

# NSB. teknikk

# 2

1985  
(27)

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner



# Ombyggingen av bruer Hamar — Otta (II)



I NSB-teknikk nr 1/1985 er vist et eksempel på bruk av NSB's 50 tonn utrykningskraner ved utskifting av bruer på strekningen Hamar— Otta.

Vi viser her et annet eksempel, nemlig utskiftingen av bru over Vålå elv ved Ringebu. Den gamle bru var en fagverksbru med mellomliggende brubane, bygget i 1895, med spennvidde 31,4 m. Selv om den ble forsterket i 1917, holdt den ikke lenger mål og måtte skiftes ut i 1957. Den nye bru, som også er en fagverksbru med mellomliggende brubane og samme spennvidde, har en stålvekt på 72 tonn, og med gangbare, sviller og skinner er totalvekten ca. 88 tonn.

Det nye bruspennt ble sammenbygget på et sidespor ved Ringebu stasjon og ble lastet opp på traller så høyt at det gikk over den gamle bru (bilde 1 og 2). Etter at det nye spenn var kjørt ut på den gamle bru, ble det løftet fri av trallene med de to kraner (bilde 3), den gamle bru ble trukket til side på et utkjøringsstillas, og den nye bru ble senket på plass på sine lagere med de to kranene.



Informasjonsblad  
for Norges Statsbaner

Årgang 11, 1985  
Nummer 2 (27)

Utgiver:  
Norges Statsbaner  
Hovedadministrasjonen  
Storgt. 33  
Postboks 9115 Vaterland  
0134 Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50



Redaksjonsutvalg:  
F. Holom (formann)  
K. Igelkjøn  
H. Karlsson  
S. Kloster  
I. Rustad  
S. Tennebø

Avdelingskontakter:  
Å. Dale, E.  
A. Enerud, M.  
A. Nordby, M/Tekn. lab.  
T. Vasset, D/Pla.  
K. Mathisen, Plak.

Sats, repro og trykk:  
Grøndahl & Søn Trykkeri

Opplag: 3000  
Ettertrykk tillatt når kilde  
oppgis

ISSN 0333-0214

Artikler og innlegg i NSB-tek-  
nikk uttrykker forfatternes  
meninger. Disse representerer  
ikke nødvendigvis NSB's offi-  
sielle synspunkter.

Omslagsbildet:  
Nye metoder for sporforyelsen.  
Portalkraner på Nordlandsbanen.  
Foto: Per Hermann Sørlie.

## Innhold

	Side
<b>Bruserien: Ombyggingen av bruer Hamar–Otta (II) Av Per Hektoen</b> .....	34
<b>Svendsen, Jan: Nye metoder i sporfornyelser ved NSB</b> ...	36
<b>Støver, Odd Einar: Sporfornyelse med portalkraner, Nordlands- banen 1985</b> .....	37
<b>Jensen, Odd Ingar: Anskaffelse av sporombyggingstog</b> ...	40
<b>Svennar, Odd: Hovedoppgaver i jernbaneteknikk ved NTH 1979–1983</b> .....	44
<b>Fykse, Selman: Elektriske lokomotiver type EI 11 på Flåmbana</b>	48
<b>Sture, Per: Elektroavdelingens anleggsvirksomhet</b> .....	50
<b>von Krogh, J.: Asynkronteknikk — fremtidens traksjonssystem?</b>	57
<b>Jernbanens bygninger: Elektrobygg Oslogt. 3. Av Elsa Rostad</b>	63

# Nye metoder i sporfornyelser ved NSB

Av sjefing. Jan Svendsen

I begynnelsen av 1970-årene ble det vedtatt at fornyelsen av svillegulvet i NSB's hovedspor skulle skje med betongsviller. Dermed tvang en mekanisering av svillegulvet seg fram, idet en betongsville veier 240 kg og derfor ikke kan håndteres manuelt.

Forskjellige metoder har vært i bruk noe avhengig av om bare sviller eller både sviller og skinner skulle byttes. Felles for metodene var at mekaniseringsgraden var forholdsvis lav, idet en shovel eller traktor var hovedmaskin og utførte utplanering av ballast, innheising av betongsviller og svillegulv. I Kristiansand distrikt ble det brukt små portalkraner som gikk på hjelpeskinner.

Ved denne mekaniseringen var det fysiske slitet stort sett borte, men produksjonen var lav og kostnadene høye.

I utlandet har det over en rekke år pågått en utvikling mot stadig mer effektive sporbyttemetoder. Utstyret er blitt bedre og relativt sett billigere, og vi fant tiden inne til å analysere markedet nærmere.

Vi ble stående ved to muligheter:

- 1) Der både sviller og skinner skal byttes, og hvor skinnene er så dårlige at de ikke kan gjenanvendes, fant vi det mest hensiktsmessig å bruke portalkraner. Investeringen er lav, men kapasiteten er likevel akseptabel. Grunnen til at skinnene vanskelig kan brukes igjen er at de blir kappet opp i ca. 20 m lengder uten hensyn til laskekamre og eventuelle gamle sveiser.
- 2) Ved bruk av sporombyggingsvogt kan de gamle skinnene om ønskelig legges inn igjen bak toget hvis de er gode nok. I motsatt fall blir de liggende igjen i lange lengder og kan renoveres i en skinnesmie for gjenbruk. Investeringen er høy, men det er også kapasiteten.

Det viste seg at begge metodene var aktuelle for oss. På strekninger med gamle dårlige skinner i



små profiler (33 og 35 kg/m), som på Nordlandsbanen og Rørosbanen, ville portalkranene kunne gjøre en glimrende jobb. På strekninger med 49 kgs skinner vil vi være interessert i å ta vare på skinnene, slik at sporombyggingsvogt ville være best egnet.

Ved å anskaffe begge deler, vil le dessuten vårt årlige svillegulvbehov stort sett være dekket.

En viktig forutsetning for begge metodene er at det kan skaffes togpauser på minst 4 timer. Ved å forskyve togtider for godstog og erstatte lite belagte passasjertog med buss lar dette seg gjøre de

fleste steder. De strekningene hvor dette ikke lar seg gjøre, vil bli fornyet med andre metoder, f.eks. Hamar-metoden hvor svillegulv utføres med traktor med grave- og pakkeskjær.

Portalkranene ble levert i mai 1985 til Nordlandsbanen og har fullt ut svart til forventningene. Sporombyggingsvogt ble levert i oktober, slik at det i skrivende stund er for tidlig å si noe om resultatet av prøvedriften på Østfoldbanen, østre linje.

Nærmere detaljer om de nye metodene finnes i egne artikler i dette nummer. □

# Sporfornyelse med portalkraner, Nordlandsbanen 1985

Av overing. Odd Einar Støver, Trondheim distrikt

## Generelt

Metodene som NSB har benyttet ved skinne- og svillebyttning, må sies å være relativt manuelle.

Det har riktignok vært brukt hjul-lastere og gravemaskiner/traktorer med graveutstyr og skjær, men det er brukt relativt mye personale i forhold til fremdriften.

Av denne grunn, samt den enorme kostnaden fornying av sporet representerer, var det på høy tid at alternative metoder ble vurdert. En relativ liten reduksjon i innleggingskostnad pr. meter spor, ville kunne gi store totale kostnadsreduksjoner.

Etter initiativ fra baneavdelingen vedlikeholdskontor i Hovedadministrasjonen (Bvk) ble det enighet om at en måtte besøke jernbaneforvaltninger i Europa for å studere deres metoder og utstyr, og få del i den erfaring som der var opparbeidet. Spesielt var en interessert i metoder hvor portalkraner ble brukt. Denne metode passer godt når både skinner og sviller skal skiftes samtidig. Trondheim distrikt har flere lange strekninger der slik utskifting skal utføres, og vi ble derfor bedt om å delta på en reise i mars 1984.

## Prosjektering

Etter nevnte rundreise og møter både med jernbaneforvaltninger, entreprenører og leverandører av utstyr, var vi overbevist om at portalkranene også kunne brukes i Norge.

Vi måtte selvsagt se nærmere på nødvendige endringer og tilpasninger for norske forhold.

I tillegg til den høye fremdriften kunne en få besparelser pga at gammelt materiell, dvs skinnstignene som ble tatt ut i lenker på ca 20 m, ble kjørt inn samtidig. Salg av dette materiellet kunne også gjøres mer rasjonelt og lønnsomt.

Ettersom eventuelle kjøpte kraner skulle tas i bruk sesongen 1985 måtte vi så raskt som mulig ta avgjørelse om kjøp eller ikke. Et enkelt overslag viste at med innkjøp av portalkraner og endel



mindre maskiner, ville utstyret være inntjent i løpet av sesongen 1985.

Hovedadministrasjonen utarbeidet anbudsgrunnlaget med bakgrunn i våre spesielle ønsker, og midt i mai 1985 var det meste av utstyret på plass i Fauske, der arbeidene skulle starte.

Den kontinuerlige fremdrift og oppfølging av prosjektingen i distriktet ble tillagt en ingeniør fra overbygningskontoret. En spesielt utpekt person måtte jobbe med prosjektet kontinuerlig pga de mange problemer og tiltak som måtte vurderes og samordnes.

Noen viktige spørsmål som måtte avklares, fremgår av følgende opplisting:

- 1) Kravspesifikasjoner av utstyr og tilpassing til norske forhold.
- 2) Nødvendig tilleggsutstyr.
- 3) Transportopplegg for nye betongsviller, gamle skinnstiger og ballast (pukk).
- 4) Valg av vogntyper/antall vogner.
- 5) Eventuelt salg av gammelt spormateriell.
- 6) Demonteringsplass for skinnstiger.
- 7) Personalbehov hos de forskjellige avdelinger.

- 8) Plassbehov ved stasjon, stasjoneringsteder for arbeidsmaskiner, losjivogner etc.
- 9) Dispensasjoner fra sikkerhetsbestemmelser for å kunne utnytte maskiner og metode maksimalt.

De mange meter spor som skulle utskiftes ville kreve svært stor lagerplass hvis en ikke demonterte eller solgte det gamle spormateriellet etter hvert. Ettersom demontering og salg i egen regi ville bli for personalkrevende ble det besluttet å selge alt gammelt materiell til samme kjøper etter som arbeidene skred fremover. Et minimalt behov for vogner var betinget av at skinnestigene ble losset så raskt som mulig, og da helst underveis mellom anleggsplass i f.eks. Fauske og betongsvilleleverandøren i Værdal, ca. 580 km lenger sør.

Etter forutgående anbuds konkurranse ble materiellet solgt, opplastet på vogn på Dunderland st., til sunnmørsfirmaet Uni-Trade. Foruten prisen på 36,60 kr/m, omfattet kontrakten både utleie av demonteringsareal på Dunderland st. og garanti om bruk av jernbanetransport av materiell videre fra Dunderland.

Transportene til og fra arbeidssted er lagt opp slik at mens ett sett vogner, 5-6 stk. blir lastet på Værdal, blir ett losset og etterpå lastet med stiger på anleggsstedet, mens det tredje er på veg sør over med forrige dags produksjon. All transport foregår i ordinære godstog.

### Arbeidsoperasjonene

Første fase i sporbyttarbeidene er utkjøring av de nye skinnene som også skal fungere som transportskinner for portalkranene. Disse leveres i 40 m lengder året i forveien. For å unngå problemer under snørydding, legges skinnene utenfor banelegemet.

De forskjellige arbeider utføres i følgende rekkefølge og med følgende «laginndeling».



#### Lag 1

Mottak og utkjøring av skinner, Som nevnt legges skinnene ofte langs sporet året i forveien.

#### Lag 2

- 1) Skinner legges inn i spor for seksjonssveising
- 2) Seksjonssveising til lengder à 80 m, 120 m eller 160 m.

#### Lag 3

- 1) Planering for portalkransporet, skinnenenes c/c = 3 310 mm, med spesialskjær på robeltralle.

#### Lag 4

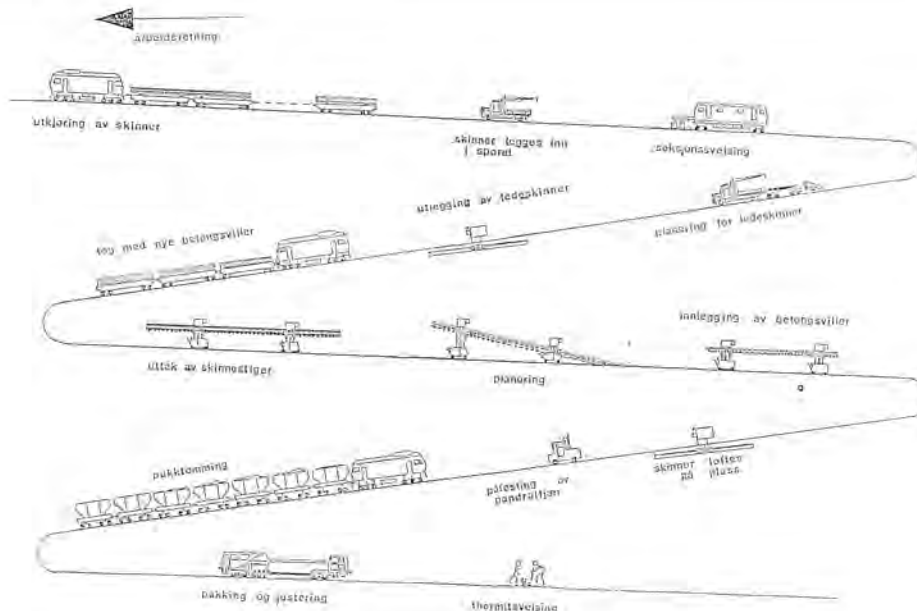
- 1) Utlegging av skinner i avstand c/c = 3 310 mm.

- 2) Lasting/sammenfesting av skinnene.

#### Lag 5

- 1) Oppkutting av det gamle sporet i ca 20 m seksjoner, med skjærbrenner.
- 2) Bortløfting av gammelt spor/skinnestiger og opplasting på vogner. (1-2 tomme vogner er med ut).
- 3) Planering av traséen ved at skinnestigen slepes over pukken.
- 4) Betongsviller festes til portalkran, som transporterer disse fra vogn og legger dem ned i den planerte trasé.
- 5) Innlegging av de nye skinner på betongsvillene.
- 6) Festing av skinner til svillene.

	Maskiner	Personale	Fremdrift pr eff. tv.
Lag 1	Lok eller stor robeltralle + vogner	8 mann	800 m/h
Lag 2	- 1 robeltralle - 1 skinnesveisemask.	4 " 11 "	200 m/h 250 m/h
Lag 3	- 1 robeltralle m/ spesialskjær	3	1 500 m/h
Lag 4	- 1 skinneinnlegger	3 "	200 m/h
Lag 5	- Lok. m/vogner, - 2 Portalkraner med bom mellom, - 1 skinneinnlegger - 1 pandrolmaskin (Pandriver) (festing av skinne til sville)	20 "	130 m/h
Lag 6	- Lok. m/pukkvogner - pakkemaskin	5 (inkl. lokf.) 4 "	300 m <sup>3</sup> /2h 500 m/h
Lag 7		7 "	10 stk/5 h 80 m/h



### Lag 6

- 1) Pukktømming.
- 2) Pakking og grovjustering.

### Lag 7

- 1) Helsveising – Sluttsveising.

De forskjellige arbeidslag gjør bruk av diverse større maskiner. Hvilke fremgår av følgende oversikt. Det er samtidig angitt antall personer pr lag og produksjon pr tidsenhet.

	Produksjon	Eff. tv/m	Medg. eff.tv	Medg. tot. tv.
Gammel metode	10 000 m	1,02	10 200	16 320
Ny metode	10 000 m	0,37	3 700	5 920
Differanse			6 500	10 400

Da arbeidene startet den 21 mai 1985, var det knyttet stor spenning til hvordan utstyr, kran, transportopplegg og skinnestigemottak/demontering ville fungere. Det er fram til i dag skiftet ca. 16 000 m spor, og arbeidene er stort sett gått som planlagt. Det største problemet er at de nye skinnene må forskyves i lengderetningen før de kan festes til svillene. Årsaken er forskjellig kurveradius og kurvelengde i ledeskinneposisjon i forhold til endelig skinnleie på betongsvillene. Verdifull arbeidstid går derfor tapt. Forhåpentligvis vil vi finne måter å minimere denne «dødtiden».

Selve festeoperasjonen viser seg dessuten å være noe mer tidkrevende enn forutsatt. Skinnene må ligge helt an på svillene før fjærklemmer kan festes. Oftest må en manuelt, med spett e.l. løfte svillen noe opp. Fjærklemmene

Av ovenstående oppstilling over arbeidsoperasjoner kan en beregne at det medgår 0,37 eff. tv/m.

Tilsvarende tall for «sammenlignbar» gammel metode er 1,02 eff. tv/m.

Ser en på lønnsutbetalingene blir lønnsomheten av den nye metoden enda større enn ovenstående tall antyder.

Forutsettes 5 effektive timer pr skift blir 1 eff. tv = 8/5 tv (lønnsgrunnlag). Følgende eksempel viser dette:

puttes deretter de nødvendige millimeter inn i festeøylen på svillen slik at denne blir hengende til den automatiske «Pandriver» kommer og driver fjærene helt på plass. En maskin som utførte alle disse operasjonene samtidig ville gi store besparelser — — —.

Forøvrig vises til den skjematiske fremstilling av arbeidsoperasjonene.

Selv om innkjøringsproblemer ved det nye utstyret har vært små, vil man etter en tids bruk kunne forbedre kapasiteten ved at personalet får bedre øvelse og gjør arbeidsoperasjonene mer rasjonelt. I de økonomiske beregningene har vi regnet med en produksjon på 400 m/4 eff. timer. Maksimal produksjon i år har vært 800 m på 7 eff. timer. Vi antar at den gjennomsnittlige produksjonen på 4 eff. timer til neste år vil være over 500 m.

### Økonomi

Den totale kostnad for å fornye sporet etter gammel sammenlignbar metode kommer på kr 1 060 pr spormeter. Kostnader for pakking, pukksupplering og transport er ikke inkludert.

Tilsvarende tall ved bruk av portalkranmetoden, med fremdrift på 400 m/4 eff. timer er kr. 960 pr spormeter. Leie av lokomotiv m/fører en hel dag ute på arbeidsstedet er her inkludert med kr. 7 000,- pr. dag.

Overgang til nye metode medfører en besparelse på kr. 100,- pr. spormeter.

Med de angitte priser på innkjøpte maskiner får en følgende internrente og nåverdi av investering i/overgang til portalkraner.

I sammenligningen forutsettes at alt utstyr ved bruk av gammel metode allerede er avskrevet og ikke behøver fornyes.

