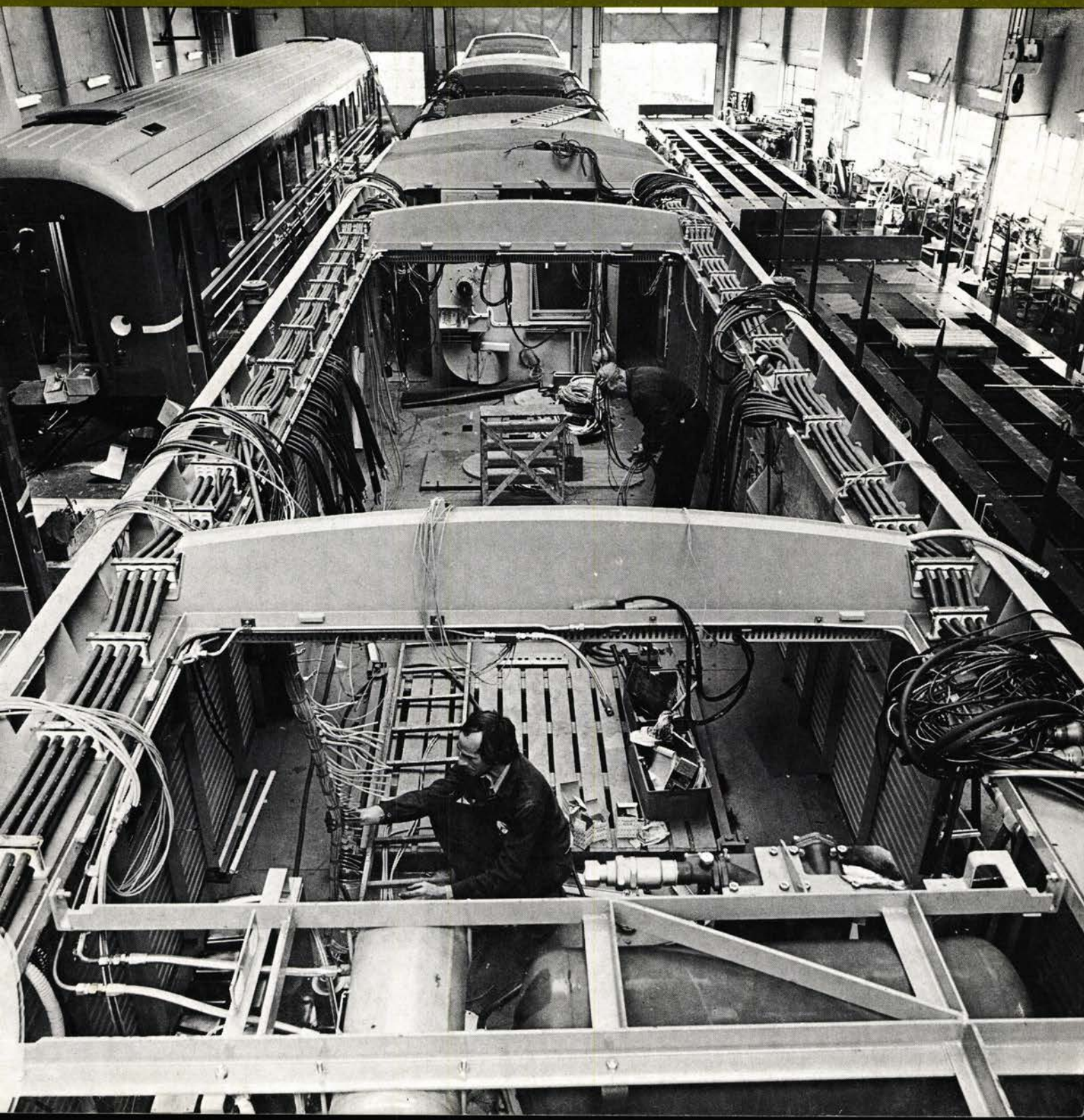


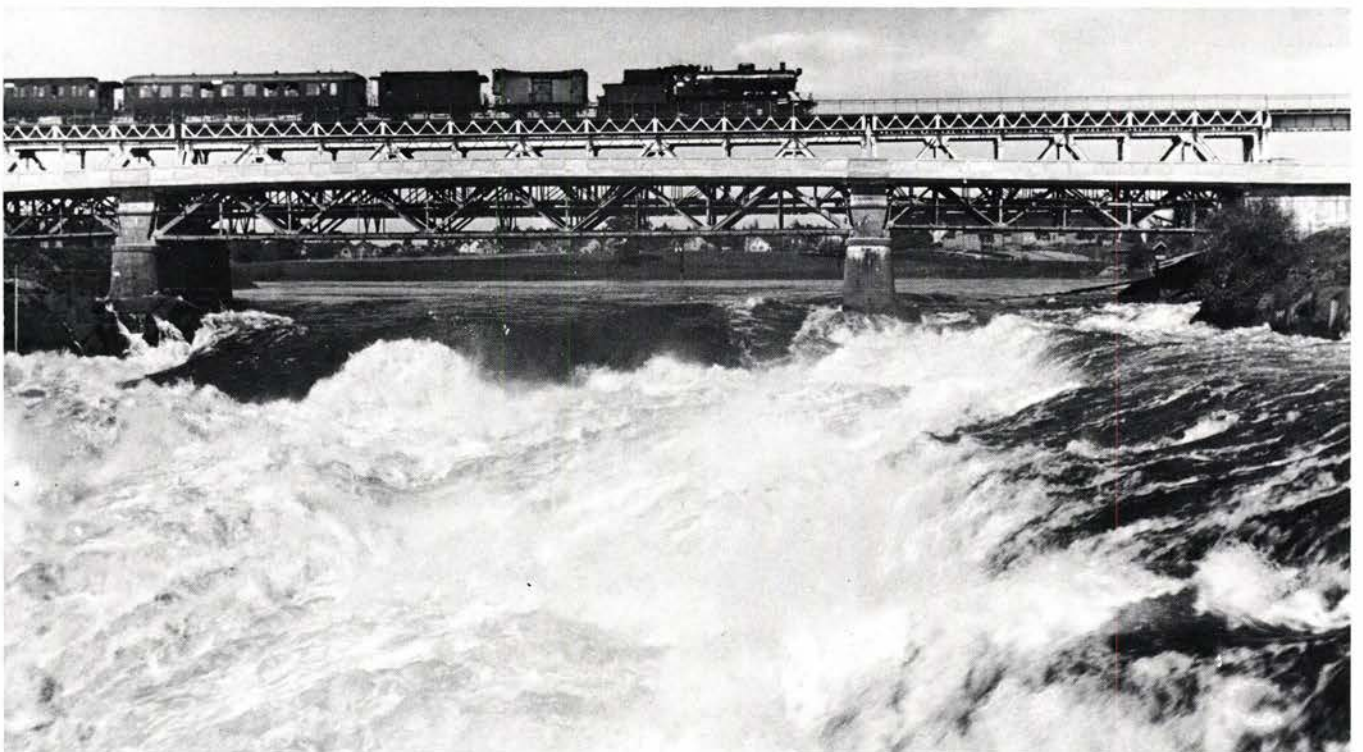
# NSB. teknikk

2  
1977

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner







## BRU OVER SARPSFOSSEN (II)

Den kombinerte veg- og jernbanebru fra 1870-årene, som ble omtalt i NSB-teknikk nr. 1/1977, var i 1931 moden for utskifting. NSB trengte en bru som kunne bære tyngre tog. For Vegvesenet var den fri bredde på bare 3 m i de gamle portalpilarer for liten, og Borregaard ønsket å sprengte ut en ny inntakskanal til fabrikkens under det vestlige fagverkspenn.

En rekke forskjellige løsninger for ombyggingen ble vurdert, og til slutt bestemte man seg for å bygge ny jernbanebru på oppstrømsiden (nordsiden) av den gamle, i 8,1 m senteravstand fra denne. Når den nye jernbanebru var fullført, kunne så den gamle bru rives og ny vegbru bygges på samme sted.

Den nye jernbanebru består av tre fagverkspenn med spennvidder 29,2,

53,4 og 29,2 m over selve fossen, og med platebærerviadukter innover land i begge ender, slik at bruas to-tallengde blir 247 meter.

På øverste bilde er den nye jernbanebru ved siden av den gamle kombinerte bru nettopp fullført (i 1931). På nederste bilde er så den gamle bru revet og ny vegbru bygget.



Informasjonsblad  
for Norges Statsbaner

Årgang 3, 1977  
Nr. 2

Utgiver:  
Norges Statsbaner  
Hovedadministrasjonen  
Storgt. 33  
Oslo 1

Telefon: (02) 20 95 50.



Redaksjonsutvalg:  
P. Bøyum (formann)  
O. Evenmo  
K. Igelkjøn  
H. Karlsson  
I. Rustad  
S. Tennebo.

Sats, repro og trykk:  
Grøndahl & Søn Trykkeri A.s.

Opplag: 3.000  
Ettertrykk tillatt når kilde opp-  
gis.

Omslagsbilde:  
El 16 under montering på  
Strømmens Værksted.

## Innhold

- DC 629.423 (481)  
**Benneche, H. og Børresen, H. E. : Nye elektriske lokomotiver for NSB, loktype El 16. (New electric locomotives for NSB, class El 16.)** s. 30

NSB have 6 thyristor locomotives of class El 16, kV  $16\frac{2}{3}$  Hz on order from ASEA. El 16 is an 80-ton BoBo type universal locomotive, max. speed 140 km/h designed to haul the same trains as NSB's class El 14, CoCo 105-ton locomotives of conventional type (NEBB/Thune/BBC/SLM) built 1968-71.

Design is based on ASEA class Re 4 (Sweden) and Rh 1043 (Austria) locomotives, specially adapted both mechanically and electrically to cope with the hard winter conditions and the long 2,0-2,5% gradients on NSB lines. Continuous rating is 4440 kW, tractive effort 205 kN (at 78 km/h). Brake system: Electric rheostatic braking, continuous rating 2400 kW (max breaking effort 205 kN), with disc and shoe brakes. Design, equipment and function of automatic tractive effort regulation are briefly described.

- UDC 65.012.122:621.332 (481)  
**Grønland, Stein Erik: En anvendelse av elementær kø-teori på strømforsyningen Oslo - Lillestrøm. (Application of elementary queuing theory on the supply of electro-power on the line Oslo-Lillestrøm.)** s. 39

Queuing theory is a well known tool for capacity calculations for railways. Most applications are however concerned with train movements on the line, or terminal design. This article indicates the possibilities within another area of the railway system. It analyses the probability of overload in the electro-power supply when using BM 69 thyristor-controlled commuter trains. These trains are characterised by a large demand for current at short intervals of acceleration, and the problem dealt with is how to calculate the probabilities of simultaneous acceleration of trains within a given period of time. It is stressed that to highlight the main concepts, the analysis is slightly simplified compared with what would be necessary for a more completed assessment of the problem at hand. However, it is the author's hope that the article may give some indication of the potential of simple operational research models for rough assessments of problems before embarking on more detailed and time-consuming projects.

- Pedersen, Ingolf : Vedlikeholdsopplegg for kontaktledningen ved hjelp av målevogn og EDB** s. 43  
**Ny kompressortype på el.lok** s. 46  
**Nytt fra ORE, UIC m. v.** s. 47  
**Diverse** s. 48  
**Lokserien. Ansvarlig: A.-M. Waaler** Omslagets s. 3 og 4



# Nye elektriske lokomotiver for NSB, loktype EI 16

Av sjefingeniør Harald Benneche og overingeniør Helge E. Børresen

I NSB teknikk nr. 3 for 1976 ble lokomotivtype EI 16 introdusert og bakgrunnen for valget av den nye loktype kort skissert. Her følger den tekniske beskrivelse av typen som ble bebudet.

NSB's nye lokomotivtype EI 16 blir i hovedtrekkene identisk med ASEA's såkalte Rc 4 lokomotiver, som er siste skudd i utviklingen av Rc-typen (tyristor lok) som ble påbegynt i 1967 med Rc 1 (20 stk.). Så fulgte Rc 2 (100 stk.) og Rc 3 (10 stk.). Rc 4 leveres til SJ i et antall av foreløpig 40 lok i tiden 1976 til 1979.

For loktype EI 16 har imidlertid NSB gjennom sine tekniske betin-

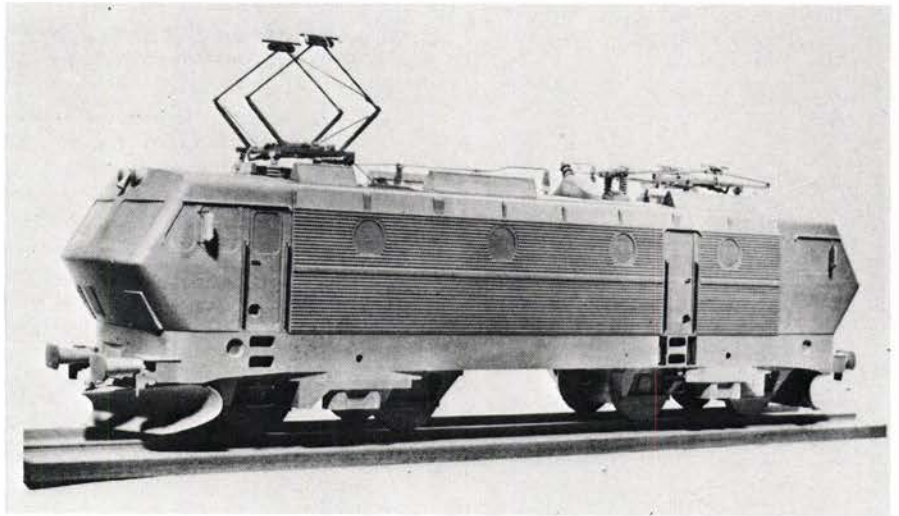


Fig. 1



*Harald Benneche er maskiningeniør fra den tekniske høgskolen i Karlsruhe 1940. Ansatt ved NSB siden 1945 og har siden arbeidet ved Maskinavdelingen, fra 1961 leder for det nyopprettede Trekraftkontor for motorvogner, traktorer og lokomotiver. Fra 1965 sjefingeniør og maskindirektørens stedfortreder.*



*Helge Elliot Børresen er elektroingeniør fra NTH 1945. Ansatt ved NSB's Hovedadministrasjon, Elektroavdelingen 1946-50, arbeidet ved NSB's verksteder i Oslo i 2 år i Drammen i 5 år, i Oslo distrikts lok- og vogn driftsektor i 5 år, tilbake i Hovedadministrasjonen som overingeniør i 1963-1970 - leder for Elektroavdelingens sterkstrømkontor med fagområder banestrømforsyning og kontaktledninger, trekraft- og vognmateriell samt stasjonære 50 Herz sterkstrømanlegg.*

gelsesforanlediget en rekke større og mindre avvik fra Rc 4 prototypen.

Disse endringer er i store trekk følgende:

Av hensyn til bl.a. snøproblemer på høyfjellet leveres lokomotivene med en ny frontutforming og med underliggende snøplog i begge ender for helårsdrift. Den endrede frontutforming medfører visse modifikasjoner av apparater og utrustning i førerrom.

Loktype EI 16 bygges med større ytelse, idet en større type banemotorer (type LJH 108-4) kommer til anvendelse. Dette medfører en modifisering av transformator samt større transformatorkjøler og endret strømretter.

Av støyttekniske grunner og for å spare vekt blir lokomotivene levert med skrukompresor (Tamrock). EI 16 blir utrustet med motstandsbrøms som automatisk samarbeider med trykkluftbrømsen. Lokomotivene får parkeringsbrøms med fjærbelastede brømsesylindere på 2 aksler. Løsning skjer ved trykkluft.

Loktype EI 16 får trykkluft- og høyspenningsgjennomføring som vanlig anvendt ved NSB, samt BBC høyspenningsbryter og videre strømavtager type SB 10.

Utrusting for hjelpemaskinsystemet blir endret i forhold til Rc 4, idet EI 16 får statisk omformer.

Da matespenningen på EI 16 blir høyere enn på Rc 4, kommer annen type kondensator til anvendelse.

En del av stativene i maskinrom blir modifisert på bakgrunn av endringer som ovenfor omtalt.

Loktype El 16 utrustes med NSB's normale SIFA av fabrikat BBC.

Akseltrykket blir 20 t – totalvekt 80 t.

**Hoveddata:** Lokomotivtypen som i modell er vist i fig. 1 har følgende hoveddata:

Akselanordning	.....Bo'Bo'
Hjuldiameter (nye hjul)	..1300 mm
Lengde over buffere	....15520 mm
Boggisenteravstand	....7700 mm
Boggiakselavstand	....2700 mm
Totalvekt	.....80 tonn
Dynamisk vekt	.....91 tonn
Akseltrykk	.....20 tonn
Maks hastighet	.....138 km/t
Kont.ydelse	.....4400 kW
Kont. trekraft	.....20,9 MP
Maks. starttrekkraft	.....33 MP
Trekraftkurve	.....se fig. 2.

