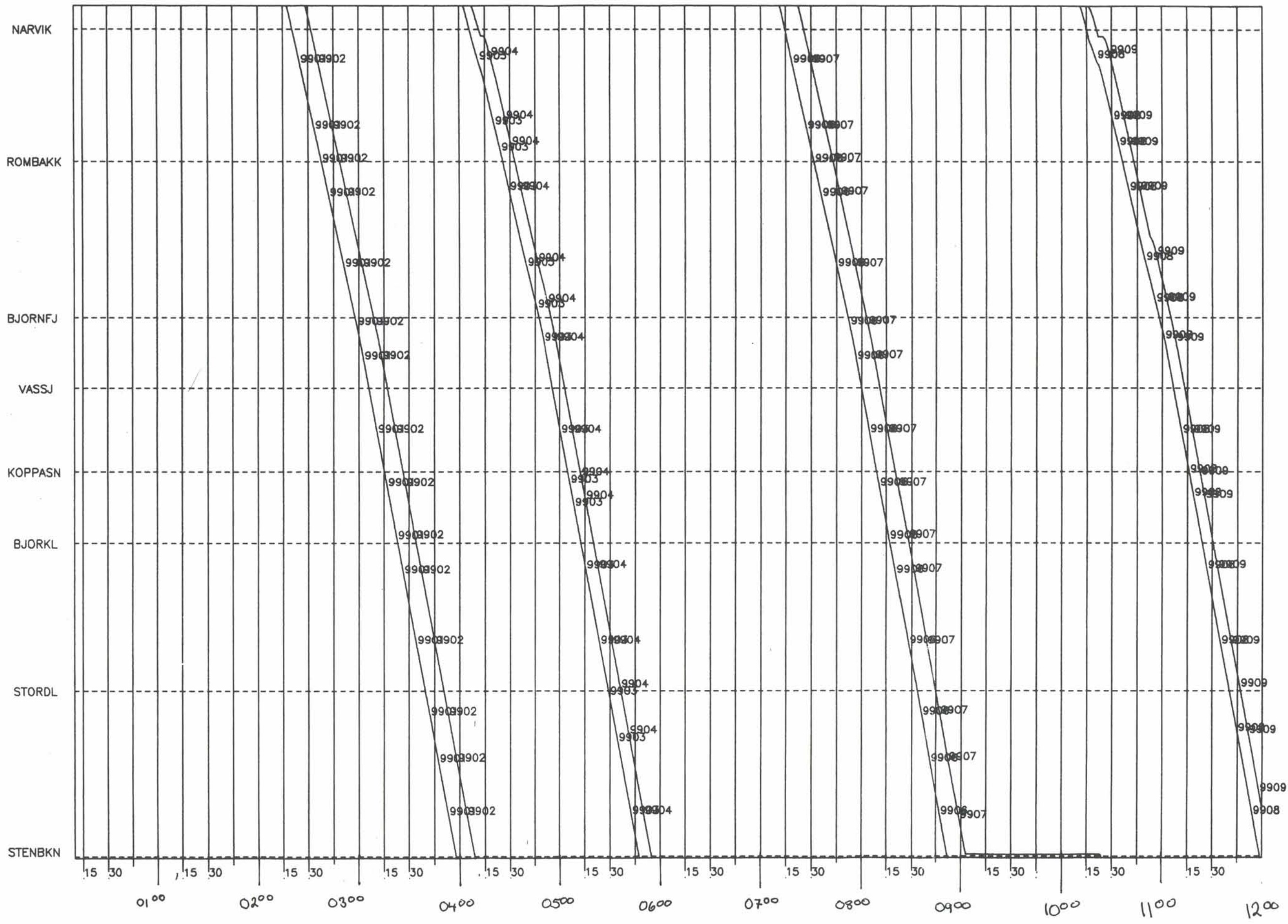
Train graph for layout OFTBAN14 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 16:12 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 5

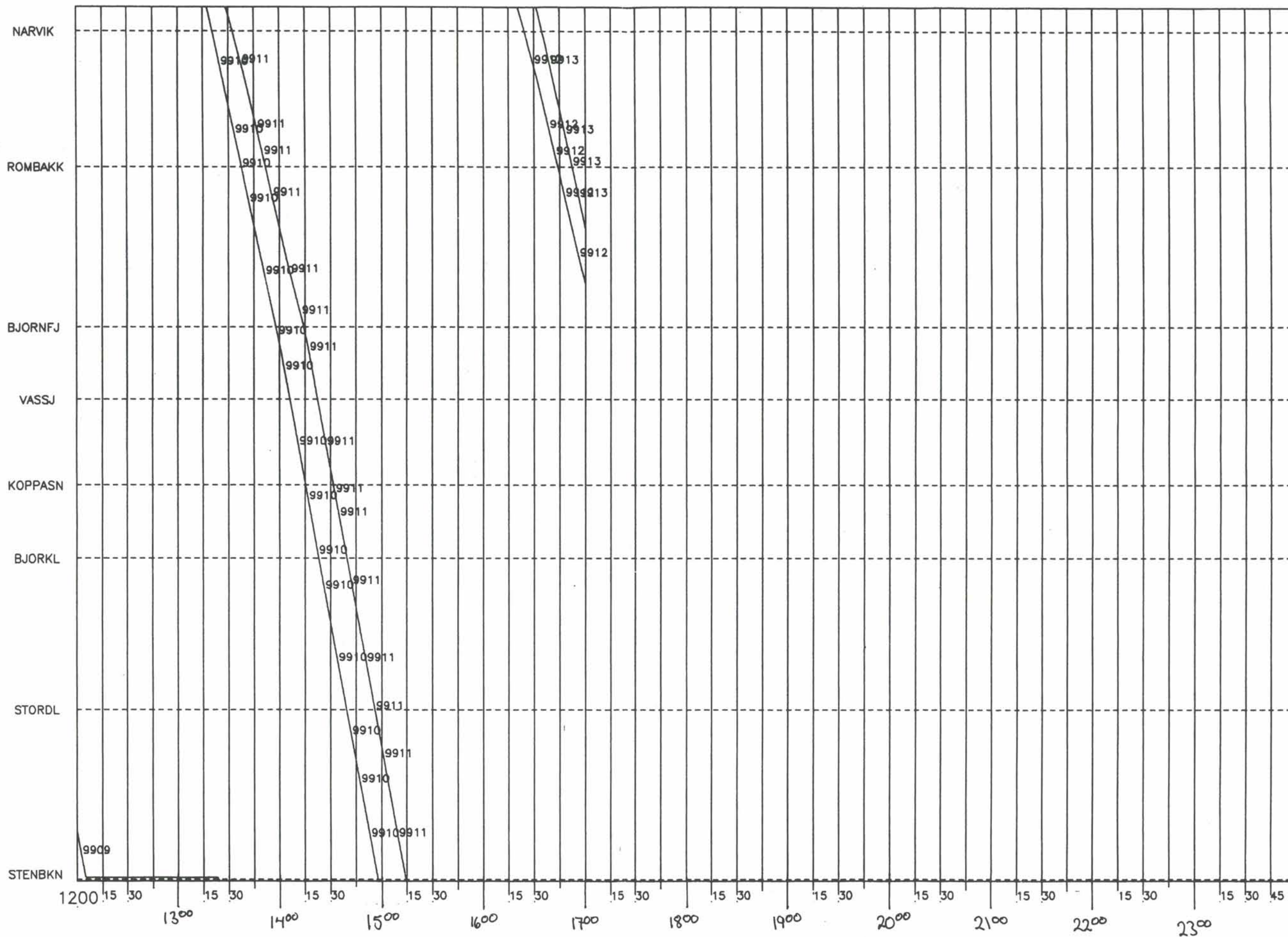
Ruteplan nr. 4



Train graph for layout OFTBAN17 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

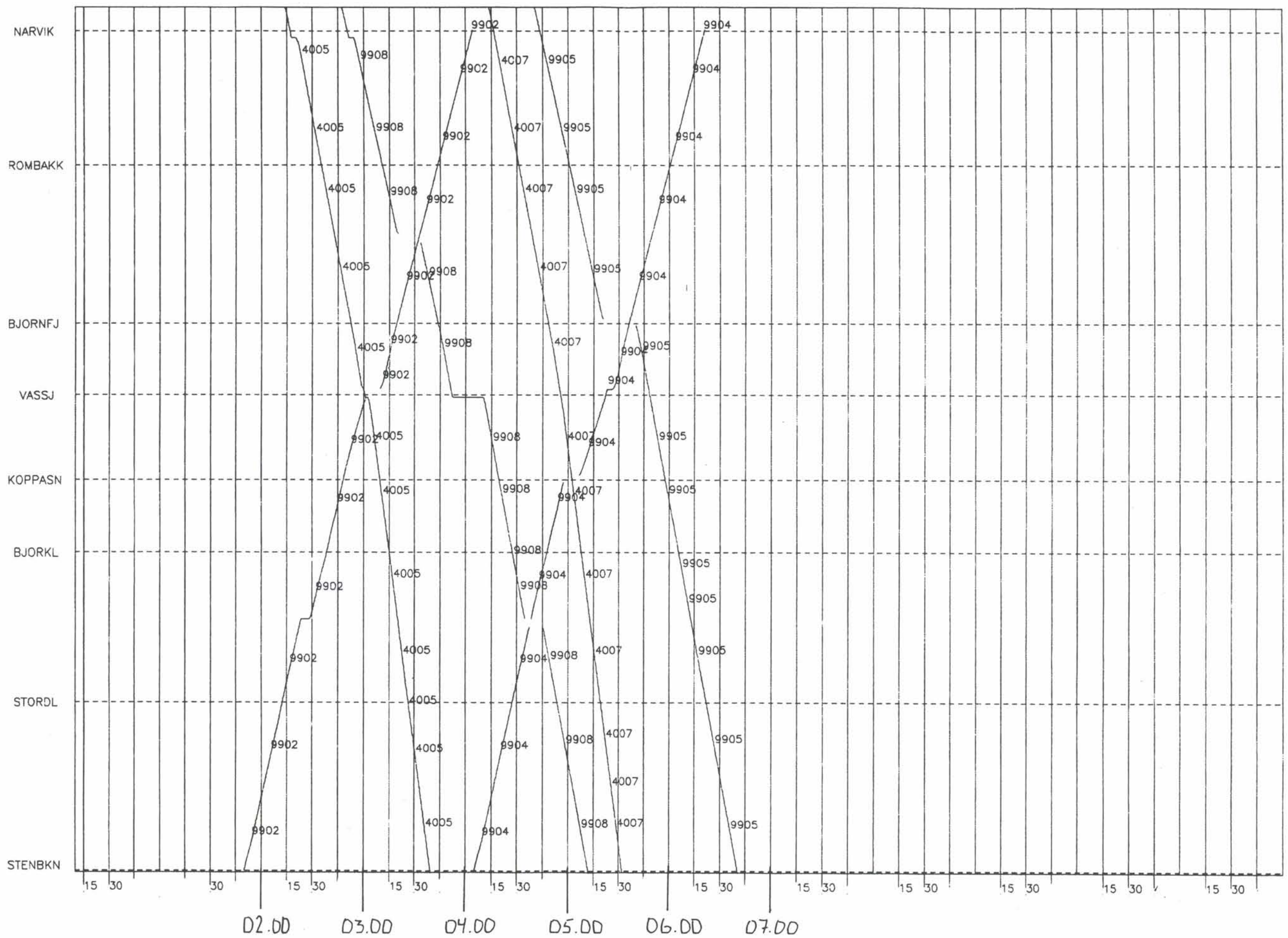
Drawn by VISION 3.2.0 on 03 October 1996 at 11:07 by user vision6

BR RESEARCH



Vedlegg 6

Ruteplan nr. 5.1



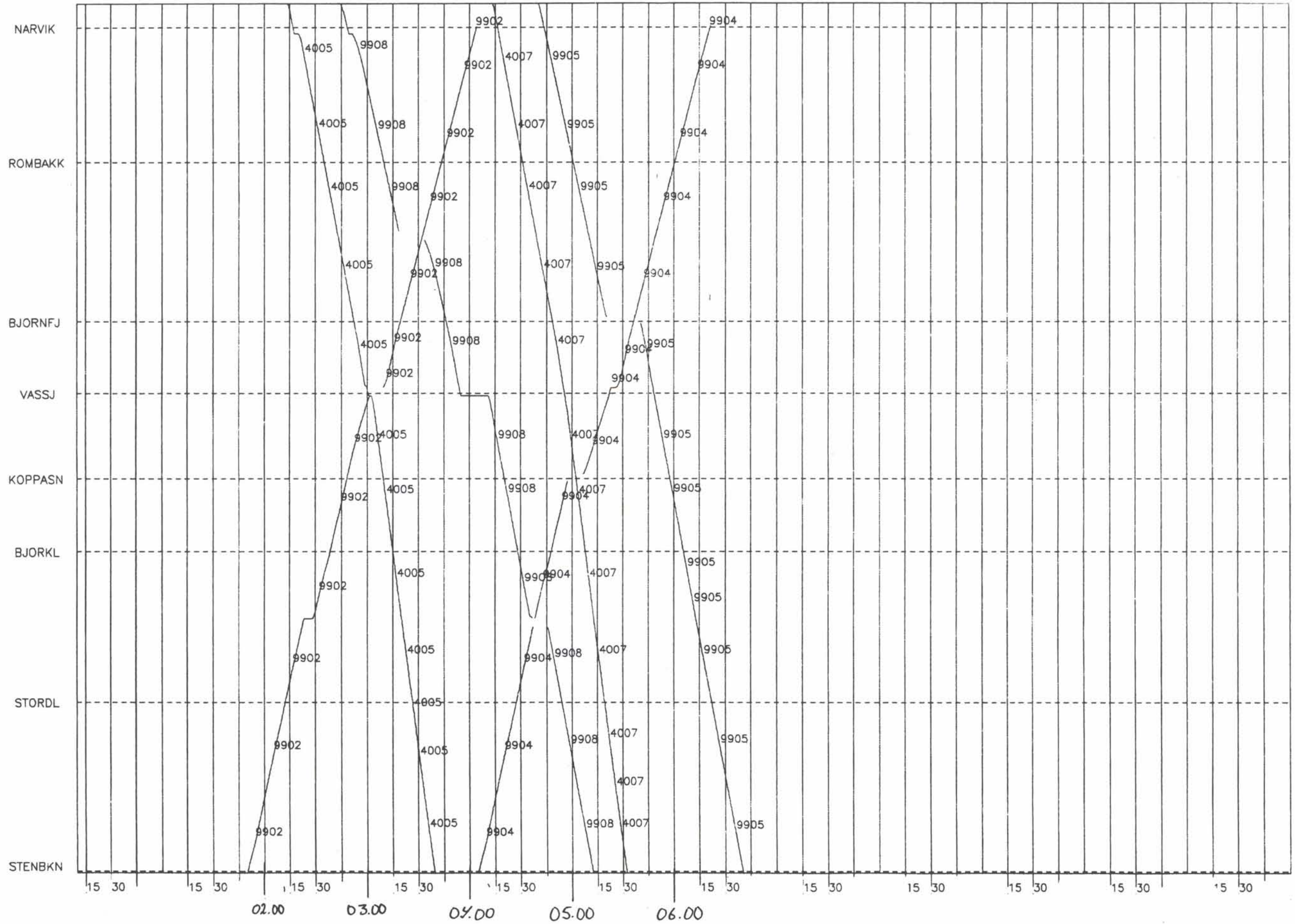
Train graph for layout OFTBAN18 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 16:19 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 7