Investering : I = 2,39 mill kr.  
 Avskrivningstid : u = 5 år  
 Kapitalkostnad : k = 8 %  
 Interrente : r = ?  
 Besparelse : b = 100 kr/spm  
 Nåverdi : NV = ?  
 Produksjon/år : P = 40 000 spm  
 Driftskostnader : d = 0,50 kr/spm

$$\frac{I}{P \cdot b} = \frac{(1+r)^5 - 1}{r(1+r)^5}$$

$$\rightarrow r = 165 \%$$

$$NV_{5 \text{ år}}$$

$$= P \cdot b \frac{(1+k)^5 - 1}{k(1+k)^5} - I$$

$$= 13,5 \text{ mill. kr.} \quad \square$$

# Anskaffelse av sporombyggingstog

Av avd.ing. Odd Ingar Jensen

Siden NSB begynte å legge betongsviller i begynnelsen av 1970-årene, har metoden for innlegging ikke utviklet seg på samme måte som andre områder ved baneavdelingen.

Metoden som hittil har vært benyttet består av relativt små traktorer, påmontert spesialutstyr for innlegging av svillene. Et arbeidslag kunne med dette utstyret legge fra 50 til 200 sviller pr. dag, avhengig av hvor lang tid man fikk disponere linjen mellom togene. Betongsvillene måtte på forhånd være kjørt ut til arbeidsstedet, og de utskiftede svillene ble etterpå liggende igjen langs sporet.

Med et utskriftingsprogram på ca. 250 000 sviller årlig og liten kapasitet på innleggingsmetoden, har det vært nødvendig å arbeide på svært mange steder samtidig. Resultatet har vært mange saktekjøringer med dertil hørende driftsforstyrrelser og problemer med rutemessig fremføring av togene. På denne bakgrunn har man ved Baneavdelingens vedlikeholdskontor, Hovedadministrasjonen (Bvk, Had) vurdert alternative metoder for svillebyttning og besluttet å anskaffe et sporombyggingstog.

Sporombyggingstoget ble levert til NSB i oktober 1985. Det er produsert av Plasser & Theurer i Østerrike og kostet nær 10 mill. kr.

## Maskinens prinsipielle virkemåte

Fra stasjonen til arbeidsstedet må maskinen trekkes av et eget lokomotiv. Fremme på arbeidsstedet overtar maskinens larveføtter fremdriften, og kjørestrømmen kan koples ut. Før larveføttene overtar, trengs en riggtid på ca. 30 minutter.

Innenfor en grense på  $\pm 300$  mm arbeider maskinen uavhengig av eksisterende trasé. Den nye traséen bestemmes av en på forhånd utfestet wire i bestemt høyde og avstand fra sporet.

Før svillebyttningen kan begynne, må skinner og sviller være fjernet i ca. 6 meters lengde. Dette

## Tekniske data

Planlagt produksjon pr. dag	ca. 1 500 sviller
Nødvendig tid med linjebrudd	min. 4 timer
Nødvendig personale for å betjene hovedmaskin	4 mann
Personale i hele arbeidslaget	40 mann
Maskinens kapasitet	17 sviller pr. min. (reduseres med 40% hvis sporet senkes 50 mm)

Min. arbeidsradius	250 m
Maks. stigning med 500 t. arbeidslast	25%
Svillavstand	min. 500 mm maks. 999 mm
Avstandstoleranse	$\pm 15$ mm
Retting	$\pm 300$ mm
Overhøydeinnstilling	0–150 mm
Vekt hovedmaskin	86 t.
Vekt energistasjon	40 t.
Vekt portalkran	14 t.
Total lengde	42,34 m
Transporthastighet i ord. godstog	80 km/h

gjøres for å planere et pukkplanum som danner utgangspunkt for larveføttene, og for å rigge til utstyret. Videre må skinnene være løsnet fra svillene før maskinen kan begynne å arbeide. Der det er Hey-back befestigelse, løsner maskinen skinnene automatisk.

Selve svillebyttningen foregår slik at maskinens to 3-akslede boggier heves fra sporet, og maskinen hviler på de to løftepunktene som vises på figuren. Ved hjelp av skinnengene legges skinnene utenfor svilleenden. Svilleroptakeraggregatet tar de gamle svillene opp fra sporet med gaffler, og svillene transporteres på samlebånd til en plattform oppe på maskinen. Bak svilleroptakeraggregatet planeres ballasten i et plan i høyde med svilleunderkant. Planeringen skjer med et roterende kjede, og i kurver kan det planeres med overhøyde.

Fra en annen plattform oppe på maskinen føres betongsvillene på samlebånd til svilleleggeaggregatet, som legger svillene på plass i sporet. Skinnene legges tilbake i

sporet som egen arbeidsoperasjon bak hovedmaskinen.

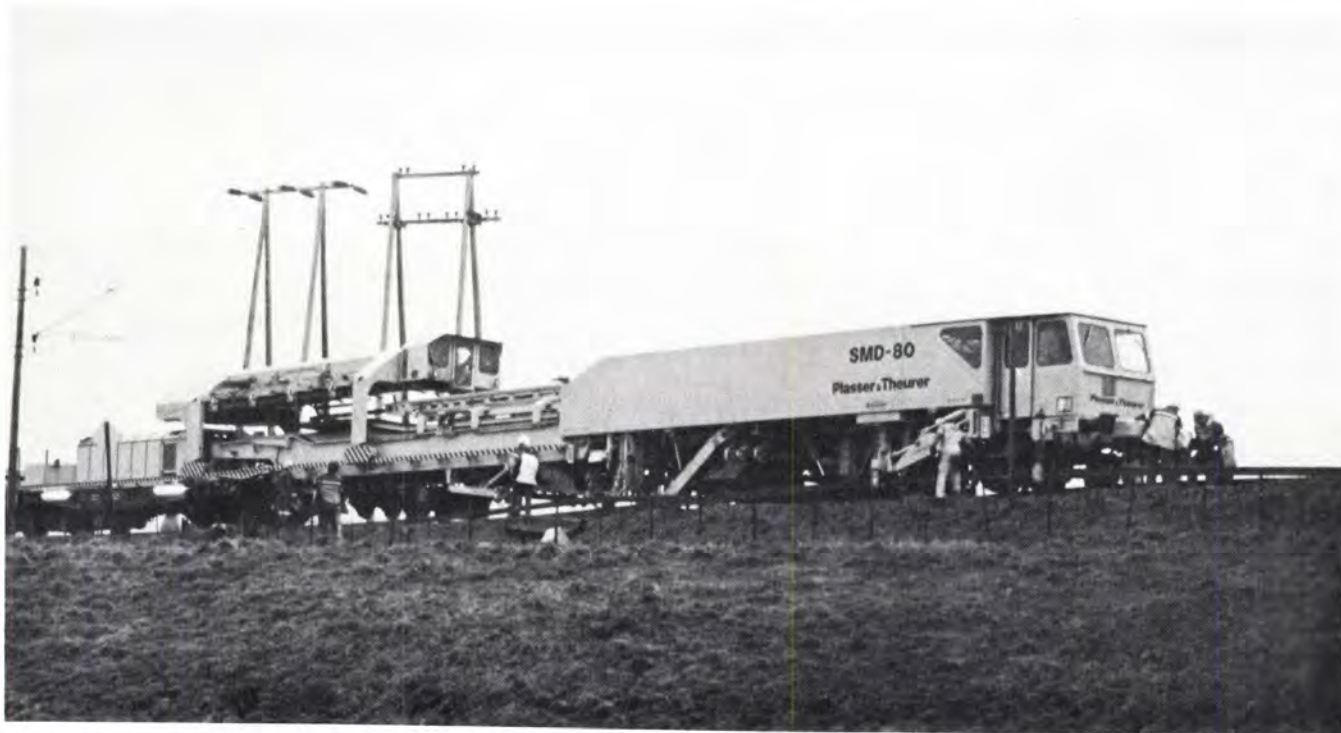
Mellom svilleplattformene og vognene transporteres svillene med portalkran. Portalkranen tar med seg 22 sviller pr. tur, og fyller etter hvert vognene som kom med betongsviller opp med utskiftede tresviller. På vognene er det påmontert kranbane for portalkranen.

Opptaker- og leggeaggregat, samlebånd, larveføtter og planeringskjede er hydraulisk drevet fra energistasjonen foran på hovedmaskinen. Portalkranen har også hydraulisk drift, men fra egen motor.

## Arbeidsgjennomføringen

Som nevnt tidligere, så fraktes nå betongsvillene ut til arbeidsstedet sammen med maskinen, og de utskiftede svillene tas med tilbake samme dag. Dette innebærer at etter hver arbeidsdag må svillevognene kjøres til en plass hvor tresvillene kan lastes av, samtidig som det ved betongsvillefabrikken må lastes opp sviller for neste





dags produksjon. I tillegg må et togsett med pukkballast daglig frem til arbeidsstedet.

Med disse forutsetningene begrenser ikke arbeidene seg bare til å være et baneteknisk problem, men også et transport- og et materialhåndteringsproblem. Et godt samarbeid mellom bane, elektro, drift, maskin og forsyningsavdeling er en ubetinget forutsetning for at dette skal fungere.

### 1. Den banetekniske gjennomføringen

Da maskinen muliggjør en sidevegs forskyvning av den nye trasé på  $\pm 300$  mm, er det meningen at det samtidig skal kurvekorrigeres for å oppnå en bedre trasé. Dette gjøres ved at det på forhånd kjøres PV-7 målevogn som registrerer sporets geometri. Ut i fra databeregningen kan man beskrive den nye og forbedrede traséen. Dette tas hensyn til når wiren som styrer toget festes ut. Arbeidsgjennomføringen blir som følger:

#### A. Forarbeider

- Kurvekorrigerer med PV-7 målevogn.
- Kabelpåvisning.
- Utfesting av traséen på wire.
- Utkjøring av skinner der disse skal skiftes samtidig.
- Forhåndsveising av skinnene til 120 m.
- Forhåndslasking av skinnene til 360 m.

#### B. Hovedarbeider med linjebrydd

1. Sviller og skinner fjernes i ca. 6,0 meter for å kunne rigge til utstyret.
2. All annen befestigelse enn Hey-back fjernes manuelt foran toget.
3. Hovedmaskinen skifter sviller.
4. Bak hovedmaskinen legges skinnene inn med skinneliggerutstyr som betjenes av én mann.
5. Skinnene festes maskinelt med Pandriver.

De første togene kan etterpå passere arbeidsstedet i 40 km/h.

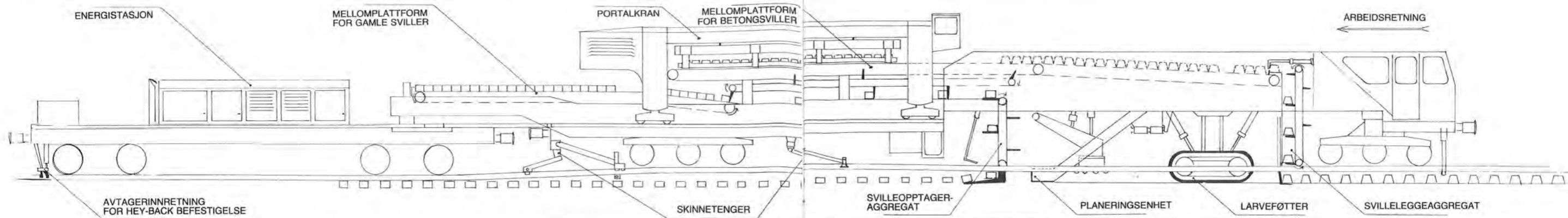
#### C. Etterarbeider

- Pukksupplering i første mulige arbeidsbeite etter sporombyggingen.
- Planering av pukken med ballastfordeler.
- Justering med pakkemaskin.
- I det samme tidsrom som hovedarbeidene pågår, helsveises skinnene. Sveiselaget ligger ca. 2 dagers produksjon bak hovedmaskinen.

Etter at den nødvendige tonnasje har passert over arbeidsstedet, kan hastigheten settes opp til den maksimalt tillatte for strekningen.

### 2. Svilledistribusjonen

Med en produksjon på ca. 1 500 sviller pr. dag, vil svillehaugen på avlastingsplassen raskt anta store dimensjoner. Avlastingen må skje raskt og effektivt, da svillevognerne må videre til svillefabrikken for opplasting av betongsviller. For å unngå opphopning av brukte tresviller, legges det opp til salg til kunder som kan kjøpe store deler



av eller hele årsproduksjonen. Kunden kan da pålegges både avlastning og sortering av brukbare sviller som NSB vil benytte andre steder.

Når det gjelder betongsvilleproduksjonen får sporombyggingstog konsekvenser for produksjonen, lagerhold og lastemetoder. I motsetning til tidligere, da svillene ble kjørt ut over hele året, må svillene nå lagres til dagen før de legges i sporet. Opplasting og utkjøring må skje i et tempo som hittil har vært ukjent. Dette nødvendiggjør en vesentlig effektivisering av dagens rutiner og metoder.

Til transporten mellom arbeidssted, avlastingsplass og svilleleverandør har baneavdelingen anskaffet 3 vognsett à 9 svillevogner. Hver vogn kan laste 176 sviller. Dette gjør det mulig å arbeide parallelt på arbeidssted, avlastingsplass og svillefabrikk.

Vognene vil i den utstrekning det er mulig bli transportert mellom de forskjellige plassene som egne kiptog. Fremføringen må ha høy prioritet, da arbeidslaget vil bli stående uten arbeid dersom svillevognene ikke kommer frem i tide.

### Organisasjon og planlegging

Den konsentrasjon av arbeider som sporombyggingstog representerer, medfører at man blir tidligere ferdig med sporfornyelsen totalt sett, men også at enkelte strekninger må vente lenger med å få tildelt midler til betongsviller. Dette får konsekvenser for det daglige vedlikehold.

Videre vil det mens sporombyggingen pågår, foregå svært mange arbeidsoperasjoner samtidig.

Dette setter bestemte krav til planlegging på tvers av avdelingene og på forskjellige nivåer i organisasjonen.

Den sentrale ledelse må på lang sikt prioritere og bestemme hvilke strekninger som skal skif-



tes. Videre er det en oppgave for Hovedadministrasjonen å inngå avtaler med svilleleverandører og kunder som ønsker å kjøpe brukte sviller.

Til å forestå den operative planleggingen og gjennomføring av arbeidene, er det nedsatt en prosjektgruppe med representanter fra de distrikter som toget først

skal arbeide i. Prosjektledelse og kontakt med maskinleverandør har vært underlagt Bvk, Had.

Innenfor de rammer som trekkes opp av den sentrale ledelse er det nødvendig med en stor grad av detaljplanlegging.

Av flere viktige saker som må være fullstendig klarlagt på forhånd nevnes:

- Arbeidsbeiter
- Hvor svillene kan lastes av
- Lokomotivbehov
- Pukktilførsel
- Turnus mellom arbeidssted, avlastingsplass og svilleleverandør.
- Plass til maskiner og vogner på stasjoner
- Mannskapsbehov
- Bolig til mannskapene
- Transport av mannskaper til arbeidsstedet
- Materialbehov utover sviller.

Dette må avklares med de respektive banemestere, baneingeniører, rutekontor og områdestasjoner i god tid før arbeidene kan igangsettes.

### Økonomisk analyse

Analysen er noe forenklet idet dens formål er å belyse besparelsen ved å gå over til ny metode, ikke totalkostnadene for svillebyttingen.

For å oppnå kapasitet tilsvarende sporombyggingstog, trengs minst 16 traktorer à ca. 0,5 mill. kr. Men da traktorene også kan brukes til andre ting enn svillelegging, reduseres maskinkostnadene noe.

**Gammel metode (Hamar-metoden):**  
Tidsforbruk pr. sville 1,25 timeverk (utkjøring, innlegging, innkjøring av gammel sville).

Personalutgift:	1,25 tv. · 88 kr/t · 250 000 sv. =	27,5 mill. kr.
Kapitalkostnad traktorer:	8 mill. kr. · 12 % =	1,0 mill. kr.
Avskrivning og reparasjoner:	8 mill. kr. · 30 % =	2,4 mill. kr.
		3,4 mill. kr.
Reduseres til		2,0 mill. kr.
Sum pr. år for 250 000 sviller:		29,5 mill. kr.
Tilsvarende		118 kr/sviller
Antas tidsforbruket til 1,5 tv/sv, gir dette		140 kr/sviller
Antas tidsforbruket til 1,0 tv/sv, gir dette		95 kr/sviller

### Sporombyggingstog:

- Antar 1 500 sviller pr. dag tilsvarende 1 000 m spor.
- Arbeidslaget består av 40 mann, kostnadene høynes med 50% fordi en del arbeider må foregå om natten.
- Anskaffelse av maskin + ombygging av vogner koster 12 mill. kr.
- 175 000 sviller pr. år legges med toget.

Personalutgift:	$\frac{175\,000}{1\,500} \cdot 8 \cdot 40 \cdot 88 \cdot 1,5 =$	4,9 mill. kr.
Maskinkostnad:	Kapitalkostnad maskin 12 mill. kr. · 12% =	1,5 mill. kr.
Avskrivning og rep.:	12 mill. kr. 30 % =	3,6 mill. kr. = 5,1 mill. kr.
Sum for innlegging av 175 000 sviller pr. år		= 10,0 mill. kr.
Tilsvarende		57 kr/sviller

<b>Besparelse:</b>	
Hamar-metoden	118 kr/sviller
Sporombyggingstog	57 kr/sviller
Besparelse	61 kr/sviller

Investering tog:	12,0 mill. kr.
Investering traktorer: $8 \cdot \frac{2}{3,4} =$	4,7 mill. kr.
Differanse som skal inntjenes =	7,3 mill. kr.

Med besparelse 61 kr/sviller skjer dette etter 120 000 sviller  
Med besparelse 45 kr/sviller skjer dette etter 162 000 sviller  
Med besparelse 30 kr/sviller skjer dette etter 243 000 sviller

Toget vil være inntjent i løpet av en arbeidssesong. □

52%  
besparelse svillekost

# Hovedoppgaver i jernbaneteknikk ved NTH 1979–1983

Av professor Odd Svennar

I NSB-teknikk er det tidligere redegjort for de 11 hovedoppgaver («diplomoppgaver») som ble gjennomført ved bygningsingeniørvædelingen NTH i faget jernbaneteknikk i årene 1972–1978. Faget hører inn under Institutt for veg- og jernbanebygging. Hovedtyngden av instituttets arbeid faller på vei-sektoren, men instituttet prøver også å opprettholde et jernbaneteknisk miljø.

I perioden 1979–1983 har 10 kandidater levert inn hovedoppgaver i faget. Samtlige besvarelser er registrert og til utlån i NSB's bibliotek. De fleste av kandidatene har på oppfordring skrevet korte artikler til NSB-teknikk med sammenheng av sine besvarelser.