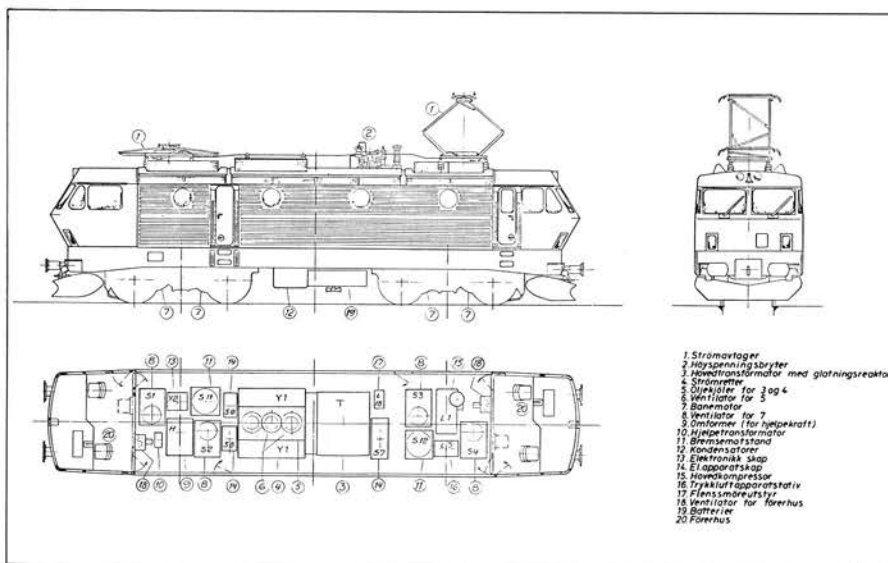


Fig. 3

Fig. 3 viser anordningen i lokomotivet med anbringelse av hovedkomponenter etc.

For løfting av lok med donkrafter er det løftepunkter (plater) under bufferfestene. I de langsgående bærebjelker finnes åpninger for innsetting av armer ved løfting i kranåk.

Førerhus er både på fører- og assistentside utstyrt med skyvevindu med dobbelt glass. Lokene får kraftige, trykkluftdrevne vinduspussere og spyleanlegg for alle frontvinduer, videre standard Bremshey førerstol, Happich solskjermer og elektrisk oppvarmede sidespeil.

Lokomotivene er forberedt for automatkoppel, idet fjærpatron av type Ringfeder er bygget inn. Ved eventuell senere overgang til automatkoppel blir dragkroken å bytte ut med automatkoppelhode.

Lokkassen er utstyrt med 4 stk. sandkasser for trykkluftsandning foran førende hjulsats i hver kjøreretning. Lokomotivet styres med flenssmøring type Willy Vogel ved hjulsats 1 og 4.

El 16's boggi er vist på fig. 4 og fig. 5. Boggirammen (1) er forbundet med bolster (2) over sentertappen (3) som er lagret i gummi og over 4 pendelstrop (4), 2 på hver side av boggien. Bolsteret er videre sikret ved 2 stk. sikkerhetsstrop (5). Vuggeåkets ender er utformet for anlegg av de to doble skruffjærer på hver side (6). På skruffjærene hviler et bæreak (7) på hver side. Bæreakene er forbundet med bolsteret over trekkstengene (8) som er lagret i gummi og videre med boggiramverket over 3 stk. hydrauliske støtdem-

## MEKANISK DEL

Lokomotivkassen er bygget i helstveist utførelse som selvbærende konstruksjon. Den er konstruert med tanke på å tåle store belastninger på liten vekt. Prøvebelastning i henhold til UIC-bestemmelsene er gjennomført og kravene oppfylt med god margin.

Den nye frontutforming har ytterligere forsterket førerhusene, som på denne lokomotivtype vil bli de kraf-

tigste i NSB's lokpark. Loket har 4 dører, – en til hvert førerrom på høyre side i kjøreretningen og en til maskinrommet på lokets venstre side i kjøreretningen. I mellomveggene mellom førerrom og maskinrom er anbrakt 2 dører.

Førerplassen er som på Rc-lokomotivene på venstre side. Dette bryter med vanlig utførelse på norske lokomotiver, men måtte godtas av hensyn til den ønskede leveringstid. Ved eventuell senere bestilling vil loktype El 16 etter valg kunne leveres med fører plass på høyre eller venstre side.

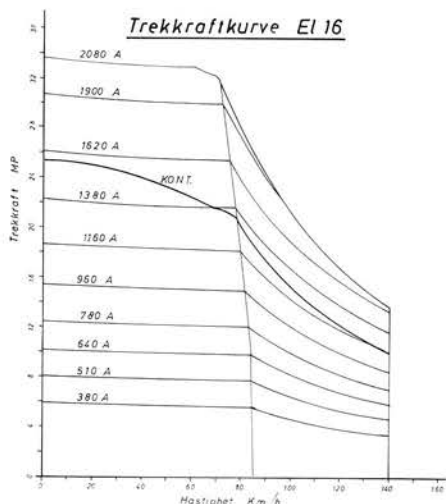
Det er lagt stor vekt på varme- og lydisolering av førerrom. Grensen for akseptabelt lydtrykk i førerrom på fri linje ved  $V = 80$  km/t er satt til 65 dBA (hodehøyde lokfører) ved full belastning.

Lokomotivene utstyres med meget kraftige frontruter i splintsikkert glass som gir full sikkerhet for fører uten anvendelse av frontgitter. Rutene får termostatstyrt elektrisk oppvarming for vinterdrift.

I det ene førerrom er anbrakt et lite kjøleskap.

NSB's normale underliggende snøploger anbringes i begge ender for helårsdrift.

Fig. 2





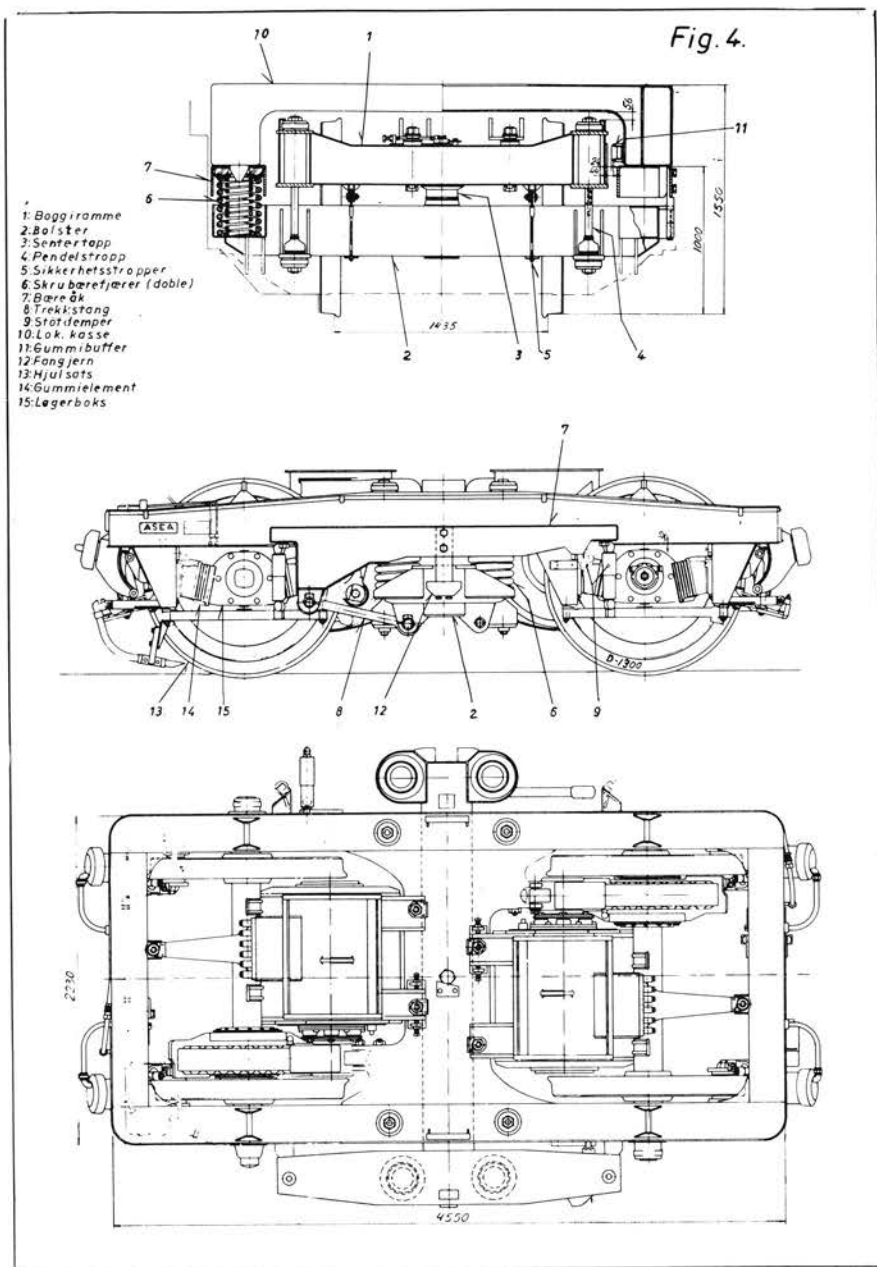


Fig. 4

pere (9) – 2 stk. vertikale og 1 stk. horisontal.

Lokkassen (10) hviler direkte på bæreåket hvor den styres av kroniske tapper.

Overføring av trekraften fra drivhjulene til lokkassen skjer over sentertappen til bolstret og herfra gjennom trekkstengene til bæreåkene og hermed til lokkassen.

De vertikale og horisontale relativbevegelser mellom lokkasse og boggi tas opp av skrubfjærene.

Til begrenning av sidebevegelser er på lokkassen anbrakt en gummibuffert (11) på hver side av boggien som danner fjærende anslag.

De nødvendige relative vridningsbevegelser mellom boggi og lokkasse ved kjøring i kurver etc. gjøres mulig ved sentertappens gummilagring og ved at pendelstroppene med sine halvt sfæriske gummielement tillater denne vridning.

Fangjernene (12) mellom bolster og bæreåk gjør det mulig å løfte lokkassen sammen med boggi.

Såvel boggiramme som bolster er sammensveiset til trykkette kasseprofiler som etter sveisingen er spenningsglødd og rustbeskyttet innvendig.

Hjulsatsene (13) har påkrympede hjulringer. Dette bryter med det prinsipp NSB i de senere 15–20 år har fulgt med anvendelse av helhjul («solid type») på alle toglok bl.a. for å eliminere faren for løse hjulringer. Også på loktype El 16 ville vi ha foretrukket helhjul, men en omkonstruksjon på dette område ville ha betydd en vesentlig forskyvning i leveringstiden, da kombinasjonen helhjul/skivebrems ikke var konstruert. Da den vesentlige del av bremsearbeidet på loktype El 16 opptas av El.bremse og skivebrems, vil oppvarming av hjulringene bli minimale og vi mener derfor at faren for løse hjulringer er meget liten. Ved eventuell senere bestilling av El 16 vil det imidlertid foreligge de nødvendige tegninger, slik at vi fritt kan velge, – likesom de leverte lok hvis nødvendig siden kan utrustes med helhjul.

Primærfjæringen består av skråstilte gummielement armert med stålplater (14) som er festet i lagerboks (15) og i boggiramverket. Gummifjærene gir nødvendig vertikal avfjæring samtidig som de muliggjør aksial bevegelse av akslene og letter den radielle innstilling av hjulsatsene som tilstrebes ved kjøring i kurver.

Banemotorene er festet til boggirammen i tre punkter, to på boggiens tverrbjelker og en på endebjelkene. Til dette formål er motorene utstyrt med to festeører mot tverrbjelken (a) og armen (c) som monteres mellom motoren og endebjelken.

Tannhjulkassen er montert fast på drivhjulakselen og reaksjonskraften opptas av staget (d). Dette fikserer tannhjulkassen til boggirammen. I dette stag er den såkalte pressduktor bygget inn, se fig. 8. Dette er en «giver» som registrerer de opptredende krefter i reaksjonsstaget og gir signaler proporsjonale med disse krefter. Den kontrollerer således forholdet trekraft i relasjon til utnyttbar

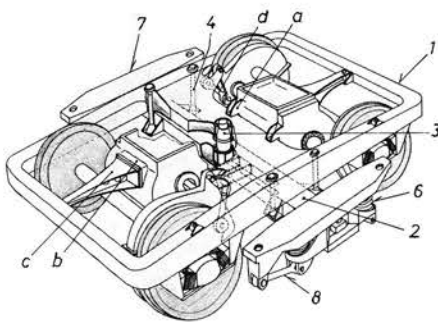
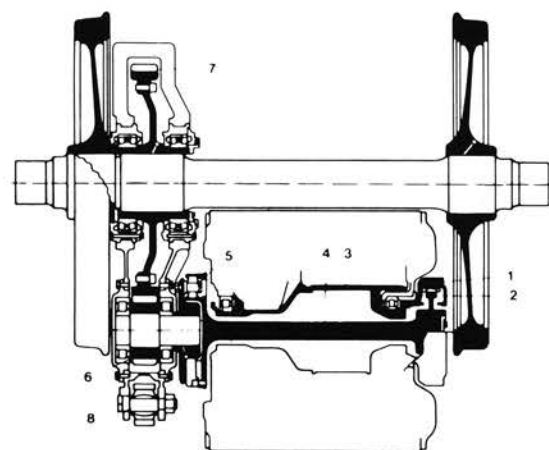


Fig. 5

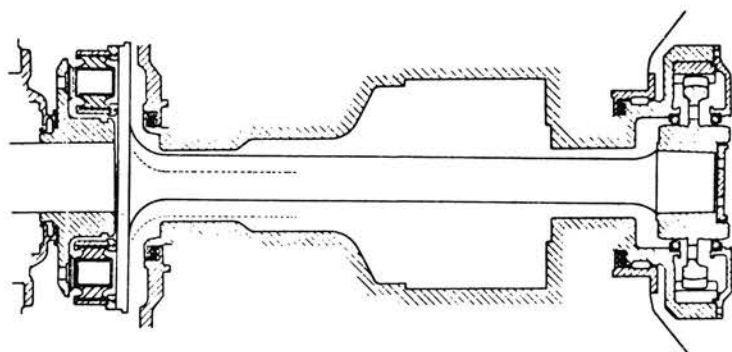
adhesjon for den enkelte drivaksel, idet de bearbejdede signaler anvendes til tilpassing av trekraften.

For kraftoverføring mellom banemotor og drivaksel kommer ASEA's vanlige drivanordning til anvendelse med torsjonsaksel sentrisk gjennom rotorens hulaksel, se fig. 6. Denne drivanordning som ASEA innførte allerede i midten av 50-årene på Ralokene er siden blitt standard på alle ASEA's elektriske boggilok og mo-

Fig. 6



- 1: Tannhjulskopling i oljebad
- 2: Torsjonsakselens tannhjul
- 3: Rotorhulaksel
- 4: Torsjonsaksel
- 5: Gummikopling
- 6-7: Tannhjulsvexsel
- 8: Feste for tannhjulskapsel



torvogner. Ved NSB har vi denne utførelse på El 15 på Ofotbanen.

Som det fremgår av figuren føres dreiemomentet fra rotoren over en tannhjulskopling (1-2) til torsjonsakselen i rotorens sentrum (4) og videre over en gummikopling av type Layrub (5) til tannhjulsvexselen (6-7). Relativbevegelsene mellom hjulsats og boggiramme opptas av Layrubkoplingen og tannhjulskoplingen muliggjør relativbevegelser aksielt.

På fig. 7. er vist akselavlastningen som følge av trekraften. Som det fremgår av tegningen er avlastningen relativt beskjeden.

El 16 er utstyrt med elektrisk motstandsbrake med en kontinuerlig ytelse på 2400 kW (se Elektrisk del) og trykkluftbrake anordnet som en kombinert skivebrake/klossbrake. Med den meget sterke adhesjonsutnyttelse som kreves av El 16, har vi ansett det for nødvendig at ca. 15% av bremsarbeidet fra trykkluftbremsen opptas av klossbremsen for herved bl.a. å holde hjulbanene rene.

Bremsekivene er anbrakt på hju-

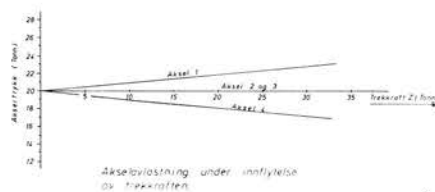


Fig. 7

lene og hver hjulsats har sin bremsesylinder fabrikk SAB med innbygget bremseregulator som over et mekanisk armsystem aktiviserer bremsebakkene.

Hvert hjul har videre egen SAB bremsesylinder for den ensidige klossbrake.

Håndbremsen arbeider på begge midtre hjulsatser og er av type SAB «Fjäderbroms». Den kan tilsettes og løses fra begge førerrom.

Bremsesystemet er bygget slik at ved samtidig bruk av el. brake og trykkluftbrake holdes trykkluftbremsen automatisk tilbake så lenge el. bremsen gir full bremsekraft. Ved avtagende bremsekraft fra el. bremsen holdes lokets totale bremsekraft konstant ved automatisk økende tilskudd fra trykkluftbremsen.

Lokomotivet utstyres videre med ekstra luftledning (apparatledning) bl.a. for betjening av dører etc. på nye personvogner.

Som berørt i NSB teknikk nr. 3/76 ble det for loktype El 16 stilt to hovedbetingelser:

1. At lokomotivene skulle kunne fremføre samme tog etter samme ruter som loktype El 14.

2. At lokomotivene ikke skulle påkjenne skinnegangen mer enn lokomotiver av type El 14.

Ad. 1. Våren 1976 foretok NSB i ca. 14 dager sammenliknende prøver og registreringer med et modifisert Rc 4 lok og et El 14 lok på Bergensbanen mellom Ål og Voss i ekstratog med fast stamme og på Dovrebanen i ordinært tog.

Ved disse provisoriske prøver, hvor Rc 4 loket riktignok ble utrustet med de store banemotorer og ballastet til 20 t akseltrykk, var det ikke mulig helt ut og få et innjustert og trimmet lok lik det El 16 som forventes. Allikevel ga prøvene som resultat, at kravet var innfridd.

