

OL-94
**Hovedplan for strømforsyning
og signal Fåberg - Otta**

Delrapport 1 av 4
Strømforsyning

NSB Ingeniørtjenesten
14.01.93
Rev.: 1

Innhold:

Forord

Konklusjon

1. Avklaring leie/kjøp av omformeraggregat og stasjonsvogn
2. Strømbehov for planlagt benyttet materiell
3. Kapasitet i matestasjoner - lastberegninger
4. Strømforsyningens kapasitet ved driftsforstyrrelser
5. Konsekvenser for kontaktledningsanlegg

Appendiks A: Konstruksjon av kurver i vedlegg 18 - 20

- Vedlegg 1: Baneprofil
- Vedlegg 2: Oversikt tog søndag 20.02.94
- Vedlegg 3: Utskrift kjøretidsprogram EL14, normal hastighet
- Vedlegg 4: Utskrift kjøretidsprogram BM69, normal hastighet
- Vedlegg 5: Lastflytsimulering. Tog representert med gj.snittseffekter
- Vedlegg 6: Lastflytsimulering. Tog representert med øyeblikkseffekter
- Vedlegg 7: Lastflytsimulering. Ekstra hard belastning
- Vedlegg 8: Utskrift kjøretidsprogram EL14, 80 km/t maks hastighet
- Vedlegg 9: Utskrift kjøretidsprogram BM69, 80 km/t maks hastighet
- Vedlegg 10: Utskrift kjøretidsprogram EL14, 90 km/t maks hastighet
- Vedlegg 11: Utskrift kjøretidsprogram BM69, 90 km/t maks hastighet
- Vedlegg 12: Simulering av utgående linjestrøm sørover i Fåberg omf.
- Vedlegg 13: Primærstrømberegning for BM 69
- Vedlegg 14: Inngående strøm ved full trekkraft El-14
- Vedlegg 15: Samtidig oppstart etter strømstans
- Vedlegg 16: Samtidig oppstart etter strømstans
- Vedlegg 17: Samtidig oppstart etter strømstans

- Vedlegg 18: Bm 69. Hastighet og kjørt strekning etter oppstart
- Vedlegg 19: EL-14. Hastighet og kjørt strekning etter oppstart 15 kV
- Vedlegg 20: EL-14. Hastighet og kjørt strekning etter oppstart 12 kV
- Vedlegg 21: Trekkraftkurve, EL-14 og MB 69
- Vedlegg 22: Kjøre motstand som funksjon av hastighet.

INNLEDNING

Rapporten inneholder analyser, vurderinger og konklusjoner vedrørende kapasiteten i strømforsyningen ved normal trafikk og ved driftsforsyrrelser på strekningen Otta-Fåberg.

Denne rapporten sammen med dynamiske simuleringer og signaltekniske vurderinger (se delrapport 2,3 og 4) bør danne grunnlag for beslutning om det skal etableres en midlertidig omformerstasjon på Losna.

Denne rapportutgaven er revidert med hensyn til strømforsyningskapasitet ved driftsforsyrrelser. Vi har også tatt med et kapittel for strømbehov for planlagt benyttet materiell. Revideringen omfatter innledning, konklusjon, kapittel 2 og 4, samt appendiks A og vedlegg 13-22.

KONKLUSJON

Beregningene tyder ikke på at matestasjonskapasiteten vil gjøre det vanskelig å avvikle normal trafikk. For å gi sikrere dekning av effektbehovet ved oppstart etter strømstans anbefales at omformeraggregatene i Fron og Dombås byttes om. Strømforbruket ved oppstart etter strømstans må uansett kontrolleres/begrenses.

Dersom det blir etablert en midlertidig omformerstasjon på Losna kan stasjonsvognen leies fra Banverket. Omformer- og apparatvogn må skaffes tilveie ved omrokering av NSBs egne aggregater.

Kontaktledningsanlegget bør opprustes på strekningen Fåberg-Vinstra eller Fåberg-Otta. Alternativene bør vurderes nærmere.

1. AVKLARING LEIE/KJØP AV OMFORMERAGGREGAT OG STASJONSVOGN

INNLEDNING

Ingeniørtjenesten har inngått en avtale om en utredning med kostnads-overslag for opprettelse av en midlertidig omformerstasjon mellom Fåberg og Fron. Vurderingene skal baseres på følgende forutsetninger:

- Kjøp/leie av ett transportabelt omformeraggregat
- Kjøp/leie av en stasjonsvogn

1.1 ANG. KJØP/LEIE AV ETT OMFORMERAGGREGAT

Ett 10 MVA-aggregat er den mest hensiktsmessige størrelsen på et omformeraggregat som skal stå alene. Dette på grunn av faren for å bli utkjørt ved stor last i nærheten av omformerstasjonen.

Kjøpesummen for et nytt aggregat er ca. 40 mill. Anslått kjøpesum for et brukt aggregat er ca. 20 mill. Potensiell selger er kun Banverket, Sverige. Banverket har ikke aggregat av nevnte størrelse til overs pr. idag.

Et eventuelt kjøp av ett 10 MVA-aggregat ville også medføre at et 5.8 MVA-aggregat måtte tas ut av drift, da det ikke er ledige omformerhaller i dagens omforstasjoner.

Dette medfører:

- kun $10 - 5.8 = 4.2$ MVA i kapasitetsøkning totalt.
- én økonomisk "belastning" på kjøpesummen for ett brukt 10 MVA-aggregat ca. 20 mill. pluss verdien på et brukt 5.8 MVA-aggregat ca. 15 mill. Sum 35 mill.

Av foranstående grunner anbefales ikke kjøp av ett stk. transportabelt omformeraggregat.

1.2 ANG. KJØP/LEIE AV STASJONSVOGN

Kun Banverket, Sverige, potensiell selger. De er villig til å leie ut en stasjonsvogn.

Dersom NSB kjøper en stasjonsvogn, så blir denne etter OL overflødig og medfører lagringsproblemer. NSB har nok med de to stk. stasjonsvogner de eier idag.

Prisen på en brukt stasjonsvogn er ikke innhentet.

1.3 FORSLAG TIL MIDLERTIDIG OMFORMERSTASJON MED KOSTNADSOVERSLAG

Sannsynlig plassering blir på eller i nærheten av Losna stasjon.

Fremskaffelse av nødvendig materiell:

- 1 stk. stasjonsvogn leies av Banverket.
Leieperiode: 1.9.93 - 1.3.94.
- Det tiltenkte 10 MVA-aggregatet i Lillestrøm omformerstasjon benyttes. Lillestrøm får 1 stk. 7 MVA fra Haugastøl omformerstasjon. Haugastøl tilføres ett 5.8 MVA-aggregat. (Dette 5.8 MVA-aggregatet ville blitt til overs under OL.)

Kostnadsoverslag for opprettelse av en midlertidig omformerstasjon ved Losna:

Leie av en stasjonsvogn i tidsrommet 1.9.93 - 1.3.94	Kr	100.000,-
Tilpassing av stasjonsvogn for NSB-drift	"	50.000,-
Bygging av oppstillingsspor	"	900.000,-
Hus med gjærde	"	300.000,-
Høyspenttilførsel	"	400.000,-
Tilkobling til kl-anlegg og spor	"	310.000,-
Diverse utgifter:		
- 220 V 50 Hz-tilførsel	"	30.000,-
- fjernkontroll tilpassing	"	200.000,-
- Prosjektadm., prosjektering, oppfølging, prøving, verifisering og idriftsettelse	"	300.000,-
- Transportutgifter:		
Stasjonsvogn Riksgr. - Losna - Riksgr.	210.000,-)	
7 MVA Haugastøl - L.str. - Haugastøl	290.000,-)	
10 MVA L.str. - Losna - L.str.	<u>200.000,-)</u>	<u>700.000,-</u>
 SUM		 <u>kr 3.261.000,-</u>

Blkm, 5.11.92/S. Ringen

2 STRØMBEHOV FOR PLANLAGT BENYTTET TOGMATERIELL

Trafikken er fra OL prosjektet planlagt avviklet med triple sett både BM69 og type IC70, samt EL14 med 13 passasjervogner (j.m.f. vedlegg 2 i Delrapport 1). Da leverandørdokumentasjonen for IC70 ennå ikke er overlevert har det ikke vært mulig å lage underlag for å representere disse i de dynamiske simuleringene som ble utført med "GATTS/OSLO"-programmet i desember 92. Som begrunnet i avsnitt 2.3 i Delrapport 1 antas det ikke å være urimelig å la disse bli representert som BM69-sett.

2.1 BM69.

Vedlegg 13 viser karakterestikken til strømbegrensingen som er installert i BM69-settene. Det fremgår at primærstrømbegrensningen gir en tiltakende reduksjon av maksimal strøm når kontaktledningsspenningen synker under 15 kV.

Ved 12 kV er maksimal primærstrøm redusert fra 160 til 94 A.

Av vedlegg 5 i OL-94 Banestrømsforsyning utgitt av NSB Engineering 30.04.92 som viser målt primærstrøm for 3 vogners BM69D-sett på strekningen Lillestrøm - Hamar framgår at primærstrømmen kortvarig kan gå opp i ca. 170 A.

På spørsmål er det fra Suez opplyst at primærstrømbegrensningen alltid er innkoplet og at driftspersonalet ikke har mulighet til å sette denne ut av funksjon.

Lokomotivførerne kan velge om de vil kjøre med hastighetsautomatikk innkoplet slik at effekten automatisk reguleres for å holde innstilt hastighet eller om de selv vil regulere motorstrømmen direkte. Kjøring med automatikk innkoplet foretrekkes av de fleste.

Ved automatikkjøring kan lokomotivførerne selv stille inn maksimal akselerasjon. Ved å redusere denne kan en oppnå at primærstrømmen bergrenses under akselerasjon når toget har lav hastighet.

2.2 EL-14.

Vedlegg 14 viser strømforbruket for tog trukket av EL14 som funksjon av hastighet ved ulike kontaktledningsspenninger slik disse blir representert i simuleringene i Derby. Forbruket inkluderer 90 kW hjelpekraft i lokomotivet og togvarme til 13 vogner hver med 20 kW uttatt effekt.

I praksis vil maksimal hjulringeffekt ved moderate hastigheter (og dermed også inngående strøm) være avhengig av addeksjonsforholdene. Kurvene i vedlegg 2 er basert på addeksjonsforhold som er noe redusert i forhold til det ideelle tilfellet.

30.12.92/BjU.

3 KAPASITET I MATESTASJONER - LASTBEREGNINGER VED NORMAL TRAFIKK

INNLEDNING

OL-trafikken vil medføre en ekstrem belastning på NSB's jernbaneanlegg sammenlignet med normal last. For å kartlegge belastningen og skaffe oversikt over nødvendige tilpasninger/forsterkningstiltak er det tidligere foretatt målinger av effekt/energibehov, dynamiske simuleringer og utfyllende statiske beregninger for tog på OL-strekningen sør for Lillehammer. Det er på bakgrunn av dette spesifisert nødvendige forsterkningstiltak på strekningen Lillestrøm - Lillehammer. For å unngå opphopning av tog ved passasjerenes bestemmelsessteder vil det være nødvendig å la disse fortsette nordover for mellomlagring på ledige sidespor. Ruteplaner viser at ledige sidespor helt opp til Otta, 113 km nord for Lillehammer, må benyttes. Således vil OL-arrangementet sammenlignet med normal trafikk også bety en ekstrem belastning for strekningen nord for Lillehammer.

Det vil så snart som mulig bli foretatt en dynamisk simulering for strekningen, men da dette vil ta noe tid skal det her gis en foreløpig vurdering av kapasiteten på strømforsyningsanlegget på strekningen.

3 forhold vil bli vurdert:

- Spenningsforholdene i kontaktledningen. Av hensyn til togavviklingen bør denne ikke være vesentlig under 12 kV. Spenninger under 10 kV vil medføre utkopling av sonegrensebryter og må eventuelt betraktes som sammenbrudd i systemet.
- Strøm i kontaktledningen. Stor strøm er indirekte et problem fordi den forårsaker stort spenningsfall i kontaktledningen. Store strømmer kan også forårsake problemer med signalanlegget.
- Overbelastning av matestasjonene. Underkapasitet kan eventuelt kompenseres ved innsetting av større omformeraggregater da disse som kjent er transportable.

3.1 TRASEÉ

Vedlegg 1 er en utskrift av NSBs banedatabank og viser stigningsforhold og tillatt hastighet for strekningen Lillehammer - Dombås omformerstasjon.

Det framgår at den aktuelle strekningen mellom Lillehammer og Otta med 2 unntak er relativt flat. Noe høydeforskjell ved Fåberg og Fron. Den flate traseen vil i seg selv bidra til å redusere energibehovet ved togframføring sammenliknet med traseer med større høydeforskjeller.

Det fremgår at både Fåberg og Fron omformerstasjoner er lokalisert på steder med størst stigning. Dette er gunstig fordi det sikrer god spenning for togene der effektbehovet er størst og dermed begrenser nødvendig strøm for å oppnå tilstrekkelig effekt. Siden mindre strøm forårsaker mindre spenningsfall i kontaktledningen medvirker dette til å bedre spenningsforholdene også på de delene av strekningen som ligger lengere vekk fra omformerstasjonene.

Tillatt maksimalhastighet skifter ofte, men er sjelden under 80 km/t.

3.2 VALG AV TIDSPUNKT

Da formålet er å vurdere strømforsyningsanleggets kapasitet er det naturlig å fokusere på tidspunkter med størst belastning.

Vedlegg 2 viser en oversikt over togene på strekningen søndag 20.02.94 som er utarbeidet ved Ingeniørtjenesten som forarbeid til den dynamiske simuleringen og senere godkjent/korrigert i OL-prosjektorganisasjonen. Oversikten er noe modifisert ved at ankomsttid til bestemmelsessted på strekningen, alternativt til Otta for gjennomkjørende tog, er påført. Ankomsttiden er anslått utfra kjøretiden for samme strekning i NSBs någjeldende togruter og NSBs kjøretidsprogram "Togkjør". Oversikten omfatter i tillegg til ekstratogene for OL-trafikken også ordinære passasjertog i rute. Det er opplyst at rutegående godstog vil bli innstilt i de aktuelle periodene.

Kriteriet har vært å finne et tidspunkt med maksimalt antall tog i drift. Det er valgt å ta utgangspunkt i perioden tidlig på dagen med hovedsakelig nordgående trafikk fordi denne på grunn av høydeforskjellen fra Lillehammer til Otta (ca. 95 m) vil representere en større belastning for strømforsyningssystemet enn tilsvarende antall tog i sørgående retning. I tillegg kommer at den energien som tas ut for å kjøre opp motbakkene rundt Fåberg omformerstasjon da vil komme nord for omformerer, d.v.s. på den strekningen som skal vurderes her. Da også hensatte tog vil være tilkoplede togvarme er det naturlig å velge et tidspunkt hvor mange tog er hensatt på strekningen.

Utfra oversikten finner en at det mesteparten av tiden ikke vil være mer enn 4 tog i drift på strekningen samtidig, i kortere perioder 5. I det etterfølgende vil det bli tatt utgangspunkt i tidsrommet 9³⁰ - 9³⁵ hvor 5 tog er i drift og 3 tog er hensatt på Otta.

3.3 REPRESENTASJON AV TOGENE

Aktuelle tog på strekningen på det valgte tidspunktet er ut fra gjeldende planer EL14 med 13 vogner, 3*BM69 og 3*IC70.