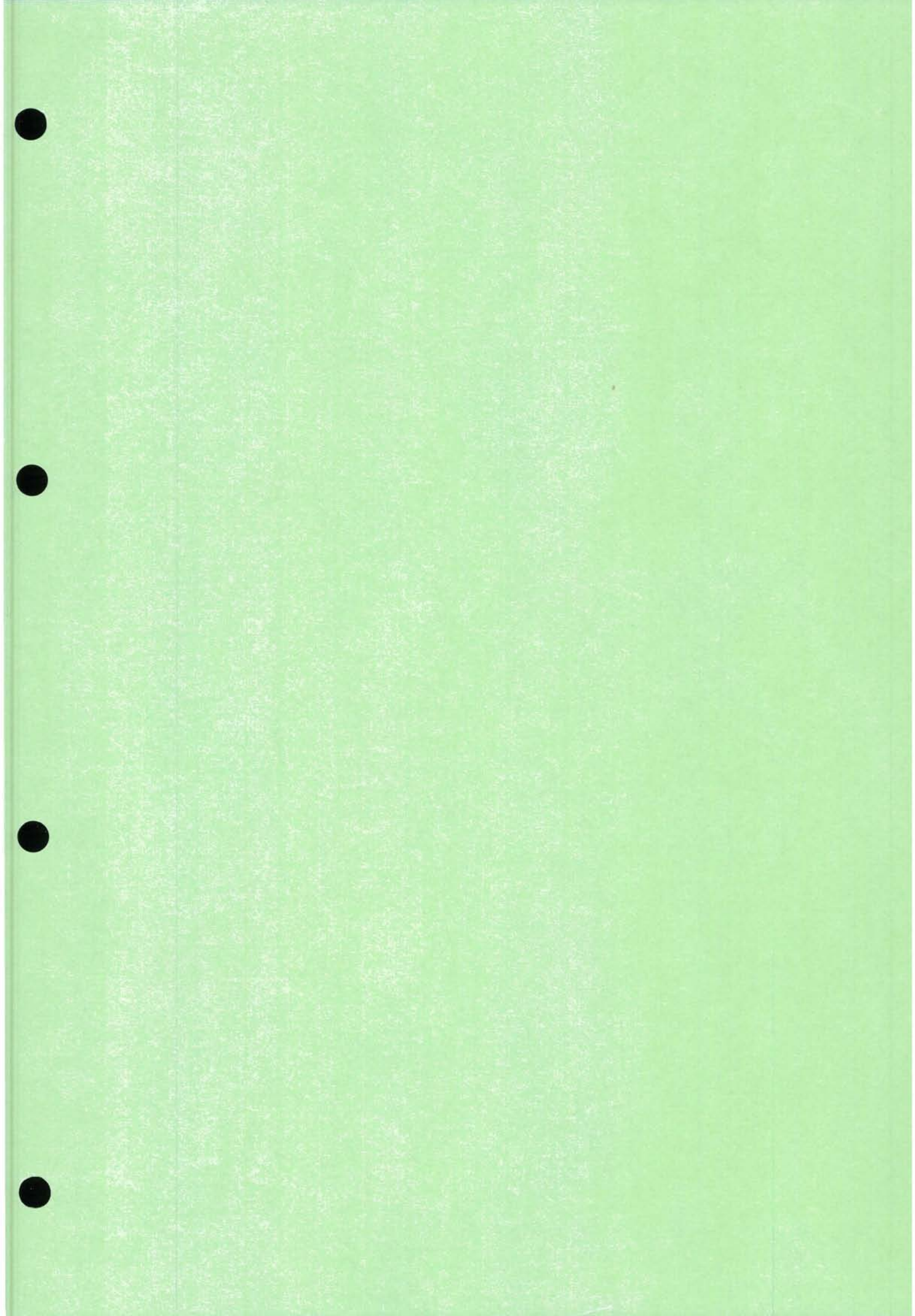
Ruteplan nr. 5.2

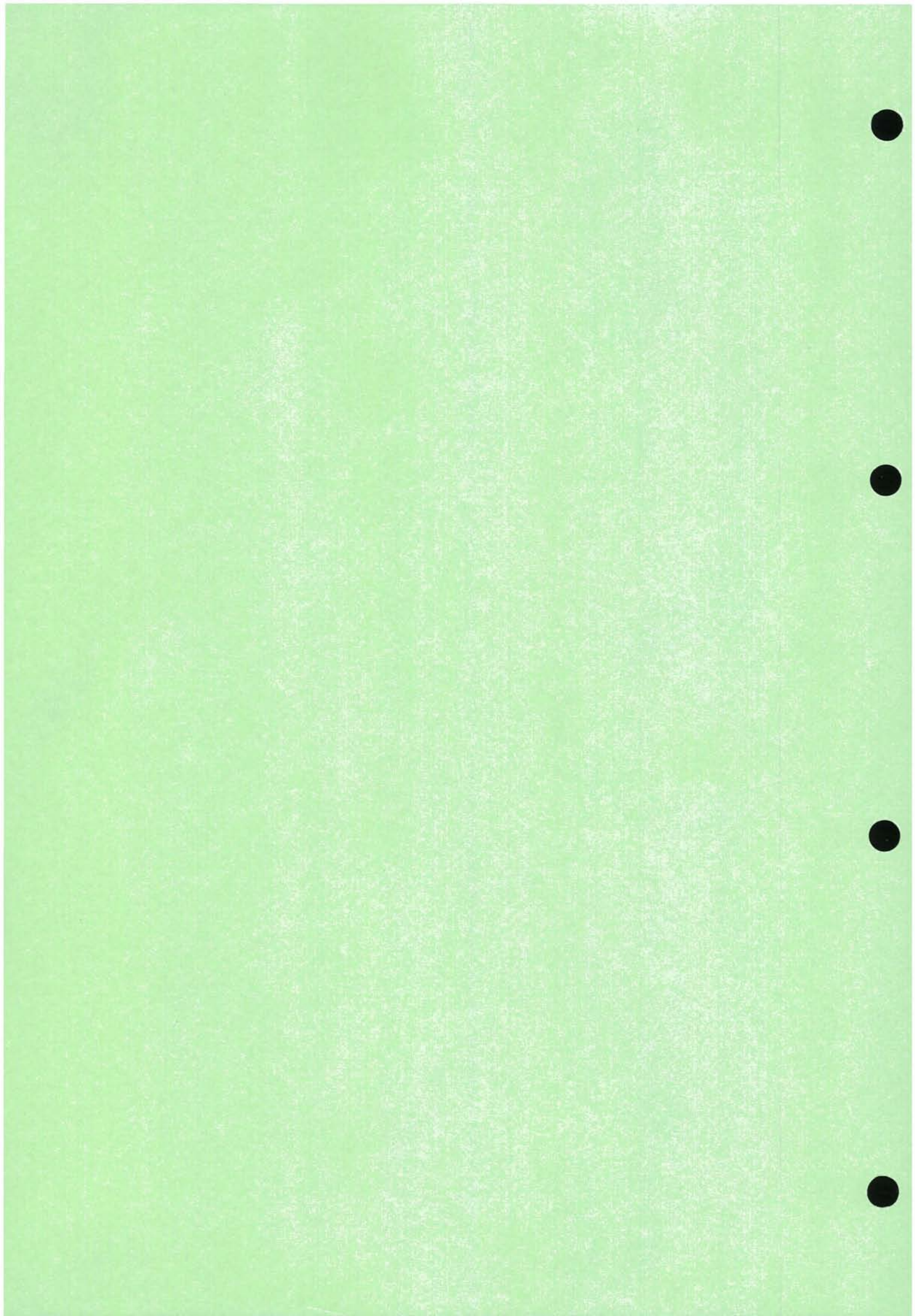


Train graph for layout OFTBAN19 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

Drawn by VISION 3.2.0 on 06 September 1996 at 16:30 by user vision6

BR RESEARCH





Vedlegg 8

Ny gangmotstand for det rullende materiellet.

NY GANGMOTSTAND

Gangmotstanden tar utgangspunkt i en målerapport «Grunnmotstanden er målt av SJ-maskinlaboratoriet, Reg. nr. 9503-53G» utført av SJ.

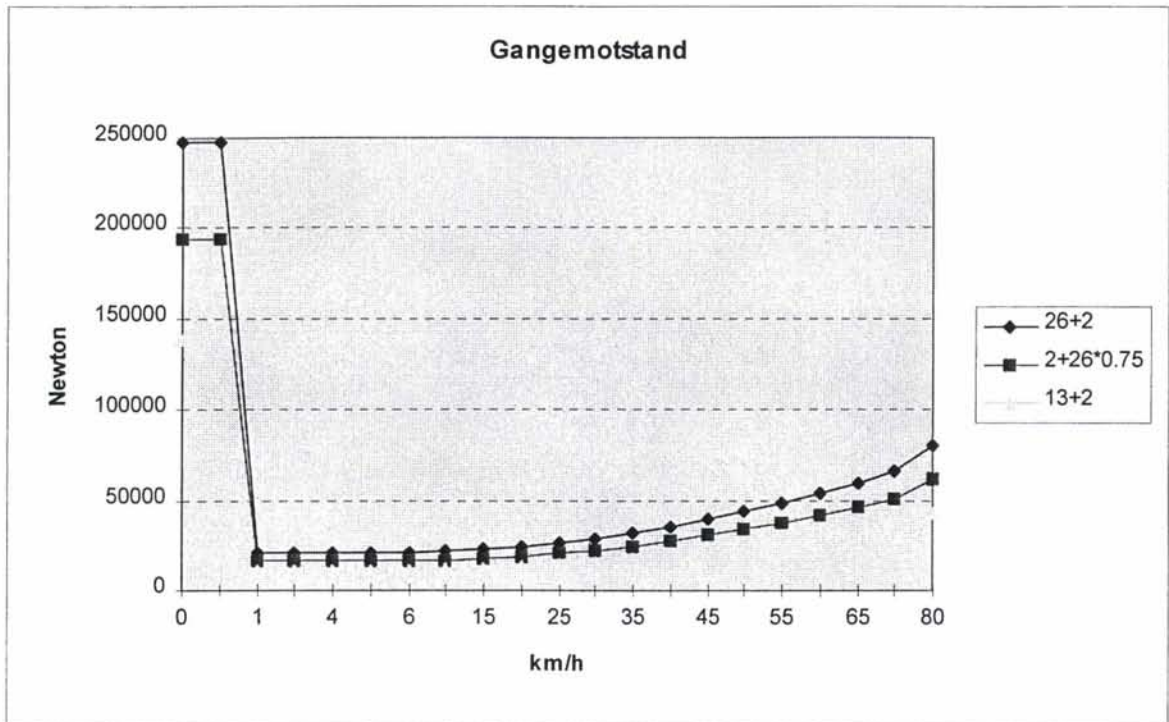
Tabellen som er vist nedenfor viser gangmotstanden for alle de malm/Olivin - tog som er brukt i simuleringene i denne rapporten. Tabellen tar hensyn til vekt, hastighet og antall vogner for det rullende materiellet som trafikkerer strekningene.

26+2 Henviser til simulering med 26 vogner Olivin og EL lok.
 0,75*26 + 2 Henviser til simulering med 26 vogner Olivin og EL lok + disellok.
 13 + 2 Henviser til simulering med 13 vogner Olivin og EL lok

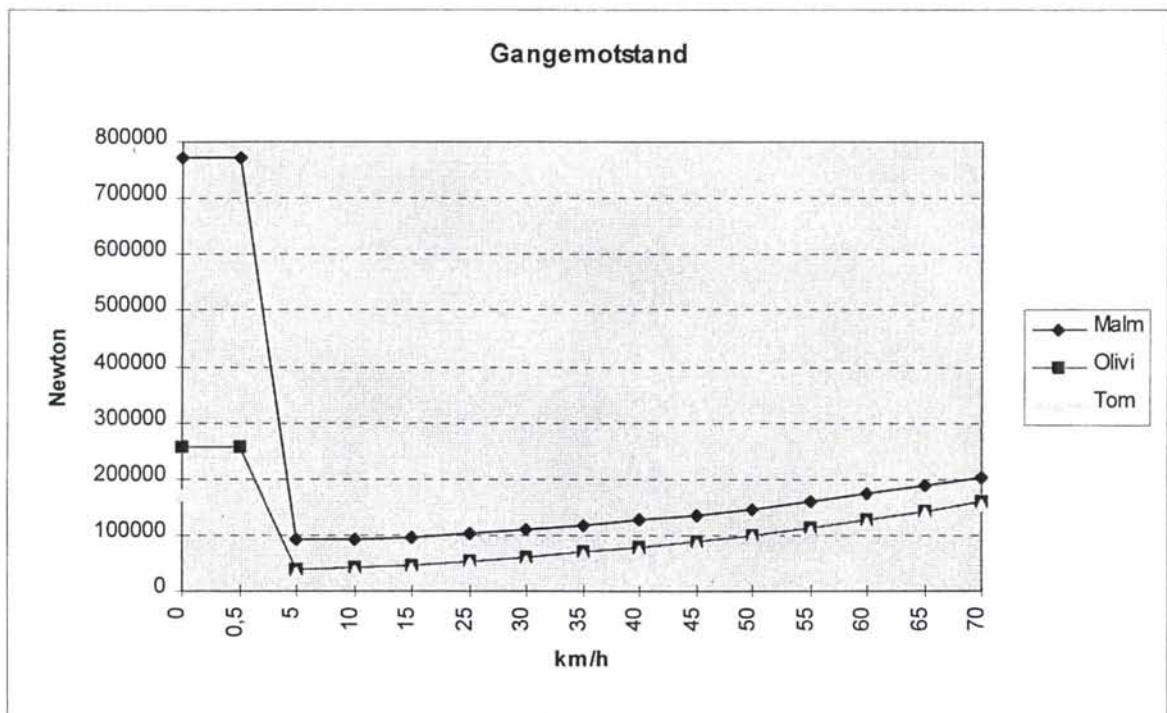
Malm Henviser til 68 vogner malm + lok.
 Olivin Henviser til 13 vogner Olivin + 55 tomme vogner + lok.
 Tom Henviser til 68 tomme vogner Olivin.

km/h	Gangemotstand			km/h	Gangemotstand		
	26+2	2+26*0.75	13+2		Malm	Olivin	Tom
0	247657	193322	138988	0	772600	255800	170800
0,5	247657	193322	138988	0,5	772600	255785	170787
1	21243	16312	11380	5	91302	40611	33636
2	21248	16316	11383	10	92793	42273	35340
4	21316	16367	11419	15	95472	45188	38310
5	21378	16415	11452	25	104395	54773	48051
6	21459	16477	11496	30	110639	61443	54822
10	21974	16873	11772	35	118071	69365	62860
15	23046	17696	12346	40	126691	78540	72165
20	24593	18884	13175	45	136500	88966	82738
25	26615	20436	14258	50	147497	100644	94577
30	29112	22354	15596	55	159682	113574	107683
35	32085	24637	17188	60	173056	127756	122056
40	35533	27285	19036	65	187617	143189	137696
45	39457	30297	21138	70	203367	159875	154602
50	43856	33675	23494				
55	48730	37417	26105				
60	54079	41525	28971				
65	59904	45997	32091				
70	66204	50835	35466				
80	80230	61605	42980				

Tabell 1. Viser gangmotstanden for alle malm/Olivin-tog som er brukt i simuleringene.



