Lærebok
for
linjepersonalet

DEL I

BANEOVERBYGNINGEN

NSB
Dokumentasjonstjenesten
N - 0048 OSLO

Ny utgave, september 1979
Norges statsbaner
Had/Banavdelingen

Rettelsesbl. nr. 1, aug. 1981

INNHOLDSFORTEGNELSE

Side

Side

DEL 1 BANENS OVERBYGNING

1. INNLEDNING

Med *baneoverbygningen* forstår vi ballast, sviller og skinner med feste til svillene. I daglig tale bruker vi uttrykket "overbygningen", men vi skal da huske at det er overbygning også på bruer. Den kaller vi bruoverbygning.

Med *skinnegangen* eller *sporet* mener vi skinner og sviller, sammenføyet og lagt på plass i ballasten.

Baneoverbygningen har to oppgaver:

a) Den skal tjene som kjørebane for rullende materiell. Den må derfor være sterk nok til å tåle belastningen fra togene. De deler som overbygningen består av, må dimensjoneres og settes sammen slik at de virker som en samlet konstruksjon som fører belastningen videre til planeringen.

b) Den skal medvirke til sikker styring av togene. Denne oppgaven utfører overbygningen sammen med hjulene. For at togene skal få god og sikker gang, må derfor hjul og skinne være nøye avpasset til hverandre.

Før vi behandler de enkelte detaljer i overbygningen, vil vi se litt på de faktorer som bestemmer utforming av en god baneoverbygning.

2. GRUNNLEGGENDE FORHOLD

2.1. Hjul og skinne.

På rullende materiell sitter hjulene fast på akselen. Akselen og begge hjulene gjør derfor like mange omdreininger under fart. De to hjul med tilhørende aksel kalles en *hjulsats* (fig. 1). (Hjulgang.)

Hjulet kan være satt sammen av to deler, det egentlige *hjulsenter* og *hjulringen*, som er krympet på hjulet utenpå hjulsentret. Hjulringen er mest utsatt for slitasje. Ved denne konstruksjonsmåte kan man fornye hjulringene uten å skifte hjul.

Eller hjulet kan være helvalset med hjulsenter og hjulring valset ut av ett stykke. På slike hjul kan man altså ikke skifte hjulring, men bare hele hjulet. Til gjengjeld risikerer man ikke at hjulringen løsner.

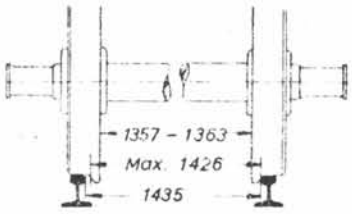


Fig. 1. Hjulsats.

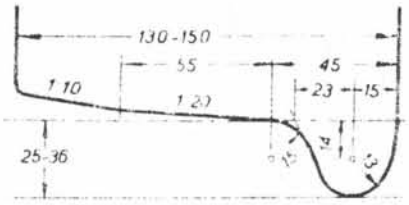


Fig. 2. Hjulring.

Hjulringprofilet er fastsatt ved internasjonal overenskomst. Hjulbanen er formet konisk med helling 1:20 på partiet nærmest flensen og 1:10 ytterst (fig. 2 viser normalprofilet for hjulringer). Hjuldiameteren blir minst ytterst ute på hjulbanen og øker innover mot flensen.

For å redusere slitasjen på kurverike strekninger og bedre det rullende materiells løp, er det i de senere år innført nye hjulprofiler i flere varianter i de forskjellige land. Også hos oss er det innført et slitasjeprofil for godsvogner.

Avstanden mellom hjulene i en hjulsats er også fastsatt ved internasjonale bestemmelser. Begge hjulflenser i en hjulsats skal ikke samtidig kunne ligge an mot hver sin skinne, det skal være en liten klaring. Det vil igjen si at flensavstanden må være litt mindre enn sporbredden (fig. 1). For normalsporet skinnegang er målet for flensavstanden bestemt slik at det blir en klaring minst 9 mm når sporbredden er 1435 mm. I kurver med sporutvidelse blir klaringen tilsvarende større.

Ved slitasje vil hjulbanen etter hvert få en annen form enn den opprinnelige. Den blir mindre konisk, flensene blir tynnere og derved blir igjen klaringen mellom hjul og skinne større. Samtidig blir flensens høyde over hjulbanen større. Det er bestemmelser for den tillatte største nedsliting av hjulbanen og for den største høyde av flensen. Med visse mellomrom må alt rullende materiell inn for ettersyn og utbedring av mangler ("revisjon"). Hjulsatsene blir da tatt av, og de slitte hjul avdreiet så de igjen får riktig form.

De loddrette krefter fra toget blir overført fra hjul til skinne. Da berøringsflaten er meget liten, kan det oppstå så stort trykk at stålet "flyter", det vil si at det blir plastisk og vil ha en tendens til å bli presset ut. Hvis skinnen var plassert slik i sporet at berøringsflaten falt i kanten av skinnehodet, ville vi få skinnematerialet valset ut over kanten, noe vi ofte kan se på slitte skinner. Dessuten vil det oppstå store spenninger i skinnen ved overgangen til skinnesteget. For mest mulig å motvirke dette, blir skinnene satt i skråstilling innad mot spormidt, og dessuten blir skinnehodet svakt avrundet oventil. Derved vil berøringsflaten

komme omkring midten på skinnehodet, i hvert fall så lenge skinnene og hjulene ikke er særlig slitt. Skinnematerialet vil da ikke så lett få anledning til å flyte ut over kanten av skinnen, og skinneslitasjen vil bli mindre. Ved NSB er det fastsatt at skråstillingen skal være 1:20 (fig. 3).

Sidekreftene fra toget må også opptas av skinnene. Vi skal se litt på hvordan det rullende materiell beveger seg på sporet. I rettlinjet spor er de to skinnestrenger like lange, og begge hjul i en hjulsats går derfor den samme veilengde. I kurver er veilengden forskjellig for de to hjul. Ytre skinnestreng er lengre enn den indre. Da hjulbanen er konisk, vil lengden av omkretsen variere. Den er lengst inne ved hulkilen mot flensen og kortest ytterst ute. Det er da forholdsvis enkelt å regne ut hvordan en hjulsats må innstille seg i sporet i kurve hvis ikke ett av hjulene skal slure.

På rettlinje vil hjulsatsen ikke gå rettlinjet som vi kanskje kunne vente. Den vil pendle mellom de to skinnestrenger, omtrent på den måte som er vist på fig. 4. Vi kan merke pendlingen best ved å betrakte 2-akslede vogner som går bakerst i hurtiggående tog. Pendlingen er i alminnelighet ikke så stor at hjulflensene berører skinnene. Det er derfor liten eller ingen sideslitasje på skinner på rettlinje. Begge hjulene i en hjulsats vil bli utsatt for litt sluring.

Når det gjelder vogners gang i kurve, er det ikke lenger tilstrekkelig bare å betrakte en enkelt hjulsats. De forskjellige hjulsatser på en vogn går gjennom kurven på forskjellig måte.

Vi styrer en bil gjennom en kurve ved å svinge forhjulene. Tverrfriksjonen mellom de skråstilte forhjulene og veibanen gjør at bilen svinger. Denne mulighet for skråstilling har vi ikke på en vanlig skinnegående vogn. Dette kan enklest forstås ved å betrakte en 2-akslet vogn. En slik vogn styres ved hjelp av forreste hjulsats, som blir tvangsført gjennom kurven i anlegg mot ytterstrengen. Mens forreste hjulsats all-

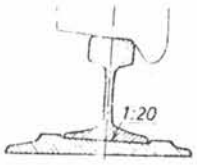


Fig. 3. Skråstilling av skinner.

Fig. 4. Pendling på rettlinje.

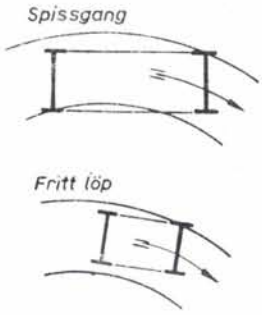


Fig. 5. Spissgang og fritt løp.

tid inntar en bestemt stilling i sporet når vognen løper i kurve, med forreste ytre hjul i anlegg mot ytterstrengen, vil bakre hjulsats innstille seg forskjellig, etter som kurven er skarp eller slak.

I en *skarp* kurve vil vognen gå i *spissgang*. Da ligger bakre indre hjulflens godt an mot innerstrengen i kurven. Hvis vognen skal ha en rolig gang, må derfor innerstrengen være like godt justert som ytterstrengen (fig. 5).

I en *slak* kurve vil vognens bakre hjulsats innstille seg mere fritt. Den kan innstille seg slik at bakre indre hjulflens har lett anlegg mot innerstrengen, men den kan også løpe gjennom kurven uten at noen av de bakre hjulflenser ligger an mot skinnene. Vi kaller dette for *fritt løp*. Både under fritt løp og under spissgang ligger alltid forreste ytre hjul an mot ytterstreng. Vi kommer tilbake til dette i et senere avsnitt (om "føringstrykket", side 7).

Vi har foran brukt uttrykkene "skarpe" og "slake" kurver uten å nevne tallverdi for radiene. Dette er gjort med hensikt. En og samme kurve kan være "skarp" kurve for en vogn med stor akselavstand, samtidig som den virker "slak" for en vogn med liten akselavstand. En vogn med 6 meter akselavstand vil gå i spissgang i kurve R = 500 m, mens en boggivogn med 3 meter akselavstand vil løpe fritt gjennom samme kurve. Boggivogner går derfor i alminnelighet mykere gjennom kurver enn vanlige 2-akslede vogner.

Betongsvillespor legges uten sporutvidelse i kurver fordi svillen bare produseres for normal sporvidde. På tresviller legger vi sporutvidelse i skarpe kurver for å lette presset fra vogner som går i spissgang, altså fortrinnsvis for vogner med stor akselavstand. Derved minskes også risikoen for avsporing av vogner som er stramt koblet. Sporutvidelsen må imidlertid ikke være større enn nødvendig, idet en stor sporbredde vil gi hjulene anledning til å stille seg mere "tvers på" sporet, noe som igjen gir økt skinneslitasje.

Slitte hjulflenser virker på samme måte til økning av skinneslitasjen på nye skinner i kurver. I begge tilfeller får hjulsatsene større klaring i sporet og større anledning til å innstille seg mer på tvers.

Vogner som går sammenkoblet i tog, vil gå litt annerledes i kurver enn beskrevet foran på grunn av innflytelsen fra sammenpressede buffere, men hver enkelt vogn vil søke å innstille seg som om den gikk alene. Det er da uunngåelig at minst ett hjul i hver vogn vil slure mere eller mindre under kjøring i kurver. Foruten større sideslitasje vil vi i kurver derfor også få større toppslitasje på skinnene enn vi får på rettlinje.

Lokomotiver kan ha flere hjulsatser montert etter hverandre på en fast ramme. Et slikt lokomotiv går i kurver stort sett på samme måte som beskrevet foran for en 2-akslet vogn. For å hindre at de midtre hjulsatser skal bryte i kurvene, er disse hjulsatser enten uten flenser eller akselen er forskyvbar på tvers av sporet og har særskilt tynne hjulflenser som gir god klaring.

Hjulringprofilet er konstruert på grunnlag av årelange erfaringer. Den form som hjulringprofilet har fått, forhindrer ikke at hjulene slurer. Den er allikevel den form som under våre forhold gir rimeligst slitasje på såvel skinner som hjul. Den gir samtidig vognene så gode kjøreegenskaper som mulig.

På grunnlag av det foranstående kan vi trekke følgende slutninger:

1) Begge skinnestrenger må være like godt justert.

2) For stor sporbredde er uheldig. Sporbredden må overalt søkes holdt så nær det foreskrevne mål som mulig.

2.2. Virkningen av ytre krefter.

Belastningen fra rullende materiell overføres gjennom hjulene til skinnene, derfra til svillene og videre til ballasten, som igjen fører belastningen til underbygningen (planeringen). Hver del av overbygningen vil bli utsatt for påkjenninger som ikke må være større enn den påkjenning som erfaringsmessig kan tillates. Ved utforming av overbygningen må det altså tas hensyn til at skinnene har tilstrekkelig bæreevne, festet til svillene er hensiktsmessig og til at underlagsplatene er tilstrekkelig store så de ikke presses ned i svillene. Videre må svillene ha nødvendig stivhet, og liggeflaten må være så stor at svillene ikke blir trykket ned i ballasten. Ballasten må tåle trykket fra svillene og skal føre trykket jevnest mulig videre til underbygningen. Ballasttykkelsen må da være tilstrekkelig stor for at dette skal skje. Da vanlig skinnegående materiell mangler fjæring mellom hjul og skinne, er det nødvendig at overbygningen har en viss elastisitet, idet påkjenningene på såvel hjul som skinner ellers vil bli for store.

Betrakter vi overbygningen som fundamentet for tog, og sammenligner vi dette fundament med et vanlig fundament for et byggverk, så kan vi undre oss litt over at fundamentet ikke er solidere enn det er. Hele fundamentet er jo ikke mere enn for en flåte å regne, en flåte av sviller som ligger i et relativt tynt lag ballast. Likevel er denne fundamenteringsform hensiktsmessig.

Under togets bevegelse vil overbygningen bli utsatt for vekslende påkjenninger som skifter hurtig og ofte. Da fundamentet er elastisk, vil det oppstå bølgebevegelser i sporet. Skinnegangen vil bli trykket ned under hvert hjul og vil løfte seg opp noe mindre foran og bak hjulene (fig. 6). Det vil dannes bølger omtrent på samme måte som når en skøyteløper går på tynn is. Under togets passering vil det oppstå en rekke bølgedaler og bølgetopper i skinnegangen. Disse bølgedannelser går delvis over i hverandre og beveger seg fremover med samme fart som toget. Hele overbygningen blir satt i svingninger, og svingningene forplanter seg videre til underbygningen, noe vi lett kan merke i jordterreng når vi står nær sporet.

Fig. 6.
Bølgedannelser i sporet.

Vi kan spørre om det ikke er bedre å fundamentere sporet så sterkt at det ikke oppstår slike bølger. For å snakke videre om samme bilde som før, så er det jo sikrere for en skøyteløper å gå på tykk is. Jo, det kunne vi nok gjøre hvis vi hadde hatt hjul med fjærende hjulbane, men det har vi jo ikke. Derfor må overbygningen være elastisk. Den må ha en viss evne til å gi etter for belastningen og deretter "ta seg opp igjen" av seg selv, uten at sporleiet blir ødelagt. Et solid spor som er godt justert, skal kunne holde justeringen meget lenge, men ethvert spor må før eller senere etterjusteres.

De krefter som virker på overbygningen kan deles i *loddrette krefter*, *sidekrefter* og *langsgående krefter*.

2.2.1. *Loddrette krefter.*

For de forskjellige banestrekninger er det *største tillatte akselast* fastsatt av Hovedadministrasjonen under hensyn til banens konstruksjon.

De loddrette krefter på sporet bestemmes av aksel**lasten**, men også av andre forhold som er nevnt nedenfor.

Ulik høydebeliggenhet av de to skinnestrenger bevirker at aksellasten fordeler seg ujevnt. Det vil falle mest på den skinnestreng som er lavest. I kurver med overhøyde vil dette motvirkes av sentrifugalkraften.

Enhver ujevnhet i sporet har som resultat at de loddrette krefter opptrer med ujevn styrke, først og fremst på det stedet hvor ujevnheten forekommer. Dernest vil vi i sporet kunne følge virkningen av ujevnheten et stykke framover i fartsretningen på grunn av svingninger i fjærsystemet på materiellet. Ved store hastigheter kan støtkreftene som følge av ujevnheter i sporet bli betydelige.

Belastningen fra det rullende materiell kan også være ujevn. Drivhjulene på lokomotiver utstyrt med drivstenger vil belaste skinnegangen ujevnt for hver eneste omdreining av hjulene. Hjul med *hjulslag*, det vil si med flatslitte partier på hjulbanen, er meget farlige for skinnegangen og er en hyppig årsak til skinnebrudd. Mere om dette følger under avsnittet "Skinnebrudd og laskebrudd".

2.2.2. *Sidekrefter.*

Når tog kjører, virker det sidekrefter på sporet særlig i kurver, men de opptrer også i rettlinje på grunn av pendlingen. Normalt er sidekreftene uten betydning i rettlinje, men ved dårlig justert skinnegang kan de også der bli så store at de kan ødelegge sporets justering.

I kurver har vi for det første virkningen av sentrifugalkraften som er en ren sidekraft.

Sentrifugalkraften virker på enhver gjenstand som beveger seg i en kurve. Vi kan merke den når vi for eksempel sitter i en bil som tar en sving. Det kan hende at vi må holde oss fast for ikke å bli slengt i retning mot utsiden av kurven. Det er sentrifugalkraften på oss

selv som vi kjenner på denne måten. Men sentrifugalkraften virker også på bilen og alt annet som er i den.

Hvis vi kjører med jevn hastighet gjennom forskjellige kurver, vil vi oppdage at vi merker sentrifugalkraftens virkning best i den skarpeste kurven og minst i den slakeste. Sentrifugalkraften tiltar altså når kurveradien minsker. I en kurve med radius 100 m er den akkurat dobbelt så stor som i en kurve med radius 200 m, når hastigheten er den samme i begge kurver.

Kjører vi gjennom en og samme kurve med forskjellig hastighet hver gang, vil vi fort merke at sentrifugalkraften øker sterkt når hastigheten øker. Og her er regelen at hvis hastigheten øker til det dobbelte, øker sentrifugalkraften til det 4-dobbelte (2 x 2) og ved 3-dobling av hastigheten til det 9-dobbelte (3 x 3). Vi ser altså at en forandring av hastigheten gir raskere utslag på sentrifugalkraftens størrelse enn en forandring av kurveradien.

Kan vi så gjøre noe som mottrekk mot virkningen av sentrifugalkraften? Jo, vi kan og vi gjør det hver eneste dag, helt automatisk. I bilen lener vi oss i retning mot innsiden av kurven for å få igjen balansen. Da har vi akkurat utbalansert sentrifugalkraftens virkning på oss selv. Kjører vi på sykkel, legger vi både sykkelen og oss selv på skrå innover i kurven for å holde balansen og har da opphevet sentrifugalkraftens virkning både på sykkelen og syklisten. Legg merke til at det er virkningen av sentrifugalkraften vi har tatt bort, ikke selve sentrifugalkraften, for den er til stede så lenge som vi beveger oss i kurven.

Sentrifugalkraften er altså en sidekraft som virker utad i kurven, i retning fra kurvens sentrum. Ved å legge oss passe innover i kurven, etablerer vi en motkraft til sentrifugalkraften som bevirker at vi holder balansen. Da er denne motkraft akkurat like stor som sentrifugalkraften, og vi føler ikke, men bare ser at vi kjører i kurve.

På samme måte kan vi helt eller delvis motvirke sentrifugalkraftens virkning ved å legge skinnegangen i overhøyde. En jernbanevogn vil da ligge på skrå i kurven, og vi kan holde en større kjørehastighet gjennom kurven enn vi ellers kunne gjøre, uten at de reisende merker noe større til sentrifugalkraften. Dertil blir påkjenningene både på vognen og på sporet i kurven redusert til det minst mulige.

På sykkel opphever vi virkningen av sentrifugalkraften helt og holdent ved å regulere skråstillingen etter hastigheten og kurveradien. Med en jernbanevogn har vi ikke denne mulighet til å skaffe en fullstendig motvekt mot sentrifugalkraften ved forskjellige hastigheter i kurven, idet skråstillingen er bestemt av overhøyden og altså er den samme uansett kjørehastigheten. Vi skal komme nærmere inn på dette under avsnittet om overhøyder, side 17.

I tillegg til sentrifugalkraften har vi i kurver en annen sidekraft å ta hensyn til. Vognen skal forandre retning i kurven. Da vognens aksler ikke er svingbare som på biler, men parallelle, kan denne retningsforandring bare skje ved tvangsføring av vognen gjennom kurven. Under denne tvangsføring oppstår det et sidetrykk mot skinnene, som nevnt foran under omtalen av spissgang og fritt løp. Dette sidetrykk kalles *føringstrykket*. Det virker alltid uansett om kurven har overhøyde eller ikke.

I en kurve som er riktig dosert for den hastighet som det kjøres med, er det føringstrykket som hovedsakelig bevirker slitasjen på skinnene. Den største slitasje på hjulflenser vil vi av samme grunn finne på de førende hjul.

I dårlig justert spor er regelmessigheten i krefter og påkjenninger liten. Vognen kan bli slengt fra den ene skinnestrengen til den andre, ikke bare i rettlinje, men også i kurver. Fordelingen av størrelsen av sidekreftene og de loddrette kreftene vil bli høyst uregelmessig. Som resultat vil vi få et enda dårligere sporleie. Særlig nøye må vi være med justeringen på linjer med stor toghastighet. Der kan selv små feil bevirke vesentlig økning av påkjenningene i overbygningen.

2.2.3. *Langsgående krefter.*

De langsgående krefter som tog forårsaker har ikke direkte noen særlig innflytelse på påkjenningene i sporet. Det vesentligste resultat er at der oppstår *skinnevandring*, og skjøtåpningene blir ujevne. Derved oppstår muligheter for meget store temperaturpåkjenninger i skinnene.

Skinnene vil ha tendens til å vandre dels med og dels mot toget. Vandringen vil foregå i retning med toget på grunn av bølgebevegelser i sporet under togets gang, og på grunn av støt mot skinnendene i skjøtene, særlig hvor det er store skjøtåpninger. Rullende friksjon fra vognhjulene og bremsing vil også virke til å trekke skinnene fram i togets fartsretning. Drivhjulene på et arbeidende lokomotiv vil prøve å skyve skinnene bakover.

De langsgående krefter fra tog øker med akseltrykket og toghastigheten. På enkeltsporte baner hvor togene går begge veier på et og samme spor, vil det være lokale forhold som er bestemmende for retningen av skinnevandringen. Ved tungtrafikk i fall som på Ofotbanen vil bremsingen spille overveiende rolle, og skinnevandringen der har retning nedover. På dobbeltsporte baner vil vi finne at skinnene i de to spor i alminnelighet vandrer hver sin vei, nemlig med togets kjøreretning uansett om det er stigning eller fall.

Hvis skinnevandringen ikke holdes under kontroll, vil det bli ujevne mellomrom i skjøtene. Vi kommer dermed inn på hvordan skinnelengden forandrer seg med skiftende temperaturer.

Når temperaturen stiger eller faller, vil lengden L av en skinne øke eller minske med l *mm*, etter formelen:

$$l = 0{,}000012 \cdot t \cdot L$$

hvor t er temperaturforskjellen i grader Celsius. Denne formel kan leses slik:

På grunn av temperaturforandringer vil en skinne forandre lengde med 1,2 mm pr. 10 m og 10° temperaturforskjell.

Forutsetningen er at lengdeforandringen kan foregå helt fritt. Hvis en skinne blir hindret i å forandre sin lengde i takt med temperaturen, vil det oppstå trykk- eller strekk-krefter i skinnen. Disse krefter kan bli meget store. Da temperaturpåkjenningen i skinnene kommer i tillegg til de påkjenninger som opptrer på grunn av togbelastningen, kan temperaturkreftene få vesentlig betydning for skinnegangens sikkerhet. Under ugunstige forhold kan temperaturkraften i en 35,7 kgs skinne gå opp i ca. 45 tonn og i en 49 kgs skinne opp i over 60 tonn.

Temperaturkreftene opptrer som trykkrefter om sommeren og som strekkrefter om vinteren. Særlig er trykkreftene farlige for sikkerheten. Hele sporet kan knekke ut til siden hvis det ikke er tilstrekkelig stivt og godt nok forankret i ballasten. Det oppstår det vi kaller *solslyng*. Faren for avsporing i solslyng er desto større fordi toget selv ofte utløser en solslyng på grunn av bølgebevegelsene i sporet foran toget.

Det er derfor av vesentlig betydning for sikkerheten på linjen at skinnevandringen holdes under kontroll.

Med korte skinner kan vi i alminnelighet regne med at det ikke oppstår farlige temperaturkrefter i skinnene når vi passer på at det ikke foregår skinnevandring. Den vanlige laskeskjøten er konstruert slik at den gir tilstrekkelige muligheter for lengdeforandringene i kortskinner. Grensen for kortskinner er ca. 20 m i skinnelengde.

Øker vi skinnelengden utover denne grense, så får vi skinner som ikke kan forandre lengden fritt når normale skjøtkonstruksjoner er innlagt i sporet. Nå kan vi ikke legge inn skjøter med større skjøtåpning enn normalt, for det vil føre til at skinneendene i skjøten blir unødig nedkjørt. Det er heller ikke nødvendig å gjøre det når vi bruker et sikkert skinnefeste som alltid holder skinnen godt festet til svillene. Da vil svillene virke som bremse på temperaturbevegelsen, enten ved at skinnene prøver å trekke dem med seg i ballasten, eller ved at skinnefestet holder igjen hvis svillene ligger fastfrosset.

Lange skinner og helsveist spor skal altså ikke forandre lengden fritt etter som temperaturen varierer. De vil derfor som regel stå under spenning, trykkspenning om sommeren og strekkspenning om vinteren. Slike spor må være mest mulig stive sideveis for å være sikret mot solslyng. Vi må derfor også av den grunn ha et fast og sikkert skinnefeste og dessuten rikelig med ballast i sporet.

I et spor med lange skinner vil lengdeforandringen av skinnene på grunn av temperaturvekslinger følge andre regler enn når skinnene kan forlenge og forkorte seg helt fritt. Vi kan da i alminneligheit ikke gjøre oss opp en sikker mening om det er foregått skinnevandring eller ikke bare ved å måle skjøtåpningen. Skinnevandring kontrolleres best ved å foreta målinger ved skinnemidten.

Vedlikehold av spor med lange skinner og helsveist spor må delvis utføres etter andre regler enn spor med korte skinnelengder.

3. SPORETS FORM

3.1. Linjens vertikalføring.

Linjens vertikalføring fremgår av lengdeprofilet for vedkommende banestrekning. Det angir størrelsen av stigning og fall på de forskjellige steder av linjen.

NSB har fastsatt at stigning og fall angis i promille, dvs. "pr. tusen". En stigning på 5 o/oo betegner at linjen stiger 5 meter på 1000 meters lengde, det vil igjen si 5 cm på 10 meter. Den *største tillatte stigning* på en bane fastsettes av Stortinget samtidig med at det gjøres vedtak om at banen skal bygges.

På hovedlinjer opprinnelig bygget for dampdrift er den største tillatte stigning ikke over 18 o/oo og for elektrisk drevne baner ikke over 25 o/oo, men på de eldste hovedlinjer kan det forekomme stigninger som er større. 55 o/oo er absolutt største stigning på NSB. Denne stigning har vi på sidelinjen Myrdal - Flåm (Flåmsbana), som er bygget for elektrisk drift.

Den største tillatte stigning gjelder for rettlinjet spor. Jo sterkere stigningen er, desto større er togmotstanden, og desto kraftigere lokomotiver må vi bruke for å trekke en viss togvekt. Togmotstanden er større i kurver enn på rettlinje. Det er tyngre å trekke et tog i kurve fordi vi der får *kurvemotstanden* i tillegg (jfr. føringstrykket). Det er derfor naturlig å redusere den største tillatte stigning der linjen ligger i kurve for at den samlede togmotstand ikke skal bli større enn fastsatt for rettlinje på den bestemte banestrekning. Slik reduksjon av den største tillatte stigning foretas ved NSB for alle kurver med R = 1000 og mindre.

Stigningsreduksjonen er størst i skarpe kurver og avtar etter hvert som radien øker. Den skal på nye baner være 2,7 o/oo i kurver med R = 300 og 0,7 o/oo i kurver med R = 1000.

I tunneler er det større luftmotstand enn ute i dagen, særlig er dette fremtredende i tunneler over en viss lengde. NSB har foreskrevet særskilt reduksjon av den største tillatte stigning i tunneler som er mere enn 200 m lange. Reduksjonen er 2 á 3 o/oo, avhengig av tunnellengden og øvrige forhold.

Etter planeringsregler av 1939 bør stigningen i togspor på stasjoner ikke være større enn 2,5 o/oo. Da har vi noenlunde sikkerhet for at en frakoblet ubremset vogn ikke begynner å rulle av seg selv.

3.2. Stigningskurver.

En stigningskurve er en kurve i vertikalplanet og legges inn ved brytningspunktene (BP) for å jevne ut overgangen fra en stigning til en annen, eller fra stigning til horisontal (fig. 7).

Det er nødvendig at denne overgangen er slakere jo større toghastigheten er. Den tillatte minste radius for stigningskurver i togspor er 2000 m. Denne radius nyttes på steder der toghastigheten ikke overstiger 45 km/time. I gjennomkjørspor på stasjoner må radien bestemmes på samme måte som for linjen for øvrig.

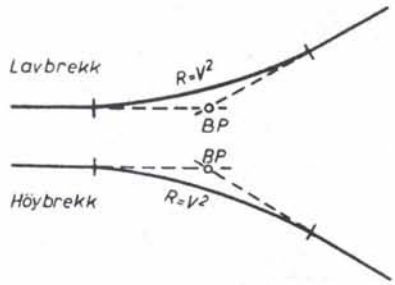


Fig. 7. Stigningskurver.

På tegninger angis stigningskurvens endepunkter med SE.

Stigningskurvens radius bestemmes i alminnelighet etter formelen:

$$R = v^2$$

hvor v er største toghastighet i km/time.

Er største toghastighet 70 km/time, må stigningskurvens radius minst være 4900 m (70 x 70) og ved 100 km hastighet minst 10 000 m (100 x 100).

Kaller vi stigningsforskjellen for a i o/oo og stigningskurvens radius R i meter, finner vi tangentlengden t for stigningskurven målt i meter etter formelen:

$$t = \frac{a}{2000} R$$

Hevingen (eller senkingen) av brytningspunktet målt i mm, beregnes etter formelen:

$$y = \frac{a^2}{8000} R$$

Er eksempelvis a = 10 o/oo og R = 5000 m, finner vi t = 25 m og y = 62,5 mm.

3.3. Sporvidde.

Med sporvidde (sporbredde) forstås den vinkelrette avstand mellom innerkanten av skinnehodene i de to skinnestrenger.

Der finnes en rekke forskjellige sporvidder anvendt rundt omkring i verden. Størst utbredelse har *normalsporet* med sporvidde 1435 mm. I Europa er normalsporet innført i alle land som standard for hovedlinjer, unntatt i Finnland og Sovjet-Samveldet hvor sporvidden er 1524 mm, samt i Spania og Portugal hvor sporvidden er 1676 mm. Alle sporvidder som er større enn normalspor, kalles *bredspor*.

Det er også smalere sporvidder enn normalspor. Meget alminnelig er 1067 mm sporvidde, som her i landet blir betegnet som *smalspor*. I tidligere år hadde vi en rekke smalsporbaner i Norge.

Alle disse baner er enten ombygget til normalspor eller nedlagt. Den siste smalsporte statsbane (Setesdalsbanen) ble nedlagt i 1962, men en del av den drives i likhet med Urskog-Hølandsbanen som privat hobbybane.

Så har vi *meterspor* med 1000 mm sporvidde. Denne sporvidde finnes på en enkelt bane i Norge, nemlig Thamshavnbanen, som også er privatbane.

For normalspor er det bestemt at *sporvidden skal måles 14 mm under skinnetopp. Sporvidden må ikke noe sted være trangere enn 1432 mm og ikke større enn 1470 mm.*

Enkelte typer rullende materiell har stiv gang i kurver. Av denne grunn må vi i de skarpere kurver ha en noe rommeligere sporvidde enn normalt for at alt materiell skal gå tilfredsstillende på sporet.

Ved NSB gjelder for tiden (1977) følgende bestemmelser for *sporutvidelse* i kurver med tresviller:

R = 300 og større,	sporutvidelse	0 mm
R = 299-200,	"	10 "
R = 199 og mindre,	"	15 "

Sporutvidelsen legges alltid ved å trekke indre skinnestreng inn mot kurvens sentrum. Overgangen til full sporutvidelse jevnes ut over en lengde av ca. 10 m.

Betongsvillespor legges som nevnt ikke med sporutvidelse i kurver.

Sporet må legges med sporutvidelse også i overgangskurver, og vi skal følge de samme regler som for vanlige kurver. Vi skal altså ha full sporutvidelse bare fra det punktet i overgangskurven hvor kurveradien er mindre enn 300 m.

Erfaringene viser at skinneslitasjen øker når sporbredden er større enn nødvendig. Det er derfor god økonomi å holde sporbredden så trang som mulig innen de fastsatte grenser. Målet 1470 mm for tillatte største sporbredde gjelder også for kurver med sporutvidelse.

I nedenstående tabell er der for forskjellige kurveradier angitt avstanden fra overgangskurvens begynnelsespunkt (OB) til det punkt i overgangskurven hvor sporutvidelsen skal være henholdsvis 10 og 15 mm. *l* betegner overgangskurvens lengde. Tabellen gjelder bare for overgangskurver ved overgang til rettlinje. Den er gjeldende for hvilken som helst lengde av overgangskurven.

Kurveradius	Avstand fra *OB* til det punkt i overgangskurven hvor sporutvidelsen skal være	
	10 mm	15 mm
R = 180	0,60x*l*	0,90x*l*
R = 200	0,67x*l*	
R = 225	0,75x*l*	
R = 250	0,83x*l*	
R = 275	0,92x*l*	

Eksempel: For R = 180 er overgangskurvens lengde fastsatt til 59 m. Sporutvidelsen i overgangskurven skal være 10 mm i en avstand av 35,4 m fra OB (0,6x59) og 15 mm i en avstand av 53,1 m (0,9x59).

3.4. Kurver i horisontalplanet.

3.4.1. *Sirkelkurver.*

Sirkelkurven er den enkleste kurve. Den har konstant krumming. Krummingen av en sirkelkurve betegnes ved angivelse av radien, f.eks. R = 300.

På nyere hovedlinjer ved NSB ble det innlagt kurver med minste radius R = 400. På eldre hovedlinjer ble det imidlertid i stor utstrekning lagt skarpere kurver, ned til R = 180. På sidelinjer finnes det kurver med enda mindre radius, helt ned i R = 130 på Flåmsbana. I utlandet brukes i dag på nye baner minste radius 2000 - 4000 m.

I skarpe kurver må kjørehastigheten begrenses av hensyn til sidekreftene. Det er derfor av stor betydning av kurveforholdene på en bane er gode hvis vi vil holde høy gjennomsnittshastighet for togene.

En *kombinert* eller *sammensatt* kurve er en kurve som er satt sammen av to eller flere sirkelkurver med forskjellig radius, f.eks. R = 350-600.

Mellom to *kontrakurver*, det vil si to motsatt rettede kurver, må det alltid være en viss avstand så vi får plass til de nødvendige overgangskurver (se neste avsnitt).

Mellom to *ensrettede* kurver må det av samme grunn også være en tilsvarende minste avstand av hensyn til overgangskurvene.

Sirkelkurvens endepunkter kalles *kurvepunkter* og betegnes med *KP*. Betegnelsen *KPR 300* betyr altså kurvepunktet for en kurve med radius 300 m.

3.4.2. *Overgangskurver.*

Når toget kjører fra rettlinje inn i kurve, vil hver vogn i toget etter hvert bli utsatt for de sidekrefter som virker på materiellet. Når en vogn er kommet helt inn i kurven, vil størrelsen av sidekreftene være konstant så lenge kjørehastigheten og radien er konstant og sporets justering er riktig.

Hvis vi lar sirkelkurven gå direkte ut fra rettlinjen, vil sidekreftene opptre med full styrke med en gang vognen kommer inn i kurven. Dette kan vi gjøre bare når sidekreftene er små, altså når kjørehastigheten er liten eller kurveradien er stor. Hvis sidekreftene kommer opp i en viss størrelse, vil vognen bli trykket mere eller mindre voldsomt over mot ytterstrengen idet vognen går inn i kurven. Dette vil føles som en sidesleng. Sidesleng av denne art kalles *rykket*.

Vi må søke å redusere størrelsen av rykket til det minst mulige. Det oppnår vi ved å slake ut overgangen mellom rettlinje og sirkelkurve. Denne utslaking utføres ved å legge inn en *overgangskurve*.

Som overgangskurve bruker vi en kurve som kalles en kubisk parabel.

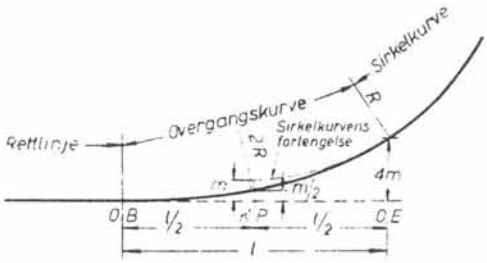


Fig. 8. Overgangskurve.

Den kubiske parabel har den egenskap at krummingen tiltar jevnt fra rettlinje inn i sirkelkurve. Ved endepunktet av overgangskurven har den samme krumming som sirkelkurven (fig. 8). Derved vil sidekreftene øke jevnt gjennom hele overgangskurven inntil full verdi i sirkelkurven. Vi får den utjevning av rykket som vi tilsikter.

Er lengden av overgangskurven for kort, vil overgangen til sirkelkurven bli for brå og rykket vil ikke jevnes tilstrekkelig ut. Dette merker vi godt på de fleste av våre eldre baner som er bygget med kortere overgangskurver enn de som nå er foreskrevet.

Overgangskurver legges ikke bare inn i overgangen mellom rettlinje og sirkelkurve. Ved overgang mellom to kurver i en kombinert kurve må det også foretas en utjevning av rykket i overgangen, når radiene i de to kurver er så vidt forskjellige at det blir merkbar forskjell på sidekreftene. Da må det også her legges inn en overgangskurve.

Overgangskurvens begynnelsespunkt i rettlinjen betegnes med *OB* og dens endepunkt i kurven med *OE*. Den matematiske formel for overgangskurven er:

$$y = \frac{x^3}{6Rl}$$

hvor R er sirkelkurvens radius og l er overgangskurvens lengde, se fig. 8.

For å gjøre det mulig å legge inn en overgangskurve i enden av en sirkelkurve, må sirkelkurven flyttes inn et mål m fra tangenten i retning av kurvens sentrum. Derved vil forlengelsen av sirkelkurven ikke tangere rettlinjen i kurvepunktet *KP*, men ligge i en avstand av m ut fra denne. Størrelsen av m kan beregnes av formelen:

$$m = \frac{l^2}{24R}$$

Overgangskurven legges nå inn med en halvpart på hver side av *KP*. Avsettet for overgangskurven fra tangenten (dvs. rettlinjen) skal i *KP* være lik $\frac{1}{2}m$ og i *OE* lik $4m$. Dette finner vi ved å bruke formelen for overgangskurven og sette inn verdiene $x = \frac{1}{2}\,l$ for avsettet i *KP* og $x = l$ for avsettet i *OE*.

Ved NSB er det bestemt at overgangskurver skal legges inn i alle kurver i togspor med radius opp til R = 3000. Lengden av overgangskurven for de forskjellige kurveradier er fastsatt i gjeldende overbygningsbestemmelser og varierer for tiden fra 75 m til 22 m. På eldre baner er det ikke alltid mulig å få lagt inn overgangskurver med de foreskrevne lengder. Vi blir ofte nødt til å korte inn noe på lengden hvis utgiftene til omleggingen blir for store. Lengden av overgangskurven blir da bestemt særskilt så nær opp til det foreskrevne mål som mulig. På den annen side må vi ikke være redde for å legge inn noe lengre overgangskurver enn foreskrevet, hvis dette er hensiktsmessig.

Overgangskurven må altså være så lang at vi får jevnet ut rykket tilfredsstillende. Er overgangskurven vesentlig kortere enn foreskrevet, må toghastigheten settes ned. Over sporveksler som er lagt i stilling til avvikende spor, må der således alltid kjøres med hastighet høyst 40 km/h, fordi sporvekselkurver legges uten overgangskurve.

Overgangskurver kan sløyfes i skiftespor da toghastigheten på slike spor ikke skal være større enn 30 km/h.

3.5. Overhøyder.

3.5.1. *Hva vi forstår med overhøyde.*

Vi sier at sporet ligger i overhøyde når den ene skinnestreng er lagt høyere enn den andre. Sporet legges i overhøyde i kurver, og det gjøres ved å *løfte den ytre skinnestreng.*

Det er alt nevnt at sentrifugalkraften opptrer som sidekraft rettet utover fra kurvens sentrum, og at vi kan redusere sentrifugalkraftens virkning ved å legge sporet i overhøyde (side 19). Overhøydens innvirkning kan illustreres ved et enkelt eksempel: I sporvekselkurve R = 300 uten overhøyde vil sentrifugalkraften opptre med full virkning. I slik kurve vil sidekraften ved toghastighet 35 km/h ha omtrent samme størrelse som den resulterende sidekraft i kurve R = 300 ute på linjen med overhøyde 150 mm og toghastighet 70 km/h. Påkjenningene på sporet og sikkerheten mot velting er altså praktisk talt den samme, til tross for at hastigheten i det ene tilfelle er dobbelt så stor som i det annet.

Det skal legges overhøyder i kurver i *togspor* når R = 5000 og mindre.

3.5.2. *Overhøydens størrelse.*

Størrelsen av sentrifugalkraften som virker på en vogn i en bestemt kurve, varierer med toghastigheten. Størrelsen av den innadrettende sidekraft på grunn av overhøyden varierer også, nemlig med overhøyden. For en bestemt toghastighet vil det da være balanse mellom disse sidekrefter bare ved en bestemt verdi av overhøyden. Denne overhøyde kalles den *teoretiske overhøyde.*

Vi kan også si at til enhver størrelse av overhøyden hører en bestemt teoretisk hastighet. Det er bare når toget kjører med denne hastighet

at virkningen av sentrifugalkraften er helt utbalansert. Når vi ser bort fra føringstrykket, vil det da ikke være noen sidekrefter som virker på toget i kurven, og akseltrykket fordeler seg likt på de to skinnestrenger, som i rettlinje.

Kaller vi overhøyden h (målt i milimeter), toghastigheten v (målt i i km/h) og kurveradien R (målt i meter), kan vi tilnærmet regne ut den teoretiske overhøyde for normalspor etter følgende formel:

$$h = 11,8 \frac{v^2}{R}$$

Hvis alle tog holdt ens kjørehastighet i en kurve, ville saken om overhøydens størrelse i kurven være enkel, men det inntreffer ikke. Alle våre linjer trafikkeres av forskjellige slags tog. Noen er langsomtgående og noen er hurtiggående. Dessuten er gjerne kjørehastigheten forskjellig i hver kjørerétning for tog som tilhører samme gruppe, avhengig av stigning og fall.