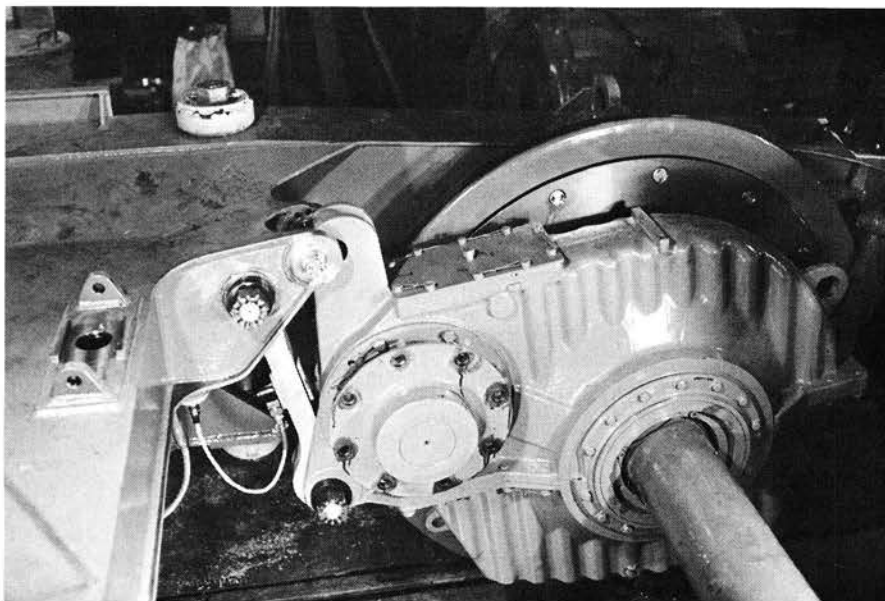


Fig. 8

Ad. 2. Når det gjelder lokomotivenes påkjenninger av sporet, er det så vel ved NSB som ved ASEA foretatt inngående teoretiske sammenliknende beregninger over opptredende krefter mellom hjul og skinne. Beregningene indikerer at også dette krav vil bli innfridd. For å få fastlagt de virkelige opptredende krefter, vil det sommeren og høsten 1977 bli foretatt omfat-

tende målinger og registreringer på et lokomotiv av type El 14. Fra Schweizerische Bundesbahnen har vi elskverdiggst fått utlånt 4 målehjul som av NSB's tekniske laboratorium vil bli utstyrt med strekkapper og montert under loket. Ved hjelp av NSB's målevogn vil registreringen bli foretatt. SJ har til hensikt å utføre liknende målinger på et Rc 4 lokomotiv, og det vil bli meget interessant i sin tid å sammenlikne de målte verdier med de beregnede.

## ELEKTRISK DEL

### 1. Hovedtrekk vedrørende oppbygging

Visse hovedtrekk ved den elektriske utrustning på loktype El 16 er felles med El 15, jfr. NSB-tekniske meddelelser nr. 4/1965. Dette er bl.a.:

Likerettet vekselstrøm for hovedmotorene, 3 x 380 V, 50 Hz anlegg for bruk av enkle 3-fase hjelpemotorer, er utvidet på El 16 til også å omfatte kompressormotor og viftemotor for bremsemotstand.

Bremsemotstandene er anbrakt i viftekjølt sjakt (ikke med naturlig kjøling på taket slik som El 14 og BM 69).

Kabler forlegges i takbuen bl.a. av kjølehensyn. Innpluggbare møbler benyttes såvel for hovedmotorventi-

lasjon som for skap inneholdende de ulike typer av elektrisk utrustning. Motormøblene inneholder dog ikke strømretter for hver sin motor tilsvarende El 15's likerettere, idet El 16 har et strømretterskap på hver side av transformatoren.

Fig. 9 viser snitt gjennom El 16's lokkasse i et såkalt motormøbel. Dette viser at luftinntakene langs takbuen (som El 15 har) er supplert med langsgående oppbygg eller takluker.

Luften passerer først en lydtemper, deretter de to seriekoblede motrøterende viften, så en filterdel og til slutt belgarrangement som på El 15 mellom lokkasse og motor.

I tilknytning til luftsjakten har mo-

tormøblen et skap som inneholder motorkontakter for motor- og bremsestrømkrets, skillebryter for turtallsgiver, måleshunt og strøm- og spenningsreleer.

### 2. Motor- og bremsestrømkrets

Vi skal se litt nærmere på trekraftutrustningen når det gjelder funksjon og regulering.

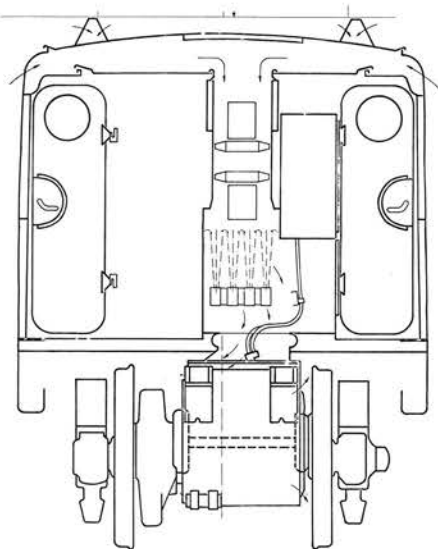
Fig. 10 viser i prinsipp hovedkomponentene med strømvaktar, hovedtransformatorens traksjonsdel, tyristor-regulert strømretter med regulerutrustning og hovedmotor(er). Strømretteren besørger både spenningsregulering og likeretting av motorspenning/-strøm. (Jfr. NSB tekn. nr. 4/1976). Transformatoruttakene blir derfor færre enn ved vekselstrømmotorene, og reguleringen styres med meget små strømmer uten elektromekaniske innretninger. Høyt utviklet automatisering ved hjelp av siste generasjons elektronikkomponenter er derved muliggjort, som vi skal komme litt inn på senere. En form for «computerdiagnose» ved sjekking og feilsøking hører også med til gevinsten.

Fig. 11 viser forenklet skjema for høyspennings- og motorstrømkrets med angivelse av komponentene (RC 4 skjema, men med El 16-bremsestrømkrets antydning lengst til høyre, for 1 motor). Hver motors rotorvi-

Fig. 9

Motorventilasjon

Snitt gjennom motormøbel





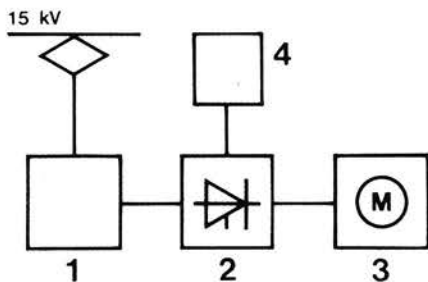


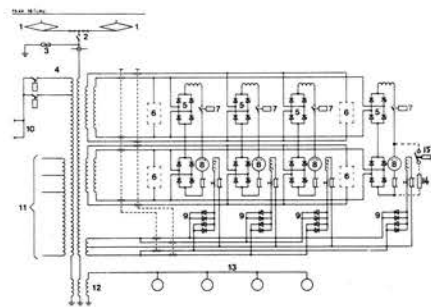
Fig. 10  
Traksjonsutrustningens samordning i tyristorlok for vekselstrømbaner.  
1 Transformator. 2. Strømretter. 3. Traksjonsmotor. 4. Regulerutrustning

kling mates fra 2 like transformatorviklinger gjennom såkalte halvstyrte strømretterbroer som styres trinnløst ut inntil vedkommende transformatorvikling avgir sin fulle spenning, som er halvparten av maksimal rotor-spenning. Ved hjelp av neste strømretterbro adderes så spenning fra transformatorvikling nr. 2 til ved gradvis utstyring også av dennes spenning.

Full rotorspenning er ca. 1000 Volt, d.v.s. 500 Volt over hver transformatorvikling.

Motorene er separatmagnetisert, d.v.s. at hver motors magnetfeltviklinger mates over egen strømretterbro. Feltstrømrettere kan levere strøm i begge retninger.

Fig. 11.  
Høyspennings- og motorstrømkrets for Rc 4/El. 16-lok. Forenklet skjema.  
1. Strømvakt. 2. Høyspenningsbryter. 3. Overspenningsavleder. 4. Hovedtransformator med reaktor. 5. Halvstyrt tyristorbro. 6. Overtonefilter, kondensatorbatteri. 7. Motorkontaktor. 8. Traksjonsmotor, sep.-magnetisert. 9. Feltstrømretter. 10. Togvarmeuttak. 11. Hjelpestromuttak. 12. Jordingstransformator. 13. Jordingsbørster. 14. Bremsekontakt. 15. Bremsekontakt.



Lokets kjøreretning bestemmes av strømretningen i motorfeltviklingene. Feltstrømretterne, disses felles transformatorvikling og de 4 motorens feltvikling er vist på koplingskjema i fig. 12.

I nedre hastighetsområde benyttes fullt magnetfelt, mens feltstrømmen reduseres i øvre hastighetsområde, d.v.s. at motorene får der såkalt feltsvækking som senker motorenes induerte motspenning. Dette gjør at motortrekraften, d.v.s. også motoreffekten, kan opprettholdes ved relativt høy hastighet. Sammenligning av trekraftkurver for El 14 og El 16 vist i fig. 13 anskueliggjør El 16's fortrinn som ekspresstogslok p.g.a. nevnte effekt- og trekraftgevinst (50% høyere trekraft ved 120 km/h).

Under elektrisk bremsing går motorene som likestrømgeneratorer, d.v.s. at rotorstrømkretsene da skilles fra transformatoren og leverer strømmen de genererer inn på bremsekontaktene.

Fig. 14 viser bremsekraften som funksjon av feltstrøm (øvre skala), hastighet og ankerstrøm (høyre skala).

Bremsekraften reguleres ved å regulere feltstrømmen ved hjelp av førerens spak, som har 6 bremsekrafttrinn. Bremsekraften holdes automatisk på innstilt verdi, idet kraften beregnes ut fra anker- og feltstrøm. (Direkte måling ved hjelp av presdaktorene ville antakelig også ha vært mulig.)

Her skal innskytes at samme spak benyttes av føreren både til å innstille bremsekraft og trekraft. Full bremsekraft has i spakens bakre stilling og denne kraft reduseres til 0 via 6 trinn, og ved å føre spaken videre fremover fra 0 kan trekraften reguleres i 9 trinn.

**3. Utrustning og skjema for automatisering av reguleringen av trekraft og hastighet og for optimal adhesjonsutnyttelse under vanskelige forhold.**

Prinsippkjemaet i fig. 15 viser regulerutrustningen for et RC 4 lok.

Dette er noe forenklet i forhold til El 16's skjema hvor det i tillegg kommer:

1) styre-/måleorganer for bremsekraftregulering

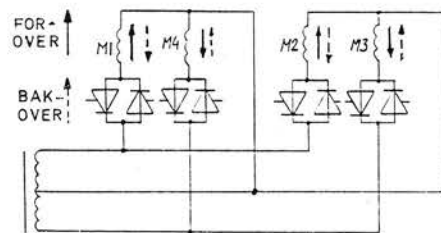


Fig. 12  
Strømkrets for motormagnetisering. Transformatorvikling, feltstrømrettere og motorfeltviklinger.

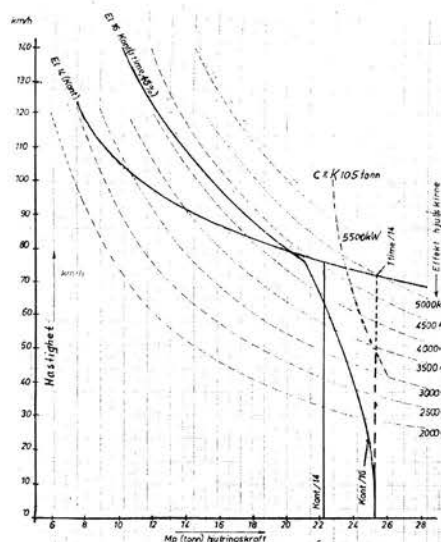
- 2) automatisk begrensning av feltsvekking ved lav kontaktlednings-spenning (da feltsvekkingen gir liten gevinst, mens traksjonsutrustningen får stor termisk belastning)
- 3) effekt/strøm-forsterkning med økt ventilatorhastighet ved spesielt behov.

Generelt kan sies at reguleringen tar sikte på å avlaste føreren for mange funksjoner, idet innstilt hastighet skal kunne holdes uavhengig av variasjoner i kontaktlednings-spenningen og stigningsendringer.

Nevnte blokkkjema (fig. 15) kan oppdeles i fire funksjonsenheter, nemlig:

1) hastighetsregulering

Fig. 13  
Trekraftkurver for El. 16 og El. 14. Hastighet som funksjon av trekraft ved kontinuerlig (varig) ytelse, timeytelse antydnet. Kurver av trekraftforløp ved konstante verdier på effekt hjul/skinne inn-tegnet.



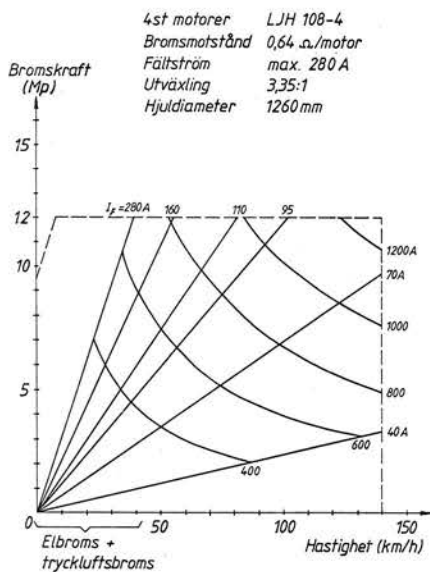


Fig. 14  
Bremsekraft som funksjon av hastighet, feltström (rette linjer) og rotorström (krumme linjer).

- 2) og 3) motorströmregulering i 2 motorgrupper som behandles hovedsakelig uavhengig av hverandre, d.v.s. at motor 1 og 2 behandles som en enhet eller modul, likeså 3 og 4.
- 4) enhet for slireregulering.

I det etterfølgende refererer tallene i parentes til prinsipskjemaets posisjonsnummer:

### 1) Hastighetsregulering.

Loket styres av to organer: trekkraftkontrolleren (spaken) (1) og hastighetsreferansen (2) = innstilt hastighet, som sammenholdt med lokets hastighet i (4) gir ledeverdi for ström ved hjelp av (3) som så styrer motorströmregulatoren (8) via (5) og (6). De to sistnevnte ledd gjelder henholdsvis signal også til 1 eller 2 multiplestyrt lok, og automatisk strömbegrensning. Sistnevnte (6) gir begrensning av motorström (lokeffekt) ved lav kontaktledningsspenning ved lav ventilasjon, ved sliring og ved for høy strömretterttemperatur.

### 2) Rotorströmregulering.

Denne blir som foran nevnt behandlet ved hjelp av to hovedenheter i to like såkalte motormoduler for respektive motorene ½ og ¾. Verdien fra strömbegrensningseenhet (6) sammenlignes med maks. rotorströmverdi Ja maks. (7) for begge motormodulene i rotorströmregulator (8). Sekvensstyringen ved (10) sørger for re-

gulering av rotorens spenning ved riktig utstyring av disse strömretterbroer. Når broene (tils. 4 broer pr. modul) er utstyrt og dermed full spenning er nådd, gis fra strömregulatoren (8) feltsvækkingsignal til de 4 feltströmregulatoren (11).

P.g.a. separatmagnetiseringen av de parallellkoblede rotorere kreves spesiell regulering for at motorene skal dele belastningen likt. For hver motormodul sørger lastdelingsregulatoren (9) for dette. I feltsvækkingsområdet sørger lastdelingsbegrensningen (13) på en forenklet måte for at motorenes magnetiseringskurve (forholdet feltström/magnetfelt) tilpasses under reguleringen.

### 3) Slirereguleringssystem.

Dette skal sørge for at lokomotivet utnytter adhesjonen maksimalt under vanskelige føreforhold. På El 16 benyttes til dette først og fremst pressduktorer innebygget i hver motordrivanordnings reaksjonssteg, som kan måle motordreiemoment, d.v.s. trekkraft. På adhesjonsgrensen kommer hjulsatsene i torsjonssvingninger, som pressduktorene måler som pulsasjoner. Pressduktorsignaler som karakteriserer akselens egenfrekvens filteres ut, og ved en viss grad av vibrasjoner blokkeres trekkraftens oppregulering. Dette benyttes både til å hindre for store akselpåkjenninger og til slirevern, som vi senere skal se.

Blokkskjemaet angir pressduktorgivene (16) i de fire reaksjonssteg og nevnte filter (17).