Vedlegg 3 og 4 viser utskrift fra NSBs kjøretidsprogram "Togkjør" for simulerte kjøring med EL14 + 13 vogner og BM69 på strekningen Lillehammer - Dombås. Utmatet energi til toghjulene på turen framgår av høyre kolonne. For BM69 må den angitte energien multipliseres med 3 (p.g.a. trippelsett). Det er foreløpig ikke mulig å simulere IC70 med "Togkjør". IC70-settene (4 vogner) er vesentlig tyngre enn BM69 (3 vogner), men har til gjengjeld mye bedre effektfaktor ($\cos(\varphi) \approx 1$). Da disse to hensynene vil motvirke hverandre er det ikke urimelig å anta at settene vil belaste strømforsyningen med omtrent samme tilsynelatende effekt [kVA]. I det etterfølgende vil det derfor ikke bli skilt mellom BM69 og IC70.

Plassering

For å plassere togene på strekningen er det tatt utgangspunkt i passeringstider ved Fåberg slik disse er angitt i vedlegg 2 og kjøretider tilsvarende de som er angitt i någjeldende togruter. Beregnede kjøretider i vedlegg 3 og 4 er noe kortere men inkluderer ingen stopp og forutsetter at kontaktledningsspenningen ved toget er så høy at maksimal trekkraft er tilgjengelig.

Valg av effekt for tog:

Utskriften fra "Togkjør" inneholder både tilført traksjonsenergi og tidsforbruk for valgbare delstrekninger. Med dette som utgangspunkt er gjennomsnittelig utviklet effekt for toget på strekningen regnet ut. Delstrekningene er forsøkt valgt slik at hele strekningen skal ha tilnærmet samme stigningsforhold.

Effekten er korrigert for virkningsgrad og effektfaktor, samt tillagt togvarme/ øvrig forbruk, og deretter brukt til å representere toget i beregningen.

Følgende data er brukt for togene:

	η	$\cos(\varphi)$	Annet forbruk ($\cos(\varphi) = 0.98$)
3 * BM 69	0.8	0.8	165 kW
EL14 + 13 vogner	0.85	0.9	225 kW

Anslagene for virkningsgrad og effektfaktor forutsetter hastigheter på ca. 70 km/t eller mer. Da togene er beregnet å gå direkte uten stans antas dette å være en rimelig forutsetning.

3.4 REPRESENTASJON AV MATESTASJONER

For matestasjonene er det brukt en modell som gir konstant utmatet spenning lik 16,5 kV, men økende fasesakking ved økende last.

Under OL er følgende aggregater planlagt installert i matestasjonene:

Omformer	Aggregat	Maks strøm [A]:		
		kontstant	6 min.	2 sek.
Fåberg	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825
Fron	2 * 5,8 MVA	2 * 363	2 * 500	2 * 625
Dombås	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825

3.5 LASTFLYTBeregning

Det er foretatt lastflytberegning for strekningen med programmet "ACCAN". Beregningen omfatter ikke last på strekningene sør for Fåberg omformer og nord for Dombås omformer.

Vedlegg 12 viser simulert utgående linjestrøm sørover fra Fåberg omformer. Utskriften stammer fra simulering av trafikken på strekningen Lillestrøm - Lillehammer foretatt 02.03.92. og gjelder søndag 20.02.94 kl. 8⁴⁵ - 9⁴⁵. Det fremgår at linjestrømmen er sterkt varierende. Maksimalstrømmen i tidsintervallet som blir vurdert her er ca. 450 A, mens maksimalstrømmen i simuleringen er 627 A, tilsvarende 72 % av maks kontinuerlig last i omformerstasjonen. Angitt strøm i vedlegg 12 forutsetter at det ikke er tog på strekningen Lillehammer st. og Fåberg omformerst. Eventuell strøm til slike kommer i tillegg. Det blir ikke gjort noe forsøk på å inkludere last nord for Dombås omformer i vurderingen, men som det vil fremgå av utskrifene er den beregnede lasten sør for omformerer så liten i forhold til kapasiteten at dette neppe vil være noe problem.

Kontaktledningen er i beregningen representert med konstant resistiv og induktiv impedans, begge lik 0,211Ω/km.

For å ta med virkningen av last på Tangen og Dombås omformerstasjoner som ikke er med i simuleringen, er disse gitt en noe større fasesakking enn installert aggregatstørrelse tilsier. Lastfordelingen mellom matestasjonene vil i noen grad være avhengig av hvor hardt utnyttet disse er. Om disse ikke har annen last vil de avlaste Fron omformer noe mer enn beregningen her vil vise.

Det framgår av vedlegg 3 at maks 5 av 13 tog skal settes opp med lokomotiv + vogner mens resten vil være motorvognsett. I mangel av mer nøyaktig informasjon er 2 av de 5 togene i simuleringen valgt kjørt med EL 14. Følgende tog er med i beregningen (Tognummerering ifølge vedlegg 3):

	Type:	Plassering:	kW:	kVAR:
Tog 10	3 * BM69	km 192	1769	1196
Tog 8	EL14+13v.	km 233	2225	917
Tog 7	3 * BM69	km 256	2039	1391
Tog 6	EL14+13v.	km 275	1588	705
Tog 5	3 * BM 69	km 296	2137	1191
Hensatt på Otta stasjon:				
Tog 4	EL14+13v.	km 298,5	225	45
Tog 1 og 3	3 * BM69	"	165	34

Vedlegg 5 viser resultatet av beregningen.

Det fremgår av vedlegg 5 at strømforsyningen langt fra er kritisk utnyttet. Forsyningspenningen er meget god for samtlige tog og laststrømmen i Fron omformer tilsvarer 59 % av maks kontinuerlig strøm. For Fåberg omformer vil den beregnede strømmen og den tidligere simulerte strømmen for samme tidsintervall tilsammen belaste omformeren tilsvarende 76 % av maks kontinuerlig kapasitet.

3.6

ALTERNATIV EFFEKTREREPRÆSENTASJON FOR TOGENE:

Den valgte metoden med bruk av gjennomsnittseffekt gjør at kortvarige effekttopper blir jevnet ut. Dokumentasjonen fra kjøretidsprogrammet omfatter også en liste hvor effektforbruk ved passering ulike steder er angitt med korte mellomrom. Ved å benytte de nærmeste utregnede punktene og samtidig velge de største der effekten har sprang vil en oppnå følgende representasjon av togene (uendret representasjon av hensatte tog):

	Type:	Plassering:	kW:	kVAR:
Tog 10	3 * BM69	km 192	1740	1174
Tog 8	EL14+13v.	km 233	931	387
Tog 7	3 * BM69	km 256	4665	3292

Tog 6	EL14+13v.	km 275	2401	1099
Tog 5	3 * BM 69	km 296	765	468

Det framgår at det her blir større spredning i effekten for de ulike togene. Vedlegg 6 viser resultatet av lastflytberegningen for denne togrepresentasjonen. Det fremgår at strømforsyningssystemet også nå har god reservekapasitet. Spenningen er god over alle tog. Belastningen på Fron omformer har øket noe i forhold til i vedlegg 5, og er nå 75 % av nominell kontinuerlig kapasitet, mens belastningen i Fåberg er noe redusert.

3.7 KJØRETIDENS BETYDNING FOR ANTALL TOG:

Vurdering av vedlegg 2 viser at antall tog i drift på strekningen vil øke til 6 når kjøretiden mellom Fåberg og Otta blir 1t 30 min. som svarer til en gjennomsnittlig fremføringshastighet på 71 km/t. 7 tog i drift på strekningen vil inntreffe når kjøretiden blir 1:45 timer, tilsvarende 61 km/t.

3.8 ENDREDE FORUTSETNINGER:

Antall tog:

Det synes godtgjort at strømforsyningen kan belastes med 1 til 2 tog ytterligere dersom disse har effektforbruk i samme størrelsesorden som de øvrige.

Akselerasjon:

Togene vil på grunn av akselerasjon ta ut full effekt deler av tiden. For å estimere virkningen av dette på strømforsyningen er det i vedlegg 7 antatt at tog 7 tar ut maksimal effekt tillatt av primærstrømbegrensningen på BM69-settene, mens de øvrige har samme ytelse som i vedlegg 5. I tillegg er det lagt til et ekstra tog ved sonegrensebryteren på Losna som også antas å utvikle nominell timeytelse for EL14. Dette må antas å representere et heller ekstremt driftstilfelle siden $\frac{1}{3}$ av togene utvikler full ytelse. Tidligere målinger på den langt mer kuperte strekningen sør for Lillehammer viser at togene bare en vesentlig mindre del av tiden enn dette tar ut full effekt. Det vises til vedlegg 1 - 9 i "OL - 94 Banestrømsforsyning.", NSB Engineering, 30.04.91. Forøvrig er brukt samme togrepresentasjon som i vedlegg 5.

Representasjonen av togene for beregningen i vedlegg 7 blir da:

	Type:	Plassering:	kW:	kVAR:
Tog 10	3 * BM69	km 192	1769	1196

Tilleggstog	EL14+13 v.	226,6	5082	2465
Tog 8	EL14+13v.	km 233	2225	917
Tog 7	3 * BM69	km 256	5709	5690
Tog 6	EL14+13v.	km 275	1588	705
Tog 5	3 * BM 69	km 296	2137	1191

(Tog 7 er antatt å akselerere fra lav hastighet og er representert med $\cos(\varphi) = 0,7$).

Det fremgår av vedlegg 7 at Fron omformer nå er kritisk belastet, Belastningen er litt i overkant av aggregatenes 6-minutters overlastbarhetsverdi. Disse vil derfor kunne levere en slik belastning en kort periode uten å bli frakoplet. Sannsynligheten for at 2 tog med såpass kraftig motorisering som disse skal ta ut maksimal last samtidig er utfra tidligere refererte målinger svært liten. I praksis betyr ikke dette at det ikke kan forekomme, men heller at det kun vil være av kort varighet.

Total belastning i Fåberg omformer, inklusive tidligere simulert belastning sør for omformeren, er 102 % av maks kontinuerlig kapasitet. Selv om maksimalverdien av simulert strøm sør for omformeren adderes med beregnet strøm nord for omformeren i vedlegg 7 vil totalbelastningen være over 300 A mindre enn 6-minutters overlastbarhetsverdi for omformerstasjonen.

Laveste forsyningsspenning til tog er 13,5 kV, som gjelder for toget ved SG Losna ("Ekstratog"), hvilket er akseptabelt.

Det er utfra disse betraktninger ikke sannsynlig at belastningssituasjonen i vedlegg 7 vil medføre sammenbrudd i systemet.

3.9

VIRKNING AV HASTIGHETSREDUKSJONER:

Både for EL14 og BM69 er det med kjøretidsprogrammet simulert kjøring med normal hastighet og med maks hastighet 80 km/t.

Utskrift for kjøringene med redusert hastighet vises i vedlegg 8 og 9 som kan sammenliknes med utskrifter i vedlegg 3 og 4 (normal hastighet). Energibesparelsen er henholdsvis 36 % for EL14 og 39 % for BM69. Studie av de tidligere omtalte effektutskriftene viser at dette skyldes at effekttopper i forbindelse med hastighetsregulering er borte eller har vesentlig mindre varighet. Tidsforbruket for strekningen Lillehammer - Otta øker med ca. 10 min. for EL14 og 13 min. for BM69.

Vedlegg 10 og 11 viser tilsvarende utskrift når maksimalhastigheten er 90 km/t.

For EL14 +vogner oppnås da 23 % reduksjon av energiforbruket i forhold til normal hastighet og vel 4 min økning av kjøretiden.

For tog med BM69 oppnås tilsvarende 29 % reduksjon i energiforbruket og 6 min. lengere kjøretid.

3.10 INNSTILLING AV VERN

Det bør kontrolleres at vernene for utgående linjebryterutrustning i omformerstasjonene ikke er innstilt slik at disse er unødig følsomme.

Da det er en absolutt betingelse at nødvendig selektivitet og sikker utkopling av feilsituasjoner oppnås, må det på forhånd beregnes hensiktsmessig innstilling av disse.

3.11 KONKLUSJON

Beregningene dokumenterer ikke behov for forsterkningstiltak på strekningen for å avvike trafikk i den størrelsesorden som er foreslått for søndag 20.02.94, men det bør kontrolleres om vernene i Fåberg og Fron omformerstasjoner er optimalt innstilt.

Hvis det er ønskelig å øke antall tog utover det som er regnet med her, f.eks. p.g.a endret ruteplan eller det er ønskelig å øke sikkerheten mot utkopling ved samtidig akselerasjon av flere tog, noe som evt. kan inntreffe ved uforutsett opphopning av tog, strømstans e.l., vil det mest nærliggende forsterkningstiltaket være innsetting av større maskiner i Fron omformerstasjon.

Et enkelt og effektiv måte å styrke strømforsyningens relative kapasitet vil være moderat nedsettelse av topphastigheten for tog uten passasjerer. Det bør eventuelt undersøkes hvorvidt den forlengede kjøretiden lar seg innpasse i ruteopplegget.

03.11.92/BjU.

4. STRØMFORSYNINGENS KAPASITET VED DRIFTSFORSTYRRELSER.

4.0 INNLEDNING

Formålet med dette kapitlet er å vurdere strømforsyningsanleggets kapasitet i forhold til ekstraordinære belastninger som kan oppstå p.g.a. driftsforstyrrelser, f.eks. strømstans eller defekt tog som sperrer øvrig trafikk en periode.

4.1 IGANGKJØRING ETTER STRØMSTANS

Oppstart etter strømstans kan ved flere tog på matestrekningen representere en meget hard belastning på strømforsyningen fordi togene akselererer samtidig.

Strømstans fører ikke til opphopning av tog på den spenningsløse strekningen da disse vil stanse der de var da strømmen ble utkopleet, men en kan naturligvis få opphopning av tog i tilgrensende deler av nettet, fordi togene ikke kan kjøre videre og dermed komme inn i strømløst område.

For å analysere kapasiteten i strømforsyningen etter strømstans er det foretatt beregninger med regneprogrammet "ACCAN" for å finne hvor stor effekt som er tilgjengelig for hvert enkelt tog dersom alle tog forutsettes å ta ut samme aktive og reaktive effekt.

4.1.1 Togrepresentasjon

Samme togplassering som redgjort for i kapittel 3 er lagt til grunn.

Samtlige tog er representert med effektfaktor 0,75.

For seriemotormateriell (EL14) er dette et meget konservativt anslag da effektfaktoren allerede ved hastigheter i underkant av 10 km/t er større enn dette og dessuten stiger med økende hastighet.

Motorvogner type BM69 har i flere fartsintervaller under ca. 60 km/t lavere effektfaktor enn 0,75.

For togvarme er det regnet med 40 kW pr. vogn ($\cos(\varphi) = 0.95$). Dette er mer enn gjennomsnittsuttaget som ble benyttet i kapittel 3 og begrunnes med at vognene etter strømstans vil være nedkjølt slik at termostatstyrt varme i større grad er på.

I virkeligheten vil kortvarig reduksjon av kontaktledningsspenningen forårsake redusert togvarmeeffekt fordi vognene forsynes med strøm til

togvarme via transformatorer med konstant omsetningsforhold. Det er ikke tatt hensyn til dette i simuleringene, da togvarmeeffekten bare utjør en liten del av det totale effektuttaket. Et kompliserende moment vil være at energiforbruket i vognene også inkluderer andre typer apparater enn varmeovner. Ved langvarig lav kontaktledningsspenning vil lavere varmeeffekt bli kompensert med øket innkoplingstid for termostatstyrt varme.