Legger vi opp overhøyden i kurven så den passer for de hurtiggående tog, så vil den være for stor for de langsomtgående tog. Belastningen på indre skinnestreng vil da bli større enn på ytre. Overhøyden vil i det tilfelle ha tendens til å øke fordi indre skinnestreng kan bli presset ned. Hvis vi på den annen side legger opp overhøyden passende for de langsomtgående tog, vil vi risikere at ytterstrengen presses ned av hurtiggående tog. Regelen er altså kort og godt den at en overhøyde som er for stor for den gjennomsnittlige togtrafikk vil ha tendens til å øke, og en overhøyde som er for liten, vil ha tendens til å minske.

Et sted midt imellom finnes det en bestemt overhøyde som er passende for trafikken gjennom kurven. Denne overhøyde kalles *den praktiske overhøyde*. Den praktiske overhøyde er ved de større toghastigheter alltid mindre enn den teoretiske overhøyde.

Den *tillatte største overhøyde* ved normalspor er begrenset til 150 mm. Sporet ligger da i helling 1:10. Overhøyden må aldri være større enn den teoretiske overhøyde.

Når hovedsporet ligger i kurve over et stasjonsområde, er det ofte ønskelig å holde overhøyden så lav som mulig, uten at dette skal redusere den tillatte største kjørehastighet for passerende tog. Særlig er det ønskelig å begrense størrelsen av overhøyden forbi plattformer. I skiftespor skal sporet legges uten overhøyde.

Det er bestemte regler for den *tillatte minste overhøyde* i kurver.

Den tillatte minste overhøyde må ikke være mindre enn den teoretiske overhøyde fratrukket 90 mm, altså

$$h_{min} = h_{teor} - 90 \text{ mm}$$

Gjennomgående tog kan da passere kurven med den forutsatte hastighet, men selvfølgelig vil både sidekrefter og den loddrette belastning på

ytre streng bli større enn ved normal overhøyde.

Eksempel: For R = 300 og v = 70 km/time er den teoretiske overhøyde

$$h_{teor} = 11{,}8 \frac{v^2}{R} = 193 \text{ mm.}$$

Den tillatte minste overhøyde blir da 103 mm, eller avrundet 105 mm.

3.5.3. *Falsk overhøyde.*

Hvis innerstrengen i en kurve ligger høyere enn ytterstrengen, får vi *falsk overhøyde*. Dette inntreffer i visse tilfeller i sidespor på stasjoner når en sporveksel grener ut fra ryggen av en kurve som ligger i overhøyde. Hvor det på slike steder er falsk overhøyde, må den jevnes ut over så kort lengde som mulig. Det må tas hensyn til at vindskjevheten i sporet ikke blir større enn tillatt, se neste avsnitt. Kurver med falsk overhøyde må alltid trafikkeres med begrenset hastighet. *Det er ikke tillatt å legge falsk overhøyde i hovedspor.*

3.5.4. *Overhøyderamper.*

Når ytre skinnestreng skal løftes opp til den foreskrevne overhøyde, skal denne løfting skje jevnt over en viss lengde av sporet. Ytre skinnestreng vil da bli liggende i jevn skråning i forhold til indre skinnestreng. Vi sier at det er lagt inn en *overhøyderampe* i sporet. Med *overhøyderampens stigning* forstås stigningen av den ene skinnestreng målt i forhold til den annen (se fig. 9).

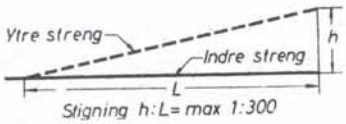


Fig. 9. Overhøyderampens stigning.

Et spor sies å være *vindskjevt* når høydeforskjellen mellom de to skinnestrenger, dvs. overhøyden, veksler fra punkt til punkt i sporet. I en overhøyderampe har vi et typisk eksempel på vindskjevhet, fordi overhøyden veksler gjennom hele overhøyderampen. Vi skal se litt på hvilke følger vindskjevheten kan ha for det rullende materiell under gang og betrakter for enkelthets skyld en 2-akslet vogn.

Hvis denne vogn er helt stiv og uten fjærer av noe slag, vil den kunne ha bare tre hjul samtidig på sporet når den passerer en overhøyderampe. Det fjerde hjulet ville løfte seg mer eller mindre, avhengig av om vindskjevheten var stor eller liten. Hvis det får anledning til å løfte seg 25 mm som er den minste høyde på hjulflensen (fig. 2), skjønner vi at det er fare på ferde.

Materiellet er imidlertid fjærende og ikke helt stivt, så vognen vil ha en tendens til å føye seg etter sporet til tross for at det er vindskjevt. Men selv om alle hjulene ligger an mot skinnene, vil vindskjevheten i hvert fall bevirke at minst ett av hjulene blir noe

avlastet, med tilsvarende merbelastning på de øvrige hjul. Avlastningen vil være større jo brattere eller mer vindskjev overhøyderampen er.

Avlastningen faller på forskjellige hjul, avhengig av om vognen kjører inn i eller ut av overhøyderampen. Kjører vi fra rettlinje inn i kurve, må det forreste ytre hjul først klatre opp overhøyderampen. Dette hjul vil ikke bli avlastet, og det er viktig, for det er jo forreste ytre hjul som er det styrende hjul under vognens gang i kurven. Etter at vognen er ferdig med den *stigende* overhøyderampe og er kommet godt og vel inn i sirkelkurven, vil alle fire hjul ligge jevnt an mot skinnene, forutsatt at overhøyden er helt jevn. Men så kommer vi til utløpet av kurven, hvor vognen skal gjennom en *fallende* overhøyderampe. Da er det nettopp forreste, ytre hjul på vognen som blir avlastet. Er vindskjevheten for stor, kan hjulet bli avlastet så meget at det klatrer over skinnen, og vi får avsporing.

Faren for avsporing på grunn av vindskjevhet er størst når overhøyden avtar, normalt altså ved utløpet av kurver. For å hindre at avlastningen av hjulene blir så stor at den er farlig for sikkerheten, er det foreskrevet en begrensning av vindskjevheten, det vil si av overhøyderampens stigning. *Den tillatte største stigning på en overhøyderampe er ved NSB fastsatt til 1:300.*

Dette betyr at forskjellen i overhøyde ikke noe sted må være større enn 1 cm på en lengde av 3 meter. Dette gjelder ikke bare for overhøyderamper, det gjelder for hele sporet. Vi må nemlig være klar over at vi har vindskjevhet på de fleste steder i sporet på grunn av ujevne høyder i de to skinnestrenger, hva enten dette kommer av telehiving eller har andre årsaker. Men det er særlig i kurver at det er farlig. Det må vi være spesielt oppmerksom på, også ved arbeid med skoring og midlertidige utslak under løft. Vindskjevheten må ikke bli større enn tillatt. Det hjelper ikke noe om det er foreskrevet liten kjørehastighet over strekningen. Som regel er da faren for avsporing i en vindskjev kurve med avtagende overhøyde enda større, fordi vognen ved langsom fart vil bikke over mot innerstrengen på grunn av overhøyden, slik at vi får en ytterligere avlastning av hjulene på ytterstrengen.

Vi skal se se litt på hvilken sikkerhetsmargin vi kan regne med å ha ved den fastsatte grense for vindskjevheten, 1:300, det vil si 1 cm forskjell i overhøyde på 3 meter lengde av sporet. Tar vi som eksempel en 2-akslet vogn med akselavstand 6 meter, og denne vogn er helt stiv og uten fjærer, vil en forandring av overhøyden på 25 mm over en lengde av 6 meter kunne bringe vognen av sporet. 25 mm er som det vil huskes, minste høyde på hjulflensen. Selv om vognene er utstyrt med fjærer, så må vi likevel regne med at det kan være vogner med tregtvirkende fjærer. I det tilfelle kan vognene oppføre seg som om de er ufjæret i den brøkdel av et sekund som vognene bruker under vanlig togfart for å kjøre en strekning like lang som akselavstanden.

Når det kan være fare for avsporing med en vindskjevhet på 25 mm over en lengde av 6 meter, betyr det at sikkerhetsmarginen ikke er mere enn fattige 5 mm, idet den tillatte grense for vindskjevheten er 20 mm på 6 meter (10 mm på hver 3 meter). Vi skjønner at den fastsatte begrensning av rampestigningen (vindskjevheten) til 1:300 heller er for snau enn for rommelig, og at det er fare på ferde hvis rampestigningen er brattere.

For nye baner er det foreskrevet at rampestigninngen ikke skal legges opp brattere under justering enn 1:6 v, hvor v er tillatte største toghastighet i km/time i kurven. Hvis det er mulig, kan overhøyderampen legges slakere, inntil 1:10 v. Det vil si at for kurver R = 300, med forutsatt kjørehastighet 80 km/time i kurven, skal rampestigningen ikke legges opp brattere enn 1:480. Den tillatte største stigning på overhøyderampen er også på disse baner 1:300.

Det må være klart at vi under justering alltid må holde oss et stykke unna den kritiske grense 1:300 for rampestigningen. Gjør vi ikke det, er det alle sjanser til at rampestigningen blir brattere enn tillatt straks justeringen av sporet kommer litt i ulage. Under justering på eldre baner må vi legge rampestigninger ikke brattere enn 1:400. På nyere baner, må vi følge de reglene for rampestigningen som er nevnt foran.

Overhøyderampen skal i alminnelighet falle sammen med overgangskurven. Overgangskurven må altså være så lang at rampestigningen ikke blir brattere enn tillatt.

På mange av våre eldre baner er det korte overgangskurver. Omlegging til lengre overgangskurver pågår, men det er fremdeles mange kurver hvor vi må gjøre overhøyderampen lengre enn overgangskurven for ikke å få for bratt rampestigning. I slike tilfeller vil det alltid bli mindre gode kjøreforhold inn og ut av kurven. Kjøreforholdene blir absolutt dårligst hvis vi tenker oss at vi trekker overhøyderampen ut på rettlinjen forbi *OB*, slik som vist på fig. 10a. Da får vi overhøyde på rettlinje, og toget vil skli ned mot laveste skinnestreng, altså mot indre skinnestreng. Når toget så kommer inn i overgangskurven, vil sidekreftene trekke toget ut mot ytterstreng. Når disse sidekrefter blir s store nok, slenger toget over mot ytterstrengen. At toget kan slenge fra den ene streng til den annen, kommer av at avstanden mellom hjulflensene i en hjulsats er mindre enn sporbredden (fig. 1).

Sporet skal ikke legges i overhøyde på rettlinje. Når overgangskurven er for kort, har vi ingen annen utvei enn å trekke overhøyderampen inn i kurven, som vist på fig. 10b. Da må *overhøyden i OE være minst* $= h_{min}$ (side 16) hvis det skal kunne holdes full toghastighet i kurven. Er overhøyden i OE mindre, må hastigheten settes ned. Den lavere overhøyde på et parti av kurven vil bevirke en viss økning av sidekraften på toget. Men det vil ikke bli noen markert sleng fordi toget hele tiden ligger an mot ytterstrengen.

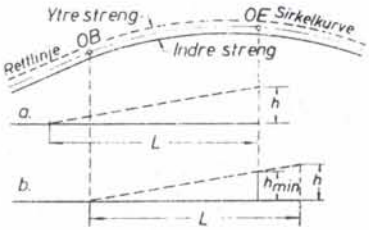


Fig. 10. Innlegging av overhøyderampe når overgangskurven er for kort.

Vi blir i enkelte tilfeller nødt til å trekke overhøyderampen inn i kurven også på nye baner. Det legges ikke inn overgangskurve i kurver som er slakere enn R = 3000, mens det er foreskrevet at det skal legges inn overhøyde helt til R = 5000.

Når vi har kontrakurver med sammenstøtende overgangskurver uten mellomliggende rettlinje, vil overhøyderampene for de to kurver gå umiddelbart over i hverandre. Vi legger da inn en *sakset overhøyderampe* (fig. 11).

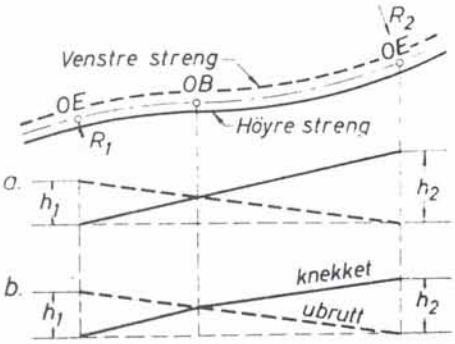


Fig. 11. Saksede overhøyderamper.

I en sakset overhøyderampe skal alltid *overhøyden være null i det felles OB*. Den enkleste form for en sakset overhøyderampe har vi når de to skinnestrenger kan løftes ubrutt fra *OE* til *OE* (fig. 11a). Da må forholdet *h:l* rampestigningen, være det samme for begge overhøyderamper.

Er stigningen *h:l* forskjellig i de to overhøyderamper, må minst en av skinnestrengene i "saksen" få en knekk i det felles OB, fordi overhøyden der skal være lik null. Enklest løser vi da problemet ved å løfte den ene skinnestreng ubrutt gjennom fra OE til OE, som vist på fig. 11b. Deretter bestemmer vi beliggenheten av OB, hvor altså overhøyden skal være null, og løfter den annen streng mellom OB og OE til hver side.

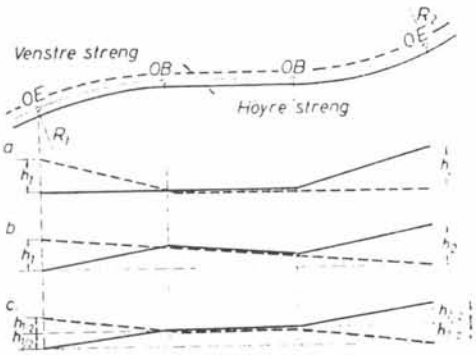


Fig. 12. Overhøyderamper ved kontrakurver med kort rettlinje mellom.

Er det en kort mellomliggende rettlinje mellom overgangskurvene for to kontrakurver, kan det ikke legges inn sakset overhøyderampe, idet vi da får overhøyde i rettlinjen. I slike tilfeller må det legges inn 2 særskilte overhøyderamper, en for hver av de to kurver. Det kan gjøres på vanlig måte ved å senke ytterstrengen helt ned i høyde med innerstreng ved OB, som vist på fig. 12a eller

vi kan gjøre som vist på fig. 12b. Vi trekker da den ene skinnestreng gjennomgående fra OE til OE, hvoretter den annen streng løftes slik at overhøyden blir null i hver OB. En utførelse som denne medfører at det må tas høyløft fra OE til OE. Den koster derfor noe mere enn den vanlige fremgangsmåte. Til gjengjeld oppnår vi at tyngdepunktet for materiellet for en jevnere bevegelse.

Det finnes også en tredje måte som gir den jevnest mulige bevegelse av materiellets tyngdepunkt. Den er vist på fig. 12c. Etter denne fremgangsmåte løftes rettlinjen opp i høyde med halveringslinjen for de to overhøyder. Innlegging av overhøyderamper etter denne metode er mere omstendelig enn etter den metode som er vist på fig. 12b. Denne gir i de fleste tilfeller et helt tilfredsstillende spor.

Det gjentas at de to fremgangsmåter, vist på fig. 12b og 12c, bare må brukes ved korte rettlinjer.

Ved enden av overhøyderamper skal det legges inn stigningskurver etter bestemmelsene. Avstanden mellom de teoretiske brytepunkter for to adskilte overhøyderamper må da ikke være mindre enn at stigningskurvene får den nødvendige lengde. I alminnelighet vil dette si at avstanden må være mellom 10 og 30 m, avhengig av rampestigningen og radien på stigningskurvene. Det er altså ikke tillatt å la to overhøyderamper støte sammen ved kurvemidten.

3.6. Toghastighet

I bestemmelser i trykk nr. 402 er toghastighetene delt i 3 hastighetsklasser. På grunnlag av byggemåten og den vedlikeholdsmessige standard fastsetter Hovedadministrasjonen hvilken hastighetsklasse som skal gjøres gjeldende for hver enkelt bane. Distriktsjefen bestemmer den tillatte største hastighet for de forskjellige togslag innen rammen av hastighetsbestemmelsene.

Togslag	Største tillatte kjørehastighet i km/h for hastighetsklasse		
	1	2	3
Ekspresstog .....) Persontog .....)	120	90	65
Godstog .....) Arbeidstog .....)	90	80	65

Den tillatte største hastighet kan ikke brukes uhindret hvor som helst på banestrekningen. Det er således bl.a. satt bestemte grenser for kjørehastigheten i fall, over sporveksler og gjennom kurver.

Den tillatte største kjørehastighet i kurver er gjengitt i neden-

stående tabell for hver av de tre hastighetsklasser.

Tabell for største tillatte kjørehastighet i km/h

Kurve-radius	Hastighetsklasse		
	1	2	3
150	50	40	40
180	55	50	45
200	60	55	50
250	70	65	55
300	80	70	60
350	85	75	65
400	90	80	65
450	95	85	65
500	100	90	65
600	105	90	65
700	110	90	65
800	115	90	65
900	120	90	65
1000	120	90	65

Den til enhver tid gjeldende største kjørehastighet på hvert parti på en banestrekning skal vises med hastighetssignaler, se trykk 401, § 290.

Det kan være av interesse å vite hvor mange meter toget beveger seg i løpet av et sekund ved de forskjellige hastigheter. Ved hastighet v km/h er denne lengde

$$l = \frac{v}{3,6}$$

Hastighet 36 km pr. time tilsvarer altså 10 meter pr. sekund, 60 km pr. time tilsvarer 16,7 meter pr. sekund og 90 km pr. time 25 meter pr. sekund.

Vil vi vite hvor mange sekunder toget bruker på en kilometer ved en viss hastighet, finner vi dette ved følgende formel:

$$t = \frac{3600}{v}$$

Toget bruker altså 60 sekunder på kilometeren ved hastighet 60 km pr. time og 40 sekunder ved hastighet 90 km pr. time.

Som vi ser er maksimalhastigheten ved NSB 120 km/h. Ved en del utenlandske forvaltninger opereres det med atskillig høyere kjørehastigheter, opptil 200 km/h på vanlige spor. Det utføres også en del forsøk med spesielle spor for enda høyere hastigheter.

Ved NSB er det også under overveielse (1978) å øke kjørehastighetene, ikke bare maksimalhastigheten på rettlinjer og i slake kurver, men også i skarpere kurver. Antallet skarpe kurver ved NSB er stort. Omlegging av linjenettet for å forbedre kurvaturen vil bli meget omfattende. Hittil har slik modernisering av kurvaturen ikke vært ansett

økonomisk mulig.

En annen løsning er å gjøre togmateriellet lettere for å holde påkjenningene på skinnegangen på et rimelig nivå, samtidig som passasjervognene kan gjøres krengende for at passasjerene ikke skal merke så mye til sentrifugalkraften.

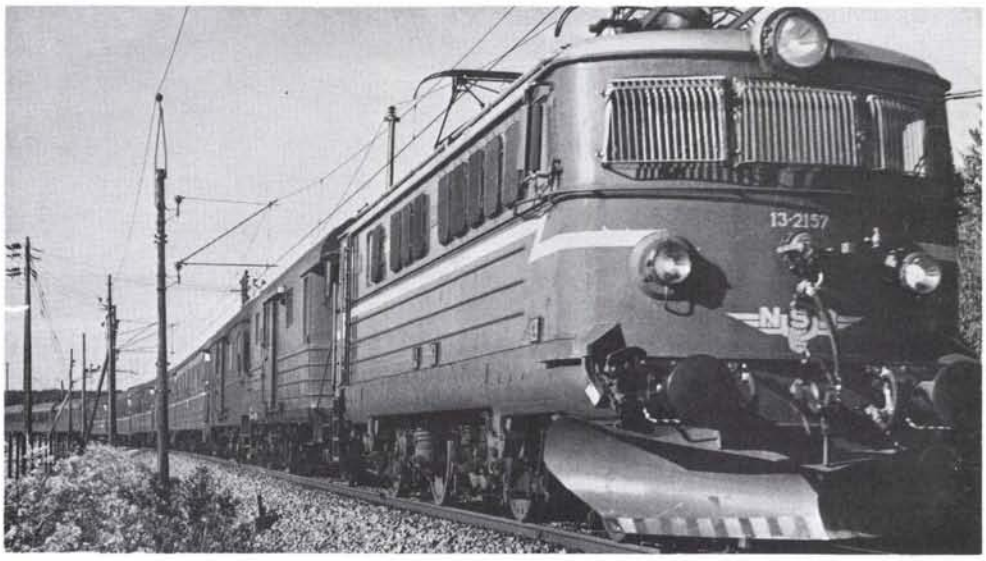
Prøvekjøring av et svensk eksperimenttog X 15 med krengende vogner er foretatt på flere av våre kurverike banestrekninger. Resultatene vil danne grunnlag for det videre arbeid med planene for anskaffelse/bygging av slikt materiell ved NSB.

På bildet: X 15 i en 70 km-kurve med radius 300 m på Kongsvingerbanen. Under prøvekjøringen kjørte toget med 105 km/h i denne kurven.

Modernisering av NSB's gods- og persontogmateriell har pågått i de senere år, likeså fornyelse av lokomotivparken.

De nye forstadsbanetogsett, type 69, er satt inn på flere strekninger. På bildet nedenfor:

Et persontog med El 13-lok, vekt 72 tonn og motorkraft 3600 Hk, maks. hastighet 100 km/h.



4. OVERBYGNINGENS KONSTRUKSJONSELEMENTER

4.1. Innledning

På jernbaner brukes to hovedtyper skinner, *vanlige skinner* og *rilleskinner* (fig. 13 a og b).

Den vanlige skinne er mest brukt. Alle linjer ved NSB er lagt med vanlige skinner. Rilleskinner brukes mest ved sporveier, i havnespor og lignende spor i gater og veger.

Ser vi på understøttelsen av skinnene, kan det skjelnes mellom

overbygning med *langsviller* og
- " - *tverrsviller*.

Fig. 13. Skinneprofiler.

Langsvillene ligger på langs under skinnene. Denne overbygningstype var meget alminnelig i jernbanens barndom fordi skinnene alene ikke var sterke nok til å bære vekten av toget. Nå brukes langsvilleoverbygning mest på sporveier og på enkelte byggverk (f.eks. rep. graver). Ellers brukes det på jernbaner så å si bare tverrsviller.

På tverrsviller får sporet langt bedre sidestivhet enn på langsviller, og sporbredden kan lettere holdes konstant. Dessuten gir tverrsviller bedre lastfordeling på ballasten, og det er enklere å justere sporet. Ved siden av dette oppnår vi den fordel at vannet lettere renner vekk.

I utlandet gjøres det forsøk med å støpe hel betongplate som underlag for skinnene, såkalt "slab track". Slike spor er beregnet for meget høye kjørehastigheter og legges med svært stor nøyaktighet.

4.2. Skinner

4.2.1. *Skinnenes form.*

De første skinner som ble brukt i Norge var de såkalte *bruskinner*. Disse bruskinner, som er vist i fig. 14, hadde en vekt på 29,76 kg/m og var fremstilt av smijern. Skinnene var understøttet av langsviller, som igjen lå på tverrsviller. De skinnene som brukes nå, *vignolskinne* eller *bredfotskinne*, ligner ikke mye på de gamle bruskinner.

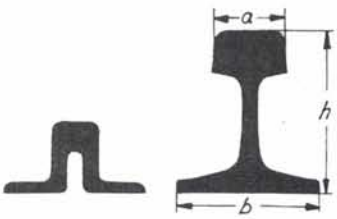


Fig. 14.

På fig. 14 er, i samme målestokk som de gamle bruskinner, vist profil av Statsbanenes hittil største skinne. Den har en vekt på 64,92 kg/m og er brukt i tunneler.

En skinne består av *hode*, *steg* og *fot*. Utformingen av hodet henger nøye sammen med utformingen av hjulringen.

Skinnehodets kjørebane er svakt avrundet for å få best mulig sentrisk belastning på skinnen, i hvert fall når den er ny. Overgangen til hodets sideflater er formet slik at den passer til hjulringprofilet. Sideflatene var på tidligere profiler vertikale, men nå er hodet på alle profiler som nyttes ved NSB formet slik at det er større bredde nedentil. Det eneste unntak er for skinne S 41, hvor hodets sidekanter er vertikale.

Det parti av skinnen som dekkes av lasken, kalles *laskekammeret* Undersiden av hodet og oversiden av foten skal være skrånende for å gi god kilevirkning mellom lask og skinne. Skråningen må være den samme oppe og nede. I skinneendene er det boret hull for laskeboltene. Disse hull *må bores* og ikke lokkes eller brennes, da vi derved risikerer å skade skinnematerialet. I langskinner bores bare det innerste hull. Det er for bruk av hjelpelask til vi får anledning til å skjøtsveise. Hulldiameteren er noe større enn diameteren på bolten for at skinnen ved temperaturendringer skal ha mulighet for lengdeendringer.

Sveisede skjøter vil bli behandlet i et senere avsnitt.

4.2.2. *Skinnemateriale.*

Jern er et metall som i ren tilstand er seigt og smibart. Tilsettes små mengder kullstoff til jernet, er det fremdeles smibart, men jernet er blitt hardere og mer slitesterkt. Dette jernet kalles *smijern*. Med økt kullstoffinnhold økes slitestyrken, men samtidig blir jernet mer sprødt og mindre smibart. Med kullstoffinnhold ca. 1,7% opphører smibarheten, og jernet kalles da *støpejern*.

Kullstoffjern fremstilt i flytende form kalles *stål*. Stålet formes enten ved valsing eller støping. I siste tilfelle får vi *støpestål*.

Når andre stoffer tilsettes, får stålet andre egenskaper enn rent kullstoffstål har. Enkelte stoffer (f.eks. svovel og fosfor) kan følge med stålet som forurensninger. Disse har negativ virkning. Andre stoffer tilsettes for å få bedre kvalitet (f.eks. mangan, krom).

En jernbaneskinne er utsatt for store og vekslende påkjenninger. Vi stiller det krav til en god skinne at den skal tåle påkjenningene til den er utslitt. Skinnen må derfor være motstandsdyktig mot støt og slag, og den må være slitesterk.

Skinnestål må ha en bestemt sammensetning for å tilfredsstille kravene. Mengden av de forskjellige tilsatsstoffer må ligge innen meget snevre grenser for å få det ønskede stål. Selv små avvikelser i mengden av de foreskrevne tilsatsstoffer kan gi store endringer av stålets egenskaper.

I leveringsvilkårene for skinner er derfor foreskrevet mengden av tilsatt kullstoff, mangan, silicium og i spesielle tilfeller krom og dessuten største tillatte mengde fosfor og svovel. På smelteverket tas analyse av hver smelte før skinnene valses. Dette gjøres for å konstatere at stålet har den rette sammensetning.

4.2.3. *Fremstilling av skinner.*

Skinnene fremstilles i valseverk. Fra smelteovnen tappes det flytende stålet i støpeformer, og man får blokker. Blokkene valses ut i emner. Vekten av et emne motsvarer vekten av en eller flere skinner i normallengde. Først blokken og senere emnene føres i glødende tilstand mellom to valser i en valsestol. I disse valser er det uttatt spor, såkalte kalibre, og ved å føre skinneemnet gjennom stadig mindre kalibre, får man til slutt den ferdige skinne. Emnet går vanligvis gjennom 9 eller 11 kalibre før det er en ferdig skinne. Antall ganger avhenger en del av profilets størrelse. Fig. 15 viser blokken på vei gjennom første emnekaliber, fig. 16 viser emnet på vei gjennom siste skinnekaliber.

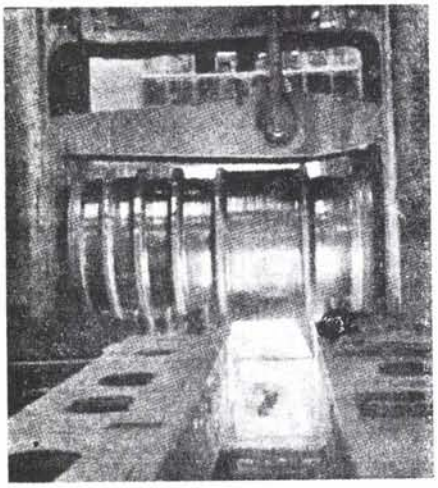


Fig. 15. Blokkvalsing.

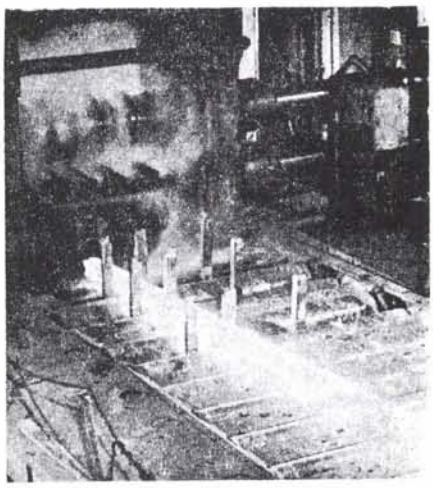


Fig. 16. Ferdigvalsing.

Under valsingen slites sporene i valsene, og profilet av de valsede skinner vil øke litt for hver skinne som valses. Dette kan delvis hindres ved å justere valsene i forhold til hverandre under valsingen. Alle skinneprofilets mål har dessuten tillatte pluss/minus-avvikelser fra normalmålene.

Den ferdigvalsede skinne, *råskinnen*, er lengre enn normalskinnen. Råskinnen kappes i varm tilstand litt lenger enn normalskinnen og forsynes med smeltenummer (smeltens løpenummer). Dette smeltenummer stemples i steget ca. 2 m fra en skinneende.

I *skinnebruddrapporter* skal dette smeltenummer alltid oppgis hvis det kan finnes. Det er nødvendig å vite smeltenummeret dersom vi skal finne tilbake til analysen på bruddskinnen. I mange tilfeller kan analysen gi en pekepinn om årsaken til skinnebruddet.

4.2.4. *Skinnelengder.*

Før 1960 var normalskinnelengden 12 eller 18 m for 35,7 kg's skinne og 15 m for skinne S 49.

Normal skinnelengde er 30 eller 40 m for alle skinner som er kjøpt etter 1960.

Skinneskjøtene i de to skinnestrenger skal ligge mest mulig vinkelrett overfor hverandre. Den største tillatte skjøtskjevhet er 25 mm ved NSB.

Da innerstrengen i en kurve er kortere enn ytterstrengen, må vi bruke kortere skinnelengder i innerstrengen enn i ytterstrengen for at ikke skjøtskjevheten skal bli større enn tillatt.

For *kortskinner* er det også bestemte lengder med 50 mm sprang i forhold til normallengden.

Under dagens forhold med skjøtsveising bortfaller kravet om skjøtretthet. Derfor blir det i begge strenger brukt skinner i normallengder. Skjøtsveising blir behandlet i et senere avsnitt.

I nedenstående tabell er angitt de mest alminnelige skinneprofiler ved NSB. Målene a, b og h finner vi på fig. 14.

Skinnevekt kg/m	Mål i mm			Diameter av boltehull mm.	Innført år	Normallengde m
	a	b	h			
33,4	58	105	134	30	1944	12
35,7	60	110	133	30	1910	12-18
40	60	110	139	30	1969	40
41	67	125	138	33	1944	30-40
49	67	125	149	33	1926	30-40
54	67	125	154	33	1965	30-40
54	70	140	159	33	1960	27
64	74	150	172	33	1961	27

4.3. Skinneskjøten

4.3.1. *Grunnformer.*

Vi kan skille mellom 3 grunnformer for skinneskjøter, *lasket skjøt*, *sveiseskjøt* og *glideskjøt*.

I en *lasket* skjøt (fig. 18, 19 og 20) er skinnene festet til hverandre med lasker og bolter. Forat skinnene skal kunne bevege seg fritt ettersom temperaturen forandres, legges skjøten med en åpning mellom skinneendene. Når det blir varmere, blir skinnene lengere, og skjøtåpningen lukker seg. Tilsvarende åpner skjøten seg når det blir kaldere. Skjøtåpningen kalles derfor ofte *varmerommet*. I overbygningsforskriftene er varmerommets størrelse fastsatt for forskjellige skinnelengder og temperaturer. Blir varmerommet for lite, kan vi få trykkspenninger i varmt vær. Dette kan føre til solslyng. For stort varmerom kan føre til at laskeboltene slites av i kaldt vær.

Størrelsen av største skjøtåpning som kan forekomme i en lasket skjøt, er avpasset etter de varierende normallengder slik at det som regel ikke oppstår temperaturspenninger i skinnen hvis varmerommene er holdt riktig. Med skinnevekter opptil 30 kg pr. m kan største skjøtåpning bli 12-13 mm. 19 mm skjøtåpning kan vi ha både på 35,7 kg og 49 kg spor. Hvis skjøtåpningen måles større enn 19 mm, er det feil ved skjøten. Forutsatt at boringen er riktig, er da enten laskeboltene stuket eller bøyd eller laskehullene er deformert. Skjøten har vært utsatt for store temperaturkrefter fordi varmerommene ikke er holdt i orden.

Lasket skjøt brukes i dag bare på sidebaner og i sidespor. På hovedlinjene sveises skjøtene i størst mulig utstrekning. Som nevnt foran bores nå bare det innerste laskehull på nye skinner. De skal laskeskjøtes bare midlertidig inntil de blir sveist.

I sveiseskjøter er skinnene sveist sammen. Det kan altså ikke foregå noen bevegelse mellom skinnene i skjøten. Ved sammensveising av to eller flere normalskinner vil vi få skinner som er for lange til at de kan forandre lengden fritt med temperaturen, idet vi av praktiske grunner ikke kan tillate skjøtåpninger som er større enn 19 mm. En skinnegang med lange skinner vil derfor som regel stå under spenning, enten trykk eller strekk. Størrelsen av spenningen er avhengig av temperatur og skinnelengde.

I *glideskjøt* er skinnene ikke festet til hverandre (fig. 17). Glideskjøten brukes bare hvor skinnenes lengdeforandring er ekstra stor, og hvor det samtidig er nødvendig at lengdeforandringen kan foregå uhindret. Dette er tilfelle bl.a. ved enden av lange stålbruer hvor skinnegangen er forankret til brubanen, og hvor altså lengdeforandreingen av skinnene følger lengdeforandringen av brua. Ved innlegging av en glideskjøt må vi passe på at den bevegelige del av glideskjøten blir lagt riktig vei, altså i retning mot brua, og ellers mot den del av sporet som skal ha fri lengdeforandring.

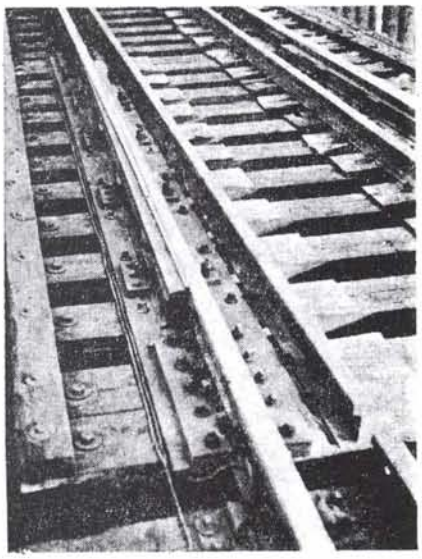


Fig. 17. Glideskjøt.

4.3.2. *Laskeskjøter av forskjellige typer.*

I lasket spor er skinneskjøten det svake punkt, da laskene ikke er like stive som skinnen. I skjøten vil det oppstå slag fra det rullende materiell, noe som gjør at påkjenningene på skinneender, lasker, sviller, befestigelser og ballast blir større enn ellers i sporet. Skjøtene trenger derfor hyppigere vedlikehold enn sporet for øvrig.

Etter måten skjøten er understøttet på, skiller vi mellom *fast skjøt* som ligger direkte over en sville eller en dobbeltsville, og *svevende skjøt* som ligger midt i mellom to sviller.

Den vanligste laskeskjøten i dag er *skjøt med flatlasker på dobbeltsville*, vist på fig. 19.

For lettere skinneprofiler kan svevende skjøt brukes i forbindelse med *vinkellasker* (se nedenfor), men denne skjøten er på vei ut. Nye vinkellasker kjøpes ikke inn lenger.

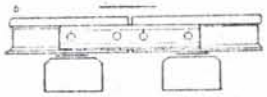


Fig. 18. Svevende skjøt.

Svevende skjøt brukes nå for de tyngre skinneprofiler (S 41 og større) bare som midlertidig skjøt før helsveising på betongsviller. Tidligere forsterket vi den svevende skjøten med en brulask under skinnefoten (Mathée-skjøten) i betongsvillespor.

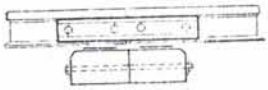


Fig. 19. Skjøt på dobbeltsville.

I svevende skjøter blir skinneendene banket ned i løpet av kort tid. I betongsvillespor kan svillene nærmest skjøten også bli skadet, slik at denne skjøten bare må betraktes som nødløsning før sveising.

Ved NSB brukes nå bare *rettvinklet laskeskjøt*, det vil si at skjøtene i de to skinnestrengene skal ligge vinkelrett overfor hverandre. Den største tillatte *skjøtskjevhet* er *25 mm*.

4.3.3. *Laskeskjøtens konstruksjon.*

Til en laskeskjøt hører 2 lasker og som regel 4 laskebolter med tilhørende muttere og muttersikringer.

Av lasker har vi to hovedformer: *flatlasker* og *vinkellasker* (fig. 20). Begge former blir fremstillet ved valsing. Stålet er som regel noe bløtere enn skinnestål. Da flatlaskens bæreevne er forholdsvis liten, kan den i alminnelighet bare brukes til fast skjøt og til skjøt på dobbeltsviller. Flatlaskens oppgave består altså vesentlig i å binde skinnene sammen i skjøten.

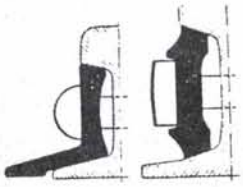


Fig. 20.
Vinkellask og flatlask.

I svevende skjøt er kravet til laskens bæreevne større enn den vanlige flatlasken kan yte. Der brukes i alminnelighet vinkellasker.

Den alminnelige vinkellask ved NSB er vist på fig. 20.

Vinkellasken skal altså både holde skinnene sammen og hjelpe til med å bære belastningen over skjøten. Ved siden av dette har vinkellasken ofte til oppgave å motvirke skinnevandring. På den

alminnelige vinkellasken med spikerfeste er dette ordnet slik at det er gjort innhakk i laskefoten for skinnespikeren. Laskeskjøt med vinkellasker blir derfor vanligvis mere påkjent enn en skjøt med flatlask, og slitasjen er større. Særlig går det ut over selve laskene, som får stor slitasje i anlegget mot laskekammeret.

Laskene skal sitte godt fastkilt i laskekammeret. De må *ikke ligge an mot skinnesteget*. Det må alltid være et visst mellomrom for at vi skal ha full sikkerhet for at laskene har godt anlegg mot over- og undersiden av laskekammeret.

For at mutteren ikke skal løsne, må vi ha muttersikring. Som muttersikring bruker vi nå bare *fjærringer*, enkle fjærringer til de lettere skinnevekter og dobbelte fjærringer til tyngre skinnevekter (fig. 21). De dobbelte fjærringer utføres nå som *høyspente* fjærringer. Høyspent fjærring skal aldri trekkes helt sammen. Den skal gape litt så den har anledning til å fjære begge veier. Foruten fjærringer finnes det ennå fra tidligere av enkelte andre typer av muttersikringer i sporet.

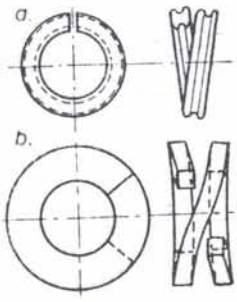


Fig. 21. Fjærringer.

Når to forskjellige skinneprofiler skal skjøtes sammen, kan vi bruke *overgangslasker* (fig. 22). En overgangslask fremstilles enklest ved å sveise sammen 2 halve lasker fra hvert profil. De tildannes slik at kjørebanen og flenssiden på skinnene flukter. For skjøting av de to skinnestrenger får vi derved 4 forskjellige overgangslasker, som hver passer bare på en bestemt plass i skjøten. Hvis vi har flere sett overgangslasker på lager, bør vi derfor bunte sammen hvert sett.

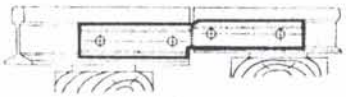


Fig. 22. Overgangslask.

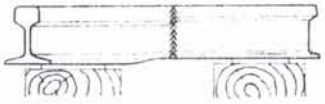


Fig. 23. Overgangsskinne.

Det følger gjerne en del vedlikehold med slike overgangslasker, og laskebrudd forekommer relativt ofte. Bedre er det å sveise en *overgangsskjøt*, særlig når skjøten er mere permanent. En skinnestump ca. 2 m lang av det ene skinneprofilet sveises sammen med en skinne av det andre profilet. Vi får da en overgangsskinne som kan skjøtes i begge ender med normale lasker (fig. 23).

4.3.4. *Skinneforbindere, isolerte skinneskjøter.*

På baner med elektrisk drift leder skinnestrengene returstrømmen fra kontaktledningen, og på strekninger med elektriske sikringsanlegg brukes de til å lede signalstrømmen. For å sikre god, ledende forbindelse over en laskeskjøt må vi sette *skinneforbindere* over skjøten. I fig. 24 er vist 2 typer skinneforbindere. Den ene er festet til skinnen ved hjelp av koniske plugger som slås inn i hull i skinnesteget utenfor lasken. Den andre er loddet med elektrisk pinneloddning til utsiden av skinneholdet på hver side av skinneendene. Bare pinnelodding er tillatt som sveisemetode for påsveising eller pålodding av skinneforbindere. Loddetemperaturen ved denne metode ligger under skinnestålets herdetemperatur.

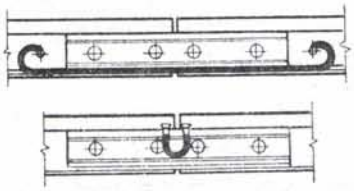


Fig. 24. Skinneforbindere.

På enkelte steder i sporet er det nødvendig å hindre sporstrømmen eller signalstrømmen i å passere over en skjøt. Vi legger da inn en *isolert skinneskjøt*. I slike isolerte skinneskjøter er et isolerende mellomlegg lagt i skjøtåpningen, og dessuten er såvel lasker som laskebolter isolert (fig.24 og 25).

