

# NSB- teknikk

Teknisk informasjon fra Norges Statsbaner

1

1988  
(31)



# Ombygging av undergang for Vennersborgveien ved Lysaker

Av Per Hektoen

Den gamle undergang for Vennersborgveien på Drammenbanen nær Lysaker, ble bygget i 1915 som stålbejelkebru i tre spenn med spennvidder 2,8–8,1–2,8 m, og med stålsøyler i fortaukant. Disse søyler var sterkt utsatt for å bli skadet ved påkjørsel.

Den nye brua har prefabrikerte betongspenn med total lengde 14,6 m, uten søyler. Da strekningen er dobbeltsporet, blir det to spenn, ett for hvert spor. Hvert spenn har en vekt på 105 tonn. Til innskiftingen ble brukt det spesielle løfteutstyr for tunge løft som ble innkjøpt av NSB i 1985. Dette utstyr ble første gang brukt til innskifting av bru over Løken elv nær Fokstua på Dovrebanen (se beskrivelse i NSB-teknikk nr. 2/1986). Det samme utstyr ble også brukt ved Vennersborgveien, men fremgangsmåten var her noe avvikende.

Spennene ble støpt over et sidespor på Lysaker stasjon og mellomlagret der inntil utskifting kunne finne sted (bilde nr. 1).

Som forberedelse til utskiftingen ble en vogn skjøvet under spennet, og dette ble senket ned på vognen. Løftebukkene ble ikke montert på brustedet. De ble bygd sammen på Lysaker og hengt opp på bruspennet, og ble således transportert ut til brustedet sammen med spennet (bilde nr. 2).

Kranen som ble brukt til dette og som vi ser på bildet, har tidligere tilhørt Deutsche Bundesbahn, men er på meget gunstige betingelser tilbudt NSB på grunn av overtallighet. Foreløpig har vi kranen til leie, men har opsjon på kjøp når leietiden er ute.

Selve monteringen av de nye bruspenn foregikk søndagene 10. mai og 24. mai 1987, ett spor hver gang.

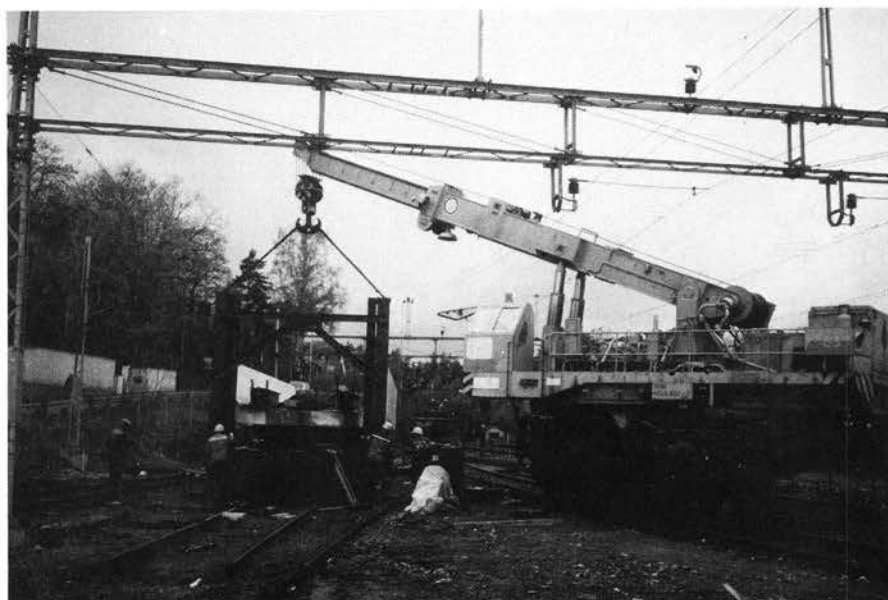
Operasjonen startet ca. kl. 02.00 med at spennet med de påhengte løftebukker ble kjørt fra Lysaker stasjon ut på den gamle brua. Her ble løftebukkene senket ned på sine fundamenter som var klargjort på forhånd, spennet ble løftet noe opp så det kom klar av vognen,

som så ble trukket unna. Det gamle spenn ble dyttet ned i veien under med en hjullaster, skåret opp og transportert bort. Det nye spenn ble senket på plass med løftebukkene, sviller og skinner

lagt på den nye brua, pukk lagt ut, pakket og justert, og sporet over den nye brua var klart for trafikk ca. kl. 15.00. Under hele denne operasjon kunne trafikken gå på det andre sporet. □



Undergang for Vennersborgveien, støpt og mellomlagret på Lysaker st.



Undergang for Vennersborgveien. Løftebukkene hengt opp på det nye bruspenn for sammen med dette å bli transportert ut til brustedet.



Informasjonsblad  
for Norges Statsbaner

Årgang 14, 1988  
Nummer 1 (31)

Utgiver:  
Norges Statsbaner  
Hovedadministrasjonen  
Storgt. 33  
Oslo 1

Telefon: (02) 36 80 00



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

Avdelingskontakter:  
Å. Dale, E.  
A. Enerud, M.  
T. Vasset, G.  
K. Mathisen, Plak.

Distriktkontakt:  
J. N. Ly, Oslo d.

Sats, repro og trykk:  
Fabritius Strålfors Ark-offset

Opplag: 4 000  
Ettertrykk tillatt når kilde opp-  
gis.

Omslagsbildet:  
NSBs fiberlag i arbeid med  
luftanlegg.

	Side
<b>Ombygging av undergang for Vennersborgveien ved Lysaker.</b> Av Per Hektoen .....	2
<b>Nytt digitalt telenett ved NSB.</b> Av siv.ing. Jan Saugen, Avantel og sjef.ing. Ingolv Pedersen	4
<b>Beregning av slitasjegrenser for skinner.</b> Av siv.ing. Kaare Stjern, Taugbøl og Øverland A/S .....	17
<b>Automatisk registrering av elektriske feil på lok type EI 17.</b> Av avd.ing. Ståle Ansethmoen .....	20
<b>Finsetunnelen.</b> Av o.ing. Ove Skovdahl .....	23

# Nytt digitalt telenett ved NSB

Av siv.ing. Jan Saugen, Avantel og sjef.ing. Ingolv Pedersen

## 1. Innledning

### 1.1. NSB's telenett.

NSB's telenett består generelt av tre deler, abonentutstyr, overføringssystemer og sentralutstyr. Telenettet kan også etter anvendelsene inndeles i telefonnett, pakkesvitsjet datanett, samband for radiosystemer, CTC, signalanlegg og andre styringssystemer i jernbanedriften.

### 1.2. Utbygging av NSB's nåværende telefon- og pakkesvitsjede datanett.

Utbyggingen av NSB's telefonnett har skjedd suksessivt over tid og koordinert med bl.a. kabler for CTC og signalanlegg. Overordnet målsetning har vært over tid å etablere et helautomatisk analogt nett. NSB har imidlertid ennå noen manuelle sentraler i sitt telefonnett.

En prinsippsskisse av telefonnettet er vist i fig. 1.

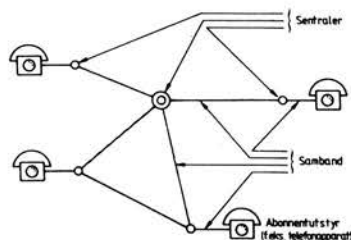
NSB var, som en av de første bedrifter i Norge, meget tidlig ute med å utvikle og sette i drift (1977) et eget bedriftsinternt pakkesvitsjet datanett av betydelig geografisk utstrekning. Nettet formidler datatrafikk for Godstransportledelse (Gtl), Elektronisk plassreservering (Ep) og fjernskrivertjeneste.

## 2. Teletrafikk i NSB. Nåværende teletjenester

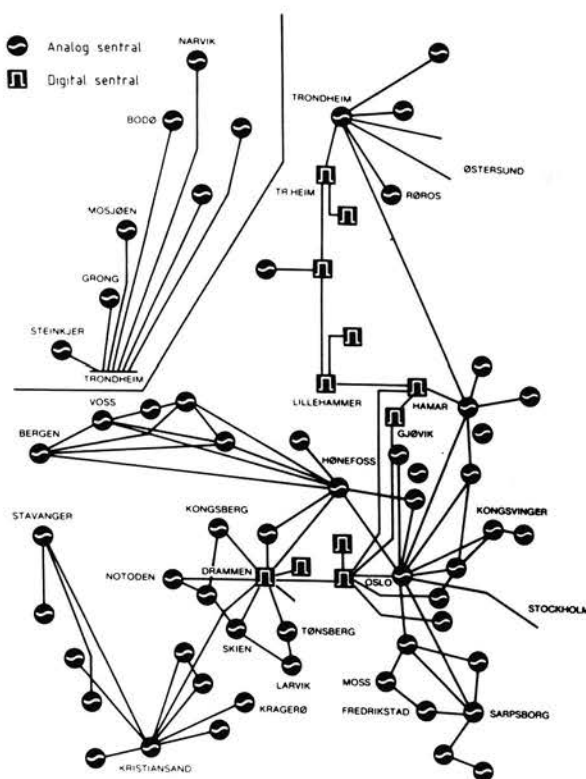
### 2.1. NSB's teletrafikk.

Trafikkmønsteret i NSB kan grovt sett sies å være følgende:

- På telefon-siden er det tyngre trafikk lokalt i Oslo og i distriktsadministrasjonene, lokalt mellom distriktadministrasjonene og stasjoner, fjerntrafikk mellom administrasjonene og Oslo og dels mellom administrasjonssentrene.
- På CTC-strekninger er drifts-trafikken relativt lav. I tillegg brukes/skal telefonnettet brukes for vedlikehold- og togradio.
- På datasiden er det tyngre trafikk lokalt i Oslo og mellom



Telefonnett med abonentutstyr, samband og sentraler.



Geografisk utstrekning av telefonnettet.

Fig. 1. NSB's telefonnett i 1988.

Oslo og ekspedisjonsstedene (Ep, Gtl, billettsalg). I tillegg forventes en økende fjerntrafikk mellom administrasjonssentrene og Oslo samt en større lokal trafikk i administrasjonssentrene.

Telefontjenesten er og vil sannsynligvis fortsatt bli den største i NSB, men de forskjellige datatjenestene har nå en sterkere vekst relativt sett.

### 2.2. Nåværende teletjenester i eget nett.

I telefonnettet er telefontjenesten kjent ved tilknytning av vanlige telefonapparater.

Telefonnettet har også andre tjenester idet en v.h.a. spesielt terminalutstyr kan overføre data, evt. tekst og grafisk informasjon, på oppringte forbindelser. Terminale- ne må ha tilpasningsutstyr, f.eks. modem for dataforbindelser, for

omforming til telefonnettets nåværende betingelser om analog signaloverføring.

Datanettet er utviklet for pakkesvitsjet datatjeneste og er kjenne-tegnet ved følgende:

- Til nettet er tilkoplede datamaskiner for Godstransportledelse (inkludert terminalsystem for Alnabru), Elektronisk plassreservering (inkludert NSB's leverandørsystem i SMART) og tilhørende spesielle terminaler for hver av disse systemene.
- Nettet er ikke tilkoplede telefon-nettet eller andre nett.
- Nettet er digitalt unntatt analog signaloverføring over faste samband mellom terminaler og hver nettnode og mellom nettnoder.
- Nettet følger ikke internasjonale standarder for denne type kommunikasjon siden disse er utviklet etter at NSB's nett ble satt i drift.

### 2.3. Eksterne tjenester.

Som et supplement har NSB i økende omfang måttet leie tjenester i det offentlige telenettet. Dette gjelder særlig for faste og oppkoblede samband for datakommunikasjon.

## 3. Behov for oppgradering av NSB's telenett. Overordnede mål for videre utbygging

### 3.1. Behov for oppgradering av telefon- og datanett.

I NSB's telefonnett er det behov for oppgradering, bl.a. er det knapphet på telefonsamband på en del fjernlinjer og kvaliteten på overføringene er ikke tilfredsstillende, særlig for datasamband.

Grunnen er at overføring av tale- og datasignaler stiller forskjellige krav til transmisjonssystemet. Tale overføres akseptabelt og gir korrekt forståelse selv om enkeltelementer i en overført samtale blir borte. Omvendt stiller datakommunikasjon meget store krav til korrekt overføring av de enkelte dataelementer.

Dessuten er våre største og eldste automatsentraler nå belastet opp mot kapasitetsgrensene for vanlig telefonformidling.

I den automatiserte delen av telefonnettets har NSB hittil nytt konvensjonelle telefonsentraler basert på reléteknikk. Denne type sentraler er nå ute av markedet til fordel for digitale systemer.

I neste generasjon av datanettet er det et krav om bruk av internasjonale standarder for datakommunikasjon. Det er kostnads-krevende å stadig gjøre spesialutvikling for tilknytning til nettet, idet datamaskinleverandørenes produkter stort sett nå følger de internasjonale standarder.

### 3.2. Ny teknologi, nye overordnede mål for utbygging av telekommunikasjonene.

Den tekniske utvikling er nå kommet så langt at informasjonsoverføring i sambandsnett (sentraler og overføringsutstyr) foregår digitalt som pulskoder.

Dette gjelder både tale, tekst, data og bilder. Denne utviklingen gjør det mulig å integrere ulike telekommunikasjonstjenester, som telefon, datakommunikasjon og forskjellige bilde- og tekst-overføringer i et felles sambandsnett. Et slikt nett betegnes et tjenesteintegreert nett, forkortet til ISDN (Integrated Services Digital Network).

Teleadministrasjonene og jernbaneforvaltningene er etter ovenstående ved innledningen til en ny teknologisk situasjon og dermed en ny epoke i sambandsutbyggingen.

For den videre utbygging av telekommunikasjonene vil NSB derfor ha som overordnet målsetning å bygge ut et digitalt tjenesteintegreert nett.