Figur 1. viser en grafiks fremstilling av de tre første kolumnene av tabellen.



Figur 2 viser en grafisk fremstilling av de tre siste kolumnene av tabellen.

Vedlegg 1

Koblingskjema

I de forskjellige mateledningene er det brukt følgende impedansverdier:

ML Narvik: $0.18 + j0.18$ /km

ML Straumsnes: $0.16 + j0.27$ /km

ML Katterat: $0.16 + j 0.27$ /km

ML Bjørnefjell: $0.21 + j0.27$ /km

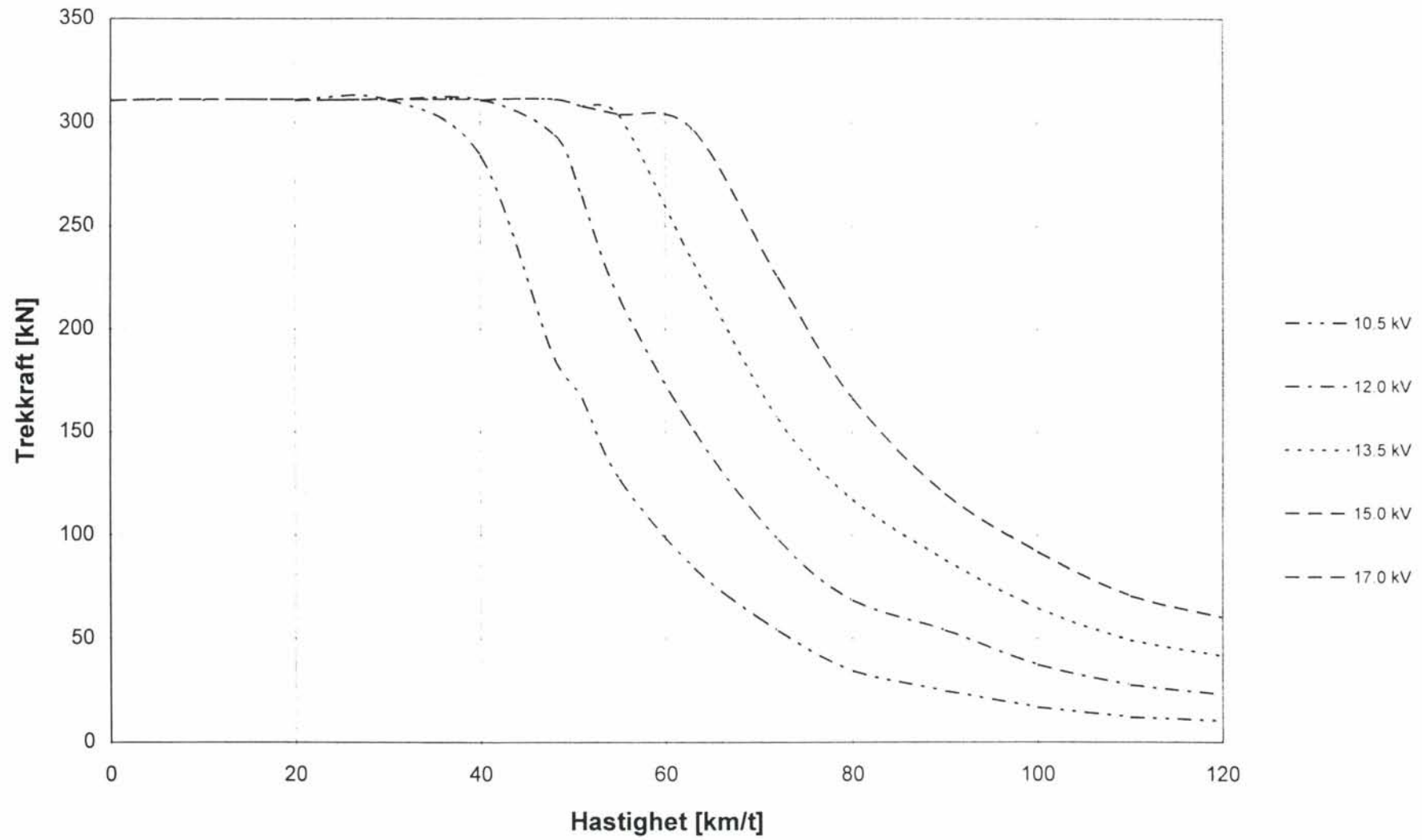
Impedansen i kontaktledning inkl. skinner på norsk side er lik: $0.17 + j0.15$ /km

Impedansen i kontaktledning inkl. returledere ($2 \times 212 \text{ mm}^2 \text{ Al}$) på svensk side er lik:
 $0.21 + j0.2$ /km

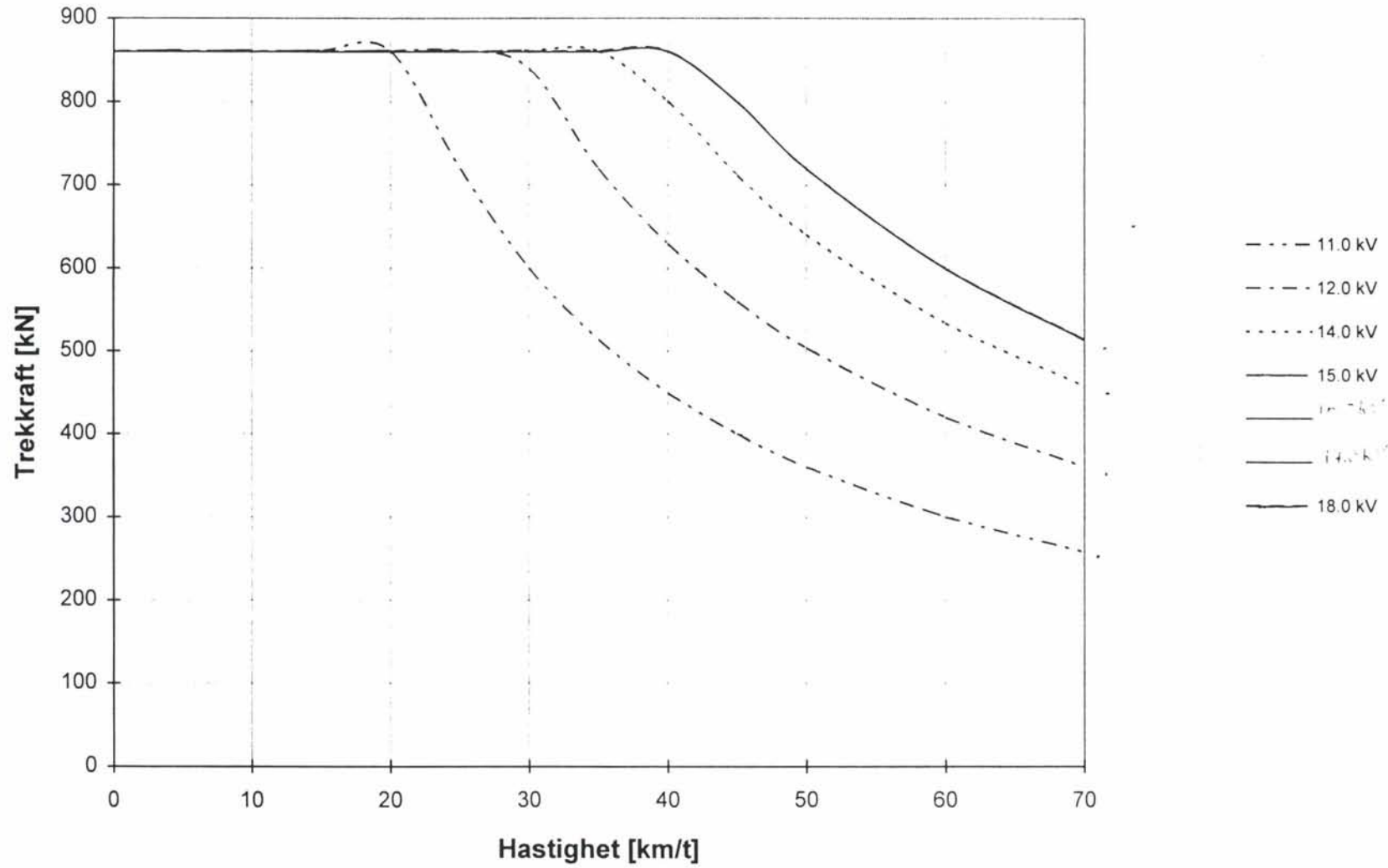
Vedlegg 2

Trekraftkurver og strømforbruk

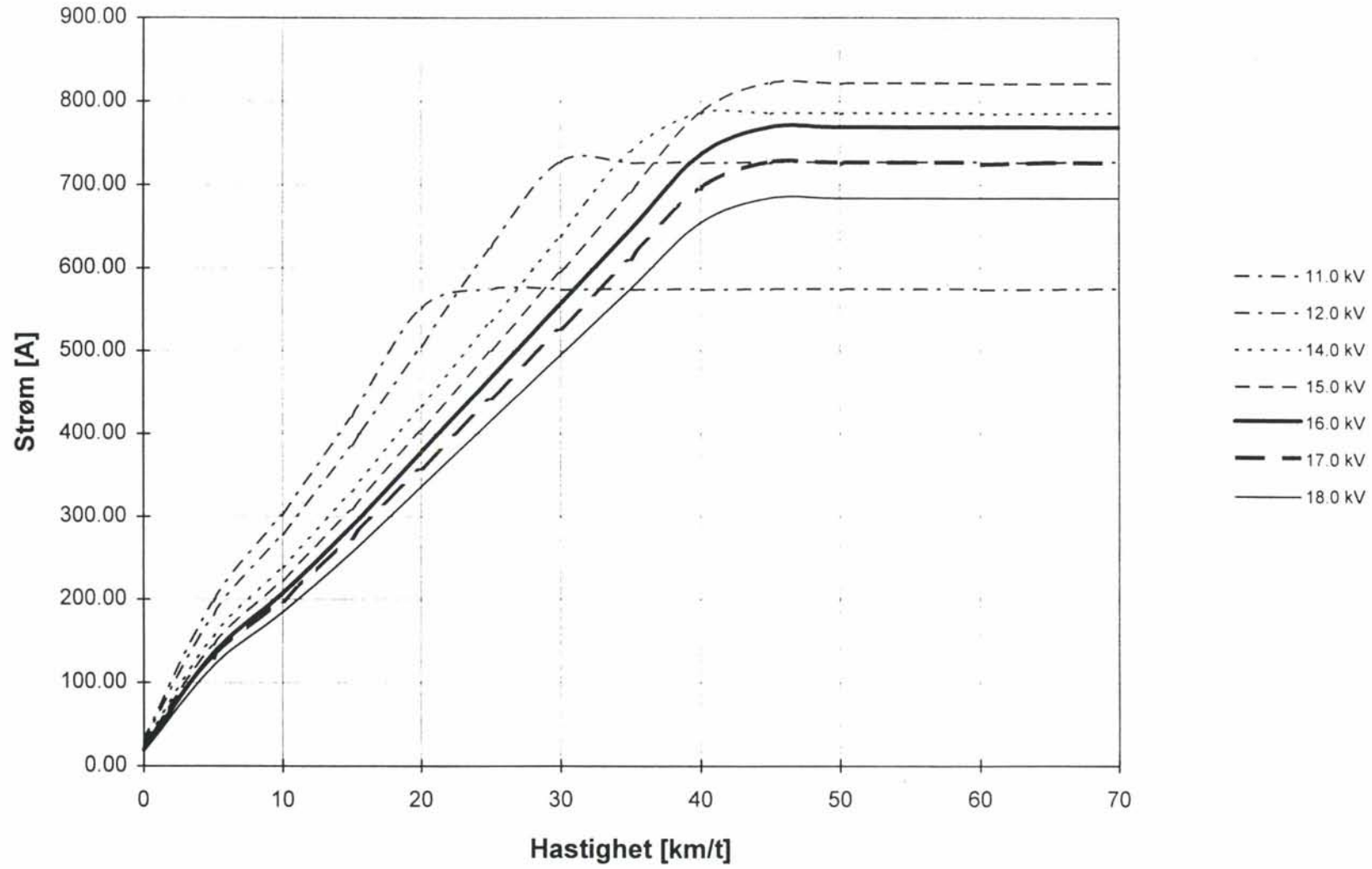
Trekraftkurver, EL15 (inkl. adhesjon)



Trekraft, nytt malmtog (inkl. adhesjon)



Strømforbruk, nytt malmtog



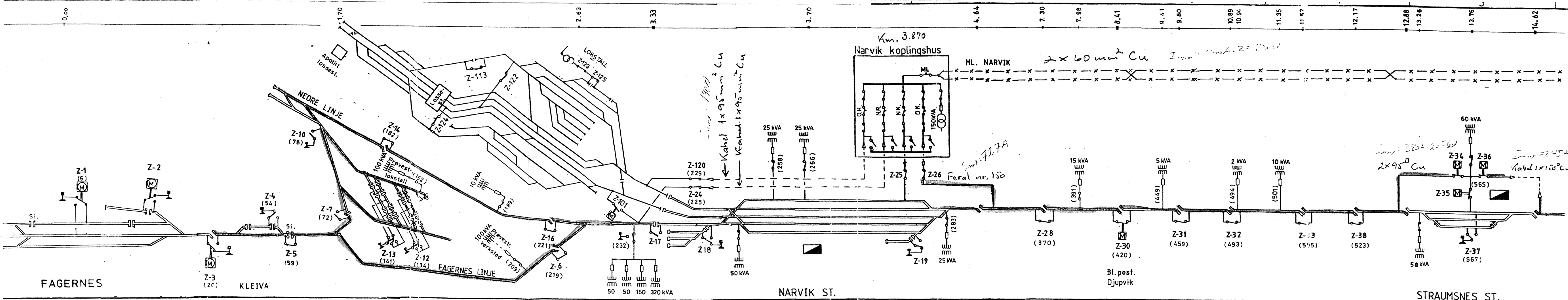
Vedlegg 3

Dagens ruteplan (resultat fra simuleringer)

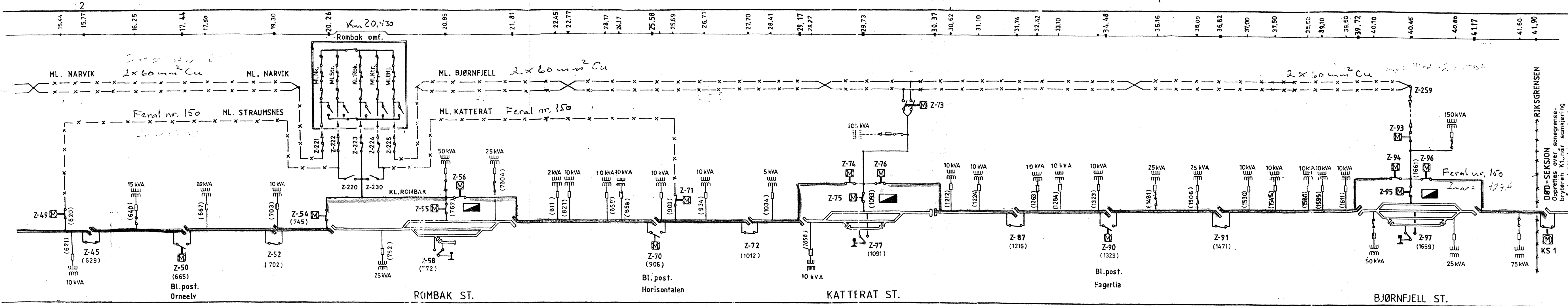
Persontog: rød farge (tog nr. med 3 siffer kjøres med Rc - lok.)