Slireregulatoren (18) griper inn når sliresignalene overstiger en viss verdi, og dette skjer individuelt slik at hver motors trekkraft korrigeres via feltregulatoren

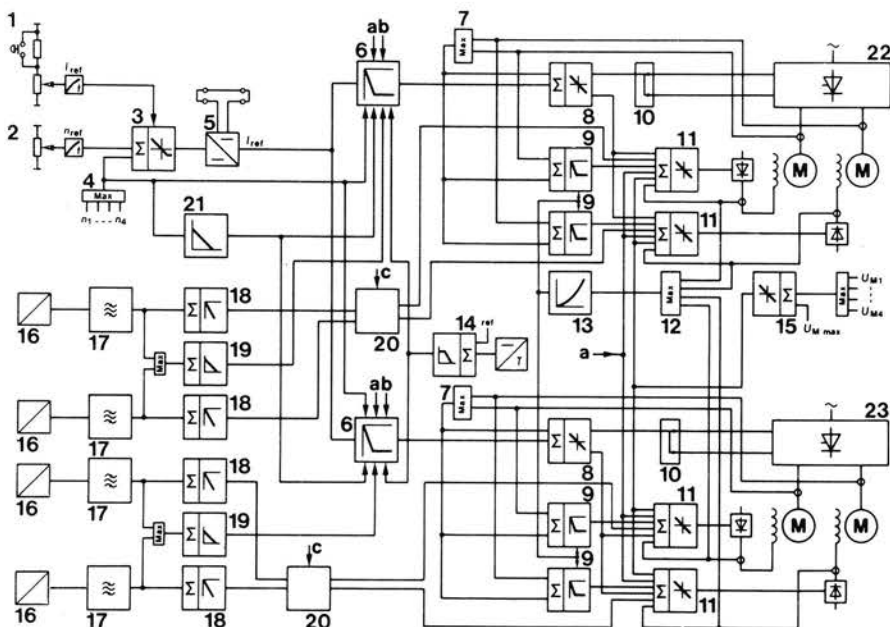
(11). I feltsvækkingsområdet skjer dette inngrep ved å øke feltströmmen i den motor som slirer, og bare en liten feltströmøkning gir stor reduksjon i rotorström d.v.s. trekkraftreduksjon.

Ved hastighet under feltsvækkingsområdet, d.v.s. ved full feltström, kan trekraften ikke reduseres slik som nevnt, men det må gripes direkte inn i rotorströmreguleringen for å senke rotorspenningen. Den individuelle motortrekraftreguleringen settes da igang ved at den slirende motors signal først reduserer feltströmmen for den ikke slirende motor i samme 2-motormodul, hvorved modu-

Fig. 15

Prinsipp- (blokk-) skjema for regulerturstrningen i et Rc4-lok.

1. Skalverdiger for rotorström. 2. Skalverdiger for hastighet. 3. Hastighetsregulator. 4. Maks.-verdi for motorturtall. 5. Overføringsledd. 6. Strömbegrensningseenhet. 7. Maks.-verdi for rotorström. 8. Rotorströmregulator. 9. Lastfordelingsregulator. 10. Fordelingsenhet for strömretterbro 1 og 2. 11. Feltströmregulator. 12. Maks.-verdigrense for feltström. 13. Lastdelingsbegrensning. 14. Temperaturovervåking av strömretter-olje. 15. Rotorspenningsregulator. 16. Pressduktorgivere i reaksjonsstegene. 17. Filter for pressduktorsignal. 18. Individuell slireregulator. 19. Totaltrekkraftregulator for to motorer. 20. Fordelingsenhet. 21. Slirebeskyttelse: Dynamisk, grensehast, lastdelingsblokkering. 22. Motormodul 1. 23. Motormodul 2. a. Redusert ventilasjon, b. Kontaktledningsspenning, c. Feltsvækking.





lens spenning senkes p.g.a. strømøkningen.

Det er flere detaljer i denne del av pressduktorreguleringen som det ikke går inn på her, hvor regulatorene (18) og (19) samarbeider.

I tillegg til denne del av slirebeskyttelsen has også 1) dynamisk slirebeskyttelse (ved spesiell rask turtallsøkning).

2) overturtallsbeskyttelse (ved motorturtall høyere enn tilsvarende 148 km/h) og

3) lastdelingsblokkering (under 22 km/h).

#### 4. Komponenter for traksjon og hjelpeutrustning

Traksjonsutrustninger er dimensjonert for kontaktledningsspenning mellom 16,5 og 12 kV. Fra 12 kV og ned til 10 kV blir trekraft og ytelse redusert suksessivt. Ved 10 kV er motorstrømretterne helt nedstyrt. Kritiske kontaktledningsspenningsforhold for loket unngås på denne måten.

Det såkalte telefilter (fig. 11 p.6)

skal redusere både svakstrømsforstyrrelser og lokets strømforbruk. Tyristorreguleringen gjør dette påkrevet.

Filterkondensatorene yter ca. 700 kVA reaktiv effekt som matesstasjonene avlastes for, d.v.s. en strømreduksjon på ca. 60 A ved 12 kV.

Hovedtransformator-kassen inneholder på toppen de 4 glatningsreaktorer for motorene (jfr. hovedstrømskjema). Transformatoren avviker fra RC4-transformatoren hovedsakelig ved at primærvikling av kobber er benyttet for å spare plass, samt for å øke ytelsen.

Oljekjøleren for transformator og reaktorer sitter i samme kjøleluftsjakt som de oljekjølte strømretterens kjøler, men sistnevnte har separat oljesystem.

Fig. 16

Strømretterbroenhet for rotorstrømretter. Oljekjølte skiveelementer med rørforbindelser og slanger. Sikringer i midtfelt.

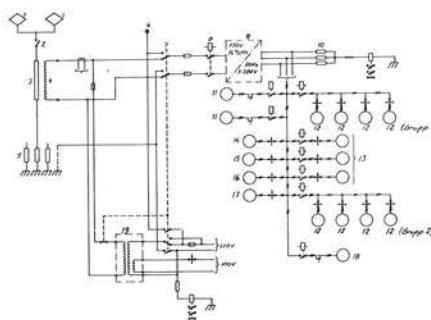
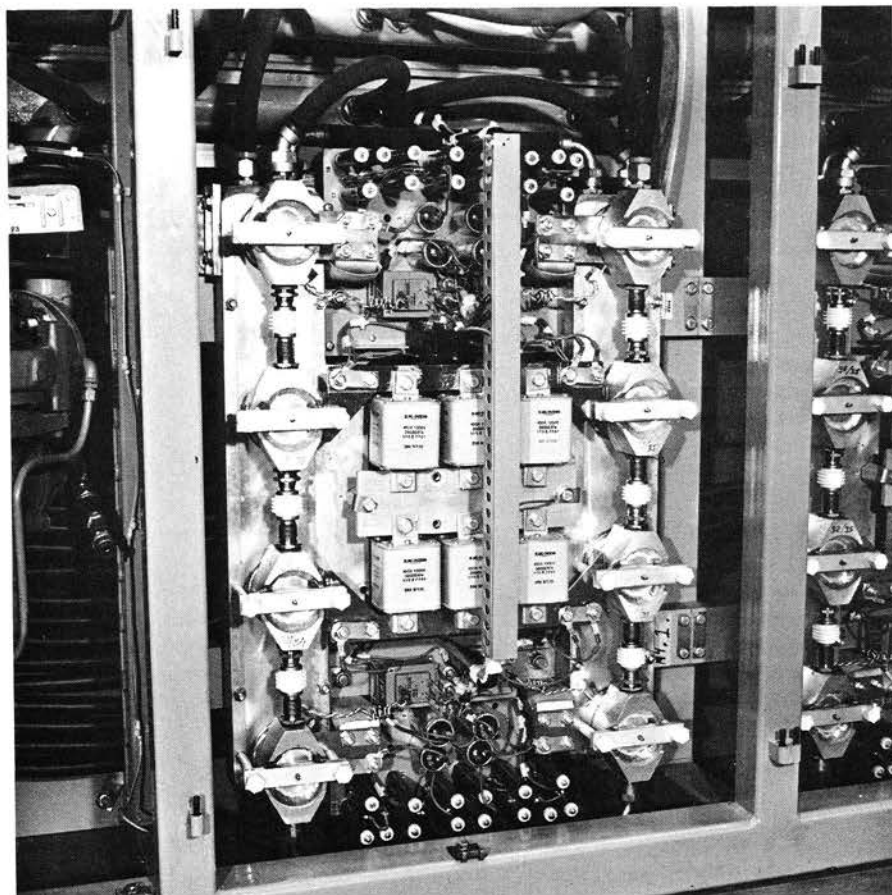


Fig. 17.

Skjema for hjelpemaskiner og hjelpestrøm. 1. Strømvakt. 2. Høyspenningbryter. 3. Primær- (høyspennings-)vikling, hovedtransformator. 4. Hjelpestromvikling 750 V. 5. Returstrømtransformator. 6. Prøvestrømuttak 220 V  $16\frac{2}{3}$  Hz. 7. Prøvestrømvender. 8. Kontaktor for omformer. 9. Omformer 750 V  $16\frac{2}{3}$  Hz til  $3 \times 380$  V 50 Hz. 10. Nullpunktmodstand. 11-14. Vifte- (ventilator-)motorer. 15, 16. Oljepumpemotorer. 17. Maksimumsventilator. 18. Kompressormotor. 19. Hjelpestrømtransformator 750 V til 220 og 100 V for batteriladning og oppvarming (lok).

Det er tyristorenes kjøleflenser (ribber) som gjennomstrømmes av olje, mens selve tyristorelementet som er skiveformet, fastspennes mot flensen, og motorstrømmen går aksialt gjennom skiven, d.v.s. at flensene fører spenning.

Arrangementet framgår av fig. 16 som viser en broenhet for rotorstrømretter med 4 slike skiveelementer vertikalt anordnet på begge sider, og hvor oljeledninger forbinder disse kjøleelementer. Oljeslanger ses i overkant, sikringer i midtfeltet.

Hovedmotorene er som foran nevnt noe endret i forhold til RC 4's og ØBB-lok RH 1043's motorer p.g.a. større ytelse. Hoveddendringen består i at kjøleluften først tilføres kommutatoren, hvor temperaturstigning på  $105^{\circ}\text{C}$  tillates, men det tillates opptil  $160^{\circ}\text{C}$  på rotor og ca.  $155^{\circ}\text{C}$  i stator, ved  $+40^{\circ}\text{C}$  utetemperatur.

Hjelpemaskinskjemaet er vist i fig. 17.

Det er bare hjelpekompressoren som ikke har 3-fasemotor.

Omformerens oppbygging er vist i prinsipp på fig. 18. Den er luftkjølt. Ytelsen er 135/100 kVA, virkningsgrad 92,5%, matespenning  $750\text{ V} \pm 20\%$ ,  $16\frac{2}{3}$  Hz. Avgitt spenning er

3 x 380 V, ca. 50 Hz. Frekvensen kan varieres over et stort område, og dette benyttes bl.a. til å forbedre transformator- og motorkjølingen når motorstrømmen overskrider en viss verdi. Omformervekten er 1015 kg, mot ca. 3000 kg for en roterende omformer.

Manøverstrømlegget forsynes fra 48 V Nife-batteri (70 Ah/5h) anbrakt under lokkassen. Ladespenningen er 60 V, slik at dette blir manøverspenningen.

I forbindelse med hjelpeutrustning skal nevnes at inntaket til bremsemotstandenes kjøleluft er forsynt med varmekabel for å hindre tilstopping om vinteren da luften tas inn nede i den vertikale sjakten.

Av utrustningen på førerbord er kontrollereens kjørbremsebetjeningspakk nevnt foran. Primærstrøm (linjestrøm) amperemeter fås i tillegg til RC 4's instrumenter.

Fig. 19 viser et utsnitt av instrumentfeltet og potensiometer for hastighetsinnstilling til venstre øverst.

Fig. 20 viser førerbordets indikeringstablå, hvor føreren straks kan slå fast hvilken feil som har oppstått i loket ved at vedkommende lampe lyser opp. Kvittering og tilbakestilling kan gjøres ved visse feil uten å forlate førerplassen, idet en kvitteringsknapp nedenfor tablået da også lyser

opp. 3 ulike kategorier av feil karakteriseres ved 3 lampefarger, stort sett avhengig av hvor alvorlig feilen er. Grønne signaler kan kvitteres en gang, og hvis feilen fortsatt er til stede, lyser nabokvitteringsknapp rødt. Evt. ny kvittering betinger da frigjøring av sperret relé i stativ i maskinrom.

Siste kategori av feilsignal kan ikke tilbakestilles. Det gjelder motorbeskyttelsesbrytere, sikringsautomater etc. hvor vedkommende beskyttelsesorgan nå innkoples i maskinrommet. Signaltablået viser da rødt signal.

Indikeringstablået er også tilpasset for multippeldrift, men nærmere lokalisering og kvittering i fjernstyrt lok må skje i dettes førerrom.

## 5. Sluttbemerkning

Det her presenterte om lokets elektriske utrustning er skjønnsmessig plukket ut, tildels av det skriftlige underlag, som er meget omfattende. Forenklinger og popularisering er gjort i en viss grad uten å undersøke at man har å gjøre med en helt ny type reguleringsteknikk. Denne avviker til dels meget fra regulering som benyttes på NSB's tidligere loktyper, men har mange fellestrekk med BM 69's regulering. Det åpner nye muligheter, men krever også omskole-

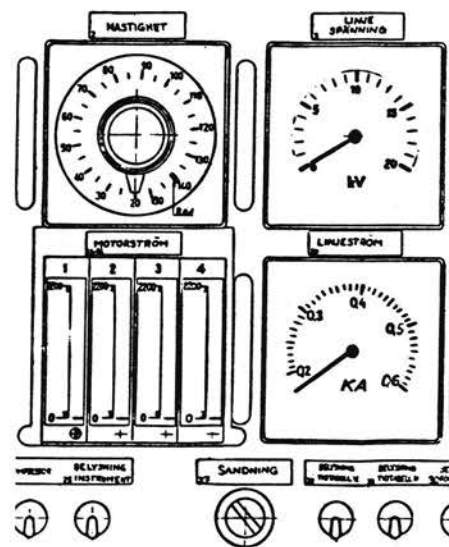


Fig. 19

Utsnitt av instrumentfeltet på førerbord. Hastighetsinnstilling, volt- og amperemeter primærstrøm, motorstrømamperemeter

ring både for ledende teknisk personale og for vedlikeholds- og betjeningspersonale.

En viss sammenligning av løsninger, f.eks. av slireproblemene, med tilsvarende for det konkurrerende lok-tilbud, kunne være av interesse men vil føre for langt i denne artikkel.

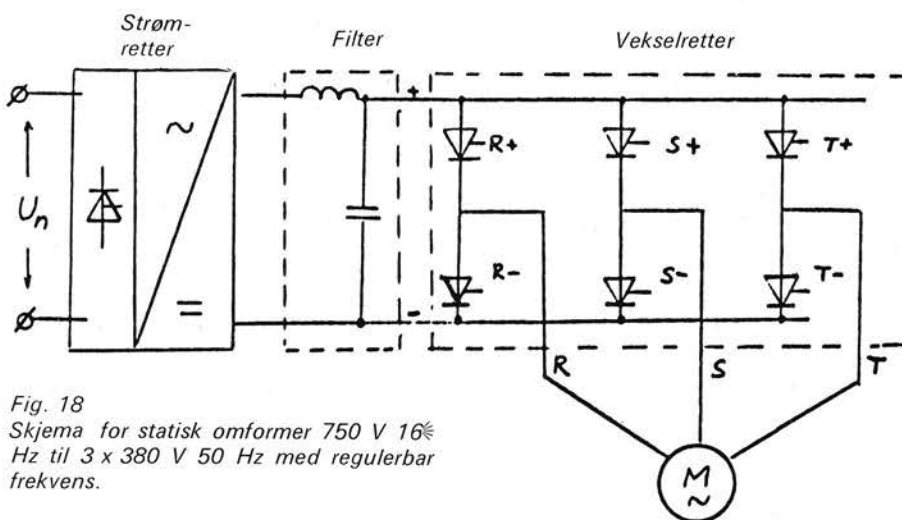


Fig. 18  
Skjema for statisk omformer 750 V 16% Hz til 3 x 380 V 50 Hz med regulerbar frekvens.

Fig. 20

Indikeringstablå på førerbord. Signallampefelt. (Hvite, ambr og røde signaler. Hvite og ambr har kvitteringsknapp i førerbord).

0-STROM 0-SP ROD	DRUKTAR- FEIL 1	0-STROM TÅDVARME	JORDFEIL ROTOR	VENT GRUPP 1	FRISTOP SÅKING	SÅKINGS BROTT DRUKTAR
0-STROM ISAV	FEIL 0-STROM ROD	DRUKTAR- FEIL 2	JORDFEIL FALL	VENT GRUPP 2	STROM FEIL MAX 100%	0-TIMP STROM TRANSIT
TRM 0-STROM TÅDVARME	SLYFEIL ROD	JORDFEIL 20 ~	VENT DRUKTAR	IN-BEHÅLL LÅST TÅTTEL	SÅKINGS BROTT S.F	
BROPE- VENT	JORDFEIL DRUKTAR	OLESTAMP TRANSIT STROM	URLADEN BATTERI MAX 1 TIM	FEIL REGLER VILLKOR		
N1	N2	N3	N4	0-STROM H-VERT	FEIL REGLER LØS	



# En anvendelse av elementær køteori på strømforsyningen Oslo – Lillestrøm

Av førstekonsulent Stein Erik Grønland

## Sammendrag

Kø-teori er velkjent som verktøy for kapasitetsberegninger i jernbanesammenheng. De fleste anvendelser finnes imidlertid i tilknytning til togbevegelser på linjen eller ved design av terminaler.

Denne artikkelen indikerer mulighetene innenfor et annet område, idet den analyserer overbelastnings-sannsynlighetene i strømforsyningen ved bruk av tyristor-materiell av typen BM-69. Dette materialet er karakterisert ved stort strømbehov i korte akselerasjonsperioder, og det problem som behandles, er beregningen av sannsynligheten for samtidig akselerasjon av flere tog innenfor et gitt tidsrom. Det understrekes at for å få fram hovedidéene er analysen noe forenklet i forhold til hva som er nødvendig for en mere avsluttet vurdering av foreliggende problem. Det er imidlertid forfatterens håp at artikkelen vil antyde noe om de muligheter som ligger i bruk av enklere operasjonsanalytiske modeller.