Til isolerte skjøter i lasket spor har det vært alminnelig å bruke særskilte lasker - *Permali* - av presset bøk eller glassfiber som i seg selv er isolerende. Permali-skjøten betinger fast skjøt, dvs. dobbeltsville under skjøten, og den kan bare legges i lasket spor. Permali-skjøten lagerføres i dag bare for 35,7 kg's skinner.

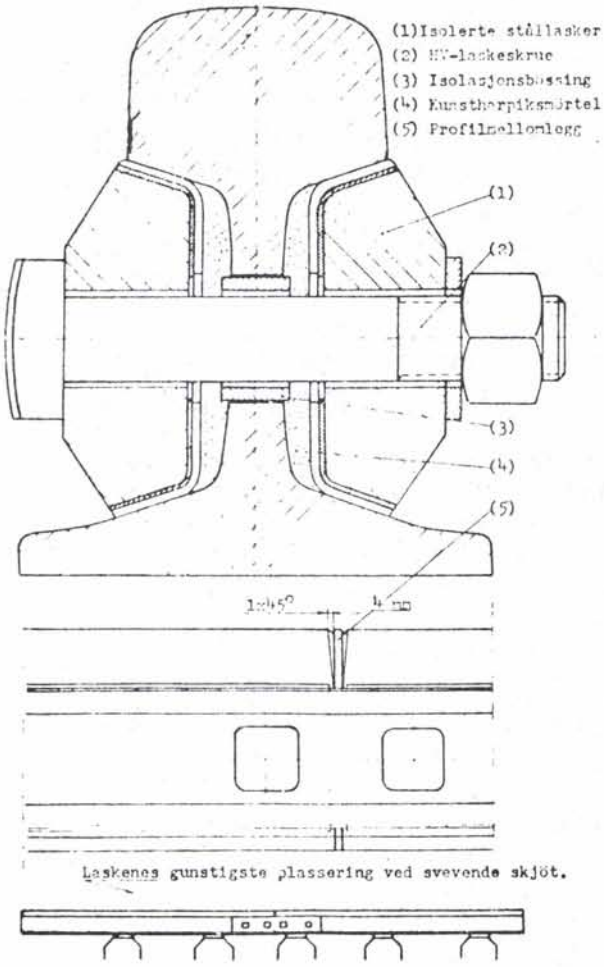


Fig. 25. Isolert skinneskjøt.

Isolerte skjøter i helsveiset spor, sporveksler og også i lasket spor monteres nå med isolerte stållasker som limes og boltes til laskekammeret. I lasket spor kan disse også monteres uten lim. Til isolerte skinneskjøter m/stållasker brukes spesialbolter som skal tilskrus med stort moment, 100 kgm.

Isolerte skinneskjøter med stållasker leveres enten som prefabrikerte skjøter fra Skinnesmia i ca. 4 m skinnelengder for innsveising i spor, system "Schmitz", eller de leveres som løse komponenter for liming og montering direkte i spor, type "Elektro-Thermit".

4.4. Skinnefestet

4.4.1. *Grunnlaget for de forskjellige former for skinnefeste.*

Med skinnefestet forstår vi de festemidler som er nødvendige for å feste skinnen til svillene. Underlagsplater anvendes ikke alltid, men inngår som et fast ledd i de fleste typer skinnefeste som brukes ved NSB. Det viktigste unntaket er Pandrolfestet for betongsviller.

Skinnen kan festes til svillene på mange ulike måter og med mange forskjellige midler. De forskjellige konstruksjoner som brukes, kan grovt deles i to hovedgrupper: *direkte feste* og *indirekte feste* som også er kalt *atskilt* feste.

Med *direkte feste* fester vi skinnen direkte til svillen, f.eks. ved hjelp av skinnespiker (fig. 26). Hvis det brukes underlagslagsplate, holdes den på plass med de samme festemidler som brukes til å feste skinnen.

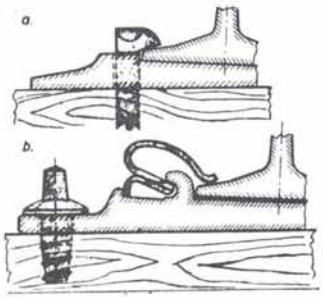


Fig. 26. Direkte og indirekte feste.

Med *indirekte feste* fester vi først platen til svillen med et eget sett festemidler, og deretter fester vi skinnen til underlagsplaten ved andre festemidler. I feste med klemfjær blir således skinnen festet til underlagsplaten ved hjelp av 2 klemfjærer, og platen festet til svillen ved hjelp av svilleskruer eller gjennomgående bolt som vist på fig. 26.b.

Til indirekte feste er det alltid nødvendig å ha underlagsplate, mens den kan sløyfes i festekonstruksjoner med direkte feste. Men det er flere fordeler ved å bruke underlagsplater også i direkte feste.

Skinnefeste av enklest mulige form på tresviller, med skinnen lagt direkte på svillene uten underlagsplater og festet på vanlig måte med 2 skinnespiker på innsiden og 1 spiker på utsiden av skinnefoten, er dårlig egnet til å motvirke sporutvidelser i kurver. Det er jo bare en skinnespiker som kan oppta sidekraften utover, nemlig den som sitter på utsiden av skinnen. Ved å legge inn underlagsplate vil vi oppnå at alle skinnespikre i hver plate vil arbeide sammen for å holde sporet på plass. Det er derfor fordelaktig å legge inn underlagsplater i spor med skarpe kurver.

Underlagsplaten skal også fordele trykket på svillen så det ikke blir større enn svillen tåler. Underlagsplaten må derfor være tilstrekkelig stor. Likevel ser vi ofte at selv store underlagsplater skjærer seg ned i furusviller. Årsaken er da vanligvis at platen ikke er satt godt nok fast. Hvis det er den minste slark mellom underlagsplate og sville, vil underlagsplaten etter hvert gnisse seg ned i veden selv om platen ellers er stor nok av hensyn til flatetrykket. Er platen først begynt å ete seg ned, blir det vannansamling under platen og så har vi straks et lite tresliperi gående ved hver slik plate.

Betongsviller tåler et mye større flatetrykk enn tresvillen, slik at det av den grunn ikke er nødvendig med underlagsplate. De innstøpte

festeskuldrene for Pandrolfjæren sikrer mot sporutvidelse. Pandrol-festet for betongsviller er et *direkte* feste.

Under belastningen av toget vil skinnene bøye seg ned mellom to nabosviller. Selv om nedbøyningen er liten, i alminnelighet bare en brøkdel av en millimeter, er den likevel stor nok til at skinnene vil ri på kanten av underlagsplaten. Teoretisk sett bør derfor underlagsplaten være smal for at belastningen skal komme mest mulig på midten av svillen. Men dette krav er vanskelig å holde, for da vil platen bli for liten når vi tar hensyn til flatetrykket.

Når skinnen hviler på platekanten, blir det store påkjenninger på festemidlene. For hvert hjul som passerer vil skinnen virke som en brekkstang på skinnespikrene, svilleskruene eller hva man nå bruker som festemiddel, og vil prøve å trekke disse opp av svillen. Vi merker dette best i spor med skinnespiker. Selv om skinnespikeren er slått helt ned til skinnefoten, vil det alltid være en liten glippe når første tog er gått over. Og så er underlagsplaten løs, og grunnlaget er lagt til at platen kan gnisse seg ned i svillen.

Vi får et kraftigere feste når vi bruker svilleskruer eller gjennomgående bolt i stedet for skinnespiker, men også disse festemidler vil bli løse før eller siden når de brukes til direkte feste.

Det vi hittil har nevnt, er eksempler på direkte skinnefeste med kompakte festemidler uten fjæring. Vi kan fastslå at slikt skinnefeste ikke tåler store belastninger uten at det blir slark i skinnefestet. Bedre er det heller ikke med indirekte feste som er kompakt, uten fjæring av noen art. Det vil også snart bli slarket. Et eksempel på det har vi i feste med klemkiler (fig. 33).

Et skinnefeste må være elastisk hvis det skal kunne motstå store påkjenninger uten at det oppstår slark i festet. Et slikt elastisk skinnefeste har vi eksempelvis i feste med klemfjær (fig. 35).

I et elastisk skinnefeste vil påkjenningene bli dempet på grunn av fjæringen i festemidlene, og skinnefestet vil ikke bli utsatt for de voldsomme rykk som oppstår i et kompakt skinnefeste. Hvis festet for øvrig er sterkt nok, vil den fjærende del av festemidlene gi litt etter under påkjenningen og gå tilbake igjen til utgangsstillingen når påkjenningen er over. Med et slikt skinnefeste, riktig konstruert, har vi muligheter for å unngå at skinnefestet etter hvert blir slarket.

Et godt skinnefeste skal motvirke skinnevandring. Da må festet også være elastisk. Elastisk mellomlegg mellom skinne og underlagsplate øker friksjonen og bedrer mulighetene for å holde skinnene på plass lengdeveis. Slik mellomleggsplate kan bare brukes i et feste som ikke tillater slark mellom skinne og underlagsplate.

Som mellomlegg i tresvillespor ble det tidligere brukt en plate av asfaltimpregnert papp. Denne ble fort utslitt, slik at vi nå har gått over til en 2 mm tykk gummiplate. På betongsviller med Pandrolfeste er mellomleggsplatene 5 mm tykke og består av gummi eller plast.

Et skinnefeste som holder skinnen godt fast til platen under alle forhold, vil gi en skinnegang som er stiv sideveis. Skinner og sviller vil bli bundet fast sammen som en stige. Dette er særlig av betydning i spor med lange skinner, hvor det kan oppstå store krefter i skinnene. Hvis sporet da ikke er stivt, vil det lett bli solslyng.

Vi kan altså stille opp følgende krav til et godt skinnefeste:

1. Skinnen skal holdes sikkert på plass både i tverretning og i lengderetning og må være sikret mot velting.

2. Skinnefestet må være motstandsdyktig mot slitasje. Det må ikke oppstå slark mellom festets enkelte deler og heller ikke mellom festet og skinnen og mellom festet og svillen.

3. Skinnefestet skal feste skinner og sviller så godt sammen at det dannes en stiv konstruksjon som kan oppta de krefter som virker på sporet, uten at sporleiet forandres.

Et skinnefeste som skal tilfredsstille alle disse krav, må være elastisk.

4.4.2. *Beskrivelse av forskjellige former for skinnefeste.*

Spikerfeste.

Spikerfestet er et direkte feste, og er det enkleste skinnefeste vi har. Det brukes til følgende skinnevekter: 20,5 kg, 25 kg, 30 kg, 33,4 kg og 35,7 kg pr. m.

For skinneprofiler opp til 30 kg er anvendt enkeltskuldrede underlagsplater. Til disse profiler må vi ha særskilte *skjøtplater* av hensyn til vinkellaskene. De andre plater kalles *mellomplater* (fig. 27).

For skinneprofilene 33,4 og 35,7 kg bruker vi dobbeltskuldrede underlagsplater (fig. 27). Særskilte skjøtplater er ikke nødvendig for skjøt med flatlask.

Normalt er skinnen festet ved hver plate med 3 skinnespiker som griper over skinnefoten, 2 skinnespiker på innsiden av skinnen for å sikre skinnen mot velting og 1 på utsiden. På skjøt med vinkellask griper skinnespikeren over laskefoten. For å motvirke skinnevandring sitter 2 av skinnespikrene i et innhakk i vinkellasken, en på hver side av skinnen.

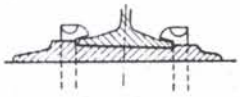


Fig. 27.
Spikerfeste.

Foruten de vanlige 3-hulls plater finnes også en 6-hulls spikerplate for 35 kg overbygning. De 3 ekstra spiker griper ikke over skinnefoten, men tjener som ekstra forankring for å sikre sporet mot utkjøring.

Den alminnelige skinnespiker er vist på fig. 28. Lengden av

skinnespikeren varierer fra 130 til 150 mm for de forskjellige skinnevekter. Til skoring brukes ekstra lange skinnespiker.

Skinnespikeren må være jevnt tykk i hele skaftets lengde. Er skaftet konisk, vil holdet i svillen glippe meget snart. Spissen skal være så skarp at den skjærer ned i veden.

Spikerfestet er et lettvint skinnefeste som det er enkelt å arbeide med. Særlig har dette betydning på strekninger med telehiving, der det må legges inn skorer. Men ellers er festet ufullkomment som skinnefeste betraktet. Det kan ikke oppta skinnevandring, og det er slarket. Spikerplaten har derfor særlig lett for å ete seg ned i svillen.

Skruefeste.

Skinnefeste med svilleskruer er vist på fig. 29. Prinsippet er det samme som for spikerfeste. Det er altså et direkte feste. Det brukes ved 41 kg overbygning på Nordlandsbanen.

På fig. 29 er også vist et skruefeste uten underlagsplate, som brukes i enkelte tunneler der skinnene er utsatt for sterk tæring i foten når de ligger på underlagsplate. Underlagsplaten er der erstattet med en kloss av harved, festet til svillen.

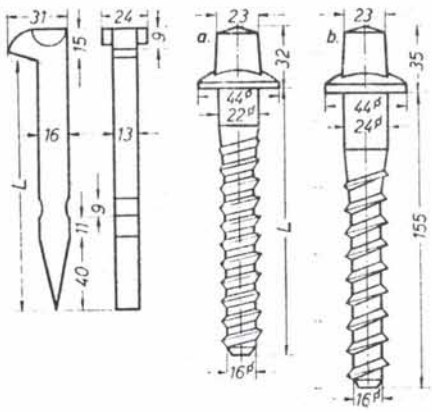


Fig. 28.
Skinnespiker og svilleskruer.

Det er vist to typer av svilleskruer på fig. 28 . Den til venstre er for tresviller, mens svilleskruen til høyre bare må brukes på betongsviller. De kan altså ikke brukes om hverandre.

For svilleskruer må det bores hull i svillen før skruen settes ned. Det er foreskrevet 15 mm diameter på hullet. Bores det større, vil svilleskruen få dårlig hold i svillen. *En svilleskrue må ikke slås ned,* da vil også skruen få dårlig hold fordi trefibrene omkring hullet vil bli ødelagt.

Riktig utført skruefeste er kraftigere enn spikerfestet, men i det lange løp har det noe av de samme svakheter som spikerfestet. Det blir slarket, og vi får ulemper med nedsliting av platen i svillen. Vi kan heller ikke regne med at skruefestet kan hindre skinnevandring.

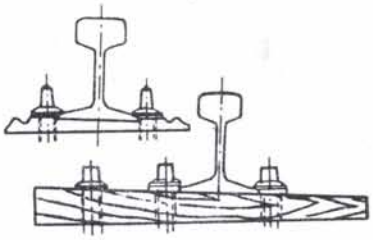


Fig. 29. Skruefeste.

Feste med hakebolt og klomutter.

Dette feste er også et direkte feste. Det er kraftig, men blir slarket og kan ikke motvirke skinnevandring. Skinnefestet er nå bare i bruk på enkelte gamle skinneprofiler, bl.a. i 40 kg overbygning. Det er vist på fig. 30.

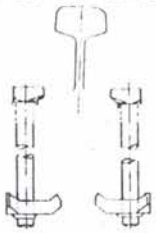


Fig. 30. Feste med hakebolt.

Feste med fjærspiker.

Feste med fjærspiker er et direkte feste. Fjærspiker fremstilles av rundt eller firkantet fjærstål. Den er altså elastisk. Av fjærspiker finnes det et stort antall typer som kan være av høyst forskjellig fasong og er beregnet brukt både med og uten underlagsplate. På fig. 31 er vist en type underlagsplate som nå brukes. Den finnes i to utførelser. Den ene er vist på tegningen, mens den annen er beregnet for bruk i spikerplater som har hullene tett inntil skinnefoten.

En fjærspiker må ha godt hold i svillen. Hvis den er riktig nedslått, vil den da øve et fjærende trykk mot skinnefoten. Da vil underlagsplaten ligge fast, og den vil ikke slite seg like raskt ned i svillen som ved det alminnelige spikerfeste. Sporet blir stivere og skinnevandring motvirkes bedre.

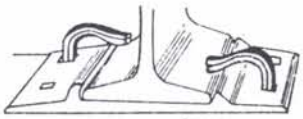


Fig. 31. Feste med fjærspiker.

Svillen må bores på forhånd med den bestemte størrelse på hullet som er angitt for den type fjærspiker som skal brukes. En fjærspiker må slås ned akkurat så dypt som det er foreskrevet og ikke på slump, hvis den skal virke som forutsatt. Slår man fjærspikeren for lite ned, blir det fjærende trykket mot skinnefoten for svakt, og slår man den for dypt, kan den bli deformert og uvirksom som fjærspiker. Det må derfor vises stor aktsomhet ved nedslåing av fjærspiker, helst bør det brukes mal for å slå den ned i riktig dybde.

I en del tunneler der det ligger bøkesviller uten underlagsplate, brukes dobbelt galvanisert fjærspiker (fig. 32). Bøkesvillen er i partiet ved skinnefoten utfrest i skråning 1:20.

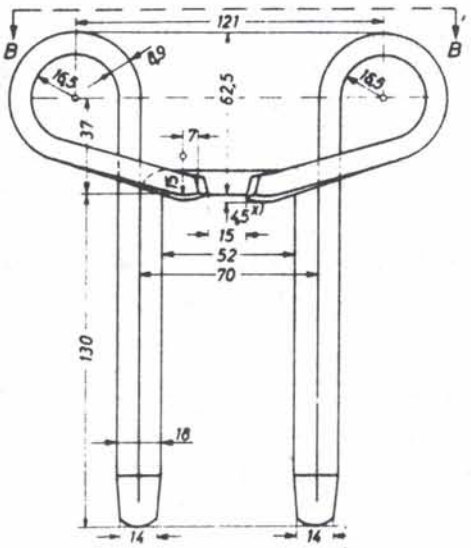


Fig. 32.

Feste med hakeplate.

Dette skinnefeste er en kombinasjon av direkte og indirekte feste. Det blir fort slark i festet, og det kan ikke oppta skinnevandring. Skinnefestet ble brukt til 41 kg overbygning for Østfoldbanen og lages ikke lenger. Det er vist på fig. 33.

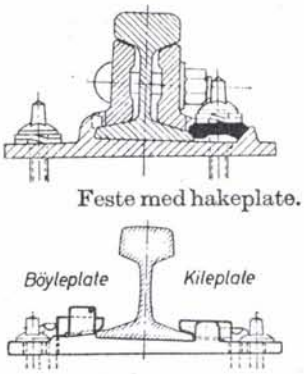


Fig. 33.Feste med hakeplate, kile- og bøyleplate.

Feste med klemkiler.

Feste med klemkiler er et indirekte feste som finnes i to utførelser ved NSB, den ene i forbindelse med *kileplate* og den annen med *bøyleplate* (fig. 33).

Kileplaten kom først. Den ble senere avløst av bøyleplaten som er lagt inn på en rekke linjer med 35 og 40 kg overbygning.

Underlagsplatene festes oftest til svillen med 4 svilleskruer, men det finnes også en utførelse beregnet på feste med skinnespiker. Det er fordelaktig å legge inn en fjærring under hver svilleskrue. En innslått skinnespiker bak kilen hindrer den i å gli ut av bøylen eller sporet i platen.

Kilefestet er et kraftig skinnefeste, men det har den svakhet at det er absolutt kompakt så påkjenningene blir store på festets enkelte deler. Særlig går det ut over kilen som har lett for å løsne med det resultat at festet blir slarket.

Når bøyleplaten brukes i helsveist spor, er kilen byttet ut med en fjær, type Deenick. For å få denne fjæren inn eller ut av bøylen kreves spesialverktøy.

Deenick-fjæren skal trykke på skinnefoten med ca. 600 kg. For å øke fjæroppspennet og friksjonen legges en 2 mm tykk gummiplate mellom underlagsplate og skinnefot. For at dette skinnefeste skal fylle de krav som stilles, er det viktig at fjæren skyves passe langt inn i bøylen (fig. 34).

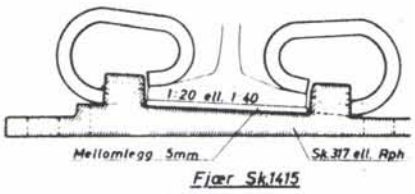


Fig. 34. Deenick skinnefeste.

Feste med klemfjær "Hey-Back".

Dette skinnefeste ble tatt i bruk ved NSB i 1950. Det er et indirekte feste med elastiske klemfjærer som klemmer over skinnefoten med ca. 500 kg. Underlagsplaten (Hey-Back-platen) festes til svillen enten med svilleskruer (fig. 35) eller med gjennomgående bolt.

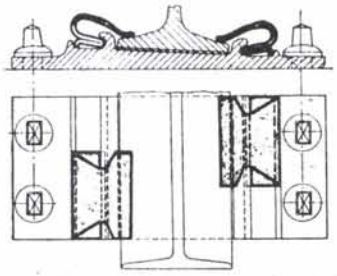


Fig. 35. Hey-Back skinnefeste.

Da festet er elastisk, blir påkjenningene på de enkelte deler av skinnefestet moderate. Festet synes å fylle mange av de krav som stilles til et godt skinnefeste på tresviller. Det oppstår lite slark mellom festets enkelte deler og mellom platen og svillen. Skinnegangen blir stiv, og festet motvirker skinnevandring. Dette skinnefeste brukes i 35,7 og 49 kg overbygning.

For betongsviller er underlagsplaten gitt en egen form. Den er jevntykk fordi betongsvillens overflate skråner 1:20 (fig. 36). Dessuten er platen smalere enn normalt for tresviller, og det brukes

bare 2 svilleskruer.

For feste av disse underlagsplater brukes en egen type svilleskruer. Svilleskruen er 2 mm tykkere i halsen enn normale svilleskruer og har dessuten en annen form på gjengene (fig. 28). Den kan bare brukes til feste på betongsviller. Det brukes også en egen type klemfjær på betongsviller. Den er noe kraftigere enn den vanlige type for tresviller. Svilleskruene ble skrudd ned i en innstøpt bøkedømling. Etter en tid ble dømlingen i skarpe kurver knust av sidekreftene, og noen av skruene brakk nede i dømlingen. Hey-Back er ikke anvendt på betongsviller siden 1966.

Pandrol skinnefeste.

Siden 1966 er Pandrol det eneste skinnefeste som brukes på betongsviller hos oss. Festet består av:

2 stk. festebøyler
1 " mellomleggsplate av gummi eller plast
2 " nylonisolatorer
2 " Pandrolfjærer

Festebøylene er innstøpt i betongsvillen i en parvis innbyrdes avstand (136 mm for 49 kgs skinner), som gir plass for skinnefot og en nylonisolator mot hver bøyle.

Mellomleggsplaten av gummi eller plast legges mellom skinnefot og betongsville. Platene er 5 mm tykke.

Pandrolfjærene drives inn i bøylen og trykker via nylonisolatoren på skinnefoten med ca. 700-800 kg.

Festet krever stor nøyaktighet ved montering, ellers brekkes nylonisolatorene i stykker. Gummi/plastplaten og nylonisolatorene er nødvendige på grunn av de strømmer som går i skinnestrengene. Uten denne isolasjon ville bl.a. signalstrømmen bli kortsluttet og signalene gå i stopp.

Mellomleggsplatene har også som oppgave å øke friksjon og fjæroppspennet.

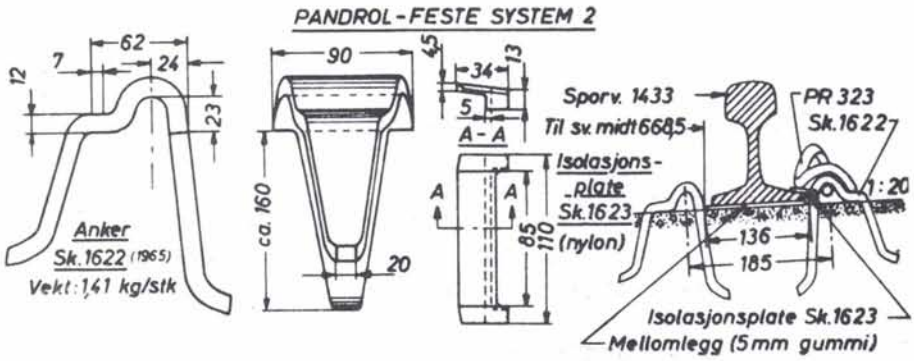


Fig. 36. Pandrol skinnefeste.

4.4.3. *Hjelpekonstruksjoner til forsterkning av skinnefestet.*

Når skinnefestet er for svakt til å motvirke utkjøring av sporet, må det innlegges *strekkbolter* (fig. 37) eller *kloanker* (fig. 38).

Strekkboltene holder begge skinnestrengene sammen, mens kloanker bare holder den ene skinnestreng. I skarpe kurver kan det da bli nødvendig å sette kloanker både på ytre og indre skinnestreng av hensyn til spissgangen.

I spor som er isolert av hensyn til elektrisk sikringsanlegg, må også strekkboltene isoleres. Strekkbolter er i veien når det skal arbeides i sporet. De må fjernes midlertidig når det skal pakkes med skinnegående svillepakkmaskin. Det er bare ved skoring at vi ikke kommer utenom bruk av strekkbolter. Her kan vi ikke bruke kloanker, men ellers er kloanker i de fleste tilfeller mere fordelaktig.

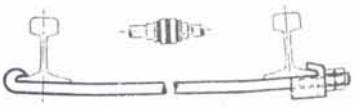


Fig. 37. Strekkbolt.

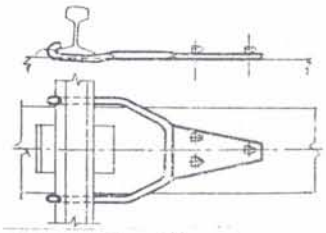


Fig. 38. Kloanker.

Når skinnefestet ikke er tilstrekkelig sterkt til å motvirke skinnevandring, legges *skinnestoppere*.
På fig. 39 er vist to av de vanligste skinnestoppere. Skinnestoppere som festes med bolt og mutter må etterses hyppig, idet mutteren ofte løsner hvis det ikke er innlagt fjærring under mutteren. Skinnestoppere utført i ett stykke av fjærstål løsner som regel ikke når de først er satt fast. Men alle skinnestoppere må etterses fra tid til annen om de ligger an mot svillen. Gjør de ikke det, har de ingen virkning mot skinnevandring.

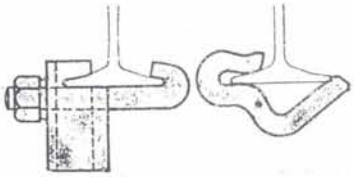


Fig. 39. Skinnestoppere.

Skinnestoppere motvirker skinnevandring bare i en retning. Er det tendens til skinnevandring begge veier, må det settes skinnestoppere på begge sider av svillene. Skinnestoppere skal plasseres *ved midten av skinnen* i det antall som er nødvendig, ikke ut mot skinneenden fordi skinnestopperen her snart mister kontakten med svillen under skinnens bevegelse på grunn av temperaturendringer.

4.5. Sviller

4.5.1. *Svillens oppgave.*

Svillene skal overføre belastningen fra skinnene til ballasten. De har dessuten til oppgave å holde skinnestrengene i riktig avstand.

Når vi skal bestemme svillestørrelse og svilleavstand, må vi ta hensyn til bæreevnen både for skinner, sviller og ballast hvis hele overbygningen skal virke sammen som en enhet.

Svilleavstanden må ikke være større enn at skinnene får den nødvendige bæreevne for det akseltrykk som er forutsatt. Størrelsen av svillene må bestemmes slik at svillene tåler den belastning som de blir utsatt for uten å brekke. På tresviller må dessuten øvre skurflate være tilstrekkelig bred for underlagsplatene. Skurflaten under må være så stor at svillene ikke blir presset ned i ballasten.

På betongsviller uten underlagsplate må oversiden være bred nok til å fordele trykket fra skinnen til betongen, og undersiden må oppfylle det samme kravet som undersiden av tresvillene.

Sporet holder justeringen best når alle sviller i sporet blir belastet like mye. Bortsett fra skjøtene og sporvekslene der påkjenningen på sporet i alminnelighet er størst, skal derfor svillene ligge i samme avstand i sporet. I nærheten av skjøtene er svilleavstanden mindre enn ellers i sporet. Ujevn svilleavstand eller ujevn størrelse av svillene på andre steder i sporet vil før eller senere føre til økt vedlikehold.

Ved NSB har vi hittil brukt sviller bare av tre og betong. Planmessig legging av betongsviller tok til i 1957.

4.5.2. *Tresviller.*

Som materiale i tresviller ved NSB brukes det mest furu, men også litt bøk. Under krigen 1940-45 ble det lagt gransviller, men de råtnet hurtig. Det har hittil ikke vært mulig å impregnere granvirke ved hjelp av de vanlige impregneringsmetoder. Vi legger nå bare impregnerte tresviller.

Svilletømmeret skal være rettvokst og mest mulig fritt for stor kvist. Det beste svillemateriale av furu får vi fra skogen i fjellbygdene.

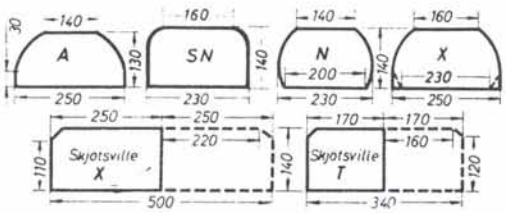


Fig. 40. De mest alminnelige svilletyper.

De mest alminnelige svilletyper for tresviller i normalspor ved NSB er vist på fig.40 . For alle svilletyper er lengden fastsatt til 2,5 m. De særskilte typer av *skjøtsviller* er beregnet på dobbeltsvilleskjøten, idet to skjøtsviller boltes sammen til en dobbeltsville. Under svevende skjøt anvendes vanlige *mellomsviller.*

Svilledelingen er avstanden mellom de enkelte sviller på skinnelengden. Svilledelingen fastsettes av

Hovedadministrasjonen. Bestemmelser for normal svilledeling for de forskjellige skinnevekter finnes i overbygningsforskriftene.

Til sporveksler må vi ha lengre sviller enn i sporet for øvrig. Lengden av *sporvekselsvillene* er forskjellig etter svillens plass i sporvekselen, med 10 cm sprang opp til 8,3 m som største lengde. Tidligere ble det i sporveksler brukt sviller av samme type som ellers i sporet. Nå leveres det bare X-sviller.

På større stålbruer anvendes særskilte *brusviller*, 23 x 23 cm (9" x 9").

4.5.3. *Impregnering av tresviller.*

Impregnering av tresviller utføres nå bare ved private impregneringsverk.

Oljen i impregnert trevirke vil etter hvert herdne under påvirkning av luften, og virket blir da fastere. Impregnerte sviller bør derfor helst lagres ett år før de legges i spor. De må da stables forholdsvis tett og ikke tørkestables, ellers risikerer man at veden sprekker.

Når impregnert trevirke blir utsatt for vann, vil impregneringsoljen litt etter litt bli vasket ut av veden. Under denne utvaskingsprosess vil impregneringsoljen i svillen trenges ned mot undersiden. Når vi foretar skarving av en impregnert sville som har ligget i sporet en del år, må vi være forberedt på at vi kommer inn på virke som er forholdsvis fattig på impregneringsolje. Den avskarvede flate bør derfor strykes over med påstrykningskreosot. Det samme bør vi alltid gjøre med snittflaten på kappet impregnert trevirke. Boring av sviller bør foregå før impregneringen. Hvis vi må bore etter impregneringen, bør borehullene fylles med kreosotolje eller påstrykningskreosot. Oljen bør om mulig stå i hullene i 12 timer så den trekker godt inn i veden. I det minste må vi stryke hullet med en tynn kost dyppet i kreosot.

Skade på impregnerte sviller hva enten den skyldes sprekk eller er påført svillene under arbeidet, vil gi årsak til hurtigere utvasking av impregneringsoljen. Ved behandling av sviller må vi derfor være forsiktig så vi ikke skader dem unødig.

4.5.4. *Levealderen for tresviller.*

For å få greie på levealderen av tresviller i spor ble det inntil 1968 slått inn årstallspiker i alle nylagte sviller (fig. 41). På grunnlag av disse årstallspiker kunne vi finne den gjennomsnittlige levealder for de utskiftede sviller. I 1961 var den ca. 26½ år, for impregnerte og ca. 13 år for uimpregnerte furusviller. Vi oppnår således en vesentlig forlengelse av levealderen ved hjelp av impregnering, som betaler seg godt.

Fig. 41. Årstallspiker.

Av svillestatistikken går det frem at ca. 60% av svillebyttingen skyldes råte og ca. 40% skyldes sprekk og slitasje fra underlagsplatene. Da råte skyldes utvasking av impregneringsoljen, må vi vente at svillene vil holde lenger når de ligger i ballast som hurtig gir slipp på vannet. De vil altså holde lengst i god og ren pukkballast. Ballastens kvalitet har mye å si for levealderen av svillene. Vi bør kunne

regne med at en impregnert furusville som ligger i god ballast og som ikke blir skadd, kan få en levealder av minst 25 år.

Sprukne og plateslitte sviller har en stor andel i at den gjennomsnittlige levealder for tiden ikke er større enn den er. Ethvert rimelig tiltak som kan senke antall sviller som må skiftes ut av disse årsaker, vil bidra til å heve den gjennomsnittlige levealder og bedre økonomien.

4.5.5. *Betongsviller.*

En sville som blir belastet med vekten av toget, vil bøye seg mer eller mindre. Under denne bøyning vil materialet på oversiden bli trykket litt sammen, mens undersiden blir strukket. Det omvendte vil skje hvis for eksempel en telekul skyter opp midt under svillen, da vil oversiden få strekk og undersiden trykk.

Tre har den egenskap at det tåler en viss grad av bøyning uten at materialet brister. Betong er svakt overfor strekk, men meget motstandsdyktig mot trykk. I alminnelighet må vi derfor forsterke betongen ved å legge inn en armering av stål. Vi får en konstruksjon som er bedre egnet til å oppta strekk. Den kalles *armert betong*.

Hvis vi ved hjelp av armeringen kan få bygget inn et kunstig trykk i betongen, vil betongen bli enda bedre skikket til å tåle påkjenninger som oppstår under bøyning. Dette kan gjøres på flere måter, men alltid ved å strekke eller spenne armeringen. Slik betong kalles *spennbetong*.

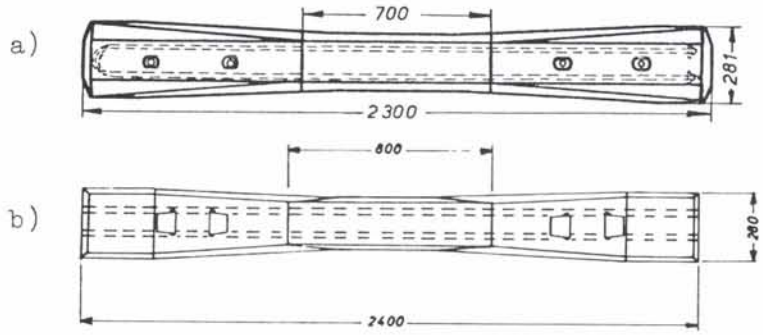


Fig. 42. Etterspent (a) og forspent (b) betongsville.

Vi bruker spennbetongsviller av den type som er vist på fig. 42. Svillene leveres av norske fabrikker, og fremstillingen kontrolleres av NSB. På fig. 43 er gjengitt et bilde av svillelager.

Spennbetongsvillen er 2,4 m lang og er altså 10 cm kortere enn normalt for tresviller. Svillens virksomme bæreflate mot ballasten blir derved noe mindre enn for X-svillen. Til gjengjeld er spennbetongsvillen meget stivere og vil overføre trykket på ballasten jevnere enn tresvillene.

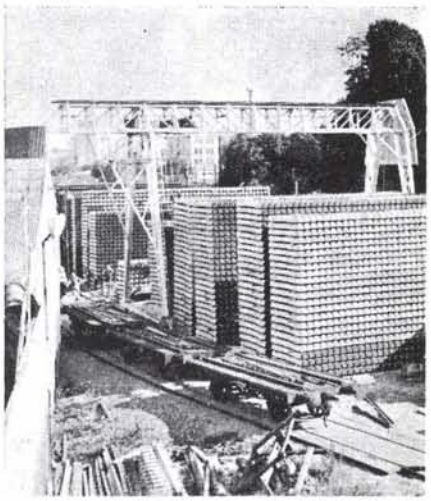


Fig. 43. Lager av betongsviller.

Det svakeste parti av spennbetongsvillen er svillemidten. Hvis svillen skulle bli opplagret på midten, er det fare for at det kan oppstå sprekk i betongen. Betongsviller må derfor ikke legges inn i spor som er telehivende. Heller ikke må det pakkes under svillens midtparti.

Alle spennbetongsviller er laget for samme sporbredde.

Den valgte svilletype veier ca. 235 kg. Til sammenligning må nevnes at en X-sville veier ca. 57 kg uten underlagsplate og ca. 77 kg med underlagsplater for 49 kgs spor. Spennbetongsvillen er så tung at det må brukes særskilt utstyr til å håndtere den.

Spor på betongsviller vil bli adskillig tyngre enn spor på vanlige tresviller og vil derfor yte større sikkerhet mot solslyng. De er altså særlig fordelaktige i spor med lange skinner.

I en viss grad vil vi få betongsviller også for sporveksler. Deretter vil det være aktuelt med tresviller bare på bruer uten gjennomgående ballast.

4.6. Ballast

4.6.1. *Hvilke krav som stilles til ballasten.*

Ballasten er fundamentet eller bærelaget for sporet. Som ethvert annet fundament må også dette fundamentet være i stand til å ta den belastning som forekommer, uten at verken fundamentet eller grunnen under fundamentet svikter. Ballastmaterialet må da være solid, og dessuten må tykkelsen av ballastlaget under svillene være så stor at trykket på undergrunnen blir godt fordelt og ikke større enn undergrunnen tåler uten å gi etter, altså slik som vist på fig.44a og ikke som på fig.44b. Når toget passerer, blir ballasten utsatt for trykket fra svillene. Forutsatt at ballastlaget har den nødvendige tykkelse, gjelder det å unngå at det blir setning i selve ballasten. Da må den ikke gi etter for belastningen. For at dette ikke skal skje, må det være tilstrekkelig friksjon mellom kornene. Vi ser da foreløpig bort fra den elastiske sammentrykning av ballasten som vi skal komme nærmere inn på om litt.

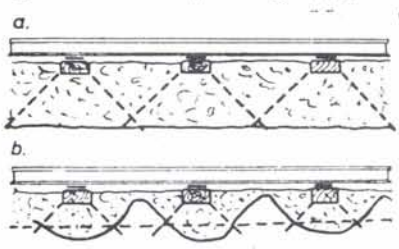


Fig. 44. Ballastlaget må være tilstrekkelig tykt.

For det første må ballastkornene være skarpkantet og av et slitesterkt materiale. For det annet må de ligge tett sammen for at bæreevnen skal bli så stor som mulig. Derfor pakker vi ballasten under svillene. Det er viktig at det også er god friksjon mellom ballast og sviller for at sporet skal holde seg på riktig plass. Rundsingel er vanligvis ikke god som ballast, da friksjonen i slikt ballastmateriale er for liten hvis steinene er glatte.

Når ballasten er vannholdig, mister den en god del av sin bæreevne. *Ballasten skal være tørr.* Dette er meget viktig også av en annen grunn, idet en tørr ballast gir bedre isolasjon mot frost og tele i linjen.

Nå kan vi ikke hindre at det kommer vann i ballasten under regnvær eller når snøen tiner. Det gjelder bare å sørge for at vannet ikke blir stående i ballasten, det må helst renne unna med en gang. For at dette skal være mulig, må ballasten være porøs, og ballastlaget skal *ligge helt fritt over planum* (fig. 45). Vi må for all del ikke dekke ballastlaget med tette masser på sidene. Må vi av en eller annen grunn, som nødsforanstaltning, legge opp en ekstra ballastkant, skal den være av et materiale som slipper vann lett gjennom, f.eks. en kant av sten. På stasjoner der planeringen mellom spor er ført opp i nivå med ballastoverflaten, må det alltid sørges for god drenering av ballasten ved hjelp av drensgrøfter.

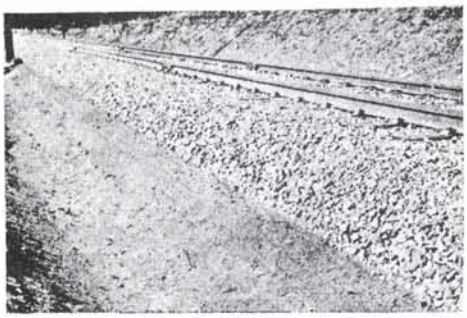


Fig. 45. Ballastlaget skal ligge fritt.

Ballast som er helt vannfylt, for eksempel under flom, har sterkt nedsatt bæreevne, og passering av tog må skje under stor forsiktighet. Forholdet må bedømmes særskilt ved hver anledning. Det er i slike tilfelle vesentlig gunstigere med pukkballast enn med grusballast.

Ballasten er mest porøs når alle ballastkorn er like store. Dette hender jo ikke i praksis. Det gjør heller ikke så mye så lenge det ikke er for stor forskjell i kornstørrelsen. Men hvis de minste ballastkorn er så små at de får plass i mellomrommet mellom de større ballastkorn, da får vi en ballast som er tettere. Det tar lengre tid for vannet å slippe gjennom ballasten. Dertil kommer at jo mere finkornet materialet er, desto fastere holder det på vannet. Finmateriale i ballasten er derfor ugunstig og nedsetter ballastens bæreevne. Av den grunn sikter vi ut subbusen (steinmelet) av pukkballast.

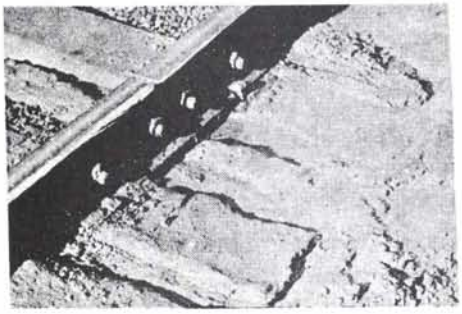


Fig. 46. Vaskesviller.

Ballastmaterialet vil før eller senere slites, dels på grunn av belastningen fra trafikken og dels på grunn av vedlikeholdet av sporet. Gammel ballast må derfor fra tid til annen renses eller fornyes før den er blitt for tett.

Når ballast som er sterkt forurenset med finmateriale blir tilført vann, ved regnvær eller hva det nå kan være, vil ballastlaget stå fullt av vann når toget passerer. Da slik ballast har vesentlig mindre bæreevne enn tørr ballast, vil den gi etter for trykket fra svillene. Det vil da pumpes opp vann og finmateriale omkring svillene. Vi får det vi kaller for *"vaskesviller"*. Et spor med vaskesviller er alltid kostbart å vedlikeholde (fig. 46).