4.1.2 Matestasjoner

For matestasjonene er det brukt samme modell og kapasitetsgrenser som redgjort for i avsnitt 3.4. Siden aksellerasjonen av togene vil ta noe tid bør en ikke ha belastninger større enn 6 min. overlastbarhetsverdi. Ved vurdering av resultatene må det tas i betraktning at last sør for Fåberg og nord for Dombås ikke er med i beregningene.

4.1.3 Lastflytberegning

Vedlegg 15 viser situasjonen med tilsammen 5 tog på strekningen, slik togplasseringen er utledet fra ruteplanen i avsnitt 3.5.

Matestasjoner og tog er representert med følgende data:

		Maks strøm [A]:		
Omformer	Aggregat	kontstant	6 min.	2 sek.
Fåberg	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825
Fron	2 * 5,8 MVA	2 * 363	2 * 500	2 * 625
Dombås	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825

	kW	kVAR
Akselererende tog	3500	3087
Tog hensatt på Otta stasjon:		
Tog 1 og 3: 3*BM69	360	74
Tog 4: E114 + 13v.	520	106

Antas det at det i tillegg er ekstratog på strekningen, (som i avsnitt 3.8) må uttatt effekt for akselererende tog reduseres til følgende verdi:

Akselererende tog	3000 kW	2646 kVAR
-------------------	---------	-----------

Resultatet fra beregningen blir som gjengitt i vedlegg 4. Både i vedlegg 15 og 16 er belastningen i overkant av samlet 6 min. overlastbarhetsverdi for maskinene i Fron omformerstasjon, mens belastningen i nabostasjonene er godt under $\frac{1}{2}$ av 6 min. overlastbarhetskapasitet. Maksimal kontaktledningstrøm i de 2 beregningene er 582 A som gjelder utgående linje sørover fra Fron omformer (vedlegg 16).

Maksimal togeffekt kan derfor økes ved å sette inn større maskiner i Fron omformerstasjon.

Vedlegg 17 viser resultatet når maskinene i Fron og Dombås er byttet om. Benyttede data i beregningen:

Omformer	Aggregat	Maks strøm [A]:		
		kontstant	6 min.	2 sek.
Fåberg	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825
Fron	2 * 7 MVA	2 * 438	2 * 688	2 * 825
Dombås	2 * 5,8 MVA	2 * 363	2 * 500	2 * 625

	kW	kVAR
Akselererende tog	3800	3352
Tog hensatt på Otta stasjon:		
Tog 1 og 3: 3*BM69	360	74
Tog 4: E114 + 13v.	520	106

Belastningen i Fåberg, Fron og Dombås omformerstasjoner er henholdsvis 707, 30 og 670 A under 6 min overlastbarhetsverdi.

Det synes derfor å være tilstrekkelig kapasitet i systemet til å forsyne belastning som ikke er med i beregningen (sør for Fåberg og nord for Dombås).

Maksimal kontaktledningstrøm er 770 A (sørover fra Fron omformer).

Antas det at effektuttaket til annet forbruk er som spesifisert for hensatte tog på Otta stasjon og virkningsgraden er 75% (som for begge togtyper tilsvarer virkningsgraden ved ca. 45 km/t) vil et tog med EL14 utvikle 2460 kW hjuleffekt. Til sammenligning er maksimalytelsen i NSBs største diesellok (Di4) 2450 kW inklusive eventuelt uttak av togvarme.

4.2 OPPSTART ETTER AT BLOKKERT LINJE ER RYDDET

Hvis linja sperres av uforutsett hindring, f.eks. et defekt tog vil etterfølgende tog kunne kjøre mot hindringen så langt som signalanlegget tillater. Etter hvert som flere tog kommer til må alle disse vente foran stoppsignal fordi foranliggende blokkstrekning er opptatt av annet tog.

Det vil være av interesse å anslå hvor stor belastning for strømforsyningssystemet en slik opphopning av tog representerer når togene settes i gang igjen.

Tenker en seg en maksimal opphopning hvor alle blokkstrekninger er besatt vil denne bare kunne løses opp forfra ved at første tog kjøres bort. Toget på blokkstrekningen bak første toget vil ikke få klarsignal før siste vogn i det fremste toget har forlatt blokkstrekningen o.s.v. Forutsetter en at togene står 30 m før signallyset, og at skillet mellom blokkstrekningene er nøyaktig ved signallyset, vil neste tog ikke få klarsignal før foregående tog har kjørt toglengden + 30 meter.

Kjørt strekning før toget bak får klarsignal blir da:

Tog:	Toglengde:	Kjørt strekning når tog bak får klarsignal.
EL14 + 13 vogner	335	365
3 * BM69	231	261

Vedlegg 18 viser kjørt strekning og hastighet som funksjon av forbrukt tid etter start for 3 vogners BM69-sett ved nominell kontaktledningsspenning.

Tilsvarende kurver for EL14 + 13 vogner ved 12 kV kl.spennning vises i vedlegg 19 og for 15 kV kl.spennning i vedlegg 20.

I appendiks A er det redgjort for hvordan kurvene i vedlegg 18 - 20 er konstruert.

Av vedlegg 18 framgår det at BM69-toget bruker 25 sek. på å tilbakelegge 261 m. Legges maksimal hastighet 90 km/t til grunn framgår det at togsettet bruker 38 sek. på å oppnå denne hastigheten. Det vil utfra disse forutsetningene ikke være mer enn 2 tog som akselererer samtidig.

Tilsvarende vil tog trukket av EL14 utfra vedlegg 19 bruke 45 sek. på å tilbakelegge 365 m og oppnå hastighet 90 km/t etter 78 sek. når kl.spenningen er 15 kV. Tilsvarende tall ved 12 kV kl.spennning er utfra vedlegg 20 henholdsvis 45 og 102 sek.

Det framgår at en med tog trukket av EL14 kan få situasjoner hvor 3 tog

akselererer samtidig, selv om disse togene neppe samtidig vil være i hastighetsområder hvor lokomotivet tar ut maksimal strøm, j.m.f. tidligere omtalte kurver over strømforbruk som funksjon av hastighet, vedlegg 14.

I kapittel 3 ble det foreslått og begrense maksimal kjørehastighet til 90 km/t. fordi dette ville gi betydelig reduksjon av energiforbruket og dermed også avlaste strømforsyningen. Utfra hastighetskurvene i vedlegg 18-20 ser en at dette tiltaket også vil avlaste strømforsyningen ved driftsforstyrrelser fordi akselerasjonstiden øker sterkt når topphastigheten settes opp fra 90 til 100 km/t.

4.3 VURDERING

4.3.1 Strømforsyning bare fra eksisterende matestasjoner

Beregningene foretatt i kapittel 3 indikerte at den opprinnelig foreslåtte matestasjonskapasiteten med 2 * 7 MVA omformeraggregater i Fåberg og 2 * 5,8 MVA i Fron ville være tilstrekkelig for å avvikle foreslått normal trafikk på strekningen under OL.

For å kunne dekke et ekstraordinært effektbehov som følge av eventuelle driftsforstyrrelser synes det utfra beregningene i denne rapporten å være gunstig å bytte maskiner mellom Fron og Dombås slik at omformerkapasiteten under OL i Fron er 2 * 7 MVA og i Dombås 2 * 5,8 MVA.

Uansett vil det likevel være nødvendig med ordninger for å begrense/spre effektuttaket hvis mange tog skal settes i gang samtidig.

Et alternativ for å oppnå dette vil være å gi instruks om maksimalt strømforbruk for hvert tog. Hvor høy en slik maksimalverdi kan være vil variere med antall tog, og hvordan disse er spredt utover strekningen. Med de forutsetninger som er lagt til grunn i vedlegg 17, med tilsammen 6 tog i drift på strekningen, synes et strømtak på 350 A å gi tilstrekkelig sikkerhet mot overbelastning av strømforsyningssystemet.

Et annet alternativ vil være å forhindre at alle tog starter samtidig. Det fremgår av vedlegg 18-20 at en tidsforsinkelse på 2 minutter vil være tilstrekkelig for å unngå at tog som ikke startes samtidig heller ikke akselererer samtidig.

Opphopning av tog som venter på klarsignal for å kjøre videre synes ikke å representere større belastninger for strømforsyningen enn denne vil kunne dekke. Dette fordi signalsystemets oppbygging gjør at 2, maksimalt 3 tog akselererer samtidig.

Et kompliserende moment er at forbruket til tog som allerede har oppnådd kjørehastighet kommer i tillegg til belastningen fra akselererende tog. Med den trafikk tettheten som er forutsatt i OL-trafikken, vil en sperret strekning raskt kunne føre til at mange tog er samlet på en delstrekning.

4.3.2 Strømforsyning med midlertidig omformer mellom Fåberg og Fron

Som kjent blir det vurdert om det skal anordnes midlertidig omformer mellom stasjonene i Fåberg og Fron.

Selv om det verken i kapittel 3 eller dette kapitlet har framkommet resultater som peker i retning av at det vil oppstå alvorlige vanskeligheter med å avvikle trafikken med større maskiner i dagens matestasjoner, vil den etter forholdene lange matestrekningen sette begrensninger som i vesenlig grad kan avhjelpes med en midlertidig omformer.

Fordelene med å ha en midlertidig omformer vil hovedsakelig være:

- Klart styrket strømforsyningskapasitet fordi både kontaktledningsstrømmen og strømmen i de permanente omformerstasjonene reduseres.
Denne ekstra kapasiteten kan f.eks tas ut ved at det ikke innføres restriksjon på kjørehastigheten.
Hvis det skulle oppstå kraftig opphopning av tog som følge av driftsforstyrrelser vil risikoen for utkoplinger p.g.a. overbelastning reduseres.
- Vesentlig bedre kl.spennning over store deler av strekningen.
- Ekstrakapasitet i systemet som undet normal drift vil øke sannsynligheten for at trafikken kan avvikles selv om deler av anlegget må være bortkoplet på grunn av feil.

Siden en midlertidig omformerstasjon i betydelig grad ville redusere kontaktledningsstrømmen kan den eventuelt betraktes som et alternativ til å oppgradere/bytte ut komponenter i kontaktlednings- og signalanlegget. En negativt side ved en slik strategi ville eventuelt være at forsterkede komponenter i disse anleggene, som antakelig må vurderes å ha etterbruksverdi, erstattes med et tiltak uten etterbruksverdi.

Ulempene ved å etablere en midlertidig omformer vil være at både personalmessige og økonomiske ressurser bindes opp i arbeidet med å etablere stasjonen. De investerte midlene i en midlertidig omformerstasjon vil dessuten ikke ha vesentlig etterbruksverdi etter OL.

En eventuell midlertidig omformer kan ikke ha mindre aggregat enn 10 MVA. For å frigjøre et slikt må en eventuelt omdisponere det 10 MVA aggregatet som planlegges plassert i Lillestrøm under OL. Omformerstasjonen i Lillestrøm må da som erstatning få et 7 MVA aggregat, antakelig fra Haugastøl omformerstasjon, som i sin tur vil måtte få et 5,8 MVA aggregat som erstatning. Etablering av midlertidig

omformerstasjon på strekningen Fåberg - Fron vil derfor bety at både Lillestrøm og Haugastøl omformerstasjoner får mindre omformerkapasitet i OL-perioden enn det som har vært forutsatt så langt.

30.12.92/BjU

5. HENSETTINGSPLAN FOR OL-MATERIELL AV 16.09.92. KONSEKVENSER FOR KONTAKTLEDNINGSANLEGG

INNLEDNING

Planen forutsetter kjøring av materiell direkte videre fra Lillehammer til Otta. Ruten er stiv, dvs. alle tog forutsettes framført med samme hastighet nord for Lillehammer som på strekningen Oslo-Lillehammer. Hensettingen foretas nordfra.

Tekniske konsekvenser

For kl-anlegg medfører dette at komponenter i anlegget på strekningen Fåberg-Vinstra er underdimensjonert i forhold til den last som kan forventes. Dette er komponenter i kontaktledningen:

- * Kabel 16 kV
- * Strømbroer
- * Skillebrytere
- * Kabel i FI
- * Sugetransformatorer

Komponentene er dimensjonert for merkestrøm mellom 250 og 500A og må oppgraderes til 600A. Konsekvensene ved ikke oppgradering er fare for nedbrenning og transformatorhavarier.

I returkretsen er de kritiske komponenter:

- * Impedansspoler
- * Sugetransformatorene

Når disse komponenter overbelastes, vil de gå i metning og forårsake ubalanse i sporfeltreleer som igjen fører til belagte felt. I tillegg mangler returledning over stasjoner, men dette prosjektet er under oppstart finansiert av BrN.

Teknisk Hovedplan for banestrømforsyning av 04.02.91 beskriver hvilken oppgradering som er påkrevet på strekningen Lillestrøm-Lillehammer. Den samme oppgradering må videreføres til Vinstra. På strekningen Vinstra-Otta er merbelastningen på banestrømforsyningen avtagende, slik at det må foretas EDB-simulering for å fastslå behovet for oppgradering.

Økonomiske konsekvenser

Alternativ I: Oppgradering Fåberg-Vinstra

Strekningen er 76,0 km og med de priser som gjelder på den øvrige OL-strekning, fratrukket retur over stasjoner, vil kostnaden bli 17.5 mill.kr. (1993 pris).

Alternativ II: Oppgradering Fåberg-Otta

Strekningen er 106.7 km og vil koste 24.0 mill.kr. (1993 pris) å oppgradere.

Appendiks A: Konstruksjon av kurver i vedlegg 18 - 20.

Vedlegg 18 - 20 viser kjørt strekning og oppnådd hastighet som funksjon av forbrukt tid etter oppstart for togsammensetninger som planlegges benyttet i OL-trafikken. Beregningene forutsetter vindstille vær, ingen kurvemotstand og flat strekning.

Hastighetsforløpet er beregnet ved numerisk integrasjon av akselerasjonen for materiellet i tidsintervallet.

Tilsvarende er kjørt strekning beregnet ved å integrere hastigheten.

Akselerasjonen er anslått v.h.a. Newtons 2.lov:

$$a = \frac{F'_{netto}}{m_{dyn}}$$

hvor F'_{netto} er hjulringkraft tilgjengelig for å akselerere toget og m_{dyn} er togets dynamiske vekt.

Hjulringkraften tilgjengelig for å akselerere toget er bestemt utfra trekkraftkurvene i vedlegg 21 fratrukket kjøremotstanden i toget slik denne er angitt i vedlegg 22. Angitt kurve for kjøremotstanden i en passasjervogn inkluderer både mekanisk rulle- og luftmotstand, mens kurvene for motorvogn og lok i tillegg inkluderer luftmotstand i front. Motstanden som følger av luftundertrykket bak toget er angitt separat.

Kjøremotstandskurvene er hentet fra:

H.I.Andrews: Studies in Mechanical Engineering 5
Railway Traction
The Principles of Mechanical and Electrical
Railway Traction.
Elsiver 1986.