## 1. Innledning

Problemet med å bygge ut til rett kapasitet i jernbanesystemets ulike deler, er generelt sett en avveining av på den ene side hvor mye man er villig til å investere i øket kapasitet, og på den annen side hvilke konse-

kvenser en mangel på tilgjengelig kapasitet vil få. En slik avveining er imidlertid ufullstendig og kan føre til feil-prioritering, hvis man ikke også inkluderer *sannsynligheten* for kapasitetsbrist.

Køteori er i denne sammenheng et hjelpemiddel til å kvantifisere sannsynligheter for ulike grader av kapasitetsutnyttelse. Vi skal her begrense oss til denne delen av analysen, og gjennomføre den under relativt forenklete forutsetninger. Som konkret beslutningsgrunnlag må analysen bygges noe ut og gjennomføres ut i fra en mer detaljert gjennomgåelse av de tekniske sammenhenger, men det er forfatterens håp at artikkelen vil belyse en nyttig metode til sannsynlighetsvurdering i kapasitets-spørsmål.

## 2. Tyristorregulerte motorvogners innvirkning på anlegg for elektrisk banedrift [5]

Tyristorregulerte motorvogner, type BM-69 har uheldig innvirkning på de faste anlegg for elektrisk banedrift på grunn av betydelig lavere effektfaktor enn konvensjonelt trekkraftmaterieil og på grunn av hastighetsautomatikk.

Den lave effektfaktor har mindre betydning når materialet framføres med jevn hastighet. Under akselerasjon tas imidlertid ut meget høy, re-

lativt konstant strøm (ca. 230 A) fra kontaktledningsnettet under en stor del av hastighetsområdet. Ved sammenkopling av flere motorvognsett, adderes disse strømmer.

Foruten økede tap og spenningsfall i overføringsnettet med reduksjon av tilgjengelig energi til framføring av andre tog som måtte befinne seg innenfor samme mateområde, vil de høye strømmer kunne påvirke overstrømsvernet for vedkommende kontaktledningsavsnitt, med driftsforstyrrelser til følge. Overstrømsvernetes innstilling er avhengig av avstanden mellom matestasjonene og omformerkapasiteten i disse.

Selv om de maksimale strømmer som BM-69 bruker er av kort varighet, vil disse bli overlappet den øvrige belastning i kontaktledningsnettet, og således virke dimensjonerende for trafikkavviklingen.

For et enkelt tog med motorvogner, type BM-69, lar virkningene seg forholdsvis lett bestemme.

For å kunne vurdere bruk av flere tog med denne type motorvogner innen samme kontaktledningsavsnitt, må man imidlertid ha kjennskap til sannsynligheten for samtidig akselerasjon.

Vi skal i det følgende under forenklete forutsetninger utlede modeller for beregning av disse størrelser når henholdsvis to og fire sett med BM-69 samtidig befinner seg på strekningen Oslo Ø – Lillestrøm.

## 3. Enkel to-togsmodell

### 3.1. Modellbygging

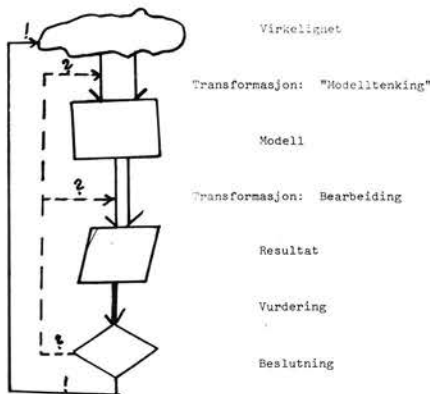
Vi skal her skissere noen modeller for analyse av strømbehovet i akselerasjonsperioder. La oss derfor innledningsvis ta for oss hva modellbygging egentlig er. Figur 1 illustrerer noe av dette.

Man tar utgangspunkt i virkeligheten, som i figuren er skissert «ul-len». Ved hjelp av mentale modeller og formaliserte teknikker søker man å plukke ut de deler av virkeligheten som er relevante for det problem man betrakter. Via denne transformasjon av virkelighet kommer man fram til en veldefinert modell som bearbeides videre. Denne kan gi resultater som basis for endelige vurderinger.

Hvis resultatene er tilfredsstillende 39



*Stein Erik Grønland er sivilingeniør fra linjen for teknisk fysikk, NTH 1973. Ansatt som markedsforsker ved NSB 1973, leder for analyse- og utredningsseksjonen ved Salg analyse mai 1974 – februar 1975, februar 1975 – førstekonsulent ved Organisasjons- og planleggingskontoret (Sentralorg.). Har i den senere tid hovedsakelig arbeidet med opplegget for NSB's perspektivplanlegging og har tidligere bl.a. vært prosjektleder for FoU-prosjekt T4 (NSB og oljen) og arbeidet med problemstillinger i tilknytning til Norsk samferdselsplan. ) Har utgitt flere eksterne publikasjoner i tilknytning til planlegging og logistikk.*



Figur 1. Modellbygging [3]

og virker rimelige ut i fra sunn fornuft, testresultater o.l., har man et grunnlag for beslutninger som igjen virker tilbake på virkeligheten. Hvis resultatene er utilfredsstillende, kan man enten bearbeide modellen med sikte på flere og bedre resultater, eller gå tilbake og revurdere modellen. Slik arbeider man i prinsippet til man er fornøyd.

### 3.2. Kømodell for strømforsyningen

Vi tenker oss i utgangspunktet en modell for strømforsyningen ved akselerasjon, som angitt i figur 2.

Togene kan betraktes som «kunder» som betjenes av et «betjeningsystem», den elektriske mating. Ved normal kjøring oppstår ingen kapasitetsproblemer, og det interessante er bare den «betjening» som skyldes tog under akselerasjon. Vi vil derfor begrense systemet vårt til dette.

La oss innføre to begreper, akselerasjonsfrekvens og betjeningsfrekvens. Med akselerasjonsfrekvensen menes i dette tilfellet antall oppstartede akselerasjoner («ankomster» til systemet) pr. tidsenhet for et motorvognsett som ikke allerede er under akselerasjon. Vi gir denne størrelsen betegnelsen  $\lambda$ . Tilsvarende menes med betjeningsfrekvens antall avsluttede akselerasjoner («ferdigbetje-

ninger» i systemet) pr. tidsenhet for et sett som er under akselerasjon. Denne størrelsen gis betegnelsen  $\mu$ .

Vi skal i det følgende gå ut fra at antall ankomster og betjeningstiden (akselerasjoner og akselerasjonstiden) er gjenstand for en viss tilfeldig spredning. Denne beskriver vi ved hjelp av såkalte sannsynlighetsfordelinger. De fordelingene som er benyttet i denne tilfelle, er en Poissonfordeling for ankomstene og en eksponensialfordeling for betjeningstiden. Dette innebærer at i et veldig kort (infinitesimalt) tidsintervall,  $dt$ , er sannsynligheten for at et tog skal akselerere  $\lambda dt$ . Tilsvarende er sannsynligheten for at et tog under akselerasjon skal avsluttes i et tidsintervall  $dt$  lik  $\mu dt$ . Dette er imidlertid en noe forenklet forutsetning, idet en relativt spiss fordeling rundt den midlere akselerasjonstid kunne vært å foretrekke. Likeledes ville en fordeling av sannsynligheten for at tog skulle akselerere som varierte ut i fra avstanden mellom holdeplassene være å foretrekke. Imidlertid kan den valgte, forenklete modell være nyttig som en første tilnærming, før andre og mer kompliserte modeller, f.eks. basert på simulering, tas i bruk.

Vi skal ikke her i detalj gå gjennom den teoretiske utvikling av en køteoretisk modell. For en elementær innføring henvises til referanse [2]. For dem som ønsker en noe grundigere innføring, henvises til [4]. Det kan imidlertid vises at for et slikt køsystem vil det i stasjonært tilstand gjelde følgende ligninger for sannsynlighetsfordeling:

Her er  $P_n$  sannsynligheten for  $n$  i systemet,  $\lambda_k$  betegner antall tog som forventes å akselerere pr. tidsenhet i et lite tidsrom  $dt$  når det allerede er  $k$  tog i akselerasjon, og  $\mu_k$  tilsvarende antall tog som pr. tidsenhet forventes å avslutte sin akselerasjon.

For det system vi betrakter kan vi nå sette opp:

- $k, k = 1, 2$  – antall tog i systemet.
- $\lambda_k$  – «akselerasjonsfrekvens».
- $\mu_k$  – «frekvens for avslutning av akselerasjoner».

For den periode hvor vi har to tog under trafikk på strekningen, vil vi da kunne sette opp:

$$(4) \lambda_k = \begin{cases} (2-k)\lambda, & k = 0, 1 \\ 0, & k \geq 2 \end{cases}$$

$$(5) \mu_k = \begin{cases} k\mu, & k = 1, 2 \\ 0, & \text{ellers} \end{cases}$$

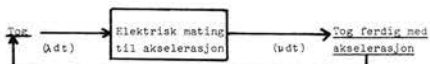
Vi har under normale forhold tilnærmet 15 akselerasjoner pr. tur Oslo – Lillestrøm, på 25 min. Dette gir:

$$(6) \lambda = \frac{15}{25} (\text{min}^{-1}) = 0,6 (\text{min}^{-1})$$

Midlere akselerasjonstid for BM 69 er 8 sek. Vi benytter:

$$(7) \mu = \left(\frac{1}{8} \text{sek}^{-1}\right) = 7,5 (\text{min}^{-1})$$

Figur 2. Køteoretisk modell, elektrisk mating til BM 69.



$$(1) P_n = \frac{\prod_{k=0}^{n-1} \lambda_k}{\prod_{k=1}^n \mu_k} S^{-1} = \frac{\lambda_0 \lambda_1 \dots \lambda_{n-1}}{\mu_1 \mu_2 \dots \mu_n} \cdot S^{-1}, \quad n \geq 1$$

$$(2) S = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\prod_{k=0}^{n-1} \lambda_k}{\prod_{k=1}^n \mu_k} = 1 + \frac{\lambda_0}{\mu_1} + \frac{\lambda_0 \lambda_1}{\mu_1 \mu_2} + \dots$$

$$(3) P_0 = S^{-1}$$



Dette gir:

Sannsynlighet for ingen tog i akselerasjon:

$$(8) \quad P_0 = \frac{1}{S} \approx 0,86 \quad (86 \%)$$

Sannsynlighet for et tog i akselerasjon:

$$(9) \quad P_1 = \frac{2 \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)}{S} \approx 0,14 \quad (14 \%)$$

Sannsynlighet for to tog i akselerasjon:

$$(10) \quad P_2 = \frac{\left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^2}{S} \approx 0,005 \quad (0,5 \%)$$

### 3.3 Sannsynlighet for simultane akselerasjoner

Ved kapasitetsvurderingen er vanligvis belastningsprofilen av typen (8) – (10) sentral. I det tilfellet vi betraktet, var det imidlertid av større interesse å finne forventet *antall* ganger det inntraff enkle eller multiple akselerasjoner, avhengig av antall tog samtidig på strekningen. Vi skal ofre litt plass på hvorledes dette kan beregnes i to-togstilfellet.

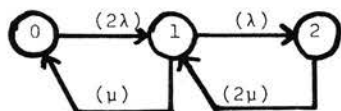
Vi tar da utgangspunkt i en inndeling av systemet i følgende tilstander:

Tilstand 0: Ingen tog under akselerasjon

Tilstand 1: 1 tog under akselerasjon

Tilstand 2: 2 tog under akselerasjon.

Tilstandene er definert umiddelbart etter hver gang systemet har *endret* sin tilstand. Vi går altså utelukkende inn og inspiserer systemet hver gang tilstanden endrer seg. Dette gir en prosess som angitt i figur 3.



Figur 3. To-togsmodellen: Alternative utviklingsmuligheter for prosessen.

Det kan nå stilles opp en matrise for overgangssannsynlighetene i prosessen:

Til Fra	0	1	2
0	0	$\frac{2\lambda}{2\lambda} = 1$	0
1	$\frac{\mu}{\mu+\lambda}$	0	$\frac{\lambda}{\mu+\lambda}$
2	0	$\frac{2\mu}{2\mu} = 1$	0

Vi benevner denne matrisen M. Med innsatte tallverdier får vi da:

$$(11) \quad M \approx \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0,93 & 0 & 0,07 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Prosessen angitt i figur 3 kan oppfattes som en Markov-kjede og matrisen M er dennes overgangsmatrise ref. [1], [2]. En *Markovkjede* kan noe populært sies å være en tilfeldig (stokastisk) prosess som utvikler seg på en slik måte at sannsynligheten for den tilstand systemet vil være i ved en observasjon, avhenger av tilstanden ved forrige observasjon og bare denne. Markovkjedens *stasjonærfordeling* er betegnelsen på den sannsynlighetsfordeling vi vil kunne observere for forekomsten av de ulike tilstander i systemet når vi betrakter det over meget lang tid.

La  $\underline{a}$  være en vektor som angir stasjonærfordelingen i Markovprosessen. Da kan  $\underline{a}$  finnes av:

$$(12) \quad \begin{cases} \underline{a}' = \underline{a}' \cdot M \\ \sum_i a_i = 1 \end{cases}$$

( $\underline{a}' = (a_0, \dots, a_1, \dots, a_n)$ )

Dette gir et lineært ligningssystem, som løst gir følgende stasjonærfordeling:

$$(13) \quad \begin{aligned} a_0 &\approx 0,47 \\ a_1 &\approx 0,5 \\ a_2 &\approx 0,04 \end{aligned}$$

To tog vil totalt i løpet av 25 min. gjennomføre  $15 + 15 = 30$  akselerasjoner. Tilstand 2 umiddelbart etter en tilstandsending betyr at vi har en dobbeltakselerasjon. Det relative bidrag til totalt antall akselerasjoner

blir således  $\approx 2 \cdot 0,04 = 0,08$ . Det relative bidrag rene enkeltakselerasjoner blir tilsvarende  $0,5 - 0,08 \approx 0,42$ . Av dette følger at av totalt antall akselerasjoner i løpet av en periode skulle tilnærmet 16% være medvirkende i dobbeltakselerasjoner og ca. 84% rene enkeltakselerasjoner. I løpet av en halv time skulle man således forvente 25,2 rene enkeltakselerasjoner og 2,4 dobbeltakselerasjoner.

Det er ved elektroavdelingen blitt gjennomført registreringer for å kontrollere realismen i de relativt grove beregninger som ble gjennomført. Den 19. 6. 75 ble det således ved Alnabru omformerstasjon foretatt registreringer av start for BM-69 på strekningen Oslo – Lillestrøm.

Utgående linjer fra Alnabru omformerstasjon mot Lodalen og Grefsen var utkoplet, og det samme var utgående linje fra koplingshuset, Oslo Ø mot Lillestrøm samt utgående linje fra Lillestrøm omformer og utgående linje fra Lillestrøm omformer mot Oslo. Alnabru matet således strekningen alene. Registreringene ble foretatt i perioden kl. 11.00–15.00 og relativt stasjonære forhold kan forutsettes å ha vært til stede.

Av totalt 240 starter ble 16 registrert som samtidig start, eller tilnærmet 6,7%. Forventet antall ut i fra den beregnede modell skulle være tilnærmet 8,7% eller for 240 registrerte akselerasjoner ca. 21. Med de valgte forenklinger i forutsetningen for modellen, må dette for tallenes størrelsesorden sies å være godt samsvarende.

## 4. En utvidet modell – firetogsmodell

### 4.1 Modell

For å få belyst på hvilken måte øket trafikk påvirket sannsynligheten for store topper i strømmuttaket, tok vi for oss tilfellet med 4 tog som trafikkerte strekningen. Dette tilsvarer en doubling av nærtrafikken med BM-69 på strekningen utifra dagens situasjon. For øvrig benyttes samme forutsetninger som i avsnitt 3. Som forutsetninger om antall akselerasjoner og akselerasjonstid ble benyttet de

samme størrelser som ved to-togstilfellet.

Vi vil beregne fordelingen for 0, 1, 2, 3 og 4 tog akselerende til samme tid. Vi får da følgende modell:

$$(14) \lambda_k = \begin{cases} (4-k)\lambda, & k = 0, 1, 2, 3 \\ 0, & k \geq 4 \end{cases}$$

$$(15) \mu_k = \begin{cases} k\mu, & k = 1, 2, 3, 4 \\ 0, & \text{ellers} \end{cases}$$

Da blir:

$$(16) S = 1 + 4\frac{\lambda}{\mu} + 6\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 + 4\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 + \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4 \approx 1,36049$$

Sannsynlighetsfordelingen blir da:

Sannsynlighet ingen akselerasjon:

$$P_0 = \frac{1}{S} \approx 0,735$$

Sannsynlighet 1 akselerasjon:

$$P_1 = \frac{4\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)}{S} \approx 0,235$$

Sannsynlighet 2 akselerasjoner:

$$P_2 = \frac{6\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2}{S} \approx 0,028$$

Sannsynlighet 3 akselerasjoner:

$$P_3 = \frac{4\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3}{S} \approx 0,002$$

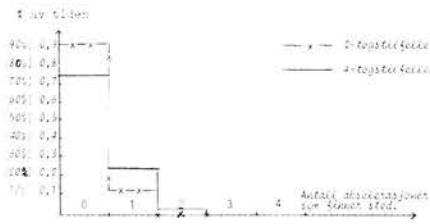
Sannsynlighet 4 akselerasjoner:

$$P_4 = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^4}{S} \approx 3 \cdot 10^{-5}$$

Dette resultatet innebærer:

73,5% av tiden ingen akselerasjon  
23,5% av tiden 1 akselerasjon  
2,8% av tiden 2 akselerasjoner  
0,2% av tiden 3 akselerasjoner  
0,003% av tiden 4 akselerasjoner.