## 4. Transmisjonsmedia

### 4.0. Generelt.

Ved NSB har kun konvensjonell parkabel og enkelttråder for luftkurser vært benyttet som transmisjonsmedia fram til i dag. Parkabel

er hovedsakelig lagt ned som jordkabel, men på ikke elektrifiserte banestrekninger er også parkabel hengt opp som luftstrek (sammen med enkelttråder).

### 4.1. Parkabel.

Det skilles mellom lokalkabel og langlinjekabel. Lokalkabel har vanligvis 0,4–0,6 mm lederdiameter og ikke så strenge krav til jevn impedans og krysstale som langlinjekabel.

Av langlinjekabler har NSB tre forskjellige typer. Det er hovedsakelig benyttet lederdiameter 1,2 mm i motsetning til Televerket som benyttet 0,9 mm. De mest vanlige parantall er 14, 24 og 32.

### 4.2. Fiberkabel.

Optiske fibre er et relativt nytt transmisjonsmedium og her taes kort med teorien som ligger til grunn for denne overføringsformen.

#### 4.2.1. Teori/virkemåte.

Optiske fibre består i prinsippet av to forskjellige glassarter. I midten ligger kjernen med høy brytningsindeks, utenpå ligger en kappe med lavere brytningsindeks, se fig. 2. Kjernens diameter er i størrelsesorden 50  $\mu\text{m}$  for singelmodus optiske fibre. Lyset som kommer inn i en fiber vil forplante seg langs fiberen i henhold til vanlige optiske lover. Dagens teknikk benytter lysbølgelengde på 1300n eller 1550 nm.

Strålene må treffe fiberen under en gitt vinkel – den totale refleksjonsvinkel (vinkel  $\beta$  på fig. 2). Denne betegnes også numerisk aperture (NA), som benyttes som mål for fiberens evne til å oppfange de innfallende lysstrålene. Denne er avhengig av brytningsindeksen til de to glassartene.

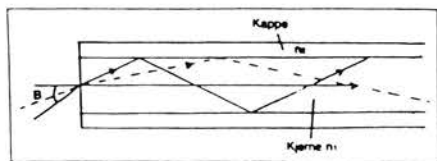
Følgende formel gjelder:

$$NA = \sqrt{(n_1^2 - n_2^2)} = \sin\beta.$$

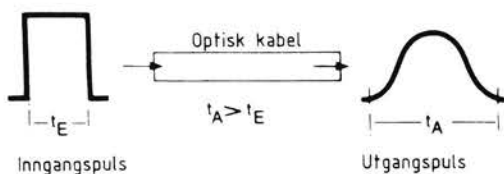
$n_1$  og  $n_2$  er her henholdsvis kjernens og kappens brytningsindeks.

En lyspuls vil vanligvis inneholde lysstråler med forskjellig bølglengde (forskjellig farge) og disse

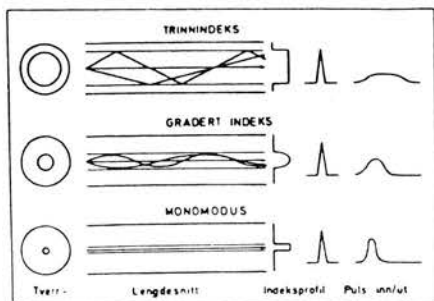




Optisk fiber



Pulsforvrengning



Hovedtyper av fiberkabler

Fig. 2. Fiberkabel.

vil få forskjellig innfallsvinkel (fig. 2 viser to stråler med forskjellig vinkel). Dette medfører at strålen med størst innfallsvinkel vil bruke lengere tid gjennom fibren enn stråler med liten innfallsvinkel. Resultatet blir en forvrengt puls. Dette kalles dispersjon, og begrenser hvor tett lypulsene kan komme. Dette gir fiberens øvre grensefrekvens, og denne er omvendt proporsjonal med fiberlengden.

**4.2.2. Forskjellige typer fiberkabel.** Det er tre hovedtyper av fiber (se fig. 2).

- **MULTI-MODE TRINN-INDEKS (step-indeks).** Det sendes flere stråler samtidig og det er klart adskilte grenser mellom glass-sjiktene.

- **MULTI-MODE GRADERT-INDEKS (gradert-indeks).** Denne har en gradvis overgang fra den ene glassarten til den andre. (Størst brytningsindeks i midten og avtar utover). Lysstrålene vil delvis gå rett gjennom, delvis få en avbøyning i bølgeformede kurver.
- **MONOMODUS eller SINGEL-MODUS (trinn-indeks).** Denne har en så tynn fiber at kun 1 lysstråle slipper gjennom. Dette gir høy båndbredde, men stiller store krav til endestyr og skjøteteknikk.

Singelmodus fiber vil bli standardfiberen i NSB's telenett både av tekniske og økonomiske grunner. Denne fibertype har størst overføringskapasitet og størst rekkevidde mellom nødvendige regenereringspunkter, se neste pkt.

#### 4.2.3. Fordeler med fiber.

Vi vil her kort nevne fordeler med optiske fibre kontra konvensjonelle kabler.

- Liten demping gir stor avstand mellom regeneratorene. Typiske avstander er på ca. 40 km (mot ca. 3 km på parkabel) og øker stadig med forbedrede glasskvaliteter og tilkoplingsutstyr.
- Stor båndbredde (stor overføringskapasitet).
- Små dimensjoner, lav vekt, stor fleksibilitet.
- Påvirkes ikke av elektromagnetisk interferens (støy).
- Ikke elektrisk ledende (en del typer benytter ledende materiale i en ytre kappe) og dermed ikke fare for overslag fra f.eks. kontaktledning.
- Avlyttningsfri.

#### 4.2.4. Fiberoptisk link.

Av tilkoplingsutstyr benyttes på sendersiden to hovedtyper, lys-emitterende dioder (LED) og lasere. Fig. 3 viser en basiskonfigurasjon for en fiberoptisk link.

Hovedforskjellen mellom LED og lasere er:

- Laser har større effekt enn LED, dette gir større avstand mellom sender og mottager.
- Laser gir mer konsentrert lys enn LED, dette gir bedre koplingseffektivitet til kabelen.
- Laser er dyrere enn LED.

Laser brukes i stor utstrekning sammen med singelmodus optisk fiber i langdistansetransmisjon.

#### 4.2.5. Teknologisk utvikling for fiberoptiske systemer.

Linjesystemene er for tiden 1300 nm bølglengde for singelmodus fiber. Fiberens demping er minst ved bølglengden 1550 nm. Med kvarts som benyttes i dag vil demping under 0,2 dB/Km ikke være mulig, men andre glassarter med mindre demping er under utforskning.

Nå er det vanlig med 565 Mb/s som overføringskapasitet pr. fiberpar. Dette tilsvarer 7680 parallelle telefonsamtaler, se forøvrig kap. 5.4. Det er imidlertid selve tilkoplingsutstyret som begrenser kapasiteten, ikke kabelen. Kapasiteten på tilkoplingsutstyret forventes å øke med en faktor på 4 i de nærmeste årene og innen 1990 forventes systemer på 2,4 Gigabit/s på nåværende fibre.

Nye halvlederlasere forventes utover i 1990-årene å gi mulighet for å multiplekse 10-20 kanaler (bølglengdemultipleksing) som hver overfører 2,4 Gigabit/s.

Ved såkalt koherent optisk deteksjon vil kapasiteten ytterligere forbedres. Overføringskapasiteten vil fram mot år 2000 komme opp i 0,6 til 1,2 millioner parallelle telefonkanaler pr. fiberpar. Utviklingstendensen indikerer dermed at signaloverføringskapasiteten ikke vil være noen begrensende faktor i fremtidens telenett.

#### 4.2.6. Fiber ved NSB.

Ved NSB har det siden 1980 vært optiske fibre i drift i Oslo-tunnelen med et system fra Oslo S til Nationalteatret (1,5 km) og et fra Oslo S til Elisenberg (2,6 km). Begge sy-

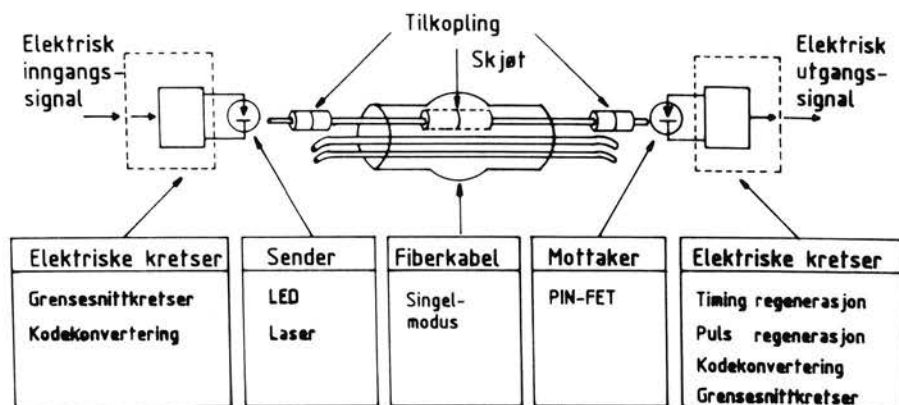


Fig 3. Basiskonfigurasjon av en fiberoptisk link.

stemene benyttes for overføring av videosignaler fra kameraer på Nationalteatret og Skøyen (konvensjonell parkabel Elisenberg-Skøyen).

Televerket og NSB har inngått en samarbeidsavtale om fremføring av fiberkabler på NSB's grunn.

Fremføringen kan være som luftkabler på NSB's kontaktledningsmaster, som jordkabler (evt. nedpløyet) eller kabler forlagt i betongkanaler.

Fiberkabler anlagt i luft er en rask og billig fremføringsmetode. Televerket vil nytte denne metode i sine utbygningsplaner for å dekke økende behov for transmisjonskapasitet. Ved denne fremføringsmetode vil NSB kostnadsfritt eie 4 fibre av singelmodus type i Televerkets kabel.

Etter nåværende planer vil Televerket og NSB samarbeide om fiberkabler på Dovrebanen (Lillehammer-Trondheim), Rørosbanen, Gjøvikbanen, Østfoldbanen samt deler av Sørlandsbanen. Til sammen antas dette å utgjøre ca. 1500 km fram mot 1995.

## 5. Transmisjonssystemer

### 5.1. Analoge og digitale signaler, prinsipper.

Analog og digital telefoni illustrerer forskjellene på de to typer av transmisjonssystemer. I vanlige telefoner er som kjent mikrofon og

transmisjon. Ved overføring av flere samtaler over samme strekning, vil de enkelte talesignaler benytte bæresignaler av forskjellig frekvens, forkortet FDM (Frequency Division Multiplex). Ideelt skal denne overføring skje uten at svingemønsteret i talesignalet forvrenses vesentlig underveis. En vesentlig svakhet ved analogteknikk er imidlertid at det stadig vil addere seg til mere støy ovenpå det opprinnelige signalet. Denne støy kan ikke fjernes fra de signalene som mottas.

I jernbanedriften er det mange kilder som skaper støyproblemer i telenettet. Her nevnes induksjon fra bl.a. parallelltøpende kraftledninger, NSB's egen banestrømsforsyning, traksjonsstøy forårsaket av overharmoniske strømmer i banestrømsforsyningen, impulsspen-

øretelefon omformere mellom lyd (akustisk signal) og elektrisk strøm, se eksempel på kurve for talesignal i fig. 4. De elektriske strømmer overføres ved analog

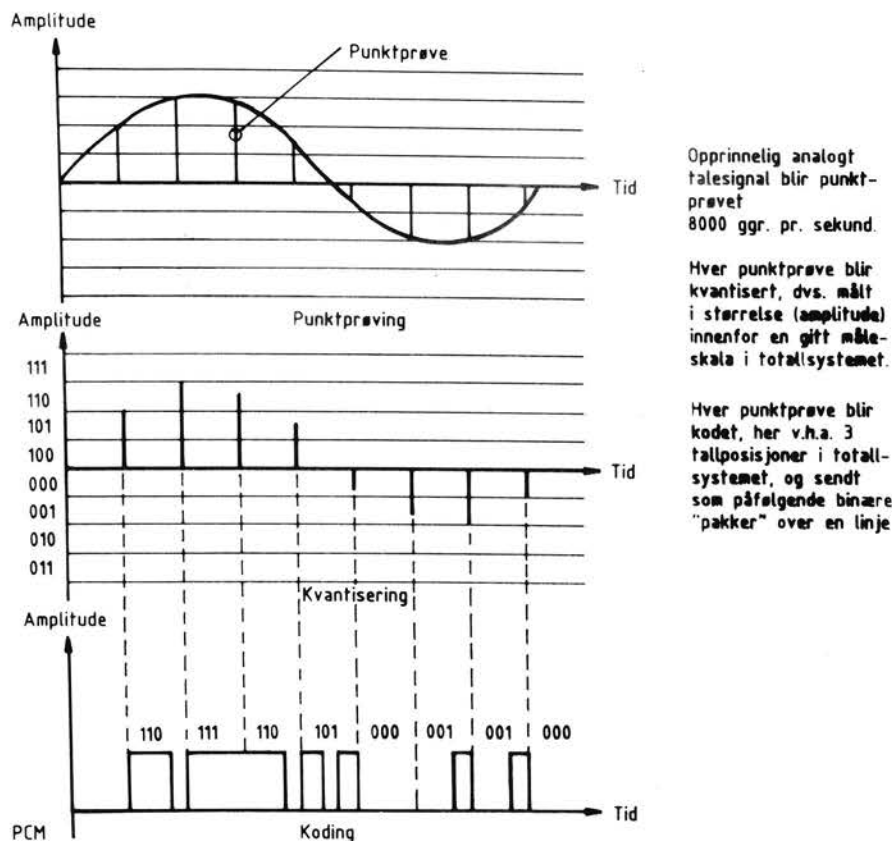


Fig. 4. Digitalisering.

ninger som følge av koplinger i likestrømssystem for fjernstyringer m.v.

I digital telefoni blir talesignalet omgjort til en tallsekvens (digitalisert) som så overføres digitalt i nettet (se neste pkt.). I mottakerenden blir denne tallsekvensen igjen omgjort til lyd. For å oppnå en digitalisering av talesignalet gjennomgår signalet tre operasjoner: punktprøving (sampling), kvantisering og koding.