Malmtog: Sort farge.

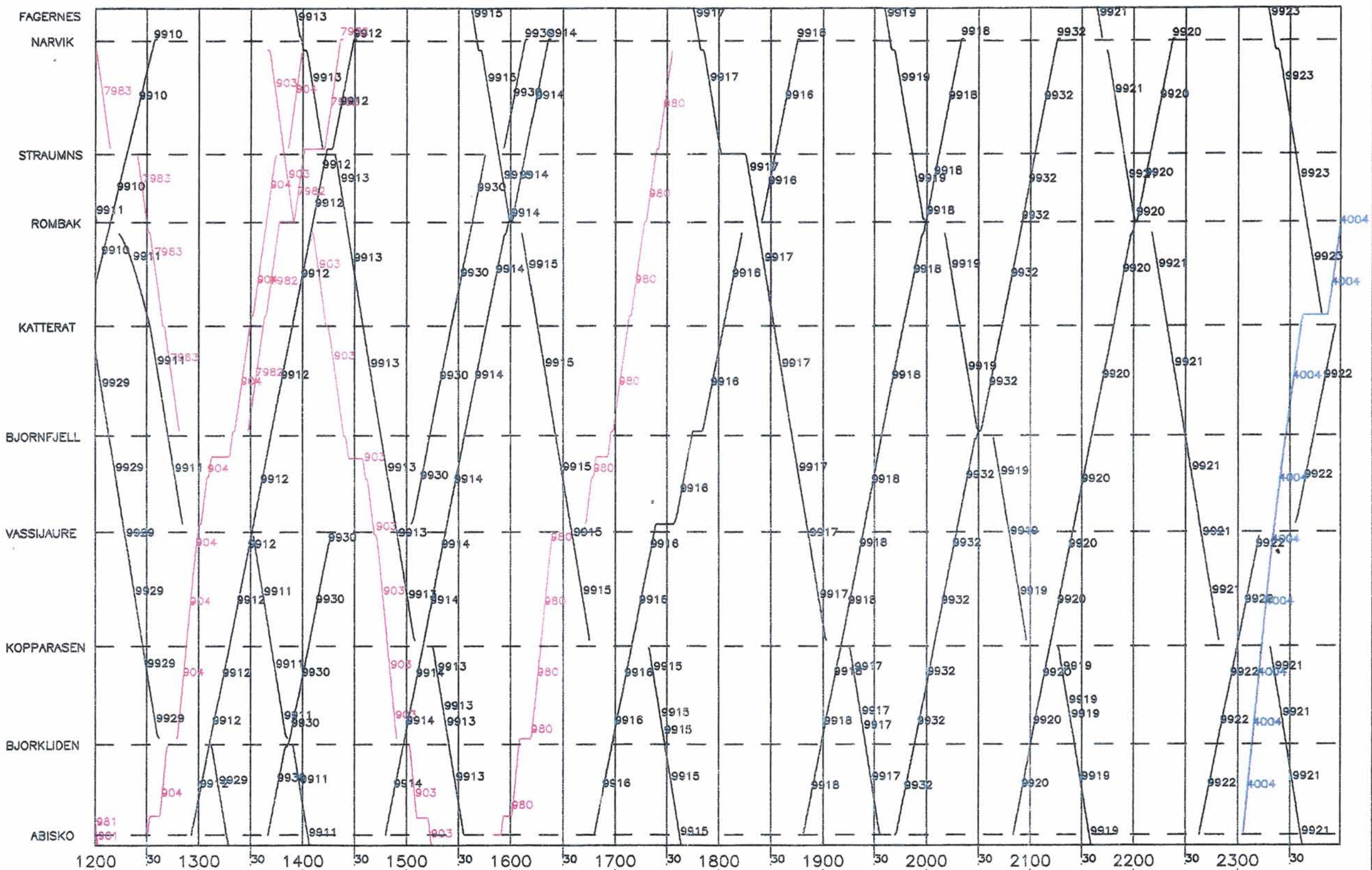
Are tog: Blå farge



r3	Revidert	09.09.93	Ø.L.
r2	Revidert	04.03.91	Ø.L.
r1	Nye brukere og transform.	27.5.76	Ø.L.
Nr.	Forandringer	Dato	Navn
Målestokk			
Tegn.			
Trac.			
Kfr.			
Kontaktledningsanlegg			
Koplingskjema for strøkingen			
Fagernes (I) - Straumsnes (I)			
Norges Statsbaner			
E. avd. Narvik distrikt			
Eerstattet av: <i>Arvid Hiltunen</i>			
Eerstattet av: <i>Oddvar Larsen</i>			
Erstatning for: NDE. 4512 og 4577			
NDE. 4512			



r3	Del-seksjon fjernet	01.02.91	Ø.L.
r2	Ny linjetrase - Norddalen	16.12.88	Ø.L.
r1	Nye brukere og transform.	27.5.76	Ø.L.
Nr.	Forandringer	Dato	Navn
Målestokk			
Tegn.			
Trac.			
Kfr.			
Kontaktledningsanlegg			
Koplingskjema for strøkingen			
Rombak (I) - Bjørnfjell (I)			
Norges Statsbaner			
E. avd. Narvik distrikt			
Eerstattet av: <i>Arvid Hiltunen</i>			
Eerstattet av: <i>Oddvar Larsen</i>			
Erstatning for: NDE. 4513 og 4577			
NDE. 4513			



Train graph for layout OFTBAN12 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN 1995, 25 TONN AKSELLAST

Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 14:10 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 4

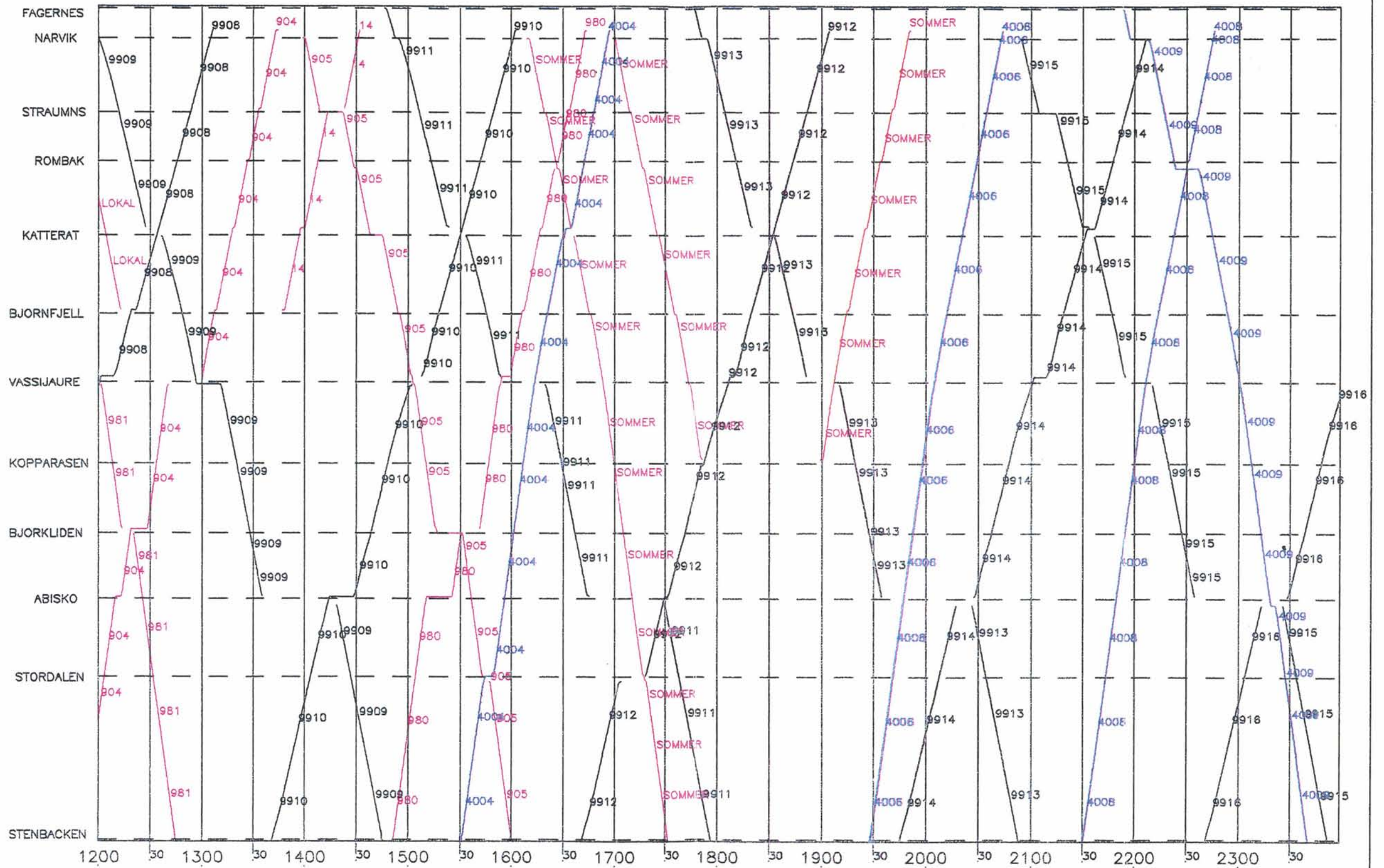
Fremtidig ruteplan nr.1 (resultat fra simuleringer)

Persontog: rød farge (tog nr. med 3 siffer kjøres med Rc - lok.)

Malmtog: Sort farge.

Are tog:Blå farge

VEVL 7.1



Train graph for layout OFTBAN8 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN 1, 30 TONN AKSELLAST

Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 13:47 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 5

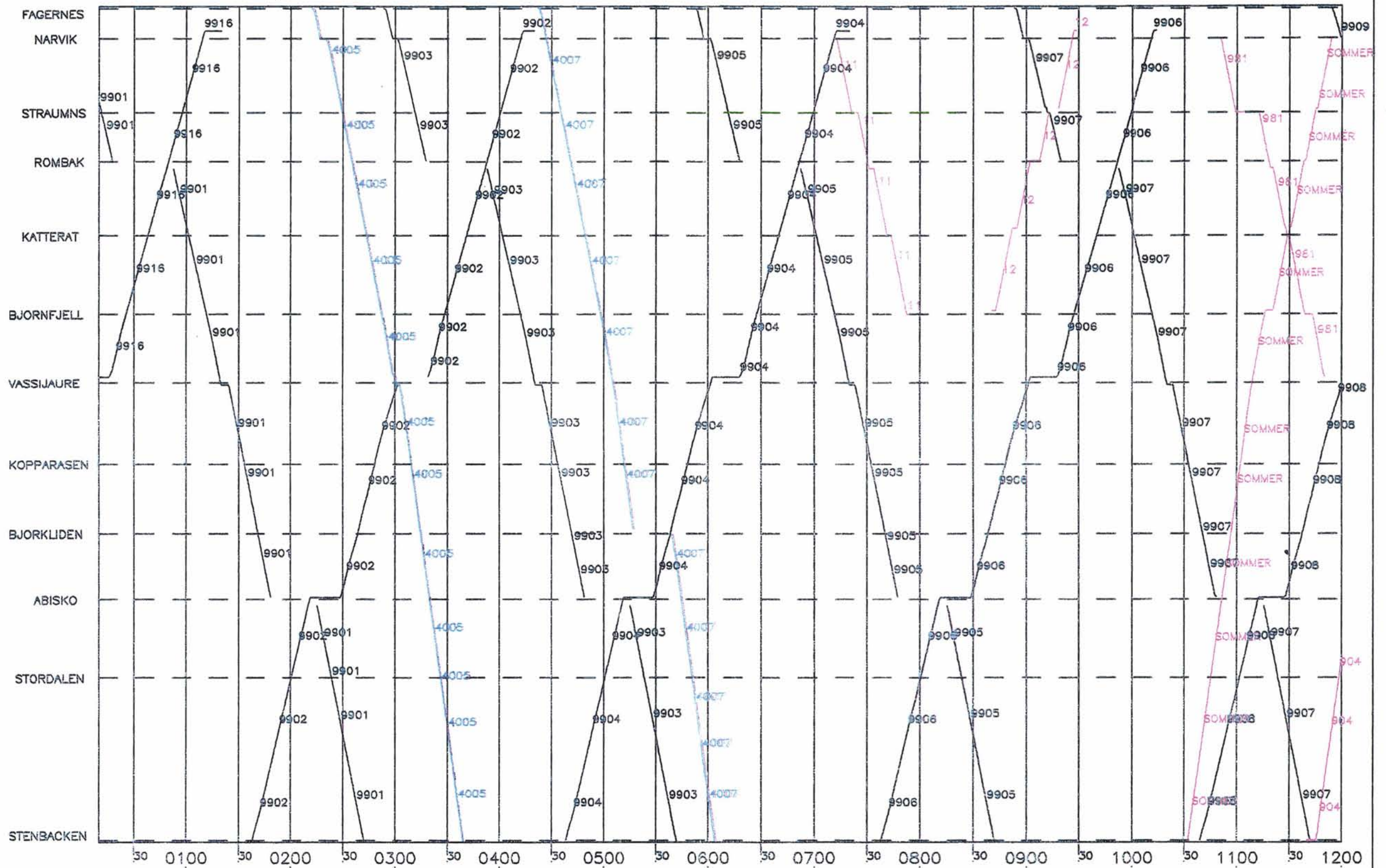
Fremtidig ruteplan nr.2 (resultat fra simuleringer)

Persontog: rød farge (tog nr. med 3 siffer kjøres med Rc - lok.)

Malmtog: Sort farge.