Fordelingen i to- og firetogstilfellene er gjengitt i figur 4. Figuren angir sannsynligheten for å finne et gitt antall under akselerasjon, når man går inn i systemet på et vilkårlig tidspunkt.



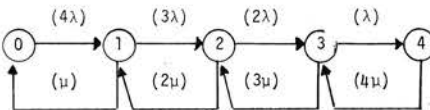
Figur 4. Sammenligning mellom stasjonær fordeling i to- og firetogstilfellet.

På denne måte kan man direkte få ut sammenlignbare «behovsprofiler» for kapasiteten, noe som er viktig ved kapasitetsvurderinger i mange tilfeller.

#### 4.2. Sannsynligheter for flere sammenfallende akselerasjoner

Som nevnt under avsnitt 3 var man for det aktuelle tilfellet først og fremst interessert i hyppigheten av sammenfallende akselerasjoner.

La oss analogt med beregningen i avsnitt 3.3. definere tilstandene i systemet, som antall tog i akselerasjon hver gang det skjer en endring i form av at et tog starter eller avslutter en akselerasjon. La videre tilstandene være nummerert ved antall akselerasjoner som er under utførelse. Dette gir en prosess som angitt i figur 5:



Figur 5. Alternative utviklingsmuligheter for prosessen.

For prosessen kan vi stille opp følgende overgangsmatrise:

$$(17) P = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{\mu}{\mu+3\lambda} & 0 & \frac{3\lambda}{\mu+3\lambda} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\mu}{\mu+\lambda} & 0 & \frac{\lambda}{\mu+\lambda} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3\mu}{3\mu+\lambda} & 0 & \frac{\lambda}{3\mu+\lambda} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Tilsvarende som i avsnitt 3.2 kan vi finne stasjonærfordelingen ved hjelp av  $a' = a'P$ . Dette gir:

$$(18) \underline{a} \approx \begin{bmatrix} 0,40 \\ 0,49 \\ 0,10 \\ 0,01 \\ 2 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}$$

Vi innfører hjelpevariabelen  $x$  definert ved (19):

$$(19) (a_4 + (a_3 - a_4) + (a_2 - a_3 \cdot \frac{3\mu}{3\mu + \lambda}) + (a_1 - a_2 \cdot \frac{\mu}{\mu + \lambda}))x = 60$$

Her er 60 antall akselerasjoner de fire togene totalt skal avvikle pr. 25 minutters syklus. Vi kan da finne antall  $i$ -togs akselerasjoner ( $n_i$ ) som startes opp ved at tog begynner å akselerere i en 25 minutters syklus av:

$$(20) \begin{aligned} n_4 &= a_4 \cdot x \approx 0,02 & n_3 &= (a_3 - a_4)x \approx 1,18 \\ n_2 &= \left(a_2 - a_3 \cdot \frac{3\mu}{3\mu + \lambda}\right)x \approx 10,88 \\ n_1 &= \left(a_1 - a_2 \cdot \frac{\mu}{\mu + \lambda}\right)x \approx 47,91 \end{aligned}$$

Dette innebærer at det i løpet av 25 minutter kan forventes registrert:

Et-togs akselerasjoner: 37,03  
To-togs akselerasjoner: 9,70  
Tre-togs akselerasjoner: 1,16  
Fire-togs akselerasjoner: 0,02

#### 5. Konklusjon

Den anvendte metode kan benyttes til grove kapasitetsberegninger, ved en relativt liten arbeidsinnsats, og med den grad av nøyaktighet som ofte er nødvendig ved forstudier. Ved mere inngående studier, hvor behovet for mer nøyaktighet i forutsetninger og beregningsresultat er påkrevd, kan det imidlertid være nødvendig med et annet verktøy som f.eks. simuleringsteknikk. Mye arbeid kan imidlertid spares ved bruk av relativt grove, analytiske modeller.

Også enkle simuleringmodeller har sin klare berettigelse i grove forstudier. For det aktuelle tilfellet kan det nevnes at en relativt grov simuleringmodell ble etablert med god



# Vedlikeholdsopplegg for kontaktledningen ved hjelp av målevogn og EDB

Av avd.ing. Ingolf Pedersen

## Innledning

FoU-prosjekt E4 «Register for elektrotekniske anlegg» ble startet opp i en prøvefase i 1975. Det ble primært rettet mot utviklingen av et EDB-system for utnyttelse av målevognregistreringene i vedlikeholdsarbeid på kontaktledningen. Prøveprosjektet var geografisk bundet til strekningen Eidsvoll-Ringsaker.

Til NSB' målevogn er det utviklet/anskaffet instrumentering spesielt beregnet på registrering av data for vedlikehold av kontaktledningen. De forskjellige målinger registreres på papir og gir et visuelt bilde av situasjonen på den aktuelle målestrekning.

Den etterfølgende manuelle behandling (analyse) av registreringene er imidlertid arbeidskrevende før et godt underlag for vedlikeholdsarbeid foreligger.

Det utviklede EDB-system er nå under utvidelse til å omfatte mesteparten av de elektrifiserte banestrekninger, totalt ca. 2200 km.

## Målte/beregnete størrelser

For vedlikehold av kontaktledningen er det av interesse å måle størrelser som har betydning for strømtilførselen til et lokomotiv.

For vedlikeholdsformål blir derfor følgende størrelser (variable) målt/beregnet:

1. Kontakttrådhøyde HK. HK blir målt v.h.a. vinkeldreiningen til en av strømvaktakerens opphengningsaksler.
2. Kontakttrådens pihøyde PH. PH er en beregnet størrelse og gjelder midt mellom to master.
3. Kontakttrådens stigning ST. ST beregnes på grunnlag av målt kon-

takttrådhøyde og er et uttrykk for kontakttrådens vinkel med sporplan.

4. Akselerasjon av strømvaktaker AKS. AKS er et mål for absolutt vertikal akselerasjon av strømvaktakeren. Det måles med et akselerometer plassert på et tverrstag like under strømvaktakerens vippe. Målingen indikerer harde punkter på kontaktledningen.

5. Kontakttrådens siksak SK. SK blir målt punktvis av 4 induktive følere. Følerne er plassert på strømvaktakerens vippe.

Denne punktvis måling er angitt i forhold til spormid, idet en korreksjonsfaktor tar hensyn til vognrullingen.

6. Elektriske fraslag FRT. FRT er et mål for den tid hvor den elektriske kontakt mellom strømvaktaker og kontakttråd er brutt.

7. Vognkassens akselerasjon AKSV. AKSV er et mål for den vertikale akselerasjon av vognkassen. I forbindelse med fraslag er det av interesse v.h.a. denne måling å finne harde punkter i sporet.

Figur 1 viser hvordan de enkelte angitte størrelser blir målt eller beregnet.

En nærmere definisjon av mastevinduet  $V(N)$  er gitt i fig. 4.

## Målevognens utrustning

Fig. 2 gir en grov oversikt over målevognens faste måleutrustning. Målesignalene går til to parallelle enheter hvor den ene enheten er tilpasset en konvensjonell skriver (registreringsenhet) og den andre en datamaskin.

Skriveren har 6 kanaler, 4 markører og papirframdrift som er proporsjonal med utkjørt distanse.

Hovedenhetene i vognens data-system består av:

- Sentralenhet med hukommelse.
- Elektronikk for kommunikasjon med ytre utstyr og tilpasningsenheter.
- Skrivemaskinterminal for vanlig operatørkommunikasjon og utskrift av alarmrapport.
- Papirbåndleser og papirbåndpunch.
- To 9-spors magnetbåndstasjoner, en for innmating av anleggsdata og en for lagring av måledata.
- Operatørpanel i målerom og kuppel for bl.a. synkronisering av automatisk posisjonsberegning med virkelig posisjon (ved start av måling og eventuelt senere ved observert feil i posisjonsberegningen). På operatørpanelene blir under måling angitt en kontinuerlig posisjonsindikasjon fra datamaskin.

Datamaskinens programsystem lades normalt inn fra magnetbånd. Inndata til dette programsystemet er en spesifisert tabell med vedlikeholdstoleranser og anleggsdata for hver mast langs målestrekningen. Dette foreligger på magnetbånd hentet fra et register på sentralt dataanlegg. Vedlikeholdstoleransene er fastsatte grenseverdier som de målte/ beregnede størrelser ikke må overskride. Spesielt viktige størrelser blir skrevet ut på alarmrapport dersom overskridelse av toleransene forekommer (se senere).

Anleggsdataene inneholder identifikasjon av hver mast (dens nr., km, osv.), nummer på en eventuell sugetransformator på masten, avstanden i m til neste mast (spennlengden) og visse andre karakteristika.

resultat og en rimelig arbeidsinnsats innen rammen av en uformell studiegruppe i operasjonsanalyse som var aktiv ved Hovedadministrasjonen i tiden 1974–75. Også andre, forenklete analytiske modeller ble med godt resultat utledet av ulike gruppe-medlemmer. [6]

Som en konklusjon kan det derfor pekes på at mulighetene til ved relativt enkle midler å gi grove, foreløpige vurderinger av kapasitetsproblemer av ulik art, skulle ligge godt

til rette ved bruk av operasjonsanalytiske metoder. For forstudier kan dette i mange tilfeller utføres med en *beskjeden* ressursinnsats. For mere kompliserte problemer og betraktninger, hvor også kravene til detaljert dokumentasjon av modellenes forutsetninger må være større, vil naturligvis arbeidsinnsats og metodevalg måtte tilpasses dette.

## Referanser:

- 1) Cox & Miller: The Theory of Stochas-

tic Processes. London, Methuen & Co. Ltd., 1965.

2) Danielsen og Grønland: Om operasjonsanalytiske metoder. Oslo, NSB, 1975.

3) Grønland: Distribusjon og logistikk. Oslo, Bedriftsøkonomens forlag, 1977.

4) Saaty: Elements of Queuing Theory. New York, Mc Graw-Hill, 1961.

5) Moi: Intern notat.

6) Danielsen, Moen, Pedersen, Sture m.fl.: Intern kommunikasjon i forb. med studiegruppe for operasjonsanalyse i NSB 1975.

**Symbolbruk:**

$L(N)$  = Spennlengden i meter mellom mast nr.  $N$  og  $N+1$ .

$H(N)$  = Målt kontakttrådhøyde i cm ved mast nr.  $N$ .

$HK$  = Kontinuerlig målt kontakttråd-høyde.

$HM$  = Beregnet kontakttrådhøyde av rettlinjert tråd midt i spenn.

$\Delta H$  = Høyde fra sporplan til krenings-senter = ca. 80 cm.

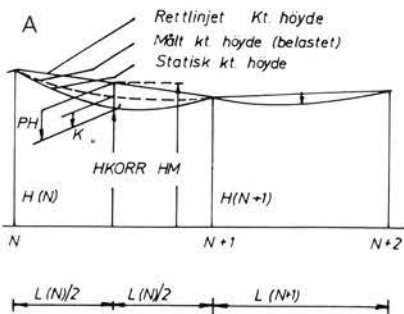
$HV$  = Høyde fra krenings-senter til vippe-topp.

$SY$  = Avstand i cm fra vippens midtpunkt til de to ytterste signalgivere på hver side (45 cm). Signalgiverne blir bare aktivisert når kontakttråden passerer disse.

$SI$  = Avstand til de to innerste signalgivere (20 cm).

$FRTM$  = Målt fraslags-tid i antall avtaste-perioder = 20 millisekunder.

$V(N)$  = Måleområde for mast nr.  $N$ .



**Beregninger:**

$H KORR$  = Korrigert kontakttrådhøyde midt i spenn.

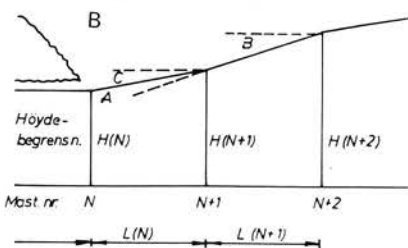
$H KORR = HK \div K$ .

$K = \frac{L(N)}{10}$  (= Korreksjonsfaktor)

$PH$  = Pilhøyden

$PH = HM - H KORR$

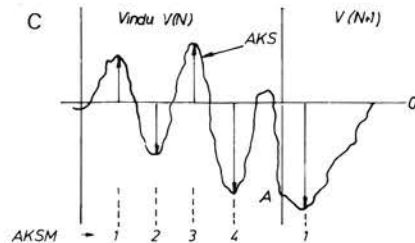
$HM = \frac{H(N) + H(N+1)}{2}$



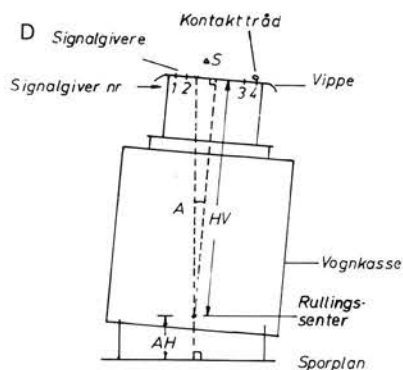
$ST$  = Kontakttrådens stigning

$ST = |tg A| = tg (B-C)$

$$\approx \left| \frac{H(N+1) - H(N)}{L(N)} - \frac{H(N+2) - H(N+1)}{L(N+1)} \right|$$



$AKS$  = Aksellerasjon av strømavtaker Bare den største  $AKSM$  i  $V(N)$  angis.



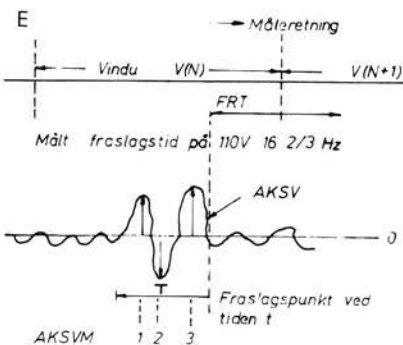
Kjøreretning inn i papirplan

$SK$  = Punktvis og korriger målt siksak i forhold til sporplan.

$SK = SY + \Delta S$  (= Signalgiver nr. 4 aktivisert).

$SK = SY - \Delta S$  (= Signalgiver nr. 1 aktivisert).

$\Delta S = HV \cdot tg A \approx HV \cdot A$  (= Korreksjonsfaktor).



$FRT$  = Angitt fraslags-tid i antall halv-perioder.

$$FRT = FRTM \cdot \frac{20}{30}$$

$AKSV$  = Aksellerasjon av vognkassen. Hvis fraslag inntreffer angis den største  $AKSM$  innenfor intervallet  $t$  og  $t-T$

Båndet for anleggsdata leses av datamaskinen synkront med utkjørt distanse og måleresultater for hver enkelt mast skrives tilsvarende ut på det andre magnetbåndet. Dette går senere til sentral databehandling for utskrift av fullstendige rapporter og til lagring av måleresultatene som historiske data.

**Posisjonsberegning**

Hver masteposisjon må kunne angis nøyaktig under måling dersom de målte/beregnete størrelser skal kunne angis med tilstrekkelig nøyaktighet.

Den automatiske posisjonsberegningen baserer seg på måling av utkjørt distanse målt med km-teller. Den utkjørte distansen blir så sammenlignet med distanse beregnet ved summering av spennlengder i anleggsdataene. For å kompensere for målefeil i km-teller og feil i anleggsdata, er det innført en korreksjonslengde som adderes til målt utkjørt distanse.

Korreksjonslengden beregnes på grunnlag av automatisk registrering av følgende fastpunkter:

- 1 Masteposisjon. Masteposisjonen kan bare registreres i dagslys. Ny korreksjonslengde beregnes da ved hver mast, normalt ca. hver 60. m.
2. Sugetransformatorenes posisjon. Registrering av sugetransformator er uavhengig av lysforholdene. Ny korreksjonslengde beregnes ved annenhver sugetransformator, normalt ca. hver 5. km.

Begge metoder for beregning av korreksjonslengden kan operere separat og i dagslys brukes begge metoder. Dette gir den mest nøyaktige posisjonsberegning.

Når det ikke beregnes korreksjonslengde, setter datamaskinen automatisk masteposisjonen på basis av anleggsdata (summasjon av spennlengder).

Sugetransformatorene har noenlunde jevn geografisk spredning

Fig. 1. Oversikt over målte/beregnete størrelser for vedlikehold av kontaktledningen.



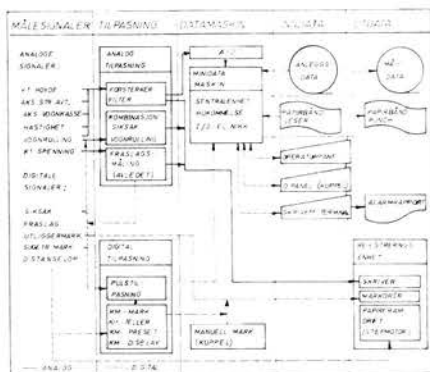


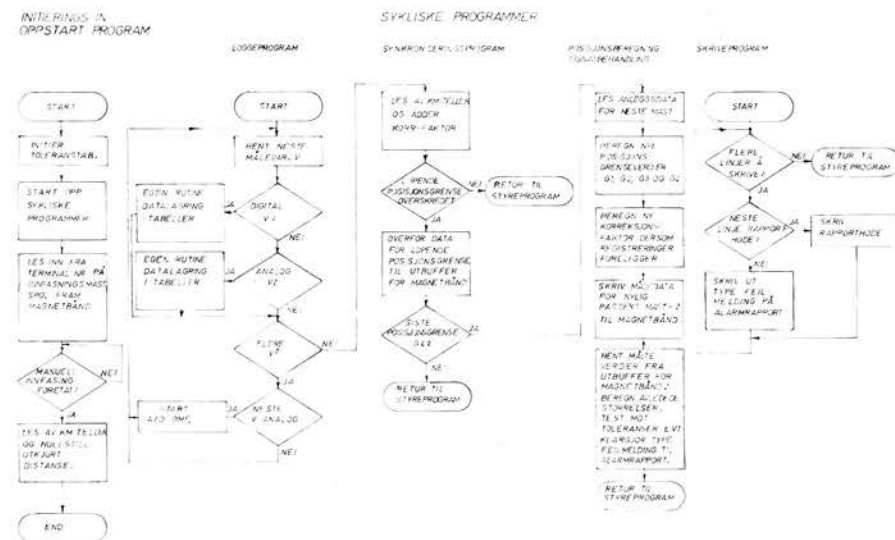
Fig. 2 Oversikt over målevognens faste måleutrustning

langs jernbanelinjen og er kjente og observerbare fastpunkter. Ved disse punktene gis operatørene i vognen kontinuerlig indikasjon, visuelt og akustisk, om datamaskinens beregnede posisjon. Dersom denne innen visse grenser ikke stemmer med virkelig posisjon, fås automatisk posisjonsalarm (såfremt sugetransformatormasten har reflektor). Operatørene kan også gjøre nødvendige inngrep manuelt når det visuelt kan observeres avvik mellom datamaskinens antatte posisjon og vognens virkelige posisjon.