Valg av tema for hovedoppgavene har i hvert enkelt tilfelle vært drøftet med kandidatene. De fleste av oppgavene er formulert i samråd med Baneavdelingen i Hovedadministrasjonen, som også har oppnevnt kontaktmenn til støtte for kandidatene. Flere av oppgavene er utarbeidet i samråd med vedkommende distriktsadministrasjon, og tildels har kandidatene hatt sin arbeidsplass ved distriktene for gjennomføringen av oppgaven.

## Ringeriksbanen

Studentene har utvist stor interesse i forbindelse med prosjektet for en forkortelse av Bergensbanen ved en ny trasé mellom Hønefoss og Oslo. To kandidater har beskjeftiget seg direkte med prosjektet. De har bygget på foreliggende utredninger fra Baneavdelingens prosjektkontor og på grunnundersøkelser og rapporter utarbeidet ved Geoteknisk kontor.

Tom Ingulstad's hovedoppgave 1979 omfattet en teoretisk undersøkelse angående fullprofilboring av jernbanetunneler og en praktisk undersøkelse av metodens anvendelse for Ringeriksbanen. Både Geologisk institutt og Institutt for anleggsdrift ved NTH var interessert i saken og bidro med råd og veiledning.

Avhandlingen beskjeftiger seg inngående med spørsmål om valg av tunneldiameter. Det påvises at maskinens arbeidsdiameter og hjelpeutstyr må velges slik at sikringsarbeidene kan inngå i driftsopplegget. Ved konvensjonell tunneldrift er det rimelig å vente med å ta endelig stilling til sikringstiltak og tunnelutstøpning inntil man under anleggsdriften får et klart bilde av forholdene. Man kan så variere utstøpning og sikringstiltak etter behov. Ved fullprofilboring vil et tilsvarende opplegg bli uforholdsmessig kostbart og dessuten prinsipielt uriktig fordi man ødelegger det skånsomt utborede sirkulære profil som i seg selv gir gode innspenningsforhold og god sikkerhet mot blokknedfall.

Kandidaten redegjør for vann- og frostsikring. Spesielt vises hvordan det er oppnådd tilfredsstillende

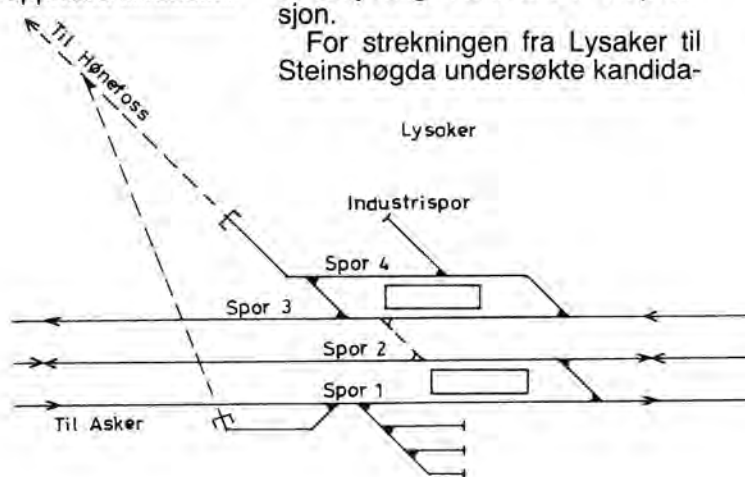
Krokskogen tunnel (12,2 km) er bildet mere uklart, en kombinasjon av konvensjonell drift fra den ene siden og fullprofilboring fra den andre vil antagelig være det gunstigste.

Ringeriksbanens linjeføring fra Lysaker til Lommedalen er studert nærmere i en hovedoppgave 1982 av Alf Helge Løhren.

Baneavdelingens rapport fra 1975 behandlet tre alternativer og konkluderte med en linje gjennom Lommedalen med avgrening fra Drammenbanen ved Bestun. Det ble også antydning skissemessig at en avgrening ved Lysaker var en mulighet. Den raske utbygging i Bærum og kommunens endrede reguleringsplaner har gjort Lysakeralternativet aktuelt.

Bærum kommune viste seg meget interessert i oppgaven og stilte et betydelig materiale til disposisjon.

For strekningen fra Lysaker til Steinshøgda undersøkte kandida-



lende resultater med forinjeksjon, supplert med etterinjeksjon etter behov.

Kandidaten behandler den praktiske gjennomføring av fullprofilboring for fire tunnelavsnitt på Ringeriksbanen. Inndriftsforhold, byggetider og kostnader er søkt tallfestet.

Lilleakertunnelen (2,8 km) og Gravtunnelen (3,6 km) kan fullprofilbores med gevinst. I de tungtborede bergarter i Steinshøgdatunnel (3,2 km) blir fullprofilboring dyrere enn konvensjonell drift. For

ten tre alternativer. Bærum kommune var interessert i en holdeplass ved Bekkestua, men dette alternativ volder betydelige tekniske problemer og medfører store anleggskostnader. En trasé uten holdeplass på strekningen Lysaker-Steinshøgda ble derfor valgt.

I Lommedalen har kandidaten i samråd med Bærum kommune anvist to holdeplasser, en ved Bærum Verk og en like foran innslaget til den lange Krokskogen tunnel.

En teknisk interessant del av besvarelsen gjelder avgrensningen ved Lysaker stasjon. Løsningen forutsetter at det planlagte tredje spor på Drammenbanen er bygget. Kandidaten viser hvordan et fjerde plattformspor kan bygges forholdsvis enkelt i første omgang, men med noe nedsatt kapasitet på Drammenbanen. I et senere byggetrinn kan man så føre trafikken fra Hønefoss krysningsfritt under Drammenbanen med tilknytning til spor 1, hvorved kapasitetsforholdene på Lysaker stasjon blir vesentlig forbedret.

### Kapasitetsstudier ved hjelp av køteori

Oppgavens siktemål var å studere *køteori som redskap for kapasitetsberegning*, spesielt hvorvidt et gitt sporarrangement kan avvike en gitt trafikkbelastning. Køteori har bare i liten grad vært anvendt for kapasitetsstudier for jernbaner. Det var derfor av interesse å få undersøkt om det innenfor en begrenset problemstilling vil være mulig å gjennomføre kapasitetsstudier med brukbar nøyaktighetsgrad ved hjelp av køteori.

Halvor Nassvik behandlet dette spørsmål i sin hovedoppgave 1979. Dr. Tom Rallis ved Den Polytekniske Lærestanstalt i København, som har vært foregangsmann når det gjelder bruk av køteori som analysemetode innen

punkt forelå planlagt i flere varianter.

I utgangspunktet ble det ansett berettiget å betrakte køteori med en viss skepsis når det gjelder jernbanetekniske problemer. Dels er «informasjonene» svært grove i forhold til forutsetningene i den opprinnelige teori, og dels er valgmulighetene sterkt begrenset ved et sporbundet system. Det er vel også grunnen til at køteori ikke har funnet nevneverdig anvendelse innen jernbaneteknikken. Kandidaten var innforstått med muligheten av at hans undersøkelser kunne ende med et forholdsvis negativt resultat.

I sin gjennomgåelse av Skøyen snustasjon kom kandidaten frem til tallmessige resultater som i noen grad karakteriserer de forskjellige alternativer. Hovedinntrykket er at køteorien kan anvendes til en sammenlignende vurdering og at metoden kan gi verdifulle opplysninger om hvilke deler av et anlegg som vil gi kapasitetsproblemer. Imidlertid synes ikke metoden å kunne benyttes for en mer nøyaktig bestemmelse av kapasiteten for et gitt sporsystem.

### Nord-Norgebanen

Studentene har vært meget opptatte av den politiske diskusjon omkring en eventuell utbygging av Nord-Norgebanen. De samferd-

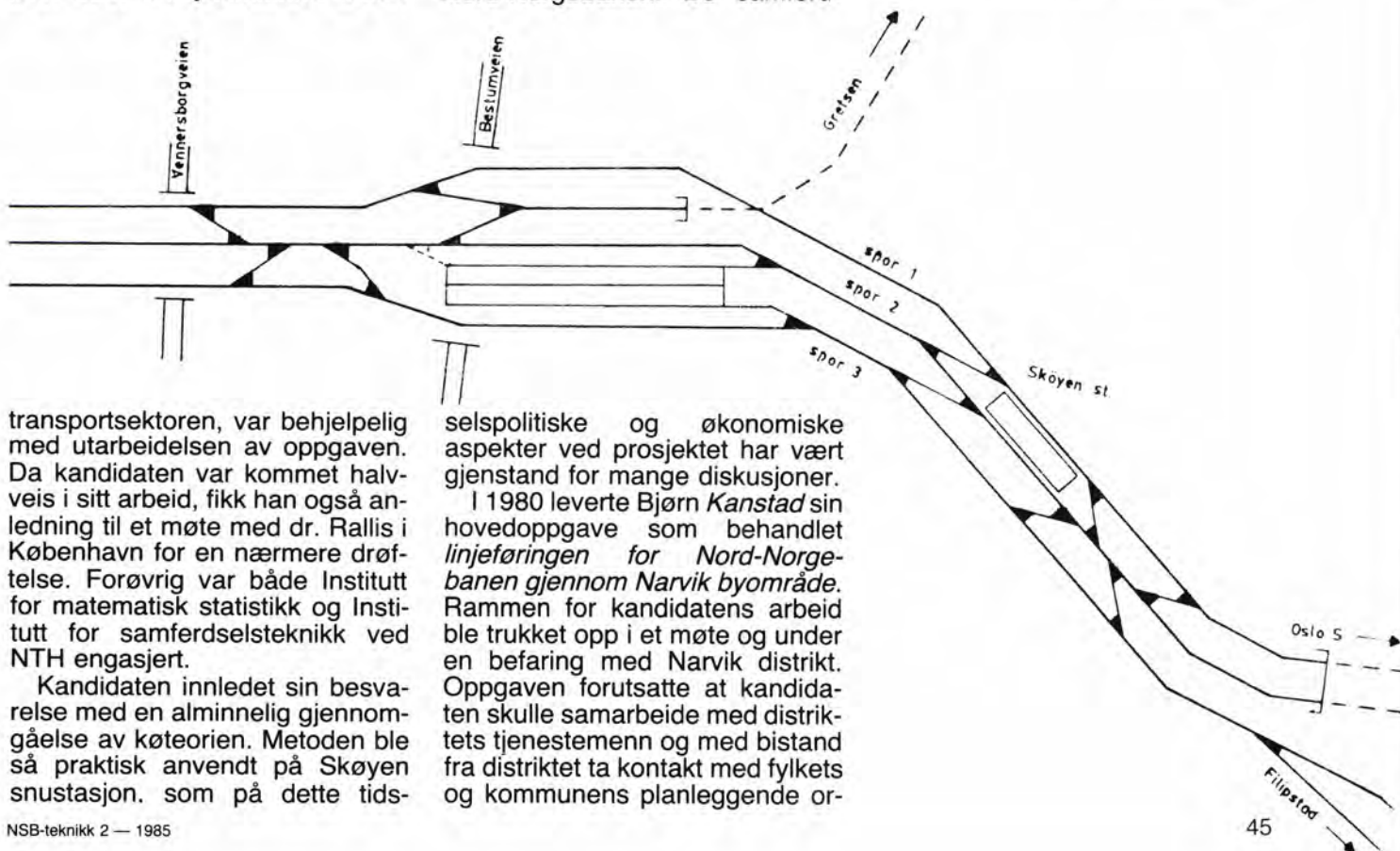
ganer for å få deres intensjoner koordinert med jernbanens interesser.

Narvik stasjon skal ha et sporanlegg som gjør det tjenlig som endestasjon for persontog såvel fra syd som fra nord og øst, men stasjonen skal også kunne avvike gjennomgående tog i alle kombinasjoner. Malmtrafikken på Ofotbanen var i 1980 meget intens, og det var naturligvis en forutsetning at Nord-Norgebanen ikke på noen måte hemmet malmtransporten.

Narvik stasjon ligger meget gunstig til i bybildet, og det må antas å bli stor overgangstrafikk mellom jernbanen og den nærliggende bussterminal. Stasjonen blir liggende på sitt nåværende sted, men krever en viss utvidelse av plattform- og sporsystemet.

Besvarelse gjorde det helt klart at Nord-Norgebanen kan føres gjennom Narvik byområde uten særlig store problemer. Innføringen fra syd med en bro over Beisfjorden er det allerede tatt hensyn til i kommunens planer.

Kandidatens lokalkjennskap har tydeligvis vært ham til stor hjelp. Oppgaveteksten forlangte at besvarelsen skulle holdes innenfor en realistisk ramme, og dette er i høy grad lykkes for jernbaneanleggenes vedkommende. De anvisninger som er gitt for forbindelsen fra jernbanestasjonen til buss-



transportsektoren, var behjelpelig med utarbeidelsen av oppgaven. Da kandidaten var kommet halvveis i sitt arbeid, fikk han også anledning til et møte med dr. Rallis i København for en nærmere drøftelse. Forøvrig var både Institutt for matematisk statistikk og Institutt for samferdselsteknikk ved NTH engasjert.

Kandidaten innledet sin besvarelse med en alminnelig gjennomgåelse av køteorien. Metoden ble så praktisk anvendt på Skøyen snustasjon, som på dette tids-

selspolitiske og økonomiske aspekter ved prosjektet har vært gjenstand for mange diskusjoner.

I 1980 leverte Bjørn Kanstad sin hovedoppgave som behandlet *linjeføringen for Nord-Norgebanen gjennom Narvik byområde*. Rammen for kandidatens arbeid ble trukket opp i et møte og under en befaring med Narvik distrikt. Oppgaven forutsatte at kandidaten skulle samarbeide med distriktets tjenestemenn og med bistand fra distriktet ta kontakt med fylkets og kommunens planleggende or-

terminalen og for en utvidelse av parkeringsanleggene synes også realistiske.

*Linjeføringen for Nord-Norgebanen mellom Narvik og Ballangen* ble behandlet i en hovedoppgave 1981 av Halvard Johnsen. Oppgaven forutsatte at traséen skulle knyttes til den akse som Bjørn Kanstad hadde utarbeidet for broen over Beisfjorden.

Videre sydover skulle traséen såvidt mulig baseres på de forarbeider som ble gjort ved Baneavdelingen i 1968 og revidert i 1976. Beliggenheten av Ballangen stasjon skulle ofres spesiell oppmerksomhet. De store broanlegg på strekningen var ikke forutsatt behandlet i oppgaven.

Av besvarelsen fremgår det klart at man her står overfor en problematisk del av Nord-Norgebanen. Det vil fortsatt kreves et betydelig arbeid for å finne frem til en optimal linjeføring gjennom det vanskelige terrenget. Beliggenheten av Ballangen stasjon og de tilknyttede industrispor må gjennomarbeides med utgangspunkt i kommunes planer for boligområder, industrilokalisering og kaianlegg.

### **Jernbaneforbindelse til Gardermoen flyplass**

Baneavdelingen har tidligere skissert to traséalternativer for en *jernbaneforbindelse fra Hovedbanen til Oslo lufthavn Gardermoen*. Det ene alternativ forutsetter en opprusting og forlengelse av det primitive godsspor som løper fra Hauerstet stasjon til militæranleggene på Gardermoen. Det andre alternativ antyder en ny linje som grener av av fra Hovedbanen ca. 2 km nord fra Jessheim stasjon.

Det sistnevnte alternativ ble lagt til grunn for Per Hermann *Sørli*'s hovedoppgave 1980. Linjen blir 9,3 km lang og løper gjennom et forholdsvis lett terrenget, men støter på problemer i forbindelse med Forsvarets landingsbane og sikkerhetssone, og ligger dessuten like ved enden av rullebanen for fly-

plassen. Vanskelighetene kan løses ved å legge deler av traséen i tunnel, men dette fordyrer anlegget vesentlig. Kandidaten har også studert en variant som unngår de nevnte problemer, men banen blir liggende i et vanskeligere terrenget og vil komme i konflikt med et område som Miljøverndepartementet vil frede p.g.a. interessante ravineformasjoner.

Linjen er planlagt enkeltsporet, mens Gardermoen stasjon vil få to plattformspor med mellomliggende plattform. Stasjonen er lagt i tunnel like foran flyplassens ekspedisjonsbygg med oppgang via heiser og rulletrapper. Et tilsvarende stasjonsarrangement lar seg imidlertid utforme i terrenghøyde.

Oppgaven forutsatte også prosjektering av dobbeltspor mellom Jessheim stasjon og avgreningspunktet fra Hovedbanen mot Gardermoen samt den nødvendige sporutvidelse for Jessheim stasjon. Løsningen viser et nytt sporarrangement for stasjonen med tre plattformspor istedet for dagens to plattformspor. Den nye sporplan forutsetter at hele Hovedbanen skal kunne utvides til dobbeltspor.

### **Jernbaneforbindelse Gjøvik-Moelv**

De tidligere planer for en bane nordover fra Gjøvik langs vestsiden av Mjøsa med broforbindelse og tilknytning til Dovrebanen i nærheten Lillehammer er neppe lenger aktuelle. Dersom en forbindelse mellom Gjøvikbanen og Dovrebanen skal bygges, vil en kortere linje mellom Gjøvik og Moelv være mer sannsynlig. En forbindelse mellom Gjøvik- og Dovrebanen synes for tiden ikke særlig aktuell, men dersom den kan bygges, vil den medføre en vesentlig forsterkning og fleksibilitet for hele banenettet i Østlandsområdet.

Karstein *Søreide*'s hovedoppgave 1980 gikk ut på å prosjektere den *nordre del av en enkeltsporet*

*linje Gjøvik-Moelv*, nærmere bestemt strekningen fra vestsiden av Mjøsa med broforbindelse, tilknytning til Dovrebanen ved Moelv og sporarrangement for den nødvendige utvidelse av Moelv stasjon. Grunnlaget for oppgaven var et skissemessig alternativ fra Baneavdelingen. Hamar distrikt var behjelpelig med befaring i området og kontakt til planavdelingen i Ringsaker kommune.

Oppgaven var i høy grad bundet av den vedtatte, men ikke endelig detaljerte bro for riksvei E6 over Mjøsa. Brostedet for E6 er valgt slik at man mest mulig utnytter en undervannsrygg. Kandidaten har av tekniske og estetiske grunner foreslått en jernbanebro parallellt med veibroen i 50 m avstand.

Broforbindelsen over Mjøsa er det dominerende element i planen og blir således bestemmende for linjeføringen på begge sider. Med dette vanskelige utgangspunkt har det vært nødvendig å akseptere meget skarpe kurver. Linjeføringen byr også på problemer i forbindelse med et boligområde, en attraktiv strandstrekning og et jordbruksområde.