Are tog:Blå farge

VEDL 5



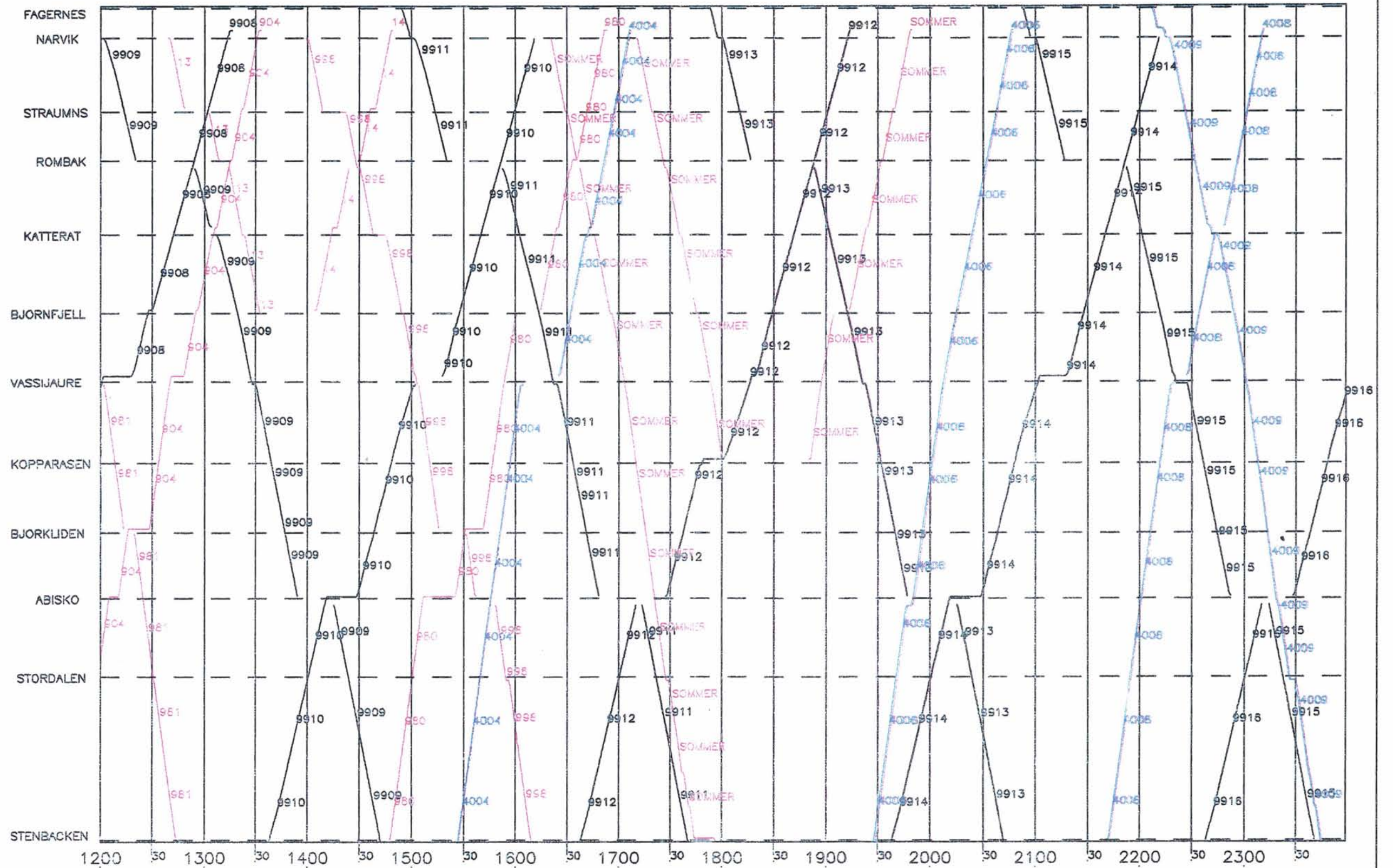
Train graph for layout OFTBAN9 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN 2, 30 TONN AKSELLAST

Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 13:53 by user vision6

BR RESEARCH

VEDV 5.1



Train graph for layout OFTBAN9 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN 2, 30 TONN AKSELLAST

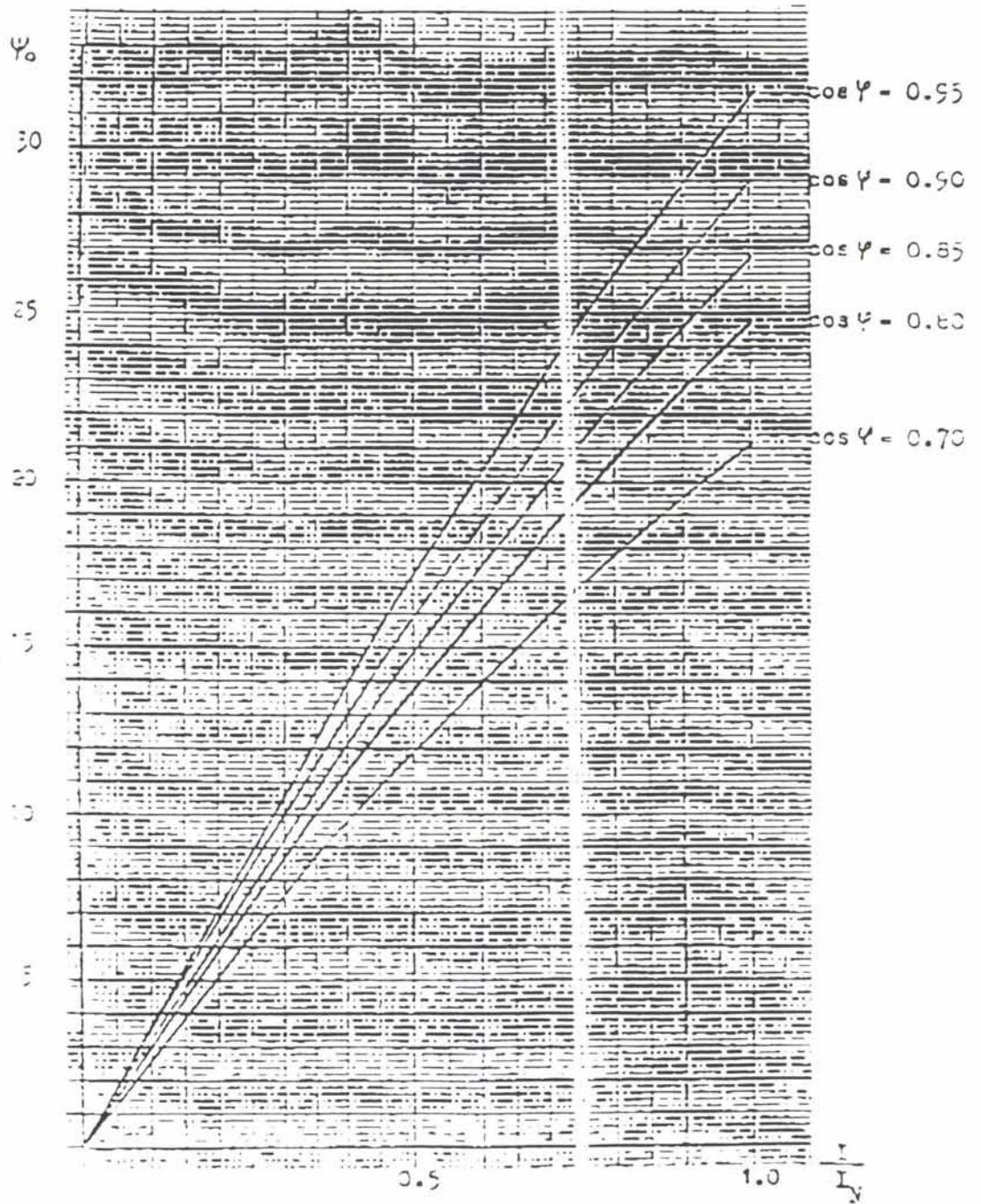
Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 13:53 by user vision6

BR RESEARCH

Vedlegg 6

Fasevinkelkarakteristikk for et 10 MVA roterende omformeraggregat.

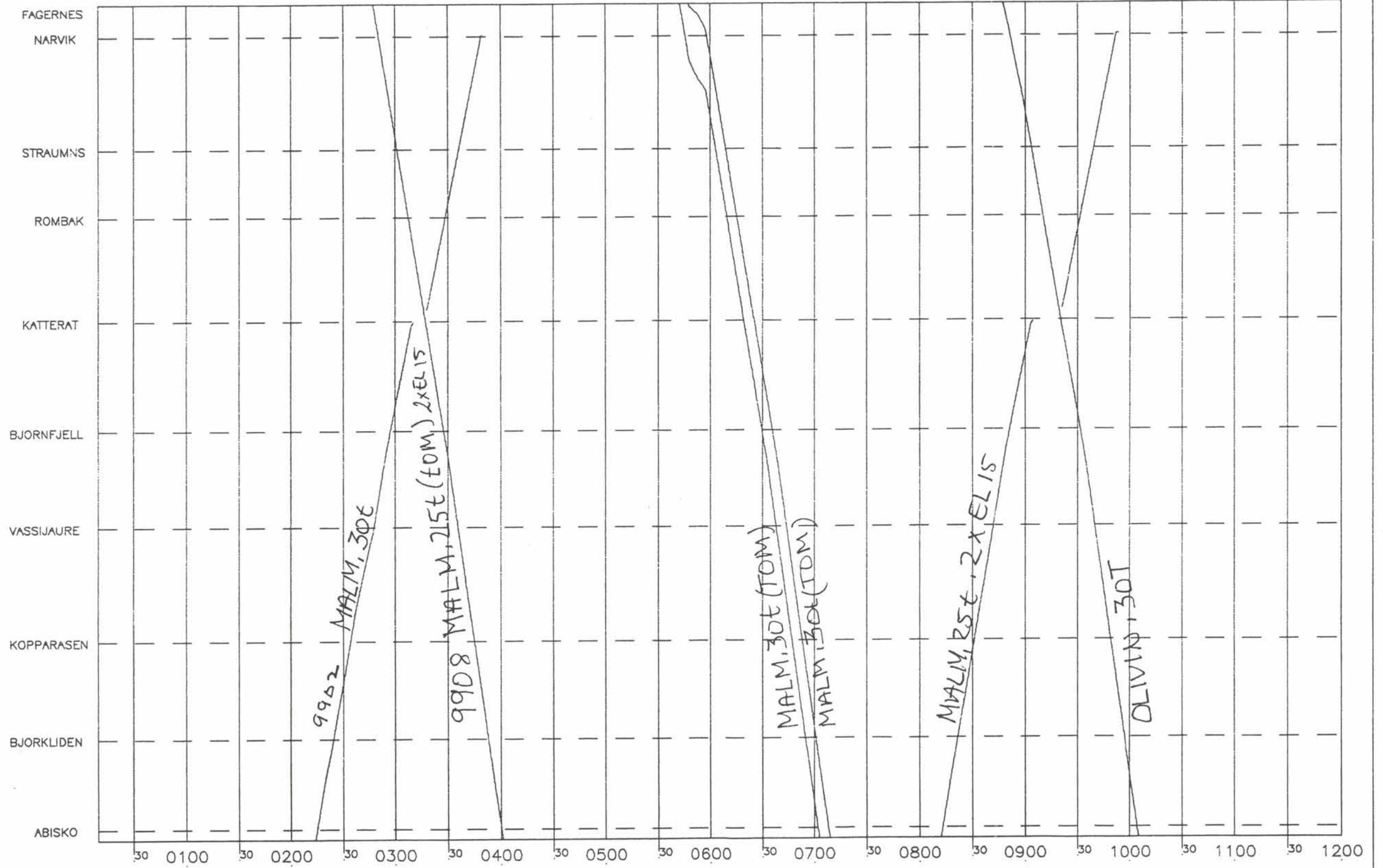
BELASTNINGSVINKEL FOR 10 MVA OMFORMER



Vedlegg 7

Test-ruteplan (resultat fra simuleringer)

VEDL 7



Train graph for layout OFTBAN13 (OFOTBANEN - NSB/SJ 12/95)

RUTEPLAN TEST

Drawn by VISION 3.1.8 on 20 January 1996 at 18:14 by user vision6

BR RESEARCH

SIMULERING AV OFOTBANEN, DEL 2

SAMMENDRAG

I forbindelse med at LKAB i Kiruna begynner på nytt hovednivå (1000m) ønsker de å se på mulighetene for å øke aksellasten på malmbanen fra 25 til 30 tonn. I denne forbindelse ble det utført simuleringer av banestrømforsyningen for Ofotbanen mhp dagens og fremtidige ruteplaner utarbeidet av BV.

Etter disse analysene ble det besluttet å iverksette ytterligere analyser med hovedvekt på avviksforhold i forhold til ruteplanene som var utarbeidet av BV.

Det er for denne rapporten utført 7 forskjellige simuleringer som resulterer i fire forskjellige hovedalternativer for forsterkninger av banestrømforsyningen på Ofotbanen (se kapittel 6).

Det anbefales å forsterke banestrømforsyningen på Ofotbanen etter Alternativ B.

Alternativ B dekker:

- i) Forutsetter ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.
- ii) En tettere ruteplan enn den som er skissert av BV. Ideel rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med «nye malmlok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Det er her spesifisert de endringer i banestrømforsyningen som må iverksettes før idriftsettelse av fremtidige ruteplaner med 30 tonns aksellast.

Utbedringer og tiltak som må iverksettes:

- Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus
- Brytere Rombakk omformerstasjon
- Jording Rombakk omformerstasjon
- Brytere Narvik koblingshus
- Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95
- Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 95 (tillegg)
- Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 2x 240 mm² AL
- Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 2x 240 mm² AL
- Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm² CU inkl master.
- Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm² Al
- Kabel forbiføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm² Al

Totale kostnader u/avgifter for å tilfredstille anbefalingen er på kr. 16 650 000,- NOK.

Spesifisert arbeid/utskiftninger er gitt i kapittel 5.6.

Spesifiserte kostnader er gitt i kapittel 6.

Fra «simulering av Ofotbanen, Del 1» går det frem at ønsket installert ytelse i Rombakk omformerstasjon er på 2x5,8 + 10 MVA.

Det er etter analysen i denne delen av rapporten funnet at dagens installerte ytelse på 5,8 + 2x10 MVA er tilstrekkelig og nødvendig installert ytelse i Rombakk omformerstasjon.

INNHALDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG.....	2
INNHALDSFORTEGNELSE	3
1 INNLEDNING	4
1.1 BAKGRUNN.....	4
1.2 MÅLSETTING.....	4
1.3 ARBEIDETS OMFANG	4
2 FORUTSETNINGER	5
2.1 INFRASTRUKTUR	5
2.1.1 Banestrekninger.....	5
2.1.2 Hastighet.....	5
2.2 ELEKTRISK.....	5
2.2.1 Omformerplassering, kontaktledning og mateledninger	5
2.2.2 Overliggende trefasenett.....	5
2.3 TOGMATERIELL OG RUTEPLAN.....	5
2.3.1 Ruteplan.....	5
2.3.2 Rullende materiell	6
2.4 TEKNISKE KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN	7
3 SIMULERINGER.....	8
4 REPRESENTASJON AV STRØMFORSYNINGSSYSTEMET I VISION-OSLO.....	11
4.1 REPRESENTASJON AV OMFORMERSTASJONENE.....	11
4.2 REPRESENTASJON AV KONTAKTLEDNINGSANLEGGET	11
4.3 MODELLER FOR ELEKTRISK MATERIELL	11
5.RESULTATER	12
5.1 SIMULERING 1.....	12
5.2 SIMULERING 2.....	13
5.3 SIMULERING 3 OG 4.....	15
5.4 SIMULERING 5.....	16
5.5 SIMULERING 6 OG 7.....	17
5.6 TILTAK SOM MÅ IVERKSETTES	19
6. KOSTNADER	21
6.1 ALTERNATIV A:.....	22
6.2 ALTERNATIV B:	23
6.3 ALTERNATIV C:	24
6.4 ALTERNATIV D:.....	25
7. ANBEFALING/KONKLUSJON.....	26
8. LITTERATURLISTE	27
9. VEDLEGGSLISTE.....	28

1 INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

Etter gjennomgang av «Simuleringer av Ofotbanen, Del 1», ble Baneregion Nord, teknisk kontor bedt av styringsgruppen ved I. Hagland om å iverksette ytterlige simuleringer for å utfylle eksisterende simuleringer.