Ved punktprøvingen måles (avtastes) talesignalet i diskrete tidspunkter med en gitt tidsavstand  $T$  imellom, se fig. 4. Måleskalaen er videre inndelt i et begrenset antall intervaller. I det kontinuerlige talesignalet blir hver punktprøve innenfor et bestemt intervall gitt samme verdi. Dette kalles kvantisering. Digitale signaler oppnås nå ved at hver kvantifiserte punktprøve blir kodet, dvs. representert ved en tallstørrelse. I fig. 4. er nytet en vanlig binærkode (to-tall-system). Talesignalet kan nå overføres som et binært pulstog på samme måte som tekstbokstaver og EDB-tall. Vanlige telefonkvalitet på talesignalet er satt til brutto 4 k Hz frekvensbånd. Dersom signalet skal kunne rekonstrueres, kreves i følge Nyquists punktprøvingsteorem en prøvfrekvens som er minst to ganger høyere enn den høyeste frekvenskomponent som skal overføres. Dette betyr at talesignalet må punktprøves med en frekvens på 8 kHz.

Den ovenfornevnte måleskala ved kvantiseringen er standardisert inndelt i 256 intervaller, dvs. representert ved 8 bit i to-tall-systemet. Bithastigheten på overføring av talesignalet blir etter dette:

$$8 \times 8 = 64 \text{ kbit/s.}$$

Til sammenligning kan nevnes at dersom HIFI-kvalitet (opptil 20 k Hz gjengivelse) skal overføres digitalt, krever dette en seksdobling av punktprøvefrekvensen, dvs.  $8 \times 6 = 48$  k Hz. Bithastigheten blir da:

$$8 \times 48 = 384 \text{ kbit/s.}$$

### 5.2. Generelt om nåværende transmisjonssystemer.

Ved NSB benyttes i dag i hovedsak 3 forskjellige transmisjonssystemer for overføring av telefon- og datasamband:  $L_f$  (lavfrekvens)-,  $B_f$  (bærefrekvens)- og PCM (puls-kode-modulering)- transmisjon.

I tillegg benyttes en del tonesignalutstyr for overføring av overvåkings- og fjernstyringssamband.

Felles for alle systemer er oppbyggingen med terminalutstyr og eventuell forsterkning/regenerering.

«Historisk» er det  $L_f$ -teknikken som ble først innført ved NSB, siden fulgte  $B_f$ , og ved innføring av digital transmisjon kom PCM. Overføringsmedia fra terminal-terminal er trådkurs og parkabel.

### 5.3. Analog transmisjon.

$B_f$  er et såkalt FDM-system (Frequency-Division-Multiplex). Det betyr at man med amplitudemodulasjon-prinsippet kan «flytte» et lavfrekvenssignal til et høyere frekvensområde, og derved oppnår man å kunne overføre en rekke samband (telefoni, data) over samme linje.

Kapasiteten på det enkelte system varierer og ved NSB har det vært/er det i bruk 1-, 3- og 12-kanal-systemer.

Generelt kan man si at dersom et  $B_f$ -system får være «i fred» for eksterne støykilder, og ellers er oppsatt og justert etter forskriftene, er det et stabilt og godt transmisjonssystem.

### 5.4. Puls-kodemodulasjon (PCM).

PCM er et TDM-system (Time – Division – Multiplex). Dette betyr at man innen et bestemt tidsrom «avføler» et gitt antall kanaler og sender signalene ut i kodet digital form. I likhet med FDM-systemene (kap. 5.3.) oppnår man å kunne overføre flere samband over samme linje.

Man deler et PCM-system inn i «ordener» etter hvor stor kapasitet

det har 1. ordens (30 kanaler), 2. ordens (120 kanaler), 3. ordens (480 kanaler) osv. Dette er illustrert i fig. 5. Her vises den europeiske standard for oppbygging av PCM-hierarkiet.

PCM kjennetegnes av stor stabilitet mot driftsforstyrrelser, og meget god kvalitet på overførte samband. Systemet er mindre følsomt for frekvensstøy (graden bl.a. avhengig av transmisjonsmedium), mens likestrømpulser (eks. CTC, blokktelefon, fjernstyring av KI-brytere) kan påvirke sambandet i større grad.

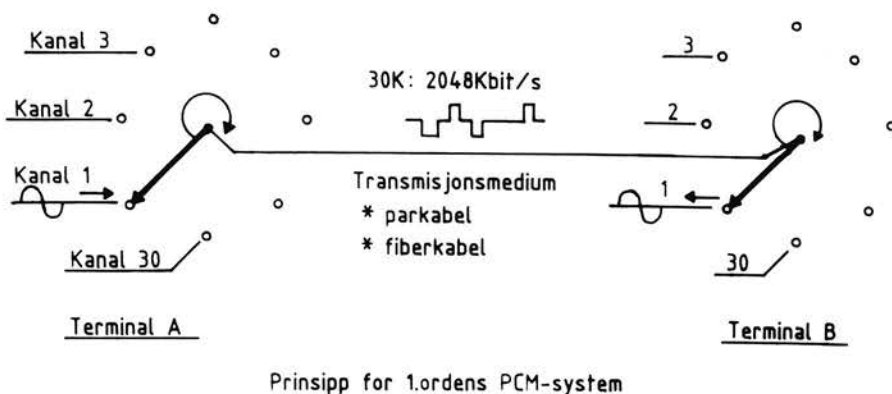
Nedenfor er forsøkt forklart prinsippet ved PCM:

Selve sample-mekanismen kan sammenliknes med en klokkeviser (fig. 5.) som roterer i pilens retning. Da systemet er det samme i begge terminaler må disse arbeide synkront. Dette løses ved at sendeterminale, med såkalte rammelåsningsord, «tvinger» mottakerterminalen til synkron drift.

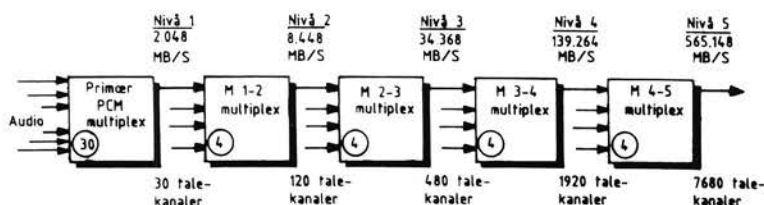
For dataoverføring, og generell kommunikasjon internt mellom forskjellige systemterminaler på «PCM-nivå», er det på nyere PCM-utstyr muligheter for direkte tilkoping til 64 Kbit-grensesnitt. Man slipper altså å gå veien om modem-utstyr og overføring til  $L_f$ -nivå (toner). Nevnte grensesnitt er internasjonal standard og brukt i NSB's digitale nett. Likeledes er det på nyere utstyr mulig å tilkoble fiberoptisk kabel direkte.

Ved PCM-overføring på NSB's langlinjekabler må man utplassere regeneratore med jevne mellomrom. Avstanden vil avhenge av tråddiameter (eks. 1,2 mm), linjedempning, krysstale og støy, samt hvilken ordens PCM det er snakk om. En vanlig avstand ved 1. ordens PCM og 1,2 mm kabel kan være ca. 3 km. Ved 2. ordens PCM vil regeneratørvstanden bli vesentlig mindre, og nåværende regeneratørbereholdere kan heller ikke nyttes. Strømmatningsseksjonene vil bli kortere da regeneratorene krever høyere spenning. Transmisjonsteknisk er det usikkert hvordan et 2. ordens PCM-sy-





Prinsipp for 1.ordens PCM-system



Prinsipp for høyere ordens PCM-system

Fig. 5. Prinsipp for PCM-systemer.

stem på NSB's parkabel vil fungere.

F.o.m. 3. ordens PCM må transmisjonsmediet være fiberoptisk kabel, og ikke parkabel. Dette benyttes flere steder i NSB's nett.

PCM-regeneratorer arbeider på grunnlag av mottatte «timer»-signaler i linjesignalet, og formålet er å regenerere mottatte signaler og sende disse videre i sin opprinnelige form og til rett tid.

### 5.5. Pågående utbygginger av PCM-systemer.

Parallelt med utbyggingen av NSB's digitale telefonsentraler skjer en generell utbygging av transmisjonsnett. Dette gjøres stort sett ved å etablere fibersamband enten i egen regi eller sammen med Televerket. På de aktuelle strekninger anskaffes høyere ordens PCM, 34- eller 140 Mb systemer.

Noen systemer bygges ut på NSB's parkabler og er begrenset til 2 Mb systemer.

De viktigste systemer som er etablert i perioden 87-88 er:

Trondheim-Hamar	2 Mb
Gjøvik-Hamar	140 Mb
Drammen-Oslo	2 Mb
Asker-Drammen	34 Mb
Oslo S-Storgt. 33	34 Mb
Oslo S-området	34 Mb
Oslo S-Ski, Lillestrøm, Asker	140/34 Mb
Hamar-Lillestrøm	2 x 2 Mb

Fig. 6. Prinsippskisse digital telefonsentral.

## 6. Digitale hussentraler, terminaler

### 6.1. Teknologi.

Utforming og systemopplegg i en digital hussentral med tilhørende terminalutstyr bærer preg av den generelle teknologiske utvikling innenfor mikroelektronikk og tilhørende programvare.

### 6.2. Hussentral i NSB-nett, Digimat 2000.

#### 6.2.1. Generelt.

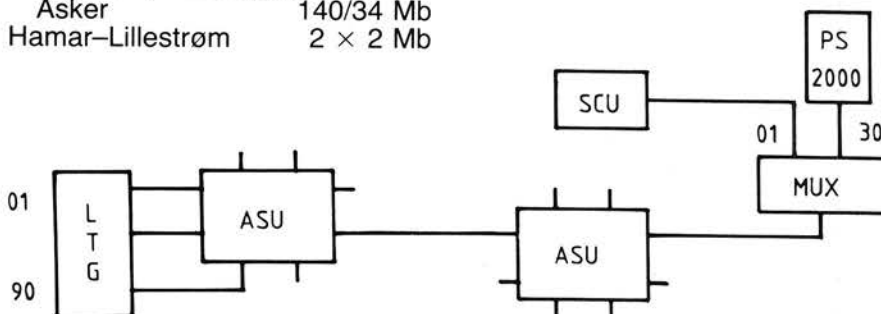
Digitale sentraler i NSB's nett er alle av Digimat 2000 type og levert av Standard Telefon og Kabelfabrikk A/S. Sentralen består av en rekke autonome systemmoduler som kan settes sammen i et byggeklosssystem. Den kan bygges opp som en sentralisert enhet eller som en distribuert nettløsning uten brukermessige endringer.

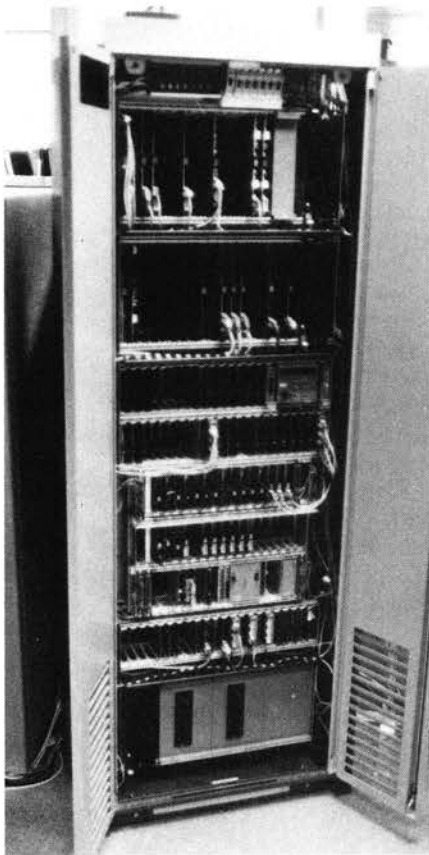
En Digimat 2000 sentral kan etter byggeklossprinsippet bygges ut til mere enn 10 000 internlinjer.

Følgende hovedmoduler finnes:

- ASU – autonom digital svitsje modul
- LTG – linjetermineringsgruppe, kortholds abonnenttilkopling
- MUX – multiplekser
- SCU – system kontroll enhet med service terminal for drift og vedlikehold
- PS 2000 – egen enhet for pakkeswitching

En prinsippskisse er vist i fig. 6. I det etterfølgende omtales svitsje- og pakkesvitsjmodulen mere detaljert.





Moderne digital telefonsentral.

#### 6.2.2. Autonom svitsjemodul (ASU)

I minste utbygning har Digimat 2000 en kapasitet på 90 linjer (by- og intern-linjer). Større sentraler og nett bygges opp ved å kople opp det nødvendige antall ASU'er, LTG'er og eventuelle MUX'er via 30-kanalers 2 Mbits – PCM-samband slik som er vist på prinsippskissen.

I det etterfølgende omtales svitsje- og pakkesvitsjmodulen mere detaljert.

Den autonome, digitale svitsjen i konseptet har 8 stk. 2 Mbit/s porter. ASU'en kan derfor tidsvitsje i alt 240 kanaler.

Hver 2 Mbit/s port med 30 kanaler kan koples via en transmisjonslinje til en annen ASU, en LTG (må ha 3 tilkoplinger for 90 abonnenter), en MUX eller mot digital samband fra det offentlige

nettet (innvalg i fase 1 Oslo realiserer slik). ASU er selvstendig med egen programvare med muligheter for å oppdatere sine transmisjonsruter avhengig av tilstand i omverdenen.

Styresystemet i ASU er bygget opp av to mikroprosessorer. Den ene arbeider som hovedprosessor, mens den andre arbeider som trunkprosessor som sender pakkeformaterte statusmeldinger i signaleringskanaler mellom flere ASU'er. ASU har 4 spesielle data-tilkoplingsmuligheter, som kan f.eks. benyttes til tilkopling av SCU eller ekspedisjonsapparater.