Sporplanen for Moelv stasjon er utformet slik at den er tjenlig for gjennomgående tog både på Dovrebanen og på forbindelsen Gjøvik-Lillehammer. Dessuten kan stasjonen være vendestasjon for forbindelsen Gjøvik-Moelv-Hamar.

### **Sporets geometri**

Jernbanedriften er inne i den periode med økende kjørehastighet, aksellast og trafikkbelastning, hvilket krever bedre kontroll, justering og vedlikehold av sporet. Et viktig hjelpemiddel til vurdering av sporets geometriske tilstand er de diagrammer som tegnes opp automatisk i Mauzin-vognen. Denne målevogn fremføres vanligvis i rutegående tog og registrerer sporvidde, vindskjevhet og ujevnheter i horisontal og vertikal retning. De resulterende diagram avdekker

umiddelbart feil i sporet, og den direkte avlesning av de optegnede kurver danner grunnlag for justeringer i marken.

Erik *Gulliksrud* meldte seg i 1981 som interessert i å underkaste diagrammene en nærmere matematisk analyse for om mulig å trekke ut mer systematiske og målrettede informasjoner. Hans hovedoppgave 1981 dreiet seg således om en *analyse av sporets geometriske tilstand* på basis av Mauzin-diagrammene.

Besvarelsen inneholder en gjennomgåelse av de anvendte analysemetoder og målesystem. Det påvises svakheter ved nøyaktigheten og brukbarheten av Mauzin-systemet. Måleresultatene behandles statistisk og tolkes nærmere. Det vises hvordan man på dette grunnlag kan vurdere sikkerhet og komfort, og hvordan planleggingen av sporarbeidene og vurderingen av arbeidsmaskinernes prestasjoner kan foretas. Fremstillingen peker hen imot økende anvendelsesmuligheter og hittil upåaktede fallgruver ved utnyttelsen av måleresultatene. Det er all grunn til å følge opp teorien i praksis, slik at de informasjoner man får fra målevognen kan utnyttes på en mer effektiv måte.

Kandidaten har i det alt vesentlige basert besvarelsen på et studium av oppgitt litteratur. De spesielle matematiske avsnitt i besvarelsen er gjennomgått av Institutt for marine bygningskonstruksjoner ved NTH.

Bjørn *Lytskjold* leverte en hovedoppgave i 1981 om *varig utfesting av sporet ved koordinatbestemte referansepunkter*. NSB har i dag ikke et tilstrekkelig pålitelig system til å fastlegge sporets nøyaktige beliggenhet i marken. Spores opprinnelige utfesting er i de fleste tilfeller gått tapt, og sporet er ofte forskjøvet ut fra sin opprinnelige stilling ved justering og p.g.a. setninger. Det er ønskelig å innføre fastmerker langs linjen som entydig bestemmer sporets geometri.

Kandidaten bygget videre på de

forsøk som har vært drevet i Drammen distrikt og samarbeidet med distriktet om systemets utvikling. Løsningen er basert på fastmerker anbrakt på kontaktledningsmastene og bundet sammen av et polygondrag som er supplert med sikringspunkter på fast grunn. Sikringspunktene danner et overordnet polygondrag som kan knyttes til landets koordinatnett eller til et valgt lokalt koordinatsystem.

Besvarelsen inneholder også et forslag til hvordan man med utgangspunkt i et system av fastmerker kan beregne stikningsdata for et spor med optimal kurvatur.

### **Grefsen-Bestunbanen**

Planen for en enkeltsporet linje mellom Grefsen og Bestun tar primært sikte på å etablere en kortest mulig forbindelse for godstog fra vest til Alnabru. I et tidligere prosjekt er banen ført på en høy fylling gjennom et område ved Skøyen-Hoff, hvor det senere er foregått utbygging av boliger, industri og veianlegg. Det er derfor ønskelig å få omprosjektert og omregulert denne strekning, slik at den såvidt mulig blir liggende i tunnel.

*Avgreningen av Grefsen-Bestunbanen ved Skøyen* ble gjenstand for en hovedoppgave for Terje *Anti Nilsen* i 1983. Kandidaten hadde alle tidligere utkast til disposisjon, men kom selv frem til en original løsning som ser ut til å være enklere og billigere å utføre, og som samtidig synes å være driftsmessig vel gjennomtenkt. Det er imidlertid adskillige geologiske, geotekniske og reguleringsmessige forhold ved den foreslåtte trasé som må bearbeides videre.

### **Avslutning**

Hovedoppgavene representerer studentenes første møte med et større problem som skal behandles selvstendig. Oppgavene er søkt utformet slik at de skal virke ansporende.

De innleverte besvarelser bærer preg av et betydelig engasjement. Rapportene representerer ikke bare et studie- og øvingsarbeid. De vil i mange tilfeller være – og har tildels allerede vært – til nytte under NSB's fortsatte arbeid med vedkommende problemområde.

### **Referanser**

*Svennar*, Odd: Hovedoppgaver i jernbaneteknikk ved NTH 1972–1978. NSB-teknikk nr. 1, 1979, s. 4–5.

*Ingulstad*, Tom: Fullprofilboring av jernbanetunneler. NSB-teknikk nr. 3, 1980, s. 80–83.

*Løhren*, Alf Helge: Linjeføring for Ringeriksbanen fra Lysaker til Lommedalen. NSB-teknikk nr. 1, 1983, s. 17–18.

*Nassvik*, H.: Undersøkelser av jernbanetekniske kapasitetsproblemer ved hjelp av køteori. NSB-teknikk nr. 2, 1981, s. 34–37.

*Kanstad*, B.: Nord-Norgebanen gjennom Narvik byområde. NSB-teknikk nr. 1, 1982, s. 7–11.

*Johnsen*, Halvard: Nord-Norgebanens linjeføring mellom Narvik og Ballangen. NSB-teknikk nr. 1, 1982, s. 16–17.

*Sørli*, Per Herman: Sidelinje til Gardermoen flyplass. NSB-teknikk nr. 1, 1982, s. 19–21.

*Søreide*, Karstein: Jernbaneforbindelse Gjøvik-Moelv. NSB-teknikk nr. 2, 1982, s. 44–46.

□

# Elektriske lokomotiver type EI 11 på Flåmsbana

Av avd. ing. Selman Fykse

Flåmsbana er jernbanestrekningen mellom Myrdal st. på Bergensbanen og Flåm st. innerst i Aurlandsfjorden, som er en arm av Sognefjorden.

Strekningen er ca. 20 km, høydeforskjell 865 m og med fall på 55 0/00 over store deler av strekningen.

Traséen går i et svært kupert terreng med mange tunneler, deriblant også vendetunneler.

Banen ble åpnet for midlertidig trafikk i 1942. I 1944 var banen ferdig elektrifisert med en-fase vekselstrøm 16 2/3 Hz og kontaktledningsspenning 15 kV levert fra egen kraftstasjon Kjosfossen.

Tillatt kjørehastighet Myrdal—Flåm er 30 km/h og Flåm—Myrdal er 40 km/h.

Disse forhold betinger spesielle trekkaggregater.

Elektriske motorvogner type BM 64 har trafikkert strekningen siden 1944 og elektriske lokomotiver EI 9 siden 1947.

Begge disse trekkaggregattyper, som blant annet har elektrisk brems som er uavhengig av kontaktledningsspenningen, er nå modne for utskifting.

EI 9 ble i sin tid laget og prosjektert for Flåmsbana, blant annet ble det da lagt stor vekt på bremseegenskapene.

Når nå utskifting av disse trekkaggregater måtte foretas, fant man det ikke økonomisk tilrådelig å kjøpe inn nye lokomotiver. Det ble besluttet å bygge om 3 stk. lokomotiver av type EI 11 etter at flere undersøkelser og prøvekjøringer var blitt foretatt.

Allerede i 1971 ble EI 11 og EI 13 prøvet på Flåmsbana.

Kjøringene viste at trekkraftmessig ville ca. 100 tonn togvekt være passende for EI 11. Men reguleringstrinnene på spenningsregulatoren var svært store for banens lave hastigheter. Disse store sprang i trekkraftreguleringen førte til vanskeligheter, spesielt under dårlige adhesjonsforhold. Motorenes kommuteringsforhold var heller ikke tilpasset for så lave hastigheter over lengre tid.

For å gjøre lokene og da spesielt



EI 11. 2110 og 2092 på Myrdal stasjon.

motorene bedre egnet for kjøring over lengre tid i lave hastigheter, var det derfor nødvendig å tilpasse lokene til disse forhold.

Det ble først overveid å foreta en endring av tannhjuloversetningen, slik at motorene da kunne arbeide med høyere rotasjonstall. Men de omgirede lokomotiver ville da bli uegnet for bruk på andre bane-strekninger.

Det ble derfor valgt å endre traksjonsmotorenes kommuteringsforhold, slik at den elektriske kretsen for traksjonsmotorenes vendepolmagnetisering kunne innstilles valgbar både for tidligere normalhastighet og for Flåmsbanas hastighetsområde.

Ved kjøring i lave hastigheter må vendepolfeltet være sterkere enn ved kjøring i høyere hastigheter.

EI 11 var ikke bygd med elektrisk brems. For å bedre bremseegenskapene og unngå for stor bremseklosslitasje, var det nødvendig å montere elektrisk brems og skinnebrems.

Som elektrisk brems ble valgt motstandsbrms som er avhengig av kontaktledningsspenningen, og det ble valgt elektromagnetisk

skinnebrems med strømforsyning fra batteriet.

Lokomotivene 11.2092, 11.2098 og 11.2110 ble ombygd etter disse retningslinjer.

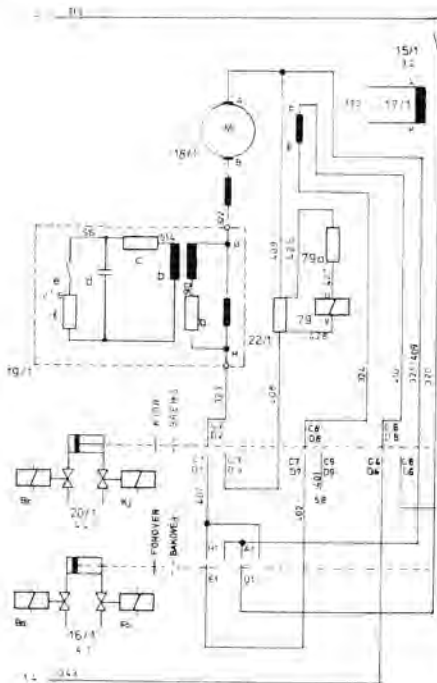
Valg av nytt utstyr og prosjektering av anlegget ble gjort i samarbeid med NEBB/BBC.

Selve ombygningen ble utført ved NSB verksted Grorud.

Fig. 1, som er et utdrag av et større koplings skjema, viser hovedstrømkretsen for traksjonsmotor 1.

I serie med vendepolmotstanden pos 19/1a er innkoplet en transformator pos 19/1b. Til dennes sekundærutvikling er innkoplet en motstand pos 19/1c, 3 kondensatorer i parallell pos 19/1d, en kontaktor pos 19/1e og en motstand pos 19/1f. Kontaktoren er åpen ved kjøring på Flåmsbana. Sekundærmotstanden 19/1c er montert på taket. Vendepolmotstanden pos 19/1a er montert under loket. De øvrige komponenter er montert i maskinrommet.

Nevnte kontaktor blir styrt av en vender montert på maskintavla i førerrommene. Ved kjøring på Flåmsbana skal venderen stå i stilling «på» og en meldelampe vil da



(Fig. 1)

lyse. Venderen skal bare betjenes i stillstand av loket.

At lokene ble utrustet med elektrisk brems, førte til de største forandringer.

I tillegg til de 2 vanlige motoromkoplere ble 2 nye kjør-brems omkoplere montert. Disse ble montert over motoromkoplerne. Betjeningen av kjør-bremsomkoplerne foretas fra bremsekontrollene montert i førerbordene. Bremsemotstandene pos 22/1 er montert på taket. Strømmen fra traksjonsmotorene pos 18/1 — som under elektrisk bremsing arbeider som generatorer — går gjennom disse. Størrelsen på bremsestrømmen bestemmes av magnetiseringsstrømmen gjennom feltviklingen i generatorene og toghastigheten.

Magnetiseringsstrømmen kommer fra en magnetiseringsutrustning. Denne er innbygd i en enhet som er montert over kompressoren. Magnetiseringsutrustningen får sin strømtilførsel fra hovedtransformatorens hjelpevikling.

Feltviklingens magnetisering foregår trinnløst fra bremsekontrollerne.

Over bremsemotstanden for traksjonsmotor 1 er montert et relé — pos 79 — som vil kople ut den elektriske bremsen når spenningen over motstanden overstiger en bestemt verdi.

Under elektrisk bremsing vil ved betjening av bremsekontrolleren en lampe lyse dempet. Overstiges tillatt bremsestrøm vil lampen blinke samtidig som bremsestrømmen automatisk reduseres. Dersom nå

ikke skal-verdien for magnetiseringsstrømmen ved hjelp av bremsekontrolleren reduseres, vil bremsestrømmen igjen automatisk reduseres og nevnte lampe vil lyse med fast fullt lys. Dessuten vil et relé gå i holdekopling. Kvittering må foretas og likeledes må magnetiseringsstrømmen over bremsekontrolleren reduseres før den elektriske bremsen igjen kan nyttes fullt ut.

Til å bremse 105 tonn togvekt elektrisk i 55 0/00 fall ved 30 km/h, må bremsestrømmen være ca. 1000A. Dette tilsier en magnetiseringsstrøm på ca. 900 A som gir en bremsekraft på ca. 93 kN.

Se fig. 2.

De elektromagnetiske skinnbremser som er montert mellom drivhjulene i boggene, er som nevnt tilkopleet batteriet. Denne bremsen kan bare nyttes i kortere

intervaller. Magnetskinnebremsen betjenes fra en bryter i førerbordene, men den kan også aktiviteres fra nødbremsestillingen av trykkluftbremsen.

Magnetskinnebremsen virker direkte på skinnene ved friksjon.

Det ble også gjort andre endringer i lokene.

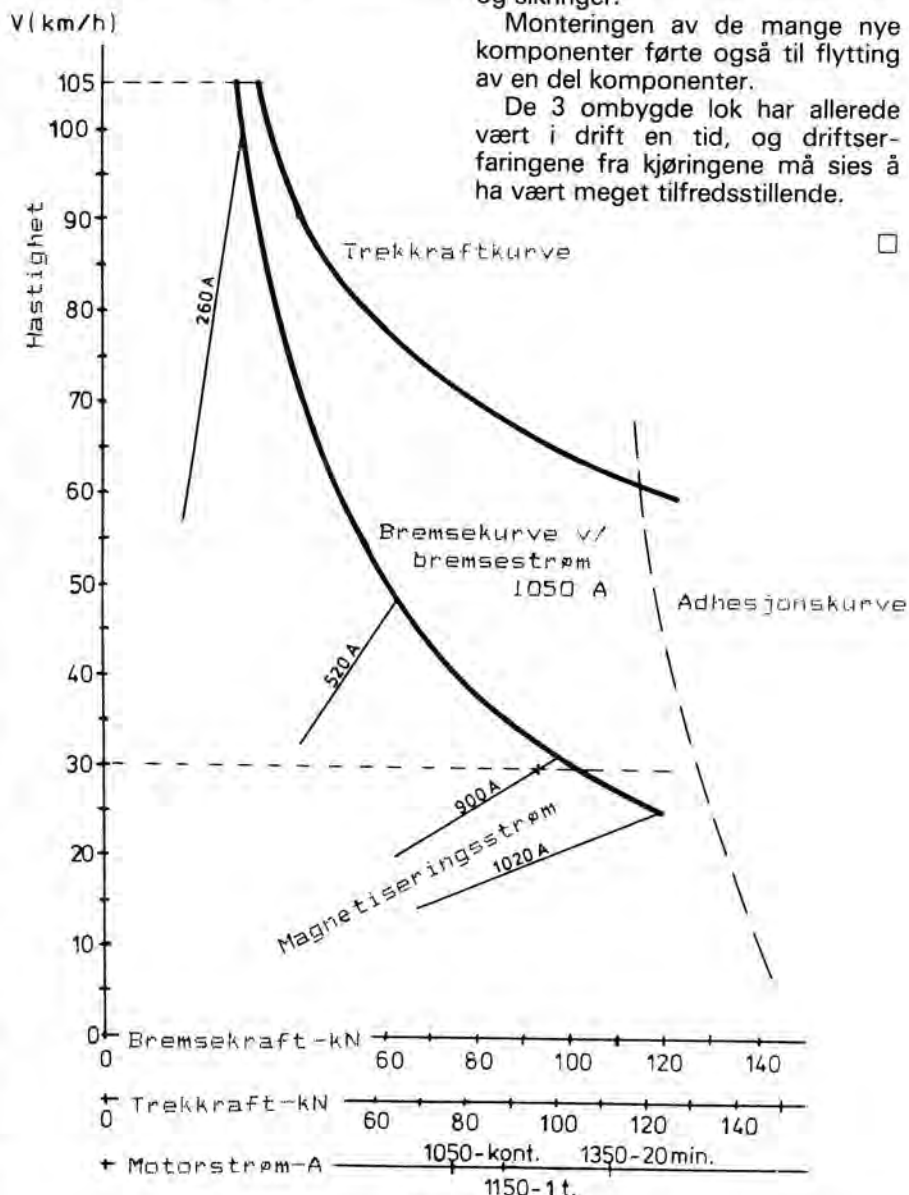
Ladegeneratoren for batteriet ble utbyttet med egen transformator, likeretter og reguleringsenhet. Mellom de vanlige signallamper i fronten av lokene ble 2 spesielle lyskastere montert for å bedre sikten for lokføreren.

Nytt hastighetsmålerutstyr ble montert. Dette har også sammenheng med den fremtidige montering av ATS generelt i lokene El 11, som betinger ny hastighetsgenerator.

Det ble i lokene i tillegg montert nye kontaktorer, reléer, motstander og sikringer.

Monteringen av de mange nye komponenter førte også til flytting av en del komponenter.

De 3 ombygde lok har allerede vært i drift en tid, og driftserfaringene fra kjøringene må sies å ha vært meget tilfredsstillende.



(Fig. 2.)