De nye simuleringene skulle spesielt ta for seg avviksforhold ihht skisserte fremtidige ruteplaner.

1.2 MÅLSETTING

Målet for prosjektet er å klarlegge om eksisterende banestrømforsyning er tilstrekkelig for fremføring av malm med nye lokomotiv og med økning av maksimal aksellast fra 25 til 30 tonn.

Spesielt for dette prosjektet er det en målsetting å kartlegge avviksforholdenes innvirkning på banestrømforsyningen.

1.3 ARBEIDETS OMFANG

Det er utført simuleringer av banestrømforsyningen hos British Rail Research i Derby, England med datamaskinprogrammet VISION/OSLO.

I VISION/OSLO er det lagt inn data for vertikalkurvatur, hastighet, signaler og elektriske data for strekningen fra Fagernes til Stenbacken. Det er også lagt inn modeller av det elektriske materiellet som går på Ofotbanen.

Det er utført simuleringer med 7 forskjellige ruteplaner. For hver av simuleringene er det for teknisk data lagt inn en endring fra tidligere simuleringer av Ofotbanen. Gangmotstanden for det rullende materiellet som er brukt i tidligere simuleringer tar utgangspunkt i underlagsdata fra simuleringsmiljø i Baneverket. I de 7 simuleringen som er gjenngitt i denne rapporten er det brukt gangmotstand som tar utgangspunkt i en målerapport utført av SJ. (Grunnmotstanden er målt av SJ-maskinlaboratoriet, Reg. nr. 9503-53G)

For alle simuleringer er det tatt utskrifter av sum enfasestrøm, aktiv og reaktiv effekt i Rombak omformerstasjon, samt utskrifter av strømmen i de forskjellige mateledningene langs Ofotbanen. I tillegg er det tatt utskrifter av spenning (på pantografen) over et utdrag av tog.

2 FORUTSETNINGER

2.1 INFRASTRUKTUR

2.1.1 Banestrekninger

Det er tatt utgangspunkt i eksisterende bane mellom Fagernes og Stenbacken.

2.1.2 Hastighet

Det er brukt dagens hastigheter.

2.2 ELEKTRISK

2.2.1 Omformerplassering, kontaktledning og mateledninger

I alle simuleringene er det forutsatt eksisterende omformerstasjoner ved Rombak (km. 20,4 fra Fagernes), Tornehamn (km. 63 fra Fagernes) og Stenbacken (km 110 fra Fagernes).

Kontaktledningsanlegget på Ofotbanen er delt opp i seksjoner som hver mates fra Rombak omformerstasjon, via mateledninger. All returstrøm føres tilbake til omformerstasjonen i skinnene. På Ofotbanen er det 600 A impedansespoler, men det er ikke sugetransformatorer.

På fri linje er det kontaktledningsanlegg med 100 mm² Cu kontakttråd og 50 mm² Cu bæreline. På alle stasjoner er det 80 mm² Cu kontakttråd og 50 mm² Cu bæreline.

2.2.2 Overliggende trefasenett

I simuleringene er det forutsatt et stivt trefasenett.

2.3 TOGMATERIELL OG RUTEPLAN

2.3.1 Ruteplan

Det er brukt 5 forskjellige ruteplaner i simuleringene, hvorav 2 av ruteplanene er simulert med forskjellig bruk av materiell.

Det har en stor innvirkning på strømforsyningen hvordan de forskjellige lokførerne kjører. På Ofotbanen har alle lokførere pålegg om å være forsiktig med pådraget under oppstart og ved akselerasjon. I simuleringprogrammet VISION/OSLO kjører alle lokførerne i utgangspunktet med maksimalt pådrag under oppstart og ved akselerasjon. I programmet er det mulig å redusere trekkraften under oppstart/akselerasjon for bedre å etterligne de virkelige forhold.

Ruteplan nr. 1 er samme ruteplan som fremtidig ruteplan nr.1 i Del 1. Forskjell fra Del 1 er gangmotstanden som er brukt på det rullende materiellet.

Ruteplan nr. 2 er samme ruteplan som ruteplan nr. 1, men her med feil på mateledningen til Narvik og til Bjørnefjell.

Ruteplan nr. 3 har to varianter:

- Ruteplan nr. 3.1 Viser oppstart fra Fagernes til Narvik med forskjellige vekter m/Olivin og bruk av nytt Malmtog.
- Ruteplan nr. 3.2 Viser oppstart fra Fagernes til Narvik med forskjellige vekter m/Olivin og bruk av gammelt Malmlok (EL15).

Ruteplan nr. 4 viser forskjellige kombinasjoner av lok-sammensetninger for stasjons- og matestasjonsavstander mellom tog som går fra Fagernes/LKAB til Bjørnefjell.

Ruteplan nr. 5 har to varianter:

- Ruteplan nr. 5.1 Viser et utsnitt og en fortettet utgave av ruteplan nr. 1.
- Ruteplan nr. 5.2 Viser et utsnitt og en fortettet utgave av ruteplan nr.1 og bruk av EL15.

Vedlegg 1 viser ruteplan nr. 1.

Vedlegg 2 viser ruteplan nr. 2.

Vedlegg 3 viser ruteplan nr. 3.1.

Vedlegg 4 viser ruteplan nr. 3.2.

Vedlegg 5 viser ruteplan nr. 4.

Vedlegg 6 viser ruteplan nr. 5.1.

Vedlegg 7 viser ruteplan nr. 5.2.

Ruteplan nr. 1 med økt aksellast og nytt materiell er utarbeidet av Banverket v/David Larsson.

2.3.2 Rullende materiell

Generelt har man i simuleringene brukt følgende materiell.

Malmtog m/last: 68 vogner malm: 8160 t + lok.

Malmtog u/last: 68 tomme vogner: 1360 t + lok.

Olivintog : 13 vogner Olivin + 55 tomme vogner: 2400 t + lok.
 26 vogner Olivin: 2470 t + lok.
 0,75* 26 vogner Olivin: 1900 t + lok.
 13 vogner Olivin: 1235 t + lok.

Are tog: Rc4 + 820 t
 Rc4 + 620 t

Persontog: Type 69 m/3 vogner
 Rc4 + 6 vogner

Nytt Malmlok : Vekt = 360 t.
 EL15 Vekt = 264 t.

2.4 TEKNISKE KRAV TIL BANESTRØMFORSYNINGEN

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

Spenningen på strømvtager må ikke underskride en gitt verdi. Iht. IEC publikasjon nr 850 er nedre grense satt til 12.0 kV. Ved prosjektering av nye anlegg bør en legge seg på en høyere grense. Denne grensen er av NSB 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 trafikk.

3 SIMULERINGER

Simulering 1:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 1.

Hensikten med simuleringen er å teste hvor mye den nye gangmotstanden for simuleringene innvirker på ruteplan og banestrømforsyningen.

Simulering 2:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 2.

Hensikten med simuleringen er å teste banestrømforsyningen og trafikkfrømføringen ved feil på mateledningene Rombakk-Narvik og Rombakk-Bjørnefjell.

Det er for denne simuleringene ikke kjørt med seksjonert KL-anlegg og all strøm som tidligere gikk i mateledningene til Narvik og til Bjørnefjell, må nå gå i KL-anlegget. Det er i denne forbindelse simulert med andre impedanser for KL-anlegget der strømmens turvei tidligere ikke var i parallell med returveien i sporet.

Simulering 3:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 3.1.

Hensikten med simuleringen er å teste banestrømforsyningen ved forskjellige togvekter og oppstart fra Fagervik.

Det geografisk interessante området er mellom Fagernes og Narvik.

Det er simulert med tre forskjellige togvekter:

1	26 vogner Olivin	Nytt malmlok.
2	0,75*26 vogner Olivin	Nytt malmlok.
3	13 vogner Olivin	Nytt malmlok.

(0,75*26 vogner Olivin og nytt malmlok tilsvarer 26 vogner Olivin og nytt malmlok + disellok)

Simulering 4:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 3.2.

Hensikten med simuleringen er å teste banestrømforsyningen ved forskjellige togvekter og oppstart fra Fagervik.

Det geografisk interessante området er mellom Fagernes og Narvik.

Det er simulert med tre forskjellige togvekter:

1	26 vogner Olivin	2*EL15.
2	0,75*26 vogner Olivin	2*EL15.
3	13 vogner Olivin	2*EL15.

(0,75*26 vogner Olivin og 2*EL15 tilsvarer 26 vogner Olivin og 2*EL15 + disellok)

Simulering 5:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 4.

Hensikten med simuleringen er å se på belastningene i mateledningene(ML) og spenningene på lok`ene ved forskjellige kombinasjoner for ML-avstander og Stasjons(ST)-avstander mellom lok`ene.

Togene går uten unntak fra LKAB(Fagernes) til Sverige.

I denne simuleringen er det også sett bort fra samkjøring med Sverige.

Det geografisk interessante området er mellom LKAB (Fagernes) og Bjørnefjell.

nr.	Loktype	Last	Trekraft.
1	Nytt Malm	68 tomme vogner	90% trekkraft
2	Nytt Malm	68 tomme vogner	90% trekkraft ML-avstand
3	Nytt Malm	68 tomme vogner	80% trekkraft
4	Nytt Malm	68 tomme vogner	80% trekkraft ST-avstand
6	Nytt Malm	68 tomme vogner	90% trekkraft
7	2xEL15	68 tomme vogner	90 % trekkraft ML-avstand
8	Nytt Malm	68 tomme vogner	80% trekkraft
9	2xEL15	68 tomme vogner	75 % trekkraft ST-avstand
10	Nytt Malm	68 tomme vogner	90 % trekkraft
11	Nytt Malm	13 OLIVIN + 55 tomme	90 % trekkraft ML-avstand
12	Nytt Malm	13 OLIVIN + 55 tomme	90 % trekkraft
13	2x13 EL15	68 tomme vogner	75 % trekkraft St-avstand

ML-avstand Det ene toget går 11 min før det andre. Det vil si at første tog skal komme så langt at det mates via en annen ML før det andre starter.

ST-avstand Det ene toget går 5 min før det andre. Det vil si at første tog skal nå inn på Narvik stasjon før det andre starter. (Det tar ca 6,5 min fra Fagernes til Narvik)

Simulering 6:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 5.1.

Hensikten med simuleringen er å teste banestrømforsyningen mot en fortettet utgave av ruteplan nr. 1

Opprinnelig tidsrom som simuleres: kl 01: 45 til 07: 30.
Fortettet til kl 01: 45 til 06: 30.

Innspart tid lik 1 time på opprinnelig 6 timer, dvs 4 timer over et døgn.

nr.	loknr.	Loktype	Last	Retning
3	9902	nytt lok	68 fulle vogner malm	Sverige - Norge
4	4005	ARE		Norge - Sverige
5	9908	nytt lok	68 tomme vogner	Norge - Sverige
6	4007	ARE		Norge - Sverige
7	9904	nytt lok	68 fulle vogner malm	Sverige - Norge
8	9905	nytt lok	68 tomme vogner	Norge - Sverige

Simulering 7:

Eksisterende bane fra Fagernes til Stenbacken i Sverige og med ruteplan nr. 5.2.

Hensikten med simuleringen er å teste banestrømforsyningen mot en fortettet utgave av ruteplan nr. 1

Opprinnelig tidsrom som simuleres: kl 01: 45 til 07: 30.

Fotettet til kl 01: 45 til 06: 30.

Innspart tid lik 1 time på opprinnelig 6 timer, dvs 4 timer over et døgn.

nr.	loknr.	Loktype	Last	Retning
3	9902	nytt lok	68 fulle vogner malm	Sverige - Norge
4	4005	ARE		Norge - Sverige
5	9908	2*EL15	13 Olivin + 55 tomme vogner	Norge - Sverige
6	4007	ARE		Norge - Sverige
7	9904	nytt lok	68 fulle vogner malm	Sverige - Norge
8	9905	nytt lok	68 tomme vogner	Norge - Sverige

4 REPRESENTASJON AV STRØMFORSYNINGSSYSTEMET I VISION-OSLO

4.1 REPRESENTASJON AV OMFORMERSTASJONENE

I simuleringene, er det for omformerstasjonene brukt en modell som gir tilnærmet konstant utmatet spenning lik 16.5 kV og med økende fasesakking/fasevinkel ved økende last. Vedlegg 6 viser fasevinkelkarakteristikken for et 10 MVA roterende omformeraggregat.

Tabell 4.1 viser antall aggregat som er plassert i omformerstasjonene og den nominelle ytelsen. I simuleringene er det forutsatt at i en normal driftssituasjon er alle omformerenheter/aggregater i hver enkelt omformerstasjon i drift. Det er også forutsatt at reguleringsløyfen i hver omformerstasjon gir en ideell lastfordeling mellom hvert omformeraggregat i stasjonen.

Omformerstasjoner	
Rombak	1x5,8 MVA +
(km 20,4 fra Fagernes)	1x10 MVA
Tornehamn	1x10 MVA +
(km 63 fra Fagernes)	2x2,4 MVA
Stenbacken	2x10 MVA
(km 110 fra Fagernes)	

Tabell 4.1: Omformerstasjoner m/nominell ytelse

4.2 REPRESENTASJON AV KONTAKTLEDNINGSANLEGGET

Kontaktledningsanlegget på Ofofbanen er delt opp i seksjoner som hver mates fra Rombak omformerstasjon, via mateledninger. All returstrøm føres tilbake til omformerstasjonen i skinnene. På Ofofbanen er det ikke sugetransformatorer.

Alle impedanser som er brukt i simuleringene samsvarer med «Simuleringer av Ofofbanen Del 1» I simulering nr. 2 i denne delen er det simulert med feil på mateledningene Rombak-Narvik og Rombak-Bjørnefjell. Det er for denne simuleringen ikke kjørt med seksjonert KL-anlegg og all strøm som tidligere gikk i mateledningene må nå gå i KL-anlegget. Det er i denne forbindelse simulert med andre impedanser for KL-anlegget der strømmens turvei tidligere ikke var i parallell med returveien i sporet. (Se vedlegg 1 i Del 1)

Impedanser :	Narvik st - Blokkpost Djupvik	Blokkpost Fagerlia - Bjørnefjell st.
Uten feil på ML	$Z = -0,10 - j 0,03 \text{ ohm/km}$	$Z = -0,10 - j 0,03 \text{ ohm/km}$
Med feil på ML	$Z = 0,17 + j 0,15 \text{ ohm/km}$	$Z = 0,17 + j 0,15 \text{ ohm/km}$

4.3 MODELLER FOR ELEKTRISK MATERIELL

Det er laget modeller av alle motorvogner og lokomotiv som brukes i simuleringene. Med utgangspunkt i materiellets trekraftkurver (som funksjon av hastighet og kontaktledningsspenning), effektfaktor og virkningsgrad er det for hvert lokomotiv/hver motorvogn beregnet strømforbruk som funksjon av hastighet ved forskjellig spenning på kontaktledningsanlegget. Disse kurvene for strømforbruket danner modellen for det elektriske materiellet.