At det ikke må finnes matjord (humus) i ballasten er selvfølgelig, men det må nevnes for ordens skyld. For det første er matjord me-

get finkorning og gjør ballasten tett. For det annet danner matjorden grobunn for råtesopp som ødelegger svillene. Ugress frembringer matjord og må fjernes fra ballasten.

Det er i et tidligere avsnitt nevnt at skinnegangen må være elastisk. En del av denne elastisitet har vi i ballasten og delvis også i undergrunnen. Ballasten og undergrunnen virker sammen. Elastisiteten ytrer seg ved at ballasten og undergrunnen trykkes noe sammen under belastningen fra toget og sveller ut igjen når belastningen opphører. Etter slik elastisk sammentrykning får vi ikke varig setning i sporet. Den får vi når trykket fra svillene blir større enn ballasten eller undergrunnen tåler.

For at tog skal gå jevnt, må den elastiske sammentrykning av ballast og undergrunn være mest mulig konstant. Brå overganger må søkes unngått. Dette er ikke alltid mulig. Vi har for eksempel brå overganger ved landkar for bruer og underganger som ikke har gjennomgående ballast. Der skal det alltid legges inn pukkballast, fordi sporet da er mere stabilt.

Vi kan summere opp kravene til god ballast slik:

1. Ballasten skal være skarp og bestå av et slitesterkt materiale.

2. Ballasten skal være ren, det vil si fri for forurensning og for finkornig materiale.

3. Ballastlaget må ha den nødvendige tykkelse og bredde.

4. Ballasten skal være porøs. Den må være lett gjennomtrengelig for vann, og vannet skal ha anledning til å slippe hurtig unna i hele ballastlaget.

4.6.2. *Grusballast.*

Med *grus* forstår vi en mineraljordart med kornstørrelse mellom 20 og 2 mm. Vi skiller mellom grov grus (20-6 mm) og fin grus (6-2 mm). Når kornstørrelsene er mindre, får vi *sand* (2-0,2 mm). *Silt* er en jordart med enda mindre kornstørrelse.

Grus i egentlig forstand er et brukbart ballastmateriale for lasket spor, hvis grusen er skarp og slitesterk. Det ballastmateriale som vi i alminnelighet tar ut av våre grustak, er imidlertid ikke bare grus, men en blanding av grus og sand og kanskje også noe silt. Det avhenger da av mengden av finmateriale om en slik ballast slipper vann lett gjennom eller ikke. Som oftest var det ikke noe valg, man måtte bruke det man fant. På enkelte linjer besto ballasten derfor av bare sand. Slik ballast er vanskelig å holde god pakking på. Dessuten har vi i tørrvær plagen med støvet som trenger inn i lagre på toget og overalt ellers hvor det kan komme til.

Grusballast er dårlig egnet og krever urimelig mye vedlikehold. Vi er derfor gått i gang med å skifte inn pukkballast, som gir langt billigere vedlikehold. Dessuten er det knapphet på god grus i NSB's grustak, og ved kjøp er prisen på grus like høy som for pukk.

Alle grustak som skal levere ballastgrus, skal være godkjent av Geoteknisk kontor.

4.6.3. *Pukkballast.*

Pukk er knust stein. God ballastpukk skal være skarpkantet og mest mulig jevnstor på alle kanter. Steinsorten må være værbestandig, seig og hard. Alle steinbrudd hvor det skal tas stein til ballastpukk, skal være godkjent av Geoteknisk kontor.

Etter at steinen er knust, blir den sortert og siktet i egne siktanordninger. Ved sorteringen skiller vi ut den knuste stein i forskjellige fraksjoner etter størrelsen. Størrelsen har gjerne vært angitt ved mål på sikt med runde hull. Når størrelsen av en fraksjon eksempelvis er angitt til å ligge mellom 60 og 20 mm, vil det si at all stein skal falle gjennom et sikt med 60 mm store hull, men holdes tilbake på sikt med 20 mm hull.

I alminnelighet foretar vi nå sorteringen i pukkverkene ved hjelp av sikt med firkantede masker. Maskestørrelsen er da noe mindre enn ved de tilsvarende rundhullsikt, idet steinstørrelsen ellers ville bli for stor hvis steinen går gjennom maskene etter diagonalen.

Følgende bestemmelser for fraksjonering nyttes i dag ved NSB:

Rundhullsikt:	Firkantsikt:
60-20 mm	50-16 mm

Etter avtale med pukkverket kan nedre korngrense heves til henholdsvis 30 og 25 mm, hvis det er økonomisk fordelaktig for NSB. Korngrensene blir da:

Rundhullsikt:	Firkantsikt:
60-30 mm	50-25 mm

På stasjonstomter hvor personalet skal gå eller løpe i sporet, er det ønskelig å bruke finere fraksjonering. Det er ikke fastsatt noen standard for ballasten på stasjonstomter, men det har ofte vært brukt et 10 cm tykt topplag av fin pukk med kornstørrelse 10-15 mm eller et subbuslag.

Subbus er et usortert materiale fra pukkverkene. Det brukes f.eks. til vegdekker og til dekke på plattformer og lastetomter.

4.6.4. *Ballastlaget.*

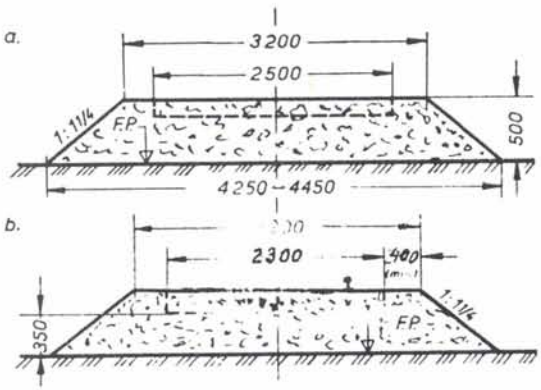


Fig. 47. Ballastprofiler,
a: ved tresviller,
b: ved betongsviller.

Ballastlagets dimensjoner er fastsatt i overbygningsforskriftene. Her skal bare nevnes at ved hovedlinjer skal bredden av ballastlaget øverst være 3,20 m i betongsvillespor og 3,30 m i tresvillespor med pukkballast. Tykkelsen av ballastlaget over planum skal være 0,5 m. Det er foreskrevet at ballasten skal rekke opp til svilleoverkant, med visse unntak for sporveksler (se trykk nr. 373.1). I spor på betongsviller skal ballastprofilet formes som vist på fig. 47 b. I helsveiset spor skal ballastprofilet være som nevnt på side 130.

Vi deler ballasten i overballast og underballast. Overballasten er den del av ballasten som blir pakket, mens underballasten i alminnelighet blir liggende urørt i sporet. Det er derfor ikke så strenge krav til steinstørrelse for underballast som for overballast, hvis vi på den måte kan få billigere ballast. Det må bare ikke fires på kravene om at ballasten skal være solid og lett gjennomtrengelig for vann. Disse krav gjelder både for overballast og underballast.

Det skal være overballast i minst 20 cm dybde under svillene. Når svilletykkelsen er 14 cm, vil det si at de øverste ca. 35 cm av ballastlaget skal bestå av overballast, mens de underste 15 cm regnes som underballast.

I pukkballast skal overballasten være grovpukk av god kvalitet. Underballasten legges opp av pukk som kan være noe grovere, opp til 8 cm. Underballast av stein skal ikke legges direkte på jordplanering hvis den består av noe annet enn grus eller grov sand.

For enkelte strekninger er det gitt tillatelse til å bruke underballast av grus på pukkstrekninger. Dette er særlig tilfelle der grus skiftes ut med pukk som ballast. Vi får derved minsket kostnaden for arbeidet fordi en del av den gamle grusen blir liggende igjen som underballast. Grusen må godkjennes i hvert enkelt tilfelle.

Der vi har grusballast i linjen, blir det i alminnelighet ikke skjelnet mellom over- og underballast. Hvis den grusen som finnes er sterkt oppblandet med stein, må vi koste på utsortering for overballasten. I slike tilfeller kan vi legge ut usortert grus som underballast.

I fjellskjæringer og tunneler ble det lagt opp *ballastmur* for å gi plass til linjegrøften (fig. 48). Ballastmuren måtte ikke gjøres så tett at vannet i ballasten ikke slapp ut i grøften. I tunneler legger vi nå som oftest muffe-rør med åpne skjøter i linjegrøften. Over røret fylles ca. 20 cm pukk, idet vi legger underballasten helt inn mot tunnelveggen.
Der ballasten skal renses med ballastrensemaskin, må ballastmuren fjernes på forhånd.

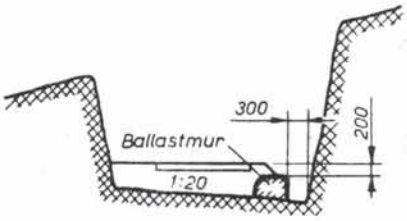


Fig. 48. Ballastmur.

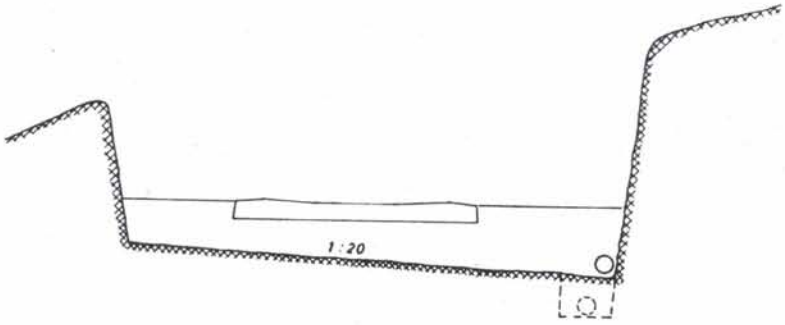


Fig. 48a. Linjegrøft med vanlig utforming.

4.7. Sporveksler og sporkryss.

4.7.1. *Grunnformer.*

En *sporveksel* er en skinnekonstruksjon med bevegelige deler som er bygd inn i skinnegangen for at rullende materiell kan kjøre fra et spor over til et annet.

Et *sporkryss* er en fast skinnekonstruksjon som bygges inn i skinnegangen der to spor bare skal krysse hverandre.

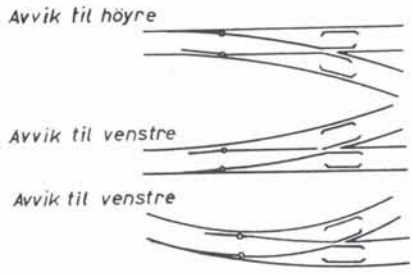


Fig. 49. Enkel sporveksel.

Vi skiller mellom *enkle* og *sammensatte* sporveksler (ofte bare kalt "veksler").

Den *enkle sporveksel* har ett avvik, enten til høyre eller til venstre (fig. 49). Visse typer av enkle sporveksler kan bare legges inn i rettlinjet spor. Andre typer kan også legges inn i krumt spor.

To enkle sporveksler kan bygges sammen til en *usymmetrisk dobbeltveksel* (fig. 50). Den er en *sammensatt sporveksel* med avvik både til høyre og venstre. Til sammenbyggingen kreves flere og delvis andre konstruksjonsdeler enn til to enkle sporveksler.

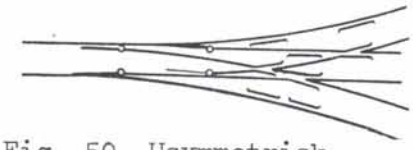


Fig. 50. Usymmetrisk dobbeltveksel.

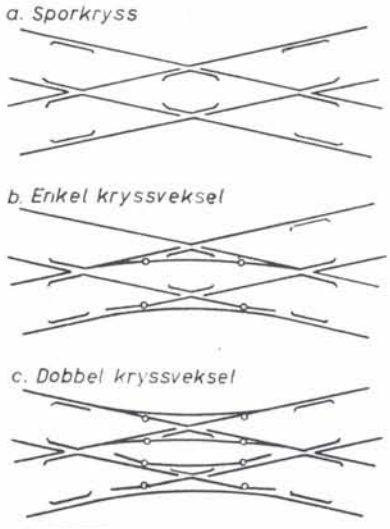


Fig. 51. Sporkryss og kryssveksler.

En *kryssveksel* er en sammensatt sporveksel som kan legges inn der to spor krysser hverandre. Vi har to typer av kryssveksler, *enkel* kryssveksel og *dobbel* kryssveksel. I den enkle kryssveksel er det bygd inn anordninger for avvik bare til en side (fig. 51 b). I den dobbelte kryssveksel er det muligheter for avvik til begge sider av krysset (fig. 51 c). Tar vi bort anordningene for avvik fra en kryssveksel, får vi igjen et sporkryss (fig. 51 a). Sammensatte veksler kan vi ikke bruke i kurvet spor.

På sporplaner tegner vi de forskjellige typer sporveksler og sporkryss slik som vist på fig. 52.

Når vi bruker en usymmetrisk dobbeltveksel i stedet for 2 enkle sporveksler, får vi større effektive sporlengder (fig. 53a). Det samme får vi ved innlegging av kryssveksler. Dessuten blir det i dette tilfelle en mere rettlinjet kjøring når tog skal krysse ett eller flere spor. Det kan vi se av eksemplet på fig. 53b for kjøring fra spor 1 til spor 3. Til gjengjeld for de fordeler vi oppnår, koster både en usymmetrisk dobbeltveksel og en kryssveksel mere enn de tilsvarende enkle sporveksler. Når vi planlegger en sporforbindelse, må vi derfor veie fordeler og ulemper mot hverandre før vi bestemmer oss for den ene eller annen utførelse.

Fig. 52. Tegningsymboler.

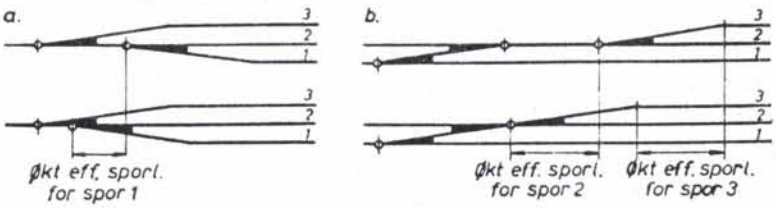


Fig. 53. Større effektive sporlengder.

4.7.2. *Konstruksjonsdeler.*

Delene i en sporveksel kan vi samle i følgende konstruksjonsgrupper:

Tunge- og drivanordninger
Mellomskinner
Skinnekryss
Sviller

På fig. 54 er vist en skjematisk skisse av de enkelte konstruksjonsgrupper i en enkel sporveksel, bortsett fra svillene. Den samme inndeling i konstruksjonsgrupper går igjen også i den usymmetriske dobbeltveksel og i kryssvekselen, men antallet av deler innen hver av gruppene er forskjellig.

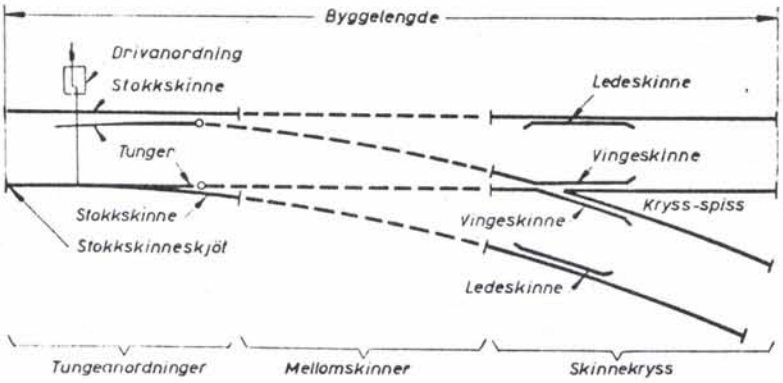


Fig. 54. Konstruksjonsdeler for en enkel sporveksel.

Et sporkryss settes sammen av skinnekryss, mellomskinner og sviller.

Vi skal først ta en grov oversikt over de enkelte konstruksjonsgrupper som er vist på fig. 58. Detaljene vil bli behandlet etter hvert i de følgende avsnitt.

En tungeanordning setter vi sammen av en fast *stokkskinne* og en bevegelig *tunge* med nødvendige konstruksjonsdeler for feste til svillene og for bevegelse av tungen. Til en enkel sporveksel hører 2 tungeanordninger, en for hver skinnestreng. To tungeanordninger som hører sammen sies å utgjøre et *sett*. Skinneskjøten foran tungespissen kalles *stokkskinneskjøten*.

En usymmetrisk dobbeltveksel har 2 sett tungeanordninger, en enkel kryssveksel har også 2, mens en dobbel kryssveksel har 4 sett tungeanordninger.

Drivanordningen omfatter de konstruksjonsdeler som er nødvendige for å bevege tungene og for å sikre at tungene blir fastholdt i riktig stilling.

Mellomskinner er de skinner som ligger mellom tungeanordning og partiet ved skinnekrysset. De er vist med stiplet strek på fig. .

Skinnekrysset er en konstruksjon som legges inn i sporet der 2 skinner krysser hverandre. Det *alminnelige skinnekryss* består av *krysspissen, 2 vingeskinner* som omslutter kryss-spissen, samt *2 ledeskinner, 1* på hver side av krysset og festet til den motsatte skinnestreng.

I usymmetriske dobbeltveksler, i kryssveksler og i sporkryss finnes innlagt spesielle typer skinnekryss.

Svillene har forskjellig lengde etter sin plass i sporvekselen eller sporkrysset. De fleste av svillene må være gjennomgående for å binde sammen de enkelte konstruksjonsdeler, og fordi en oppdeling i kortere lengder ville gjøre pakkingen av svillene umulig.

Alle sviller i en sporveksel eller et sporkryss må legges nøyaktig på den plass som er angitt på tegningene for å få konstruksjonen riktig montert i sporet.

Sporvekselens *byggelengde* er avstanden fra stokkskinneskjøt til skjøten i bakkant av skinnekrysset. Dette gjelder for enkle sporveksler og for usymmetriske dobbeltveksler. For kryssveksler og sporkryss er byggelengden avstanden mellom de to skjøter i hver sin ende av konstruksjonen.

4.7.3. *Geometrisk form.*

Den enkleste sporveksel har vi når det ene spor er rettlinjet og bare avvikesporet ligger i kurve. På fig. 55a er vist en skjematisk skisse av en enkel sporveksel med midtlinjene for de to spor inntegnet.

Skissen kan skjematiseres ytterligere når vi tegner opp bare midtlinjene (fig. 55b). De to tangenter til kurven i det avvikende spor (altså rettlinjene i hver ende av kurven) skjærer hverandre i et punkt som er betegnet med *S*. Dette skjæringspunkt kalles spor-

vekselens *teoretiske kryssingspunkt* (teoretisk kryss) eller *avvikepunkt*. Det finnes på enhver oversiktstegning av sporveksler. Vi må alltid vite nøyaktig hvor teoretisk kryss skal ligge før vi går i gang med å bygge en sporveksel. Avstanden fra stokkskinneskjøt til teoretisk kryss er forskjellig for de forskjellige sporvekseltyper og finnes derfor alltid skrevet på tegningene.

Vi går tilbake til fig. 55b. Vinkelen mellom de to tangenter som skjærer hverandre i punktet S, kaller vi *sporvekselens stigning*. Av praktiske grunner har vi ikke samme stigning i alle sporveksler. Ved NSB finnes standardveksler med stigning 1:7, 1:8, 1:9 og 1:12.

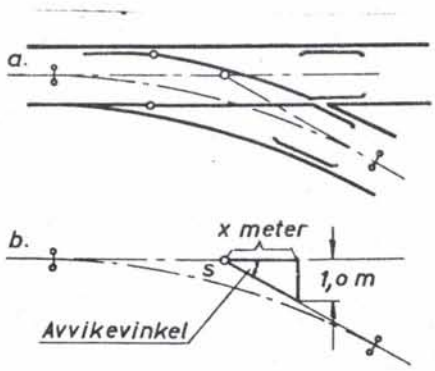


Fig. 55. Den geometriske form for en enkel sporveksel.

Kurvaturen i avvikesporet er delvis avhengig av sporvekselens stigning. For sporveksler med samme stigning er det dessuten en sammenheng mellom kurveradien og lengden av kurven i avvikesporet.

I eldre sporvekseltyper, og delvis i noen av de nyere, avsluttes kurven i avvikesporet *foran* kryss-spissen (fig. 56a). Dette kaller vi *kort* kurve. Avvikesporet er da rettlinjet gjennom hele skinnekrysset. Kryss-spissen har samme stigning som sporvekselen.

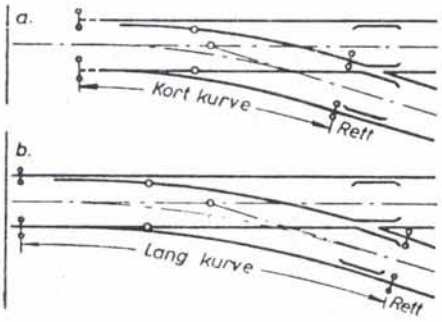


Fig. 56. "Kort" og "lang" kurve i avvikesporet.

I de nyeste typer sporveksler ligger avvikesporet i kurve gjennom hele sporvekselen. Dette er vist på fig. 56b. Vi kan her bruke betegnelsen *lang* kurve. I sporveksler med lang kurve i avvikesporet må skinnekrysset krummes for å passe til kurven. Stigningen på kryss-spissen blir noe mindre enn sporvekselens stigning.

Sporveksler av denne type kan leveres for innlegging i kurver, se avsnitt 4.7.4.

Kurvaturen i de forskjellige standardtyper av sporveksler i rettlinjet spor fremgår av følgende tabell:

Stigning	Avvikesporets radius i vekselkurven	Kurve i avvikespor	Blir brukt i
1:7	135 m	kort	Skiftespor, havnespor
1:8	165 "	"	Sidespor, skiftespor
1:9	190 "	"	Togspor, sidespor
1:9	300 "	lang	Togspor
1:12	500 "	"	Togspor
1:14	760 "	"	Togspor

Sammenlikner vi kurvaturen i to sporveksler med samme stigning, den ene med kort kurve i avvikesporet og den andre med lang kurve, vil vi se at den siste har slakere kurvatur enn den første. Sporveksler med lang kurve i avvikesporet brukes derfor i togspor der det er om å gjøre å få best mulige kjøreforhold.

Når vi skal ha en hel sporveksel eller deler til den, må vi i tillegg til skinnevekt gi opp vekselens stigning og radien til avvikesporet når sporvekselen ligger i rettlinjet spor, f.eks. 1:9 R = 190 eller 1:9 R = 300. (Vi merker oss at i sporveksler 1:8 er tungeanordningen krummet etter R = 190. Det er brukt samme tungeanordning som for sporveksler 1:9 R = 190. Det er bare mellomskinnene som er krummet etter R = 165.)

I alle sporveksler med stigning 1:7 og 1:8 og i sporveksler 1:9 R = 190 er det foreskrevet sporutvidelse 10 mm ved tungespissen, vesentlig av hensyn til tungen. I sporveksler 1:9 R = 300 og 1:12 skal sporutvidelsen på dette sted være 5 mm.

De alminnelige regler for sporutvidelse i kurver kan av konstruksjonsmessige grunner ikke følges for sporveksler. Sporbredden på de forskjellige steder i en sporveksel er derfor angitt på alle oversiktstegninger av sporveksler. Vi må passe på at de bestemte sporbredder blir nøye fulgt ved montering og ettersyn.

Vi skal merke oss at det er *ikke sporutvidelse i vekselkurver/avvikespor for sporveksler av typene 1:9 R = 300 og 1:12.* Disse sporvekseltyper kan bygges også for innlegging i kurver. Det kan da hende at i alle fall ett av sporene gjennom sporvekselen får skarpere kurvatur enn R = 300. Tross dette skal det ikke legges sporutvidelse i vekselkurven. En rekke konstruksjonsdeler for sammenbygging av sporvekselen er uforandret uansett om vekselen er bygget for innlegging i kurve eller i rettlinjet spor.

4.7.4. *Sporveksler i kurve.*

Enkelte typer av sporveksler kan bare bygges inn i rettlinjet spor. I kurve er det da ikke annen mulighet enn å legge inn en passende lang rettlinje for sporvekselen, slik som vist på fig. 57a.

Slik kurvatur gir dårlige kjøreforhold i et hovedspor. Det kan bli bedre når vi bruker en av de nyere sporvekseltyper 1:9 R=300 eller 1:12 R=500 (fig. 57b). Begge disse sporvekseltyper er beregnet for innlegging også i kurver. De har bl.a. lang kurve i avvikesporet.

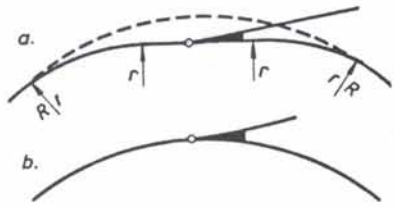


Fig. 57. Sporveksler i kurve.

Hvis kurveradien i hovedsporet er nøyaktig den samme som sporvekselkurven i avvikesporet, f.eks. R=300, og hvis sporvekselen skal ha avvik utad i kurven som i fig. 57b, kan vi uten videre legge inn en ordinær sporveksel 1:9 R=300 i kurven. Det opprinnelige avvikespor i sporvekselen blir da hovedspor. Kjøreforholdene gjennom hovedsporet blir nesten uforandret.

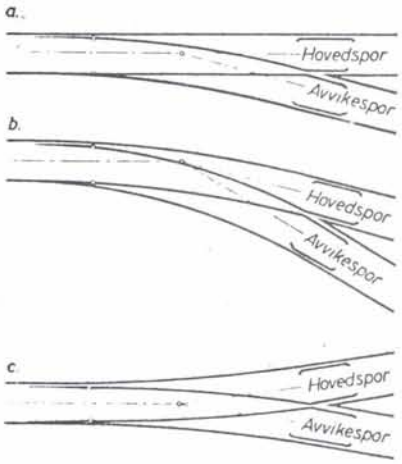


Fig. 58. Bøyning av enkel sporveksel.

Hvis det er avvik innover i kurven, eller kurveradien i hovedsporet ikke passer med den ordinære kurve i sporvekselen, den kan f.eks. være R=400, da må hele sporvekselen bøyes spesielt for denne bestemte kurve. Dette gjøres i verkstedet under fremstillingen. Vi får da en spesialveksel eller kurveveksel.

Vi skal gi noen eksempler på bøyning av slike sporveksler. I fig. 58a er vist en sporveksel, f.eks. 1:9 R=300, lagt i rettlinje og med avvik til høyre (høyreveksel). Denne sporveksel skal bøyes, men skal fortsatt ha avvik til høyre.

Bøyes sporvekselen for innlegging i en høyrekurve (sett i retning fra tungespissen), får vi en dobbeltkrummet veksel, høyre-høyre (fig. 58b).

Bøyes sporvekselen for innlegging i en venstre-kurve, får vi på tilsvarende måte en dobbeltkrummet veksel, venstre-høyre (fig. 58c).

På lignende måte kan vi bøye en venstreveksel. Legg merke til at vi alltid begynner med å angi retningen av hovedsporets krumming.

Når de to kurver i en kurveveksel i overhøyde vender hver sin vei, vil det bli falsk overhøyde i avvikesporet. Dette er vist på fig. 58c, der kurven i hovedsporet er en venstrekurve og i avvikesporet en høyrekurve. Da hele sporvekselen er lagt på gjennomgående sviller, vil i dette tilfelle venstre skinnestreng bli lavest i begge spor. Venstre skinnestreng i avvikesporet er ytterstreng i høyrekurven. Når ytterstrengen ligger lavere enn innerstrengen, får vi altså falsk overhøyde. Den må jevnes ut over så kort strekning som mulig bak sporvekselen. Men husk da på grensen for tillatt vindskjevhet i sporet (1:300).

Om sporutvidelse, se siste avsnitt under 4.7.3.

4.7.5. *Tungeanordninger.*

Utviklingen av den moderne sporveksel kan føres tilbake til den sporveksel som er vist skjematisk på fig. 59a. Den var helt uten tungeanordninger, men med et par bevegelige korte skinner som gjorde det mulig å velge spor.

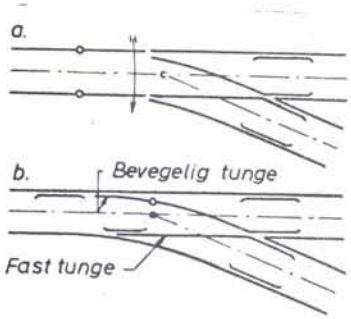


Fig. 59. Utvikling av tungeanordningen.

Den moderne enkle sporveksel har 2 tungeanordninger, hver med sin bevegelige tunge. Når den ene tunge ligger an mot sin stokkskinne, den *tilliggende* tunge, skal den andre ligge i åpen stilling, den *fraliggende* tunge (fig. 60).

En alminnelig tungeanordning settes sammen av følgende hoveddeler:

Stokkskinnen med anordninger for skinnefeste.
Tungen.
Glidestolene med underlagsplater.

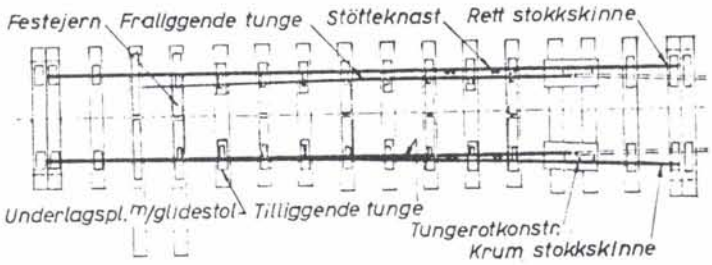


Fig. 60. Moderne tungeanordninger, oversikt.

I sporveksler hvor det ene spor er rettlinjet, er det en rett stokkskinne med tilhørende krum tunge og en krum stokkskinne med tilhørende rett tunge. Når begge spor i en sporveksel er krumme, må selvsagt også begge stokkskinner og begge tunger være krumme.

Stokkskinnen tildannes av en vanlig skinne. Da tungen skal ha godt anlegg mot stokkskinnen på en viss lengde, må hodet på stokkskinnen i anleggsflaten bearbeides særskilt. Vi sier at stokkskinnen er *underhøvlet* selv om tungespissen ligger noe lavere enn toppen av stokkskinnen. Derved blir ytterste del av tungespissen beskyttet mot slitasje. På stokkskinnen er festet *støtteknaster* til støtte for tungen der den ligger fritt (fig. 61).

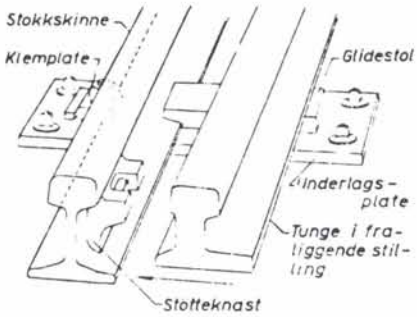


Fig. 61. Glidestol, klemplate og støtteknast.

Vi skjelner mellom *leddtunger* og *fjærtunger*. Disse to tungeformer skal behandles særskilt i de etterfølgende avsnitt.

Glidestolene tjener som underlag for tungen. En glidestol er en planhøvlet plate som er festet til en underlagsplate. Underlagsplaten er så festet til svillene ved hjelp av svilleskruer. Til underlagsplatene er også stokkskinnen festet ved hjelp av *klemplater*. Et utsnitt er vist på fig. 61. Glidestolene skal alltid holdes rene og vel smurt for å lette bevegelsen av tungene.

I mange sporveksler er påmontert *tungeruller* som består av to sylindriske stålruller (fig. 62). De er montert i en spesiell konsoll som festes til stokkskinnen ved hjelp av to sporklør.

Tungerullene bevirker at tungene ved omlegging løftes opp fra glidestolen og ruller på de sylindriske stålruller.

Tungeruller brukes i sentralstilte sporveksler i første rekke på fjernstyrte strekninger (CTC-strekninger). Angående ettersyn av tungerullene vises til trykk 373.1.

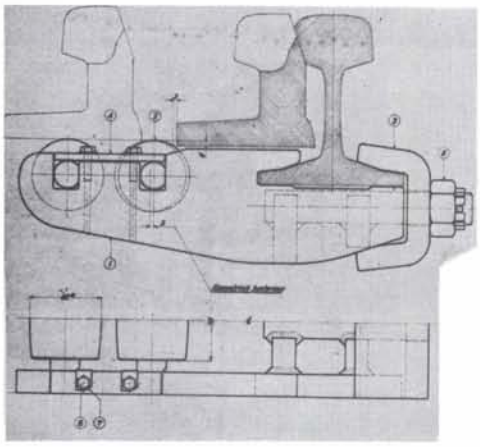


Fig. 62. Tungeruller.

En tungeanordning som ligger på separate underlagsplater, kan bøyes. Dette er et av de krav som må stilles til en sporveksel som skal legges i kurve. Et annet krav har vi omtalt tidligere (på side 54), nemlig at det må være lang kurve i avvikesporet.

På enkelte sviller er underlagsplatene erstattet med *festejern* som binder sammen stokkskinnene i de to tungeanordninger og holder dem i riktig stilling i forhold til hverandre på samme måte som en strekkbolt (fig. 60). Festejern må isoleres på midten av hensyn til signalstrømmen.

Da alle underlagsplater i en tungeanordning er planplater, vil tunger og stokkskinner bli stående vertikalt og ikke i den vanlige skråstilling 1:20. Det samme er tilfelle med skinnene i skinnekrysset. Forholdet vil bli nærmere omtalt i avsnittet om "Komplette sporveksler og sporkryss".

4.7.6. *Leddtunger.*

Leddtunger beveges om et ledd ved tungeroten.

Opp gjennom årene har det vært brukt forskjellige valseprofiler for fremstilling av leddtunger. På fig. 63, 64 og 65 er vist snitt gjennom skinnetunge, klumptunge og vinkeltunge.

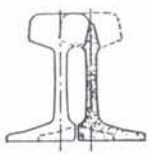


Fig. 63.
Skinnetunge.

Fig. 64.
Klumptunge.

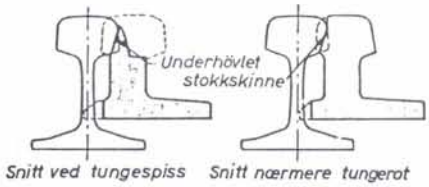


Fig. 65. Vinkeltunge.

Leddet eller tungeroten har også vært konstruert på forskjellig måte. Vi finner ennå på eldre sporveksler med skinnevekt opp til 35 km/m *tungerotkonstruksjon med mutter og splint* som vist på fig. 66.

Tungerotkonstruksjonen med mutter og splint blir hurtig slitt, og leddet blir slarket. Det må da legges inn foringsblikk i rottappen. Videre er det vanskelig å føre ordentlig tilsyn med at mutteren sitter fast. Hvis den løsner, er det ikke

lenger noe som holder tungen fast til tungerotplaten.

Det finnes en nyere leddanordning for klumptunger, det er *tungerotkonstruksjonen av 1922*. Den er vist på fig. 67 og er brukt på sporveksler for 35 kg spor.

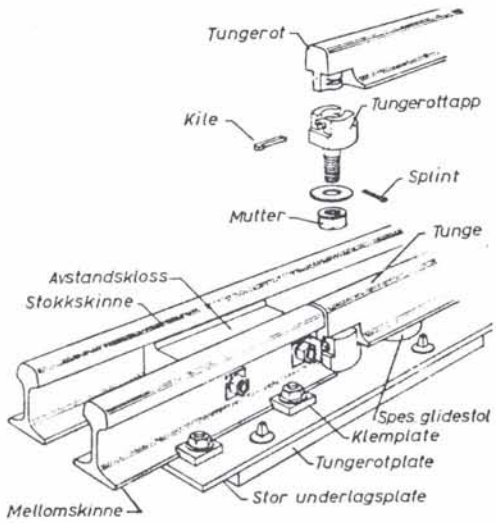


Fig. 66. Tungerotkonstruksjon med mutter og splint.

Svakheten ved denne tungerotkonstruksjon er at det kan oppstå brudd i den gaffelformede utgrening i tungeroten. Hvis så skjer, er både tunge og tungerottapp løse. Det må være klaring mellom gaffelen og lasken for at belastningen på tungen ikke skal bli overført til gaffelen istedenfor til tungerottappen. Det er da det kan oppstå brudd.

På grunn av klumptungenes form er det vanskelig å få en leddkonstruksjon som er helt ut tilfredsstillende.

Det finnes to leddkonstruksjoner for vinkeltunger. Den første er *tungerotkonstruksjonen av 1932*, som er vist på fig. 68. Tungeroten er her opplagt

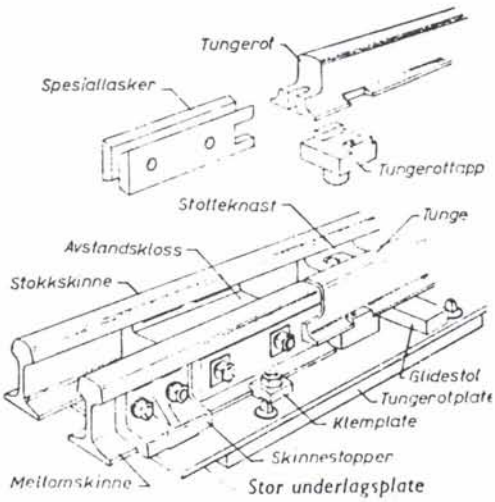


Fig. 67. Tungerotkonstruksjon av 1922.

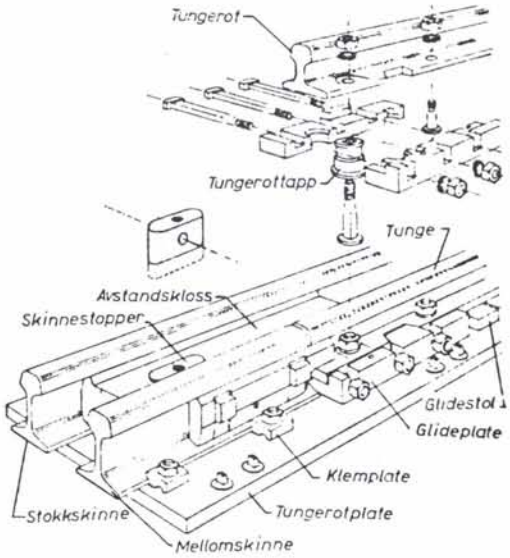


Fig. 68. Tungerotkonstruksjon av 1932.

på en *glideplate* som er delt i to på langs og holdt sammen ved hjelp av 3 spesialbolter. De tre konstruksjonsdeler, tungen, glideplaten og tungerotplaten er forbundet ved hjelp av tungerottappen. Den stikkes inn nedenfra og festes med en gjennomgående bolt med mutteren oppe på foten av vinkeltungen. Dessuten er tungen særskilt festet til glideplaten ved en ekstra bolt og sikret ved en spesiallask festet til mellomskinnen.

Tungerotkonstruksjonen av 1932 forekommer bare på sporveksler for

49 kg spor, 1:9 R=300. Anordningen er solid, men temmelig komplisert. Den faller derfor kostbar og fremstilles ikke lenger.

En leddkonstruksjon som er langt enklere og like sikker i trafikk, er vist på fig. 69. Det er *tungerotkonstruksjonen av 1935*. Den er brukt både for 35 og 49 kg sporveksler.

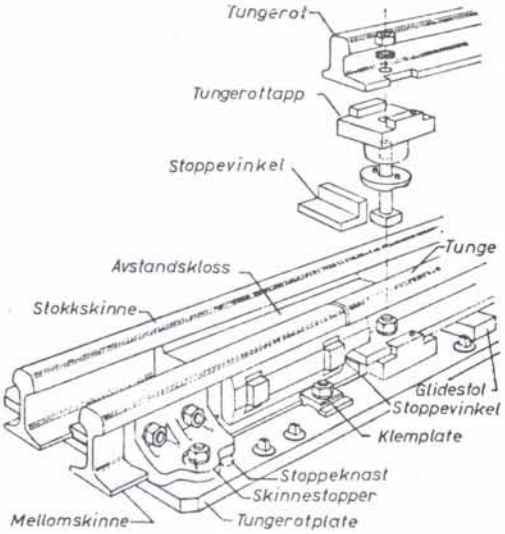


Fig. 69. Tungerotkonstruksjon av 1935.

Glideplaten er her erstattet med en enkel tungerottapp som festes med en gjennomgående bolt til vinkeltungen og tungerotplaten. Rottappen og tungen holdes dessuten på plass ved hjelp av en sperrelask som hviler på vinkeltungens fot ved tungeroten. Den tilstøtende mellomskinne er sikret mot skinnevandring i retning av tungen ved hjelp av en *stoppevinkel* som er nedfelt i tungerotplaten (fig. 69).

På alle tungerotkonstruksjoner for leddtunger er det nødvendig å ha en skjøtåpning på minst 4 mm ved tungerot for å kunne bevege tungen helt fritt uten at det blir bend i leddet. Skjøtåpningen må søkes holdt mest mulig konstant på 4 mm. Blir den for stor, risikerer vi å få nedkjørte skinneender.

Tungelengden for leddtunger varierer fra 5,0 til 7,7 m for de forskjellige sporvekseltyper. Noen gamle 1:7 sporveksler har 4,0 m lange tunger.

4.7.7. *Fjærskinnetunger.*

En fjærtunge stilles om ved at selve tungen blir bøyd uten hjelp av noen leddkonstruksjon ved tungeroten (fig. 70). Dette gjør at kjøring

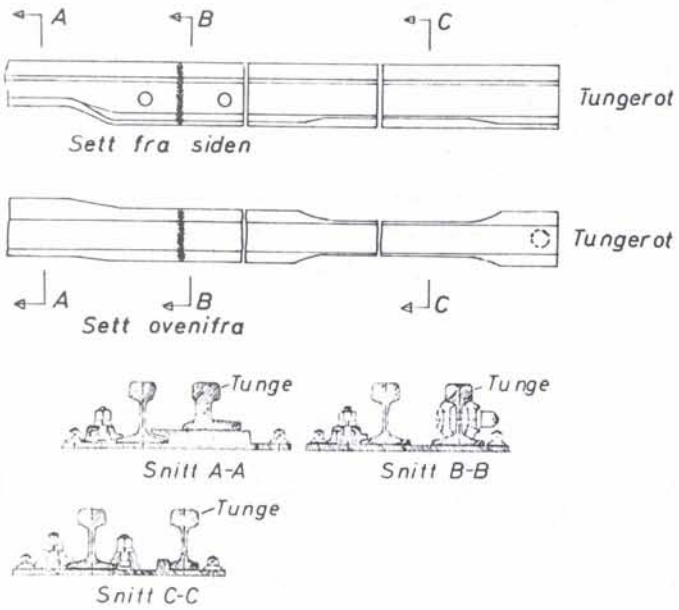


Fig. 70. Fjærskinnetunge.

over vekselen blir behageligere. Alle skjøter i vekselen kan nemlig limes eller sveises, slik at vekselen kan oppfattes som en del av det helsveiste sporet.