# Elektroavdelingens anleggsvirksomhet

Av overing. Per Sture

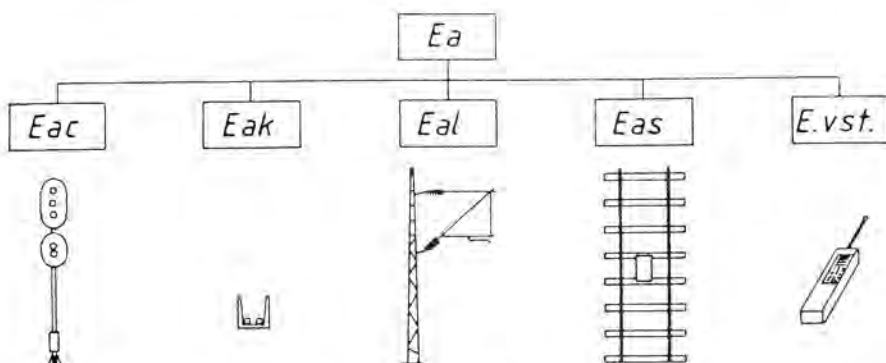


Fig. 1.

## Generelt

Elektroavdelingens anleggsvirksomhet er i sin helhet tillagt anleggskontoret (Ea).

Kontorets virksomhet er i kort-het knyttet til:

Elektroavdelingens investeringsarbeider innenfor fagområdene CTC og linjeblokk, kabel, kontaktledning og ATS (automatisk togstopp).

Anleggskontoret er organisert etter nevnte innsats-områder. Av figuren ser vi at elektroavdelingens verksted også er underlagt kontoret. I denne artikkel er det bare tatt med den anleggsorienterte del av kontorets virksomhet. Verkstedets arbeid forutsettes tatt med i en egen artikkel.

Vårt arbeidsområde er omfattende og ressurskrevende og forutsetter jernbane-spesifikke kunnskaper, noe som avspeiles i utstrakt bruk av fagutdannet personale. Ved kontoret er det ca. 160 personer inkl. 14 i administrasjonen. Ca. 135 er knyttet til anleggsiden og 25 til verkstedet.

For ytterligere å anskueliggjøre volumet av vårt ansvarsområde, nevner vi at i 1985 disponerer vi ca. 80 mill. kr., hvorav hovedpostene er ca. 43 mill. til CTC og ca. 30 mill. til kontaktledningsanlegg. Vi har 10 anleggsstrekninger fordelt på 5 distrikter. Samtidig er vi «entreprenør» for kontaktledningsarbeidene på Oslo S og i Lodalen.

Sammen med selve arbeidet ute i terrenget er derfor samar-

beids- og koordinasjonsoppgavene en viktig del av kontorets virksomhet. Løsningen av disse oppgaver er forutsetning for planlegging av fremdriften på kort og lang sikt. Noe som er grunnlaget for en effektiv utnyttelse av tilgjengelige ressurser.

Med arbeidets utførelse i marken følger kontroll og oppfølging, d.v.s. fremdriftsoppfølging sammen med en eventuell korrigerende av de operative planer.

Nevnte oppgaver er selvsagt avhengig av hvor vi er i hiarkiet. Jeg har forsøkt å delegerer oppgavene slik at «påvirkingsområde» og ansvars/myndighetsområde faller mest mulig sammen. En primær oppgave er å sveise alle sammen til en slagkraftig organisasjon til det beste for etaten og den enkelte person. Menneskelige hensyn er i denne forbindelse en nødvendighet.

Kontoret er organisert i fem grupper, hvorav 4 er rene anleggsgrupper. Disse arbeider etter forskjellige opplegg, avhengig av krav til sportilgjengelighet og av teknisk nivå, noe vi vil komme tilbake til under gjennomgang av de enkelte områder. Utenom disse rene grupper har vi alminnelige fellestjenester som posteringer, utbetalinger, vanlig kontorarbeid etc. Ett bilde på volumet av denne tjeneste sees av at vi har ca. 650 posteringer pr. år. Dette er bl.a. oppgjør ved kontrakter etc.

Når det gjelder personalbruk, er anleggsgruppene helt forskjellige. Her har f.eks. CTC og kabelanleg-

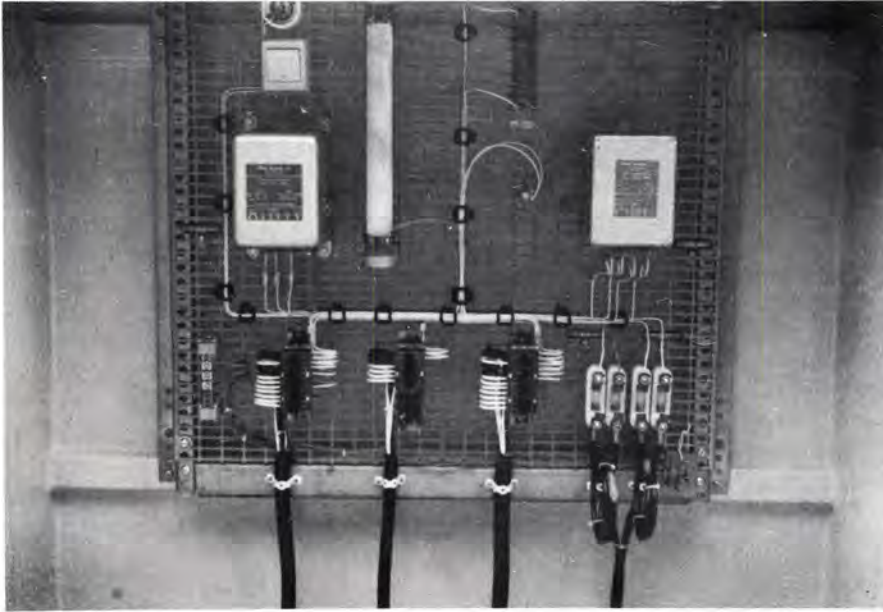
gene en fordeling av utgiftene med 60% på saksutgifter og ca. 40% på personalutgifter, mens derimot kontaktledningsanleggene har en fordeling på 70% personalutgifter og 30% saksutgifter. Et ytterpunkt er ATS-anleggene hvor vi kun har 30 % personalutgifter. Når det gjelder CTC- og kabelanleggene, har vi greid å få en lav pris på kabelarbeidene. Dette henger sammen med vårt samarbeid med Televerket. Herved fordeles utgiftene med ca. 50% på NSB og ca. 50% på Televerket.

Vi har i den senere tid lagt stor vekt på å nytte EDB for planlegging på kort og lang sikt, videre har vi satt i gang metodestudier og undersøkelse av materialvalg. Vi håper at dette vil hjelpe oss til å få et bedre resultat pr. investert krone.

Et moteord er «privatisering». Vi vil advare imot en ukritisk «privatisering» av våre oppgaver. Der hvor det totalt er billigere for staten vil selvsagt firmaer bli nyttet. Hvor dette er diskutabelt, nyttes prøvebestillinger for å få registrert reelle kostnader og eventuelle pristorfskjeller. Da vårt fagpersonale er en ressurs for NSB totalt, er vårt opplegg ikke å sette bort arbeid som medfører oppsigelse av eget personale.



Fig. 2.



Betj. rom	Omf. rom	Relérom for Sikr. anl.
Svakstr. rom		

Fig. 3.

### Bygging av CTC-anlegg foretas av anleggsgruppen EAC og EAK

Denne artikkel er ikke noen teknisk beskrivelse av virkemåter, men en orientering om anleggskontorets engasjement i utbyggingen.

For å danne seg et bilde av anleggene, er det nødvendig med en enkel beskrivelse av de forskjellige anleggsdeler og hvor de faller inn i systemet.

### Hva er CTC?

De tre bokstavene CTC står for sentralisert trafikk kontroll. Det vil si at stasjonenes sikringsanlegg, som er underlagt en CTC-sentral, blir kontrollert og styrt av en fjernstyringsoperatør. Ved hjelp av CTC-styringen stiller han signaler for inn- og utkjøring av tog på stasjonene. Operatøren kan også programmere en kryssing av 2 tog på en stasjon.

I begrepet CTC-anlegg ligger det 3 separate anleggsdeler:

- stasjonenes sikringsanlegg.
- automatisk linjeblokk
- CTC-styringen.

Sistnevnte faller utenfor anleggskontorets arbeidsområde og

vil derfor ikke bli behandlet her. Dens funksjon vil imidlertid fremgå av beskrivelsen av de øvrige anleggsdeler.

Som en viktig del kommer blokktelefonanlegget inn i systemet. Dette telefonanlegg er utviklet til bruk mellom kjørende personale og fjernstyringsoperatøren (Fjo).

Blokktelefonapparater blir montert ved alle inn- og utkjørsignaler, blokkpostsignaler, sidespor og der det ellers måtte være behov.

*Stasjonenes sikringsanlegg* trykker togs inn- og utkjøring på stasjoner, slik at risikoen for kollisjon med annet materiell er minsket. De deler som inngår i et sikringsanlegg er i korthet:

1. Reléhus for den elektrotekniske installasjon på stasjonene. Dette huset inneholder rom for sikringsanleggets manøvreringsutstyr, telefonutstyr, omformere og sterkstrømsutstyr og et rom for stillerapparat. Skissen viser i prinsipp hvordan et reléhus er inndelt.
2. Hovedsignaler for inn- og utkjør, skiftesignaler, togsignaler, dvergsignaler etc.

3. Sporvekseldrivmaskiner, S-låser og eventuelt rigler som kontrollerer sporvekslenes og sporsperrenes stilling.

4. Sporfelter. Stasjonens sporarrangement er oppdelt i sporfelter ved hjelp av isolerte skjøter i sporet. Sporfeltreléene kontrollerer om togvegen er fri for materiell ved inn- og utkjøring av tog.

5. Strømforsyning til sikringsanleggets reléutstyr, signalsystem og sporfelter skjer fra en eller flere omformere som leverer 220 volt 95 Hz. Hver omformer leverer ca. 2,5 kW effekt ut (inn ca. 3,5 kW). (Ved dobbeltsporet strekning bygges det ene spor med 95 Hz og det andre med 105 Hz.) Omformeren har igjen sin strømforsyning fra det lokale E-verk, eller hvis dette faller ut, fra en reservestrømstransformator som er tilknyttet kontaktledningen (16 000 V/220 V). Sporvekseldrivmaskinene som drives både med 50 Hz og 16 2/3 Hz, får sin drivstrøm utenom omformeren.

I omformerrommet blir nå som regel stasjonens hovedfordeling med måler plassert. All strømforsyning til andre behov på stasjonen tas herfra.

6. Sporvekseloppvarming. Oppvarming av sporvekslene for å smelte snø og is er etter hvert blitt et nødvendig hjelpemiddel for å bidra til å hindre driftsforstyrrelser i vinterhalvåret. Oppvarming av en sporveksel med lange tunger krever ca. 6 kW.

### **Automatisk linjeblokk**

Linjeblokken er konstruert for elektrisk å kontrollere strekningen mellom 2 stasjoner. Uttrykket automatisk nyttes fordi linjeblokken innstilles automatisk i togets kjøreretning når ordren om utkjør blir sendt (enten fra stasjonens stillerapparat eller fra Fjo). Utkjørsignalene på ankomststasjonen sperrer for grønt lys i utkjørsignalene mot ankommende tog, og det blir kontrollert at det lyser rødt i de nevnte signaler. Normalstilling av linjeblokken skjer automatisk når toget kommer inn på ankomststasjonen.

Strekningen mellom stasjonene er oppdelt i sporfelt à ca. 1 000 m lengde. Begge skinnestrenger er tatt med i sporfeltene, slik at returstrømmen for kjørestrengen og sporfeltstrømmen fordeler seg likt i begge skinnestrenger. Derav kommer uttrykket *dobbeltisolerte sporfelte* i motsetning til en stasjon som har enkeltisolerte sporfelte. Her er den ene skinnestrengen kjørestrengens returleder (såkalt jordskinne). Ved hvert sporfelts grenser blir det satt opp et apparatskap/kiosk (A.S.) som inneholder transformatorer, motstander og diverse koplingsutstyr for tilførsel og returstrøm for sporfeltene. Der det er behov settes det opp kiosker for plassering av sporfeltreléer. Hvor mange kiosker som settes opp mellom 2 stasjoner, avhenger av avstanden mellom stasjonene. Hvis togtettheten er stor, bygges det blokkpost(er) mellom stasjonene. En blokkpost har forsignal og hovedsignal i begge kjøreretninger. Blokkpostsignalene stilles automatisk i grønt i togets kjøreretning når det blir stilt utkjørsignal fra en stasjon som grenser til blokkposten. Når toget passerer blokkpostsignalet, omstilles signalet til rødt lys. Nå er det klart for neste tog i samme kjøreretning til å forlate utgangstasjonen. Tog nr. 2 får ikke grønt lys i blokkpostsignalene før det første toget er kommet inn på ankomststasjonen.

### *Sidespor på linjen*

På sidesporet blir det satt opp en kiosk for plassering av sidesporets reléutstyr. Rigler låser og kontrollerer sporveksler og sporsperrer i normalstilling. Ved alle sidespor blir det montert blokktelefón.

### *Vegsignal og anlegg*

På elektrifiserte baner blir alle sporfelte som inngår i et vegsikringsanlegg og som anordnes på linjen mellom 2 stasjoner, bygget om til 10/50 Hz felte. Disse sporfelte blir ikke avgrenset i sporet ved hjelp av isolerte skjøter, men «flyter» i et linjeblokksporfelt og har en forholdsvis kort utstrekning. Et vegsikringsanlegg som har en beliggenhet på et stasjonsområde, utstyres med likestrømsporfelte som begrenses av isolerte skjøter.

Disse sporfeltene har til oppgave å gi impuls til vegsikringsanleggets reléutstyr for sperring og frigiving av trafikk over planovergangen.

### **Kabelanlegg**

I forbindelse med CTC-utbyggingen er kabelanskaffelse, kabelgraving og kabellegging den mest tids-, arbeids- og ressurskrevende del av anlegget. Utgiftene til kabel og kabelgraving utgjør ca. 50% av de totale anleggskostnadene. Det anvendes nå betong kabelkanaler m/lokk i hovedgrøften over stasjonsområdet og der det er mest lønnsomt ute på linjen.

### *Kabel på stasjoner*

Fra reléhusets kabelstativ legges det kabel til alle apparatskap på stasjonen (A.S.) Fra A.S. legges det stikk-kabler til alt utstyr som inngår i sikringsanlegget.

Fra reléhusets omformerrom (sterkstrømsrom) legges det kabel til sporvekselopvarmingsgruppene, tilførselkabel til stasjonsbyggingen, andre bygninger, kraner, tomtebelysning etc.

Telefonkabler som er terminert i stasjonsbyggingen blir lagt om og flyttet til reléhusets svakstrømsrom. Herfra legges det telefonka-

belforbindelse til stasjonsbyggingen og andre steder på stasjonsområdet. Hvis forholdene ligger til rette for det, flyttes understasjoner for kontaktledningsbrytere inn i reléhuset. Det må da legges kabel fra disse og ut til bryterne.

### *Kabel for linjeblokken*

Kabler blir tatt inn og ut i alle skap og kiosker og tjener til å føre tilførsel og returstrøm for sporfeltene. Kabel  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$  blir ført inn og ut i alle kiosker der det er plassert sporfeltreléer (blokkstyringskabel). For indikering av sporfeltreléenes stilling anvendes 1 par i telefonkabelen. Det må derfor tas avgrensning fra bestående telefonkabel til alle kiosker med sporfeltreléer. For styring fra CTC sentralen (Fjo) anvendes 1 par i telefonkabelen.

### *Samarbeidet NSB/Televerket*

Hovedgrøften mellom stasjonene har vært et samarbeid mellom NSB og Televerket i mange år. Samarbeidet består i at gravearbeidet i de fleste tilfeller foregår i NSB's regi. Televerket har med en kontrollør som sørger for at Televerkets kabler og NSB's eventuelle nye langlinjekabler blir lagt ut på forskriftsmessig måte (sørger for at det blir rette spoleastander etc.)

Alle utgiftene til arbeidet med grøften deles med 50% på hver.

Det hender at også andre interessenter er med i hovedgrøften. Det kan være Oslo Lysverker, Statkraftverkene eller andre. Utgiftfordelingen på disse etapper blir da forholdsmessige.

I de siste 2-3 årene er det lagt ned rør for Televerket istedenfor fjernkabel. Den siste koaksialkabelen for Televerket ble lagt frem til Gol i 1982. Siden er det lagt rør for senere inntrekking av fiberkabler.

### **Noen ord om arbeidsopplegget**

Etter at det er besluttet at en strekning skal utbygges med CTC-anlegg, er det i første omgang et samarbeid mellom distriktet og

Hovedadministrasjonens driftsavdeling og signalkontor for å bestemme de sikringstekniske detaljer i anlegget og for det nødvendige tegningsarbeid. Alt innvendig utstyr til sikringsanlegget, linjeblokken, CTC-styringen og blokktelefon blir levert av firma. Firmaet monterer utstyret innvendig i relérommet, sidesporkiosker, blokkposthytter og CTC-sentralen. Det leverende firma har stort sett vært A/S Elektrisk Bureau. Alt utvendig arbeid fra og med kabelavslutning i relérom utføres i regi av elektroavdelingens anleggskontor (Ea).

Anleggskontorets (Ea's) egne anleggslag må koordinere sine arbeider med distriktets driftsavdeling, baneavdeling og elektroavdeling. Koordinerignen av baneavdelingens og Ea's arbeider krever en detaljert oppfølging. Baneavdelingen skal som oftest bytte sviller, skinner, foreta sporforlengelser på stasjoner, kjøre pakkmaskin etc. i det samme tidsrom som CTC-byggingen foregår.

Under arbeidets gang må det sørges for at alle arbeider kommer i den rette rekkefølge og til de rette tider. Det arbeides etter en oppsatt fremdriftsplan som må følges både av bevilgningsmessige og driftsmessige grunner.

Vi har som oppgave å sørge for at alt materiell er på plass til rett tid. Anleggslagene bygger alle A.S. plater, monterer signaler mekanisk og elektrisk, foretar avslutning av kabler i relérom, apparat-skap, kiosker og blokkposthytter. All kabelskjøting av signalkabler og testing av kablene utføres også av anleggslagene. Entreprenører engasjeres til kabelgravingen, distriktets svakstrømsavdeling engasjeres for montering av blokktelefon og andre svakstrømsinstallasjoner. Sterkstrømsavdelingen nyttes for montering av lys og kraft i reléhus, sporvekselvarme etc. Kontaktledningsavdelingen kommer inn i bildet ved oppsetting av reservestrømstransformatorer og tilkopling til impedansforbindelser ved sugetransformator, og montering av utstyr ved håndstilte kon-

taktledningsbrytere som skal kontroll-låses. Stillverksavdelingen kommer inn ved montering av sporvekseldrivmaskiner, rigler etc. og har kontroll med at det ikke oppstår unødige feil ved bestående sikringsanlegg under utbyggingen. Baneavdelingen sørger for innlegging av isolasjonsskjøter i sporet og i sporveksler. Fjerning av uisolerte strekkbolter og eventuelt erstatning av disse med isolerte er også et tidkrevende arbeid som baneavdelingen må utføre.