5.RESULTATER

5.1 SIMULERING 1

Belastninger

Simuleringen er gjort med ruteplan nr. 1. Denne ruteplanen er som tidligere sagt «fremtidig ruteplan nr 1» fra «Simulering av Ofotbanen, Del 1». Eneste forskjellen er at det her er simulert med ny gangmotstand.

Tabell 5.1 viser høyeste belastning (de 3 høyeste strømverdiene) i Rombak omformerstasjon med tilhørende mateledninger.

Tabell 5.1	Ruteplan nr 1 uten ny gangemotstand			Ruteplan nr 1 med ny gangemotstand		
Rombakk omformer						
Sum strøm [A]	1300	1050	1050	1050	1050	950
ML Narvik [A]	800	800	800	775	775	775
ML Straumsnes [A]	750	700	700	675	675	675
ML Katterat [A]	800	800	800	*1275	800	800
ML Bjørnefjell [A]	400	400	400	450	375	375

Tabell 5.1 Momentane toppbelastning i Rombak omformerstasjon og mateledninger.

Gjennomgående ser man at toppverdiene har gått ned med den nye gangmotstanden for materiellet.

Ingen av verdiene (sum strøm) i tabell 5.1 gir utfall av aggregat i Rombak omformerstasjon under forutsetning at reguleringsystemet gir en relativ lastdeling mellom de to aggregatene i omformerstasjonen.

Toppverdiene for mateledningene er også gjennomgående lavere med ny gangmotstand.

* 1275 A for Katterat mateledning er et resultat av sammenfallende toppverdier i simuleringene og er neppe karakteristisk for ruteplanen.

Tabell 5.2 viser gjennomsnittsverdier (strøm) i Rombak omformer og de forskjellige mateledningene. Verdiene som er vist er høyeste gjennomsnittelige strøm i løpet av en tidsperiode med varighet på tilnærmet 5-10 min. Utskrifter fra simuleringer er vist i «Simulering av Ofotbanen, Del2: Utskrifter».

Tabell 5.2	Ruteplan nr 1 uten ny gangemotstand			Ruteplan nr 1 med ny gangemotstand		
Rombakk omformer						
Sum strøm [A]	800	750	700	800	800	750
ML Narvik [A]	650	650	650	650	650	650
ML Straumsnes [A]	650	650	450	675	675	525
ML Katterat [A]	700	700	700	675	675	675
ML Bjørnefjell [A]	350	350	275	375	375	300

Tabell 5.2 Gjennomsnittsverdier i Rombak omformer og mateledninger.

Rombak kan med installert ytelse på (5,8 + 10) MVA levere totalt (360 + 625 =) 985 A kontinuerlig, og (500 + 875 =) 1375 A i 6 minutter etter grunnlast. Av simuleringene ser man at Rombak omformer har nok installert ytelse uten fare for utfall av aggregater.

Mateledningene har følgende termiske begrensninger:

Mateledning Narvik 2x60 mm ² CU:	640 A beregnet fra [3]
Mateledning Straumsnes 1xFeAl nr. 150:	727 A [2]
Mateledning Katterat 1xFeAl nr. 150:	727 A [2]
Mateledning Bjørnefjell 2x60 mm ² CU:	640 A beregnet fra [3]

Kabelene har følgende termiske begrensninger:

Kabel 1x95 mm ² CU Narvik - Fagernes:	260 A beregnet fra [2]
Kabel 1x95 mm ² CU Narvik - LKAB:	260 A beregnet fra [2]
Kabel 1x150 mm ² CU Straumsnes stasjon.	330 A beregnet fra [2]

Kontaktledningsnettets har følgende termiske begrensninger:

80 mm ² CU + 50 mm ² CU Narvik - Fagernes:	500 A beregnet fra målinger
100 mm ² CU + 50 mm ² CU ellers på fri linje:	650 A beregnet fra målinger

Av tabell 5.2 ser vi at mateledningen fra Rombak til Narvik blir termisk overbelastet. Mateledningen har hatt lang driftstid og etter befaringer regnes begrensningene for denne mateledningene også å ligge under 640 A.

De gjennomsnittelige toppverdiene for mateledningen til Narvik oppstår ved oppstart av tomtog og Olivintog fra Fagernes/LKAB og med varigheten frem til Narvik.

Begge kabelføringene fra Narvik til hhv Fagernes og LKAB vil da også overlastes. Kabelføringen for Straumsnes stasjon blir termisk overbelastet.

Kontaktledningsnettets fra Narvik til Fagernes blir termisk overbelastet.

Spenninger

Fra simuleringene finner man laveste spenning på pantografen for togene lik 12,5 kV. Dette oppstår ved oppstart fra Fagernes/LKAB. Dette er lavere enn NSB's krav for prosjektering av nye anlegg, men høyere enn krav ihht IEC publikasjon 850. Det synes derfor av hensyn til trafikkfremføringen hensiktsmessig å øke det totale tverrsnittet for KL-anlegget. Dette kan gjøres med forsterkningsledning på strekningen Narvik - Fagernes/LKAB.

5.2 SIMULERING 2

Simuleringen er gjort med ruteplan nr. 2. Denne ruteplanen er som tidligere sagt «fremtidig ruteplan nr 1» fra «Simulering av Ofofbanen, Del 1». Eneste forskjellen er at det her er simulert med ny gangmotstand, og feil på mateledningene.

Mateledningen til Narvik er tatt ut. All strøm som gikk i denne mateledningen må da gå i kontaktledningsnettets mellom Straumsnes og Narvik.

Mateledningen til Bjørnefjell er tatt ut. All strøm som gikk i denne mateledningen må da gå i kontaktledningsnettets mellom Katterat og Bjørnefjell.

Belastninger

Tabell 5.3 angir de høyeste momentanverdiene og de høyeste 5-10 min gjennomsnittsverdiene for sum strøm fra Rombakk omformerstasjon, og strøm i deler av kontaktledningsnett.

Tabell 5.3	Momentanverdi			Gjennomsnittsverdi (5-10) min		
	I [A]			I [A]		
Rombakk omformer						
Sum Strøm [A]	1100	1050	950	800	700	700
Strøm i kl-anlegg						
Narvik-straumsnes[A]	1000	750	750	700	675	675
Strøm i kl-anlegg						
Katterat-Bjørnefjell[A]	700	700	700	500	400	

Tabell 5.3 Topp- og gjennomsnittsbilastning av Rombakk omformer og deler av KL-anlegget.

Fra tabell 5.3 finner man at Rombakk omformerstasjon ikke blir overlastet hverken i momentanverdi eller ved termisk overlast.

Kontaktledningsnett mellom mateledningen til Straumsnes og Narvik er på fri linje standard oppheng med 100 mm² CU Kjøreledning og 50 mm² Bæreline. På stasjonene er det 80 mm² CU Kjøreledning og 50 mm² CU Bæreline. For Straumsnes stasjon blir normalt strømmen matet forbi stasjonen via 2x95 mm² CU liner i serie med 1x150 mm² CU kabel.

Kontaktledningsnett mellom mateledningen til Katterat stasjon og Bjørnefjell er som for Straumsnes - Narvik med unntak av matingen forbi stasjonen. Det er der brukt FeAl nr.150.

Begrensninger:

100 mm ² CU + 50 mm ² CU	Kontinuerlig belastning ca 650 A beregnet fra målinger
80 mm ² CU + 50 mm ² CU	Kontinuerlig belastning ca 500 A beregnet fra målinger
2x95 mm ² CU linje	Kontinuerlig belastning ca 850 A beregnet fra [3]
1x150 mm ² CU kabel	Kontinuerlig belastning ca 330 A beregnet fra [2]
FeAl nr 150 linje	Kontinuerlig belastning 727 A [2]

Kontinuerlig belastning er med en tidskonstant på ca. 20 minutter. Derfor blir ikke kontaktledningsnett på fri linje termisk overbelastet.

Pga matesituasjonen blir kontaktledningsnett på stasjonene kun kortvarig belastet, og da kun når det står tog på stasjonene. Dermed blir ikke kontaktledningsnett på stasjonene termisk overbelastet.

På forbimatingen av Straumsnes stasjon blir kabelen 1x150 mm² CU termisk overbelastet. En feil på mateledningen til Narvik vil gi at kabelen er en vesentlig begrensning på trafikkfremføringen på hele Ofofbanen. Det foreslås derfor at kabelen skiftes til 2x240 Al kabel.

Spenninger

Fra simuleringene finner man at spenningene på pantografene for de enkelte togene når ned i 13,5 kV. Dermed er det fra denne simuleringene ikke grunn til forsterkninger mhp spenningene.

5.3 SIMULERING 3 OG 4

Simulering 3 er gjort med ruteplan nr. 3.1.

Simulering 4 er gjort med ruteplan nr. 3.2.

Simulering 3 simulerer oppstart ved Fagernes med forskjellige togvekter Olivin **etter** utskiftning til nye malmlok.

Simulering 4 simulerer oppstart ved Fagernes med forskjellige togvekter Olivin **før** utskiftning til nye malmlok.

Tabell 5.4 og tabell 5.5 angir de 3 høyeste belastningene i Rombakk omformerstasjon, de 3 høyeste belastningene av mateledning til Narvik, de 3 høyeste strømuttakene for lok'ene og de 3 laveste spenningene på kontaktledningen, for hhv simulering 3 og 4.

Tabell 5.4	Momentanverdi			Gjennomsnittsverdi [5-10] min		
	1	2	3	1	2	3
Rombakk omformer						
Sum Strøm [A]	600	600	600	600	600	350
Strøm i ML-Narvik						
[A]	625	625	650	600	600	400
Strømuttak på lok						
[A]	625	625	650	600	600	400
Spenninger på lok						
[kV]	13	13	13	13	14,5	15

Tabell 5.4 Simuleringsresultater fra simulering 3.

Tabell 5.5	Momentanverdi			Gjennomsnittsverdi [5-10] min		
	1	2	3	1	2	3
Rombakk omformer						
Sum Strøm [A]	775	775	800	700	650	400
Strøm i ML-Narvik						
[A]	775	775	800	700	700	400
Strømuttak på lok						
[A]	775	775	800	700	700	400
Spenninger på lok						
[kV]	12,5	12	12	12,5	14,5	15

Tabell 5.5 Simuleringsresultater fra simulering 4.

Av tabellene ser vi at Rombakk omformerstasjon ikke blir overbelastet.

Mateledningen til Narvik tåler normalt en «kontinuerlig» belastning på totalt 640 A. Av tabell 5.5 ser vi at høyere togvekter enn med 13 vogner Olivin **før** utskiftning til nye malmlok ved oppstart fra Fagernes, vil gi termisk overbelastning av mateledningen.

Fra Narvik koblingshus mates kontaktledningsnett for Fagernes via en ca. 700 meter 1x95 mm² CU kabel.

Begrensning:

1x95 mm² CU kabel

Kontinuerlig belastning ca 260 A. Beregnet fra [2]

Både tabell 5.4 og tabell 5.5 har 5-10 min verdi av strømmen over 600 A for strekningen mellom Fagernes og Narvik for kolonne 1 og 2 (hhv 2x13 og 0,75x2x13 OLIVIN). Dette indikerer at det er stor fare for termisk overbelastning i kabelen. Et resultat av simuleringen er at man må skifte til kabelanlegg med høyere kontinuerlig belastningsevne om man ønsker å kjøre med høyere togvekter enn 13 vogner Olivin.

Fra tabell 5.5 finner man i kolonne 1 (2x13 vogner Olivin) en kontinuerlig spenning på ca 12,5 kV for hele strekningen mellom Fagernes og Narvik. Dette indikerer at man ikke kan kjøre med dobbel togvekt fra Fagernes til Narvik med gamle malmlok (2xEL15) uten å forsterke banestrømforsyningen. En naturlig forsterkning ville da vært forsterkningsledning mellom Narvik og Fagernes.

5.4 SIMULERING 5

Simuleringen er gjort med ruteplan nr. 4 (se forøvrig kapittel 3 og 4.)

Tabell 5.6 viser de forskjellige belastningene for banestrømforsyningen.

Tabell 5.6	LOK:	1&2 ML	3&4 St	6&7 ML	8&9 St	10&11 ML	12&13 St
Rombakk omformer	maks	1200	1000	1300	1100	1250	1450
Sum Strøm [A]	5-10 min.	1100	950	1100	1100	1200	1300
Strøm i ML Narvik	maks	675	900	800	1000	650	800
[A]	5-10 min.	600	900	650	1000	650	650
Strøm ML Straums.	maks	700	975	750	1100	700	1400
[A]	5-10 min.	550	450	550	550	675	675
Strøm i ML Katterat	maks	575	975	600	1000	650	800
[A]	5-10 min.	575	500	600	1000	650	650
Strøm i ML Bj.fjell	maks	600	800	650	1050	650	650
[A]	5-10 min.	600	500	650	600	650	650
Spenninger, lok: [kV]	minimum	13	12	11,5	11	13	11,5

Tabell 5.6 Resultater fra simulering 5.

ML indikerer at togfølgene er kjørt med mateledningsavstand.

St indikerer at togfølgene er kjørt med stasjonsavstand.

Belastninger:

Av tabell 5.6 ser vi at Rombak omformerstasjon med en installert ytelse lik 5,8 + 10 MVA blir hardt belastet, og opp mot merkedrift for omformerstasjonen. Dette gjelder gjennomgående for både kjøring med mateledningsavstand og stasjonsavstand. Uten en ideell lastdeling mellom aggregatene er det overveiende fare for utfall med kun to aggregater i drift.

Fra tabell 5.6 ser vi at mateledningen til Narvik blir hardt belastet både med mateledningsavstand mellom togfølgene og stasjonsavstand mellom togfølgene. Spesielt for stasjonsavstand ser man at mateledningen gjennomgående er langt over begrensning for termisk overlast.

Mateledningen til Straumsnes er dimensjonert med 1xFeAl nr. 150 og overlastes ikke.

Mateledningen til Katterat er dimensjonert med 1xFeAl nr. 150 og overlastes ikke.

Mateledningen til Bjørnefjell med 2x 60 mm² CU er gjennomgående hardt belastet. Med tanke på at mateledningen er utglødd og ikke tåler normert påkjenning, må mateledningen skiftes før man kan kjøre mate- eller stasjonsavstand for togfølgene.

Spenninger:

Togfølgene 1&2, 3&4 og 10&11 er kjørt med nytt malmlok.

Togfølgene 6&7,8&9 og 12&13 er kjørt med blanding av nytt malmlok og gamle malmlok(EL15)

Fra tabell 5.6 finner man at spenningene gjennomgående er lave, og spesielt lave for stasjonsavstand.

Av resultatene kan man også skille mellom før og etter utskifting av lok.materiell.

Før overgang til nytt malmlok kan man ikke kjøre hverken med mate- eller stasjonsavstand uten forsterkninger mhp spenningene.

Etter overgang til nytt malmlok kan man kjøre med mateledningsavstand uten forsterkninger mhp spenningene.

5.5 SIMULERING 6 OG 7.

Simulering 6 er kjørt med ruteplan nr. 5.1. (fortettet ruteplan før overgang til nytt malmlok)

Simulering 7 er kjørt med ruteplan nr. 5.2. (fortettet ruteplan etter overgang til nytt malmlok)

(se forøvrig kapittel 3 og 4)

Belastninger:

Tabell 5.7 og tabell 5.8 viser belastningene i Rombak omformerstasjon og i mateledningene for hhv simulering 6 og simulering 7.