### Programmets virkemåte

Som vist i fig. 3 består programsys-

Figur 3. To-togsmodellen: Alternative utviklingsmuligheter for prosessen.



temet av 5 hovedmoduler (utenom styreprogram):

- **Initierings- og oppstartprogram.** Programmet gjennomløpes bare én gang og er en forberedelse for selve måleturen. Innfasing av posisjonsberegningen foretas normalt ved oppstart fra f.eks. et stasjonsområde. I tillegg initieres alle tallverdier i tabeller som bl.a. inneholder vedlikeholdskriterier (toleransetabell).
- **Loggeprogram.** Programmet startes opp av styreprogrammet hvert 20. millisekund og leser av alle inngangssignaler (digitale og analoge). Analoge signaler blir skalert, filtrert mot støy og sjekket mot instrumentgrensene (bare fornuftige måleverdier godtas). Til hvert inngangssignal er det tilordnet en tabell og et spesialprogram som opererer på denne tabellen. Spesialprogrammet utfører en foreløpig signalbehandling, f.eks. å holde løpende rede på maksimalverdien (AKSM) for strømvtake-rens akselerasjon i et spesielt område (fig. 1 skisse C og fig. 4).
- **Synkroniseringsprogram.** Programmet startes opp av loggeprogrammet og foretar posisjonsberegninger innenfor hvert maste-spenn. Fra posisjonsberegningssystemet får dette programmet overført 4 posisjonsgrenser for



Fig. 4 Posisjonsbestemte dataoverføringer og definisjon av vindu omkring hver mast.

hver mast (se fig. 4). Ved å sammenligne utkjørt distanse med grenseverdiene for disse posisjonene (G1 – G4) vet programmet når grenseverdiene passerer og kan foreta posisjonsbestemte dataavlesninger ved hver ¼ av en spennlengde.

- **Posisjonsberegning og signalbehandling.** Hver gang en mast passerer, gjøres en mer omfattende posisjonsberegning. Anleggsdata for nylig passert mast tas fra magnetbånd og nye posisjonsverdier beregnes. Dersom en utligger eller en sugetransformatormast blir registrert, beregnes også en ny korreksjonslengde (se avsnitt om posisjonsberegning). Ferdigbehandlede måledata tilhørende passert mast legges ut på magnetbånd før signalbehandling for neste maste-spenn begynner. Dersom måleverdier for spesifiserte målestørrelser ligger utenfor toleransgrenser, klargjøres måleverdiene for utskrift på alarmrapport.

- **Skriveprogram.** Programmet startes opp av styreprogrammet hvert sekund. Det skriver ut de typer feilmeldinger på alarmrapporten som er klargjort for utskrift.

**Hele databehandlingssystemet**  
Blokkdiagrammet i fig. 5 er oversikt over den databehandling som utføres i dette systemet, rapportfremstilling og distribusjon av disse.

Måleprosedyren er i hovedtrekk som følger:

- Målelederen (datamaskinoperatøren) rekvirerer et magnetbånd inneholdende anleggsdata for den aktuelle målestrekning fra et mas-

# Ny kompressor type på el. lok

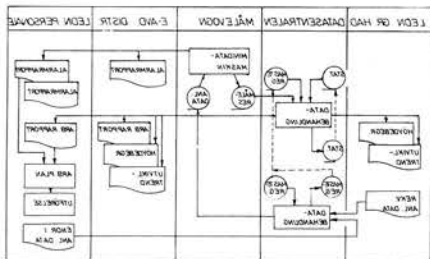


Fig. 5  
Oversikt over databehandlingssystemet.

terregister på sentralt dataanlegg.

- Under måleturen fremstilles en alarmrapport i 3 eksemplarer, samtidig som alle måleresultatene legges ut på et annet magnetbånd.

- Magnetbåndet behandles sentralt for fremstilling av angitte rapporter og oppdatering av et statistikkregister. Rapportene foreligger 3-4 dager etter endt måling.

Nåværende opplegg er at det blir foretatt 2 målinger pr. år på hele det elektrifiserte banenettet.

### Systemets rapporter

Fig. 6 viser utsnitt av en alarmrapport. Toleransegrensen for utskrift på alarmrapport for størrelsene KT-HØYDE (minste verdi), SIKSAK og FRASLAG er satt til henholdsvis 480 cm, 45 cm og 1 halvperiode (se fig. 1 skisse A, D og E).

I tillegg til alarmrapporten gis ut en arbeidsrapport (fig. 7), en rapport over minstehøyden ved høydebegrensninger (bro, tunnel) og en rapport om utviklingen av antall toleranseoverskridelser for de forskjellige

Fig. 7  
Arbeidsrapport

MÅLEVERN

ARBEIDSRAPPORT

FORMÅNSTREKNING NR. 30 (EISVOLL - BRUMUNDAL)

REGISTRERINGSDATO 09 02 77

BANE NR	KM	KM	TABELL NR	KM	MÅSEKODE													
070	68,797	126,788	44 (2)	68,797	104,151	1	TUNNEL											
071	126,818	132,673	54 (2)	104,394	126,788	2	BRØ											
				126,818	132,673	3	STASJON											
						4	SEKUNJON											

MÅSEKODE	KM	BANE NR	MÅSEKODE	PROR	TIDL REG	KT HØYDE CM	HØYDE SPENN CM	HØYDE ENDR CM	SIKSAK MÅST CM	SPENN CM	FRASLAG HALV PER	DRIFTELSEN M/S+S	MÅST HAST KM/T	VOLN HAST KM/T
3996	76,589	70	1	1	2	478	478		4500		080 (080)		46	
4002	75,074		3	2	1	478	478				080 (080)		76	
4011	75,198		3	2	2	478	478	12,387			080 (080)		74	
4025	75,505		2	3	1	478	478				080 (080)		69	
4029	75,604		2	1	1	478	478		4501		080 (080)		68	
4030	75,643		2	1	1	478	478				080 (080)		69	
4031	75,593		2	1	1	478	478				080 (080)		71	
4032	75,733		2	1	1	478	478				080 (080)		70	
4034	76,042		2	3	1	478	478	12,154			080 (080)		70	
4035	76,639		2	1	1	478	478				080 (080)		70	
4037	76,728		3	1	1	478	478				080 (080)		70	
4038	79,989		1	1	1	478	478				080 (080)		80	

Lokomotivene av type E1 16 vil bli utstyrt med en oljekjølt en-trinns Tamrock skruekompressor type 100 E. Kapasiteten er ved 10 bar mottrykk ca. 2,9 m<sup>3</sup>/min. (48 l/sek.).

En kompressor av samme type er også montert til prøve i lok E1 14 nr. 2173.

Denne type kompressor har ingen ventiler eller stempler, noe som er ventet å skulle gi et enkelt og rimelig vedlikehold. Den arbeider praktisk talt vibrasjonsfritt og er stillestående. Vekten er mindre enn av en vanlig stempelkompressor med tilsvarende ytelse.

Kompressorenhetens viktigste del

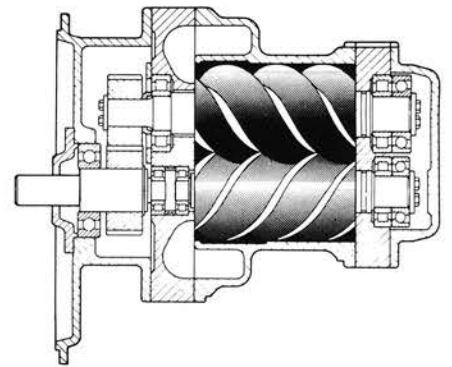


Fig. 6  
Alarmrapport

MÅSEKODE	KM	BANE NR	MÅSEKODE	PROR	TIDL REG	KT HØYDE CM	HØYDE SPENN CM	HØYDE ENDR CM	SIKSAK MÅST CM	SPENN CM	FRASLAG HALV PER	DRIFTELSEN M/S+S	MÅST HAST KM/T	VOLN HAST KM/T
3771	126,797	70	1	1	2	478	478		4500		080 (080)		46	
3772	126,797		3	2	1	478	478				080 (080)		76	
3773	126,797		3	2	2	478	478	12,387			080 (080)		74	
3774	126,797		2	3	1	478	478				080 (080)		69	
3775	126,797		2	1	1	478	478		4501		080 (080)		68	
3776	126,797		2	1	1	478	478				080 (080)		69	
3777	126,797		2	1	1	478	478				080 (080)		71	
3778	126,797		2	1	1	478	478				080 (080)		70	
3779	126,797		2	3	1	478	478	12,154			080 (080)		70	
3780	126,797		2	1	1	478	478				080 (080)		70	
3781	126,797		3	1	1	478	478				080 (080)		80	

Fig. 6  
Alarmrapport

banestrekninger. Arbeidsrapporten er en detaljrapport som inneholder alle de målte størrelser som overskrider/underskrider de gitte toleransegrenser.

### Sluttbemerkninger

Under de foreløpige driftsprøver har utstyret fungert tilfredsstillende m.h.t. påvirkning fra elektrisk støy, vognens vibrasjoner og klimaforhold.

Den automatiske posisjonsberegningen har virket godt. Nøyaktigheten av posisjoneringen på et vilkårlig sted har ofte vært bedre enn ± 2 m.

De angitte måleverdier for de forskjellige størrelser er i god overensstemmelse med de tilførte målesignaler til datamaskinen i vognen.

er to rotor (skruer) med spesielt gjengeprofil. Kompressjonen skjer i rommet som dannes mellom rotorenes gjenger og kompressorhuset. Gjennom en innløpsåpning i kompressorhuset suges luften inn i rommet som dannes mellom rotorenes gjengeflak. Etter hvert som rotorene vrir seg, brytes forbindelsen mellom innløpsporten og disse rommene. Ved fortsatt rotasjon minskes rommene (luftlommene) og kompressjonen skjer suksessivt og pulsasjonsfritt inn i en olje/luftbeholder.

Under kompresjonen sprutes olje inn mellom rotorene. Oljens oppgave er å kjøle den oppvarmede luften etter komprimeringen, tette klaringen mellom rotor og rotorhus samt smøre rotorenes lagre. Rotorene som løper i en oljedamp, skal ikke være i metallisk kontakt med hverandre. Tetningen mellom disse oppnås av oljefilmen som dannes mellom flatene. Etter at luften er trengt ut av kompresjonsdelen, skilles det meste av luftens oljeinnhold ut i en luft/oljebeholder. Fra beholderens nedre del ledes oljen ved hjelp av arbeidstrykket til en oljekjøler som kjøles med en termostatstyrt elektrisk vifte. Viften starter når utløpstemperaturen stiger til 80°C og stanser når temperaturen synker under 60°C. Før trykkluftens forlater kompressoraggregatet og går ut i ledningsnettet, passerer den et spesielt oljeutskillingsfilter. Dette vil etter de oppgitte spesifikasjoner gi et mindre oljeinnhold i luften enn det vanlige stempelkompressor gir.

Er



# Nytt fra ORE, UIC m.v.

- UIC's 5. Kommissjon er orientert om arbeidene til ORE-komiteene D 141 og B 142, som utfører driftsforsøk med 22-tonns aksellast for å måle påkjenninger på banelegemet såvel som på vognmateriellet, samt klarlegge hvilke utbedringer som er nødvendige ved eventuell overgang til den høyere aksellast.

5. Kommissjon er videre orientert om interne utredninger ved DB og SNCF med hensyn til rentabiliteten ved øket aksellast. Ytterligere tekniske og økonomiske utredninger er påkrevet før UIC kan ta stilling til eventuelt tidspunkt for overgang til 22-tonns aksellast. 5. Kommissjon kunne imidlertid under sitt juni-møte 1977 godkjenne en standard 22 tonns hjulsats, men det gjenstår å kartlegge fra hvilket tidspunkt denne hjulsats skal gjøres obligatorisk ved leveranse av nye godsvogner.

- Overenskomsten om gjensidig bruk av godsvogner i internasjonal trafikk – RIV reglementet – ble revidert 1. 1. 1977 og gjelder i 5 år.

RIV reglementet blir imidlertid i denne 5 års periode fortløpende tilpasset

- nye UIC bestemmelser
- nye bestemmelser i andre internasjonale overenskomster (RID, UIP, ECE m.v.).
- resultater av undersøkelser besluttet av RIV's Styre.

For disse tilpasninger har RIV delegert beslutningsfullmakt til sin såkalte «Ständige Gruppe», som til enhver tid består av en maskinteknikk og en driftsteknikk representant fra de 7 forvaltninger DB, DR, FS, PKP, SBB, SNCB og SNCF. Hertil veksler 3 av de øvrige RIV forvaltninger om medlemskap i gruppen.

For perioden 1.1. 1977 – 1.1. 1982 deltar de tsjekkoslaviske jernbaner (ČSD), spanske jernbaner (RENFE) samt NSB.

Under sitt møte i mai 1977 drøftet RIV gruppen bl.a.:

- a) UIC's 5 standardiserte godsvognbogge type Y 25. Gruppen fant det nødvendig å foreta visse driftsundersøkelser av denne boggetype ved vest-europeiske RIV-forvaltninger for driftskravene til

nåværende Y 25 konstruksjon forankres i RIV reglementet. Driftsundersøkelsene blir gjennomført ved enkelte RIV-forvaltninger – deriblant NSB – i tidsrummet sept. 1977 – febr. 1978.

– I mellomtiden undersøker bl.a. DB alternative løsninger med henblikk på å virkeliggjøre radiale innstillbare hjulsatser slik at Y-25 boggien blir bedre egnet for kurverike baner.

- b) problemene med skader på godsvogner som følge av den økende mekaniserte godshåndtering. UIC's arbeidsgruppe 5/P/1 vil nå bli meddelt RIV forvaltningenes erfaringer med henblikk på at disse blir fulgt opp i de revisjonsintervaller/opplegg som forvaltningene forventes å fastlegge etter prinsipper reglet i et nytt UIC blad.

- Under sitt møte i juni 1977 godkjente UIC's 5. Kommissjon et nytt UIC-blad som gir retledning for hvorledes jernbanene selv skal kunne fastlegge revisjonsfrister for sine godsvogner ut fra kjennskap til vognenes tekniske data, bruksforhold og slitasjeforløp. Inntil videre må imidlertid jernbanene overholde de revisjonsintervaller som er forankret i RIV-reglementet.

– NSB følger nøye de ulike undersøkelser innen UIC og RIV med henblikk på nye revisjonsopplegg.

For tiden avklares det nye vedlikeholdsopplegg for NSB's standard 2-akslede plattform-godsvogner (Os/Kbps).

- Arbeidsgruppe C 137 har utgitt en rapport vedrørende utstråling og spredning av jernbanestøy.

Det er foretatt målinger hvor sporet går over et flatt landskap, i en skjæring og over en fylling.

Det viser seg at foruten hastigheten betyr materiellets tilstand meget for støynivået. Sideveis er avstand til sporet, høyden over bakken og landskapets beskaffenhet av stor betydning.

Rapporten gir verdifulle opplysninger både for utbedring av eksisterende spor og for planlegging av nye.

- DSB påbegynte innføringen av elektrisk togoppvarming den 6. mars i år. Før vintersesongen begynner, vil alle forbindelser med Sverige og Norge være eloppvarmet. Innen vintersesongen 1978/79 vil alle tog over Rødby havn også få el-varme.

Trafikken på Sjælland vil i sin helhet gå over til el-varme etter hvert som utstyret blir levert. Tidsrammen for Fyn og Jylland er ennå ikke helt bestemt, men det forutsettes suksessiv innføring så snart hovedtyngden av utstyret for Sjælland er på plass.

- ORE-komite A118 arbeider bl.a. med spørsmål om hvordan sikkerheten kan garanteres ved bruk av datamaskiner i signalteknikk. Det finnes forskjellige måter å bygge inn datamaskinsystemer på til bruk i styring av jernbanens driftsfunksjoner. I det følgende gis noen viktige metoder og konklusjoner:

For å oppfylle jernbanens basiskrav til sikkerhet, er det nødvendig at datamaskinens utrustning er spesielt sikret mot feil funksjonering.

For å lette utprøvingen av sikkerhetssystemet, bør det skilles mellom oppgaver med og uten sikkerhetsfunksjon. Dermed kan sikkerhetskravene til det totale system oppfylles uten en større økning i kostnader.

– Videre detaljerte studier må utføres for å finne mulig oppdeling i sikkerhets- og styringsfunksjoner i et system.