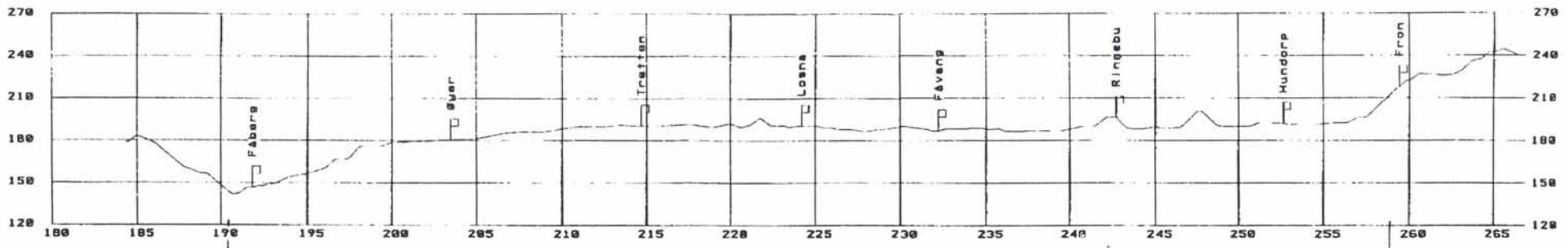
Trekkraftkurven for BM69-settene er hentet fra leverandørdokumentasjonen, mens trekkraftkurvene for EL14 er identiske med de som er benyttet for å konstruere strømforbrukskurvene i vedlegg 14. Trekkraftkurvene bygger på en kombinasjon av elektriske data for lokomotivet og tilgjengelige addesjonskurver.

Dynamisk vekt er beregnet på følgende måte:

	Statisk vekt [tonn].	Korreksjons- faktor	Dynamisk vekt [tonn].
2-vogn. BM69D	96	1,15	110,4
Mellomv. BM69	36	1,04	37,4
EL14	105	1,24	130,2
Passasjervogn	39	1,04	40,6

1111111111111111
 1000000000000000
 9000000000000000
 8000000000000000
 7000000000000000
 6000000000000000
 5000000000000000
 4000000000000000
 3000000000000000
 2000000000000000
 1000000000000000
 0000000000000000

R > 700 er ikke påført



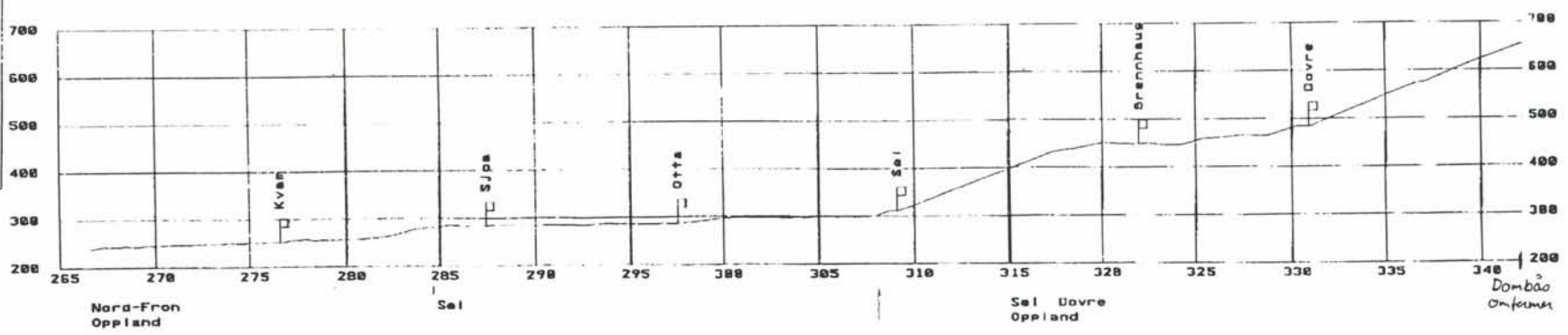
1111111111111111
 1000000000000000
 9000000000000000
 8000000000000000
 7000000000000000
 6000000000000000
 5000000000000000
 4000000000000000
 3000000000000000
 2000000000000000
 1000000000000000
 0000000000000000

R > 700 er ikke påført



TEGNFORKLARING

- Stasjon
- Hpl
- Planovergang
signaler eller vakt
- Undergang
eller bru
- Overgangs-
bru



1101010

PRM 28.10.92

OL 94. HOVEDPLAN STRØMFORSYNING OG SIGNAL FÅBERG-OTTA.

Drifts-forutsetninger

Tidsfristen for levering av simulerings-resultatene er basert på følgende drifts-forutsetningene som bes bekreftes av oppdragsgiveren innen 30.10.92.

1. Tidsrom for simuleringene:

Søndag 07.15 - 12.15

2. Togene nordover:

NB. anslått passtid ved Fåberg for OL-togene (trippelsett motorvogn materiell).

Tog nr.	Passtid	Til	Trekraft	
1	07.15	Otta	8 ³⁵	9 ²⁰
3	07.45	Otta	9 ⁰⁵	9 ²⁰
4	08.00	Otta	9 ²⁰	9 ²⁵
5	08.15	Otta	9 ²⁵	9 ³⁰
6	08.30	Kvam	9 ⁵⁰	10 ⁰⁵
7	08.45	Vinstra	9 ⁴⁵	10 ⁰⁵
8	09.00	Otta	10 ²⁰	10 ²⁵
10	09.30	Ringebu	10 ¹⁰	10 ²⁵
11	09.45	Tretten	10 ²⁰	10 ²⁵
12	10.00	Ringebu	11 ¹⁰	11 ²⁵
✓ 41	10.17	Trondheim	11 ²⁷	EL. 17
13	10.30	Tretten	10 ⁵⁵	⊗
14	10.45	Otta	12 ⁰⁵	⊗
16	11.15	Kvam	11 ³⁵	⊗
✓ 351	11.47	Åndalsnes	13 ⁰⁹	EL. 14

Ⓜ Maks. 5 av togene
 kan ha El 14 som
 trekkraft. Maks.
 1 av togene er trippel
 Bm 70. t
 Resten, eller alle,
 kan være trippel
 Bm 69.

3. Togene sørover:

Tog nr.	Start	Otta	Til	
42	11.08		Oslo S.	EL. 17
344				EL. 14

Loktog med El. 14
 kan ha 13 vogner.

---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG EL 14

LENGDE 340 M

TOTAL MASSE 625.0 T

KM	STASJONNAVN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM UTSKR.PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
6.663	KM. 190.850	70.0		5:06	5:06	105.0	113.2
7.513	FABERG	90.0		5:45	0:39	90.0	148.7
13.813	KM. 198.000	76.7		10:17	4:33	100.0	262.3
18.990	ØYER	108.4		13:33	3:15	108.4	385.9
30.120	TRETEN	70.0		21:05	7:32	110.0	529.0
34.770	KM. 219.000	90.0		24:41	3:36	90.0	609.0
38.570	KM. 222.800	80.0		27:49	3:07	90.0	647.3
39.970	LOSNA	95.0		28:43	0:55	95.0	678.7
47.888	FAVANG	80.0		33:38	4:54	105.0	748.4
56.763	KM. 241.000	100.0		39:25	5:48	110.0	899.6
58.293	RINGERU	80.0		40:31	1:05	100.0	912.7
62.263	KM. 246.500	70.0		43:11	2:41	110.6	980.6
63.263	KM. 247.500	80.0		43:59	0:47	80.0	1014.0
64.763	KM. 249.000	99.5		45:03	1:04	99.5	1042.8
68.183	HUNDORP	100.0		47:08	2:06	110.8	1101.8
71.763	KM. 256.000	97.4		49:26	2:18	108.6	1150.6
82.305	VINSTRÅ	85.0		55:50	6:23	111.4	1352.1
82.725	KM. 267.000	85.0		56:07	0:18	85.0	1358.2
92.250	KVAM	90.0		1:02:52	6:44	105.0	1488.2
102.070	SJOA	70.0		1:08:49	5:58	120.0	1660.9
112.925	KM. 297.200	60.0		1:15:59	7:09	117.3	1807.4
113.020	OTTA	60.0		1:16:04	0:06	60.0	1807.9
	* KM. 308.000						
	* SEL						
137.526	BRENNHAUG	112.5		1:32:28	16:23	112.5	2401.8
146.605	DOVRE	106.1		1:37:52	5:24	115.0	2583.1
158.695	DOMBAS	0.0	1:47:04	1:47:04	9:11	106.9	2926.1

Vedlegg 3

RESULTAT AV EFFEKTBEREGNINGEN

EFFEKT	KM
0.	184225.
938.	184226.
1624.	184238.
4405.	184313.
5649.	184400.
5688.	184403.
6392.	184461.
5508.	184503.
5094.	184564.
4747.	184643.
4479.	184721.
4410.	184753.
4124.	184885.
3560.	185159.
3312.	185331.
3023.	185611.
28.	185611.
0.	186043.
9.	186709.

---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG BM69 LENGDE 225 M TOTAL MASSE 135.0 T

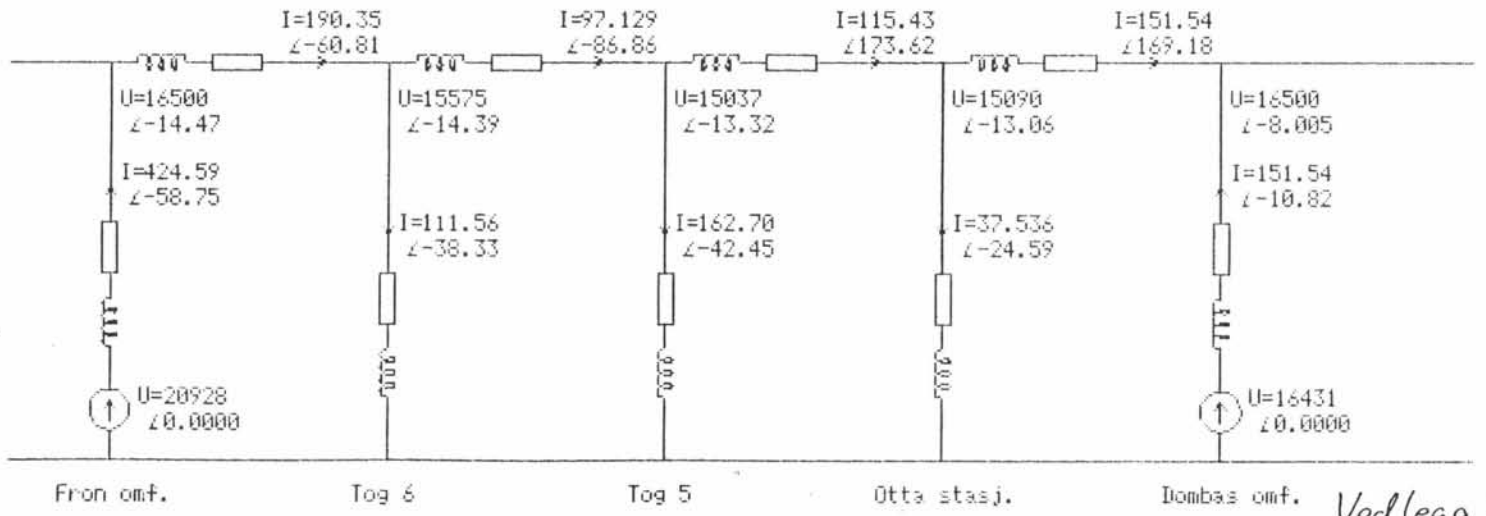
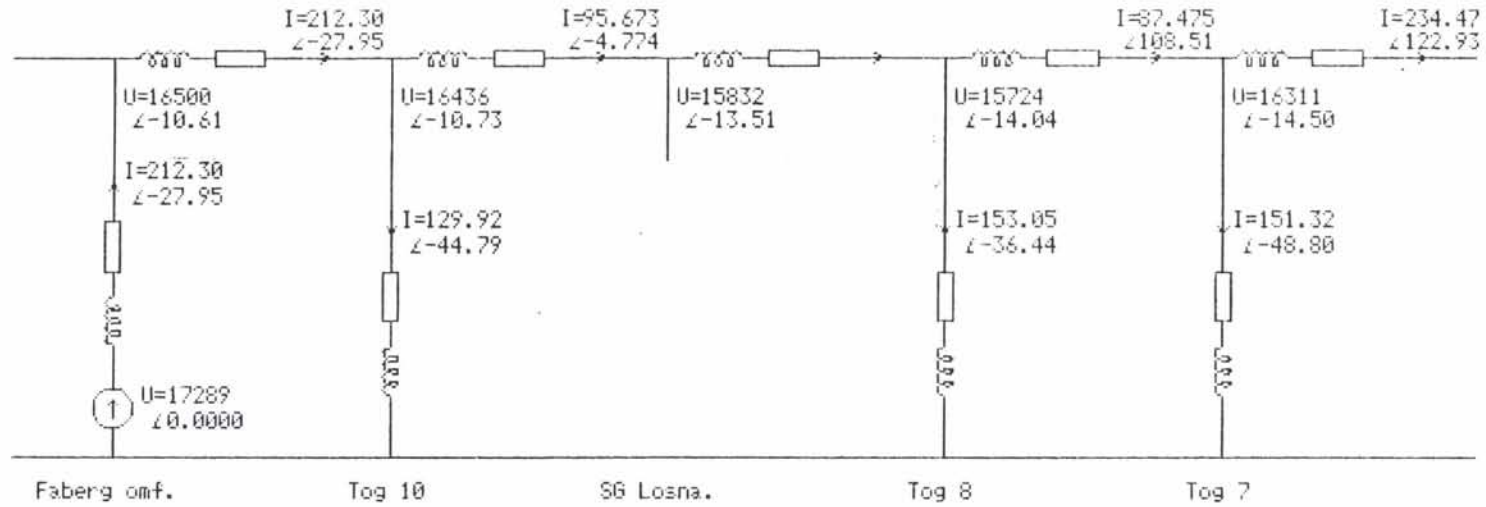
KM	STASJONSAVN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM UTSKR.PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
6.663	KM. 190.850	70.0		4:47	4:47	105.0	25.6
7.513	FABERG	90.0		5:23	0:36	90.0	34.2
13.813	KM. 198.000	86.9		9:49	4:26	100.0	65.9
18.990	ØYER	110.0		12:51	3:03	127.6	98.2
30.120	TRETEN	70.0		20:14	7:22	110.0	133.0
34.770	KM. 219.000	90.0		23:44	3:31	90.0	147.6
38.570	KM. 222.800	91.4		26:49	3:05	91.4	159.6
39.970	LOSNA	95.0		27:42	0:53	95.0	163.2
47.888	FAVANG	80.0		32:35	4:53	105.0	179.9
56.763	KM. 241.000	100.0		38:15	5:40	110.0	212.2
58.293	RINGEBU	80.0		39:19	1:04	100.0	215.7
62.263	KM. 246.500	70.0		41:47	2:28	130.0	237.6
63.263	KM. 247.500	80.0		42:33	0:46	80.0	248.3
64.763	KM. 249.000	113.8		43:34	1:01	113.8	258.0
68.183	HUNDORP 252,45	100.0		45:32	1:58	130.0	274.2
71.763	KM. 256.000	111.9		47:42	2:10	123.0	292.1
82.305	VINSTRÅ 266.6	85.0		53:52	6:11	130.0	343.6
82.725	KM. 267.000	85.0		54:10	0:18	85.0	345.0
92.250	KVAM 274,57	90.0		1:00:49	6:39	105.0	376.2
102.070	SJØA 296,35	70.0		1:06:38	5:49	120.0	417.5
112.925	KM. 297.200	60.0		1:13:37	6:59	120.0	452.0
113.020	OTTA	60.0		1:13:43 4923	0:06	60.0	452.1
123.725	KM. 308.000	120.0		1:19:47	6:04	120.0	498.7
124.745	SEL	90.0		1:20:22	0:36	120.0	502.3
137.526	BRENNHAUG	115.0		1:29:34	9:12	126.3	594.5
146.605	DOVRE	105.0		1:34:35	5:01	130.0	642.1
158.695	DOMBÅS	0.0	1:43:03	1:43:03	8:28	120.0	734.5