Mens vi for leddtungeveksler ikke kan tillate høyere kjørehastighet enn 100 km/h i det gjennomgående sporet, har vi ikke noen reduksjon i hastigheten gjennom en sporveksel med fjærtunger.

Fjærskinnetunger forarbeides av spesielle tungeemner. Ved tungeroten er profilet omsmidd til samme profil som den tilstøtende mellomskinne. Tungen kan derfor festes til mellomskinnen ved en vanlig laskeforbindelse. Et stykke fra tungeroten, ved snitt c-c på tegningen, er tungen gjort fjærende ved at ca. 1 m av foten er freset bort. Det er dette fjærende parti som gjør det mulig å bevege tungen. Videre mot tungespiss har tungen samme form som en leddtunge. Det vises til fig. 70, der det er tegnet noen snitt av tungen på forskjellige steder.

Tungelengden for fjærskinnetunger er ca. 11,0 - 16,0 m, avhengig av sporvekseltype og skinnevekt.

Fra 1977 leveres alle typer sporveksler med fjærskinnetunger. Det må påses at fjærskinnetunger må være spenningsløse når tungen ligger 100 mm fra stokkskinnen ved tungespiss. Dette er nødvendig av hensyn til drivmaskinen, som ellers vil bli utsatt for større belastning enn den tåler.

4.7.8. *Det alminnelige skinnekryss.*

Det alminnelige skinnekryss er vist på fig. 71. Det består av *kryss-spissen, 2 vingeskinner, 2 ledeskinner* og de nødvendige deler for sammenbindingen og for feste til svillene.

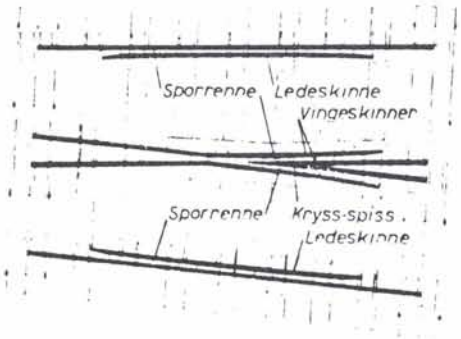


Fig. 71. Det alminnelige skinnekryss.

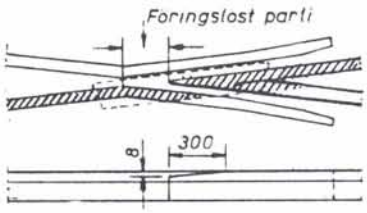


Fig. 72. Hjulets gang over kryss-spiss og vingeskinne.

Foran kryss-spissen er den ene skinnestrengen i hvert av de to spor brutt. Vingeskinnene har til oppgave å danne kjørebane for det hjulet som skal passere åpningen, mens ledeskinnene ved den motsatte streng skal styre hjulsatsen under passeringen. Hjulets gang over kryss-spiss og vingeskinne er vist på fig. 72. Berøringsflatene mellom hjul og skinne er skravert.

Som det ses, berører ikke hjulet den forreste enden av selve kryss-spissen. Spissen er nemlig bare 10 mm bred, og denne bredden er for liten til å ta hjultrykket. Derfor er høyden senket på den ytterste delen av kryss-spissen, slik som vist på tegningen. Selve spissen skal ligge 8 mm lavere enn vingeskinnen.

Da hjulbanen er konisk, vil den berøre kryss-spissen før denne har fått full høyde, og på grunn av den skrå avhøvling vil det normalt i ikke bli noe støt i overgangen. På vingeskinnen går berøringsflaten til slutt ut i en spiss, og her er slitasjen på vingeskinnen størst.

På fig. 73 er vist et snitt gjennom skinnekrysset med en hjulsats som er på vei over åpningen foran kryss-spissen. Det høyre hjulet ruller på vingeskinnen og skal om et øyeblikk over på kryss-spissen. Denne overgang skal såvidt mulig skje uten støt. Da må hjulet holdes på plass sideveis så det ikke får anledning til å klatre opp på kryss-spissen, og dessuten må høyden av vingeskinne og kryss-spiss være nøye avpasset til hverandre så overgangen blir myk. Konstruktivt sett danner således kryss-spissen, vingeskinnene og ledeskinnene en enhet hvor den innbyrdes beliggenhet mellom delene må overholdes meget nøye.

Bredden av sporrennen er innskrenket i skinnekrysset. Mens sporrennen normalt skal være 70 mm, er det for vingeskinner og ledeskinner fastsatt 40 mm som minstemål. Målene er angitt på tegningene, og vi må være særlig oppmerksom på at sporbredde og sporrenner holder de angitte mål så nær som mulig. Ser vi på snittet i fig. 73, vil vi uten videre forstå at det her bare kan tillates meget små avvikelser, hvis skinnekrysset skal virke tilfredsstillende.

Fig. 73. Hjulsatsens gang over skinnekrysset.

Ledeskinnenes plassering har stor betydning for kjøringen over kryss-spissen, men formen spiller også en rolle. Ledeskinner i eldre sporvekseltyper er formet som vist på fig. 74. Den krappe bøyning av endene medfører ofte kraftige støt mot hjulene sideveis. På de nyere sporvekseltyper er derfor utbøyningen gjort slakere så det blir en mykere innføring av hjulet. Hvis noen av boltene for festet i en ledeskinne ryker, må vi kontrollere at sporbredde og sporrenner holder riktige mål.

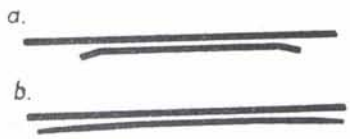


Fig. 74. Ledeskinner.

Tidligere var det mest alminnelig å fremstille kryss-spissen i ett stykke av støpestål, og det finnes fremdeles en del gamle sporveksler med helstøpte kryss-spisser innlagt i spor. Denne gamle utførelse var ikke særlig god.

Før 1965 ble så kryss-spisser, vingeskinner og ledeskinner laget av vanlige skinner som ble kappet, bøyd og høvlet til den korrekte form og satt sammen ved hjelp av avstandsklosser og bolter. Kryss-spissen og vingeskinnene er festet til en felles stor underlagsplate, som igjen er festet til svillene ved hjelp av svilleskruer (fig. 75). Alle underlagsplater i skinnekrysset er planplater.

Fra 1965 er skinnekryssene fremstilt med kryss-spiss av helsmidd blokk, tilhøvlet, herdet og påsveiset kryssben av vanlige skinner. Disse skinnekryss har separate underlagsplater for hver sville.

Også i denne skinnekrysskonstruksjon er kryss-spissen forbundet med vingeskinnene med avstandsstykker og gjennomgående bolter. Disse bolter er imidlertid tilskrudd og *forspent* fra leverandøren og skal *ikke* ytterligere tilstrammes.

Kryss-spissen er enten gjennomherdet eller overflateherdet, og vingeskinnene er fremstilt av en spesiell stållegering. Pålegg-

sveising på slitte skinnekryss av denne type krever en spesiell teknikk og må derfor bare utføres av spesielt opplærte sveisere.

Skinnekryss av høyverdig manganstål (12-14% Mn) blir levert i helstøpt utførelse med kryss-spiss og vingeskinner i ett stykke. Disse kryss er meget slitesterke og anvendes bare i sterkt påkjente sporveksler. Også for disse skinnekryss kreves det spesielle metoder for påleggssveising.

Detaljene i det alminnelige skinnekryss for den enkle sporveksel varierer noe for de forskjellige sporvekseltyper.

For alle skinnekrysstyper gjelder følgende generelle regler for vedlikeholdet:

> *Sporrennen mellom krysspiss og vingeskinne skal ha et nominelt mål på 40 mm. Den maksimalt tillatte økning i sporrenneåpningen er 3 mm.*
>
> *De samme mål gjelder for sporrennen mellom ledeskinne og kjøreskinne.*
>
> *Eventuelle grader på krysspiss og vingeskinner kan fjernes ved forsiktig sliping.*

Skinnekryss med bevegelig vingeskinne er brukt i sporveksler hvor trafikken hovesakelig går over det ene spor, altså fortrinnsvis i sporveksler på fri linje. Kjøringen gjennom hovedsporet blir da praktisk talt støtfri. De passer ikke for sporveksler hvor trafikken er mere jevn over begge spor, idet den bevegelige vingeskinnen i slike tilfeller er utsatt for større slitasje enn en fast vingeskinne.

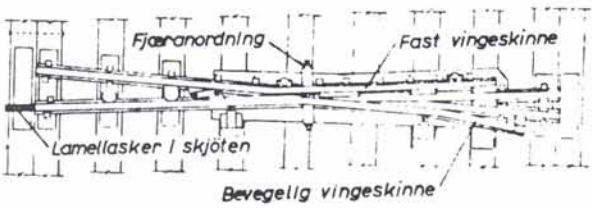


Fig. 75. Skinnekryss med bevegelig vingeskinne.

I et skinnekryss med bevegelig vingeskinne er det en fast og en bevegelig vingeskinne. Den bevegelige vingeskinne ligger i normalstillingen i anlegg mot krysspissen, og den holdes i denne stilling ved hjelp av en fjæranordning. For kjøring i det ene spor er det da ingen åpning foran krysspissen (fig. 75). Ved kjøring i det annet spor tvinger hjulflensene den bevegelige vingeskinne ut fra krysspissen. Den bevegelige vingeskinne er festet til mellomskinnen ved spesielle lasker, lamellasker, som gjør at skjøten er noe bøyelig sideveis.

På grunn av bevegelsesanordningen er det visse ulemper ved skinne-

kryss med bevegelig vingeskinne. I ytterstreng i kurve vil den bevegelige vingeskinnen ikke kunne oppta føringstrykket uten å gi etter. Ledeskinnen måtte i tilfelle overta styringen av hjulsatsen. Skinnekryss med bevegelig vingeskinne tillates derfor ikke i ytterstreng i kurve og ikke der hvor sporvekselen sveises.

Under snøfall blir den bevegelige vingeskinne ofte stående åpen. Dette er uheldig, idet sporbredden derved blir større enn forutsatt, og det resulterer igjen i økt påkjenning på ledeskinnen og mindre god kjøring over skinnekrysset.

4.7.9. *Drivanordninger og stengsler.*

En drivanordning for å stille om den enkle sporveksel for hånd er vist skjematisk på fig. 76a. Den består av *vekselbukk, drivstang* og *forbindelsesstang*. Dertil kommer de nødvendige *festestykker* for feste av drivstang og forbindelsesstang til tungene.

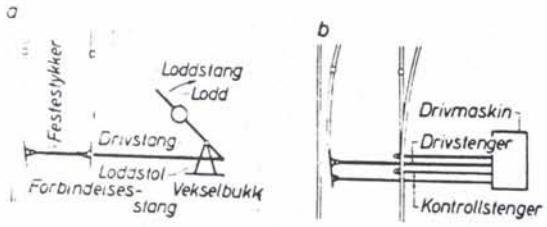


Fig. 76. Drivanordninger.

Drivanordningen for sentralstilte sporveksler består av *drivmaskin, 2 drivstenger* og *2 kontrollstenger* (fig. 76b).

Her er det altså ingen forbindelsesstang, idet hver tunge har sin egen drivstang. De to kontrollstenger skal gi elektrisk kontroll på at den tilliggende tunge har riktig anlegg mot stokkskinnen.

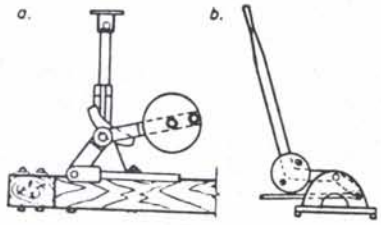


Fig. 77. Vekselbukker.

Vekselbukken lages nå som vist på fig. 77a. Den har *omleggbart lodd* ("kastelodd") som presser tungen på plass. På eldre sporveksler finnes ennå vekselbukker med *fast lodd* (fig. 77b).

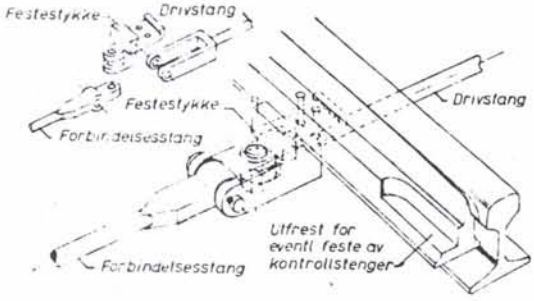


Fig. 78. Drivstang, forbindelsesstang og festestykke.

Drivstangen festes i den ene ende til loddstangen og i den annen ende til forbindelsesstangen. Forbindelsesstangen er igjen festet til tungen ved hjelp av festestykket (fig. 78). Festestykket er enklere ved sentralstilte sporveksler. Her er det jo ingen forbindelsesstang som skal festes til drivstangen.

På usymmetriske dobbeltveksler er det egen drivanordning for hvert av de to tungepar. Dobbelte kryssveksler har også to drivanordninger, en ved tungespissene i hver ende av sporvekselen.

Tungene skal kunne låses for å sikre sporvekselen under trafikk. Det finnes flere typer av låseanordninger. Her nevnes bare *klave-*

låsen som er vist på fig. 79. Viktigere sporveksler blir utstyrt med *sporvekselsignal*.

Drivanordningen skal være konstruert slik at sporvekselen ikke blir stående i *halvstilling*, dvs. med begge tunger halvåpne. På håndstilte sporveksler er det loddet som skal sikre at tungene ligger i riktig stilling, men da må ikke stengenes og tungenes bevegelser hindres av is eller snø. Glidestolene må alltid være rengjort og godt smurt. På sentralstilte sporveksler må åpningen for den tilliggende tunge ved tungespissen ikke være større enn 3 mm. Er åpningen større enn dette, vil tungekontrollen bevirke at signalene for alle togveier som er avhengig av sporvekselens stilling blir stående på "stopp". De kan ikke legges om før tungen slutter bedre til stokkskinnen.

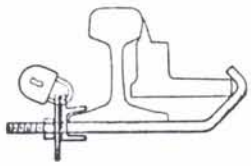


Fig. 79. Klavelås.

Under snøvær må tungeanordningene holdes rene. For å lette arbeidet og sikre driften, blir det installert elektriske varmeelementer som er festet til innsiden av stokkskinnen. Elektrisk oppvarming av skinnekryss og rådegraver er også forsøkt.

For å sikre at den tilliggende tunge i viktige sporveksler holdes fast til stokkskinnen, brukes særskilte stengsler, dels mekaniske og dels elektriske.

Vi bruker to typer mekaniske stengsler. Det er *hakestengsel* og *palstengsel*.

Et *hakestengsel* består av en dreibar *hake* som er festet til festestykket på tungen og som griper over et *sluttstykke* festet til stokkskinnen. Detalj av hakestengsel er vist på fig. 80.

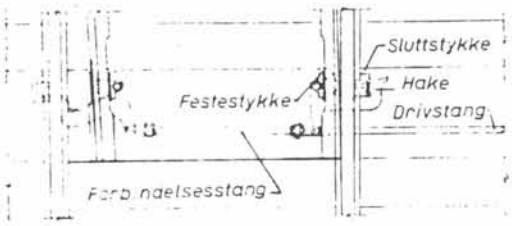


Fig. 80. Hakestengsel.

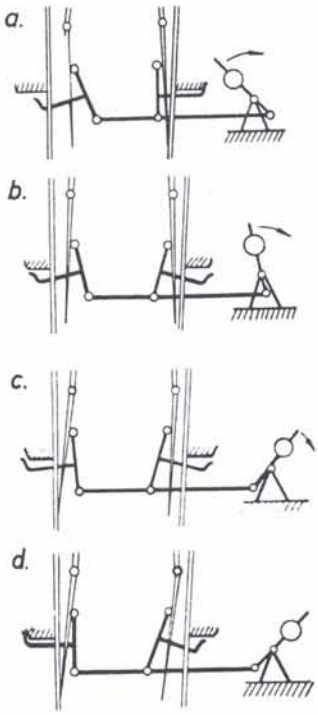


Fig. 81. Hakestengslets virkemåte.

På et riktig montert hakestengsel griper haken om sluttstykket i hele sin lengde. Haken har da *fullt inngrep*, som er 60 mm.

Skinnevandring i en sporveksel kan medføre at sluttstykke og hake kommer i uriktig stilling i forhold til hverandre, delene er jo montert på hver sin skinne. Derved kan hakens inngrep om sluttstykket bli endret.

Inngrepet skal *aldri være mindre enn 35 mm*. Sluttstykke og ledd skal holdes godt smurt for å hindre unødig slitasje.

Skinnevandring er alltid uheldig, og i sporveksler med hakestengsel er det særlig nødvendig å holde skinnevandringen under kontroll.

Virkemåten av et hakestengsel fremgår av fig. 81.

Stilling "a" viser utgangsstillingen. Den tilliggende høyre tunge er fastholdt ved at haken griper om sluttstykket. Venstre tunge har full åpning som fraliggende tunge. Fra denne stilling startes omlegging av sporvekselen.

Stilling "b" illustrerer situasjonen etter at første trinn i omleggingen er fullført. Under denne del av omleggingen er det bare venstre tunge som beveger seg, høyre tunge ligger fast inntil haken har sluppet grepet om sluttstykket. Dette er nettopp skjedd i stilling "b".

Nå er også høyre tunge fri, og i annet trinn av omleggingen beveger tungene seg parallelt inntil venstre tunge har fått anlegg mot sin stokkskinne. I stilling "c" er dette vist. Venstre tunge er kommet på plass og ligger løst inn mot stokkskinnen. Høyre tunge har ennå ikke full åpning.

I siste trinn av omleggingen fortsetter høyre tunge bevegelsen alene, mens haken for venstre tunge samtidig lukker seg om sluttstykket, og vi kommer over til sluttstillingen, stilling "d". Venstre tunge er nå blitt tilliggende tunge og ligger fastholdt til sin stokkskinne, mens haken for høyre tunge er fri.

Palstengsel har spesielle sluttstykker festet til hver av stokkskinnene. Nedre del av sluttstykket er formet som et kammer som forbindelsesstangen føres gjennom. I dette kammeret glir også *palen* frem og tilbake. Palen er festet med ledd direkte til tungens fot. På fig. 82 er vist sluttstykket og en del av forbindelsesstangen samt palen i stengestillingen.

For palstengselet gjelder at palen skal kunne gli lett og uhindret gjennom palhuset på stokkskinnen. Palen skal på samme måte som hakestengselet ha så god tilpassing at tungetilslutningen ikke overskrider den tillatte toleranse på 3 mm. Palen kan strammes eller slakkes ved hjelp av en eksentrisk foring - Waltetbøssing - i palens festebolt i tungefoten.

Palens anleggsflate mot palhusets bakre stoppknaster er tilpasset fra verkstedet og bør vanligvis ikke røres eller bearbeides. Hvis det i enkelte tilfeller er nødvendig med en justering av anleggsflaten, må dette utføres ved sliping eller smergling.

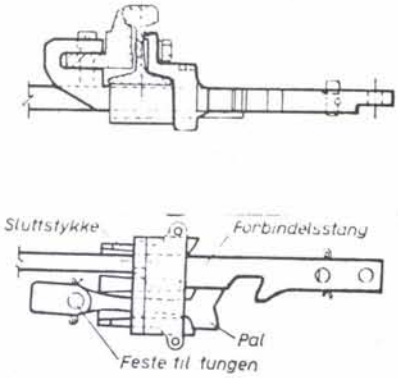


Fig. 82. Palstengsel.

Et riktig montert palstengsel skal kunne tåle en forskyvning på 8 mm til hver side av midtstillingen (nøytralstillingen). Hvis palen kommer i beknip i palhuset, skyldes dette en for stor relativ forskyvning av tungen i forhold til stokkskinnen - eventuelt unøyaktig montering. En slik fastkiling kan vanligvis utbedres ved en forsiktig trekking av stokkskinne eller tunge.

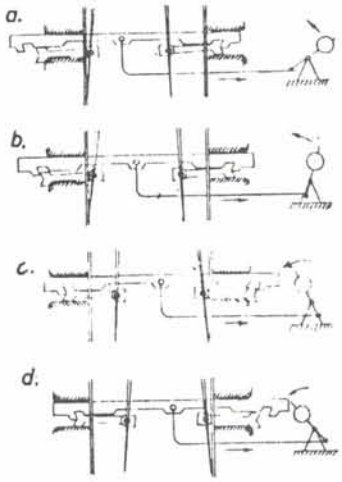


Fig. 83. Palstengselets virkemåte.

Virkemåten av palstengselet er vist skjematisk på fig. 83. Her kan også omleggingen deles i tre trinn, som ved hakestengselet.

Stilling "a" er utgangsstillingen med venstre tunge i tilliggende stilling. Tungen er fastholdt ved at palen står i stengestilling mot sluttstykket. Forbindelsesstangen holder palen fast.

Omlegging av sporvekselen starter. I første trinn av omleggingen er det bare høyre tunge som beveger seg, venstre tunge er fremdeles fastholdt av palen og ligger rolig.

I stilling "b" glipper hodet på venstre pal inn i et hakk i forbindelsesstangen som naturligvis også har beveget seg. Dermed er palen fri, venstre tunge er ikke lenger fastholdt, og vi går inn i annet trinn av omleggingen. Begge tunger beveger seg nå parallelt inntil høyre tunge får anslag mot sin stokkskinne.

I stilling "c" er dette vist. Høyre tunge er ennå ikke stengt, og venstre tunge har ikke full åpning. I tredje og siste trinn av omleggingen fortsetter venstre tunge bevegelsen alene samtidig som høyre pal nå kommer i stengestilling, fastholdt av forbindelsesstangen.

I stilling "d" er sluttstillingen vist. Høyre tunge er nå blitt tilliggende tunge og ligger fastholdt av palen til sin stokkskinne.

I sentralstilte sporveksler har vi to kontrollstenger i tillegg til de to drivstengene. Alle disse stengene er forsynt med en tannstanganordning for justering. Kontrollen med at tungen ligger inntil stokkskinnen, ligger i drivmaskinen. Kontrollstengene må justeres slik at det ikke gis kontroll på sporvekselen uten at tungen ligger inntil stokkskinnen.

Omstilling av en sporveksel skal normalt skje ved hjelp av drivanordningen. På håndstilte sporveksler skal loddet eller loddstangen legges rolig over i ny stilling for ikke å utsette konstruksjonsdelene for unødige støt.

Det er ikke tillatt å kjøre opp en sporveksel. Likevel hender det av og til at det blir gjort ved et uhell. Konstruksjonen av en sporveksel er slik at oppkjøring skal kunne foregå uten å ødelegge sporvekselen, men da påkjenningene blir unormale, og omstillingen som regel foregår i voldsomt tempo, kan man risikere at en eller annen konstruksjonsdel blir skadd. Sporveksler som er kjørt opp, skal derfor undersøkes med en gang.

4.7.10. *Komplette sporveksler og sporkryss.*

På fig. 84 er vist en forenklet oversiktstegning av en *enkel sporveksel* for 35,7 kg spor, 1:9 R=300 og med bevegelig vingeskinne i skinnekrysset.

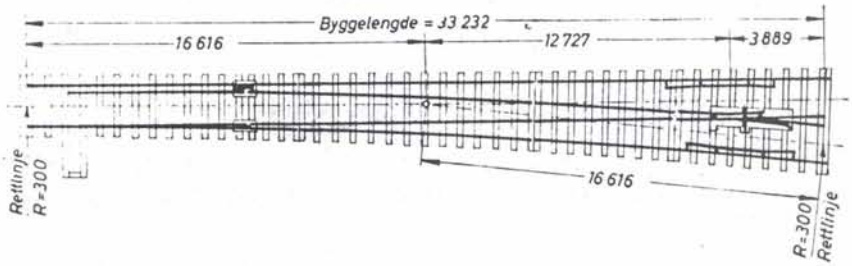


Fig. 84. Enkel sporveksel.

Som vi ser, går vekselkurven gjennom hele sporvekselen. Vi har altså for oss en sporveksel med lang kurve i avvikesporet. Tungeanordningen har separate underlagsplater, og en sporveksel av den viste type kan bygges for innlegging i krumt spor.

Skinner i krumt spor må kurvepresses.

I de fleste sporvekseltyper er mellomskinnene lagt på normale underlagsplater. Skinnene vil da få den vanlige skråstilling i sporet, nemlig 1:20. Da skinner i tungeanordninger og skinnekryss alltid står loddrett fordi de er lagt på planplater, må mellomskinnene vris ved skjøten i begge ender. Det samme må vi gjøre med de skinner som skjøtes sammen med tungeanordningen i stokkskinneskjøten og med skinnekrysset i bakkanten av dette. Denne vridning foretas over minst 3 sviller ved å skarve ned underlagsplatene så det blir jevn overgang.

Fig. 85 viser en oversiktstegning av en *usymmetrisk dobbeltveksel* for 35,7 kg spor 1:9 R = 190, med første avvik til høyre.

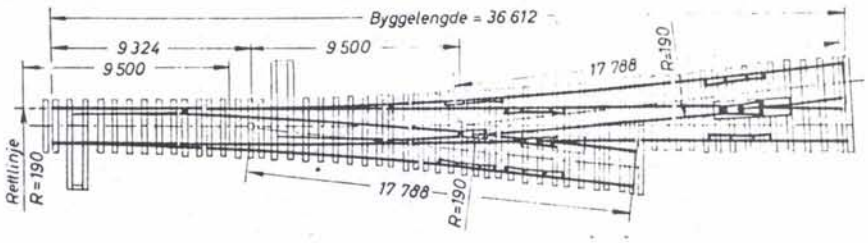


Fig. 85. Usymmetrisk dobbeltveksel.

I en usymmetrisk dobbeltveksel er det 3 skinnekryss, to alminnelige skinnekryss og et spesialkryss. Dette spesialkryss er vist på fig. 86 (unntatt ledeskinnene). På enkelte typer av usymmetriske dobbeltveksler er det spesielle skinnekryss bygd sammen med det nærmest liggende alminnelige skinnekryss til en sammenhengende konstruksjon.

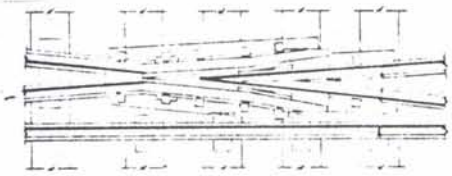


Fig. 86. Spesialkryss for usymmetrisk dobbeltveksel.

Usymmetriske dobbeltveksler har for det meste normale tungeanordninger som for enkle sporveksler, men det finnes enkelte typer som er utstyrt med tungeanordninger av en litt annen utførelse. Det kan ikke anvendes normale hakestengsler overalt i en usymmetrisk dobbeltveksel.

En *dobbelt kryssveksel* for 49 kg spor, 1:9 R=190, er vist på fig. 87. I en kryssveksel er det 4 skinnekryss, nemlig *2 endekryss* og *2 sidekryss*. Disse siste er spesialkryss og er vist på fig. 88.

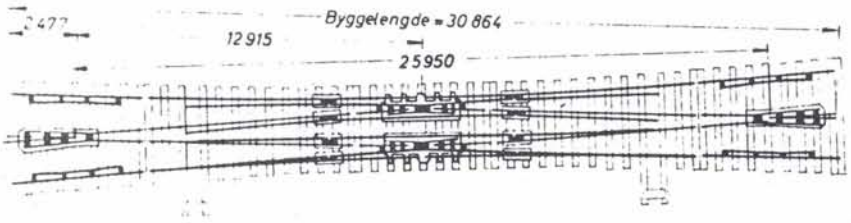
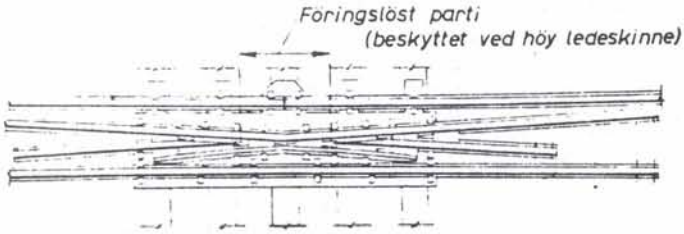


Fig. 87. Dobbelt kryssveksel.



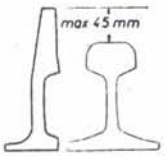


Fig. 88. Sidekryss for dobbelt kryssveksel.

Fig. 89. Høy ledeskinne.

Endekryssene er alminnelige skinnekryss og har oftest benlengder som disse. Sidekryssene derimot har en helt spesiell form, med 2 krysspisser og ingen vingeskinner. Under passeringen av det åpne stykket ved en av krysspissene er det skinnen i det krysende spor som bærer hjulet over åpningen.

Ved disse sidekryss er det nødvendig å bruke ledeskinner av et særskilt profil, *høye ledeskinner*, som vist i snitt på fig. 89. Disse ledeskinner er bygget sammen med sidekrysset. Høye ledeskinner kan rake opp til 45 mm over skinneoverkant, de støtter hjulet over en større lengde enn vanlige ledeskinner fordi hjulet har bredere anlegg mot ledeskinnen enn mot de vanlige lave ledeskinner. Både endekryss og sidekryss er opplagt på hel underlagsplate.

Tungeanordningene i en kryssveksel er normale som for enkel sporveksel og utstyrt med separate underlagsplater. Våre nåværende konstruksjoner av kryssveksler kan likevel bare legges inn i rettlinjet spor. En kryssveksel blir som regel bygd sammen i verksted før leveringen. Alle nødvendige skinner til sammenbyggingen følger da med når denne leveres.

De fleste *sporkryss* ved NSB ligger i spor som krysser hverandre under bestemte vinkler. Det er sporene i de dobbelte "sporsløyfer" som forbinder to parallelle spor på stasjoner. For disse sporkryss er det utarbeidet standardtegninger.

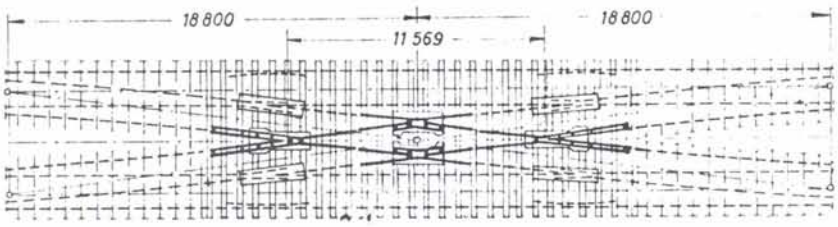


Fig. 90. Sporkryss 2x1:8.

Stigningen i vanlige sporkryss er bestemt ved stigningen i de tilstøtende sporveksler, og man betegner derfor sporkryssets stigning i forhold til vekselstigningen. Er det innlagt sporveksler med stigning 1:8, betegnes således sporkryssets stigning med 2x1:8. Da vet vi at dette sporkryss bare kan brukes i forbindelse med sporveksler 1:8. Et sporkryss 2x1:8 er vist på fig. 90.

Vi har også skinnekryss mellom spor med kryssingsvinkel som kan være mere eller mindre tilfeldig. De kryssende spor kan være rette, og de kan være krumme. Det må da anvendes særskilte konstruksjoner av sporkryss i hvert enkelt tilfelle.

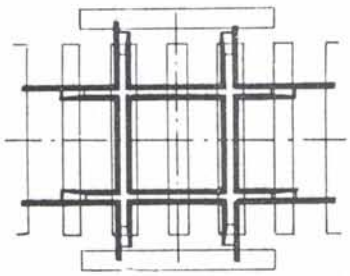


Fig. 91. Rettvinklet sporkryss.

I sporkryss med slak stigning finner vi igjen de samme to typer skinnekryss som i kryssveksler, nemlig sidekryss og endekryss. Økes stigningen, blir endekryssets form mere og mere likt sidekrysset. På rettvinklet sporkryss er alle 4 kryss like (fig. 91). Sporkryss med stor stigning blir ofte sveiset sammen. Delvis blir de også fremstilt av ekstra kraftige rilleskinner.

4.8. Skinnegangen på bruer og underganger.

På bruer med gjennomgående ballastdekke legges skinnegangen som på linjen for øvrig. For stålbruer, hvor svillene ofte legges direkte på brubærerne, gjelder følgende regler:

På underganger av tvillingbærere brukes som regel sviller av vanlig type. Svillene legges ganske tett slik som vist på fig. 92. I enkelte tilfeller må det brukes spesialsviller.

På bruer med enkle bærere (langbærere eller platebærevegger) legges *brusviller* 9" x 9" ved 49 kg skinner og 7" x 9" ved 35 kg skinner. Den vanlige svilledeling på slike bærere er mere glissen. Den er vist på fig. 93. Sviller på bruer skal være av god kvalitet, og alle sviller til samme bru må være nøyaktig like høye. Svillelengden er 2,5 m, unntaksvis 2,7 m.

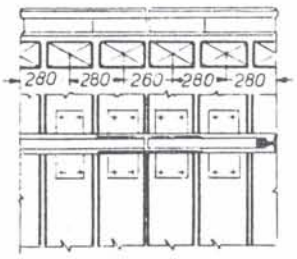


Fig. 92. Svilledekke på underganger av stål.

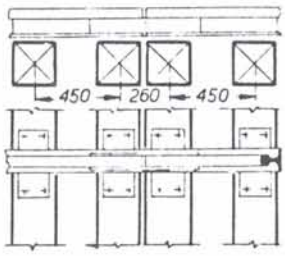


Fig. 93. Svilledekke på stålbruer.

På korte bruer (uten skinneskjøt på brua) bruker vi i alminnelighet samme sort skinnefeste som ellers på linjen. På større bruer skal skinnefestet være litt løst, så skinnene ikke følger med når brua forandrer lengde på grunn av veksling i temperaturen. I alminnelighet brukes nå bøyleplater eller kileplater med avslipte kiler. Legges det inn glideskjøt ved brua, står vi mere fritt. Da anvendes et skinnefeste som binder skinnene fast til svillene, f.eks. skinnefeste med klemfjær ("Hey-Back").

Det er bestemte regler for plassering av skinneskjøtene på og ved bruer. Skinneskjøter skal ligge minst 2 m fra bjelkenes opplegg på landkar og pilarer. På korte bruer skal det helst ikke være skinneskjøt på brua. Skinnegangen må holdes fri for skinnevandring.

I kurver med overhøyde legges gjerne småbruer og underganger i samme skråstilling som overhøyden. På større bruer med loddrette bærevegger blir brusvillene liggende i vannrett stilling. Overhøyde på disse bruer legger vi opp med særskilte *overhøydeklosser*. Konstruksjonen er tegnet inn på fig. 94. Overhøyde kan vi også få ved å skråskjære svillene med riktig helning.

På alle bruer og underganger som er over 10 m lange, skal det legges inn *ledeskinner*. Ledeskinnene skal tjene som sikring ved avsporing. De legges innenfor kjøreskinnene med 200 mm sporrenne. Til ledeskinner benyttes brukte skinner og kapp. De legges direkte på svillene (fig. 95) og skjøtes på vanlig måte, unntatt over bevegelige opplagere. Her skal det ikke settes på lasker. Ledeskinnene føres ca. 10 m utenfor bruendene hvor de trekkes sammen i en spiss med en

kloss ytterst, slik som vist på fig. 95.

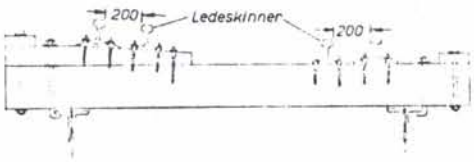


Fig. 94. Overhøydekloss og ledeskinner.

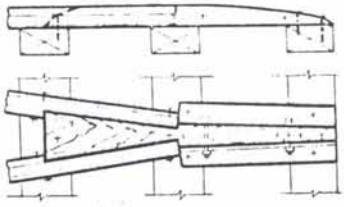


Fig. 95. Avslutningen av ledeskinner.

Forskriftene for anordning av ledeskinner på bruer er nå under omarbeidelse.

Små bruer.

I dag går man inn for å utføre alle nye bruer med gjennomgående ballast. Småbruer av stål erstattes som regel med prefabrikerte betongtrau (fig. 96).

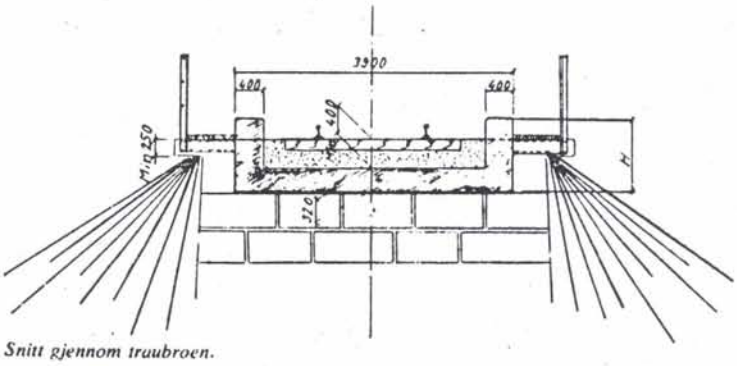


Fig. 96. Betongtrau.

5. ANLEGG OG VEDLIKEHOLD AV OVERBYGNINGEN

5.1. Innledning.

Enhver tjenestemann som leder et overbygningsarbeid, må kjenne og følge reglene i overbygningsforskriftene. Disse regler kan bare fravikes med distriktsjefens tillatelse.

Uregelmessigheter i overbygningen fører til økte påkjenninger og økt slitasje. Både påkjenningene og slitasjen er under ellers like forhold avhengig av trafikkens størrelse. Linjer med svak trafikk vil i alminnelighet kreve et enklere vedlikehold enn sterkt trafikkerte linjer. Målet må være - *med minst mulig kostnad* - å holde overbygningen i den stand som kreves forat de forskjellige linjer skal kunne trafikkeres med full sikkerhet og den største tillatte hastighet.

Det kan ikke settes opp en felles norm for utførelsen av vedlikeholdet av overbygningen gjeldende for alle linjer. Enkelte linjer er i dårlig hevd med telehiving og mindreverdig ballast. Her må vedlikeholdet tas unna for unna, etter som manglene viser seg. Andre linjer er i førsteklasses stand med relativt stabilt spor. Man kan da klare seg med mere regelmessige justeringer alt etter som måleresultater viser at det er nødvendig. Disse regelmessige justeringer skal omfatte alle ordinære arbeider i sporet som tilsetting av skruer og bolter, svillebytting, ballastering, løfting, pakking, retting og kantvibrering/ballaststabilisering.

Vedlikeholdet må planlegges som ethvert annet arbeid. Vi må registrere *hva* som skal gjøres, planlegge *hvordan* vi vil gjøre det, i *hvilken rekkefølge*, hvilke maskiner vi kan bruke, hva vi trenger av mannskap, materialer, drivstoff, smøremidler o.l., *når* arbeidene skal utføres, sørge for at alt og alle er på plass til rett tid, legge forholdene til rette for rasjonell utførelse av arbeidene, sørge for hvilehytter, vann og sanitærforhold, samarbeid med andre avdelinger, linjedisponeringer osv.

De forskjellige arbeider må som nevnt tas i bestemt rekkefølge. Vi grovbakser ikke sporet *etter* en hovedjustering. Da bytter vi heller ikke sviller. Det vil jo bare føre til at vi må pakke svillene ennå en gang, og vedlikeholdet blir dyrere enn nødvendig. Forsømmer vi vedlikeholdet, kan vi miste taket på det hele. Arbeidet med å rette opp igjen det som er forsømt, blir da større enn når arbeidet drives jevnt og planmessig.

Tjenestemann som settes til å betjene en maskin, skal ha fått full instruksjon i den enkelte maskins bruk og tilsyn og være godkjent som kjører. Det er særlig av betydning at vedkommende gjør seg kjent med hvilke smøremidler som er foreskrevet for de forskjellige maskiner, og hvor ofte det skal smøres. Dette finnes det opplysning om på smørekartet som skal følge maskinen. Bruk av feilaktige smøremidler er alltid skadelig og kan i graverende tilfelle føre til ødeleggelse av maskinen i løpet av meget kort tid. Man kan derved påføre jernbanen betydelige utgifter, først som følge av at maskinen må repararereres, og dernest ved at maskinen blir satt ut av bruk kanskje når den trenges mest.

For de større arbeidsmaskiner skal det føres *drifts-* eller *ukerapport*

med daglig oppgave over bruken av maskinen. Ukerapporten skal gi opplysninger om brukstid, forbruk av brennstoff og smøremidler, samt forefallende reparasjoner. Dessuten skal det gis opplysninger om omfanget av det arbeid som maskinen har utført. Rapportene skal gi ledelsen en orientering om maskinens tilstand, ytelser og bruk, og de må føres nøyaktig.

5.2. Skinnelegging og skinnebytting.

5.2.1. *Forberedende arbeider.*

I overbygningsforskriftene er det bestemt at skinner som skal legges inn i kurver R = 500 m eller mindre, skal kurvepresses. For spor med fjærende skinnefeste ("Hey-Back", "Pandrol") er kravene til kurvepressing av skinnene redusert, da et slikt spor er meget stivt. I alminnelighet har vi kurvepresset de ytterste par meter i hver ende av skinnen.

Til retting og kurvepressing av skinner bruker vi skinnepresser. Vi har to hovedtyper, *knekkpresser* og *rullepresser*.

Ved knekkpresser bøyes eller knekkes skinnen punkt for punkt inntil den har fått riktig krumming. Den mest alminnelige knekkpresse har vært den velkjente skrupressen som betjenes for hånd. Den er vist på fig. 97. Skrupressen er tung å arbeide med når det gjelder pressing av tyngre skinneprofiler. Enkelte slike skrupresser er bygd om til drift med trykkluft, og arbeidet går da både hurtigere og lettere.

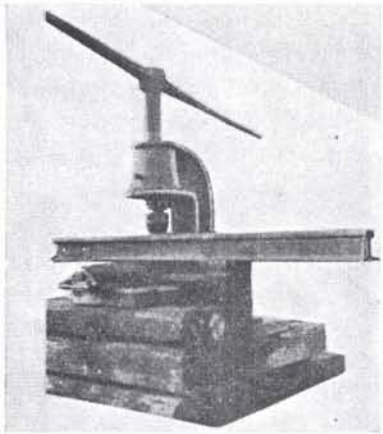


Fig. 97. Skrupresse.