#### 6.2.3. Pakkesvitsjingsmodul PS 2000.

PS 2000 er pakkesvitsjen i STK's integrerte digitale kommunikasjonssystem Digimat 2000. Med denne enheten får brukeren av Digimat 2000 tilgang på en meget effektiv datakommunikasjonstjeneste som følger:

- Maksimal utnyttelse av transmisjonskanaler for de fleste typer datatrafikk. Standard grensesnitt, CCITT's X. 25,
- Muliggjør tilkopling av datamaskinutstyr fra de fleste leverandører.

PS 2000 tilkoples det samme drift- og vedlikeholdssystemet som brukes for Digimat 2000 og opereres fra samme kontrollenheter og terminaler. Pakkesvitsjings-tjenester omtales senere i kap. 7.

#### 6.3. Programvare.

Programvaren i Digimat 2000 er slik konstruert at hver ASU skal fungere som en egen selvstendig enhet.

De forskjellige brukertjenestene defineres i programvaren. Dette gjelder både kommersielle tjenester og mere kundespesifikke funksjoner.

Sentralene må oppgraderes til aktuell programvarereversjon helt analogt hva som gjøres for datamaskiner. Alle sentraler i et nett må ha samme versjon for å ha et fullt tjenestereportar.

#### 6.4. Signalering i nettet.

Med signalerig i telenett menes generelt det som må forefinnes av intern kommunikasjon for å kople opp/ned forbindelser mellom abonnenter m.v.

Signaleringen internt i et digitalt nett avviker vesentlig fra det som benyttes i analoge nett.

I analoge nett benyttes i stor grad kanallasosiert signalerig, dvs. signalerig går i samme kanal som fører trafikken.

I et digitalt nett er all signalerig samlet i en kanal, omtalt som felleskanal. Denne kanalen fører all nødvendig informasjon om alle berørte trafikkanaler. I tillegg overføres informasjon om drift- og vedlikehold i nettet.

Digmat-sentralene benytter også felleskanal-sigalerig, se fig. 7. Dette realiseres på to alternative måter.

- Analoge tverrsamband mellom svitsjer.  
Her kreves et fast punkt til punkt samband på egne modemer. Dette gir full tjenesteintegrasjon for telefontjenester i nettsammenheng. Dette er brukt i fase 1 mellom Hamar og Oslo.
- Digitale tverrsamband mellom svitsjer.

Her benyttes en 64 kbit forbindelse for signalerig. I tillegg er det nødvendig med diverse digitale trafikkanaler. Som regel benyttes en 1. ordens PCM som tverrforbindelse og kanal 16 som signaliseringskanal.

Dette gir full tjenesteintegrasjon både for data- og telefontjenester i nettsammenheng.

Dette benyttes i NSB's nett foreløpig unntatt mellom Oslo og Hamar.

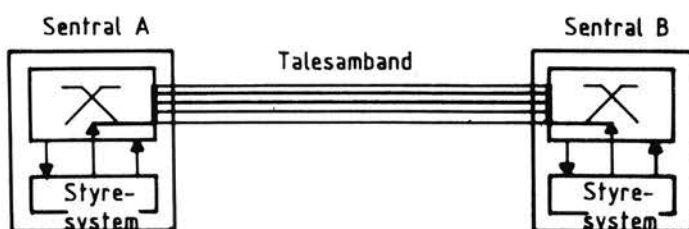
#### 6.5. Utbygging av NSB's nett.

Utbygging av NSB's nye digitale telenett tar utgangspunkt i nåværende analoge telefonnett. Utskifting av analoge telefonsentraler

## Signalering

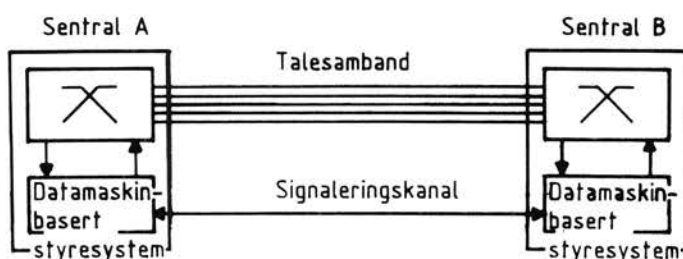
Signalering = kommunikasjon mellom sentralenes styresystemer

Kanalassosiert signalering:



Signaleringen overføres på talesambandene

Felleskanalsignalering:



Signaleringen overføres på egne datakanaler mellom sentralenes datamaskiner.

En effektiv datakommunikasjonsprotokoll benyttes.

Fig. 7. Signaleringsprinsipp.

med tilhørende transmisjonssystemer skal skje etappevis.

Hele nettet skal bygges ut i løpet av en 10-års periode. Utbyggingen skjer i 7 faser.

### Fase 1:

Er satt i drift våren -87 og omfatter 2500 interne abonnenter i NSB-nettet. Omfanget er vist på fig. 1.

### Fase 2:

Dette er i grove trekk resten av Oslo-området som er forventet idriftsatt i løpet av 1988.

### Fase 3:

Her taes resten av Dovrebanen inkludert hele telefonsentralen i Hamar og Trondheim. I tillegg kommer pakkesvitsjer i distriktsentralene på landsbasis (der disse mangler). Disse settes i drift i løpet av 1989/90.

### Senere faser:

Disse fasene henger nøye sammen med adgang til transmisjonssystemer/media og vil bli tilpasset dette nøye, se utbygging av fiberkabler i kap. 4.2.6.

## 6.6. Kommersielle telefonsjonesjoner i NSB's nett.

Etterfølgende tjenester som beskrives fungerer i hele Digimat-nettet, uavhengig av geografisk avstand og tilknytningssted. Tjenesterepertoaret i en moderne telefonsentral er meget omfattende. Her omtales bare et mindre utvalg.

Telefontjenestene er i korthet følgende:

### Direkte innvalg:

Abonnenter i det offentlige nettet kan slå seg fram direkte til den NSB-ansatte de søker uten å gå veien om ekspedient.

### Kortnummervalg:

Abonnenter kan ringe et internt eller eksternt telefonnummer ved å slå en forenklet kode.

### Medflytting:

Abonnenter kan flytte (omdirigere) innkommende anrop til et annet internapparat.

### Intern venting med tilbakeanrop:

Mulighet for abonnenter som får opptatt-tone, fra tilringt internnummer, til automatisk å få tilbakeanrop når internnummer er ledig.

### Konferanse:

Muligheter for abonnenter å etablere konferanser.

### Direkte anrop:

Abonnenter blir automatisk koplet opp mot på forhånd bestemt internnummer når røret løftes av.

### Sjef-/sekretær funksjon:

Mulighet for abonnenter å få alle innkommende anrop direkte signalisert på sjef-/sekretærapparat.

## 6.7. Spesielle funksjoner i NSB's nett.

I en stor organisasjon som NSB kreves en del tilleggstjenester av et digitalt telenett. Dette gjelder noen allerede kommersielt utviklede produkter fra STK, og enkelte spesialutviklede funksjoner for NSB.





Digitalt spesialapparat for tale- og datatilkopling.

Funksjonene i korthet:

Automatisk køsvarer på innkommende bylinje, dvs. i ventetiden gis talt beskjed til byabonnet, f.eks.: «De er nå kommet til NSB reisebyrå. Vennligst ikke legg på, men vent på svar.»

Vedlikeholdsradio tilpasning, dvs. funksjonelt vil NSB's vedlikeholdsradio være en bærbar telefon med tilgang til mange av nettets funksjoner.

Debiteringssystem for avregning internt, dvs. system for lagring og etterbehandling av debiteringsdata slik at det er mulig å fordele automatisk bedriftens totale telekostnader i.h.t. de ulike avdelingens telefonbruk.

Fraværsmarkeringssystem, dvs. et databasert system, beregnet for spesielle anvendelser, som f.eks., NSB's Reisebyråer.

#### 6.8. Terminaloversikt.

Til det digitale telenettet koples følgende brukerutstyr:

- Vanlige analoge telefonapparater.

- Digitale spesialapparater med adgang til samtidig kommunikasjon for tale og data fra samme terminal. Apparatet gir utvidet tjenestetilbud og kommuniserer digitalt med sentralenheten.
- Vedlikeholdsradio, den bærbare konvensjonelle radioen



Spesialapparatet tilkopleet en dataterminal.

som brukes i dag i det analoge nettet.

## 7. Datakommunikasjon

### 7.1. Generelt.

Ved spesifisering av tjenestene i det digitale nettet har man tatt utgangspunkt i de tjenester som tilbys i de offentlige nettene.

Dette gjelder Televerkets tilbud i Datel, Datex og Datapak. Resonnementet har vært at dataterminalene/utstyret skal kunne tilkoples NSB's nett eller det offentlige og således være nettuavhengig. Funksjonell deling av nettet er vist på fig. 8.

### 7.2. Linjesvitsjet nett.

Denne formen for kommunikasjon er svært lik den som benyttes for konvensjonell telefonkommunikasjon. Det etableres en punkt til punkt forbindelse mellom «samtalepartnerne». Overføringen i nettet er symmetrisk full duplex.

Inntil forbindelse brytes står denne forbindelsen med hele den tilordnede båndbredde konstant til disposisjon for de to abonnentene, enten de utnytter den eller ikke.

Denne kommunikasjonsformen kan funksjonelt deles etter hvor-

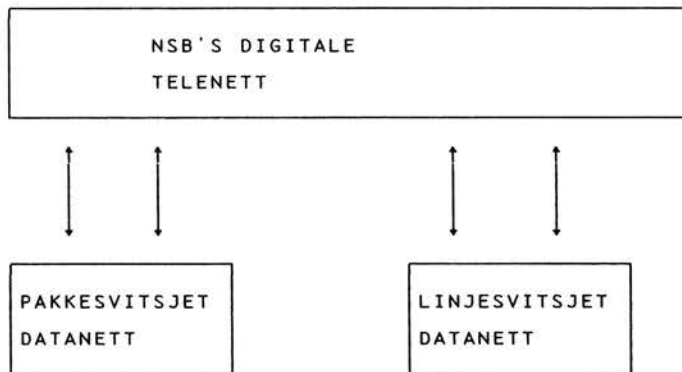


Fig. 8. Overordnet skisse over datakommunikasjonsfunksjoner.

dan «samtaleoppsett» gjøres og kontrolleres.

Sambandene kan etableres fra tastatur på telefon/spesialapparater eller fra datautstyr/terminal.

Overføringene kan være asynkrone (hastighet opptil 19,2 kbit) og synkrone (hastighet opptil 64 kbit) avhengig av tilkoplingsutstyret.

### 7.3. Pakkesvitsjet nett.

Pakkesvitsjing bygger på helt andre prinsipper enn linjesvitsjing (som baseres på en fast punkt til punkt forbindelse). Ved hjelp av pakkesvitsjing kan man på en og samme fysiske forbindelse føre flere samtidige parallelle «samtaler». Dette gjøres ved å etablere flere logiske kanaler mellom datautstyret og nettet. Hvordan dette gjøres mellom nett og datautstyr er entydig definert i et sett av anbefalinger, omtalt senere som X.25. NSB's nett er således et protokollavhengig overføringsnett. For videre framstilling av nettet kan det være nyttig å ta utgangspunkt i OSI referansemodell (OSI-Open System Interconnections).

#### 7.3.1. OSI referansemodell.

Referansemodellen sorterer en datamaskins kommunikasjonorienterte funksjoner i en arkitektur bestående av 7 lag. Funksjoner som naturlig hører sammen, er samlet i samme lag. Oppdelingen er vist på figur 9.

#### Applikasjonslaget:

Utteksler data mellom programmer, mellom programmer og operatør, eller mellom operatører. Typiske applikasjoner er terminalhåndtering, filoverføring og styring av batchprosesser.

#### Presentasjonslaget:

Styrer skjermbilder, konverterer ulike tegnsett, foretar koding og datakomprimering.

#### Sesjonslaget:

Oppretter logiske forbindelser, avtaler tegnsett, halv/full duplex driftform og kontrollerer hvem, når og hvor lenge.

#### Transportlaget:

Konverterer logiske adresser til fysiske nettadresser, deler opp større meldinger i «pakker» og setter disse sammen igjen på mottaker-siden. Laget har en overordnet ende-til-ende kontroll.

#### Nettlaget:

Er ansvarlig for at riktig kommunikasjonspartner anropes, ber om eventuelle tilleggstjenester, nummererer pakkene sekvensielt, behandler kvitteringsinformasjon og styrer flytkontroll på pakkenviå.

#### Linjelaget:

Legger pakken inn i X.25 rammeformatet, nummererer rammene sekvensielt, behandler kvitteringsinformasjon og styrer flytkontroll på rammnivå, tilsetter tilleggsinformasjon for feildetektering og sørger for at eventuelle feil som er skjedd under overføringen blir rettet opp.

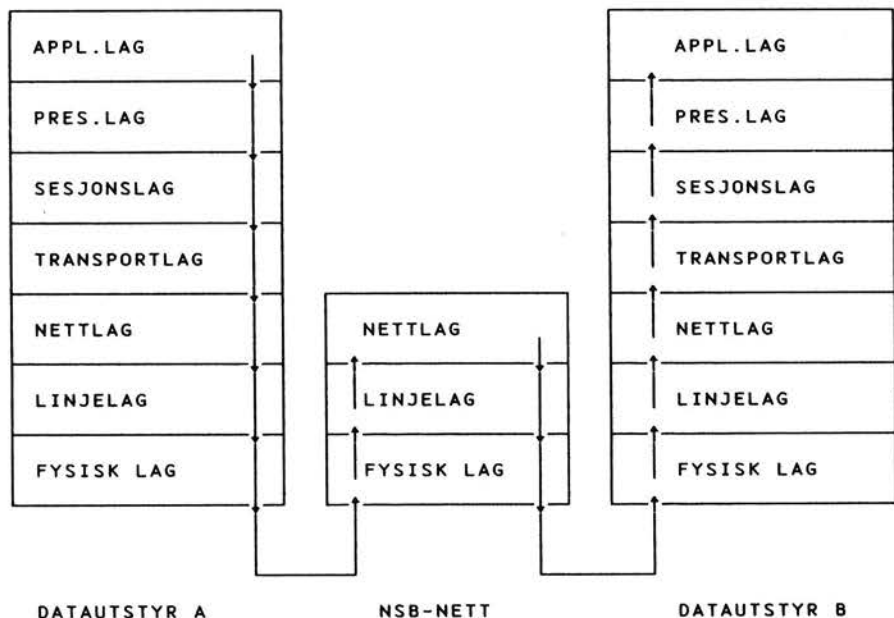


Fig. 9. Referansemodell.