Som det fremgår av foranstående er koordinering av arbeid, leveranser og andre ressurser en hovedoppgave for CTC- og kabelgruppen.

Når det gjelder den økonomiske del av vårt arbeid, foretar vi kostnadsberegning av de utvendige arbeider inkl. innkjøp av anleggsmateriell.

Oppfølging av års-budsjettene er en av våre oppgaver. Andre oppgaver er 5-årsplan og øvrige budsjetter.

I år har vi arbeider på følgende strekninger:

- Nesbyen–Hønefoss  
Her vil strekningen frem til Sokna bli satt i drift (CTC styrt) i løpet av juni 1986. Nytt sikringsanlegg på Sokna tas i bruk i løpet av oktober 1985. Sokna–Hønefoss regner vi fra vår side å avslutte i løpet av arbeidssesongen 1986.
- Oslo–Ski  
Dette er et felles prosjekt med kontaktledningsanlegget. Programmet her er frem til Ski i 1988/89. Arbeidene på denne strekningen er vanskelige og krever en egen artikkel.
- Steinkjer–Grong  
Vi vil avslutte arbeidene for åpning frem til Grong i løpet av 1985.

**Ombygging av kontaktledningsanlegg foretas av gruppen EAL**  
Vi har her funnet det nødvendig med en meget kort beskrivelse av

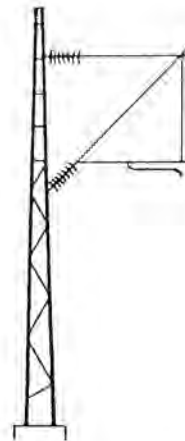


Fig. 4.

kontaktledning. For øvrig henvises til NSB-teknikk nr. 1 for i år.

*Hvilken oppgave har kontaktledningen?*

Den skal for det første overføre effekt fra matestasjonen til trekkagregat. For det annet skal den i samarbeid med strømvaktaker overføre den nødvendige effekt til trekkagregatet. Dette skal skje mest mulig gnistfritt. Herved må strekket være mest mulig konstant og uavhengig av temperaturen.

Derfor brukes loddavspenninger for hver ca. 800 meter. Den andre enden av «ledningsparten» er fast avspent. I overgangen fra en ledning til en annen går 2 ledninger parallelt i et spenn, såkalt vekslingsfelt eller seksjonsfelt. De forskjellige ledninger er elektrisk forbundet med hverandre med strømbroer eller bryter til et hele.

For å få en jevn slitasje på strømvaktakeren, blir kjøreløringen oppspent i siksakk over sporet max 400 mm til hver side av spormidten.

For å unngå at returstrømmen går uønskede veger i gjerder, vannledninger, vann o.l. benyttes sugetransformatorer med omsetningsforhold 1:1 som tvinger returstrømmen til å følge skinnegang og returledning. Skinnegang som ikke er helsveiset samt alle sporveksler forbindes over skjøtene med kobberlisser for å sikre retursstrømmen god passasje.



Skinnegangen brukes som leder for flere strømarter. Pga. at skinnegangen også brukes av sikringsanleggene, er det innsatt isolerte skjøter i skinnegangen. Det må derfor innsettes impedansspoler over de isolerte skjøter som blokkerer for andre strømarter og bare slipper igjennom 16 2/3 Hz-strøm.

Høyden på kontaktråden er normalt 5.60 m ved utliggerne, men under broer og i tunneler må den senkes ned til min. 5.05 m. Senkingen av tråden bør ikke være raskere enn 1:800 m i første og siste spenn. På mellomliggende spenn 1:400. Dette for å minske slitasjen på kontaktråden når strømvaktakeren trykker mot i høye hastigheter.

Gruppen har ca. 95 mann ute i marken og 6 mann i administrasjonen. Her er inkludert tegnekontor hvor stasjonsplaner, arbeidstegninger, skisser og alle tabeller blir tegnet og skrevet, samt at alle planer og skjemaer blir ajourført under byggetiden.

Skolen for intensivopplæring av kontaktledningsmontører er også

tillagt gruppen. Skolen som er 2-årig, har de siste 5 år tatt inn 10 elever pr. år, som blir ferdig uteksaminert som kontaktledningsmontører. Etter 2 års praksis som kontaktledningsmontør, tilbys montørene utdannelse i matestasjonstjeneste. Denne utdannelse må montørene ha for å bli godkjent som ledningsreparatører i driften. Skolen ledes av en elektromesterassistent.

Skolen som de første 4 år var stasjonert i Kongsberg, er i år flyttet til Såner st. Det første skoleåret er det mest teori med praksis.

#### *Gruppens arbeidsområder*

Når en banestrekning skal ombygges, utarbeides først et omkostningsforslag og vurdert antatt byggetid ut fra de ressurser av personale og utstyr som er til rådighet. Dette gjøres i samarbeid med togkontoret i Hovedadministrasjonen.

Etter at byggingen er godkjent og tidfestet, foretas befaring av strekningen, det innhentes data om banetekniske ombyggingsplaner, spesielle grunnforhold og om

andre arbeider som skal foregå på strekningen samtidig.

Før arbeidene i marken kan ta til, må det foretas utstikking av masteplassene langs sporene og på stasjoner, og utarbeides mastetabeller.

Det blir deretter oppsatt lister over materialbehov pr. år i byggetiden. Videre må det oppsettes ressursplaner over mannskap og rullende materiell, tilveiebringes og plasseres brakkerigger og losjivogner med alt som hører til.

Et hovedpunkt er fremdriftsplaner som blir satt opp i samarbeid med drift-, bane- og elektroavdeling. Her må tas hensyn til hva man kan få av disponibel arbeidstid og ressurser og andre arbeider på strekningen. Det legges m.a.o. vekt på tilgjengelig disponeringstid.

Etter at mastefundamentene er ferdig støpt og godkjent, blir mastene reist og jordet til jordskinne. Utliggere og åk blir beregnet, laget og reist. Det skal også påsettes avspennings- og kurvebarduner etter behov. Alle hengertråder beregnes og lages på verksted. Oversikts- og stasjonsplaner og tabeller oppdateres, da det er sjelden at alt blir som forhåndsprosjektert. Alt materiell som mottas fra private leverandører må kontrolleres og godkjennes.

Først når alt dette er på plass, kan strekk av ny kontaktledning finne sted. Har man god arbeidstid med disposisjon av linjen og utkopling i sammenhengende 5 timer, kan den gamle ledningen fjernes før ny ledning strekkes på de nye mastene. Har man vesentlig kortere tid til rådighet, må ny ledning strekkes mens den gamle henger på plass og er kjørbær. Dette er mere komplisert og tar vesentlig lengre tid. Bytte av ny og gammel tråd må da foregå spenn for spenn inntill den nye ledning er kjørbær. Da først kan den gamle ledning kuttes ned og de gamle master fjernes.

Utliggere er stort sett ferdig justert før utliggerheis. Her er da på forhånd nøyaktig innmålt avstand

fra spor, sikksakk og forskyvning pga. overhøyde samt utliggerhøyden. Etterjustering av ledningen skal da ikke ta mere enn ca. 2 skift pr. ledning.

Hakk i hel med ledningsstrekket følger oppsetting av sugetransformatorer med 2,5–3 km's avstand langs sporet. Deretter strekkes returledningen som henges opp på baksiden av mastene mellom utliggerkonsollene. Returledningen koples til sekundærsiden på sugetransformatorene, primærsiden koples til kjøleledningen. Midt mellom sugetransformatorene føres returledningen ned til jordskinne i skinnegangen. Det er bare på de hardt trafikkbelastede dobbeltsporede forstadsstrekninger rundt Oslo at vi bygger sammenhengende returledning langs sporet. På de mindre belastede og enkeltsporede strekninger bygges returledning bare over stasjonene.

For å kunne dele opp ledningsnettet ved feil eller vedlikeholdsarbeider, innsettes fjernstyrte brytere som betjenes fra nærmeste betjente matestasjon. Strømmen kan i nødstilfeller brytes av Fjo.

For å kunne foreta vedlikeholdsarbeider på stasjoner uten å bryte strømmen for togene mellom matestasjonene, bygges forbigangsledning på en del stasjoner på enkeltsporede baner. Forbigangsledningen går 2 m over det øvrige ledningsnett for å ha tilstrekkelig sikkerhetsavstand. Forbigangsledningen fører strømmen forbi stasjonen, mellom seksjonene ved innkjørsignalene.

Under broer og i tunneler legges forbigangsledningen i jordkabel. På stasjoner og ved kryssningsspor må oppsettes reservestrømstransformatorer for drift av sikringsanleggene når strømmen fra lokale E-verk svikter.

Før anlegget er ferdig, må det foretas beskyttelsestiltak for å hindre at personer kan komme i farlig nærhet av eller berøre spenningsførende deler. Det må oppsettes klatrevern i alle master der publikum ferdes samt skilt som angir «farlig høyspent». Alle over-

gangsbroer over jernbanen må beskyttes, slik at barn og andre i ubetenksomhet ikke kan berøre kjøleledningen eller dens fester. Husk at spenningen er 16 000 V.

Terrang på jernbanens områder som er nærmere enn 4 m og privat og annen offentlig grunn nærmere enn 5 m fra spenningsførende deler, må avsperras ved beskyttelsesgjerde for å hindre ulykker.

Vi har i de senere år stadig fått mer å gjøre. For bare noen få år siden var vi opptatt med 3 anlegg og ca. 10–12 mill. kr i års-budsjett. I år er vi i gang med 6 anlegg med til sammen ca. 30 mill. kr i budsjett. For neste år er det anslått økning til ca. 45 mill. inkl. Oslo S og Lodalen.

De anlegg som nå er under bygging er:

Brakerøya–Kongsberg  
Oslo–Ski  
Alna–Loenga  
Kongsberg–Nordagutu  
Lodalen  
Oslo S

Årsproduksjonen er på noen få år forventet å øke fra 20 km spor til ca. 40 km ferdig spor elektrifisert pr. år. For å kunne styre så store midler og så mange anlegg samtidig, undersøkes nå muligheten for å finne et prosjektstyrings og planleggningssystem vha. EDB.

Vi håper at dette kommer til utførelse i nær fremtid så vi får hjelp til en bedre form for planleggning og oppfølging.

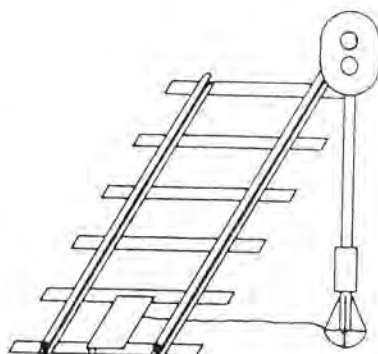


Fig. 5.

### Utbygging av anlegg for automatisk togstopp foretas av anleggsgruppen EAS

NSB er nå i gang med å installere et nytt automatisk togstoppsystem (ATS) på alle elektrifiserte hovedlinjer i landet. Dette er et nytt system som vil øke sikkerheten ved togfremføringen.

ATS-systemet er et hjelpemiddel for lokomotivføreren, samtidig som det aktivt griper inn i farlige situasjoner som kan oppstå. Systemet vil aktivt gripe inn og bremse ned toget ved forsøk på å passere hovedsignal som viser stopp, ved for høy hastighet og hvis lokomotivføreren bremses for sent.

Systemet består i hovedsak av to atskilte deler, intallasjonen i lokomotivet og det nødvendige utstyr for å overføre signalene langs banen til datamaskinen på lokomotivet. Denne overføringen av data foregår ved hjelp av radio.

Ved elektroavdelingens anleggskontor er det opprettet en gruppe (Eas) som skal forestå utbyggingen av ATS og togradio på de aktuelle banestrekninger. Gruppen består av i alt 10 mann, 1 avd.ing., 1 oppsynsmann, 4 formenn og 4 elektroarbeidere. Den er i hovedsak selvforsynt med materiell og personale slik at behovet for assistanse fra distriktene er minimalt. Fremdriften i ATS-utbyggingen har kommet langt foran de opprinnelige planene. Grunnen til dette er et meget aktivt personale som har opparbeidet er stor rutine, samtidig som nytt verktøy og standardisering av materiellet gir store gevinster.

Arbeidet med installeringen av ATS er ganske omfattende. I hvert signal langs banen fjernes de gamle signaltransformatorene og all kabel, samtidig som det kontrolleres at samtlige lampeholdere er av godkjent type. Det monteres et transformatorskap på signalmasten og ny kabel trekkes til hver lampe i signalet. For å kunne overføre signalbildet og annen informasjon til lokomotivet, må det monteres en sender i sporet. Denne enheten kalles en balise. Bali-



sene styres av en elektronikkenshet som innstilles av strømmen som flyter gjennom signallampene. Denne koderen monteres sammen med nye signaltransformatorer i transformatorskapet. Monteringen av ATS gir en fullstendig elektrisk fornyelse av alle signaler.

Dette arbeidet må foregå mellom togene, og Eas er avhengig av et godt samarbeid med togleder for å kunne «låne» signalet i den tiden det tar å bygge det om.

Dette er inngrep i sikringsanlegg i drift, og følgelig må en fullstendig lednings- og driftsprøve foretas før tog igjen kan ferdes forbi signalet. Dette må gjøres av godkjent stillverkspersonale og det kreves fagkunnskap og aktsomhet.

Midt i sporet ved alle signalsteder monteres balisegrupper. Disse består av radiomottaker og sender samt nødvendig antenne, alt innstøpt i en glassfiberplate. Balisene legges alltid parvis, slik at den overførte datamengde blir

stor nok og sikkerheten mot feil blir større.

Balisene blir skrudd fast på trevillene mens de festes til betongvillene med aluminiumsklaver. Hver balisegruppe medfører legging av ca. 15 m jordkabel og frigraving av villene mellom skinene.

Disponering av linjen må derfor alltid avtales med togleder, og koordineres med distriktenes bane- og elektroavdelinger. Dette har hittil gått meget bra og ingen store problemer har oppstått.

På en vanlig tospors stasjon må de legges 24 baliser og bygges om 8 signaler med til sammen 24 signaltransformatorer. Eas monterer i gjennomsnitt 2 stasjoner pr. uke i anleggssesongen med den mannskapsstyrke vi har i dag (10 mann).

Vi har siden 1981 bygd ATS på følgende strekninger:

Bryn-Trondheim  
Lillestrøm-Charlottenberg  
Ski-Kornsjø  
Narvik-Bjørnfjell  
Drammen-Hjuksebø

I løpet av 1985 vil strekningen Hjuksebø-Kristiansand stå ferdig, forutsatt at leverandøren av materiell klarer å holde leveringstidene.

Når det gjelder togradioprojektet, ble det lagt fiberkabel og ny strømforsyningskabel gjennom Liertunnelen vinteren 1984/85. Bærewire for antennekabel skal henges opp gjennom tunnelen (10 500 m) i vinter.

Vi håper å kunne fullføre Sørlandsbanen frem til Stavanger i løpet av 1986, men dette er avhengig av tildelte midler. Når Sørlandsbanen er ferdig, skal utbyggingen fortsette på Bergensbanen over Roa og fra Hokksund til Hønefoss. Denne oppgaven skal være fullført innen 1989, og flere baner er foreløpig ikke planlagt utstyrt med ATS.

Innføringen av ATS medfører relativt stort investeringsbudsjett. Når det gjelder utstyret langs sporet, fordeler det seg med 70% på saksutgifter og 30% på personalutgifter. □

# Asynkronteknikk – fremtidens traksjonssystem?

Av overing. J. von Krogh

## 1. Innledning

Traksjonssystemer hvor asynkronmotoren nyttes som banemotor er allerede tatt i bruk på 3 materielltyper hos NSB: på diesel-elektrisk materiell av type Di4 og BM 92 og elektriske lokomotiver El 17. NSB kan derved sies å være blant de jernbaneforvaltninger i Europa som har satset på bred basis for å dra nytte av de fordeler denne typen traksjonssystemer innebærer. I tråd med den generelle utvikling, særlig innen elektroteknikken, skjer det også på dette området en utvikling mot stadig nye varianter, sågar generasjoner av tekniske løsninger. Nye begreper: GTO-teknikk, mikroprosessorbasert regulering, PWM-inverter osv. svirrer i luften og er snart blitt hverdagskost også for ikke-spesialister. Det kan kanskje derfor være på sin plass å prøve å gi en mer allmenn beskrivelse av hva denne teknikken står for, hva den innebærer og hvilke faktorer som har fått oss til å innføre en såvidt kompleks teknikk på våre lokomotiver/motorvogner.

## 2. Trefasemotoren som banemotor

Går en tilbake i tiden, vil en kunne konstatere at det helt fra elektrifiseringens begynnelse for rundt 100 år siden var stor interesse for å utnytte trefase-vekselstrømsmotoren, spesielt asynkronmotoren som bane – drivmotor, da motoren sammenliknet med datidens likestrømsmotorer var mer robust og var uten slitasjekomponentene børster og kommutator. Men på grunn av at motoren krevde en komplisert strømtilførsel via 2 eller 3 kjøreledninger og hastighetsreguleringen var problematisk, fikk motortypen ingen bred anvendelse. I årenes løp ble det parallelt med den bedre kjente klassiske utvikling innen elektrisk banedrift, dog gjort en del ingeniørmessig interessante og fantasifulle forsøk på å utnytte motoren, både på motorvogner og lokomotiver. Et eksempel er vist i fig. 1.

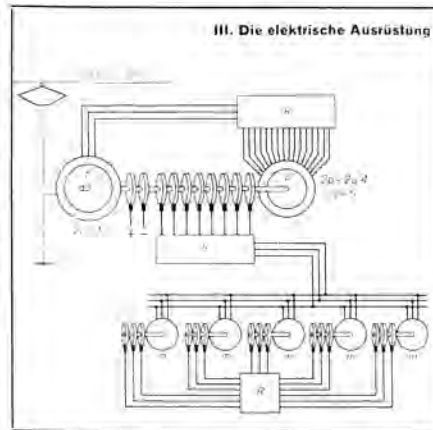


Fig. 1. Bo'Co' omformerlokomotiv V 55 (MAV), med trinnvis regulering av trefase-asynkronmotorer.

F: 4-polet synkron-faseomformer, system Kandó.

P: Direktekoplede frekvensomformer, bygget som omkobbelbar asynkrongenerator med poldeletall 2:4:6.

m: 6-polige asynkron-banemotorer

K: Trinnkoblere

R: felles startmotstand for banemotorene. Med dette systemet var det mulig å variere frekvensen til motorene i 5 trinn, tilsvarende kjørehastighetene 25: 50: 75: 100: 125 km/h.