Vedlegg 4

RESULTAT AV EFFEKTBEREGNINGEN

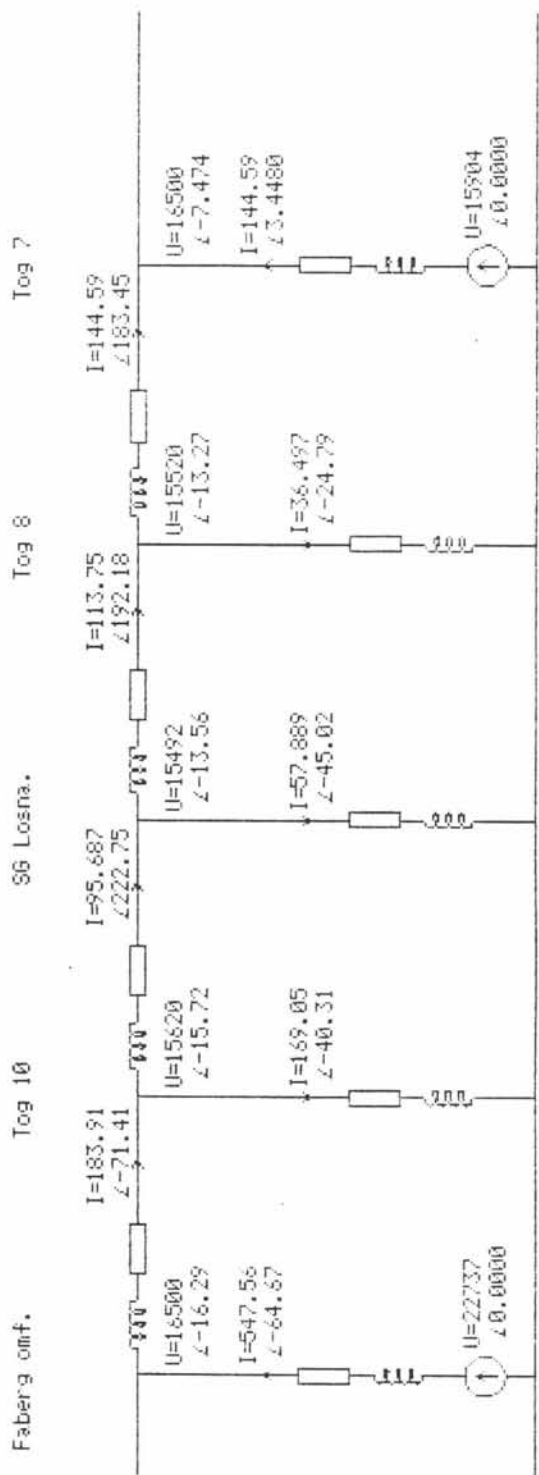
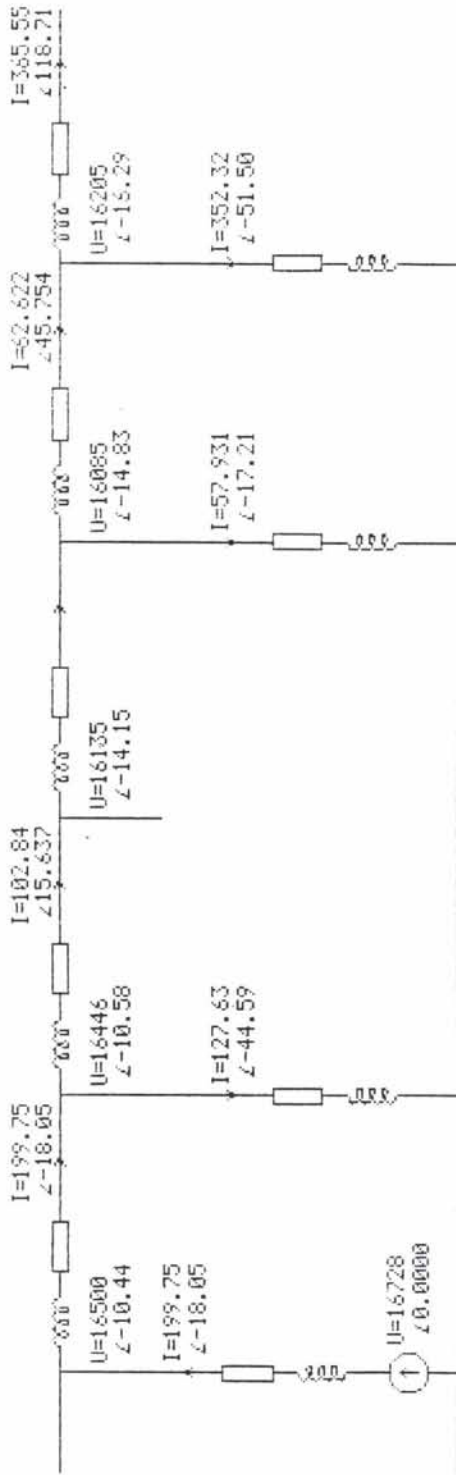
EFFEKT	KM
0.	184225.
308.	184226.
1292.	184277.
1829.	184313.
1666.	184400.
1661.	184403.
1584.	184461.
1540.	184503.
1487.	184564.
1450.	184643.
1424.	184696.
1411.	184721.
1394.	184753.
1346.	184885.
1239.	185159.
29.	185159.
37.	185331.
29.	185611.

Vedlegg 5

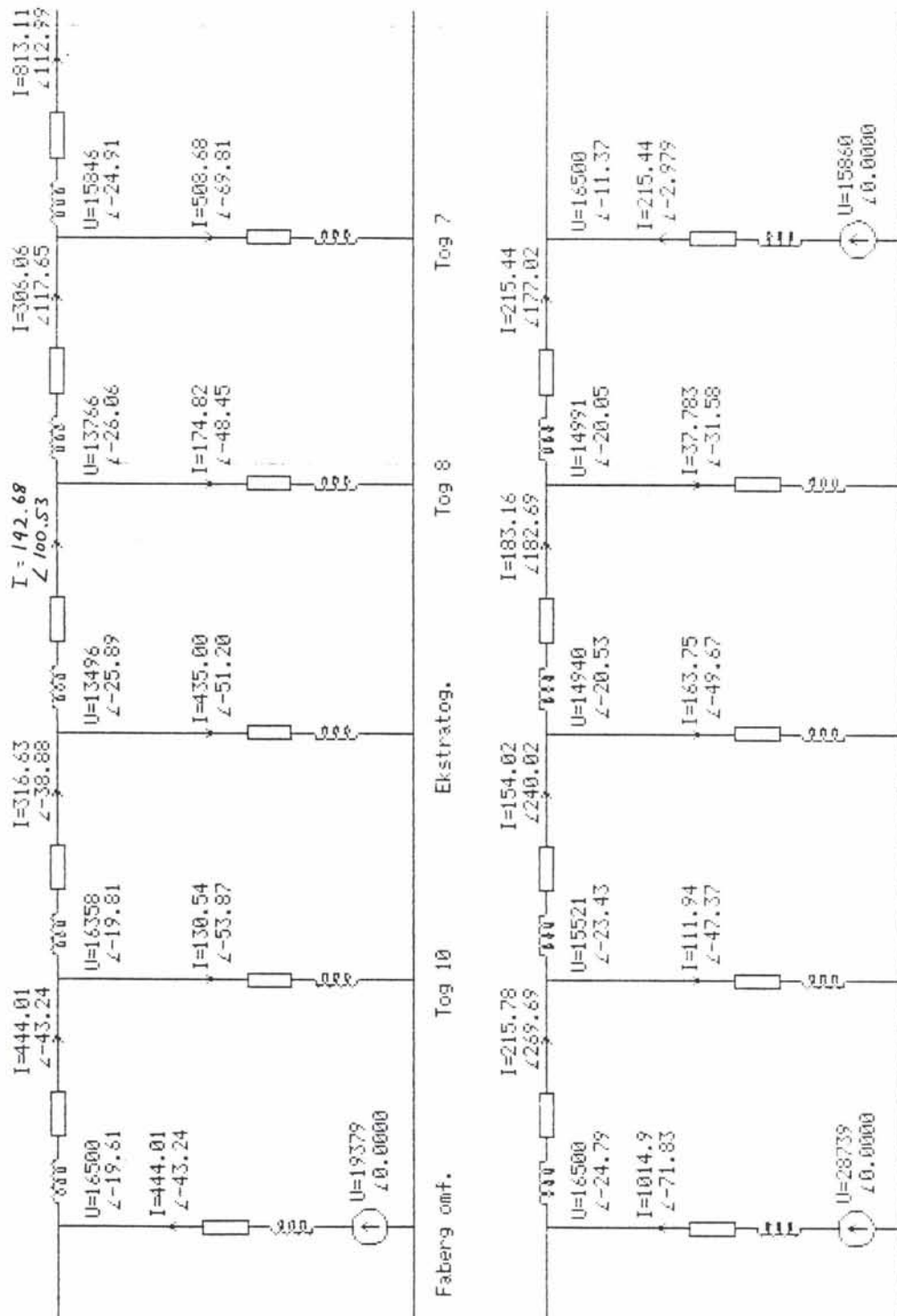


Vedlegg 5

OL-94. Strekning Faberg - Dombas. Tog representert med gj.snittseffekter.



Vedlegg 6



Vedlegg 7

Vedlegg 7

ØL-94. Strekning Faberg - Iombas. Ekstra hard belastning.

---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG EL 14

LENGDE 340 M

TOTAL MASSE 625.0 T

KM	STASJONNAVN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM UTSKR. PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
6.663	KM. 190.850	70.0		5:32	5:32	80.0	51.2
7.513	FABERG	80.0		6:12	0:40	80.0	73.6
13.813	KM. 198.000	76.7		11:02	4:50	80.0	166.6
18.990	ØYER	80.0		14:55	3:53	80.0	218.5
30.120	TRETTEH	70.0		23:20	8:24	80.0	317.3
34.770	KM. 219.000	80.0		27:04	3:44	80.0	371.9
38.570	KM. 222.800	80.0		30:14	3:10	80.0	412.9
39.970	LOSNA	80.0		31:17	1:03	80.0	422.2
47.888	FAVANG	80.0		37:13	5:56	80.0	471.0
56.763	KM. 241.000	80.0		43:57	6:44	80.0	550.7
58.293	RINGEBU	80.0		45:06	1:09	80.0	572.0
62.263	KM. 246.500	70.0		48:07	3:01	80.0	590.9
63.263	KM. 247.500	80.0		48:55	0:47	80.0	624.3
64.763	KM. 249.000	80.0		50:02	1:08	80.0	630.2
68.183	HUNDORP	80.0		52:36	2:34	80.0	655.4
71.763	KM. 256.000	80.0		55:17	2:41	80.0	678.1
82.305	VINSTRA	80.0		1:03:12	7:54	80.0	837.4
82.725	KM. 267.000	80.0		1:03:30	0:19	80.0	843.3
92.250	KVAM	80.0		1:11:01	7:31	80.0	935.6
102.070	SJØA	70.0		1:18:27	7:26	80.0	1059.7
112.925	KM. 297.200	60.0		1:26:44	8:17	80.0	1151.1
113.020	OTTA	60.0		1:26:50	0:06	60.0	1151.6
123.725	KM. 308.000	80.0		1:35:09	8:19	80.0	1272.6
124.745	SEL	80.0		1:35:55	0:46	80.0	1296.8
137.526	BRENNHAUG	80.0		1:46:07	10:12	80.0	1622.6
146.605	DOVRE	80.0		1:52:55	6:49	80.0	1746.7
158.695	DOMBAS	0.0	2:03:02	2:03:02	10:07	80.0	2110.9

Vedlegg 8

RESULTAT AV EFFEKTBEREGNINGEN

EFFEKT	KM
0.	184225.
938.	184226.
4250.	184313.
5529.	184400.
5569.	184403.
6287.	184461.
5608.	184503.
5171.	184564.
4791.	184643.
4508.	184721.
4435.	184753.
1882.	184753.
522.	184885.
0.	185159.
0.	185331.
0.	185611.
0.	186043.
0.	186192.

---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG BM69

LENGDE 225 M

TOTAL MASSE 135.0 T

KM	STASJONSNAMN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM UTSKR. PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
6.663	KM. 190.850	70.0		5:23	5:23	80.0	9.4
7.513	FABERG	80.0		6:02	0:39	80.0	15.4
13.813	KM. 198.000	80.0		10:51	4:49	80.0	39.1
18.990	ØYER	80.0		14:44	3:53	80.0	50.2
30.120	TRETEN	70.0		23:08	8:24	80.0	73.9
34.770	KM. 219.000	80.0		26:50	3:42	80.0	85.1
38.570	KM. 222.800	80.0		29:58	3:09	80.0	94.7
39.970	LOSNA	80.0		31:01	1:03	80.0	97.0
47.888	FAVANG	80.0		36:58	5:56	80.0	109.2
56.763	KM. 241.000	80.0		43:41	6:43	80.0	128.4
58.293	RINGEBU	80.0		44:50	1:09	80.0	133.3
62.263	KM. 246.500	70.0		47:51	3:01	80.0	138.2
63.263	KM. 247.500	80.0		48:37	0:46	80.0	148.8
64.763	KM. 249.000	80.0		49:44	1:08	80.0	150.2
68.183	HUNDORP	80.0		52:18	2:34	80.0	156.4
71.763	KM. 256.000	80.0		54:59	2:41	80.0	162.0
82.305	VINSTRA	80.0		1:02:54	7:54	80.0	198.4
82.725	KM. 267.000	80.0		1:03:13	0:19	80.0	199.8
92.250	KVAM	80.0		1:10:42	7:29	80.0	222.4
102.070	SJØA	70.0		1:18:07	7:25	80.0	251.3
112.925	KM. 297.200	60.0		1:26:22	8:15	80.0	272.6
113.020	OTTA	60.0		1:26:28	0:06	60.0	272.7
123.725	KM. 308.000	80.0		1:34:45	8:17	80.0	299.1
124.745	SEL	80.0		1:35:31	0:46	80.0	304.6
137.526	BRENNHAUG	80.0		1:45:40	10:09	80.0	380.0
146.605	DOVRE	80.0		1:52:28	6:49	80.0	408.7
158.695	DOMBAS	0.0	2:02:26	2:02:26	9:58	80.0	492.0

Vedlegg 9

RESULTAT AV EFFEKTBEREGNINGEN

EFFEKT	KM
0.	184225.
308.	184226.
1823.	184313.
1660.	184400.
1655.	184403.
1580.	184461.
1536.	184503.
440.	184503.
454.	184564.
450.	184643.
450.	184721.
424.	184753.
130.	184885.
0.	185159.
0.	185331.
0.	185611.
0.	186043.
0.	186192.