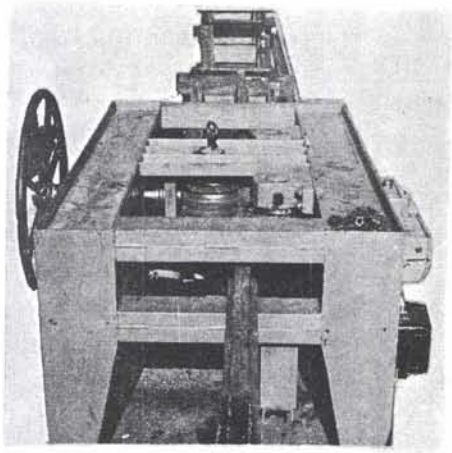


Fig. 98. Rullepresse.

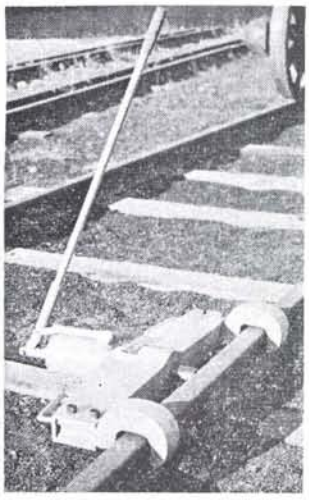


Fig. 99.
Flyttbar skinnepresse.

I rullepressen føres skinnen mellom tre ruller, to på den ene siden og en på den andre (fig. 98). Skinnen blir derved presset jevnt over hele lengden og ikke bare i enkelte punkter som i knekkpressen. Midtrullen er stillbar i sideretningen. Vi kan derved regulere skinnens krumming etter ønske. Skinner med tverrknekk kan ikke rettes i en rullepresse. De må i tilfelle først rettes i knekkpresse. Rullepresser er motordrevne.

Når vi kurvepresser skinner før de

legges i spor, er det vanskelig med rimelige midler å få dem kurvepresset helt ut i enden. Skinneskjøten vil derfor gjerne bli kantet ("spiss"). Vi kan da presse skinnene omkring skjøten etter at de er kommet på plass i sporet. Til dette arbeid har vi flyttbare skinnepresser. En modell er vist på fig. 99. I pressen er innebygget en oljepumpe som manøvreres for hånd. Den største typen av denne modell kan brukes for de fleste nåværende skinnevekter ved NSB. Helst bør vi ta begge skinneskjøter i en sporskjøt samtidig. Vi må altså da ha to presser i arbeid. Det finnes enklere modeller av flyttbare skinnepresser, bygget som skrupresser. Disse skinnepresser egner seg i alminnelighet bare til bruk ved de lettere skinnevekter. Ved hjelp av flyttbare skinnepresser kan vi også presse sporvekseltunger i sporet når profilet ikke er for stort for pressen.

Før kurvepressing av skinner bestemmer vi krummingen enten ved måling av pilhøyder (se fig. 159) eller ved hjelp av mal. I alminnelighet kurvepresser vi skinnene med litt for slak kurve så de blir liggende noe i spenn i sporet.

Når vi arbeider med skinner, skal vi være forsiktige for ikke å bli skadd. Det er særlig hendene og føttene som er utsatt. Det kan gå utrolig fort å få skadd en hånd eller noen tær hvis vi unnlater å bruke den redskapen som skal finnes på enhver arbeidsplass der skinner blir håndtert.

Fig. 100.
Skinnespak.

Til kanting av skinner brukes *skinnespak*. Det finnes en rekke typer. En er vist på fig. 100. Det er ikke tillatt å kante skinner ved å stikke spett inn i boltehullene i skinnesteget, unntatt ved lette skinner. Kanting på denne måte av tunge og især av lange skinner kan skade skinnen varig i boltehullet, og det kan utvikle seg til brudd. Til trekking av skinner

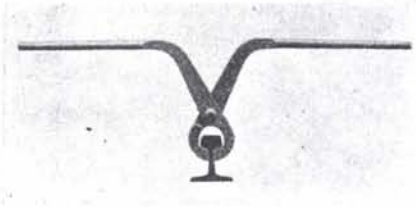


Fig. 101.
Skinnetang.

brukes *skinnekroken* som stikkes inn i boltehullene, og til løfting brukes en *skinnetang* av en eller annen konstruksjon (fig. 101).

5.2.2. *Skinnelegging.*

Det er mange måter å legge et spor på, avhengig av hvor stort arbeidet er og hva slags utstyr vi har. Mest alminnelig bygger vi sporet sammen på stedet. Da må alle materialene kjøres enkeltvis frem til skinnetipp. Vi kan også bygge sporlenkene sammen på en sentral plass og herfra kjøre dem ut på en eller annen måte. I dette avsnitt skal vi først og fremst omtale sammenbyggingen av sporet i linjen med tilhørende arbeider.

Forskjellen mellom de enkelte metoder for skinnelegging ligger vesentlig i transporten og avlastingen. For sammenbyggingen er hovedreglene de samme med den forskjell som følger av at konstruksjonsdetaljene kan være ulike, f.eks. forskjellig utførelse av skinnefestet.

Til transport av sviller, skinner og smådeler kan ved små arbeider brukes enten de vanlige arbeidstraller eller *diplory*-traller, som er lavere (fig. 102). Diplory-traller laster i alminnelighet 7,5 tonn pr. boggi. Arbeidet går raskere hvis vi har *lastetraktor* med kran (fig. 103). Tre typer er nå i bruk. De laster 4-8 tonn og kan trekke to tilhengere med 4 tonn last hver.

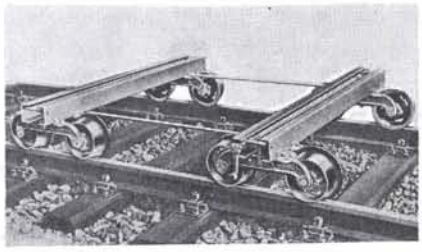


Fig. 102. Diplory-traller.

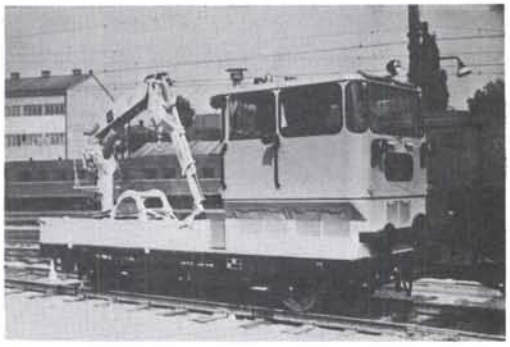


Fig. 103. Lastetraktor.

Kranenes løfteevne er 1,0 - 8 tonn, avhengig av type og av hvor lang kranarm som brukes. Side- og endelemmer på traktor og tilhengere kan tas bort. De nyere typer lastetraktorer og tilhengere kan ha utstyr for sidetipp.

Er det et større skinneleggingsarbeid som skal utføres, må vi bruke arbeidstog til transporten. Opplasting av skinner foregår da helst med kran. Arbeidstoget settes opp med de nødvendige vogner for skinner og smådeler. Fig. 104 viser en skinnetransport.

Med spesialkraner som vist på fig. kan vi legge ut skinnene til bare en side av sporet, og det kan passe bra ved legging av sidespor og dobbeltspor. Til skinnebyttingsarbeider er det mere fordelaktig å ta skinnene endelangs ut over vognenden. Til dette har vi særskilte utleggingsvogner, utstyrt med kraner og ruller for avlastingen.

Vogner med slikt utstyr er vist på fig. 106. Det er lagt en rullebane på hver side av vognene og ved hjelp av kranene løfter vi skinne for skinne over på rullebanen. Fra skinnekoblet trekkes så skinnene over på ruller på *nedføringsvognen* og skyves bakover så langt at enden kommer ned på sporet, der den forankres.

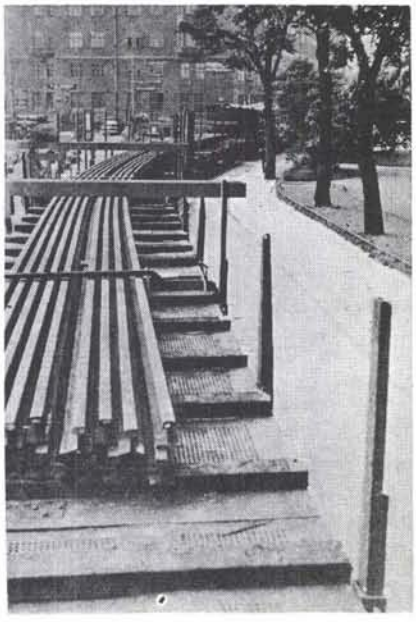


Fig. 104. Transport av skinner.

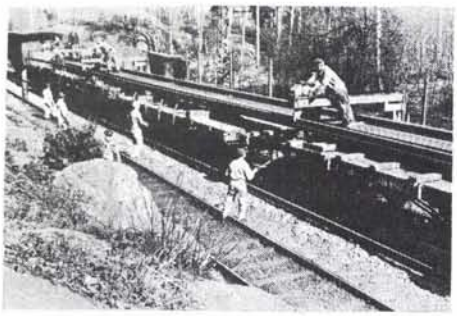


Fig. 105. Avlasting med kran.

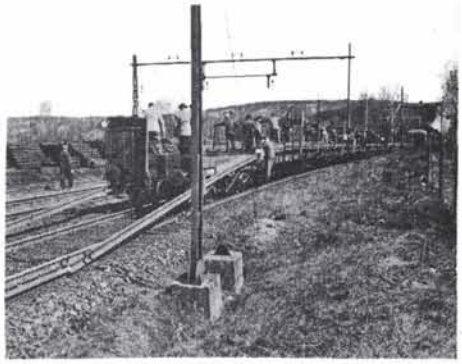


Fig. 106. Avlasting fra utleggingsvogn.

Deretter trekker lokomotivet vognsettet fram, mens skinne for skinne blir koblet sammen og firt over på rullebanen. Slik fortsettes det til hele vognsettet er tomt.

Skinnebukker med ruller har utstyr for å flytte skinnen til side, og for å senke den ned på rett plass i sporet. På fig. 107 kan vi se en skinne som er ferdig til å senkes. En skinnebukk manøvreres for hånd. Den veier ca. 160 kg og kan belastes med 1500 kg.

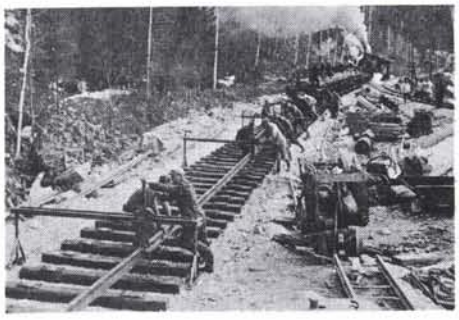


Fig. 107. Skinnebukker.

Før skinnene kan senkes ned på tresvillene, må platene være lagt på plass. Er svillene levert uten påsatte plater, f.eks. ved spikerfeste, må platene først legges ut på svillene. Plateleiet blir da merket av på svillene for den ene skinnestrengen som festes, hvoretter den annen streng blir lagt etter *spormålet* (fig. 109). Spormål som skal brukes på en skinnegang i drift, må være isolert av hensyn til signalstrømmen ved sikringsanlegg.

Fig. 108. Skinnebukk, detalj.

Fig. 109. Spormål.

Fig. 110. Varmeblikk.

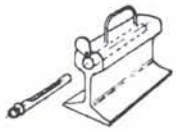


Fig. 111. Skinnetermometer.

Etter at skinnene er lagt på plass, kontrollerer vi først at skjøtene ligger vinkelrett. Dette gjøres ved hjelp av *skinnevinkelen*, en enkel trevinkel som rekker tvers over sporet. Deretter setter vi

laskene løst på og bruker *varmeblikk* for å regulere varmerommene til riktig størrelse (fig. 110).

Vi må ha med et tilstrekkelig antall varmeblikk av forskjellig tykkelse, passende for de varmerom som er foreskrevet. De skal helst settes inn fra utsiden av skinnehodet så de ikke hindrer eventuell transport på sporet, og de skal bli sittende til laskeboltene er fast tilskrudd og sporet er grovbakset.

Størrelsen av varmerommet avhenger av skinnetemperaturen og finnes i en tabell. Skinnetemperaturen måles ved hjelp av et *skinnetermometer*. En type er vist på fig. 111.

I tunneler og snøoverbygg, der årsvariasjonen i skinnetemperaturen er langt mindre enn i fri luft, bestemmes størrelsen av varmerommet særskilt. På slike steder kan varmerommene være atskillig mindre enn normalt.

Når vi har foretatt de nevnte kontroller, skrur vi laskeboltene fast til og går i gang med å feste skinnene. Bruker vi skinnespiker, må vi påse at spikeren blir slått ned midt i platehullet. Til boring for svilleskruer skal det anvendes 15 mm bor. For tilskruing av svilleskruer kan vi bruke svilleskrunøkkel, pipenøkkel, men det går langt raskere med *svilleskruemaskin*. En type er vist på fig. 112.

En svilleskrue må *ikke slås ned*, men det er tillatt å gi skruen et lite slag med en lett hammer, så vidt at den står på plass når redskapen for nedskruing skal settes på. Jo mindre skruen slås ned, desto lenger holder skruen feste i svillen. Når vi bruker skrumaskin, må vi påse at svilleskruene ikke blir tilsatt så hardt at de blir trukket "over gjenge". *Dette er viktig*, for ellers blir gjengesporene i veden ødelagt, og holdet for skruen blir dårlig. På de fleste typer av skrumaskiner kan **tilsettingskraften** (eg. momentet) reguleres ved et håndgrep. På eldre maskiner er dette ikke fullt så enkelt, der må selve friksjonskoblingen som er innbygget i maskinen være regulert.

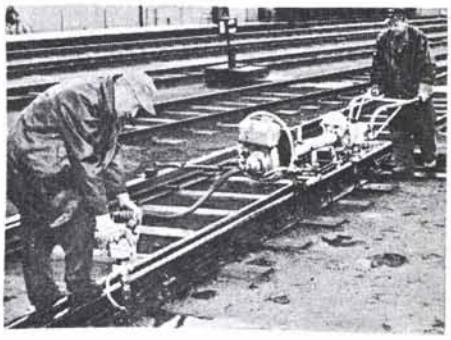


Fig. 112.
Svilleskrumaskin med utstyr for svilleboring.

Enkelte typer av svilleskrumaskiner har tilleggsutstyr for svilleboring, eventuelt også utstyr for tilsetting av laskebolter. Ellers brukes ennå mest fastnøkler til laskeboltene, eller pipenøkkel med skralle, vist på fig. 113.

For feste med fjærspiker må også svillen bores. Diameteren av hullet fastsettes i forhold til tverrsnittet av fjærspikeren. For fjærspiker 16x16 mm skal hullet være 13 mm. En fjærspiker skal først slås ned akkurat så meget at spissen ligger løst an mot skinnefoten. Deretter slås den ytterligere ned 5-7 mm, slik at fjærspikeren vil stå i riktig spenn. Vi må helst bruke en mal.

Skinnelegging kan også foregå ved utlegging av ferdige skinnelenker, satt sammen på en monteringsplass og kjørt ut med arbeidstog. Det er mange måter å gjøre dette på. På fig. 114 er vist utkjøring av en 90 m lang skinnelenk med betongsviller. På arbeidsstedet må det da legges ut et spor av lette skinner som lenken blir kjørt ut på, og som blir fjernet før skinnelenken senkes på plass.

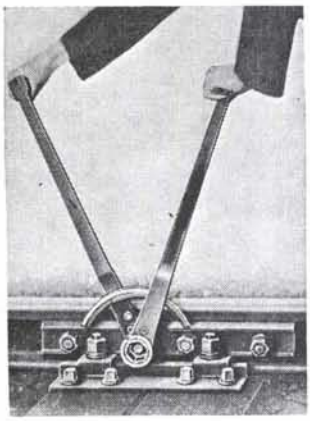


Fig. 113. Pipenøkkel med skralle.

På linjen skal det såvidt mulig bare legges inn skinner av kurant lengde, så vi lettvint kan erstatte en ødelagt skinne med en normal skinne fra reservelagret. Inn mot sporveksler og småbruer blir det ofte nødvendig å legge inn *passkinner* med særskilt lengde for hvert enkelt sted.

Til kapping av skinner som skal laskes sammen skal vi alltid bruke sag. Kapping med skjærebrenner er bare tillatt for skjøter som skal sveises.

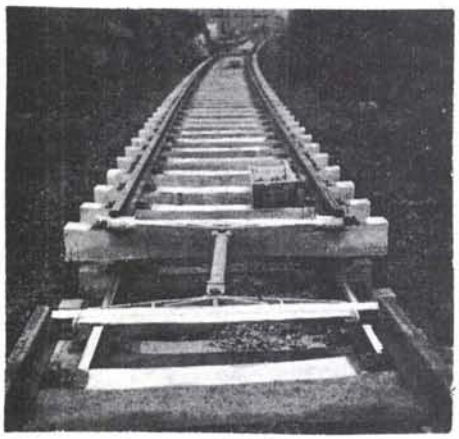


Fig. 114. Utkjøring av skinnelenker.

Huller for laskebolter skal bores. De må ikke brennes ut med skjærebrenner, da brenning fører til at skinnematerialet svekkes så det senere kan oppstå skinnebrudd. La boret gå rolig gjennom skinnesteget. På slutten av boringen må det ikke trykkes gjennom, da dette kan skade skinnen. Etter boringen fjernes graten omkring hullet med en fil.

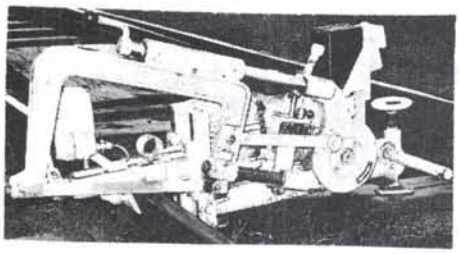


Fig. 115. Skinnesag.

På fig. 115 er vist en *skinnesag* og på fig. 114 en *skinneboremaskin*. Det finnes på markedet en rekke forskjellige typer av slike maskiner, både for håndrift og for motordrift.

Husk også på at laskebolter skal dyppes i olje før innsettingen og at mutterne på laskebolter ikke må tilsettes så hardt at fjærringen trykkes helt sammen (side 32).

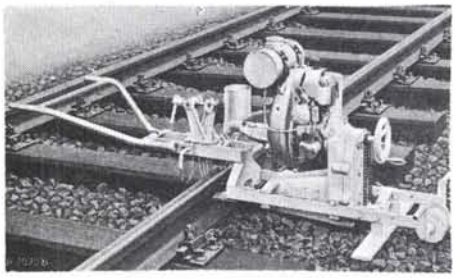


Fig. 116. Skinneboremaskin.

5.2.3. *Større skinnebyttingsarbeider.*

Når vi skal utføre større skinnebyttingsarbeider, bruker vi vogner med utstyr for avlasting av skinnene endelangs (fig. 106). De to skinnestrenger blir lagt av på hver sin side av sporet. Med dette utstyr kan vi arbeide med mange vogner i toget. De enkelte skinner hektes sammen med kroker til en sammenhengende

skinnestreng på rullebanen, like lang som toget. Enden av skinnestrengen forankres i sporet, toget trekkes frem, og skinnestrengene blir lagt pent ned på plass. Med dette utstyr kan vi laste av inntil 6000 m skinner i timen.

Før vi starter skinnebyttingen, må det gamle sporet bakses på riktig plass, også noe utenfor den strekning som skal byttes. Dette er nødvendig for at vi skal få riktige varmerom på den nylagte strekning.

Etter avlastingen kan skinnene ligge midt i sporet eller på siden av dette. Når vi skal løfte skinnene på plass, gjøres det ved hjelp av *skinnebårer*, vist på fig. 117, eller små skinnebukker eller også med egnet maskin.

Under arbeidet med skinnebyttingen har vi pass-skinner av forskjellig lengde og en del skinnekapp for å få koblet de nylagte skinner til den gamle skinnegang før hvert tog som passerer under arbeidet. Det er da fordelaktig å bruke lasker som har sliss istedenfor hull for laskeboltene. Blir skjøtåpningen for stor, fylles den ut med skinnekapp. Hvis det byttes inn skinner av et annet profil, må nødvendige overgangsskinner eller overgangslasker også være for hånden.

Fig. 117. Skinnebåre.

Alle skjøter mellom nytt og gammelt spor skal utføres slik at skinnehodene flukter i skjøten, både på kjørebanen og på flenssiden av hodet. Vi må ikke, selv ikke midlertidig, skjøte en ny og en slitt skinne sammen uten å sørge for at skjøten er jevn. Dette må gjøres *før* vi slipper tog over, etterpå er det for sent, idet den nye skinnen da allerede har fått skade i skinneenden. Om bruk av overgangslasker og sliping av skjøten, se avsnittet om "Vedlikehold av skinneskjøten", side 121.

På elektrifiserte baner gjelder særskilte regler for arbeid med skinnebytting. Det vises til bestemmelser i trykk 373.3. Glem ikke at det kan være livsfarlig å unnlate bruk av forbikoblingskabel. Husk også på jordforbindelsene fra master, overgangsbruer m.v.

Skinnebyttingen avsluttes med at vi kjører inn de utskiftede materialer og rydder opp. Det skal tas vare på alt som har verdi for jernbanen. Vi skal f.eks. ikke skjære av laskebolter med skjærebrenner hvis det lar seg gjøre å skru dem av, noe som det er syndet ganske meget mot.

Til opplasting og innkjøring av skinner kan brukes lastetraktor (fig. 103) eller kranvogn (fig. 105). Etter innkjøringen skal materialene sorteres i brukbare materialer og vrak.

5.3. Legging og vedlikehold av sporveksler.

5.3.1. *Legging av sporveksler.*

Det er viktig både for behagelig kjøring og for sporvekslers levealder at innleggingen blir riktig og nøyaktig utført. Sporveksler som er dårlig lagt, blir utsatt for stor og unødig slitasje.

Alle nye sporveksler blir levert komplett fra verkstedet, unntatt

svilleskruer, fjærringer, lasker og laskeskruer. For enkelte eldre sporvekseltyper mangler også mellomskinnene og plater for disse.

Før vi begynner å bygge sammen en sporveksel, må arbeidslederen få utlevert tegning av den aktuelle sporvekseltype, og han skal kontrollere at samtlige deler i henhold til materialliste og forsendelsesoppgave er på plass og at de nødvendige svilleskruer og andre smådeler er til stede i tilstrekkelig antall.

Montering av en sporveksel kan utføres på to måter, - enten ved å bygge den direkte på plass i sporet eller ved å montere den ferdig utenfor sporet og deretter trekke den på plass. I begge tilfeller gjelder følgende generelle retningslinjer for montering av enkle sporveksler:

1. Alle sviller legges nøyaktig på plass etter tegning. Underlaget *må* være plant og jevnt.

2. Sporvekseldelene monteres sammen og festes i første omgang bare med en skinnespiker til enkelte sviller. I en rett veksel er det mest hensiktsmessig å starte med den rette strengen i sporvekselen og bruke den som basis for den videre montering.

3. Når sporvekselen på denne måte er montert løselig sammen, kontrolleres at alle skjøtåpninger stemmer, at alle plater ligger riktig på svillene, at sporvekselen er skjøtrett i begge ender og at alle deler er på plass.

4. Den rette strengen rettes deretter nøyaktig inn, og platene festes permanent. Den krumme strengen og skinnekrysset rettes så inn ved nøyaktig utmål fra den rette strengen. Den krumme strengen skal dessuten kontrolleres ved pilhøydemåling.

5. Da sporvidden i en sporveksel varierer og også er forskjellig i de forskjellige sporvekseltyper, må sporvidden stadig kontrolleres under monteringen. Den riktige sporbredde i de forskjellige punkter er angitt på sporvekseltegningen.

6. Det må spesielt passes på at skinnekrysset blir riktig montert både i lengde- og tverretningen. En liten vridning eller skjevhet i skinnekrysset vil bevirke at sporvekselen får dårlige gjennomkjørsforhold, og en feil i montasjen er meget vanskelig å få rettet senere.

7. Alle bolter og skruer skal trekkes fast til slik at det ikke noe sted oppstår slark eller bevegelse.

   I de nyere sporveksler med *fjærskinnetunge og herdede krysspisser* skal de gjennomgående bolter i krysspiss/vingeskinne ikke røres, da disse bolter er trukket til og forspent av leverandøren.

8. I de tilfeller sporvekselen er utstyrt med hake eller palstengsel, må det passes på at disse ved montering blir gitt den riktige nøytralstilling slik at stengselet ikke kommer i beknip ved lave vintertemperaturer eller høye sommertemperaturer. Hvis sporvekselen er utstyrt med drivmaskiner og/eller isolerte skjøter, må det i nødvendig utstrekning samarbeides med stillverksavdelingen.

9. For monteringen av kurveveksler, som skal ha begge spor krummet i samme retning eller med de to spor krummet i motsatt retning, gjelder de samme generelle retningslinjer som er nevnt i punktene 1-8. Da begge spor er krumme, må imidlertid krummingen av de to spor kontrolleres ved hjelp av tangent- eller kordeavsett i tillegg til de vanlige utmål for sporbredde m.m.

En *usymmetrisk dobbeltveksel* legges etter samme prinsipp som nettopp beskrevet for en enkel veksel. Vi begynner arbeidet ved stokkskinneskjøten.

For en *kryssveksel* eller et *sporkryss* må begge de kryssende spor være oppmerket. Kryssingspunktet markeres ved en pel (pel 1 på fig. 118). Vi fastlegger så halveringslinjen for vinkelen mellom sporaksene og slår ned pelene 2 og 3. Ved kryssvekselen må vi også slå ned pelene 4 og 5 i vinkel på retningen 2-3 og når dette er gjort, fjerne pelen i kryssingspunktet, da det skal ligge en sville akkurat her.

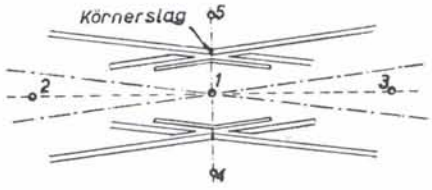


Fig. 118. Oppmerking for legging av kryssveksler og sporkryss.

Retningslinjen 2-3 danner midtakse for hele konstruksjonen, og vekselsvillene legges ut vinkelrett på denne midtakse i nøyaktig avstand etter tegningen. Monteringen starter så med innlegging av sidekryssene. Midtpunktet av sidekryssene er markert ved hvert sitt kjørnerslag. De to kjørnerslag skal altså ligge nøyaktig i retningslinjen 4-5. Deretter legges endekryssene på plass etter tegningen, og så de øvrige deler av kryssvekselen eller sporkrysset. Etter kontroll av at byggelengden stemmer med tegningen, kan delene laskes sammen. Det hele rettes så nøyaktig inn etter de oppsatte peler, og delene festes til svillene, idet vi begynner med side- og endekryssene.

En sporveksel eller et sporkryss kan monteres ferdig utenfor sporet og trekkes på plass når det passer inn i toggangen. Denne fremgangsmåte må følges når det av hensyn til trafikken ikke kan avses nok tid til å bygge sporvekselen eller sporkrysset sammen i sporet. Monteringsplassen må ligge så nær innbyggingsstedet som mulig, og helst slik at vi kan trekke den sammenbygde konstruksjon sideveis inn på endelig plass. Det må bygges opp et solid og jevnt underlag for monteringen, helst litt høyere enn sporet så inntrekkingen kan foregå i litt fall. Før inntrekkingen må sporene være bakset i riktig stilling.

Når sporvekselen skal trekkes på plass, kan vi legge inn noen skinnestumper som sporvekselen glir på. Disse må smøres godt. Arbeidet går enda raskere og lettere når vi bruker ruller (fig. 119). Rullene festes under svillene i sporvekselen. Skinnene som rullene skal løpe på, må da legges parallelt. Når sporvekselen ligger på endelig plass i sporet, blir ruller og rulleskinner fjernet.

Hvis den disponible tid for inntrekkingen er snau, bør hele arrangementet med ruller være montert på forhånd. Vi må da sikre at sporvekselen ikke kan begynne å rulle av seg selv for tidlig. For en enkel sporveksel trengs 3-4 rulleskinner og 6-8 ruller, etter byggelengden av sporvekselen. For kryssveksler er 4-5

rulleskinner og 8-10 ruller i alminnelighet nødvendig. Vi må da passe på at det til en og samme sporveksel bare brukes ensartede ruller.

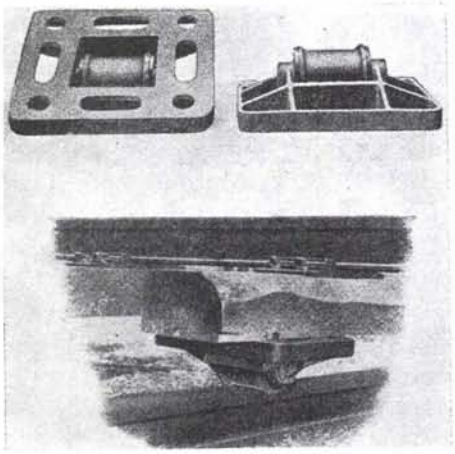


Fig. 119. Ruller for innlegging av sporveksler.

Det er av største betydning at flytting av den nymonterte sporveksel blir gjort så varsomt som mulig. Vertikale bøyninger og knekker i sideretningen ødelegger de gode kjøreforhold som en riktig montert sporveksel ellers gir.

Det er foreskrevet at det skal legges inn treklosser i begge ender av skinnekryss på sporveksler hvor det skiftes meget. Dette er et sikringstiltak som er beregnet på å hindre at man setter fast støvlen mellom skinnene. Treklossene, som kiles inn, må ikke være høyere enn at hjulflensene har god plass.

Skjøtsveising må ikke foretas i stokkskinneskjøt og i skjøt bak skinnekrysset uten spesiell tillatelse.

Ny metode for innlegging av sporveksler.

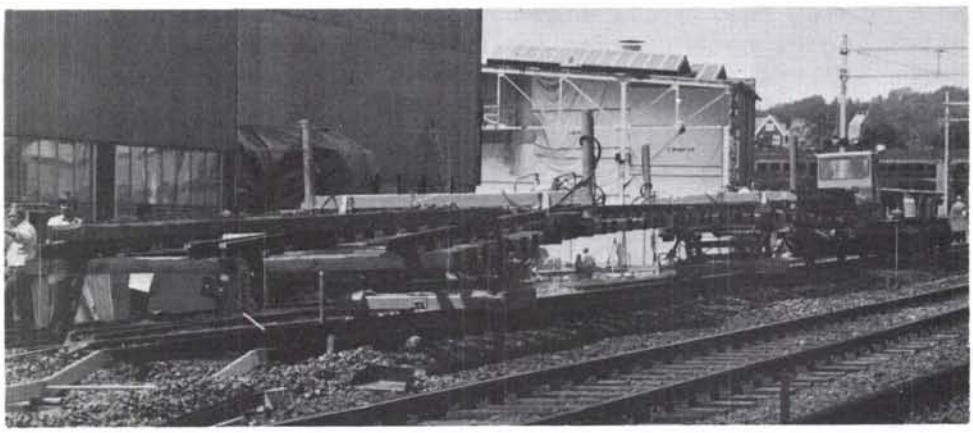


Fig. 120. Utkjøring fra monteringslager.

Fig. 121. Ferdig sporveksel nedsenkes i sporet.

5.3.2. *Vedlikehold av sporveksler.*

Regler for sporvekslers vedlikehold, renhold og smøring finnes i trykk 373.1.

Større vedlikeholdsarbeider på sporveksler foretas mere og mere av egne lag som både utfører reparasjonssveising og retter på feil og mangler ved stålkonstruksjonene i sporvekslene. Det daglige vedlikehold skal følges opp av linjevisitøren.

Det må ikke brukes koksalt for å hindre isdannelse i sporveksler. Koksalt øker forrustningen og kan gi forstyrrelser i sikringsanleggene.

Reserve sporvekseldeler som ligger i opplag, skal holdes malt med rustbeskyttende maling.

5.4. Sveising av skinner og sporveksler.

5.4.1. *Generelt.*

Vi bruker sveising til to viktige arbeidsoppgaver:
Skjøtsveising og *reparasjonssveising* på skinner og sporveksler.

Skinner og sporveksler har et forholdsvis stort kull- og manganinnhold som begrenser sveisbarheten og som krever en spesiell omsorgsfull forberedelse og sveiseteknikk.

Skinnesveising skal utføres etter meget strenge retningslinjer med blant annet høynet arbeidstemperatur (forvarming) og langsom avkjøling for å gi et vellykket resultat uten fare for herding, spenningssoner, riss og brudd.

Sveiseren skal likeså være kjent med de forskjellige skinnestålkvaliteter for riktig valg av sveiseteknikk, elektrode, sveiseporsjon og forholdsregler med arbeidstemperaturer m.m.

Ved kapping av skinner med skjærebrenner vil den konsentrerte oppvarmingen i skjæresnittet med etterfølgende brå avkjøling føre til at skinnestålet får herdesprekker ved snittflatene. Gasskjæring av skinner for bruk i spor er derfor bare tillatt i forbindelse med skjøtsveising og først etter en forvarming rundt snittstedet på 150°C, 350°C og 550°C for henholdsvis normalstålskinner med 680 N/mm2 slitesterke skinner med 880 N/mm2 og spesialskinner med 1080 N/mm2 minste strekkfasthet.

Det er altså strenge retningslinjer for utføring av skinnesveising og kapping av skinner med gass, og det er følgelig ikke tillatt å utføre slike arbeider uten at personalet er spesielt godkjent for dette.

Ved skjøtsveising og helsveising av spor oppnår vi redusert vedlikehold av spor og rullende materiell, bedre, sikrere og mer stabilt spor, samt bedre reisekomfort med roligere kjøring og høyere hastigheter.

Ved reparasjons- og påleggsveising av sporveksler og sår på skinnekjøreflaten oppnår vi også de samme fordeler samt innsparinger ved

forlenget liggetid ("levealder") for skinner og sporveksler.

5.4.2. *Sveisemetoder.*

Til skjøtsveising bruker vi følgende metoder:

Elektrisk motstandssveising
Thermitsveising
Elektrisk lysbuesveising

Reparasjonssveising av skinner og sporveksler utføres med elektrisk lysbue.

Gassveisemetoden har tidligere vært brukt både til skjøtsveising og reparasjonssveising av skinnemateriell. Metoden er ikke lenger tillatt for slike arbeider.

Elektrisk motstandssveising foregår ved oppvarming og sammenstuking av de to arbeidsstykker.

Ved de øvrige sveisemetoder blir sveisingen utført ved hjelp av tilsatsmateriale som smeltes sammen med grunnmaterialet i arbeidsstykket eller arbeidsstykkene. Ved lysbuesveising er tilsatsmaterialet sveiseelektroder og ved thermitsveising sveisepulver.

5.4.3. *Elektrisk motstandssveising.*

Elektrisk motstandssveising av skinneskjøter foregår enten i et stasjonært sveiseanlegg som ved Skinnesmia, Alnabru (fig. 122) eller ved bruk av en mobil sveisemaskin for sveising av skinner i spor (fig. 123).

Skinnene rettes inn og spennes fast i sveisemaskinen.

Under sveiseprosessen ledes elektrisk strøm fra den ene skinne over til den andre, samtidig som de to motliggende skinneender avvekslende føres mot og fra hverandre. Det oppstår da sterk elektrisk ledningsmotstand i skjøten, og skinneendene blir varme og til slutt hvitglødende.

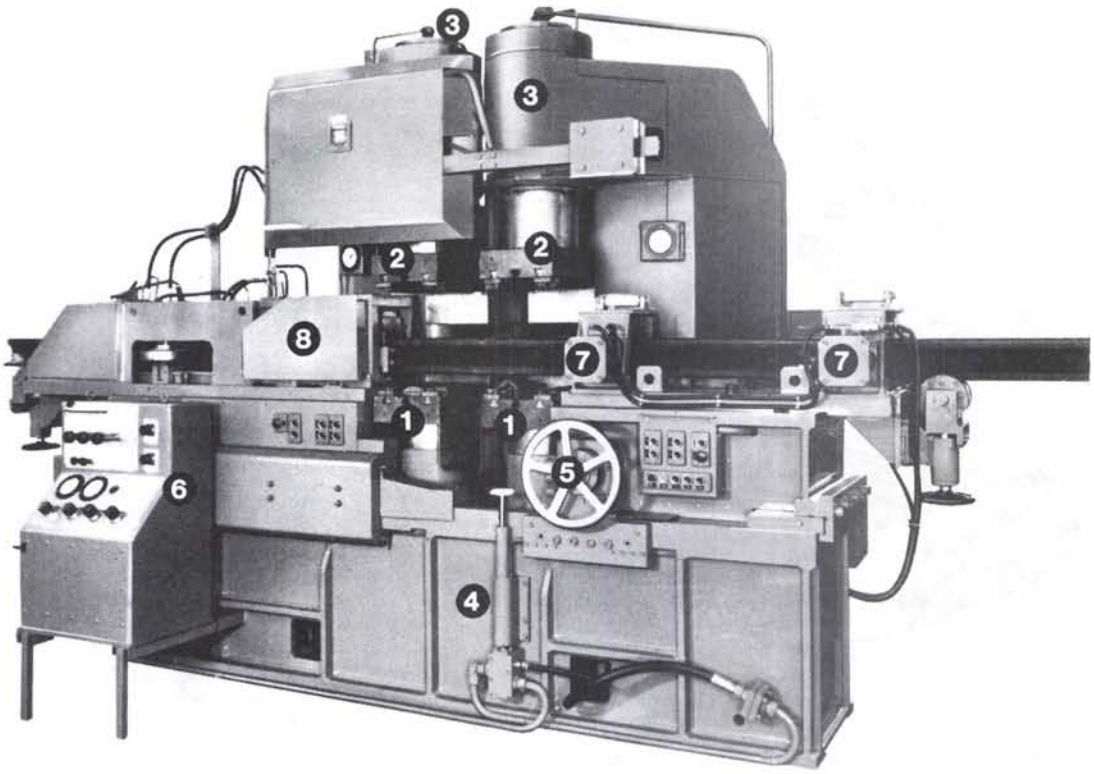
Høyspent strøm føres inn på sveisemaskinens primærkrets. Sekundærkretsen som gir 20 000 Amp strøm til oppvarming av skinneendene, har derimot en meget lav spenning, bare ca. 6 volt.

Når skinneendene er blitt tilstrekkelig oppvarmet (ca. 1200°C), blir de stuket mot hverandre under høyt, stadig økende hydraulisk trykk.

Etter gjennomført sveiseprogram brytes først strømmen automatisk. Noen sekunder senere utløses det hydrauliske stuktrykket, og sveisen er da ferdig.

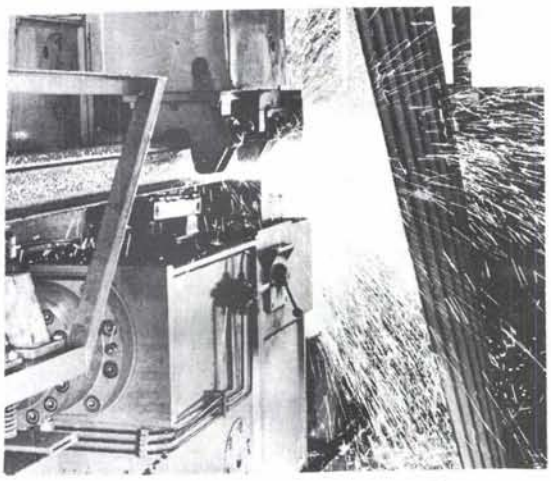
Maskinen arbeider automatisk og må omprogrammeres for de forskjellige skinneprofiler.

Under sveiseprosessen skjer det en avbrenning av stål, oxyder og urenheter på skinneendene. Avbrenning og sammenstukingen reduserer



a)

b)



c)

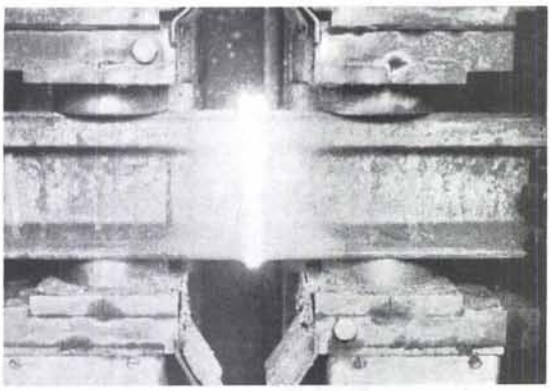


Fig. 122.
a) Brennstuksveisemaskin
   1) Nedre, stillbar elektrode
   2) Øvre, spenn-elektrode
   3) Spennpresse, Stukpressen er i huset nederst
   4) Vertikalregulering
   5) Horisontalregulering
   6) Kommandopult
   7) Hjelpepresse
   8) Avgrader

b) Skinnene sveises sammen.

c) Ferdig sveis før avgrading.