Sammenlikner en i dag asynkronmotorens egenskaper, slik vi kjenner dem fra anvendelsen som industrimotor, med dem vi finner ved våre klassiske banemotorer, som i dag er énfase-kommutatormotorer for 16 2/3 Hz eller likestrømsmotor, kan en kort oppsummere fordelene slik:

Asynkronmotoren har:

- Høy spesifikk ytelse (kW/kg) Dette muliggjør enkle og lette boggikonstruksjoner, og dermed mindre uavfjæret boggi-masse, hvilket igjen gir lavere skinnepåkjenninger ved en gitt motoreffekt pr. boggi.
- Kompakt byggemåte Gir samme muligheter som ovenfor, eller alternativt mulighet for å bygge inn større motoreffekt pr. boggi ved et gitt volum enn en kan oppnå med andre motortyper, hvor en praktisk grense vil ligge ved 1 000–1 300 kW pr. motor

(ved enkeltakseldrift), også avhengig av mulig adhesjonsutnyttelse gitt av tillatt akselast.

- Ingen kommutator/børster Forenkler driftsvedlikeholdet vesentlig og gjør det også mulig å bygge og utnytte motorer for høyere motorturtall, hvor kommutatoren tidligere har bestemt grensen.
- Robust og enkel konstruksjon Prisgunstig motor mulig. Reservedels- og reparasjonsbehov blir mindre, intervall mellom revisjoner kan forlenges.
- Steil motorkarakteristikk, som er symmetrisk og lik for motorisk og generatorisk drift. En steil karakteristikk kan gjøre det enklere å beherske slireproblematikken, og en symmetrisk karakteristikk gir en enkel løsning for regulering av motoren over i det generatoriske området, hvor motoren kan utnyttes for elektrisk bremsing.
- Ingen tidsbegrensning av startdreiemomentet.

I praksis er dette av stor betydning ved igangsetting av tunge tog under vanskelige stigningsforhold og i spesielle situasjoner (fastkjøring o.l.).

Den store ulempen ved asynkronmotoren, og også synkronmotoren, som hindret utnyttelse på rullende materiell, var at disse motorene er avhengig av mating med en frekvensvariabel, trefaset arbeidsspenning for å levere ønsket trekkraft/dreiemoment i det turtallsområde som var nødvendig for å kunne kjøre f.eks. et lokomotiv med variabel hastighet og trekkraft. Det var utviklingen av halvlederbaserte tyristorelementer som ga muligheter for å løse denne oppgaven ved hjelp av statiske frekvensomformere.

Summerer en opp asynkronmotorens positive egenskaper, kan en også si at disse angir en mulighet for å realisere lokomotiver med egenskaper egnet såvel for tunge godstog med krav til stort



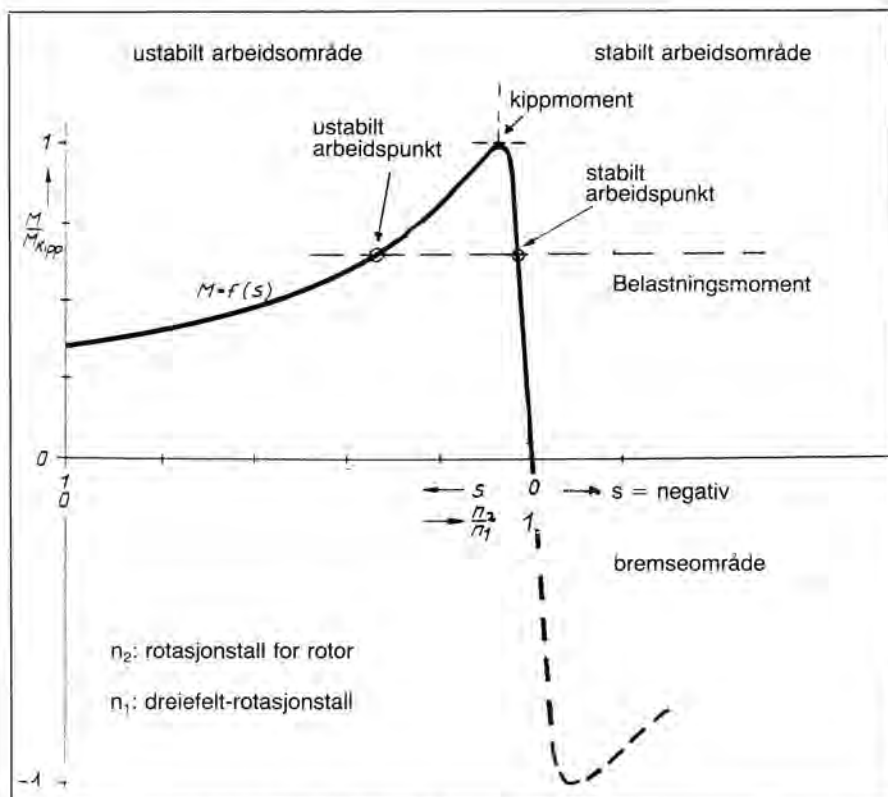


Fig. 2. Asynkronmotorens moment- turtall karakteristikk.

startmoment ved lave hastigheter, som også for raske tog med behov for stor ytelse ved høye hastigheter. Slike universalløkomotiver vil selvfølgelig være spesielt interessante for de fleste jernbaneforvaltninger.

### 3. Motorkarakteristikk og reguleringssegenskaper

Holder en asynkronmotorens moment-/turtallskarakteristikk ved konstant nettfrekvens opp mot et typisk trekkraft-/hastighetsdiagram for et lokomotiv, er det ikke umiddelbart så lett å innse hvordan denne motoren kan være spesielt gunstig for traksjonsformål. Motorkarakteristikken er vist i figur 2.

Som en kort beskrivelse av motorens virkemåte kan sies at ved tilkobling av en slik motor til et trefasenett med konstant frekvens, vil den faststående delen, kalt stator, som inneholder en vikling med et visst antall poler, bli tilført et elektrisk dreiefelt. Den roterende delen, kalt rotor, inneholder en kortslutningsvikling. Ved induksjon mellom stator og rotor blir det induisert en strøm i rotor som fører til et dreiemoment som beveger rotoren rundt. En kan si at den søker å «ta igjen» dreiefeltet i stator, men den oppnår ikke dette helt, da ville dreiemomentet bli null.

Derfor sier vi at motoren går asynkront, rotor har en viss «saking» i forhold til det roterende statorfeltet. Motorkarakteristikken viser dreiemomentet i funksjon av denne sakingen (s), som er definert som differansen mellom feltets rotasjonstall (n1) og rotorens rotasjonstall (n2) dividert med det «synkrone» rotasjonstallet n1:

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Vi ser av karakteristikken at ved synkront rotasjonstall for rotor,  $n_1 = n_2$  blir  $s = 0$  og momentet null. Videre er antydning at ved å drive rotor med høyere rotasjonstall enn det synkrone, blir momentet negativt. Dette kan utnyttes ved bremsing. I praksis er det den steile delen av karakteristikken i begge momentretninger som kan utnyttes og som representerer det stabile arbeidsområdet. I dette området er momentet både for motorisk og generatorisk belastning proporsjonalt med sakingen. Ved belastning utover det angitte kippmoment vil en få ustabile arbeidspunkter.

For betraktninger vedrørende matespenninger og belastnings- og reguleringssegenskaper regnes de angitte rotasjonstall om til frekvenser. Sammenhengen mellom disse – for statorfrekvensen – er gitt av motorens polpartall:

$$f_1 = p \cdot n_1$$

hvor  $f_1$  er frekvens,  $p$  = polpartall.

Et viktig begrep er motorens sakkingsfrekvens  $f_2$ . Denne kan defineres som frekvensen på den strøm som induseres i rotorutviklingen og blir lik differansen mellom statorfrekvens  $f_1$  og den frekvens som tilsvarer rotorens rotasjonstall  $f_n$ . Etter en omregning kan en finne at

$$f_2 = f_1 \cdot s$$

der s er den tidligere definerte saking, som også kan uttrykkes som:

$$s = \frac{f_1 - f_n}{f_1}$$

hvor  $f_n$  er frekvensen som tilsvarer rotorens rotasjonstall (tidligere kalt  $n_2$ ).

Karakteristikken sier oss at det skal en ganske liten endring av rotorens turtall til for å endre motorens moment fra maks (full last) til null (tomgang). I praksis er det snakk om få prosent. Der er derfor åpenbart at en asynkronmotor matet fra et nett med konstant spenning og frekvens ikke kan brukes der stor hastighets- (lik turtall-) variasjon kreves.

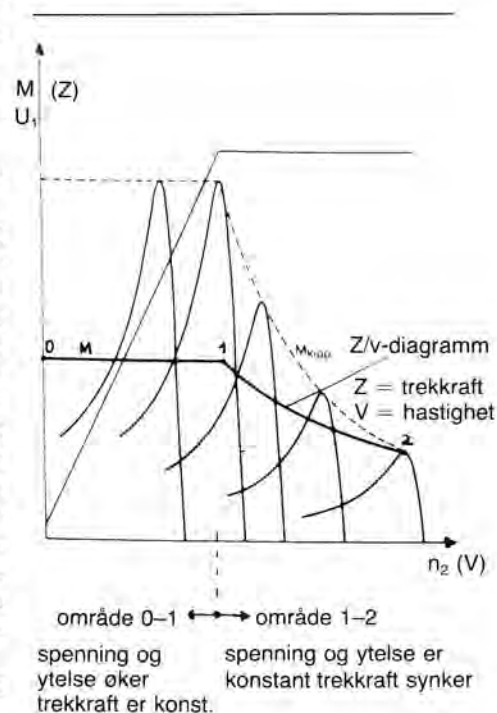


Fig. 3. Trekkraft-hastighetsdiagram (z/v-diagram) sammensatt av dreiemoment-turtallskarakteristikker for en asynkronmotor matet med variabel spenning ( $U_1$ ) og frekvens.

Dersom en imidlertid har mulighet for å forandre både matespenningens størrelse og dens frekvens, kan en få et stabilt arbeidsområde ved hvert rotasjonstill. For å regulere motoren til å avgi et ønsket moment ved et gitt, kjent rotorturtall, må en bare tilpasse statorens matespenningsfre-

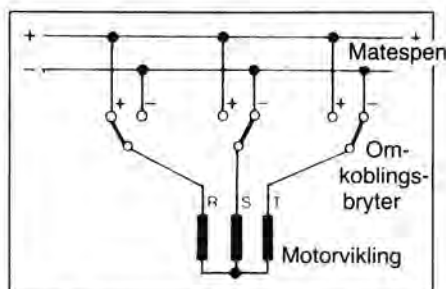


Fig. 4. Prinsippkobling for å realisere en trefasespenning ved «syklisk» kobling av motorviklingene mot en likespenningskilde.

kvens. Ved trinnløs regulering av denne matefrekvensen vil en for denne motoren få et uendelig antall dreiemomentkurver, og en kan dimensjonere motoren slik at den har stabile arbeidspunkt som følger vårt ønskede trekraft-/hastighetsdiagram ( $Z/v$ -diagram) for et lokomotiv.

I fig. 3 er vist ved et eksempel 5 slike dreiemomentkurver i et aktuelt  $Z/v$ -diagram. Vi vil her forlate motor-/reguleringsteorien, men bare avslutningsvis nevne at det, for å oppnå et konstant moment  $Z$  over et gitt frekvens – eller turtallsområde, er nødvendig å regulere både matespenningsamplitude og frekvens proporsjonalt. Ved konstant amplitude ville motorens moment synke ved økende frekvens.

Ut fra det som er skissert ovenfor vil et reguleringssystem for en banemotor som skal kunne arbeide innen et vidt frekvens- og momentsområde, populært sagt ha til oppgave stadig å tilpasse motorens matefrekvens og amplitude ut fra målt rotasjonstill på rotor og lokomotivførerens ønske om trekraft. For å løse denne oppgaven kreves en meget omfattende elektronisk regulator, som i stadig større grad blir basert på mikroprosessorbaserte regne- og reguleringskretser.

#### 4. Frekvensomformere for asynkronmotorer

For å realisere en frekvensvariabel spenningskilde for å drive

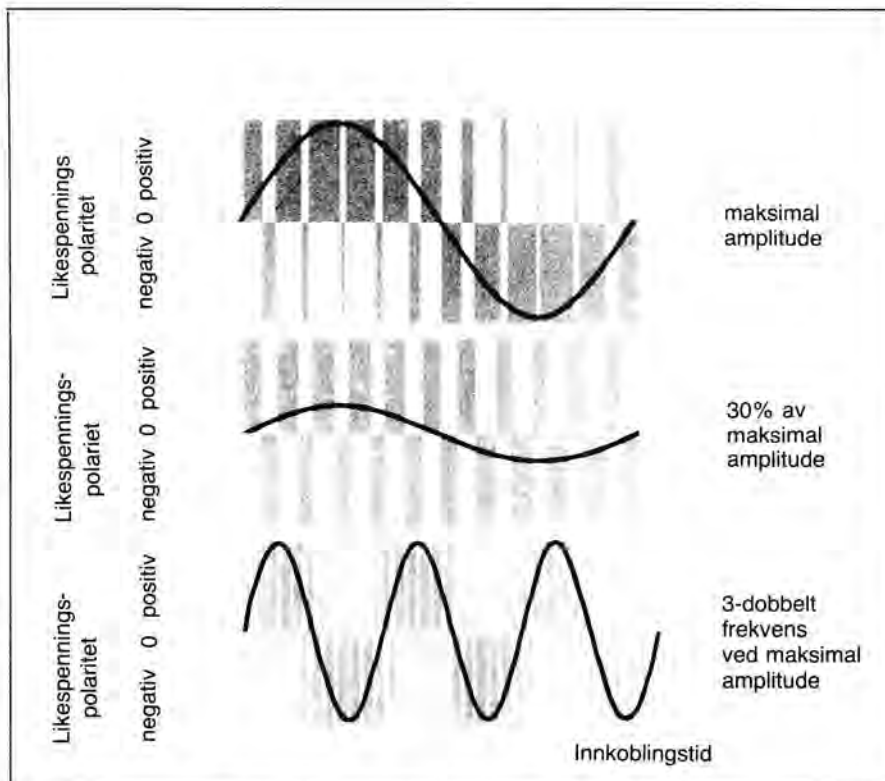


Fig. 5. Realisering av variabel spenning og/eller frekvens ved «undervisingmetoden».

f.eks. en banemotor finnes det ulike løsninger. Felles for de som i dag praktiseres er at alle er basert på bruk av tyristorer, som muliggjør statiske frekvensomformere med høy virkningsgrad, uten bruk av mekaniske omkoblere eller andre elementer utsatt for slitasje.

Men det finnes flere forskjellige elektriske koblinger som alle har sine fordeler og ulemper. Den løsning som er tatt i bruk på NSB's lokomotiver er basert på at motoren mates fra en «likespenningskilde» via et sett tyristorbrytere. Prinsippløsningen er vist i fig. 4. Den ønskede trefasespenning realiseres ved å koble om «bryterne» etter et bestemt mønster, slik at de enkelte motorfaser kortvarig forbindes med pluss- eller minussiden av spenningskilden. Ved kun å variere koblingsmønsteret kan både spenning og frekvens på den matespenning motoren opplever varieres etter ønske. Denne arbeidsmåten kalles puls-bredde-modulasjon (PWM). Eksempler er vist i fig. 5. Metoden kalles «undervisingmetoden», idet den resulterende motorspenning representerer en undervisingning i forhold til koblingsfrekvensen mellom pluss- og minussiden av spenningskilden.

Et problem ved å benytte tyristorer som brytere i en slik kobling, er at disse elementene selv

ikke er i stand til å sperre for strømmen, når en f.eks. ønsker å «veksle» om fra kobling mot pluss- til minussiden. For å «blåse ut» strømmen er det derfor nødvendig å innføre hjelpekreter, bestående av kondensatorer, induktiviteter og ytterligere tyristorbrytere.

Den totale løsning for en frekvensomformer basert på dette prinsippet vil derfor bestå av et stort antall elementer. Halvlederne i en slik kobling må i tillegg beskyttes mot overbelastning pga. elektriske fenomener, hvilket betyr et ytterligere antall hjelpekreter for vern og beskyttelse. Som et eksempel er i fig. 6 vist et utsnitt av koblingen for EI 17's frekvensomformer, eller motorveksleretter som denne også betegnes.

Hvis vi betrakter våre elektriske lokomotiver er det kjent at matespenningen fra vår strømforsyning ikke er en konstant likespenning, men 15 kV/16 2/3 Hz, med toleranser på spenningsverdien på +20/-30%.

I tillegg til en transformator som setter ned spenningen til et nivå rundt 1-2-3 kV som representerer maksimalt mulige motorspenninger, er det også nødvendig med en styrt likeretter for å fremstille den ønskede konstante likespenning. Fra mer konvensjonelle tyristorlokomotiver, som arbeider med styrt likestrømmoto-

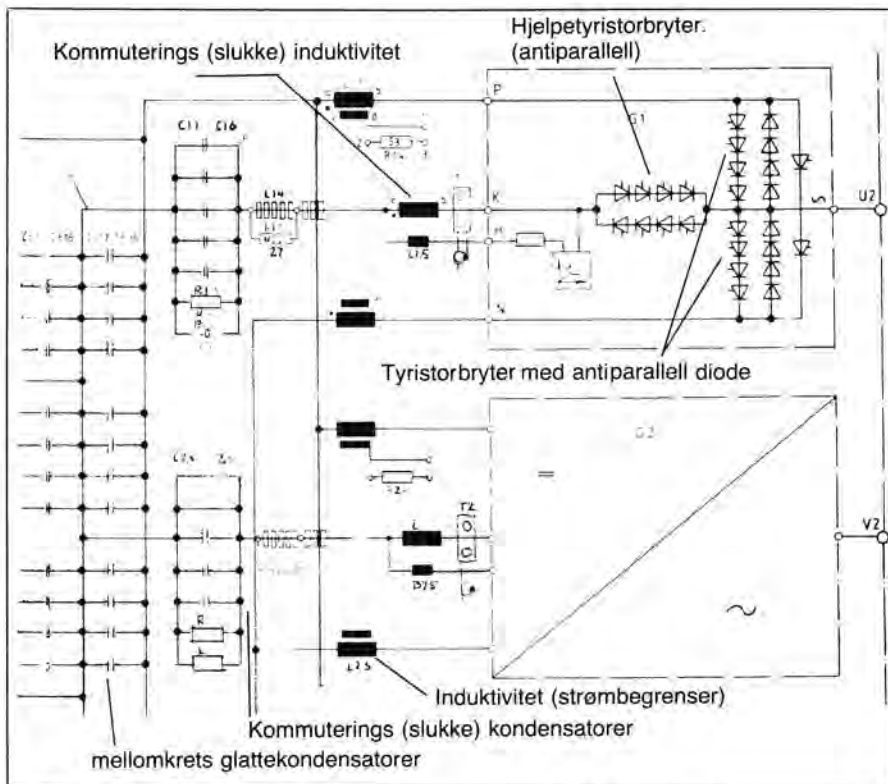


Fig. 6. Utsnitt av vekselretterkoblings skjema EL 17. (2 av 3 faser vist).

rer, kjenner en forskjellige brukbare koblinger for slike styrte likerettere. Disse har imidlertid ofte den ulempe at de belaster strømforsyningen med en høy blindstrømandel, dvs. de har en relativt dårlig effektfaktor sett mot nettet. Ved vårt matesystem, med lang avstand mellom innmatingspunktene resulterer en høy blindstrøm i økte tap i overføringssystemet (kontaktledningen) og i dårlig utnyttelse av omformerstasjonene pga. blindstrømbehovet disse må dekke. Resultatet blir derfor også et økt spenningsfall på kontaktledningen.