NSR - TOGKJØR

1992-11-03 VERSJON 2.0

---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG EL 14

LENGDE 340 M

TOTAL MASSE 625.0 T

KM	STASJONSNAVN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM UTSKR. PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
7.513	FÅBERG	90.0		5:55	5:55	90.0	116.7
18.990	ØYER	90.0		14:01	8:07	90.0	298.7
30.120	TRETEN	70.0		21:58	7:57	90.0	418.0
39.970	LOSNA	90.0		29:39	7:40	90.0	559.6
47.888	FAVANG	80.0		35:00	5:21	90.0	613.2
58.293	RINGEBU	80.0		42:15	7:16	90.0	727.0
68.183	HUNDORP	90.0		49:15	6:59	90.0	840.9
82.305	VINSTRÅ	85.0		58:46	9:31	90.0	1039.8
92.250	KVAM	90.0		1:06:06	7:21	90.0	1154.6
102.070	SJØA	70.0		1:12:48	6:41	90.0	1281.0
113.020	ØTTA	60.0		1:20:22	7:35	90.0	1391.8
	* SEL						
137.526	BRENNHAUG	90.0		1:38:27	18:04	90.0	1899.7
146.605	DOVRE	90.0		1:44:36	6:09	90.0	2042.3
158.695	DOMBAS	0.0	1:54:03	1:54:03	9:27	90.0	2404.6

**

Vedlegg 10

NSB - TOGKJØR

1992-11-03 VERSJON 2.0

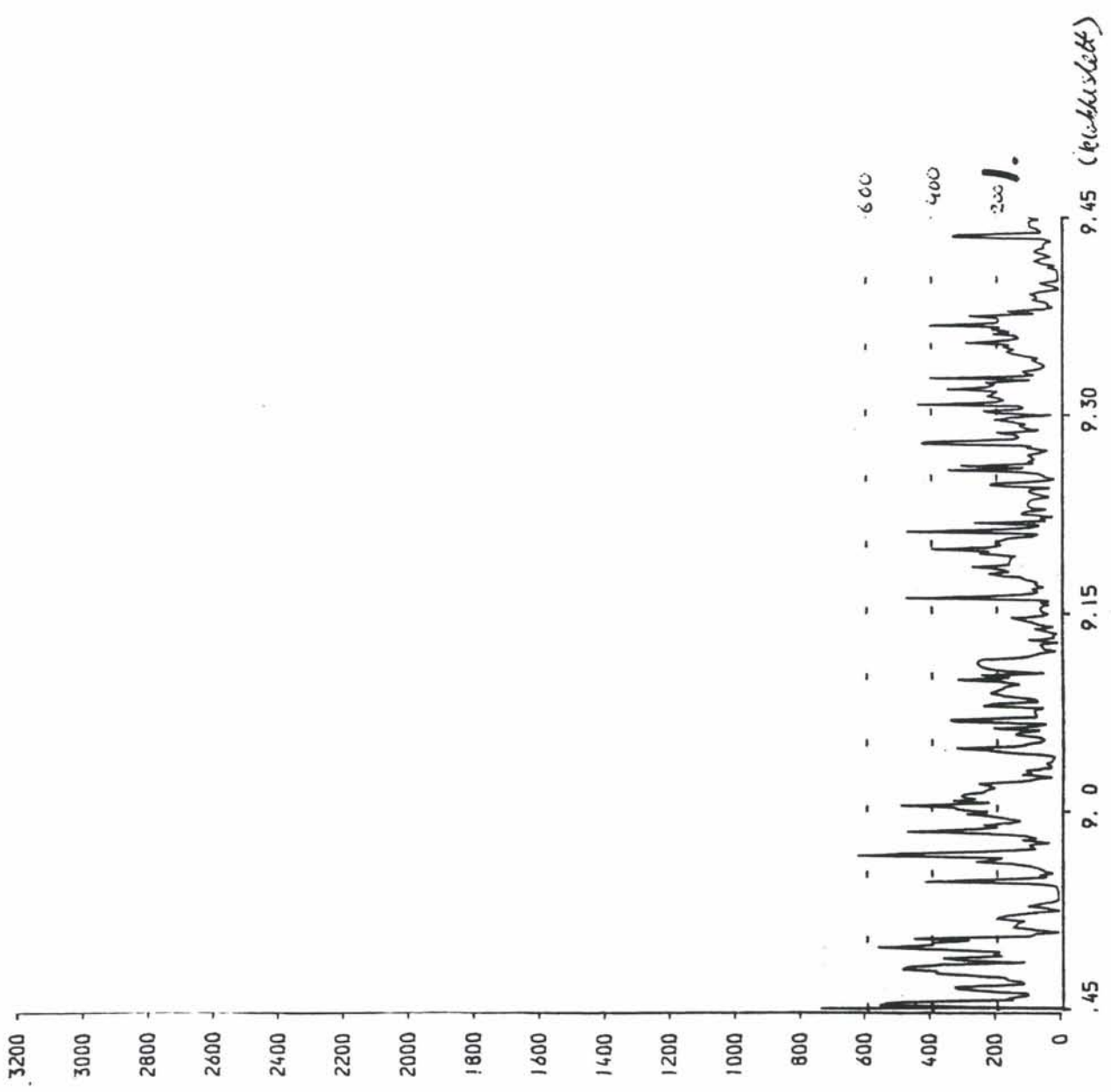
---- KJØRETIDSBEREGNING MED STRAM KJØRING ----

** GUNSTIGE KJØREFORHOLD

PERSONTOG BMS9 LENGDE 225 M TOTAL MASSE 135.0 T

KM	STASJONSHAVN	HAST KM/H	ANKOMST	AVGANG	TID MELLOM JTSKR. PKT.	OPPN HAST KM/H	ENERGI kWh
0.000	LILLEHAMMER	0.0		0:00	0:00		
7.513	FABERG	90.0		5:39	5:39	90.0	22.9
18.990	ØYER	90.0		13:40	8:01	90.0	65.4
30.120	TRETEN	70.0		21:34	7:54	90.0	93.5
39.970	LOSNA	90.0		29:05	7:31	90.0	122.9
47.888	FAVANG	80.0		34:26	5:21	90.0	136.2
58.293	RINGEBU	80.0		41:39	7:13	90.0	162.7
68.183	HUNDROP	90.0		48:34	6:55	90.0	189.4
82.305	VINSTRÅ	85.0		58:04	9:30	90.0	237.7
92.250	KVAM	90.0		1:05:22	7:18	90.0	264.0
102.070	SJØA	70.0		1:12:02	6:41	90.0	294.5
113.020	OTTA	60.0		1:19:33	7:30	90.0	321.1
124.745	SEL	90.0		1:27:43	8:10	90.0	355.9
137.526	BRENNHAUG	90.0		1:37:26	9:43	90.0	433.1
146.605	DOVRE	90.0		1:43:34	6:08	90.0	464.4
158.695	DOMBAS	0.0	1:52:49	1:52:49	9:16	90.0	549.7

.....
Vedlegg 11



Linje mot Rudsbygda. måler 627,1 A
 CURRENT AT END OF BRANCH BR24 (A) .

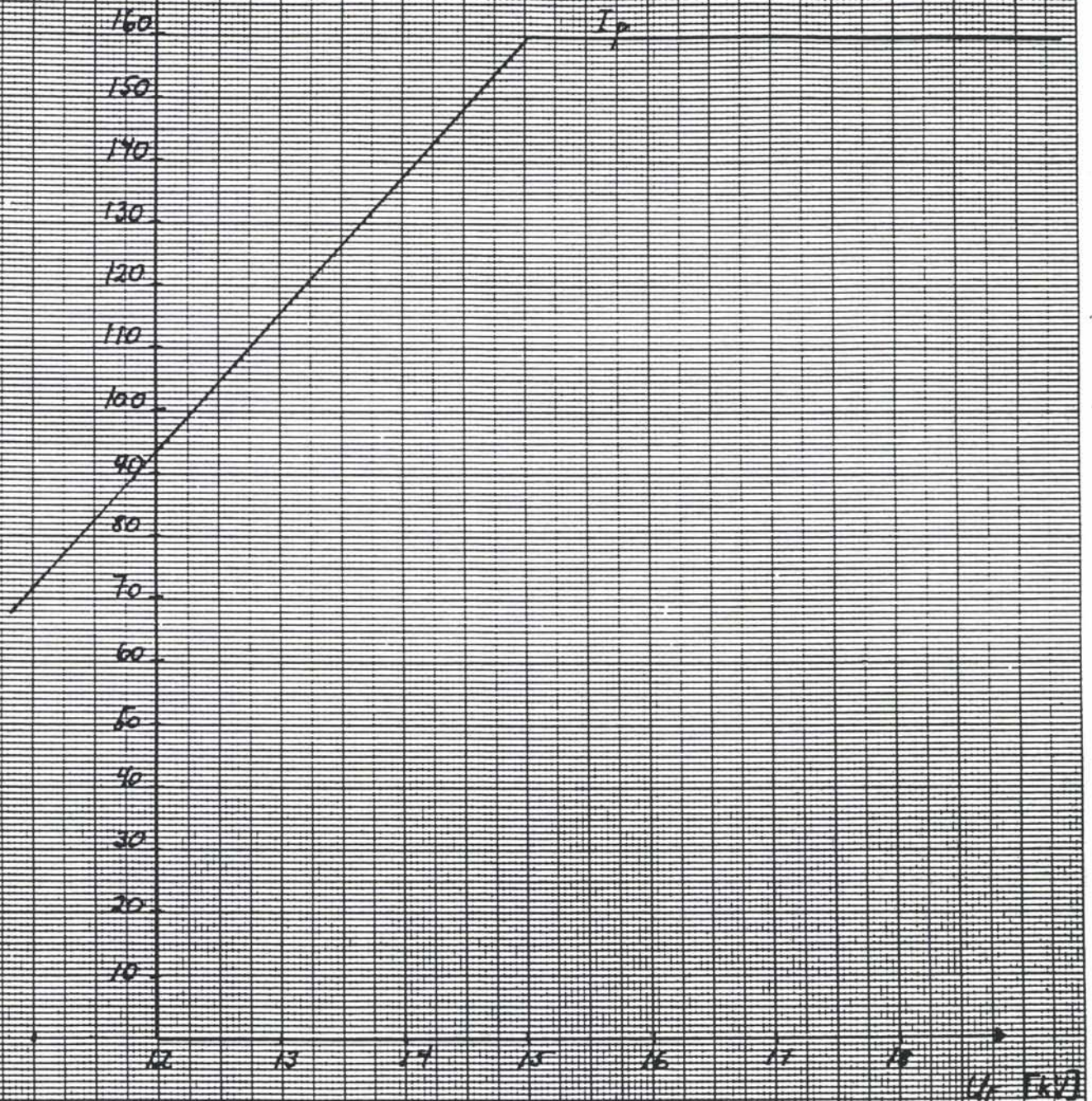
Fåberg Omformer.

Motervogn type BM69, Primærstrømbegrensning

Maksimal strøm uten begrensning = 232 A

For $U_r \geq 15$ kV er grensen satt til 160 A, = 70%

for $U_r < 15$ kV artar strømgrensen lineært.