Tabell 5.7	Momentanverdi			Gjennomsnittsverdi [5-10] min		
Rombakk omformer						
Sum Strøm [A]	1000	950	900	750	700	700
Strøm i ML-Narvik						
[A]		725			600	
Strøm i ML Straums.						
[A]		600			525	
Strøm i ML Katterat						
[A]		775			600	
Strøm i ML BJ.fjell						
[A]		650			550	

Tabell 5.7 Belastninger av banestrømforsyningen i simulering 6.

Tabell 5.8	Momentanverdi			Gjennomsnittsverdi [5-10] min		
Rombakk omformer						
Sum Strøm [A]	1200	1150	1150	1000	1000	1000
Strøm i ML-Narvik						
[A]		850			850	
Strøm i ML Straums.						
[A]		800			800	
Strøm i ML Katterat						
[A]		850			800	
Strøm i ML BJ.fjell						
[A]		650			550	

Tabell 5.8 Belastninger av banestrømforsyningen i simulering 7.

Rombakk kan med installert ytelse på (5,8 + 10) MVA levere totalt (360 + 625 =) 985 A kontinuerlig, og (500 + 875 =) 1375 A i 6 minutter etter grunnlast.

Av tabell 5.7 og 5.8 finner man at Rombakk omformerstasjon ikke blir overbelastet.

Mateledningene har følgende termiske begrensninger:

Mateledning Narvik 2x60 mm ² CU:	640 A.Totalt
Mateledning Straumsnes 1xFeAl nr. 150:	727 A.
Mateledning Katterat 1xFeAl nr. 150:	727 A.
Mateledning Bjørnefjell 2x60 mm ² CU:	640 A.Totalt

Av tabell 5.7 finner man at mateledningen til Narvik og Bjørnefjell er på grensen til termisk overbelastning.

Av tabell 5.8 finner man at mateledningen til Narvik er termisk overbelastet, mens mateledningen til Bjørnefjell er på grensen til termisk overbelastning.

Med utgangspunkt i at mateledningene til Narvik og Bjørnefjell er utglødd og ikke tåler normalt påkjenning bør begge mateledningene skiftes til dimensjoner med større belastningsevne.

Mateledningene til Straumsnes og Katterat har typiske tidskonstanter langt større enn varigheten for belastningene i tabell 5.7 og tabell 5.8. Med kjøring av ruteplan nr. 5.1 (fortettet ruteplan etter overgang til nytt malmlok), blir ikke disse mateledningene overbelastet. Med kjøring etter ruteplan nr. 5.2 (fortettet ruteplan før overgang til nytt malmlok) er mateledningene på grensen til termisk overbelastning.

Strømuttak og spenningsforhold:

Tabell 5.9	Lok.nr.	4005	9908	9902	4007	9905	9904
sim 6	Strømuttak på lok.[A]	375	800	800	350	800	800
	Spenning på lok[kV]	14	12,75	14	14,25	12,75	13,25
sim 7	Strømuttak på lok[A]	400	850	800	350	800	800
	Spenning på lok.[kV]	14	11,5	14			

Tabell 5.9 Strømuttak og spenninger på lok for hhv simulering 6 og 7.

Av tabell 5.9 finner man at spenningene generelt er lave med kjøring av en fortettet ruteplan. Man finner videre at spenningene er for lave for kjøring av ruteplan 5.2 (fortettet ruteplan før overgang til nytt malmløk). En konsekvens av dette er at man må forsterke med forsterkningsledning fra Fragernes til Bjørnefjell (Riksgrensen).

5.6 TILTAK SOM MÅ IVERKSETTES

Simulering 1:

Rombakk omformerstasjon

Utgående linjebrytere i omformerstasjonen må skiftes ut.

Bryterne må skiftes da økning av aksellasten kan medføre høyere strømmer enn hva dagens trykkluftbrytere er dimensjonert for (1200 A merkestrøm). Simuleringer viser strømtopper opp til 1300 A forutsatt $\cos \varphi = 1,0$ (for nye malmløk).

Jording for Rombakk omformerstasjon må forbedres ved økt aksellast.

Regulatorer og vern må skiftes/innstilles ved økt aksellast. Dette på grunn av nytt materiell og endring i impedans for mateledninger og kontaktledningsanlegg.

Narvik koblingshus

Bryterne i koblingshuset må skiftes ut. Bryterne må skiftes da økning av aksellasten kan medføre høyere strømmer enn hva dagens brytere er dimensjonert for (600 A).

Vern må skiftes/innstilles ved økt aksellast. Dette på grunn av nytt materiell og endring i impedans for mateledninger og kontaktledningsanlegg.

Mateledninger

Mateledning til Narvik skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til $2 \times \text{FeAl nr. 95}$.

Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til $2 \times \text{FeAl nr. 70}$ for vedlikehold.

Kabler

Kabel som del av forbigøring på Straumsnes stasjon skiftes fra $1 \times 150 \text{ mm}^2$ CU til $2 \times 240 \text{ Al}$.

Kabel fra Narvik til KL-Fagernes skiftes fra $1 \times 95 \text{ mm}^2$ CU til $2 \times 240 \text{ Al}$.

Kabel fra Narvik til KL-LKAB skiftes fra $1 \times 95 \text{ mm}^2$ CU til $2 \times 240 \text{ Al}$.

Kontaktledningsanlegg

Kontaktledningsanlegget fra Narvik til Fagernes skiftes fra:

$(50 + 80) \text{ mm}^2$ CU til $(50 + 100) \text{ mm}^2$ CU.

I tillegg bygges det forsterkningsledning ($1 \times 240 \text{ Al}$) på strekningen Narvik-Fagernes.

Simulering 2:

Ingen tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1.

Simulering 3:

Ingen tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1.

Simulering 4:

Ingen tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1.

Simulering 5:

Kjøring med matestasjonsavstand synes uaktuelt fordi det da må bygges nye blokkposter/stasjoner.

Kjøring med stasjonsavstand medfører følgende tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1:

Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr.70 for vedlikehold.
Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr. 95 prosj. nytt anlegg.

Kabel fra Narvik til KL-Fagernes skiftes fra $1 \times 95 \text{ mm}^2$ CU til 3x 240 Al.
Kabel fra Narvik til KL-LKAB skiftes fra $1 \times 95 \text{ mm}^2$ CU til 3x 240 Al.

Forsterkningsledning (1x240 Al) også på strekningen Narvik - Bjørnefjell.

Simulering 6:

Tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1:

Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr.70 for vedlikehold.
Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr. 95 prosj. nytt anlegg.

Simulering 7:

Tilleggsendringer utover endringer fra simulering 1:

Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr.70 for vedlikehold.
Mateledning til Bjørnefjell skiftes fra $2 \times 60 \text{ mm}^2$ CU til 2x FeAl nr. 95 prosj. nytt anlegg.

Forsterkningsledning (1x240 Al) også på strekningen Narvik - Bjørnefjell.

6. KOSTNADER

På grunnlag av «Tiltak som må iverksettes» fra kapittel 5 kan man dele kostnadene opp i fire forskjellige alternativer med stigende grad av endringer for å imøtekomme de forskjellige krav som stilles til banestrømforsyningen.

Alternativ A:

Forutsetter ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell. *Alternativet dekker simulering 1, simulering 2, simulering 3 og simulering 4.*

Alternativ B:

En tettere ruteplan enn den som er skissert av BV. Ideel rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med «nye malmlok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell. *Alternativet dekker simulering 1, simulering 2, simulering 3, simulering 4 og simulering 6.*

Alternativ C:

En tettere ruteplan enn den som er skissert av BV. Ideel rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell. *Alternativet dekker simulering 1, simulering 2, simulering 3, simulering 4, simulering 6 og simulering 7.*

Alternativ D:

Alternativet dekker kjøring av ruteplan også med stasjonsavstand for oppadgående togsett. Alternativet dekker videre en overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». *Alternativet dekker alle simuleringer (men kun med stasjonsavstand for simulering 5).* Mateledningsavstand mellom togsett regnes for uaktuelt pga de store endringene i infrastrukturen forøvrig.

På bakgrunn av befaringer og simuleringer av banestrømforsyningen kan man skille mellom tiltakstyper avhengig av grunn til forsterkning av banestrømforsyningen.

- Tiltakstype 1: Anleggsdel må skiftes/forbedres straks uavhengig av 30 t aksellast.
- Tiltakstype 2: Anleggsdel må skiftes/forbedres før 30 t aksellast iverksettes.
- Tiltakstype 3: Anleggsdel må vurderes ved erfaring når 30 t aksellast er iverksatt.
- Tiltakstype 4: Anleggsdel vurderes å tilfredstille krav til 30 t aksellast forutsatt normalt/planlagt vedlikehold.

Kostnadsoverslagene er basert på «planleggingsbok for fordelingsnett» utarbeidet av Energiforsyningens Forskningsinstitutt (EFI), og erfaringstall som NSB BRN bruker i sitt hovedplanarbeid.

6.1 ALTERNATIV A:

Alle tall i 1000 NOK

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600
Jording Rombakk omformerstasjon	kr	100
Brytere Narvik koblingshus	kr	500
Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95	kr	3440
Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm ² CU inkl master.	kr	3000
Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm ² Al	kr	450
Kabel forbiføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm ² Al	kr	110
Kostnader tiltakstype 3:		«ikke vurderbar»
Kostnader tiltakstype 4:		
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 70	kr	3500
Prosjektadministrasjon 5%	kr	626
Uforutsette kostnader 20%	kr	2504
Totale kostnader u/avgifter i 1000 NOK	kr	15 650

6.2 ALTERNATIV B:*Alle tall i 1000 NOK*

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600
Jording Rombakk omformerstasjon	kr	100
Brytere Narvik koblingshus	kr	500
Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95	kr	3440
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 95 (tillegg)	kr	800
Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm ² CU inkl master.	kr	3000
Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm ² Al	kr	450
Kabel forbiføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm ² Al	kr	110
Kostnader tiltakstype 3:		«ikke vurderbar»
Kostnader tiltakstype 4:		
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 70	kr	3500
Prosjektadministrasjon 5%	kr	666
Uforutsette kostnader 20%	kr	2664
Totale kostnader u/avgifter i 1000 NOK	kr	16 650

6.3 ALTERNATIV C:*Alle tall i 1000 NOK*

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600
Jording Rombakk omformerstasjon	kr	100
Brytere Narvik koblingshus	kr	500
Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95	kr	3440
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 95 (tillegg)	kr	800
Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 2x 240 mm ² AL	kr	255
Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm ² CU inkl master.	kr	3000
Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm ² Al	kr	450
Kabel for biføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm ² Al	kr	110
Forsterkningsledning Narvik st. - Riksgrensen.	kr	5550
Kostnader tiltakstype 3:		«ikke vurderbar»
Kostnader tiltakstype 4:		
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 70	kr	3500
Prosjektadministrasjon 5%	kr	944
Uforutsette kostnader 20%	kr	3774
Totale kostnader u/avgifter i 1000 NOK	kr	23 588

6.4 ALTERNATIV D:*Alle tall i 1000 NOK*

Kostnader tiltakstype 1:	kr	0
Kostnader tiltakstype 2:		
Kontrollutrustning Rombakk og Narvik koblingshus	kr	310
Brytere Rombakk omformerstasjon	kr	600
Jording Rombakk omformerstasjon	kr	100
Brytere Narvik koblingshus	kr	500
Mateledning Narvik, 2xFeAl nr. 95	kr	3440
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 95 (tillegg)	kr	800
Kabel fra Narvik til KL-Fagernes, 3x 240 mm ² AL	kr	329
Kabel fra Narvik til KL-LKAB, 3x 240 mm ² AL	kr	329
Nytt KL: Narvik - Fagernes, (100 + 50) mm ² CU inkl master.	kr	3000
Forsterkningsledning Narvik-Fagernes, 1x 240 mm ² Al	kr	450
Kabel for biføring Straumsnes stasjon, 2x240 mm ² Al	kr	110
Forsterkningsledning Narvik st. - Riksgrensen.	kr	5550
Kostnader tiltakstype 3:		«ikke vurderbar»
Kostnader tiltakstype 4:		
Mateledning Bjørnefjell, 2xFeAl nr. 70	kr	3500
Prosjektadministrasjon 5%	kr	951
Uforutsette kostnader 20%	kr	3804
Totale kostnader u/avgifter i 1000 NOK	kr	23 773

7. ANBEFALING/KONKLUSJON

Alternativ A. Totale kostnader u/avgifter NOK: kr.	15 650 000
Alternativ B. Totale kostnader u/avgifter NOK: kr.	16 650 000
Alternativ C. Totale kostnader u/avgifter NOK: kr.	23 588 000
Alternativ D. Totale kostnader u/avgifter NOK: kr.	23 773 000

På bakgrunn av befaringer og simuleringer av banestrømforsyningen på Ofofbanen anbefales at det forsterkes etter Alternativ B.

Alternativet dekker:

- i) Forutsetter ideelle ruter, utarbeidet av BV. Alternativet dekker overgangsfase der nye malmtogsett kjøres med «noen nye lok og noen gamle lok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.
- ii) En tettere ruteplan enn den som er skissert av BV. Ideel rute utarbeidet av BV kjøres i dette alternativet på 20 timer i stedet for 24 timer. Nye malmtogsett kjøres utelukkende med «nye malmlok». Alternativet forutsetter at en kun kjører ett oppadgående malmtog (tomtog eller Olivintog) av gangen, på strekningen fra Narvik til Bjørnefjell.

Totale kostnader for å tilfredstille anbefalingen er på kr. 16 650 000,- NOK.

Av i) og ii) innbefatter alternativ B at det kan kjøres med «Fremtidig ruteplan nr 1 fra Del 1», og i tillegg en ytterligere fortettet rute.

Dersom det i ettertid viser seg at det er ønskelig å kjøre en fortettet ruteplan (ii) i en overgangsfase med utskiftning av malmlok fra gamle malmlok til nye malmlok kan dette gjøres ved å forsterke banestrømforsyningen ytterligere med en forsterkningsledning på strekningen fra Narvik stasjon og til Riksgrensen. Dette vil i så fall tilsvare alternativ C. Med stålmaster på denne delen av strekningen kan dette gjøres uten for store ekstra kostnader og uten for store tekniske utskiftninger.

I tillegg forutsettes det at den installerte ytelsen i Rombakk omformerstasjon beholdes.

Rombakk omformerstasjon, Installert ytele: (5,8 + 10) MVA normalt + 10 MVA i reserve.

8. LITTERATURLISTE

- [1] Simulering av Ofotbanen, Del 1
- [2] Elektriske kraftsystemer
Del 2
Hans H. Faanes m/flere
Universitet i Trondheim, NTH
Januar 1991.
- [3] Utdrag av «Electrical Transmission and Distribution Reference Book»
Westinghouse Electric Corporation
Utdraget finnes hos NSB Ingeniørtjenesten

9. VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1	Ruteplan nr. 1
Vedlegg 2	Ruteplan nr. 2
Vedlegg 3	Ruteplan nr. 3.1
Vedlegg 4	Ruteplan nr. 3.2
Vedlegg 5	Ruteplan nr. 4
Vedlegg 6	Ruteplan nr. 5.1
Vedlegg 7	Ruteplan nr. 5.2
Vedlegg 8	Ny gangmotstand for det rullende materiellet