Det fysiske laget:

Sørger for selve datatransporten, danner grensesnittet mot modem og annet tilkoplingsutstyr og ivaretar fysiske, elektriske og mekaniske egenskaper.

NSB's nett realiserer de tre laveste lagene i OSI modellen som illustrert i figur 9.

### 7.3.2. X.25 protokoll.

Lagene i NSB nettet er realisert etter X.25 rekommendasjonene. Disse følger funksjonsmessig OSI's lagdeling og dekker de 3 nederste nivåene.

Nyttedataene med nødvendig tilleggsinformasjon som skal overføres, må pakkes i et definert format da både nettet og datautstyret på mottakersiden leser og tolker informasjonen i de enkelte bit eller bit-kombinasjoner etter definerte protokoller. Dette formatet eller strukturen kalles som tidligere nevnt X.25 ramme.

Opp- og nedkopling av rammenivå, overføring av pakker, behandling av feil som er oppstått underveis, skjer ved utveksling av ulike rammer.

Strukturen på en rammer vist i fig. 10.

### 7.3.3. Tjenester og funksjoner i nettet.

For datautstyr som direkte kan følge X.25 rekommendasjonene er nettets funksjoner direkte tilgjengelige. For enklere karakterorientert utstyr finnes tilpasningsutstyr i nettet. Dette omtales i kap. 7.3.4.

Følgende funksjoner kan nevnes:

Virtuelle samband:

En logisk kanal gjennom et pakkenett som gjør det mulig å føre flere samtaler på samme fysiske samband.

Permanente virtuelle samband: Sambandet står fast oppkoplet.

F1 START	A ADRESSE	C TJENESTER	DATA NYTTEDATA	FCS KONTROLL	F2 SLUTT
-------------	--------------	----------------	-------------------	-----------------	-------------

F1: Angir starten av rammen. Brukes også til synkronisering.

A: Er adressefeltet (rammenivåadresse).

C: Angir rammetype.

DATA: Feltet inneholder mottakeradresse, avsenderadresse, nyttedata og annen nødvendig informasjon for feildeteksjon.

F2: Angir slutten av X.25 rammen.

Fig. 10. Rammestruktur X.25.

Hastighetskonvertering:

Utstyr med forskjellig hastighet kan kommunisere. Tilbyr pakkestørrelser opptil 4096 tegn.

Samtrafikk ut/inn Televerkets Datapak:

Datapak kan benyttes som reservevei og muliggjør direkte kommunikasjon til annet eksternt datautstyr.

Fleksibel tilkopling:

Datautstyret kan enten tilkoples X.25 nettet direkte eller benytte deler av det øvrige Digimat nettet som transmisjonsvei.

### 7.3.4. Asynkrone terminalers tilkopling.

Asynkrone enkle terminaler er ikke i stand til å pakke data som skal sendes i henhold til det standardiserte formatet som X.25 beskriver, men sender tegn for tegn til mottakeren.

For disse terminalene er det nødvendig å la kommunikasjonen gå via et intelligent mellomledd som gjør at nettet ser dette som trafikk fra en pakkeorientert terminal. Dette mellomleddet kalles PAD (Packed Assembler/Disassembler) og er standardisert gjennom CCITT rekommendasjoner X.3, X.28 og X.29. En slik PAD finnes i alle større sentraler i NSB's digitale nett. Antall terminaltilkoplinger varierer fra 30 og oppover, se for øvrig fig. 11. Data fra brukers tegnterminal sendes til PAD tegn for tegn. PAD pakker de mottatte tegnene i standard datapakker. Pakkene tilføyes mottakerens adresse og gis også spesielle kontrollkoder før de sendes nettet.

I en dialog sendes også data til den tegnorienterte terminalen. Disse mottas først av PAD som «pakker opp pakken» og sender informasjonen tegn for tegn til brukers terminal.

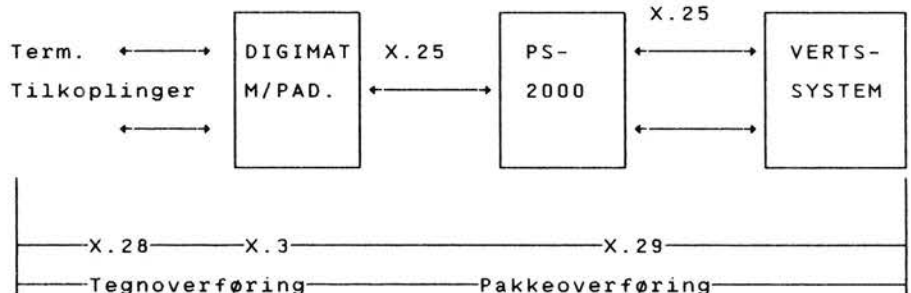


Fig. 11. Prinsippskisse for asynkrone terminalers tilkopling til et pakkeorientert nett.





Bildetelefon, eksperimentmodell.

Enkel forklaring på de aktuelle rekommendasjoner:

- X.28: Her beskrives hvordan kommunikasjon mellom PAD og en tegnorientert terminal skal foregå. Man velger et utvalg av parametere for å tilpasse den enkelte terminaltype.
- X.3: Her beskrives de tjenester og funksjoner en PAD må tilby for å fylle rollen som mellomledd mellom ulike typer av tegnterminaler og pakkeorienterte dataterminaler. Rekommendasjonen dekker 18 ulike tjenester.
- X.29: Her beskrives hvordan en pakkeorientert dataterminal skal kommunisere med en PAD gjennom et pakkenett.

### 7.3.5. Tilkoplingsmuligheter til pakkenett.

Følgende tilkoplinger er mulig:

- fra DT 80 spesialapparat, asynkront opptil 9,6 kbit/s ved å ringe opp en PAD.
- direkte tilkopling til en PAD punkt til punkt, asynkront.
- direkte tilkopling mot PS 2000, synkront opptil 64 kbit/s.

### 8. Sluttkommentarer

NSB vil etter foran skisserte planer innen 1995 ha et meget moderne bedriftsinternt telenett. Dette vil være nødvendig både av hensyn til intern rasjonalisering og NSB's tilbud til sine kunder. Det siste gjelder både for fremkommelighet pr. telefon og den service NSB kan tilby i de interne databaserte informasjonssystemer i gods- og persontrafikken. □

### Ordliste med forklaringer

Ordlisten inneholder en del uttrykk og forkortinger som er brukt i artikkelen.

**Analogt signal** – Kontinuerlig variabelt signal

**Applikasjonslag** – Lag 7 i OSI-modellen

**ASU** – Enhet for svitsjing i NSB's digitale telefonsentraler

**Asynkron overføring** – Overføring hvor avstanden mellom de enkelte bit i et tegn er konstant, men avstanden mellom to tegn er vilkårlig

**Batchprosesser** – Større mengde, ikke avbrytbare, dataprogram

**Bf** – Bærefrekvens, en måte å overføre flere trafikk-kanaler på samme fysiske kabel

**Binærkode** – Kode basert på «1» og «0»

**Bit** – Minste mulige informasjonseenhet

**Blokktelefon** – Eget telefonsystem for framføring av tog

**Brytningsindeks** – Måleenhet for brytning av lys

**CCITT** – Den internasjonale rådgivende telegraf- og telefonkomité

**CTC** – System for fjernstyring av togtrafikk

**Datapak** – Televerkets datakommunikasjonstilbud for pakkesvitsjet datakommunikasjon

**Datakomprimering** – Sammenpakking av data med informasjoninnholdet inntakt

**Datel** – Televerkets datakommunikasjonstilbud basert på det offentlige telefonnettet

**Datex** – Televerkets datakommunikasjonstilbud for linjesvitsjet datakommunikasjon

**Db** – Enhet for demping og forsterkning av signaler

**Digmat-2000** – Sentraltype i NSB's digitale nett

**Digitalt signal** – Signal med et endelig antall verdier

**Ep** – Elektronisk plassbestilling

**Ekspedisjonsapparat** – Terminalutstyr for sentralbordbetjening

**FDM** – Frekvensmultipleksing

**Felleskanal signalering** – All signalering sendes på egen dedisert kanal

**Fjernskrivertjeneste** – Intern telegramformidling i NSB

**Full dupleks** – Kommunikasjon i begge retninger samtidig

**Fysisk lag** – Lag 1 i OSI-modellen

---

**Gigabit** – 1 000 000 000 bits  
**Gtl** – System for godstransportledning  
**Halv dupleks** – Kommunikasjon i bare en retning samtidig  
**Hastighetskonvertering** – Endring av datahastighet fra inngående datastrøm til utgående  
**Hz** – Enhet for frekvens  
**Impedans** – Forholdet mellom strøm og spenning  
**ISDN** – Integrated Services Digital Network  
**ISO** – Internasjonalt standardiseringsorgan  
**Kanalassosiert signalering** – Signalering foregår på samme kanal som telefon/data trafikken  
**Kilobit** – 1 000 bits  
**Krysstale** – Overføring mellom trafikk-kanaler  
**Laser** – Lyskilde for fiberoptisk kommunikasjon  
**LED** – Lyskilde for fiberoptisk kommunikasjon  
**Linjelag** – Lag 2 i OSI-modellen  
**LF** – Lavfrekvens – signaler  
**LTG** – Enhet for tilkopling av abonnenter i NSB's digitale telefonsentraler  
**Megabit** – 1 000 000 bits  
**Modem** – Enhet for tilkopling av datautstyr til analoge nett  
**Monomodus** – Samme som singelmodus  
**Multimode gradert indeks** – Spesiell type fiberkabel  
**Multimode trinn indeks** – Spesiell type fiberkabel  
**MUX** – Enhet for tilkopling av abonnenter i NSB's digitale telefonsentraler  
**Nettlag** – Lag 3 i OSI-modellen  
**OSI-referansemodell** – Lagdelt funksjonsspesifikasjon for sammenkopling av datautstyr  
**PAD** – Enhet for tilkopling av asynkrone terminaler til et pakkesvitsjet nett  
**PCM** – En måte å overføre flere trafikk-kanaler på samme fysiske kabel  
**Pakkesvitsjing** – Overføring av data som adresserte pakker  
**Permanente virtuelle samband** – Et logisk samband som «står» fast  
**PS 2000** – Enhet for pakkesvitsjing i NSB's digitale nett  
**Presentasjonslag** – Lag 6 i OSI-modellen  
**Regenerator** – Enhet for forsterkning av signaler  
**SCU** – Enhet for drift- og vedlikehold i NSB's digitale nett  
**Singelmodus** – Glassfibertype beregnet for telekommunikasjon over lengere avstander  
**Synkron overføring** – Overføring hvor avstanden mellom de enkelte bit i et tegn er konstant, og avstanden mellom to tegn er et helt antall bitintervall  
**TDM** – Tidsmultipleksing  
**Tegnsett** – Regler om hvordan informasjon skal presenteres  
**Transportlag** – Lag 4 i OSI-modellen  
**Tverrsamband** – Forbindelse mellom forskjellige telefonsentraler  
**X.3** – Beskrivelse av funksjoner i en PAD  
**X.21** – Grensesnittfunksjoner ved tilkopling av synkrone dataterminaler på offentlig datanett  
**X.25** – Grensesnittfunksjoner ved tilknytning av datautstyr til pakkesvitsjede tjenester  
**X.28** – Grensesnittfunksjoner mellom datautstyr og en PAD  
**X.29** – Grensesnittfunksjoner for datautstyr som skal kommunisere med en PAD over et pakkenett  
**V.24** – Grensesnittfunksjoner for datautstyr beregnet brukt på telefonnettet  
**Virtuelle samband** – Et logisk samband

# Beregning av slitasjegrenser for skinner

Av siv.ing. Kaare Stjern, Taugbøl og Øverland A/S

## 1. Innledning

Skinner er normalt dimensjonert m.h.p. utmattingsfasthet av skinnfotmidten. Dette skyldes at fordelingen av egenspenninger over skinnnettverrsnittet gjør skinnfotmidten mest utsatt for utmatting. Etter hvert som skinneslitasjen øker, spesielt i skarpe kurver, vil spenningsbildet forandre seg. Da blir nedre ytre kant på skinnhodet utslagsgivende. Selv om tiltak mot skinneslitasje (smøring, høyfaste skinner, assymmetrisk sliping) er viktige for å bremse slitasjen, vil det likevel til slutt være en grense, slitasjegrensen, som må overholdes for at bruddsannsynligheten ikke skal bli for stor.

Tidligere ble slitasjegrensene gjerne fastsatt ut fra praktisk erfaring. Slitasjeprofilet ble bestemt med utgangspunkt i nedre indre kant på skinnhodet. P.g.a. laske- ne var dette et fastpunkt for maksimal slitasje. Videre grunnlag for vurdering var gjerne akseptabel tverrsnittsreduksjon og reduksjon i motstandsmoment.

Det er i de senere år gjort en del arbeider for å beregne spennin- gene og dermed slitasjegrensene mer nøyaktig. I disse arbeidene er spennin- gene bestemt både teoretisk og eksperimentelt.

Det vil i det følgende særlig bli lagt vekt på Peter Seyboths (1) doktoravhandling ved Technische Universität München. Hans arbeid vil også bli belyst med et eksem- pel fra NSB.

Som eksempel på slitasjegren- ser er det i figur 1 vist Deutsche Bundesbahns (DB) grenser for UIC 60.