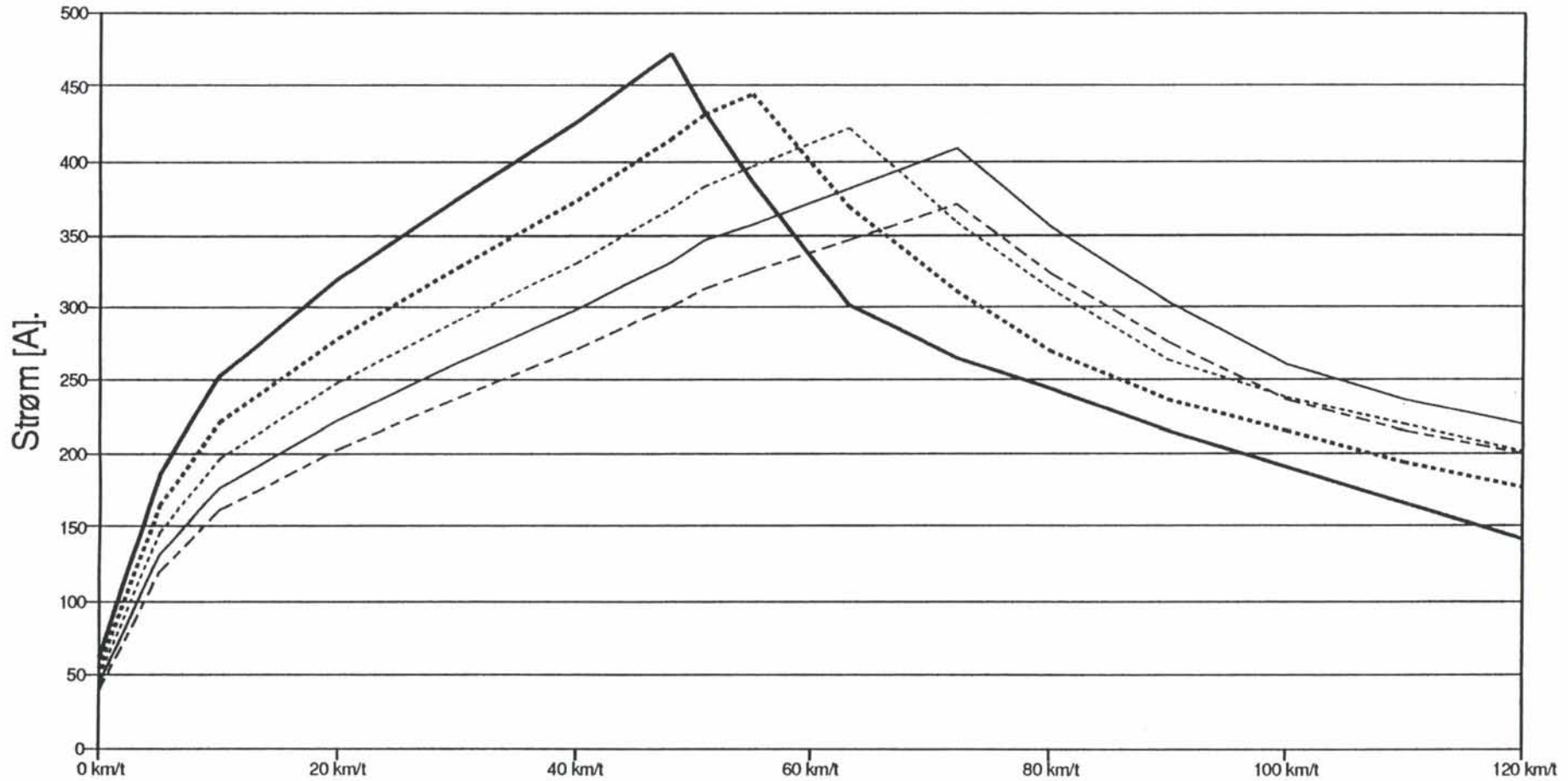


For spenninger mellom 12 og 15 kV følger strømmen tilnærmet funksjonen

$$I_p \text{ maks}(U) = 22,4U - 115,8$$

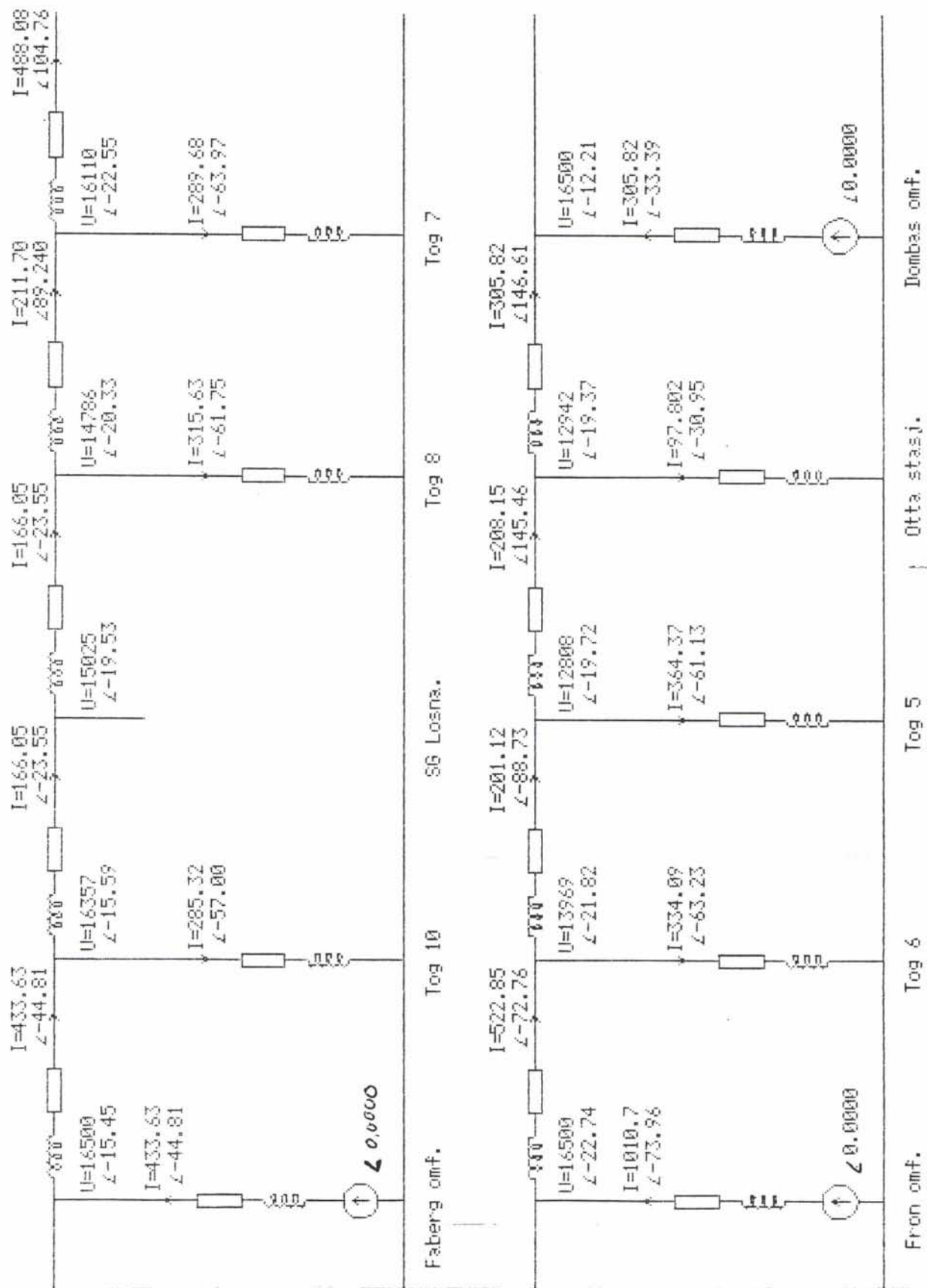
Vedlegg 13: Primærstrømbegrensning for BM69.

EL 14 - Inngående strøm ved full trekkraft, inklusive hjelpkraft til 13 vogner.



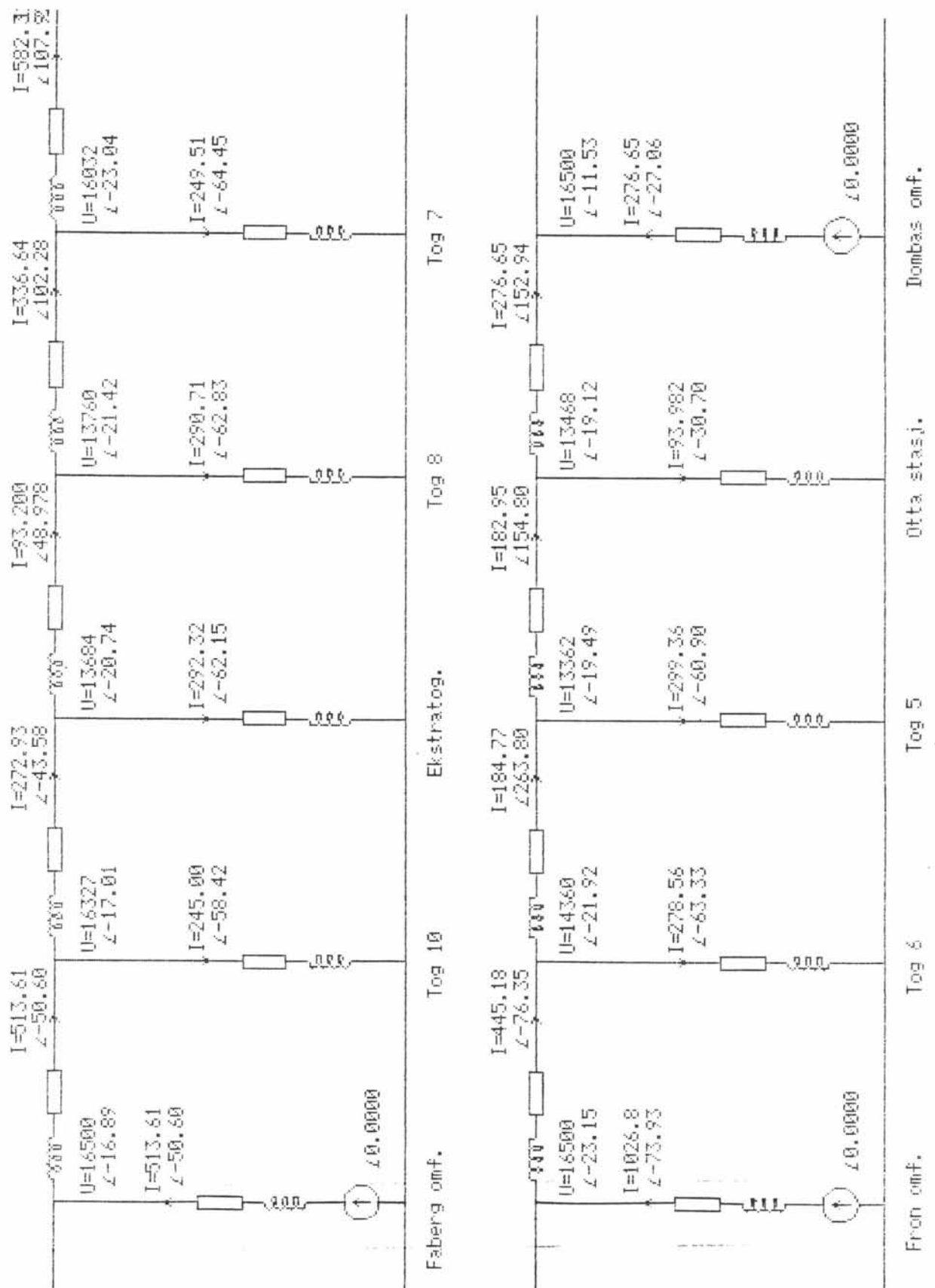
Vedlegg 14



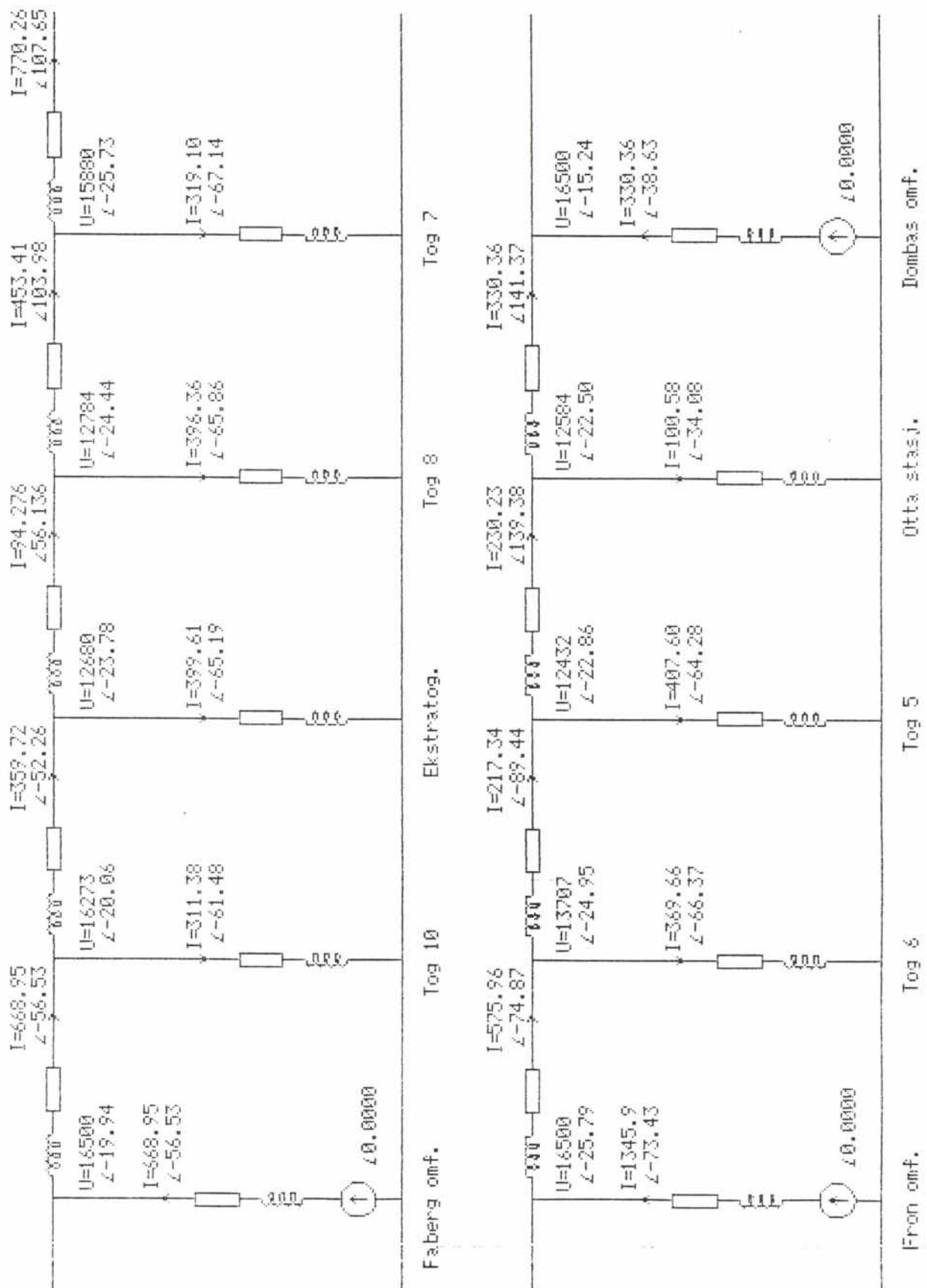


OL-94. Strekning Fåberg - Dombås. samtidig oppstart etter strømstans. Tog i henhold til ruteplan.

Fåberg og Dombås: 2 * 7 MVA. Fron: 2 * 5,8 MVA.



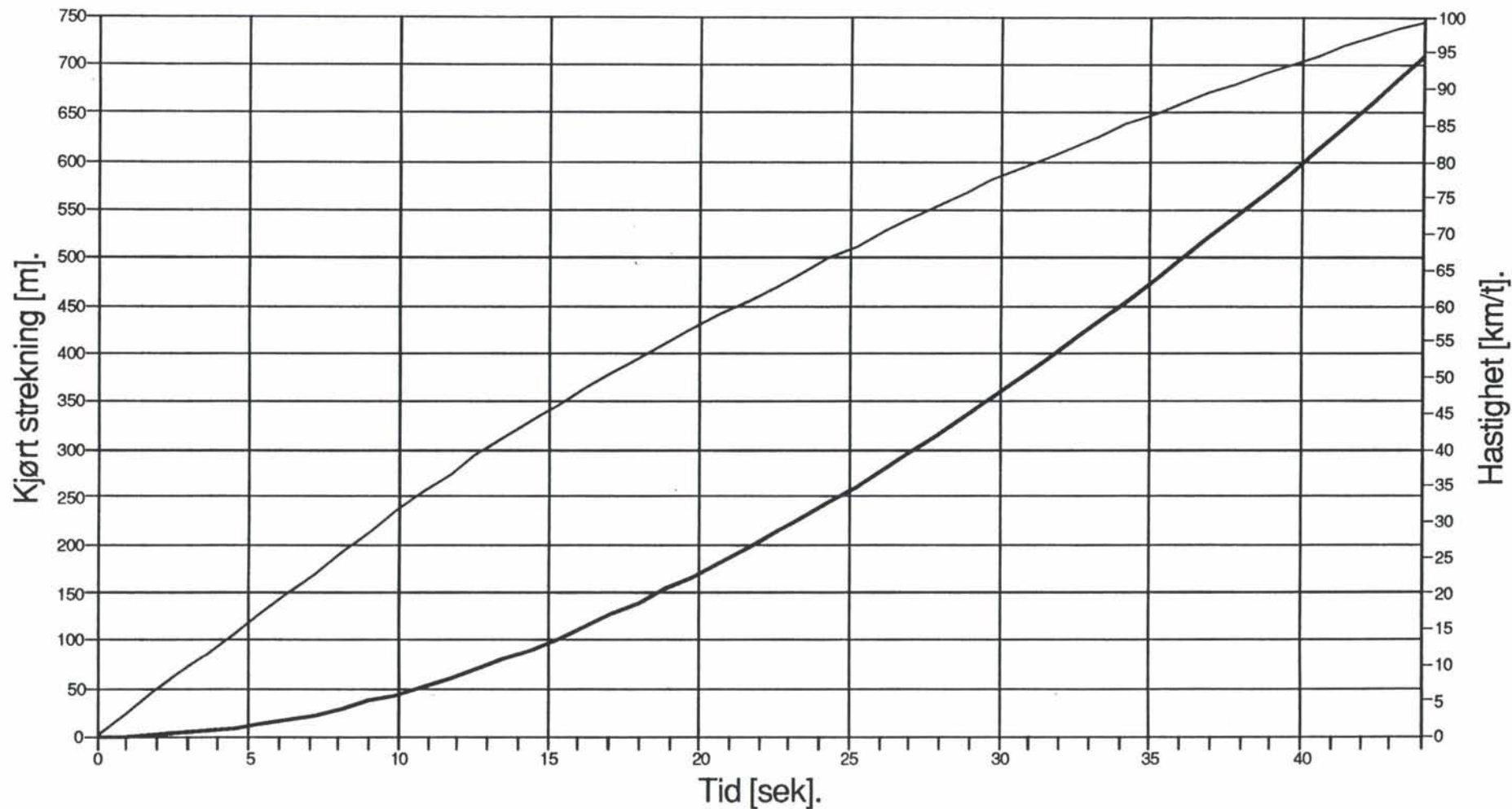
OL-94. Strekning Fåberg - Dombås. samtidig oppstart etter strømstans. Ekstratog + tog i henhold til ruteplan. Fåberg og Dombås: 2 * 7 MVA. Fron: 2 * 5,8 MVA.



OL-94. Strekning Fåberg - Dombås: samtidig oppstart etter strømstans. Ekstratog + tog i henhold til ruteplan. Fåberg og Fron: 2 * 7 MVA. Dombås: 2 * 5,8 MVA.

Bm69. 3 vogner. Nominell kl.spenning.
Hastighet og kjørt strekning som f[tid] ved maks akselerasjon.