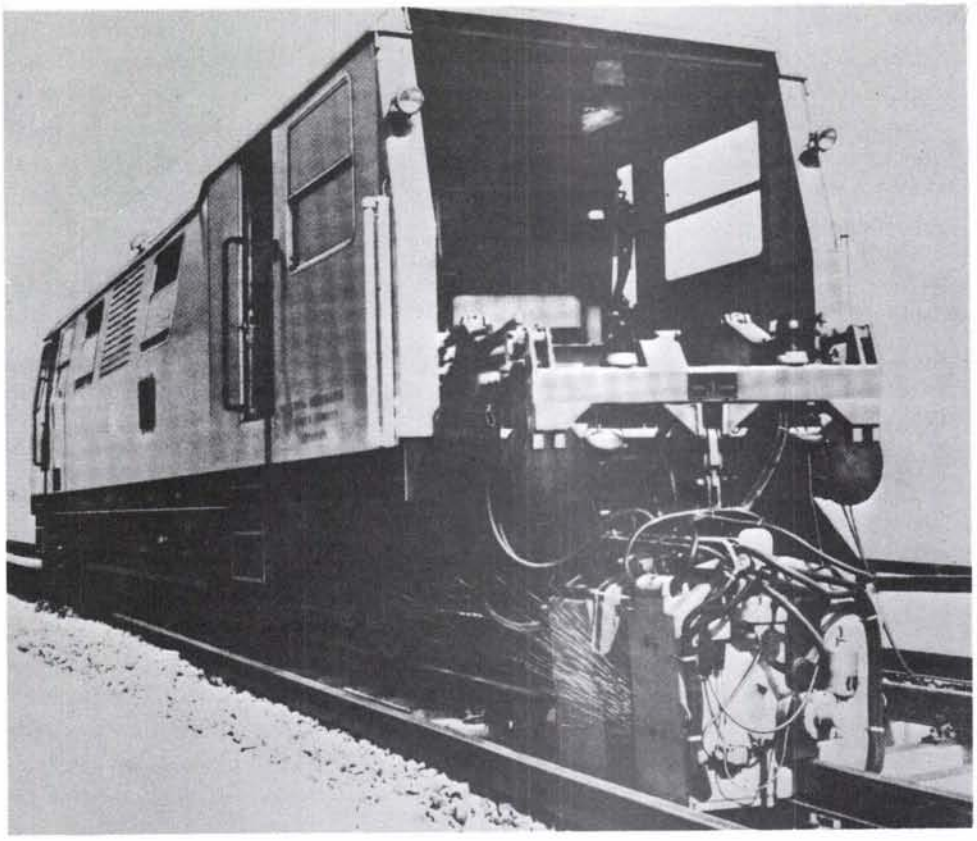
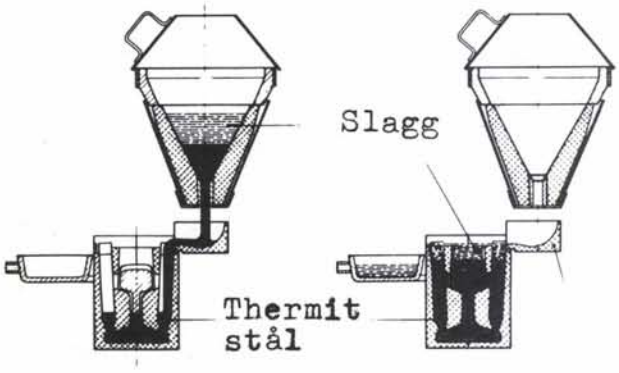
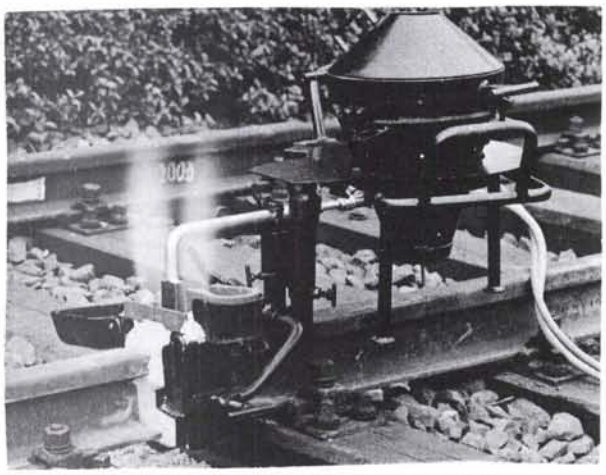


Fig. 123. Den mobile sveisemaskin.

Thermitsveising.

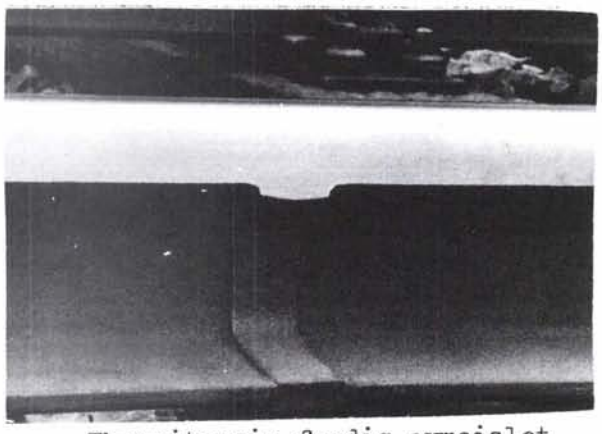


Skjematisk fremstilling av en thermitsveis.



Forvarming ved thermitsveis.

Sliping av sveist skinneskjøt.



Thermitsveis ferdig avmeislet og slipt.

skinnelengden med 3-4 cm ved hver sveis.

Innspenning, fram- og tilbakeføring av skinnene under avbrenningen og stukingen skjer alt hydraulisk.

Sveisetiden for en skjøt er avhengig av skinneprofilstørrelsen og ligger mellom 2 og 3 minutter.

Like etter at sveisen er utført, blir sveisevulsten meislet av (avgradet) ved bruk av hydraulisk avskjæringsutstyr med kniver for hode og steg eller ved bruk av trykkluft og meiselhammer.

Når sveisen er avkjølt, blir den slipt på skinnehodet og om nødvendig rettet i presse.

5.4.4. *Thermitsveising.*

Thermitsveising bruker vi til skjøtsveising av skinner i spor. Sveisemetoden kan selvfølgelig også anvendes for sveising ved stasjonære anlegg.

Sveisingen foregår ved sammensmelting av de to skinneender ved hjelp av et tilsatsmateriale. Tilsatsmaterialet leveres som ferdig sveisepulver i avmålte porsjoner passende for de bestemte skinneprofiler og skinnekvaliteter. Sveisepulveret inneholder mest jernoksyd og aluminium, men også litt carbon, mangan, crom, silicium m.fl. Legeringselementene er tilmålt og tilsatt for å gi sveiseavsettet en tilnærmet lik stållegering med samme fasthetsegenskaper som skinnen har for øvrig.

Thermitsveising er støpesveising, og thermitstålet utvinnes/dannes gjennom en termokjemisk prosess. Den kjemiske reaksjon starter når vi tenner på sveisepulveret ved hjelp av en spesialtennstikk med høy antennelsestemperatur, 1000 - 1300°C. Metalloksyd reagerer da med aluminium.

På grunn av den store varmeutvikling brer reaksjonen seg fort i hele sveiseporsjonen. I løpet av ca. 20 sekunder er vanligvis reaksjonen ferdig for en 5 kg's porsjon som brukes for skjøtsveising av 49 kg's skinner.

Reaksjon: Metalloksyd + Aluminium = Metall + Aluminiumoksyd

$$Fe_2O_3 + 2Al = 2Fe + Al_2O_3$$

Som nevnt gir reaksjonen stor varmeutvikling og reaksjonstemperaturen er mellom 2700 og 2900°C. Når stålet tappes i støpeformen, er temperaturen ca. 2100 - 2200°C.

5 kg thermitblanding gir omtrent 2,6 kg stål og 2,4 kg slagg eller aluminiumoksyd samt varme.

Stållegeringen, som har egenvekt ca. 7,8 kg/dm3, skiller seg fra slagget som har en egenvekt på bare det halve. Stållegeringen, som altså er tyngst, samler seg i bunnen av thermitdigelen, mens slagget legger seg oppå. En annen form for god separering skjer fordi slagget størkner allerede ved ca. 2000°C, mens stålet holder seg flytende til temperaturen faller til ca. 1500°C.

Før sveising av en skinneskjøt blir skinneendene nøye rettet. Sveiseformene (2 halvdeler) blir deretter montert om skinneskjøten, og mellom skinne og form blir det tettet med klebsand. Ved hjelp av en forvarmebrenner blir skinneendene forvarmet til 950 - 1000° C. Forvarmetiden er 7-8 min. Gass til forvarming er propan og surstoff.

Etter endt forvarming tennes thermitpulveret i digelen, som er plassert over sveiseformen. Den kjemiske reaksjon settes derved i gang. Etter ferdig reaksjon blir stålstiften i bunnen på digelen slått inn i thermitstålet, og åpningen blir følgelig gjort fri. Så renner først thermitstålet som fyller opp sveiseformen, og deretter slagget som dels legger seg på toppen av formen og dels renner ned i slaggpannen som er oppspent på siden av formen. Etter en ventetid på 3-4 min. - til stålet er blitt fast i formen - tar vi bort slagget på toppen av formen, og det overskytende stål rundt skinnehodet meisles bort. Skjøten kan deretter grovslipes. Finslipingen blir først utført etter at sveiseskjøten er blitt kald for å unngå ukontrollert krymping.

Bilder som viser den skjematiske fremstilling, forvarming og den ferdigslipte thermitsveis, er vist på side 85a.

En del av legeringselementene i thermitpulveret tar del i reaksjonen på samme måte som aluminiumet, oksyderer og går over til slagg. En del fordamper, mens resten går med til foredling, desoksydering og opplegering av thermitstålet. I thermitstålet binder såvel legeringselementene som det rene jernet det tilstedeværende kullstoff og danner karbider. Det er disse finfordelte stål-, mangan- og kromkarbider m.fl. som gir sveisegodset hårdhet og strekkfasthet.

Den tente thermitblanding er eksplosjonsfarlig i forbindelse med vann og stor fuktighet. Andre sveisemetoder må i tilfelle brukes.

5.4.5. *Elektrisk lysbuesveising.*

Elektrisk lysbuesveising bruker vi i liten grad til skjøtsveising av skinner. Metoden kan med fordel anvendes til å sveise sammen skinner med 2 laskehull i hver ende, eksempelvis i sporveksler og i sidespor og kryssingsspor hvor laskekammeret ikke blir kappet bort før sveising.

Elektrisk lysbuesveising er den suverene sveisemetode for reparasjonssveising av skinner og sporveksler.

Til lysbuesveising bruker vi sveiseelektroder som tilsatsmateriale. Elektrodene blir varmet opp til smelting ved hjelp av elektrisk strøm. Sveisestrømmen tas enten fra lysnettet eller fra egne sveiseaggregater.

Til sveising på stasjonære sveiseanlegg og på stasjonsområder med mulighet for strømtilførsel fra nettet kan det brukes sveisetransformator, sveiseomformer eller sveiselikeretter.

For sveising i spor må det anvendes et mobilt motordrevet sveiseaggregat. Sveiseaggregatet består av en sveisegenerator og en

hjelpegenerator. Hjelpegeneratoren er for tilkobling av lys og slipeutstyr m.m. Begge generatorene drives av en forbrenningsmotor, bensin- eller dieselmotor.

Strømmen føres gjennom elektroden over til arbeidsstykket. Under arbeidet holdes elektroden i et par millimeters avstand fra arbeidsstykket eller den slepes langs arbeidsstykket, avhengig av elektrodetype. Det vil da springe strøm (gnister) i tett rekkefølge så det virker som en lysbue, og herunder oppstår det så sterk varme at materialet fra elektroden smeltes sammen med grunnmaterialet i arbeidsstykket, se fig. 124.

For reparasjonssveising av skinnemateriell er det som nevnt meget strenge forholdsregler og bestemmelser. Det er bare personale med godkjent opplæring som tillates å utføre reparasjonssveising av skinner og sporveksler med elektrisk lysbue.

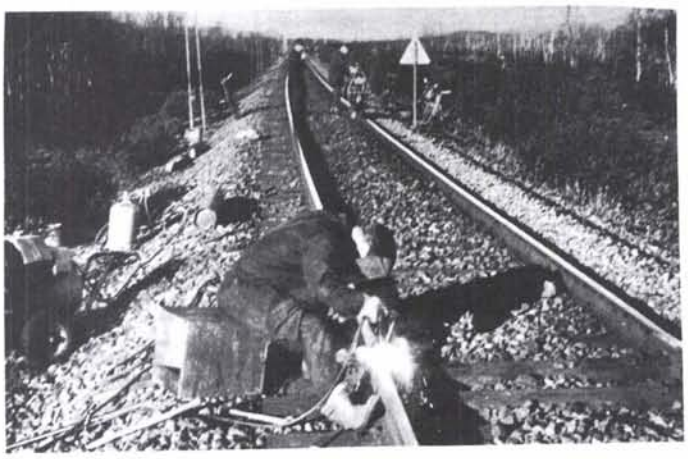


Fig. 124. Påleggsveising med lysbue.

5.5. Ballastering

5.5.1. *Fremstilling av ballast.*

Pukkballast fremstilles i pukkverk. Utsprengt stein fra steinbruddet blir knust i steinknusere. Det finnes mange typer steinknusere, mest alminnelig er de såkalte *kjefteknusere*, hvor steinen blir tygget mellom to knuseplater. Den ene av disse er fast, den annen er bevegelig. På fig. 125 er vist et snitt gjennom en slik kjefteknuser.

Vi har pukkverk der steinen blir knust i to trinn, først i en *grovknuser* og dernest i en eller to *finknusere*.

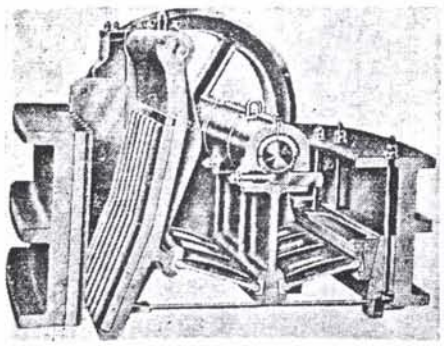


Fig. 125. Kjefteknuser, gjennomskåret.

Grovknuseren må kunne mates med så stor stein at vi slipper unødig spretting eller slåing av steinen i bruddet. En grovknuser blir derfor stor med en mateåpning f.eks. på 90 x 60 cm.

Fra grovknuseren kommer mesteparten av steinen ut som grov kult. Den blir ført til finknuserne, hvor den endelige knusing foregår. Sluttproduktet blir siktet og sortert til ballastpukk, maskingrus og subbus. Siktingen foregår mest på *rystesikt* eller *vibrasjonssikt*. Vi må ha ett sikt for hver fraksjon som vi ønsker å få ut. Et slikt sikt er vist på fig. 126.

Til transport av massen mellom de enkelte ledd i pukkverket og til opplag brukes *transportbånd*. Det er gummibånd som går på ruller.

Også i grustak kan det være utstyr som nevnt ovenfor.

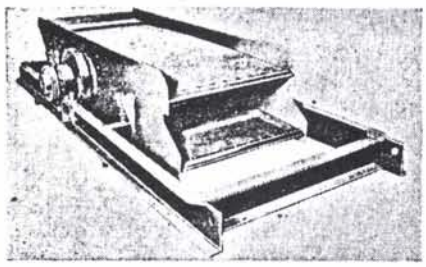


Fig. 126. Vibrasjonsikt.

5.5.2. *Opplasting og utkjøring av ballast.*

Ballast som skal brukes på linjen, kjøres ut på jernbanevogn. Opplasting blir utført maskinelt med frontlaster eller gravemaskin. I enkelte pukkverk skjer opplastingen fra siloer. Siloene bygges enten over eller ved siden av sporet, fig. 127 og 128.

Til transport av ballast brukes *bunntømmingsvogner* med forskjellig rominnhold, fig. 129. Alle vogner har anordninger for tømming i midten av sporet og for sidetømming. Tømmeanordningen manøvreres på vognenden.

Tømmingen skal kunne reguleres etter ønske, og vognene kan derfor brukes til etterfylling av ballast i sporet. For å få planert ballasten mest mulig, henges det ofte på en *isharv* eller *sporrenser* etter bakerste ballastvogn. Enkelte steder brukes *ballastplog*,

som har både *frontplog, sideploger* og *roterende pussebørste.*

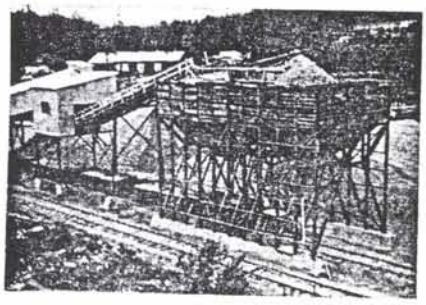


Fig. 127.
Pukksilo (Markøya pukkverk).

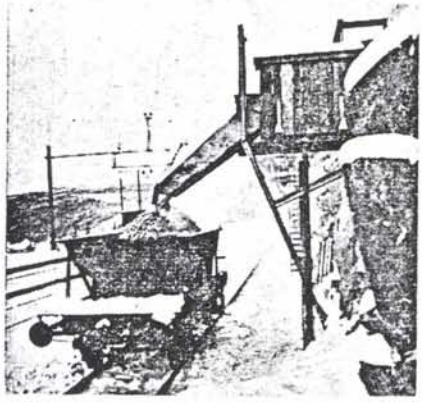
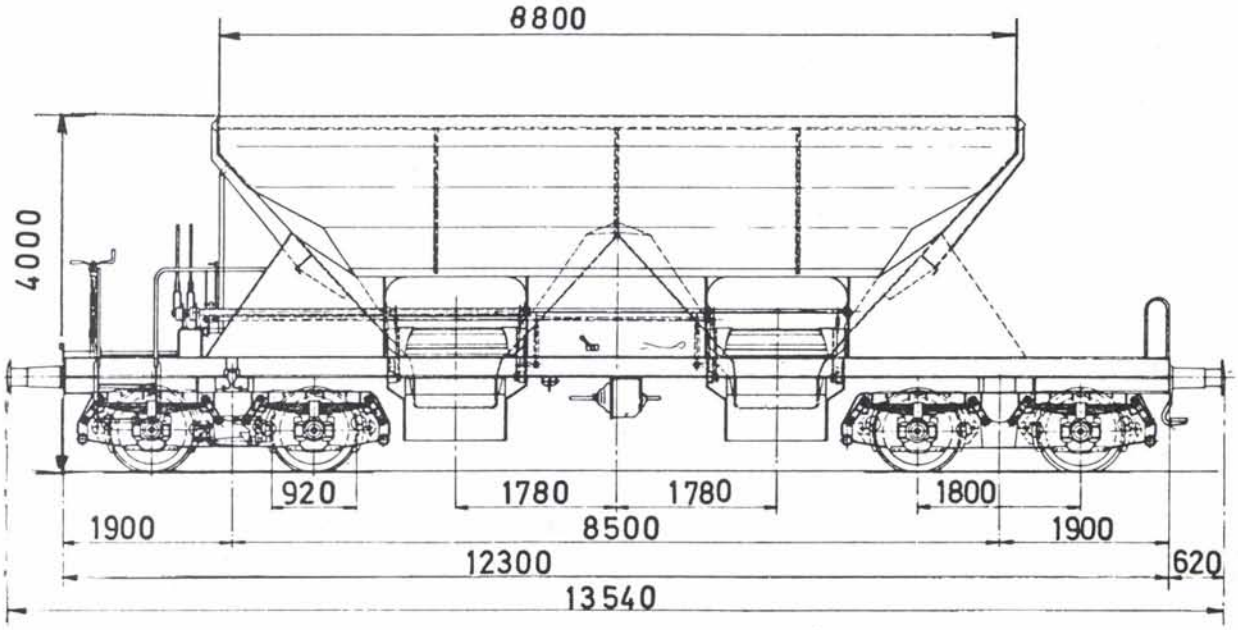


Fig. 128.
Pukklasting ved Hol pukkverk.



Rominnhold 40,0 m^3

Fig. 129. Bunntømmingsvogn.

5.5.3. *Vedlikehold og fornyelse av ballast.*

Så lenge som ballasten i sporet er god, innskrenker vedlikeholdet seg til å holde *ballastprofilet* i orden.

Det må sørges for utkjøring av manglende ballast, enten for etterfylling ("lapping") eller for gjennomgående påfylling hvor linjen er sunket så meget at den må heves. Det må være plan i dette arbeid som overalt ellers. Vi må vite hvor meget ballast som trengs på hvert enkelt sted i sporet før arbeidet med utkjøringen tar til.

Foran hovedjustering må det alltid være kjørt ut tilstrekkelig ballast på forhånd så justeringsarbeidet ikke blir hindret av ballasttog. Det er ikke absolutt om å gjøre å holde sporet i riktig høyde til enhver tid. Om en fylling setter seg litt, har det som regel ingenting å si for kjøringen så lenge setningen er jevn. I slike tilfeller venter vi med løfting av sporet til hovedjusteringen kommer. En annen sak er det når setningene er ujevne. Særlig må vi være på vakt når det oppstår ujevne setninger i fyllinger, da dette kan ha sin årsak i sviktende undergrunn. Forholdet må rapporteres for at det kan bli nærmere undersøkt.

Ballasten slites og den forurenses. Slitasjen skriver seg dels fra togbelastningen, men i vesentlig grad skyldes den pakkingen. Særlig var dette fremtredende ved bruk av pakkhakke. Dette skjer nå i mindre grad fordi pakkingen foregår hovedsakelig med pakkmaskiner.

Ballasten forurenses av støv og avfall fra vogner (bl.a. fra malmvognene på Ofotbanen) m.v., og ballast som er i ferd med å bli tett, er ikke lenger hensiktsmessig, den må renses eller fornyes. Å fylle ny, god ballast oppå en tett, uren ballast bør unngås. Først bør man få *renset* gammel ballast i nødvendig dybde og bredde.

NSB har for tiden tre *ballastrensemaskiner*. Disse er konstruert for rensing av ballast mens skinnegangen ligger. En av ballastrensemaskinene kan også rense ballasten i sporveksler. Utgraving av uren ballast og sortering foregår kontinuerlig under fremkjøring. En *gravekjede* er forsynt med *krafseskåler* som graver ut ballasten under svillene i en dybde av ca. 25 cm. Gravekjeden fører den utgravde ballast opp i en trakt som fordeler massen på rystesikt. Den skiller ut masse av uønsket størrelse. Denne massen blir ført over på en transportør som kan heves og senkes og dessuten svinges 60° ut til begge sider. Uønsket masse kan dermed ledes ut til side for skinnegangen, eller den kan lastes direkte på vogn. Den rene ballasten blir ført tilbake til sporet og kan fordeles mellom og utenfor skinnene. Fig. 130 viser et ballastrenseverk.

Gravebredden er ca. 4,0 m. Den gravende del kan sideforskyves ca. 10 cm til begge sider for midtlinjen.

Skinnegangen skal ikke ligge uten tilsyn hvis den i korte perioder er fri for ballast. Det kan føre til solslyng før en vet ordet av det. Etter at utgraving av ballast er foretatt, må vi snarest mulig fylle ny ballast i sporet. I alle tilfeller må vi gjøre dette før arbeidsstedet forlates for dagen. Er det meget varmt i været, må arbeid med ballastfornyelse utføres om natten. Den utskiftede strekning må da holdes under oppsyn om dagen. Nyfylt ballast yter nemlig relativt liten motstand mot sideforskyvning av sporet.

Anskaffelse av ballast.

Størstedelen av NSB's forbruk av pukk kjøpes fra private leverandører. De få strekninger som har grusballast, blir vedlikeholdt med tilføring av grus fra egne grustak.

Fig. 130. Ballastrense

5.6. Legging og vedlikehold av sviller

5.6.1. *Alminnelige regler for svillebytting.*

Svillebytting utføres enten som *stikkbytte* eller som *gruppebytte*. Ved stikkbytte erstatter vi enkelte sviller som er skadd. Ved gruppebytte skifter vi ut samtlige sviller på en strekning.

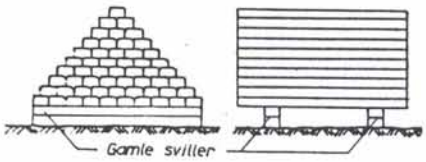


Fig 131. Stabling av sviller.

Skinnegangen blir aldri helt god ved stikkbytte med tresviller, fordi kvaliteten av svillene er forskjellig når gamle og nye sviller ligger om hverandre i sporet. Hvor det stilles store krav til justeringens nøyaktighet og holdbarhet, må svillebytting med tresviller foregå som gruppebytte.

På linjer med periodisk vedlikehold skal alminnelig svillebytting bare skje umiddelbart foran hver hovedjustering. Svillebytting til andre tider må ikke foretas, unntatt når det er helt nødvendig.

5.6.2. *Tresviller.*

Nye impregnerte sviller skal helst lagres noen tid etter impregnering. Av plasshensyn og hensynet til brannfaren må meget av denne lagring foregå på linjen. Svillene skal stables på et underlag av brukte sviller, og stablingen må være tett for at svillene ikke skal tørke for meget og sprekke. På fig. 131 er vist stabling av sviller i opplag. Hvis det er fare for antennelse, bør stablene dekkes med et tynt lag grus. For ytterligere sikring mot brann gjelder nedenstående bestemmelser i trykk nr. 370.5:

> *"Ved opplag av sviller skal jorden så vel under som rundt opplaget i minst 2 meters bredde holdes ren for grastorv og brennbare ting. Er jorden blitt innsatt med impregneringsolje fra svillene, skal jorden fjernes og frisk jord eller grus påfylles.*
>
> *Renholdet under en svillestabel vil lettes hvis svillestablen legges opp fra bakken på et underlag av 4 utskiftede sviller, to og to oppå hverandre."*

Når det er fastlagt hvor mange sviller som må byttes ut på en strekning, blir svillene kjørt ut på linjen og avlastet på rett plass. Til denne utkjøring brukes enten lastetraktoren (vist på fig. 103, side 75) eller arbeidstog, hvis det dreier seg om store mengder. På tilsvarende måte foregår innkjøring av brukte sviller. Fig. 132.

Ved utsorteringen av utskiftede sviller skal vi ta vare på alle sviller som på en eller annen måte kan nyttes videre. Først og fremst sorteres ut sviller som fortsatt kan brukes i hovedspor. Neste sortering omfatter sviller som kan brukes i sidespor. Resten er vrak som kan brukes f.eks. til teleforebyggingsarbeider.

Når underlagsplatene har slitt seg ned i svillene, må svillene skar-

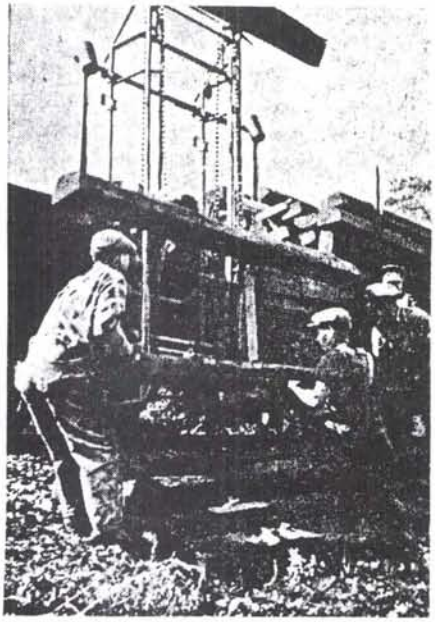


Fig. 132. Svillelaster.

ves, bl.a. for å hindre at det blir stående vann i plateleiet. Denne skarving er hittil for det meste foregått ved hjelp av skarvøks. Metoden er ikke bra, da det er umulig å få plateleiet helt jevnt ved så enkel redskap. Ved hjelp av *skarvemaskin* kan vi få arbeidet utført helt nøyaktig. En slik skarvemaskin er vist på fig. 133. Selvsagt må platene først fjernes, og dernest må skinnen løftes litt opp fra svillen så skivene får plass under skinnefoten. Den viste skarvemaskin har to freseskiver som stikkes inn under skinnen fra hver sin side. De arbeider samtidig og skarver svillen ned til et absolutt jevnt plan, så dypt ned som det er nødvendig.

Da underlagsplatene som oftest sliter seg ujevnt ned i svillen og i alminnelighet dypest på utsiden av skinnen, vil dette medføre at sporbredden blir for stor over disse svillene fordi skinnens skråstilling er blitt feil. På strekninger med plateslitte sviller må det ikke foretas stikkbytte av sviller uten at de plateslitte sviller er skarvet på forhånd. Gjør vi ikke det, er det umulig å få en skinnegang med jevn sporbredde.

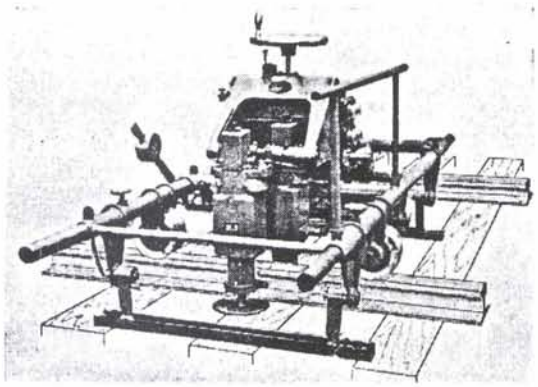


Fig. 133. Skarvemaskin.

Etter skarving bør svillen gis et strøk med påstrykningskreosot på den del som er skarvet.

For å motvirke at svillene blir plateslitte, er det i mange år drevet forsøk med innlegging av *spareplater*. En spareplate er en planplate av et eller annet materiale. Den legges mellom underlagsplaten og svillen. Den er alltid noe større enn underlagsplaten. Hvis spareplaten blir plateslitt, skifter vi inn en ny spareplate. Det er billigere enn å skifte selve svillen. Det er prøvet mange slags materialer for disse spareplatene, uten at vi ennå kan si at det materiale er funnet som i det lange løp er mest hensiktsmessig. Før vi legger inn spareplater på gamle sviller, må svillene skarves og da helst med skarvemaskin. Spareplater kan også legges inn på nye sviller.

Hull i svillen etter skinnespiker skal plugges før spikeren slås ned i svillen igjen, bl.a. under skoring. Vi skal også plugge igjen hull etter svilleskruer. Plugging etter svilleskruer kan bare utføres når det gjelder å tette hull etter skruene når disse kommer på en annen plass i svillen, f.eks. ved innlegging av en annen type underlagsplater. Pluggene skal være av impregnert materiale og fås ferdiglaget fra forrådet. Plugg for spikerhull har firkantet tverrsnitt, mens plugg for skruehull er runde.

Sprukne sviller kan utbedres ved *bandasjering* som vist på fig. 134. Vi renser først sprekker i svillen for småstein og grus. Ved hjelp av en *klemme* presser vi svillen sammen så tett som mulig. Deretter legger vi et båndjern rundt svillen og strammer dette ved hjelp av en *båndstrammer*. Jevn avstand fra svilleenden bør tilstrebes. Til slutt fester vi båndjernet ved hjelp av en spiker. Hvis nye sviller viser tegn til sprekkdannelse, bør de bandasjeres før de legges inn. Klemme og båndstrammer er vist på fig. 135.

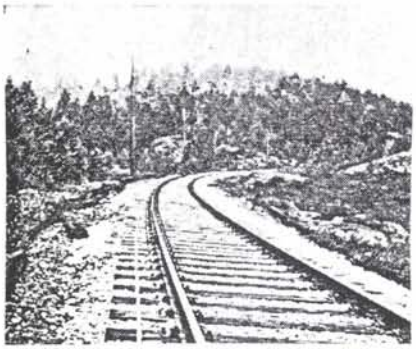


Fig. 134. Bandasjerte sviller i spor.

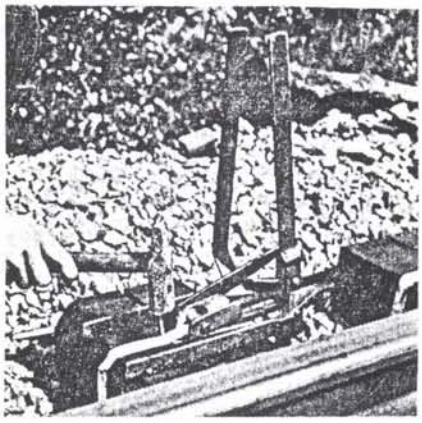


Fig. 135. Bandasjering av sviller.

I en del tunneler er det lagt bøkesviller. Underlagsplater brukes da ikke. Overkant sville er formet i skråning 1:20. Som festemiddel bruker vi da oftest galvanisert, dobbelt fjærspiker.

I sporveksler har det hittil blitt brukt bare tresviller av impregnert furu. Det samme gjelder bruer. Her anvendes impregnerte furusviller i dimensjon 9" x 9" for 49 kgs skinner og 7" x 9" for 35 kgs skinner.

5.6.3. *Betongsviller.*

I 1950-årene ble spennbetongsviller introdusert i en rekke land i Europa. Det var flere grunner for dette. Som primærårsaker kan nevnes knapphet på trevirke og dermed også stigende priser, betongsvillens lengre levetid og de økende krav til akseltrykk og kjørehastighet. Tresvillen har vist seg å være for svak for våre akseltrykk og kjørehastigheter - særlig i skarpere kurver. Det fører til en altfor rask mekanisk nedslitning av svillene i skruefester og plateleie og dermed raskt utillatelige sporutvidelser og store utgifter til vedlikehold og fornyelse.

Bruk av betongsviller medfører følgende fordeler:

1. Tyngre spor, dvs. et spor med større motstand mot utknekking, økt holdbarhet av justeringen og bedre egnet for helsveising.

2. Innstøpte befestigelser, mere sikker sporvidde.

3. Lengre levealder, - vi forutsetter at en betongsville har en levealder som er minst den dobbelte av tresvillens.

Ved NSB er betongsviller lagt inn i spor med 49, 41, 40 og 35 kgs skinner. Innleggingen blir bare foretatt som gruppebytte.

Uansett skinnevekt er alle betongsviller like, med lik avstand mellom de innstøpte bøyler. Skinnefoten har lik bredde for 49 og 41 kgs skinner og litt smalere, men lik for 40 og 35 kgs skinner. Det må brukes to typer nylonisolatorer, da nylonisolatoren skal fylle rommet mellom skinnefot og bøyle.

På grunn av sin form kan ikke betongsviller legges som dobbeltsviller. En sporskjøt på betongsviller må derfor utføres som svevende skjøt. Denne form for skinneskjøt blir utsatt for store påkjeninger. Det er derfor nødvendig at sveising av skjøtene blir foretatt umiddelbart etterpå. Der det skal legges nye skinner, kan sveisemaskinen sveise de fleste skinneskjøter på forhånd. Det er vanlig at en stor del av betongsvillene kjøres ut til neste sommers arbeidsplass om vinteren. På enkelte steder kan dette være vanskelig på grunn av store snømengder, men det er nødvendig av hensyn til betongfabrikkenes lagerkapasitet. Utkjøring på forhånd har stor betydning for neste sommers svillebytte, så verdifull arbeidstid ikke går tapt på grunn av svilleutkjøring.

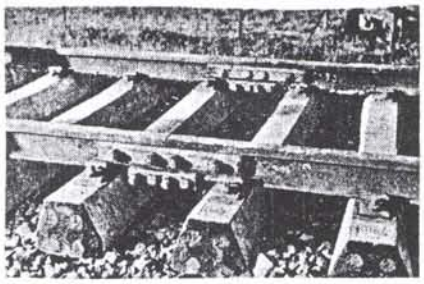


Fig. 136.
Sporskjøt på betongsviller.

Avlastingen foretas ved hjelp av traktor med kran oppe på vognene, eller ved hjelp av mobilkran som står i sporet. Svillene blir lagt utenfor ballastkanten i riktig antall på rett sted.

For tiden anvendes flere metoder for innlegging av betongsviller, alt etter de lokale forhold. Det som oftest avgjør hvilken metode som skal brukes, er om skinnetopp skal beholde den samme høyde eller om det er nødvendig å løfte sporet bl.a. av hensyn til tykkelsen av ballastlaget.

I første tilfelle foretas utgraving av pukk og innløfting av betongsviller med traktorgraver påmontert et spesialskjær (fig. 137). Skjæret har utsparing for skinnene, og gravingen kan foretas uten å demontere skinnene. Med det samme skjæret pakkes svillen midlertidig så togene kan kjøre med 50 km/h over arbeidsstedet. Arbeidsstyrke 4-5 mann.

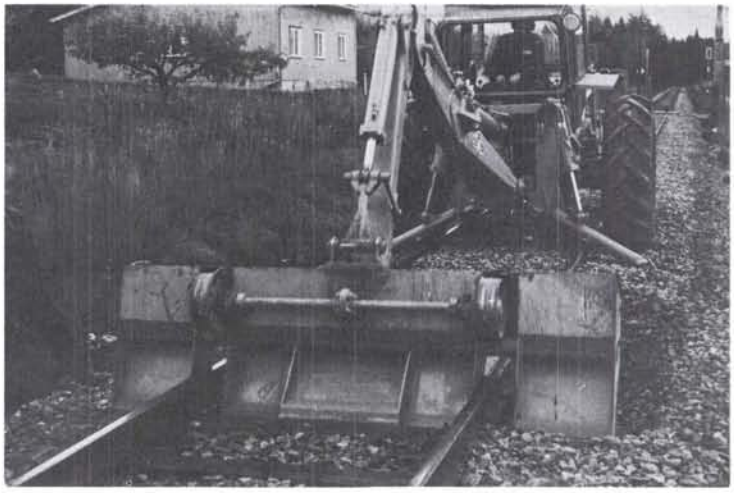


Fig. 137. Traktorgraver med spesialskjær.

I andre tilfeller blir skinnene demontert og lagt ut på siden. Ballasten planeres, og de nye svillene blir lagt på den planerte ballasten med en mobilkran, fig. 138. Så blir skinnene løftet tilbake. Arbeidsstyrke 15-17 mann.

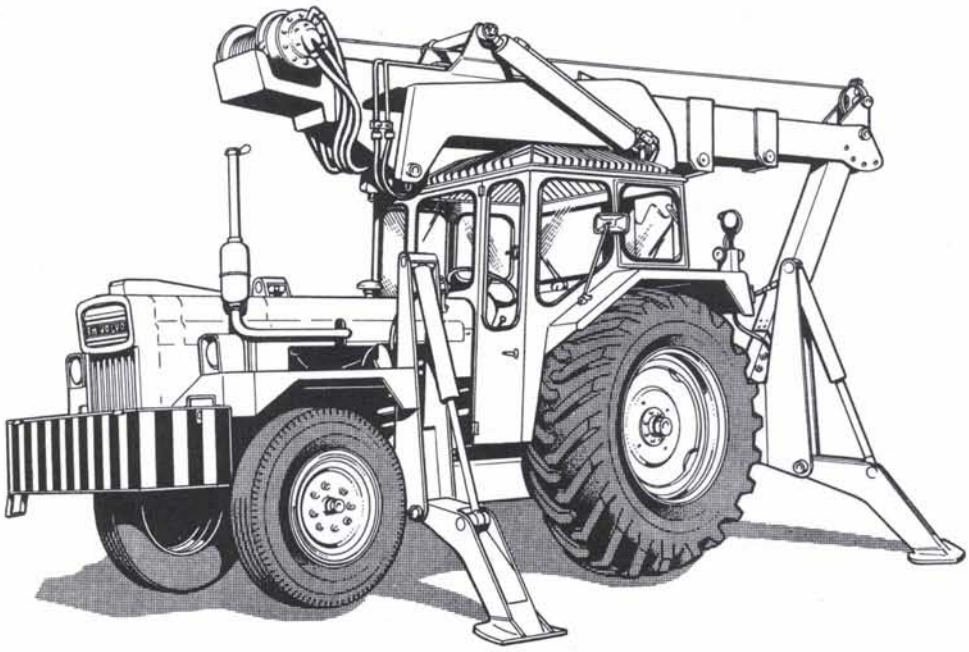


Fig. 138. Mobilkran.

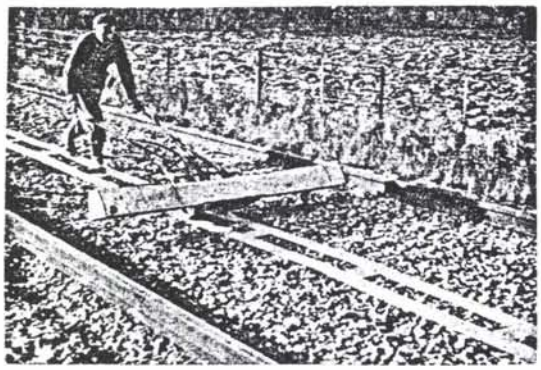


Fig. 139. Svillebåre.

Hvilket tidsintervall som er disponibelt mellom togene, er også med i vurderingene når det gjelder metoder.

Svillebyttet er ikke ferdig før vi har kjørt inn de uttatte tresviller. De må sorteres slik at godt brukbare sviller blir brukt igjen der det er behov.

Tidligere ble betongsvillene lagt ut på det ferdig planerte underlaget med svillebåre, vist på fig. 139.

5.7. Justering av sporet.

5.7.1. *Oppmerking av riktig sporleie.*

Høyden på sporet fastlegges ved nivellement fra solide *fastmerker* langs linjen. Fastmerkene festes fortrinnsvis på fjell hvor det er mulig.

Etter finstikking av midtlinjen ble den tidligere utfestet på *justerpeler*, som oftest ble satt i fast avstand 2,15 m fra spormidt. Man kunne da senere ved utmåling fra de enkelte justerpeler finne den riktige beliggenheten av midtlinjen i bestemte punkter og hadde dermed grunnlaget fastlagt for justeringen av sporet, såvel høydeveis som sideveis.

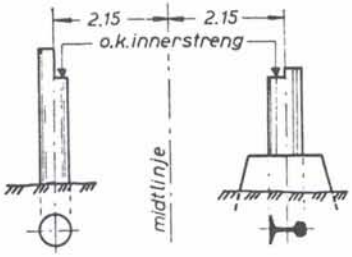


Fig. 140. Justerpeler.

En justerpel av tre er vist til venstre på fig. 140. Bunnen av avsatsen på toppen av pelen skulle ligge i nøyaktig samme høyde som skinnetopp. I kurver med overhøyde, hvor høyden av skinnetopp i de to skinnestrenger er forskjellig, er det høyden av indre skinnestreng som skal markeres. Justerpeler burde stå i alle stigningsbrekk, i kurvepunkter og i begge ender av overgangskurver og lange stigningskurver og for øvrig i passe avstand langs linjen, helst ikke over 70 m. I kurver skal justerpelene settes på utsiden av kurven.

Justerpeler av tre er ikke særlig holdbare, med mindre de blir gjort av impregnert virke. I jordterreng er det dertil som oftest vanskelig å få dem til å stå i ro selv om de er satt godt ned, da de blir påvirket av telen. Man kan derfor i alminnelighet ikke stole på slike justerpeler lenger enn første sommer.

Justerpeler som blir stående på fjell derimot, blir gjort permanente. Justerpelen består da gjerne av et skinnekapp innstøpt i betong, se fig. 140 til høyre.

Har man ikke oppsatt permanente justerpeler, bør rettlinjene, så vidt det er mulig, festes ut ved hjelp av solide *retningspeler*. Disse retningspeler består av et rundtjern med sagsnitt i. De bør helst stå på fjell, men kan i nødsfall settes på bruer og underganger.

5.7.2. *Løfting, pakking og retting.*

For innsikting av skinnegangen til riktig høyde kan det brukes et *justerapparat*. Et vanlig justerapparat består i alminnelighet av 3 deler, *rettskiven*, *rettholten* og *siktelappen*. På fig. 141 er vist den mest alminnelige type som er utført av metall (*Espelunds modell*). Den opprinnelige modell var utført av tre og besto av rettskive, rettholt, vater, 2 siktelapper og overhøydekloss, altså i alt 6 deler. Rettholten (Espelunds modell) kan benyttes til kontroll av sporet, særlig der arbeider avsluttes med utslakk.