– Datasystemet gis en oppdeling som motsvarer inndelingen i sikkerhets- og styringsfunksjoner. Komitéen har ikke kommet med endelig anbefaling, og mer detaljert studium er nødvendig.

– Funksjon av program og systemets elektronikk må være sikre før systemet kan betraktes som akseptabelt for sikkerhetsoperasjon. Det må derfor utføres en detaljert undersøkelse av programmeringsmetoder og systemsammensetning og også en studie av systemets inn- og utmatningsteknikk.

– Der er mulighet for større sentralisering av styringsfunksjoner.



## Nytt fra Urskog-Hølandsbanen

Også på den minste delen av Norges jernbanenett skjer det stadig noe nytt.

På Urskog-Hølandsbanen har det både i fjor og i år foregått betydelig svillett-skiftning med brukte NSB-sviller. Den siste delen av 15 kg/m skinnegang er erstattet med 20,5 kg/m i hovedspor, banens akseltrykk er øket fra 5 til 8 tonn.

Det er gjort teleforebyggende arbeid i en planovergang, hvor massen er gravd ut og isoporplater lagt inn. Forøvrig er banen relativt godt beskyttet mot tele, idet den ikke ryddes for snø.

Interessen for kulturhistoriske transportmuseer er stadig økende, noe som ikke minst har gitt seg utslag i en betydelig bestillingstrafikk. UHB har også nydt godt av denne interesse i form av et bidrag på kr. 125.000 fra Norsk Kulturråd til bygging av en vognhall. Denne vil bli 36 m lang, 9 m bred, prefabrikert, med trykkimpregnerte materialer og aluminiumstak og -vegger. Tilsammen vil man her få 105 m spor under tak. De samlede byggeomkostninger vil bli kr. 234.000,-, slik at en betydelig del av byggesummen er egenkapital.

Fra Namsosbanen vil man få 25 kg/m skinner til vognhallen, som vil være telesikret med polyurethanunderlag.

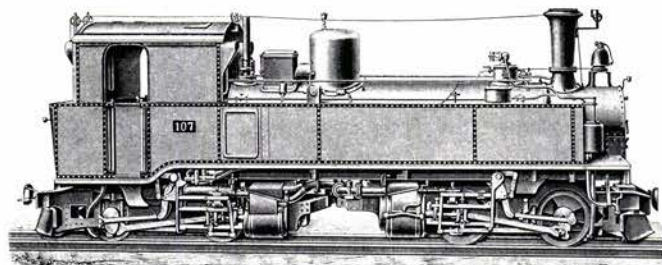
UHB har kjøpt et nytt damplokomotiv, det andre som er kjøpt til Norge etter krigen. Det første var «PRYZ», som ble kjøpt til UHB i 1950.

Lokomotivet er av en meget uvanlig type for norske forhold, idet det er utstyrt med boggi, akselfølge B' + B'. Typen kalles Meyer etter konstruktøren, og ble levert i et antall av 96 stk. av Sächsische Lokomotiv- und Maschinenfabrik, vorm. Rich. Hartmann i Chemnitz i årene 1891 - 1922. Alle lokomotivene ble bygget for de Sachsiske statsbaner, som hadde et betydelig nett av 750 mm jernbaner. UHB's nyanskaffelse har en totalvekt i driftsklar stand på 29 tonn, hvilket gir 7,25 tonn akseltrykk.

Lokomotivet er et 4-sylindret våtdamplok av compoundtype, med to høytrykks-sylindre på bakre boggi med utvendig ramme, og to lavtrykks-sylindre på fremre boggi, som har innvendig ramme.

På grunn av boggikonstruksjonen er lokomotivet i stand til å kjøre i kurver ned til 40 m radius. Lokomotivet ble bygget i 1913, men gjennomgikk rekonstruksjon i 1962, da bl.a. kjelen ble erstattet med en ny elektrosvisset kjel for 15 kg/cm<sup>2</sup> overtrykk.

Lokomotivet er utstyrt med håndbremse på bakre drivaksel og vakuumbremse på fremre drivaksel. Denne bremsen er av type Körting,



som bl.a. har vært i bruk på enkelte av Norsk Hoved-Jernbanes lokomotiver.

Det er teknisk sett et godt og interessant lokomotiv UHB har kjøpt, og det vil egne seg godt som supple-

ment til den bestående lokomotivparken. Profilet er det samme som ved UHB.

Lokomotivets utseende fremgår av en tegning fra begynnelsen av 1890-årene.

Gaute Narverud

## Nye containervogner Litra Lgjs

NSB har nylig fått levert 20 nye containervogner. Vognene skiller seg fra andre 2-akslede containervogner på 3 hovedområder:

- 10 m akselavstand
- kan transportere 2 stk. 7,15 m EURO-containerer
- støtdemperinnretning i understillingen

På grunn av den store akselavstanden kan ikke vognene RIV merkes, men 10 m akselavstand er nødvendig for å kunne transportere to 7,15 m EURO-containerer på én vogn.

Vognen er en ren containervogn, dvs. den er bygget for utelukkende å kunne transportere containere og har containerpigger for 20' og 40' ISO-containerer og samtlige typer EURO-containerer, eller som de også blir kalt vekselflak/vekselbeholdere.

Containervogner, slik som konvensjonelle vogner, blir både under drift og skifting utsatt for harde støt. Støtene forplantes til lasten som i

mange tilfeller er blitt sterkt skadet. Til dels store skader påføres også selve containeren.

Containerne, og dermed også lasten, på denne Lgjs-vognen blir imidlertid beskyttet mot harde støt og rykk ved hjelp av en gjennomgående drag- og støtdemperbjelke. Støtbejelken, som vi velger å kalle den, er bevegelig i forhold til understillingen for øvrig og består egentlig av flere mindre sammensveisede stålprofiler. Den er i begge ender utformet som en bufferbjelke med vanlig dragstell og buffere.

Midt i støtbejelken ligger en støtdemper som er hydrauliskvirkende og har en slaglengde på 760 mm begge veier. Selve støtbejelken styres inne i en spesiell glideføring. Blir vognen utsatt for støt eller rykk, forskyves understillingen i forhold til støtbejelken, og støtdemperen aktiviseres.

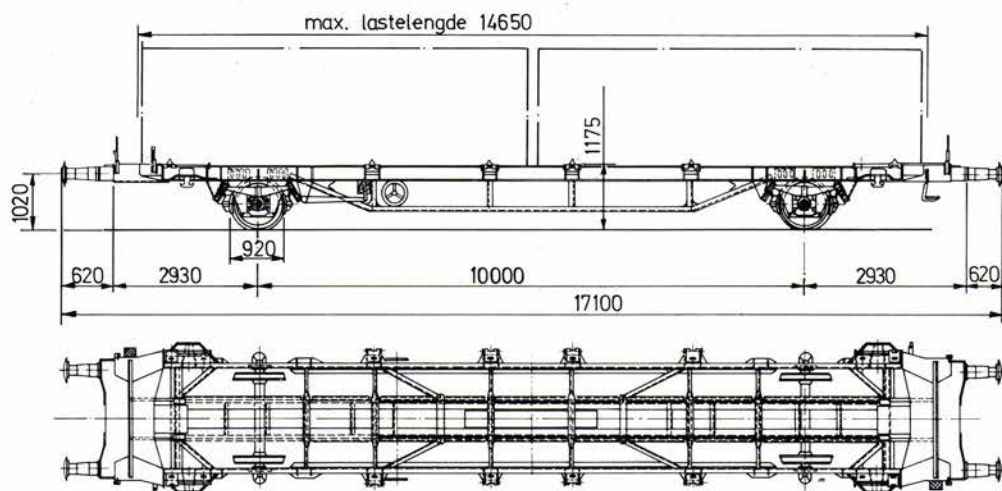
Under et støtforløp blir støtdemperen trykket sam-

men mellom en medbringer som er festet til støtbejelken, og en kile som er festet til understillingen. En spesiell styrenål inne i støtdemperen regulerer oljestrommen, slik at kraften blir nær konstant over hele slaglengden. De opptredende støt- og dragkrefter blir dermed så mye redusert at det ikke vil oppstå skade på vogn, container eller last. Etter støtets opphør vil den sammenpressede tilbakeføringsfjæren bringe støtdemperen tilbake til normalstilling.

Selv ved korte støt som følger tett på hverandre, vil støtdemperen være fullt virksom. Støtdemperinnretningen og vognen for øvrig er konstruert for å oppta støt inntil 20 km/h uten at vogn eller last tar skade.

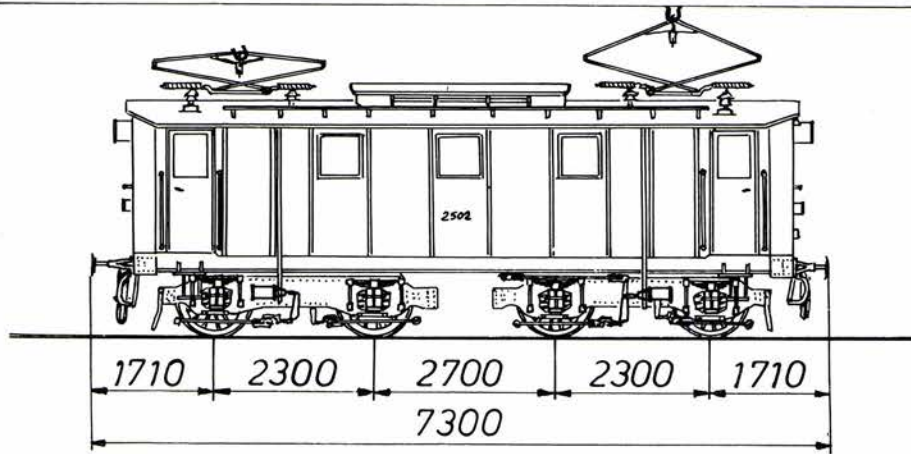
Vognen er utstyrt med standard hjulsatser, 8 blads bærefjærer med dobbeltlenket fjæroppheng og for øvrig med standard dragstell, buffere og bremsestell.

Høg.





## El. 7



### Lokomotiv type El 7

Antall i NSB's eie: 2

Hjulanordning: Bo'Bo'

Lok.nummer: 2501, 2502

Byggeår: 1911

Fabrikant: Allgemeine Elektrische Gesellschaft (AEG), Skabo

Største hastighet: 45 km/t

Strømsystem: 15 kV, 16 2/3 Hz (Tidligere 10 kV)

Transformatorer: 2, hver på 125 kVA

Motorer/effekt: 4 x 125 hk (ca. 368 kW), v. 22 km/t

Uttevslingsforhold: 1 : 4,28

Drivhjul diameter: 1000 mm

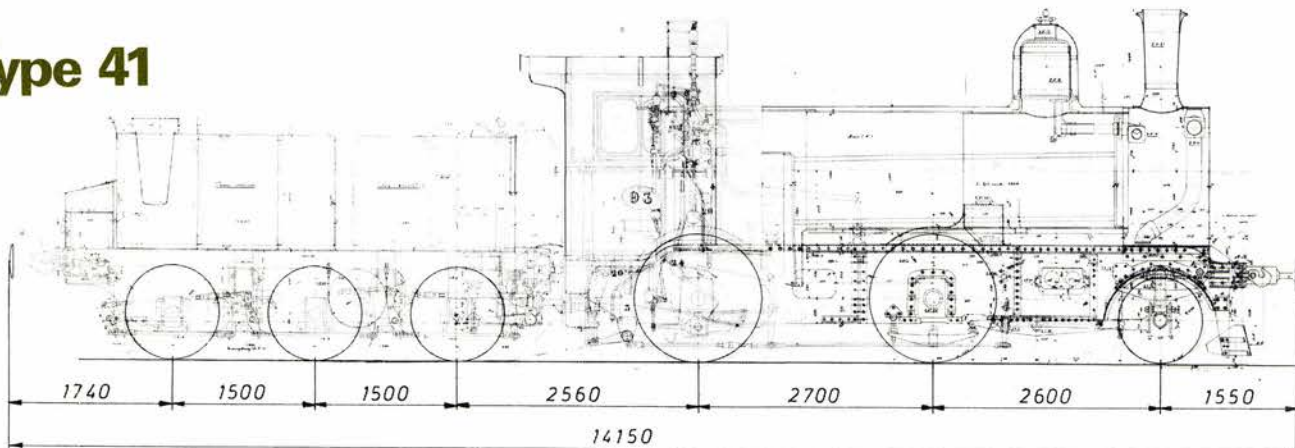
Totalvekt/adhesjonsvekt: 46 tonn

Siste utrangert: 2.3.1 56 (2502)

Bevart: Rj. B. 1., lokomotiv av samme type, gitt Jernbanemuseet i Hamar av Norsk Hydro A/S.

Ved anlegget av strekningen Notodden–Porsgrunn (Bratsbergbanen), overtok NSB Norsk Hydros elektrifiserte jernbane mellom Notodden og Tinnoset. Samtidig fikk NSB ved makeskifte noen eldre el. lok, deriblant de som senere fikk betegnelsen El 7, 2501 og 2502. Lokomotivene ble anvendt i skiftetjeneste i Drammen distrikt.

## Type 41



### Lokomotiv type 41

Antall bygget: 2

Hjulanordning: 1'B

Lok.nummer: 93, 94

Byggeår: 1901

Fabrikat: Schweizerische Lokomotiv u. Maschinenfabrik (SLM), Winterthur.

Største hastighet: 60 km/t (45 km/t bakover)

Maskin: 2-syl. compound (Ø 400/580 x 620)

Kjeletrykk: 12 kp/cm<sup>2</sup>

Drivhjul diameter: 1445 mm

Totalvekt: 57,7 tonn (m. full beholdning)

Adhesjonsvekt: 26,6 tonn

Beholdning: 10 tonn vann, 3,0 tonn kull.

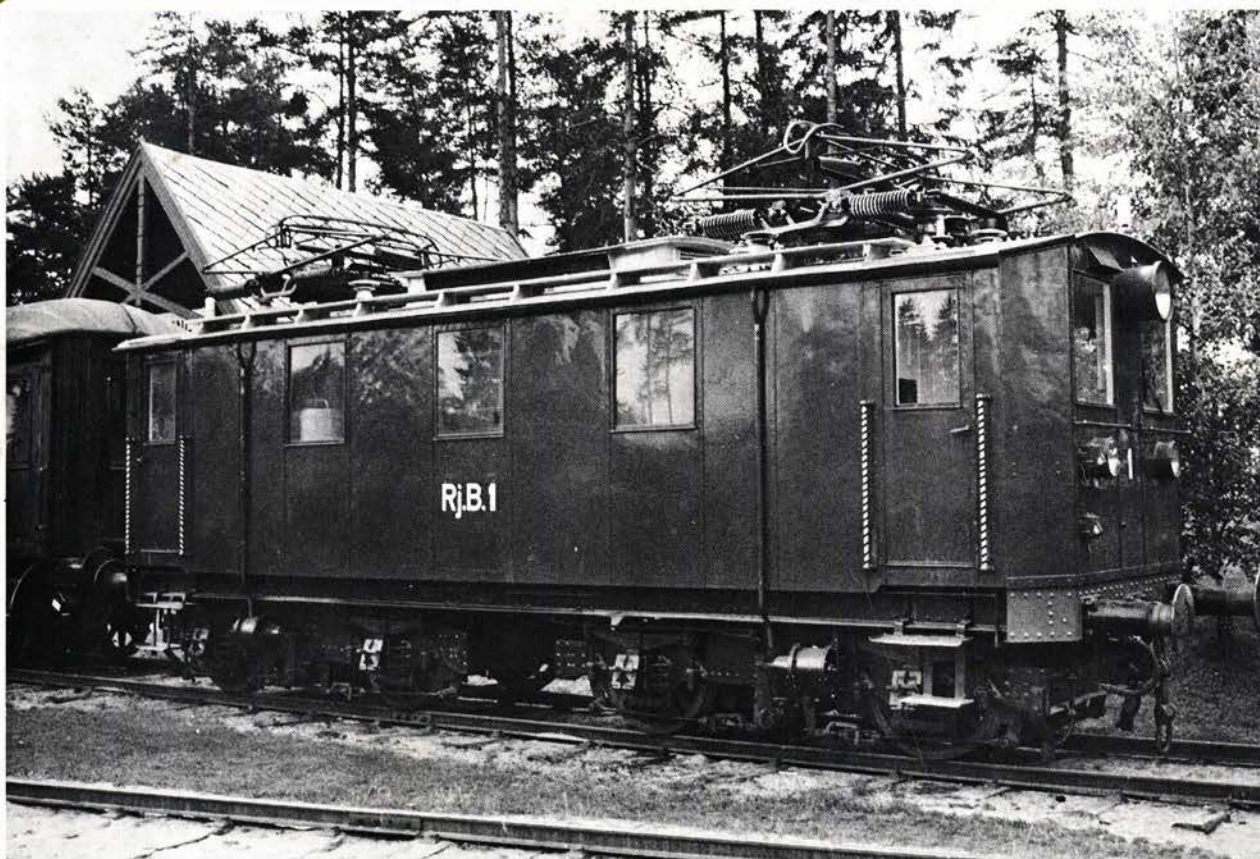
Siste utrangert: 7.7.1953 (94)

Lokomotivene 93 og 94 tilhørte opprinnelig Norsk Hoved-Jernbane.

Ved en brann i et trelastlager ved Eidsvold i 1918, tilbakela nr. 93 strekningen fra Kristiania (68 km) på 45 minutter; etterhengt var en flatvogn med brannsprøyte. Gjennomsnittshastighet ca. 90 km/h! 93 og 94 gikk de siste årene med 2-akslet tender fra lok.type 44.



El. 7



Type 41