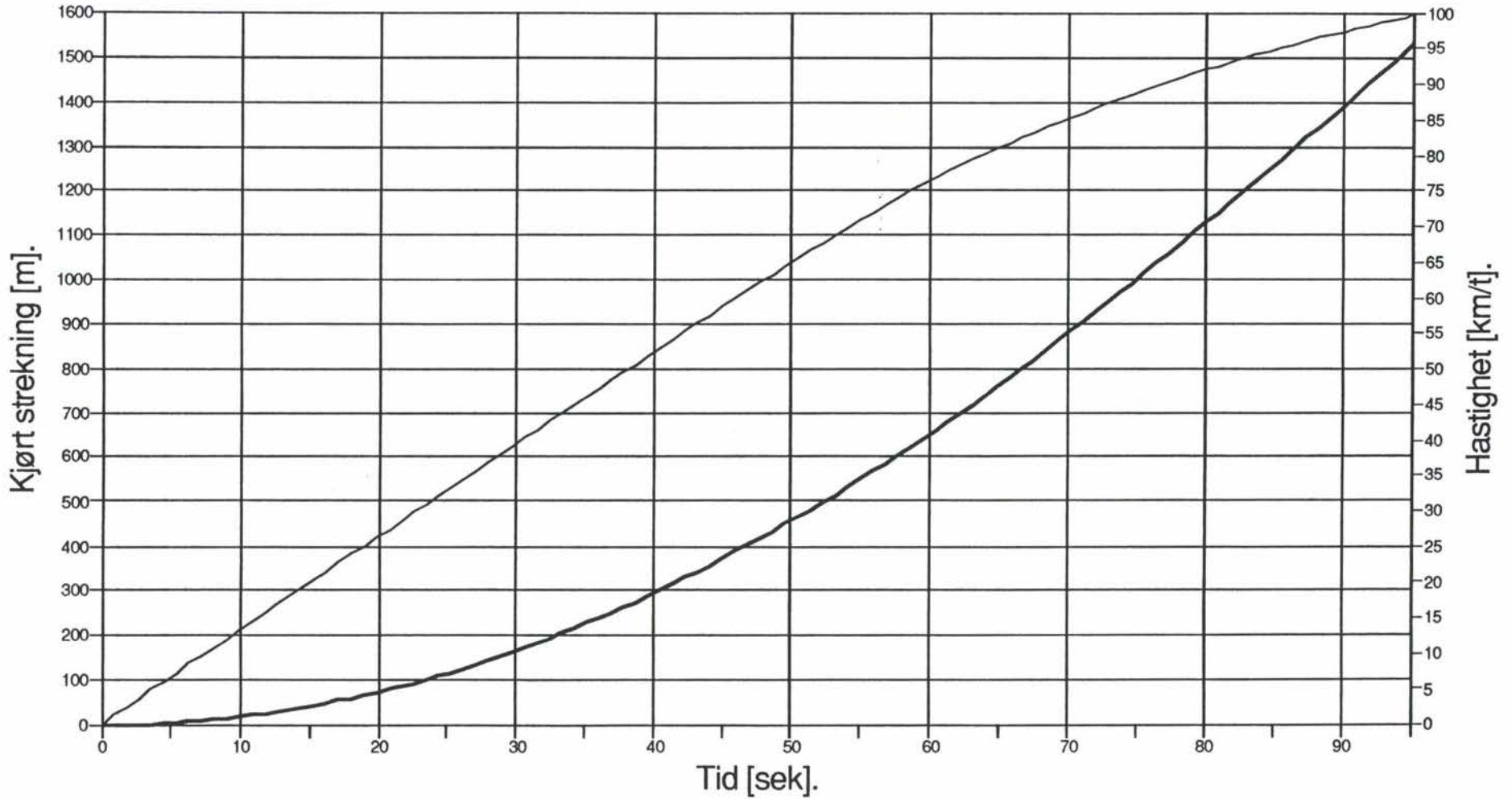
Vedlegg 18



— Hastighet. — Strekning.

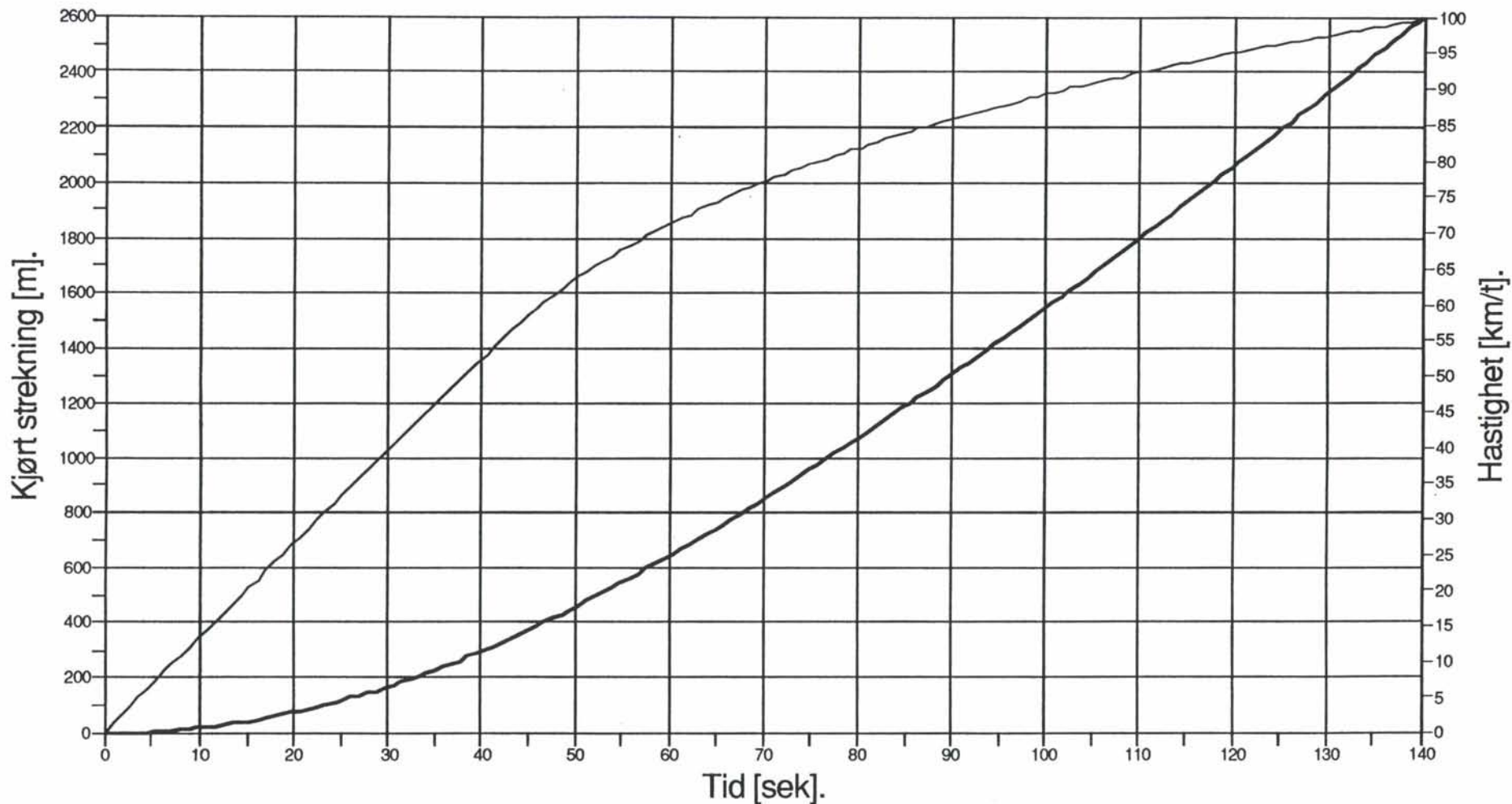
EL14 + 13 vogner. 15 kV kl.spennning.
Hastighet og kjørt strekning som f[tid] ved maks akselerasjon.

Vedlegg 19



— Hastighet. — Strekning.

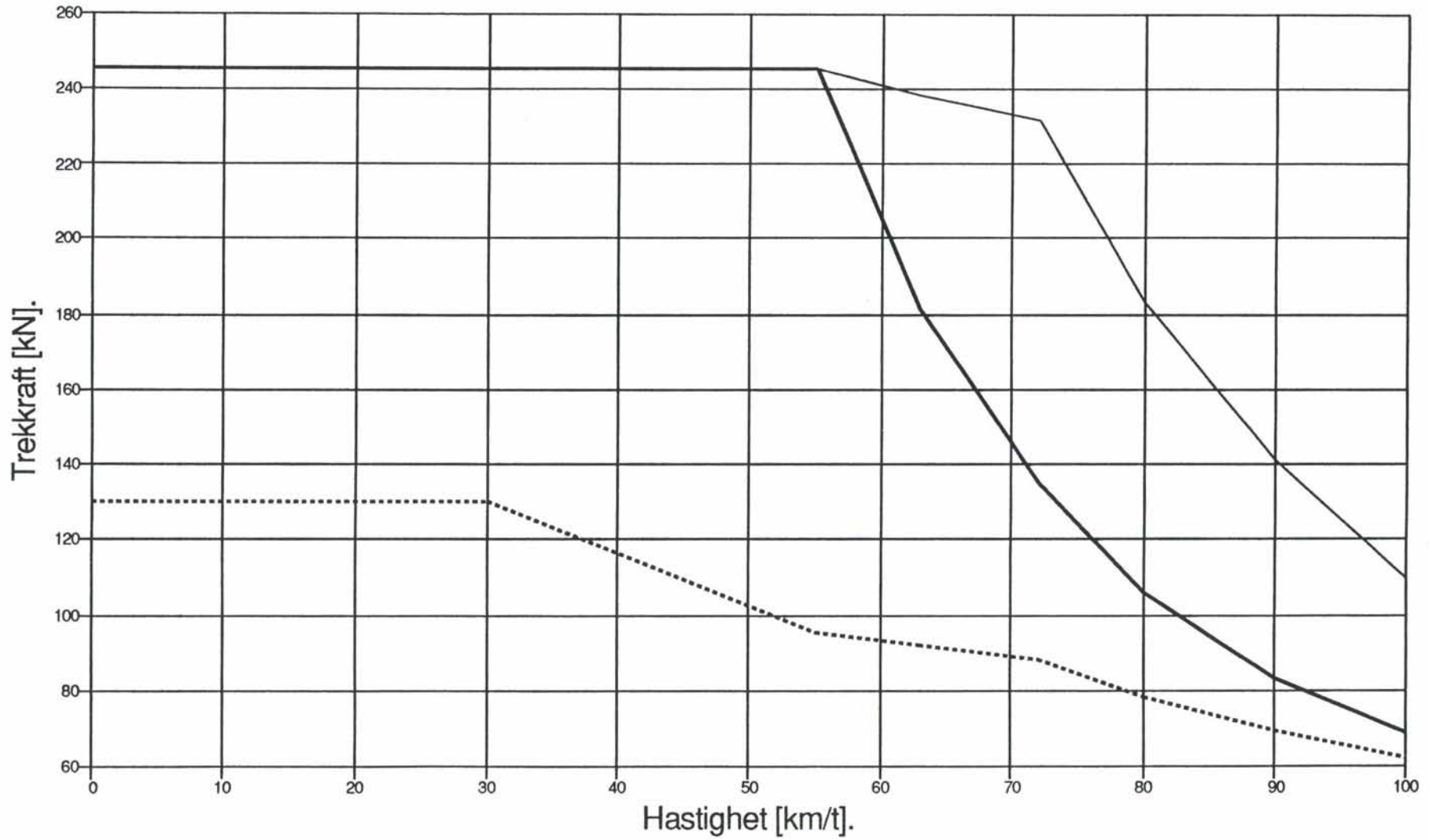
EL14 + 13 vogner. 12 kV kl.spenning.
Hastighet og kjørt strekning som f[*tid*] ved maks akselerasjon.



Vedlegg 20

— Hastighet. — Strekning.

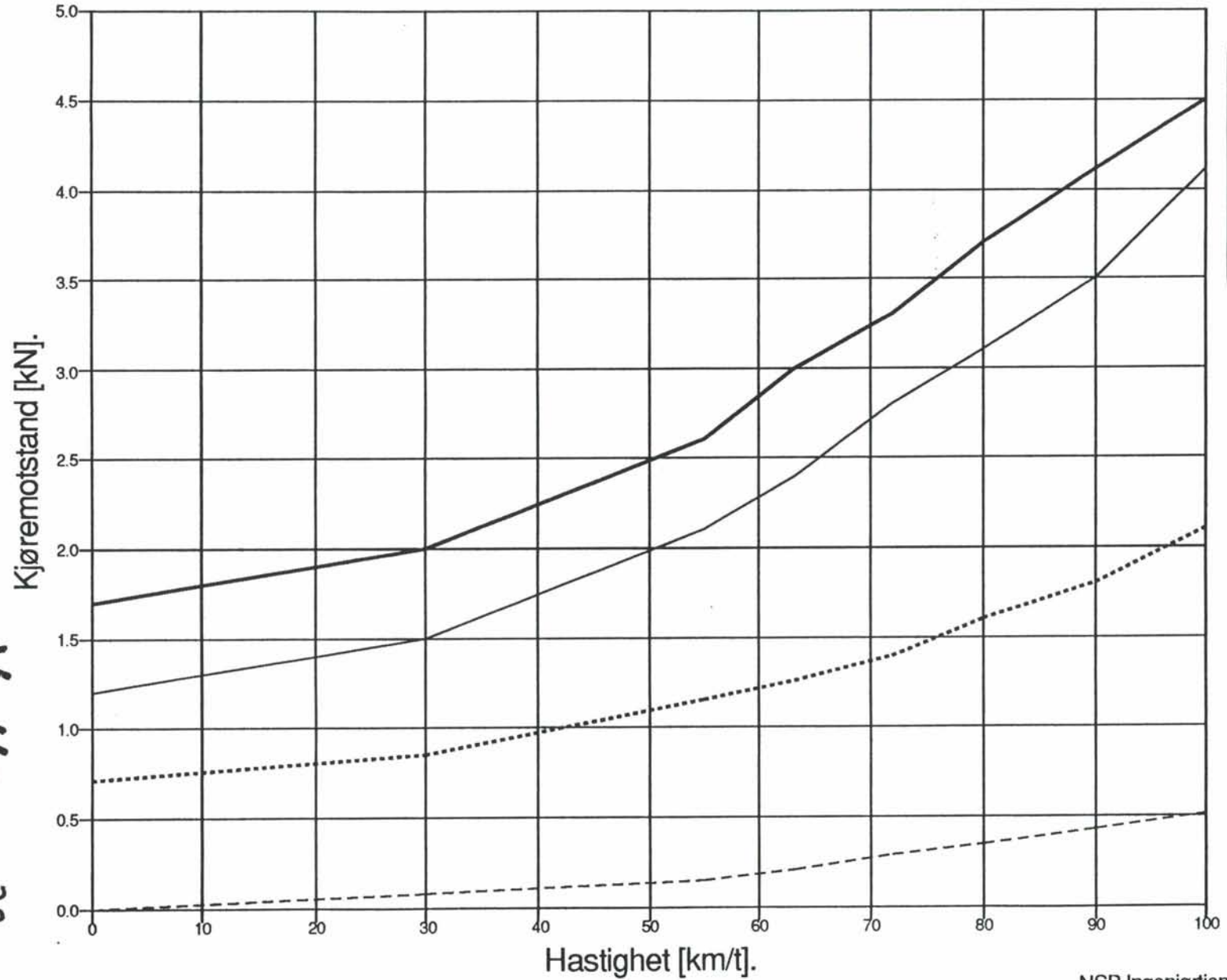
Trekraftkurver El14 og Bm69.



— El14 - 12 kV. — EL14 - 15 kV. Bm69 - 16 kV.

Vedlegg 21

Kjøremotstand som funksjon av hastighet.



- Lok.
- Motorvogn.
- Passasjrvogn.
- - - Luftsug i bakende.

Vedlegg 22

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU09978
71594417