Som det fremgår av figuren tillat- ter DB at skinnene slites forbi ned-

re indre skinnhodekant. Grense- verdiene er basert på målet «a» i 45° vinkel med vertikalaksen. Det- te målet gir omtrent samme verdi som den norske måleregelen. I det følgende behandles bare spenninger for skinnhodet, da jeg anser dem som dimensjone- rende, noe som bekreftes i (1).

## 2. Spenninger funnet eksperimen- tet

Seyboth (2) har gjort laboratorie- forsøk for å bestemme skinne- spenninger. Målingene er gjort med streklapper på skinner som enten har fått sterk slitasje i drifts- spor eller som er maskinert til for- skjellige slitasjestadier (a-målet angir slitasjegraden). Prøveanord- ningen ble kalibrert vha. Zimmer- manns metode (3), slik at skinne- spennin- gene blir tilnærmet like i laboratorium og spor. Zimmer- manns metode brukes av mange jernbaneforvaltninger, bl.a. DB til å beregne skinnespenning, ned- bøyning og ballastspenning. I for- søkene ble det tatt hensyn til at skinnespenningene varierer med grunnforholdene. Det ble gjen- nomført statiske belastningsfor- søk med flere verdier for forholdet mellom føringskraft Y og vertikal hjulkraft Q.

Maksimalverdier i forsøkene var  $Y = 60$  kN og  $Q = 140$  kN.

Det er i figur 2 vist resultater fra målinger på UIC 60. Målt spen- ning ved null slitasje er satt lik 100%. Som en ser av figuren, øker spenningen for skinnhodet vesentlig mer enn for skinnfoten med økende slitasje. Ved slitasje- grensen  $a = 16$  mm, jfr. fig. 1, er randspenningene for skinnhodet økt med 68%, og ved ca. 20 mm er spenningen fordoblet.

## 3. Spenninger beregnet teoretisk

Eisenmann (3) har for mange år siden presentert en beregnings- modell basert på klassisk teori for å beregne randspenningene. Me- toden går ut på å beregne koeffi- sientene for virkningen av spen-

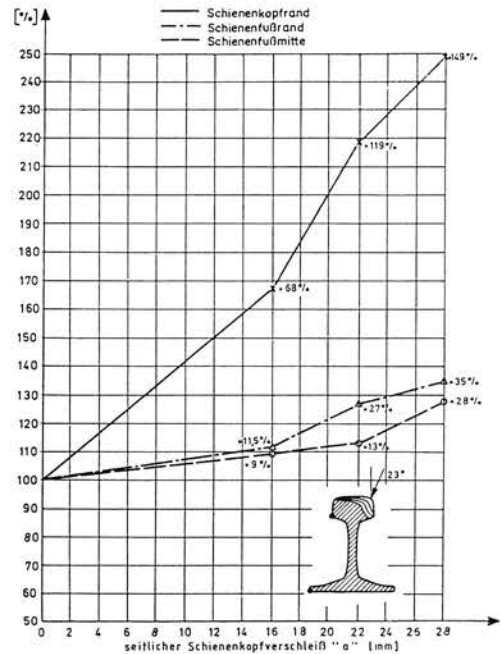


Fig. 2. Økning i randspenninger m.h.p. skinneslitasje «a».

ninger etter Navier, tilleggsned- bøyning av skinnhodet, torsjon og horisontal bøyning. Koeffisien- tene er forskjellige fra et skinne- profil til et annet. Ved hjelp av koeffisientene kan man så bereg- ne spennin- gene med forskjellige verdier for Y og Q. Det er godt samsvar mellom målinger og be- regninger for skinner uten sidesli- tasje.

I (1) er beregningsmetoden vi- dereutviklet slik at målinger og be- regninger stemmer meget godt overens også for skinner med sterk sideslitasje.

Forbedringene går ut på nøyak- tig bestemmelse av tverrsnittsver- diene for hvert slitasjestadium, dreiningen av hovedaksene ved økende slitasje og eksakte koordi- nater for lastangrepspunktet på skinnhodet, avhengig av a-målet og Y/Q-forholdet.

Metodens grunnidé er imidlertid beholdt, nemlig å beregne spen- ningene ved hjelp av koeffisienter. Men i likhet med de geometriske størrelsene nevnt ovenfor, varie- rer også koeffisienten med skinn- neslitasjen. Seyboth har imidlertid

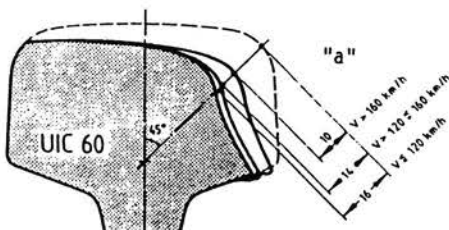


Fig. 1. Tillatt slitasje for UIC 60, DB.



ved hjelp av regresjonsanalyse bestemt koeffisientenes variasjon m.h.p. slitasjegraden (a-målet). Koeffisientene foreligger derfor nå i form av funksjoner.

#### 4. Utmattingsfastheten

På grunn av egenspenningenes fordeling over skinnetsvernsnittet er utmattingsfastheten for skinnhodekanten vesentlig høyere enn for skinnfotmidten. Det er i (1) redegjort for laboratorieforsøk for å bestemme utmattingsfastheten for skinnhodet. På grunnlag av svingebelastningsprøver er Wöhlerlinjen opptegnet. Denne viser sammenhengen mellom antall lastvekslinger og skinnenspenning ved brudd.

Utmattingsfastheten avhenger sterkt av overflateruheten (korrosjon). Ruheten ble derfor målt på prøveskinnene som hadde ligget ca. 12 år i spor. Det ble påvist midtels verdier. Dette bekrefter at verdien for utmattingsfastheten virkelig gjelder for skinner som har ligget i spor noen år.

På grunnlag av prøvene er det i figur 3 opptegnet et Smith-diagram som viser tillatt svingebredde, dvs. utmattingsfastheten for belastningene p.g.a. togtrafikk og temperatur.

Av diagrammet fremgår det at utmattingsfastheten er  $390 \text{ N/mm}^2$  ved en underspenning på  $50 \text{ N/mm}^2$ . Ved beregning av spenningen i skinnfotmidt, ville man velge underspenning lik  $100 \text{ N/mm}^2$  eller større for å ta hensyn til temperaturspenning og til variasjon i egenspenning. For skinnhodet kan man se bort fra egenspenningene (trykk). Med en nøytraltemperatur på  $20^\circ\text{C}$  tilsvarer  $50 \text{ N/mm}^2$  en skinnstemperatur på  $0^\circ\text{C}$ .

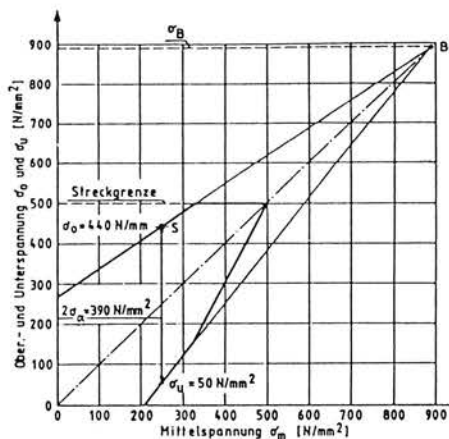


Fig. 3. Smith-diagram for skinnhodekanten.

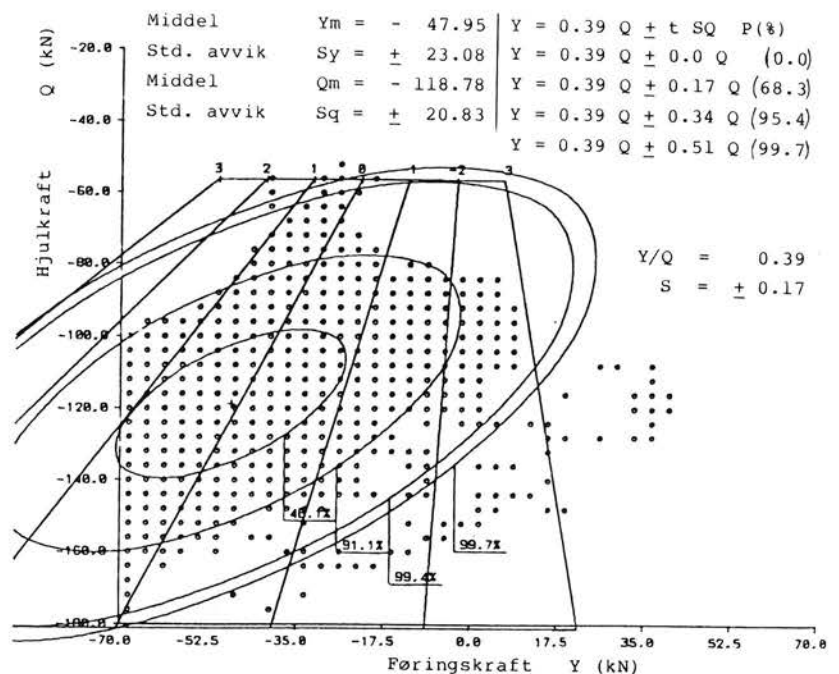


Fig. 4. Eksempel på Q- og Y-krefter.

Dersom man holder seg innenfor utmattingsfastheten, tillates i prinsippet et uendelig antall lastvekslinger. I virkeligheten vil man få enkeltbelastninger som overskrider disse verdiene. Det er imidlertid påvist (3) at man kan belaste til flytegrensen 0,5 mill. ganger uten brudd, og at man mellom 0,5 og 2 mill. lastvekslinger har en avtagende verdi for tillatt spenning uten brudd. Dette området kan man etter Miners hypotese (3) bruke til å ta belastninger over den egentlige utmattingsfastheten. Man kan f.eks. bruke dette til å beregne dispensasjoner for tillatt aksellast og hastighet. Seyboth (1) har brukt Miners hypotese i en simuleringsberegning for å finne tillatt skinnslitasje.

#### 5. Simuleringsberegning

Som en ser av det foranstående, er det forholdsvis enkelt å bestemme randspenningene dersom belastningsbildet er kjent. Belastningsbildet er imidlertid meget komplekst, selv om en bare betrakter «første ordens» betingelser, det vil si: Ikke studerer den dynamiske responsen i sporet. Belastningene varierer fra en type rullende materiell til en annen, innen samme type og fra aksel til aksel på et lok eller en vogn. Videre har man variasjon fra sted til sted i sporet, avhengig av spor geometri og hastighet, samt avvik fra nominell spor geometri (spor-

feil) og forskjell i sporelastisitet. I tillegg varierer temperaturen, noe som gir et vesentlig bidrag til skinnenspenningene.

Nå har man imidlertid et visst kjennskap til hvordan de enkelte parametre varierer, ut fra en lang rekke målinger både i inn- og utland. Man kan derfor lage modeller ved hjelp av statistisk teori og bruke dette til simulering på datamaskin. Fordelen er at man kan studere virkningen av mange lastkollektiv, dvs. antallet variable kan være mye større enn hva som ellers ville vært praktisk mulig.

Eisenmann har i (3) beskrevet hvordan man kan beregne hjulkraften  $Q$  ut fra nominell aksellast dersom sporkvaliteten og hastigheten er kjent. Føringskraften  $Y$  kan bestemmes ut fra følgende sammenheng:  $Y = (a \pm b) Q$ .

I figur 4 (1) er det vist et eksempel på variasjon i Q- og Y-krefter. Målingene er gjort på et lok i kurver med radius mellom 300 og 500 m og med hastigheter mellom 80–110 km/h.

Med 99,7% sannsynlighet er føringskreftene:

$$Y = (0,4 \pm 0,5) Q$$

i dette tilfellet.

Det kan påvises at skinnstemperaturen over året er normalfordelt. I et eksempel fra DB er årsmiddel  $12^\circ\text{C}$  med et standardavvik på  $\pm 10^\circ\text{C}$ . Ved NSB ligger middelverdien på  $6-8^\circ\text{C}$ . Regner vi 97,7% sannsynlighet, ligger minimumstemperaturen på  $-13^\circ\text{C}$ . Med 99,9 sannsynlighet ligger den

på  $-23^{\circ}\text{C}$ . Seyboth har tatt konsekvensen av at de fleste akselpasseringene ikke skjer ved ekstremt lave temperaturer. Han benytter Miners hypotese for å bestemme tillatt antall akselpasseringer med gitt variasjon i hjulkrefter, føringskrefter og temperatur.

Figur 5 viser et eksempel på kumulativ skinnepåkjenning m.h.p. sideslitasje for 225 kN nominell aksellast og middels godt spor.

Beregningene er gjennomført trinnvis med 100 000 akselpasseringer pr. 2 mm sideslitasje.

Av figuren ser man at kumulativ skinnepåkjenning for lok i fig. 4 er 1% ved 16 mm slitasje, 10% ved 22 mm og 85% ved 28 mm. 100% betyr at man regnemessig venter skinnnebrudd.

Seyboth anbefaler det av to kriterier som i hvert tilfelle gir den minste av to verdier for tillatt sideslitasje:

- 12,5% kumulativ skinnepåkjenning
- 3% av lastvekslingene over flytegrensen

Kriteriene er valgt slik at man tar tilstrekkelig hensyn til den progressive økningen i skinnepåkjenningen ved økende sideslitasje. 12,5% tilsvarer 6 mm avstand fra kritisk verdi for sideslitasjen. Dette tilsvarer igjen tre ganger fordobling av skinnepåkjenningen. Når sidekreftene gir spenninger over flytegrensen, blir skinnen plastisk deformert. Verdien på 3% brukes for ikke å overskride sidefeilen på 0,3 mm som er maks. tillatt feil ved skinnnesveising.

I eksemplet ovenfor gir det siste kriteriet maks. sideslitasje på 21 mm for en UIC 60 (90-kval) skinne. Beregningene kan utvides slik at man for en kjent strekningsbelastning kan finne kumulativ skinnepåkjenning på et gitt tidspunkt og restliggetiden for skinnene. Man kan også studere nærmere virkningen av bestemte typer rullende materiell.