Teknikken utviklet for frekvensomformere for styring av asynkronmotoren kan også nyttes til å realisere en ny type styrte likerettere som ikke har de uheldige egenskaper som er nevnt ovenfor. Denne typen likerettere benytter samme kobling for tyristorbrytere som brukes i motorveksleretteren og kalles en tvangsstyrt pulslikeretter, i motsetning til de nettførte likerettere som benyttes i «konvensjonelle» tyristorlikerettere.

En annen vanlig betegnelse er 4-kvadrantstiller (4q-s). En slik likeretter er i stand til å regulere likespenningen i det vi kaller mellomkretsen til konstant verdi, og i tillegg å styre inngangsstrøm – og spenning fra nettet, slik at disse ligger i fase. Derved oppnås den

ideelle effektfaktor, ( $\cos \lambda = 1$ ). Hvis ønskelig er det også mulig å la lokomotivet arbeide med kapasitiv effektfaktor, for derved å støtte spenningen ved høy totalbelastning på strekningen fra øvrig materiell. Likeretteren er videre i stand til å mate strøm tilbake til nettet ved bremsing. I dette tilfellet styres motorveksleretterens frekvens, slik at strøm fra motoren flyter via mellomspenningskretsen, likeretteren og transformatoren til kjøreledningen og kan nyttes av annet materiell på linjen, alternativt mates tilbake gjennom omformerne til høyspentnettet. For NSB har disse positive nettegenskaper som nyttebrems og høy effektfaktor representerer, vært av avgjørende betydning for valg av tresfeteknikk som traksjonsløsning, ved siden av de fordeler som ble nevnt i kap. 2, da dette gir klare fordeler i form av bedret linjespenning og energiinnsparing. Beregninger og målinger for ulike togslag og strekninger viser innsparingsmuligheter på 10–15% i forhold til annet materiell.

Som en ulempe ved pulslikeretterløsninger kan anføres at den pga. sin arbeidsmåte genererer overharmoniske strømmer i kontaktledningen. Uten spesielle tiltak ville støystrommen, angitt som psfometrisk strøm, kunne bli større enn for annet tyristorbasert

materiell. Det er derfor nødvendig å innføre spesielle filterkretser for å begrense slik støystrom til en akseptabel verdi for å hindre forstyrrelser på teleforbindelser eller signalanlegg. Slike filter krever ekstra vekt og volum.

## 5. Systembetraktninger

Etter beskrivelsen i kap. 4 kan en sette opp en blokk-skjematisk oversikt over systemet som vist i fig. 7.

Våre dieselelektriske lokomotiver Di4, og motorvogner type BM 92 har en traksjonsutrustning basert på samme prinsipløsning når det gjelder likespennings – mellomkrets og motorvekslerettere. Forskjellen ligger kun på energileveringssiden, der en istedenfor å ta energien fra nettet får den levert fra en dieselmotor (BM 92 har to) via generator og en konvensjonell likeretter. For bremsing må en i tillegg ha en bremsemotstand for å avlede bremseenergien, men det kan nevnes at noe bremseenergi blir utnyttet for togvarmeførmål ved behov, da denne er tilknyttet likespennings – mellomkretsen. Fellestrekkene mellom de tre ulike traksjonsløsningene har gjort det mulig i noen grad å benytte like komponenter, særlig for Di 4 og BM 92, mens El 17 skiller seg noe ut pga. annet spenningsnivå på vesentlige komponenter, noe som resulterte i kjølesystem basert på olje istedenfor luft for frekvensomformer.

## 6. Periferiutstyr, hjelpeinnretninger, driftserfaringer

Som allerede antydnet, krever en slik systemløsning som beskrevet for El 17 en kompleks regulering, og en rekke hjelpefunksjoner som vern, kjøling og overvåking av driftstilstand for å beskytte ømfintlige halvlederkomponenter mot overbelastning og ulykke. Det totale antall komponenter i slike systemer blir derfor stort, og det kreves høy pålitelighet for hver enkelt del for at totalsystemet skal ha en akseptabel driftsstabilitet. Vi kan vel si at erfaringen her har vært at uventet mange svakheter har vært å finne innen mer konvensjonelle komponenter, som ventilatormotorer, kontaktorer, følere o.l., hvor en pga. det store antall har hatt en til tider utilfredsstillende høy utfallsrate. I tillegg gjør den komplekse nye teknikken at feilsøking innen den elektroniske/kraftelektroniske

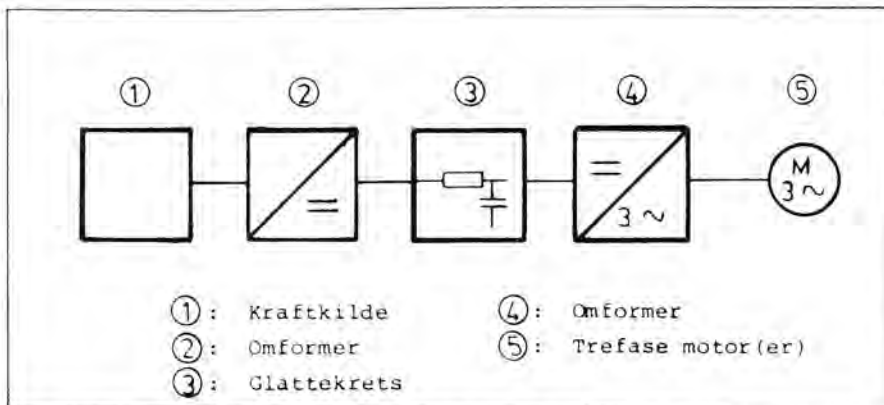


Fig. 7. En egnet kraftkilde (1) leverer energi til en omformer (2) som mater likespenning inn på en glattekrets (3). Denne leverer en (konstant) spenning til en ny omformer (4) som av likespenningen produserer en trefaset spenning med variabel frekvens og spenning. Denne brukes til å drive en (eller flere) trefasemotor(er) (5).

del av systemet har krevet lengre verkstedopphold pr. feil enn vanlig. For å illustrere kompleksiteten vises i fig. 8 et oversiktsskjema for El 17 og i fig. 9 et bilde av reguleringsutrustningen.

Å drive systematisk feilsøking og tilstandskontroll på disse systemene krever derfor mye omstilling på vedlikeholdssiden, der det blir spørsmål om å innarbeid helt nye metoder for feilfinning, måling og kontroll, hvilket vel også synes å kreve mer enn en hadde forestilt seg på et tidligere stadium. Men utviklingen innen området feilregistrering og «diagnose»-utstyr går også videre, slik at en etter hvert får bedre hjelpemidler, som også kan benyttes av personale med kompetanse under rendyrket spesialistnivå.

### 7. Videre utvikling

Det store antall komponenter som i dag er nødvendig for å realisere «tyristorbryterne», har gjort det spesielt interessant å søke løsninger som kan forenkle effekt-kretsene, og hjelpe til å bringe ned antall komponenter, vekt og volum som i dag virker begrensende på hvilke effekter som kan realiseres. Utviklingen her er allerede kommet så langt at direkte slukkbare tyristorer (GTO-elementer) som

ikke krever kommuteringskretser i form av kondensatorer, drossler og tilleggstyristorer finnes tilgjengelige for bruk på lokomotiver i samme effektklasse (3 400 kW) som El 17. En kan derfor regne med at fremtidige nye prosjekter vil bli basert på bruk av slike elementer.

Også innen mikro-elektronikken skjer det en stadig utvikling mot en utstrakt bruk av mikroprosessorbaserte regulerings- og styringssystemer, der nye muligheter for å

krympe vekt, volum og antall komponenter utnyttes. Samtidig kan denne utrustningen som tidligere nevnt nå gjøres mer servicevennlig, idet en mer eller mindre som et biprodukt kan få inn tilleggsfunksjoner for automatisk feilregistrering og -melding.

Skal en forsøke seg på en vurdering av hvilken plass trefaseteknikken i dag har fått innen traksjonsområdet, kan det vel sies at den nå synes å stå foran et gjennombrudd når det gjelder elektriske linjelokomotiver: DB i Tyskland har nylig bestilt 60 universallokomotiver av type E120, og i Sveits forberedes anskaffelse av 50 stk. S-banetogsett med trefase traksjonsutstyr basert på bruk av GTO-elementer. Opprinnelig lå tyngdepunktet for anvendelse innen skifte- og industrilokomotiver, dels elektriske dels med dieselmotor. NSB var blant de første som satset i større skala på noe mer enn prototypserier for bruk innen et begrenset område. Vi burde derfor ha et brukbart grunnlag for å kunne si at for vårt vedkommende er fremtiden allerede begynt.

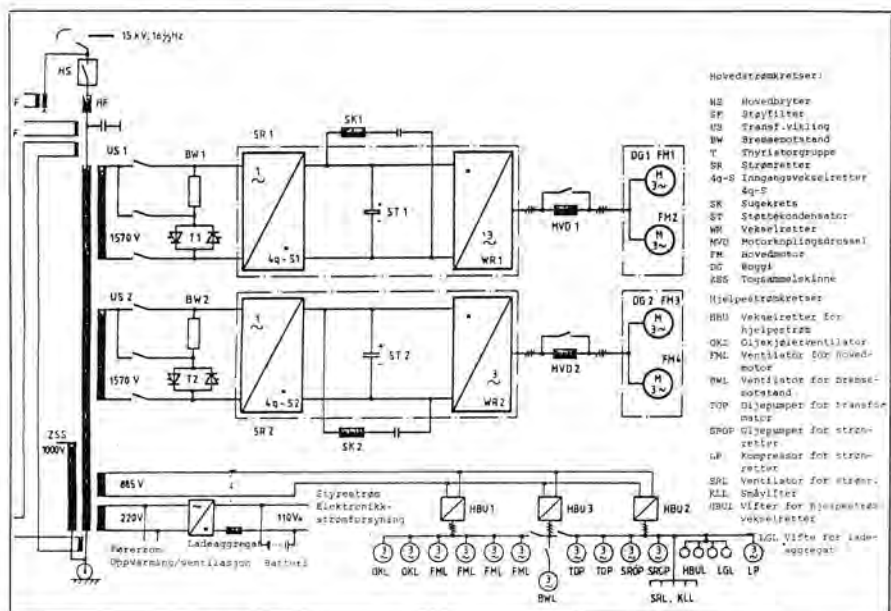
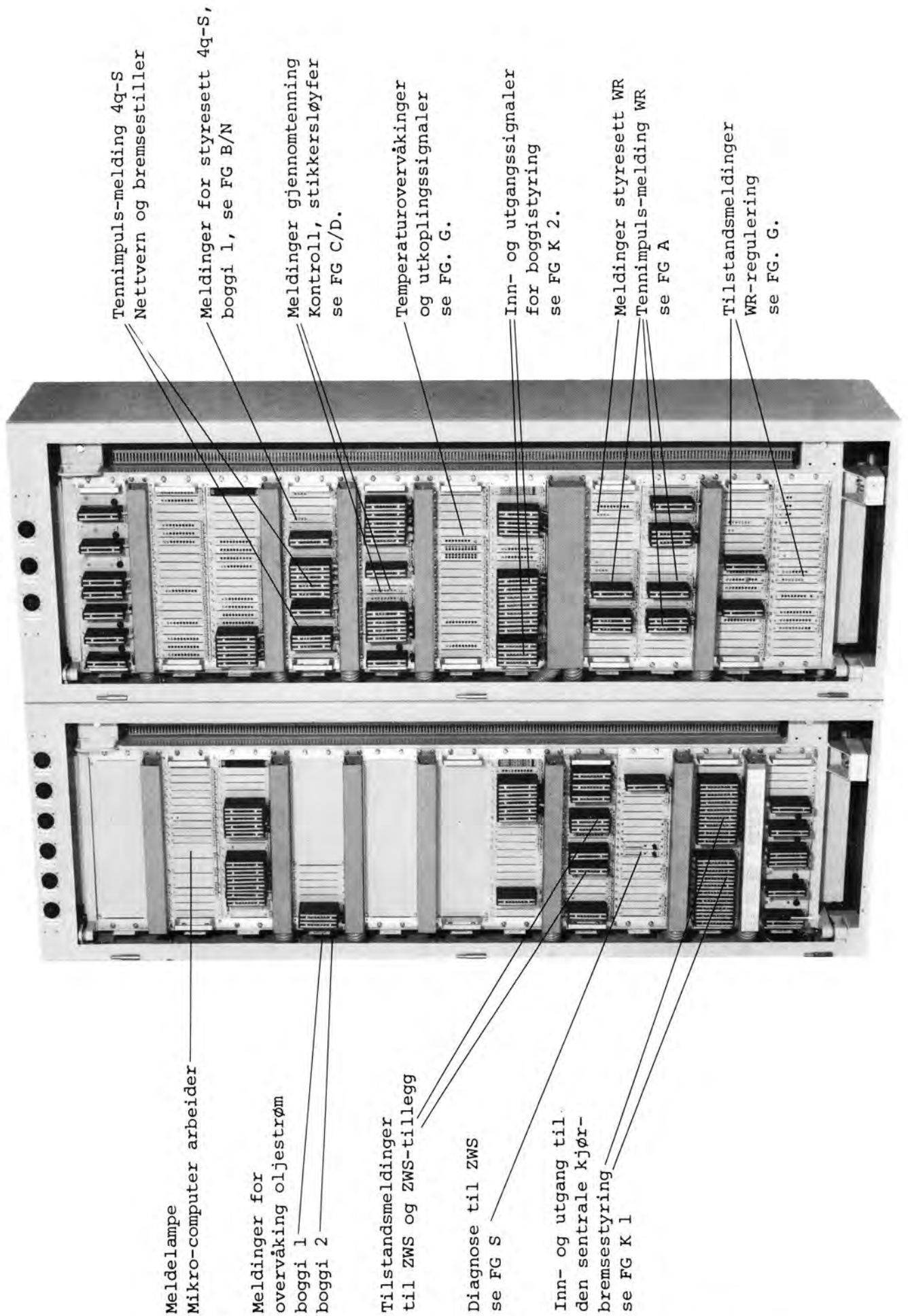


Fig. 8. Oversiktsskjema EL 17.



Tennimpuls-melding 4q-S  
 Nettvern og bremsestillier

Meldinger for styresett 4q-S,  
 boggi 1, se FG B/N

Meldinger gjennomtenning  
 Kontroll, stikkersløyfer  
 se FG C/D.

Temperaturovervåkinger  
 og utkoplingssignaler  
 se FG. G.

Inn- og utgangssignaler  
 for boggistyring  
 se FG K 2.

Meldinger styresett WR  
 Tennimpuls-melding WR  
 se FG A

Tilstandsmeldinger  
 WR-regulering  
 se FG. G.

Meldelampe

Mikro-computer arbeider

Meldinger for  
 overvåking oljestrøm  
 boggi 1  
 boggi 2

Tilstandsmeldinger  
 til ZWS og ZWS-tillegg

Diagnose til ZWS  
 se FG S

Inn- og utgang til  
 den sentrale kjørbremsestyring  
 se FG K 1

Fig. 9. EL 17. Reguleringsutrustning skap 61 og 63. Sentraldel og 1 boggieregulator.

# Elektrobygg Oslogt. 3

Av avd.ark. Elsa Rostad

Bygget er oppført i to etapper.

1. byggetrinn ble ferdig høsten 1976 etter en byggetid på 210 dager.

Bygget inneholder relérom for Oslo Sentralstasjon, nettstasjon for Oslo Lysverker, dataanlegg for godstrafikkledelsen i NSB og kontorer, verksted og lager for elektroavdelingen i Oslo distrikt av NSB.

2. byggetrinn som er bygget inntil sydøstre hjørne av 1. byggetrinn, sto ferdig til innflytting i januar 1980 etter en byggetid på 220 dager.

På tomten til nybygget lå en gammel bygning hvor Oslo Lysverker hadde en nettstasjon. Denne nettstasjonen skulle inn i det nye elektrobygget, og den gamle bygningen måtte derfor bli stående til 1. byggetrinn var ferdig.

De opprinnelige trær som var på tomten er blitt bevart.

Bygningene er oppført med bærende konstruksjoner i armert betong og fundamentert på hel plate med vanntett støp.

Utvendig kledning er prefabrierte betongelementer med frilagt singel.

Oppført tretak med 3-lags papptekking.

Kostnaden for 1. byggetrinn lå på 2,6 mill. kr.  
 Kostnaden for 2. byggetrinn lå på 3,1 mill. kr.  
 Totalt 5,7 mill. kr.

Samlet bebygget areal brutto: 2 880 m<sup>2</sup>.

- Byggherre: Jernbaneanlegget, Oslo Sentralstasjon.  
 Arkitekt: NSB Arkitektkontoret v/o ark. Julia Kristiansen.  
 Byggeteknikk: 1. byggetrinn. Siv.ing. Tor B. Urdal  
 2. byggetrinn. Ingeniørene Bonde & Co v/siv.ing. Tor B. Urdal  
 VVS-teknikk: 1. byggetrinn. NSB Arkitektkontoret v/avd.ing. W.M. Zetlitz  
 2. byggetrinn. Ingeniørene Erichsen & Horgen  
 Elektroteknikk: 1. byggetrinn. NSB Sterkstrømkontoret v/o.ing. Juul Johnsen og avd. ing. Korbøl  
 2. byggetrinn. NSB Sterkstrømkontoret v/o.ing. Juul Johnsen og avd.ing. J. Strande  
 Hovedentreprenør: 1. byggetrinn. Moderne Bygg A/S  
 2. byggetrinn. O.E. Dybvik A/S