Ved simuleringsberegningene har Seyboth påvist at DB kan øke tillatt sideslitasje for UIC 60 skinne fra 16 mm til 18–22 mm, avhengig av sporkvaliteten.

## 6. Regneeksempel for S49

I (2) er det også gjort forsøk med S49 skinner. Regner en med en konstant minimumstemperatur på  $-20^{\circ}\text{C}$ , gir figur 3 en utmattingsfasthet på  $360\text{ N/mm}^2$ . Med en hastighet på 90 km/h, aksellast 205 kN, middels sporkvalitet, Y/Q-

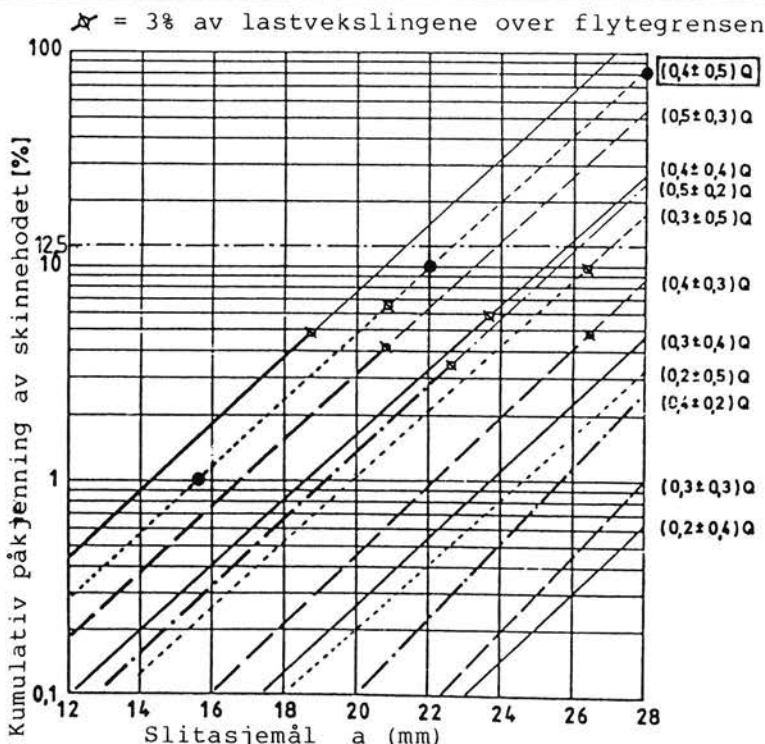


Fig. 5. Kumulativ skinnepåkjenning.

forhold lik 0,43, og dynamisk hjulkraft innenfor 95% sannsynlighet, blir tillatt slitasje 12,5 mm. Dette samsvarer godt med grensen gitt i trykk 302 som derfor er godt på den sikre siden.

Dersom en antar at skinnene vil tåle 200 mill. bruttotonn, utgjør 5% overskridelse av 205 kN aksellast 0,5 mill. aksler. Man ligger gitt i det spenningsområdet man kan utnytte ifølge Miner.

Nå er imidlertid konstant temperatur lik  $-20^{\circ}\text{C}$  for pessimistisk for hele skinnens livslengde. Ved 95% sannsynlighet er minimumstemperaturen  $-10^{\circ}\text{C}$ . I så fall er utmattingsfastheten  $372\text{ N/mm}^2$ . Det betyr en tillatt slitasje på 14 mm. Det er derfor overveiende sannsynlig at man på bakgrunn av en fullstendig simuleringsberegning kunne tillate større slitasje enn nå.

## 7. Avslutning – konklusjon

Økt liggetid for skinner vil som regel gi økonomisk gevinst. Dette forholdet er vel klart demonstrert i Narvik, hvor en ved stadig økning i skinne kvaliteten har forlenget liggetiden betraktelig.

Ved å tillate større slitasje kan skinnens livslengde også økes. Eksemplet i punkt 6 ovenfor med 2 mm økning for S49, vil i praksis bety ca. 10% økning av levetiden. Forutsetter man at skinner innkjøpt på NSB's driftsbudsjett kun

brukes til å erstatte sterkt slitte kurveskinner, kan det ventes en årlig besparelse på 1–1,5 mill. kroner.

Det er i (1) vist at man på basis av simuleringsberegninger kan øke tillatt sideslitasje for UIC 60 ved DB.

Det finnes alternative beregningsmetoder, f.eks. anvendelse av brudmekanikk (4). Tendensen synes imidlertid å være den samme, nemlig at grensene kan økes.

Det foreligger altså beregningsmetoder som gjør det mulig å bestemme tillatt skinnslitasje for hvilket som helst skinnprofil for gitte lastkollektiv. Man kan videre bruke metodene til å studere virkningen av endringer i lastkollektivene, f.eks. endring i tillatt aksellast og hastighet.

## Referanser:

- (1) Seyboth, Peter: Beanspruchung seitlich abgenutzter Schienen der Form UIC 60. München 1986. Mitteilungen des Prüfamtes für Bau von Landverkehrswegen der TU München, Heft 48/1986.
- (2) Diverse rapporter fra Prüfamt.
- (3) Die Eisenbahnschiene. Berlin, Ernst & Sohn, 1977.
- (4) Marich, S.: Rail wear/fatigue limits. Proceedings Track Technology Conference, Nottingham 1984. □

# Automatisk registrering av elektriske feil på lok type EI 17.

Av avd.ing. Ståle Ansethmoen

## Generelt

På NSBs nyeste lokomotivtype EI 17 er det innført registrering av feil som oppstår i det elektriske anlegg. Dette vil medføre en enklere feilsøking for verkstedpersonalet, og de vil lettere og raskere avgjøre hvilke feil som er oppstått. EI 17 har en meget komplisert elektronikk, og det er svært vanskelig ut fra en lokførers melding å finne feil som oppstår her. Med et diagnosesystem vil man kunne få registrert en rekke viktige signaler, som ut fra feilsøkningsplan og egen erfaring vil redusere feilsøkingstiden vesentlig.

Feilregistreringssystemet består av en bærbar PC, som man kobler til en kontakt i førerrummet på lokomotivet, samt fast utrustning på lokomotivet.

På de første EI 17 (17.2221-17.2226) gir registreringen ut ca. 120 binære og ca. 35 analoge meldinger.

På de nyeste (17.2226-17.2232) er det ca. 160 binære og ca. 35 analoge meldinger.

På alle lokomotivene er det montert en 220V/50Hz strømforsyning, slik at man kan bruke en PC på lokomotivet.

## Forhistorie

Allerede i 1983 ble det i Vest-Tyskland satt i drift et system for å registrere feil ved prøveserien av E 120, som i likhet med EI 17 er et asynkronlokomotiv med elektronikk fra ABB (Asea Brown Boveri).

Dette systemet ble også prøvd i Norge ved at to lokomotiver fikk installert feilregistrering. Utstyret ble utlånt til oss fra ABB som en prøve. Dette var lokomotivene 17.2224 og 17.2226, som gikk med dette utstyret fra begynnelsen av 1985 og til nytt utstyr ble montert våren 1988.

Feilregistreringssystemet ble kalt SRE etter den tyske betegnelsen (Störungsregistrierungseinrichtung). Dette anlegget virket stort sett etter hensikten, men den største ulempen var at registreringen foregikk på en papirull,

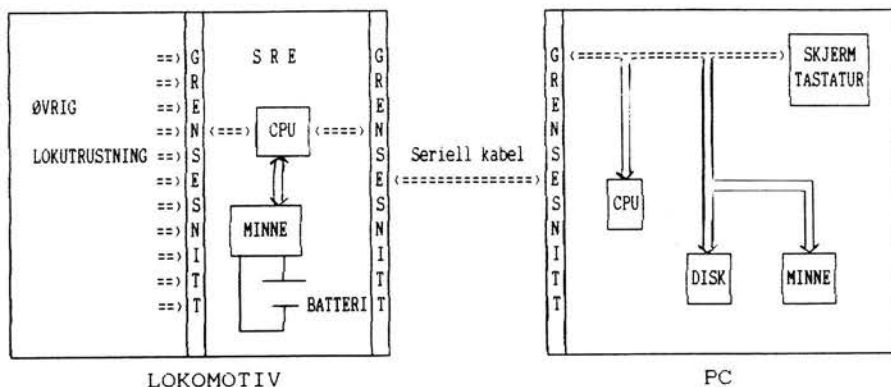


Fig. 1. Schematisk bilde av feilregistreringssystemet.

samt at alle registrerte meldinger ble slettet når man koblet ut forsyningsspenningen. Dette medførte at man måtte passe på å skifte rull ofte for å kunne nyttiggjøre seg registrerte data. Dette viste seg vanskelig, og det ble et stort forbruk av papirruller. En kan ikke av den grunn trekke slutningen at det må ha vært en mengde feil ved lokomotivene, da alle opp- og nedrigginger samt fraslag av strømtager ble registrert. På grunn av papirforbruket ble papirull kun montert i anlegget når man lette etter feil avmeldt av lokfører, og som man ikke direkte fant kilden til. Anlegget ble derfor lite brukt.

## Prosjektering av SRE for nye EI 17.

Da NSB bestilte nye EI 17, ble det bestemt at de skulle leveres med SRE av liknende type som det danskene hadde fått til sine EA-3000 lokomotiv. Den største forskjellen her var at man hadde fjernet utskriften på papirull og i stedet satt inn et minne i lokomotivets elektronikk. Dette minnet hadde batteri-backup, slik at ut- og innkobling av elektronikken ikke influerte på lagringen. Utlesingen av dataene (de registrerte feil) foregikk her etter postkasseprinsippet. Man benyttet en liten bærbar datamaskin av typen Epson HX-20 for å lese dataene fra lokomotivet. Videre tok man med seg sin HX-

20 inn til en større IBM-kompatibel PC. Der overførte man på ny dataene fra HX-20 og til PC. PC-en hadde da et program som skrev ut på en skjerm de registrerte feil. Dette systemet var også det vi i første omgang gikk inn for. I avtale med lokomotivleverandøren ABB, ble vi enige om en deling av arbeidet med den nye SRE. ABB skulle levere lokomotivutrustningen og overføringen til HX-20, mens NSB skulle utvikle software (programvare) for PC, samt overføring fra HX-20 til PC. Innen utviklingsarbeidet kom ordentlig i gang hadde ABB utviklet software for å kunne lese dataene rett fra lokomotivet og inn på en bærbar PC. Det betydde at man kunne sløyfe den omvegen å gå om en HX-20. Den nye grensen mellom ABB og NSB ble nå PC-en's harddisk. ABB utviklet nå både hardware og software for lokomotivet, samt software for å hente dataene fra lokomotivet. NSB laget software for utlesing av dataene på PC. Denne fordelingen ble den endelige, og man gikk i gang med prosjektet.

## Utvikling av programvare.

Vi i NSB var helt avhengige av det ABB gjorde. Vi måtte få alle underlag derfra før vi kunne komme ut med resultater på skjermen. NSB startet med programarbeidet i januar 1987. Dette arbeidet var forutsatt gjort ferdig til lokomotive-



ne ble levert fra mai 1987. Siden den del av softwaren som ABB leverte var skrevet i språket Turbo Pascal, var det ønskelig at det samme ble gjort med utleseprogrammet. Programmeringen ble satt i gang, og vi hadde stor nytte av konsulentbistand fra vår EDB-avdeling. Vi har helt avhengige av både kjennskap til teknikken bak EL 17 og gode kunnskaper i programmering. Dette samarbeidet fungerte meget bra, og vi fikk etter et par måneder laget det første programutkast. På denne tiden fantes det ingen data å hente fra lokomotiver, slik at det var vanskelig å få utprøvd programmet. Vi måtte nøye oss med å løse problemer i teorien. Et problem var også at ABB ikke var ferdig med sin del, slik at det kom stadige forandringer derfra som gjorde at vi også måtte forandre vårt program. Fart i utviklingen kom det da vi fikk reelle data å arbeide med. Det første lokomotivet i den nye serien stod ferdig i Tyskland, og vi fikk oversent diskett med registrerte feil derfra.

#### Idriftsettelse.

I mai 1987 kom EI 17.2227 til Norge, og med det gikk vi i gang med den siste finpussen av programmet. Spesielt fikk vi muligheten til å luke ut de feil som alltid oppstår under programmering. Ikke bare NSB, men også ABB hadde noen problemer i starten, og først fra slutten av juni -87 var anlegget i regulær drift. Etter hvert som de resterende 5 lokomotivene ankom Norge, ble også SRE-anlegget satt i drift samtidig.

NSB bestilte også samme SRE-anlegg til de 6 EI 17 lokomotivene vi allerede hadde i drift. Dette arbeidet ble utført av ABB på lokomotivene i løpet av februar-april 1988. NSB laget også her software for utlesing av feil, og den er gjort mest mulig lik den for de nye lokomotivene. Her var det naturligvis enklere for oss, da vi allerede hadde luket ut barnesykdommene. Vi kunne derfor levere et

ferdig program for utlesing samtidig med at det første lokomotivet ble ferdig montert.

#### SRE Oppbygging

SRE-anlegget består av en hardware- og en software-del. Lokomotivenes styringssystem er bygd opp omkring av mikroprosessor. Systemet har ABB kalt Micas. Dette styrer de fleste av lokomotivets funksjoner. På de nyeste EI 17 er det ikke bare 1, men 5 mikroprosessorer som samarbeider og hver for seg utfører oppgaver som ellers ville ha krevd en mengde elektroniske komponenter. Innlemmet i denne styringen er også SRE-anlegget. Det er derfor en del av hele styringssystemet for lokomotivet. På de første EI 17 er SRE-anlegget en egen elektronikketasje med egen mikroprosessor. Dette kommer av at disse lokomotivene bare har en mikroprosessor i styringen, og at de ikke fra starten av var forutsatt levert med SRE.

Systemet er derfor litt forskjellig på nye og gamle lokomotiv, men for de som skal bruke anlegget vil det ikke være forskjell. Hardwaredelen i lokomotivene er tilkoblet

alle viktige meldinger som elektronikken gir ut. Alle meldinger lokføreren får i sitt meldingstablå vil samtidig bli registrert i SRE-anlegget. Videre registrerer anlegget viktige data omkring den feilmeldingen føreren får. SRE-anlegget registrerer de meldingene som man ellers kun ville ha registrert med et måleinstrument, eller ved hjelp av lysdioder i elektronikken. Videre registreres alltid en gruppe hovedinformasjon som dato og klokke, hastighet, veglengde, trekkraft og opplysninger om kjøretning.

Alle disse opplysningene hentes ut fra sine respektive steder, og signalene går inn i SRE-anlegget. Dette er styrt av software som ABB har utviklet. Signalene er lagret på et minne som har eget batteri. Derfor vil dataene bli liggende lagret selv om man rigger ned lokomotivet. Dette minnet har en kapasitet på 16 kbyte. Det tilsvarer omlag 100 feilmeldinger. Når dette minnet er fullt, vil man begynne å overskrive de eldste lagrede data. Derfor vil man ved avlesing alltid ha de siste 100 feilmeldingene tilgjengelig. Dette har vist seg å være nok for å registrere et lokomotiv i drift i 4-6 dager. For ved-



Fig. 2. Her leses de registrerte data ut fra lok til PC.

likeholdspersonalet er dette nok til å foreta en diagnose av feilene som har oppstått.

SRE-anlegget leses ut ved at man i førerrom 1 på lokomotivene kobler en vanlig seriell kabel fra en bærbar PC til en datakontakt og starter opp PC-en.

### Anvendelse av diagnose.

I en normal driftsituasjon vil et lokomotiv gå sine faste kilometer mellom hver terminkontroll uten feil. Likevel skjer det som oftest ett eller annet som gjør at en lokfører skriver ut en feilmelding. Dersom denne feilen er av alvorlig art, vil lokomotivet bli stående i driftsverkstedet til verkstedpersonalet har sett på det. Her kommer SRE-anlegget til nytte. En lokfører har for eksempel meldt at han får lys i meldelampene for «Regulering» og «Boggi 1», samt at trekraften sank til det halve i perioder. Når så vedlikeholdspersonalet kobler til sin PC, leser de ut det som ligger lagret i minnet. Allerede ombord i førerrommet vil de kunne se alle registrerte feil, og få nærmere informasjon om grunnen til at lokomotivet mister trekraften. Det kan være informasjon om at noe skjer med den ene boggistyringen ved bestemte hastigheter, og hvilke hjelpesignaler som kommer samtidig. Ut fra dette kan man gå mer direkte på feilen. Spesielt ved pe-

riodiske feil, og feil som kun oppstår under bestemte driftsituasjoner, vil SRE-anlegget være til stor hjelp. Som ved dette eksemplet kan man konstatere feilkilden ut fra gitte data og egen erfaring.

### Hva registreres?

De registrerte signalene er delt opp i 15 grupper. Disse er igjen delt opp i 3 undergrupper: Hovedgrupper, tilleggsgrupper og spesialgrupper.

En hovedgruppe venter på en triggeimpuls. Når denne kommer henter hovedgruppen ut data om tilstanden på alle sine innganger. Tilleggsgruppene har ikke egen trigger, men er styrt av hovedgruppene som gir beskjed om at tilleggsgruppens data skal leses ut.

Spesialgruppene henter overordnet informasjon, som f.eks. dato og tid. Vi har bare en spesialgruppe i SRE for EI 17. De forskjellige gruppene er:

Gr.	Navn:	Belegelse:	Type:
01	HSS	Høyspentbryter/Vern	H
02	RL	Reguleringsfeil	H
03	KL	Kjøling/Ventilasjon	H
04	TP	Temperatur fra boggi	T
05	SAH	Vernmeldinger til HSS	T
06	SAR	Vernmeldinger til RL	T
07	MG	Måleverdier	T
11	MZ1	Måleverdier boggi 1	T
12	MZ2	Måleverdier boggi 2	T
13	TPo	Temperaturer sentralt	T
20	EB	Elektrisk bremse	H
21	LH	Ventilasjon/Hjelpstrømretter	H
22	HSZ	Høyspentbryter/Filter	H
30	DG	Boggi inn- utkoblinger	H
99	DK	Dato, Tid og Hoveddata	S

Forkortinger: H-Hovedgruppe T-Tilleggsgruppe S-Spesialgruppe.

En feilmelding som registreres i SRE vil alltid inneholde en DK gruppe. Fordelingen av andre grupper er helt avhengig av hvilken feil som oppstår. En feil som oppstår i styringen av en boggi, vil derfor ikke gi ut meldinger fra den andre boggien.

### Erfaringer og utvikling videre.

I løpet av den tiden anleggene har vært i drift, har verkstedpersonalet lettere kunnet gå rett på de feilene som har oppstått. Videre har man konstatert kortvarige feil og kunnet registrere driftsforstyrrelser ofte før det er kommet inn feilmelding. Registreringen gir også informasjon om nøyaktig tidspunkt for når feilen skjedde. Dermed vil man også kunne konstatere om feil kan ha sin årsak i stasjonære anlegg.

Feilregistreringsanlegget kan også softwaremessig utvikles videre til å lage statistikk og oversikter. Videre kan feilmeldingene direkte kobles til en «kokebok» for feilsøking videre. Dermed vil man direkte på sin PC få tips i klartekst om hva som ut fra de registrerte data er feil på lokomotivet. Dette er forutsatt satt i drift også her på EI 17. Vi vil fra leverandører få feilsøkingen på PC, og denne kan kobles sammen med SRE-anlegget. Dette er imidlertid avhengig av at NSB har egnede programmerere, eller at man kjøper slike tjenester.

FilNavn : 880510\_A.232

Torsdag 14.7.1988 09:07:26

Feilmeldingsnr : 72 /11

- Hoveddata -		Gruppe: LH - Ventilasjon / HBU Sentral
Tidspunkt for feilmelding: 27.05.1988 17:44:26		Relativ Tid : 00:00:00.00
VegLengde	: 689.0 Km.	MHBU3
Innst.hast.	: 93.9 Km/t	
Er Hastighet	: 88.1 Km/t	
Innst.trekk.	: 0.0 KN	
Er Trekraft	: 79.7 KN	
WADM31	: 42.0 %	
WADM32	: 42.2 %	
XAPW11	: 1.1 MW	
XAPW12	: 1.1 MW	
XUFB9	: 16.5 KV	
Boggi 1 Innkoplet		
Boggi 2 Innkoplet		
Nettbremse ikke aktiv		
Kjøreretning 2		

<ESC> Hovedmeny

Fig. 3. Eksempel på feilmelding. Her har hjelpestrømretter 3 koblet seg ut.

# Finsetunnelen

Av o.ing. Ove Skovdahl



Finse sett fra det østre påhugget. Ny linje forlater eksisterende ca. 100 m hitenfor overbygget og går i skjæring til det punkt hvor bildet er tatt fra (og tunnelen begynner). (Foto: Ove Skovdahl).



Tunnelens vestre påhugg befinner seg midt på bildet (alt. 1). Linja går i fylling over vannet og ligger i terreng høyde i det punkt bildet er tatt fra (km 313,8). (Foto: Ove Skovdahl)

Strekningen Tunge – Finse – Høgheller, ca. 30 km lang, er i dag Bergensbanens høyestliggende og mest snøtunge del. Kurvaturen er dårlig (lav tillatt hastighet), det er vanskelige stigningsforhold og det er behov for omfattende reinvesteringer.

Styret for NSB vedtok 26.6.86 at omleggingen skal gjennomføres i 2 byggetrinn, trinn 1 (Finse-Høgheller) i perioden 1988–92 og trinn 2 (Tunga-Finse) i 1992–97. Prosjektet ble prioritert på NSBs investeringsbudsjett for 1988, men ble strøket av regjeringen. Videre prosjektarbeid baseres nå på anleggsstart i 1989.

## Prosjektering og planbehandling.

Prosjekteringen er utført på PC ved hjelp av EDB-programmer utviklet for vegplanlegging. Det finnes programmer for linjeberegning, masseberegning, opptegning av tverr- og lengdeprofiler samt perspektivtegning. Det har vist seg at disse programmene egner seg godt til jernbaneformål. I praksis er det liten forskjell på å prosjektere en veg og en bane. Det manuelle prosjekteringsarbeidet er derved redusert til et minimum ved disse prosjektene.

Det er utarbeidet tegninger og beskrivelser samt konsekvensanalyse på Hovedplan-nivå. I henhold til Plan- og bygningsloven er planen lagt ut til offentlig ettersyn. Hovedplanen er nå til behandling som kommuneplan i de berørte kommuner, og endelig vedtak ventes høsten 1988.

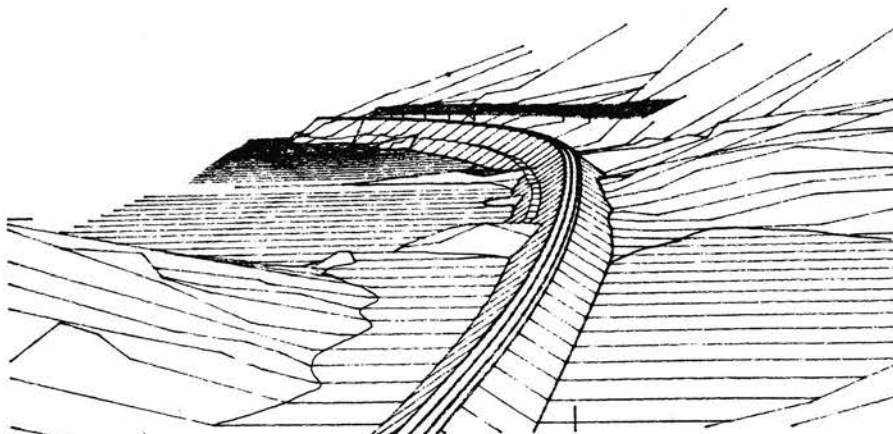
## Høyere hastighet

Geometrien i linjeomleggingene ved Finse er basert på at tog med konvensjonelt materiell (ikke krenge) skal kunne fremføres med en hastighet på 160 km/h. Minste kurveradius er således valgt lik 1 500 m. Dette er bare fraveket nær tilknytningene til gammel linje. Med nyere togtyper er det ingen bane-teknisk umulighet å øke hastigheten ytterligere.

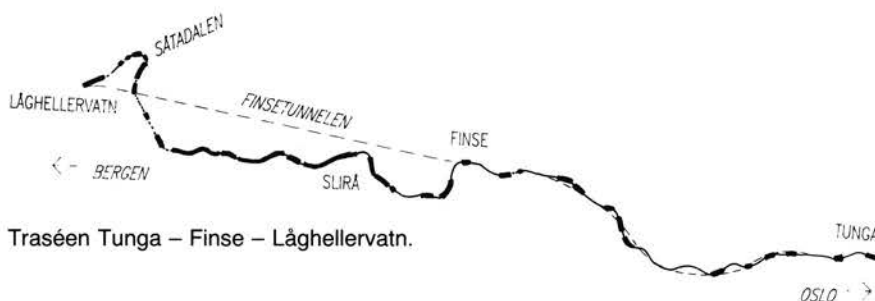




Gammelt overbygg ved Kvinå.



«Fugleperspektiv» over ny linje mellom påhugget ved Låghellervatn (alt. 1) og tilknytningen til eksisterende linje.



Traséen Tunga – Finse – Låghellervatn.

### Byggetrinn 1: Finsetunnelen

Ny linje følger eksisterende ut fra Finse stasjon og over brua over Finseåi. Her dreier den mot høyre og inn i lia under Lille Finsenuten. Terrengoverflaten her består av et tynt morenedekke med stort innslag av blokker. I selve påhuggspunktet er det gravd ca. 4 m ned før fjell ble påtruffet. Dette medfører en 100 m lang forskjæring som må overbygges.

Nær vestre ende av tunnelen vil det bli anlagt et langt kryssingsspor.

Etter ca. 10,4 km rettlinjert tunnel dukker linja fram i dagen igjen ved Låghellervatnet/Såtadalen. Med tanke på fremtidig tunnel videre vestover er det her viktig at ny linje blir lagt på så lav fylling over Låghellervatnet som mulig. Dette er best også ut fra estetiske/miljømessige hensyn.

Ny trasé krysser Såtadalen i sørkanten av Låghellervatnet, og vil ligge i dagen over en strekning på ca. 750 m før den går inn i snøoverbygg på nåværende linje. Bergensbanen kortes inn med ca. 4,3 km. Banens høyeste punkt senkes fra 1301 til 1225 m.o.h.

### Byggetrinn 2: Finse – Tunga

Overskuddsmassene fra Finsetunnelen skal brukes til å løfte og rette ut linja mellom Finse og Tunga, slik at kjørehastigheten kan økes og de fleste snøoverbygg fjernes.

Den nye traséen grener ut ca. 1 km vest for Tunga og ligger stort sett atskilt fra eksisterende linje fram til Torbjørnstøl, 2 km øst for Finse. Omtrent midtveis vil det komme en ny tunnel med overbygg i begge ender. For øvrig er traséen lagt høyt og luftig for å eliminere dagens drivsnøproblemer på strekningen.

Linjeomleggingen er ca. 10,4 km og forkorter Bergensbanen med kun 350 m. På grunn av forbedret kurvatur vil kjøretiden likevel kunne reduseres med 4 minutter.

### Alternative traséer

I bladet Samferdsel 1/88 ble det presentert 2 alternativer til NSBs trasé. Her beholdes lengre deler av nåværende trasé. Derved reduseres investeringskostnadene for nyanlegget. Driftskostnader blir imidlertid så mye høyere at alternativene blir mindre lønnsomme enn NSBs opprinnelige. I tillegg vil de alternative traséforslag innebære 2 km daglinje i helt ny trasé i Såtadalen med de miljøproblemer det vil medføre. □