Når justerapparatet blir brukt, sikter vi fra siktelappen mot rettskiven. Begge deler må da stå i riktig høyde i sporet. Rettskiven blir oppstilt i et punkt fremad i løftets retning, fortrinnsvis på

en justerpel, og horisontalstilles. Siktelappen settes direkte ned på skinnehodet ved enden av den strekning som er løftet opp i riktig høyde. Så plasseres rettholten i punkt etter punkt mellom siktelappen og rettskiven, og skinnegangen løftes i hvert punkt så meget at rettholten akkurat kommer opp til siktelinjen, fig. 142.

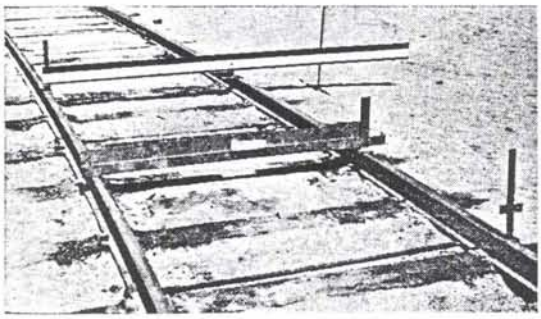


Fig. 141. Justerapparat.

På justerapparat av Espelunds modell ligger siktehøyden 14 cm over skinnetopp. På siktelappen er siktehøyden markert ved et hull (i korsform), som vi sikter gjennom. På rettskiven er den markert med en sort- og hvitmalt stripe. Både siktelapp, rettholt og rettskive har innebygget utstyr for måling av overhøyden.

Begge skinnestrenger kan innsiktes hver for seg, men vi kan oppnå kanskje vel så godt resultat ved å løfte den ene skinnestreng etter sikt og den annen ved vatring med rettholten. Rettholtens libelle er nemlig så følsom at dette kan gjøres med en nøyaktighet av 1mm.

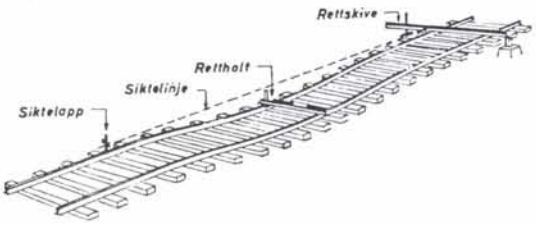


Fig. 142. Høydejustering ved hjelp av justerapparat.

I stedet for justerapparat kan vi med fordel bruke nivellerkikkert for innsikting av høyden. En slik nivellerkikkert med sikteskive er vist på fig. 143.

Til løfting av sporet brukes *skinneløftere* av forskjellig slag. Den mest alminnelige type er vist helt til venstre på fig. 144. Den ligger profilfritt i sporet og kan ta 5 tonns løft. Et par andre typer som er en god del kraftigere, er vist på samme figur. Tog må aldri kjøre på spor som hviler på skinneløftere.

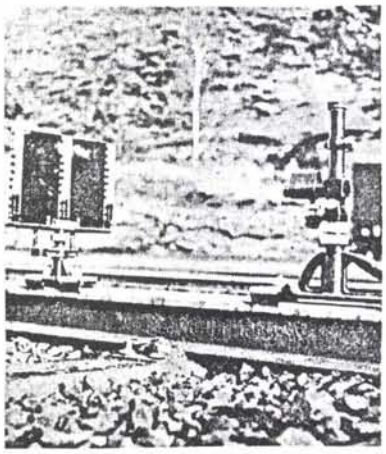


Fig. 143. Nivellerkikkert med sikteskive.

Skinneløfterne settes i sporet i 3-6 m avstand, avhengig av skinnevekten. Disse punkter innsiktes, hvoretter man håndpakker en sville eller to såvidt at skinnegangen holder høyden når skinneløfteren fjernes. Alle skjøter bør innsiktes.

Ved høye løft ligger skinnegangen gjerne nedfylt med ballast, og det er en god del arbeid forbundet med å få satt de vanlige skinneløftere på plass i sporet. Under slike forhold vil en kraftløfter lette arbeidet.

Lokale ujevnheter i sporet løftes uten bruk av justerapparat. Dette arbeid kalles *slagtaking*, men kontrollerer vindskjevheten.

Det må ikke løftes i varmt vær når varmerommene er lukket og skinnene står i spenn. Sidemotstanden i et spor som nylig er løftet

kan være sterkt redusert i den første tiden inntil ballasten mellom svillene og utenfor svilleendene får "satt seg". Et nylig løftet spor bør derfor holdes under spesielt tilsyn noen tid, hvis været blir svært varmt.

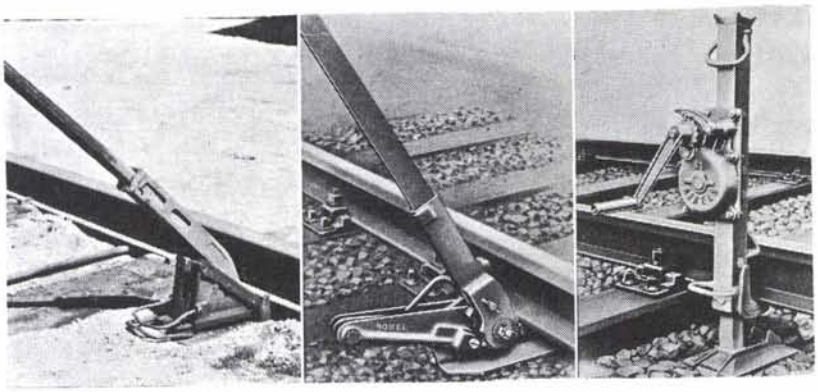


Fig. 144. Skinneløftere.

Før løfting og pakking må vi grovbakse sporet så det ligger høyst 30 mm ut av stilling. Gjøres dette først etterpå, kan arbeidet med løfting og pakking bli mere eller mindre bortkastet.

Det tomrom som oppstår under en løftet sville, må fylles med ballast, og ballasten må pakkes. Vi må derfor ikke løfte sporet i større lengde enn det er tid til å pakke før neste tog kommer. Enden av løftet må rampes ut. Rampen bør verken begynne eller slutte i en skinneskjøt. Midlertidige ramper som anordnes for passerende tog eller ved arbeidets avslutning for dagen, bør ikke ha større stigning enn 3 o/oo, dvs. 3 mm for hver meter. Endelige ramper som anordnes ved enden av den strekning som er løftet og pakket, bør være slakere, helst ikke over 1 o/oo.

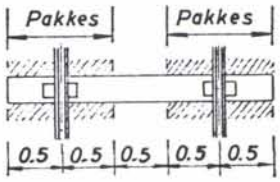


Fig. 145. Pakking av sviller.

Det skal fylles ballast under svillen i hele dens lengde, men *ballasten skal ikke pakkes under midten av svillen*. Regelen er at svillene skal underpakkes like langt på begge sider av hver skinne. For en svillelengde på 2,5 m vil det si 0,5 m til hver side, fig. 145. Like under skinnene skal ballasten være fast pakket, og særlig må det pakkes godt i skjøtene. For øvrig må vi sørge for at pakkingen blir mest mulig ensartet under alle sviller, så de får samme bæreevne. Hvis svillefestet er løst, som det ofte er ved spikerfeste, må svillen holdes godt løftet opp under skinnen mens pakkingen pågår.

Vi må passe på at tomrommet under svillen ikke blir plugget til under arbeidet. Dette er fort gjort ved små løft i pukk. Vi kan også være utsatt for det samme i grus, især hvis grusen er steinholdig.

Pakking kan utføres for hånd eller ved hjelp av svillepakkmaskiner. Ved bruk av pakkmaskiner får vi jevnere pakking enn med håndredskap, hvis vi utfører arbeidet riktig. Dertil kommer at arbeidet blir gjort både raskere og billigere, med mindre det dreier seg om bare småarbeider.

5.7.3. *Håndpakking.*

Håndpakking i *pukkballast* utføres med pakkhakke, fig. 146. Pakklabben skal være litt skrå i pakkflaten for å tvinge pukken opp under svillen.

Før pakkingen begynner, må ballasten fjernes ned til ca. 5 cm under underkant sville på den siden det skal pakkes fra. Dette er nødvendig for å få riktig retning på pakkhakken under arbeidet, og for ikke å ødelegge svillene. Ved små løft må vi løse opp det øverste laget av den ballasten som ligger fast pakket fra før, ellers vil tomrommet lett bli plugget til. Vi bruker den spisse enden av pakkhakken til dette arbeid. Pakkhakke tillates ikke nyttet på betongsviller.

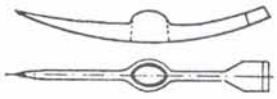


Fig. 146. Pakkhakke.

Håndpakking i *grusballast* skjedde som regel ved hjelp av pakkspade. Pakking med pakkspade foregår i prinsippet på samme måte som med pakkhakke.

5.7.4. *Maskinpakking.*

Til maskinpakking av sviller bruker vi *svillepakkmaskiner*. Av slike maskiner finnes det en rekke forskjellige typer, helt fra små håndbetjente maskiner opp til store skinnegående svillepakkmaskiner. Med de håndbetjente maskiner må maskinføreren selv føre pakkredskapet inn under svillen, og pakkingen avsluttes når han føler at svillen er ferdigpakket. På skinnegående maskiner utfører maskinens pakkaggregat automatisk de bevegelser som må til for riktig pakking av svillen, når pakkaggregatet først er satt i gang. Disse maskiner kalles derfor *automatiske* svillepakkmaskiner.

Fig. 147. Svillepakker.

Håndbetjente svillepakkmaskiner.

Mest utbredt ved NSB er en vibrasjonsmaskin. Pakkingen skjer ved at ballasten vibreres inn under svillen. En vibrasjonsmaskin består av et *kraftaggregat* og *4 svillepakkere*. På fig. 147 er vist nærbilde av en svillepakker.

I kraftaggregatet som drives av en bensinmotor, fremstilles elektrisk strøm for drift av svillepakkerne. I hver av disse er det innbygget en elektrisk motor med en eksentrisk vekt på motorakselen som får den til å vibrere. Vibrasjonene blir så overført til *støttebladene*, *pakkbladet* og *pakklabben*, fig. 148.

På fig. 148 er også vist typer av pakklabber. De skal skiftes med nye når de er slitt så meget at pakkbladet tar skade ved fortsatt bruk. Enkelte typer av pakklabber kan repareres ved påsveising.

Vi starter pakkingen ved å føre pakkbladet ned langs svillen og deretter inn under denne så langt vi kommer for å få svillen godt pakket i hele sin bredde, fig. 149. Så trekkes pakkbladet ut igjen for å skaffe mer ballast frem foran pakklabben, og slik fortsettes det med små bevegelser frem og tilbake til hele svillen er ferdigpakket.

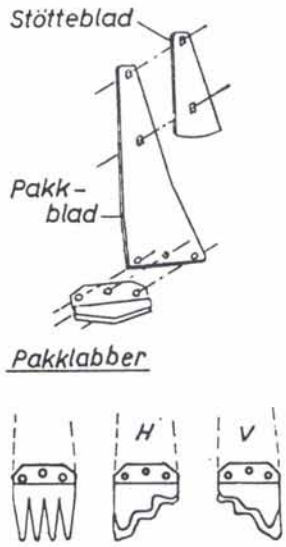


Fig. 148. Støtteblad, pakkblad og pakklabber.

Det startes med krysspakking under skinnene med to og to svillepakkere mot hverandre. Når det er ferdigpakket her, har vi fått noe fast å pakke mot. Så flytter vi pakklabben litt til siden, idet vi stadig pakker ballast inn mot det parti som allerede er pakket ferdig.

Under arbeidet vil pakklabben ha en viss tendens til å bevege seg langsomt sideveis. Denne bevegelse skal alltid foregå *mot det punkt hvor vi startet pakkingen, altså i retning mot skinnen.* Egenbevegelsen av pakklabben henger sammen med omdreiningsretningen for motoren på svillepakkeren. På enkelte typer av vibrasjonsmaskiner (f.eks. Jackson) kan omdreiningsretningen skiftes ved at vi snur støpslet i stikkontakten for svillepakkeren. På andre typer (f.eks. Vibro) er ikke dette mulig. Da må vi ha 2 høyregående og 2 venstregående svillepakkere i hvert sett.

På fig. 149b er vist eksempler på riktig oppstilling av svillepakkere. Mellomsviller pakkes bare fra en side, mens dobbeltsviller skal pakkes fra begge sider. Husk at ved krysspakking skal svillepakkerne arbeide mot hverandre, to og to. De to mann som arbeider ved samme skinnestreng, må derfor arbeide i takt og i hvert fall begynne samtidig med en ny sville.

Vi skal holde lett i håndtaket og la maskinen arbeide ved sin egen effekt. Nybegynnere gjør gjerne den feil at de "legger seg" på håndtaket for å få mer kraft i pakkingen, men de oppnår det motsatte. Maskinen vil da arbeide dårligere fordi vibrasjonen av pakkbladet

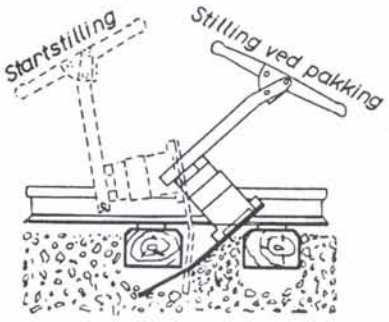


Fig. 149. Svillepakkerens stilling under pakking.

delvis hindres og i stedet overføres det meste av vibrasjonen til håndtaket. Ved riktig bruk av maskinen vil håndtaket først begynne å vibrere når ballasten er ferdig pakket på det sted vi arbeider. Dette er altså da et tegn på at vi kan slutte å pakke her og kan flytte svillepakkeren til siden. En svillepakker veier ca. 30 kg.

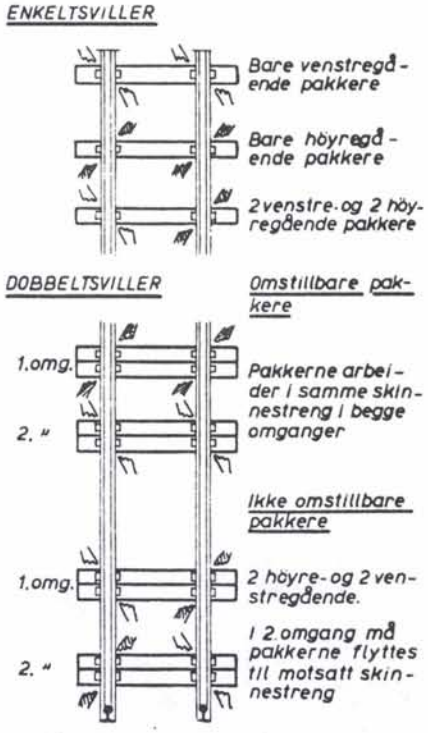


Fig. 149b. Oppstilling av svillepakkerne under pakking.

Vibrasjonsmaskinene arbeider best ved små løft, 2-5 cm. Ved grovløft lønner det seg å ta løftet i et par omganger med et justerløft til slutt, da blir pakkingen mere varig. Ved pakking med vibrasjonsmaskiner er det ikke absolutt nødvendig å fjerne ballasten mellom svillene, men

som regel er det fordelaktig å fjerne noe av den på den siden vi pakker, da kommer vi lettere til med svillepakkerne. Pass bare på at det alltid er nok ballast på motsatt side av svillen, så vi har noe å pakke mot. Glem heller ikke å grovbakse sporet på forhånd.

Nærmere direktiver for bruken av vibrasjonsmaskiner finnes i egen instruks.

Med de vanlige vibrasjonsmaskiner er det vanskelig å komme til overalt under pakking av sporveksler.

Maskiner for justeringsarbeidene.

På grunnlag av målevognsregistreringen blir arbeidsprogrammet for justeringsarbeidene satt opp. Eksempel på et slikt program for en banetrekning er vist på fig. 150.

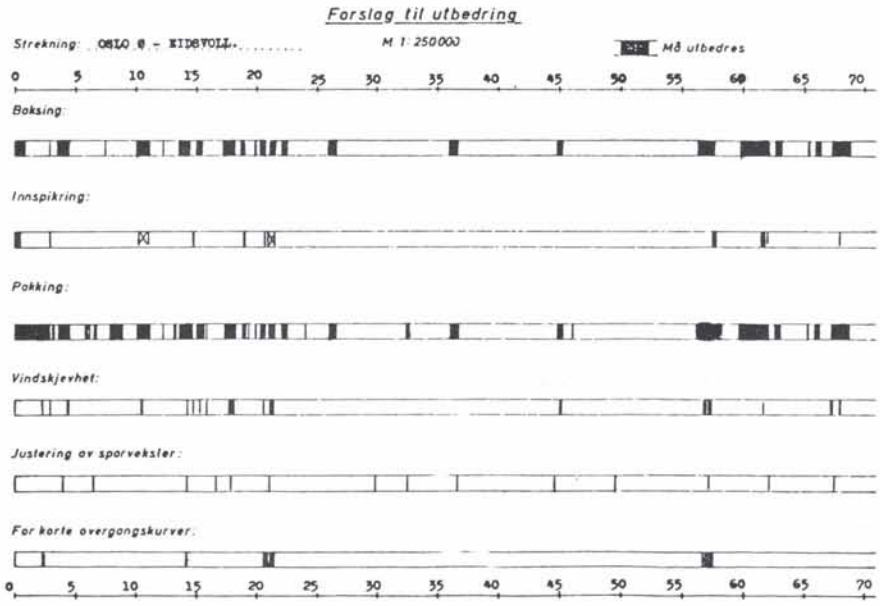


Fig. 150. Arbeidsprogram for en banestrekning.

De maskiner som settes inn i dette arbeidet er *skinnegående justeringsmaskiner*, som det finnes en rekke forskjellige typer av. Vi skal se nærmere på utviklingen av disse samt av de nyeste og viktigste pakke- og baksemaskinene.

Når det gjelder justeringsmaskinene, kan disse inndeles i 3 generasjoner.

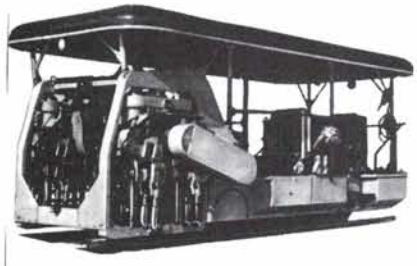


Fig. 151. Skinnegående svillepakkmaskin.

1. generasjon maskiner.

Den første ble anskaffet i 1956. Denne maskintypen var utstyrt bare med pakkaggregater og kunne underpakke en og en sville ad gangen. Løfting av sporet før pakkingen måtte foretas manuelt med skrudonkrafter, og løftehøydene ble fastlagt etter kikkertsikte. Disse manuelle arbeidene krevde ca. 18 mann ved siden av maskinen. Men det var likevel et betydelig fremskritt i forhold til tid-

ligere at selve pakkingen ble utført maskinelt, fig. 151.

Disse pakkemaskiner hadde en pakkekapasitet på ca. 300 sviller/time tilnærmet lik 200 m spor.

2. generasjon maskiner.

Den første ble anskaffet i 1961. Denne var i tillegg til 1. generasjonsmaskiner utstyrt med løfteaggregater. Løftehøyden ble bestemt av 2 wirer - en over hver skinne. Wirene var utspent mellom maskinen og en forvogn ca. 60 m foran maskinen, fig. 152. Når sporet ble løftet av maskinen, fulgte en måleramme foran på maskinen med opp. Øverst på målerammen var det festet kontaktblikk, og når disse kom i berøring med de utspente wirene og fikk elkontakt, ble løftet stoppet. Senere ble wirene erstattet med infrarøde stråler fra forvogn til maskinen. Forvognen ble da forbundet med maskin med en ca. 17 m lang stang.

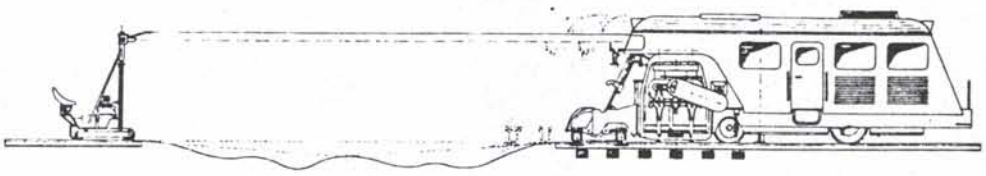


Fig. 152. Maskinutrustning for bestemmelse av løftehøyder.

I og med at den manuelle løftingen nå bortfalt, ble arbeidslaget redusert til 2 manns maskinbetjening og 1 mann til høydeinnstilling av forvognen, altså tilsammen 3 mann. Disse maskiner hadde en kapasitet på ca. 450 sviller/time tilnærmet lik 300 m/spor.

3. generasjon maskiner.

Den første av denne type ble utviklet og anskaffet i 1967 (fig. 153).

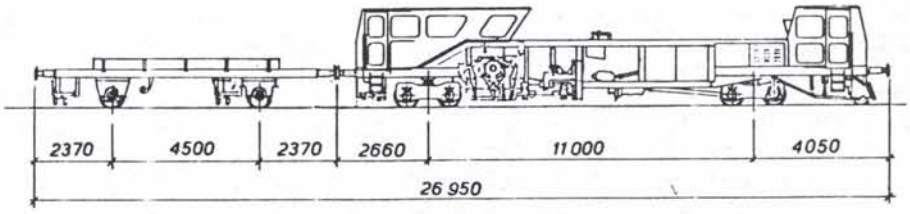


Fig. 153. Kombinert pakke- og baksemaskin.

Disse maskiner hadde i tillegg også fått innebygget aggregater for baksing av sporet, dvs. samtidig med løfting og pakking også sideveis retting. Manuell baksing og retting av sporet var tidligere svært arbeidskrevende. Etter hvert som de enkelte deler i overbygningen stadig ble tyngre, måtte det flere mann til for å kunne bakse et pukkballastert spor. Et bakselag besto da gjerne av 12-14 mann, som med spett korrigerte sporet sideveis. Det var

således et betydelig fremskritt i utviklingen at maskinen samtidig også kunne rette sporet sideveis. Kapasiteten for disse maskiner er ca. 700 sviller/time tilnærmet lik 450 m spor. Det er i årene etter 1967 foretatt ytterligere forbedringer på denne maskintypen. Den er blitt utstyrt med kantvibratorer som samtidig vibrerer ballastskulderen utenfor svilleendene. Maskinene har laserstrålemottaker for retting av sporet og også måleutstyr for registrering av kvaliteten av utført arbeid.

Den nyeste type pakkemaskin som NSB har anskaffet, er vist på fig. 153 med påførte lengder.

Selve maskinen veier 36 tonn. Den er utstyrt med en dieselmotor på 256 HK m/kraftuttak for hydrauliske pumper, kompressor og generator.

Maskinen har 2 stk. pakkaggregater montert foran bakre boggi - ett aggregat for hver skinnestreng. Hvert pakkaggregat har 8 stk. pakklabber fordelt med 4 stk. pakklabber på hver side av skinnen, slik at svillen blir pakket både innenfor og utenfor skinnen.

Pakkaggregatene heves og senkes ved hjelp av hydrauliske sylindre. Pakklabbenes gap kan reguleres. Pakkingen kan styres automatisk eller manuelt. Pakktrykket er ca. 80-90 kg/cm2.

Løfteanordningen, en for hver skinnestreng, består av 4 stk. hydrauliske løftetallerkener som griper under skinnehodet. Skinnestrengene kan løftes uavhengig av hverandre, - dette bl.a. av hensyn til overhøyder.

Bakseaggregatet er sammenbygget med løfteanordningen og består av 4 stk. ruller - 2 for hver skinnestreng. Rullene har dobbelte flenser. Hydrauliske sylindre forskyver skinnegangen i ønsket retning.

Kantvibratorene - en på hver side - komprimerer ballastskuldrene. Vibratorene kan heves og senkes og blir drevet av hydrauliske motorer.

Utrustning for nivellering - høydejustering.

Utrustningen består bl.a. av en utspent wire over hver skinnestreng (fig. 154) og er forbundet med 3 stk. avtakerstenger. Første avtakerstang er plassert foran maskinens forreste hjulaksel, den andre inntil pakkaggregatene og den tredje bak bakre hjulaksel. Disse avtakerstenger er nederst forsynt med ruller som hviler mot skinnehodet når stengene senkes ned. Wirene danner således en referanselinje for sporets lengdeprofil mellom ujustert skinnegang (1. stang) og ferdigløftet spor (3. stang). På midtre avtakerstang er montert et potensiometer med en vippearm som omslutter wiren. Ved en vertikal bevegelse av denne avtakerstang (stang nr. 2) registreres størrelsen av denne bevegelse i potensiometret. Når skinnegangen blir løftet så høyt at avtakerstang nr. 2 når samme nivå som referanselinjen i dette målepunktet, avbrytes løftingen.

Istedenfor 2 stk. wire kan man nytte bare en, men da må tverrnivellering og ønsket overhøyde innstilles via elektropendel.

Utrustning for baksing - sideveisretting.

Denne består også av en utspent wire mellom 4 små måletraller - spenn-

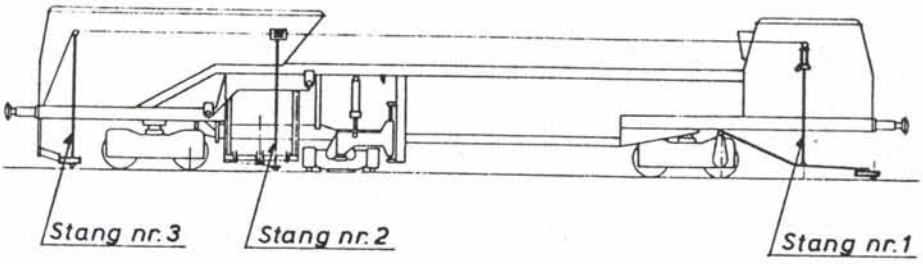
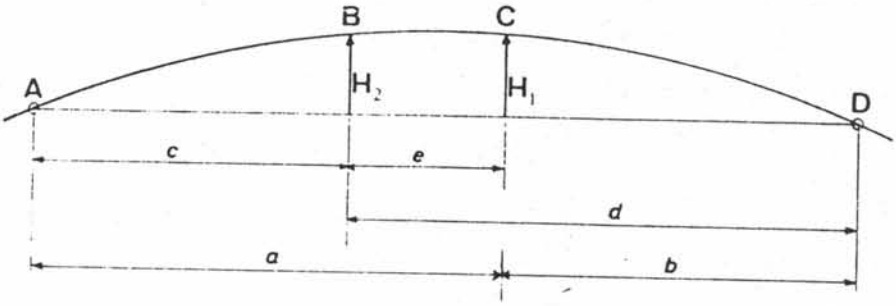
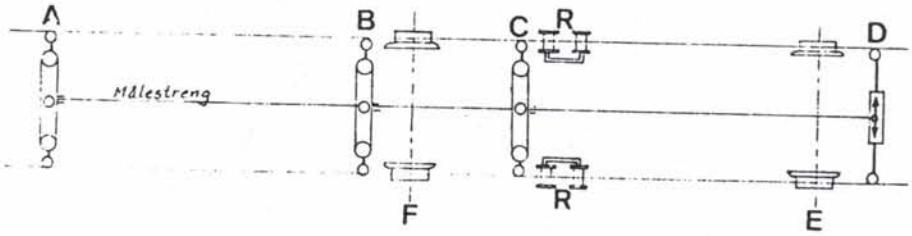


Fig. 154. Utrusting for høydejustering.

Arbeidsretning.



$$i = \frac{H_1}{H_2} = \frac{a \cdot b}{c \cdot d}$$



A = Bakre spennvogn, B = Målevogn, C = Rettevogn, D = Fremre spennvogn,
E = Fremre hjulaksel, F = Bakre hjulaksel, R = Retteruller (baksepkt).

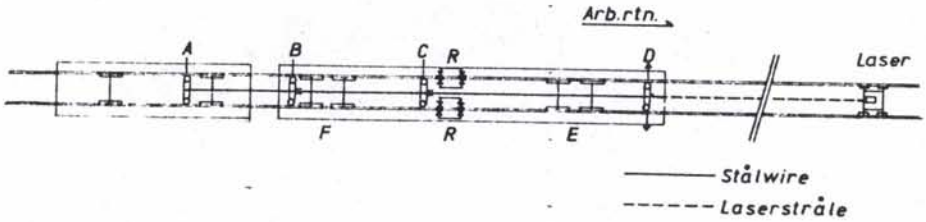


Fig. 155 og 156.
Utrusting for baksing (sideretting).

vogner - under maskinen og tilhengervognen (fig. 155 og 156). Denne wire danner da en korde i kurven.

Prinsippet som dette måleutstyret bygger på, er at pilhøyden i et bestemt punkt på en korde er lik produktet av de 2 delene korden er delt i dividert med diameteren i sirkelen.

Forholdet mellom 2 pilhøyder - målt i fast avstand i en kurve - er da konstant og uavhengig av størrelsen på kurveradien.

Ved en feil i sideretningen oppstår en forskyvning i forholdet mellom pilhøydene, og en impuls utløser den hydrauliske kraftoverføringen for bakseaggregatet til skinnene inntil riktig forhold mellom pilhøydene oppnås.

Bakseaggregatet trer automatisk i funksjon når pakkaggregatene senkes ned mot ballasten og sporet løftes.

For innsikting av rettlinjer nyttes laserstråler. Maskinen er utstyrt med en laserstrålemottaker - fotocelle. Senderutstyret settes opp i motsatt ende av rettlinjen, og maskinen arbeider seg da automatisk fremover i laserstrålens retning.

Sporvekselpakkemaskiner.

For pakking av sporveksler nyttes spesielle pakkemaskiner hvor pakkaggregatene uavhengig av hverandre kan forskyves sideveis. Forskyvningen skjer ved hjelp av hydrauliske sylindre. Pakklabbholderne er dessuten leddet, slik at pakklabbene ved hjelp av hydrauliske sylindre kan svinges opp for å unngå detaljer i sporvekselen.

De senest anskaffede sporvekselpakkemaskiner er utrustet med bakseaggregat slik at maskinen med fordel kan nyttes på fri linje.

Separate baksemaskiner.

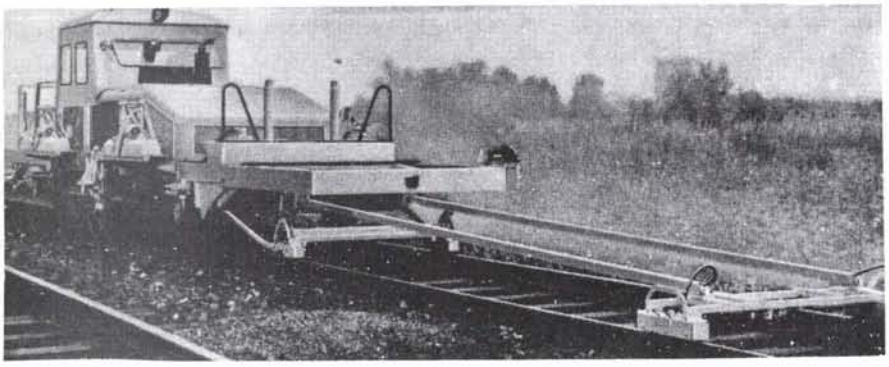


Fig. 157. Separat baksemaskin.

Den type av separat baksemaskin som NSB har anskaffet, er 2-akslet og veier 14 tonn (fig. 157). Den er utstyrt med en dieselmotor på 100 HK m/kraftuttak for hydrauliske pumper, kompressor og generator. Maks. kjørehastighet er 65 km/h.

Bakseapparatet er plassert midt mellom de to akslene og består av en hydraulisk betjent dobbeltvirkende trykksylinder som ved et eksenter kan settes i svingninger på tvers av sporet. Sylinderen står i forbindelse med 4 hev- og senkbare "armer", 2 for hver skinne R_1 og R_2. "Armene" presses mot skinnesteget, R_1, ved baksing mot høyre og R_2 ved baksing mot venstre med kjøreretning som vist på skissen.
Ved å anvende 2 angrepspunkter unngår man å få "knekk" i baksepunktene. Det hydrauliske trykk er stillbart innenfor 50-140 bar avpasset etter skinnevekt og ballastmengde. Maskinen kan arbeide med trykk eller om nødvendig både med trykk og vibrasjon. På begge sider av maskinene er montert kantvibratorer som kan senkes ned på ballastkanten og vibrere denne etter hvert som man går frem.

Utrustning for baksing.

Maskinens måleinnretning består av en 24 m wire, W_1 - W_5 (fig. 158). Dessuten 2 stk. wire av 12 m lengde, W_1 - 0 og 0 - W_5. Disse wirene er plassert under maskinen mellom skinnene. I uttrekkbar stilling er det i alt 5 stk. måletraller W_1, W_2, W_3, W_4 og W_5. Tralle W_3

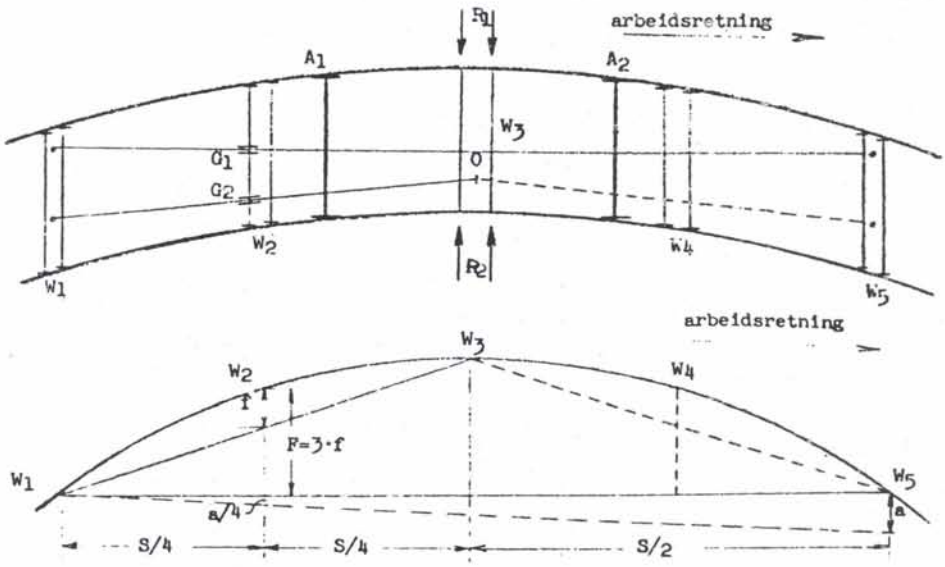


Fig. 158. Utrustning for baksing (sideretting).

presses mot skinnene med trykkluft. I kurve presses alltid måletrallene mot ytre skinne. Trallene W_2 og W_4 er begge utstyrt med 2 kontaktgafler. Den lange wiren løper gjennom gaflene på den ene siden og de 2 korte wirene gjennom gaflene på den andre siden. Ligger wirene an mot gaflenes venstre side, lyser en grønn lampe i førerrommet. Ligger de an mot høyre side, lyser en rød lampe. Løper wirene fritt i gaflene, lyser ingen lampe. Kontaktgaflene kan beveges horisontalt ved 2 spindler - en på hver av trallene W_2 og W_4. Spindlene har forskjellige stigning på gjengene for den lange og den korte wiren. Forholdet mellom stigningene er 1:3.

Pilhøyden F for den lange wiren innstilles ved forskyving av gaffelen G_1 til lampen for den lange wiren slokner. Gaffelen G_2 forskyver seg derved automatisk F/3. Lyser lampen nå for den korte wiren, må sporet bakses i W_3 inntil lampen slokner.

Forholdet mellom pilhøydene f og F vil da være 1:3, dvs. at sporet ligger riktig frem til W_3.

5.7.5. *Retting og puss.*

Hvor linjen er utstyrt med justerpeler som står riktig, benyttes disse som utgangspunkt for rettingen.

Rettlinjer siktes inn ved utmål fra justerpel enten etter øyemål eller ved hjelp av kikkert eller *rettelapper* (se nedenfor). Øyemålet er minst å stole på. Det sikreste resultat får vi når det brukes kikkert, og da helst en som kan stilles på skinnehodet, fig. 143, side 99.

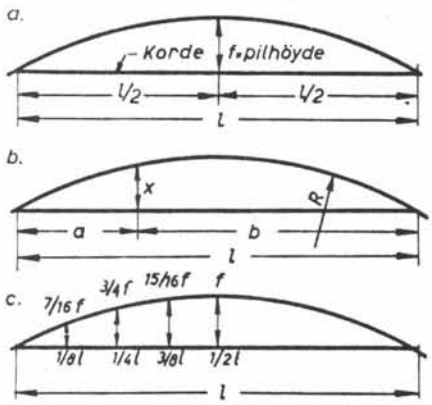


Fig. 159. Pilhøyder.

Ved innsikting av kurver er øyemålet enda mindre å stole på enn på rettlinjer. Hvis vi med det blotte øye kan se en feil i rettingen av en kurve, kan vi temmelig trygt gå ut fra at feilen er grov. Selv om vi derfor har justerpeler å støtte oss til, må vi på baner hvor kravene til nøyaktig sporleie er store, bruke særskilte hjelpemidler for å få fastlagt den riktige beliggenhet av kurven mellom de enkelte justerpeler. Enklest gjør vi det ved å benytte oss av *pilhøyder*.

En rett linje mellom to punkter i en kurve kalles en *korde*. Med pilhøyde forstås den vinkelrette avstand fra midten av korden til kurven (fig. 159a).

Ved måling av pilhøyder brukes en snor eller helst en pianostreng som holdes stramt inntil skinnehodet i begge ender, 14 mm under skinnetopp. For feste av snoren ved større målearbeider bruker vi en egen tang som griper over skinnehodet. Pilhøyden måles så midt på snoren med en tommestokk. Når krummingen av en kurve er helt jevn, skal alle de målte pilhøyder i kurven være like store. Forskjellen i pilhøyde fra punkt til punkt må være liten hvis kurven skal være god å kjøre i.

Avstanden fra korden til de forskjellige punkter i kurven kan beregnes med tilnærmet nøyaktighet etter følgende formel (fig. 159b):

$$x = \frac{a \cdot b}{2R}$$

hvor a og b er avstanden fra kordens to endepunkter til målepunktet, og R er kurvens radius. Setter vi $a=b=\frac{1}{2}l$, får vi formelen for pilhøyden:

$$f = \frac{l^2}{8R}$$

Under alminnelig pilhøydemåling for kontroll av kurver brukes som regel en kordelengde på 20 m. I tabellen er angitt pilhøydene for en del forskjellige kurveradier målt på 20 m korder.

PILHØYDER TIL 20 M KORDER

Kurveradius m	Pilhøyde mm	Kurveradius m	Pilhøyde mm
165	304	700	77
190	262	800	63
200	250	900	56
250	200	1000	50
300	167	1500	33
350	147	2000	25
400	125	3000	17
450	111	4000	13
500	100	5000	10
600	83	10000	5

Hvis vi har fått oppgitt størrelsen av pilhøyden, kan vi uansett kordelengde og kurveradius regne oss til avsettene i fjerdedels- og åttendedelspunktene på korden, fig. 159c. Dette kan ofte være nødvendig når det er stor avstand mellom justerpelene i kurven. I særdeleshet er det nødvendig ved legging av krumt spor i sporveksler og for øvrig på steder hvor kravet til nøyaktighet er stort.

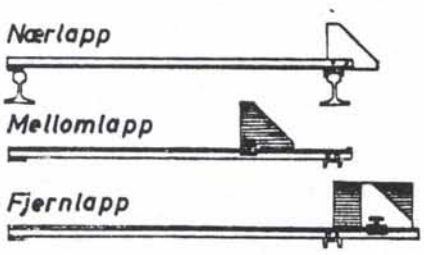


Fig. 160. Rettelapper.

I overgangskurver strekker vi snoren fra OB til OE og setter ut mellompunkter etter oppgitte mål. Snor kan også brukes ved justering av lange stigningskurver.

I stedet for retting etter snor og pilhøyder kan vi bruke *rettelapper*, prinsippet er det samme i begge tilfeller.

Et sett rettelapper består av tre deler, en *nærlapp*, en *mellomlapp* og en *fjernlapp*. De er montert på hver sin linjal som rekker over begge skinnestrenger (fig. 160). Apparatet er forarbeidet av stål - isolert - og er malt med svart og hvit farge, se figuren. Nærlappen er fast, de to andre er forskyvbare over en millimeterskala på linjalen.

Nærlappen og fjernlappen plasseres over skinnehodet ut for hver sin justerpel. Skinnegangen må være trukket i stilling på det sted hvor nærlappen settes opp. Derimot er ikke dette absolutt nødvendig for fjernlappen, idet den er forskyvbar og derfor kan innstilles riktig selv om sporet ligger feil. Når nær- og fjernlapp er satt riktig opp, forskyves mellomlappen ut til det beregnede avsett for et mellompunkt i kurven og gjøres fast til linjalen. Skinnegangen trekkes så til side inntil siktelinjen flukter over de tre lapper (fig. 161). Rettelapper kan også anvendes for innsiktig av rettlinjer.

Hvor justerpelene er usikre eller mangler helt, må linjen stikkes opp

før retting kan foretas. Enten kan vi sette opp midlertidige justerpeler. Fremgangsmåten ved rettingen blir da som beskrevet foran. Eller vi velger å utføre rettingen uten støtte av justerpeler. Da blir fremgangsmåten en annen. I slike tilfeller må arbeidet alltid forestås av personale med utdannelse i stikning. Rettingen av kurver baseres også da i alminnelighet på måling av pilhøyder. De nødvendige beregninger blir som oftest foretatt på stedet etter hvert som rettingen av sporet går frem.

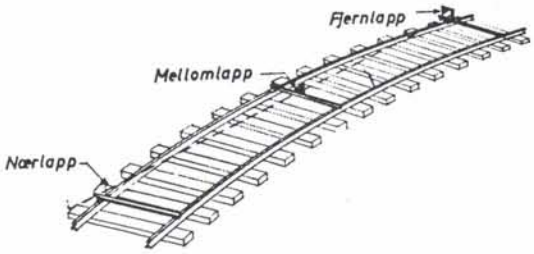


Fig. 161. Retting med rettelapper.

Til finretting av kurver kan vi bruke en spesiell måletralle, en *kurvekorrektor*, som er vist på fig. 162. Denne kurvekorrektor måler og tegner opp pilhøydene for en kordelengde av 10 m. Den betjenes av 2 mann som også lett setter trallen på og av sporet.

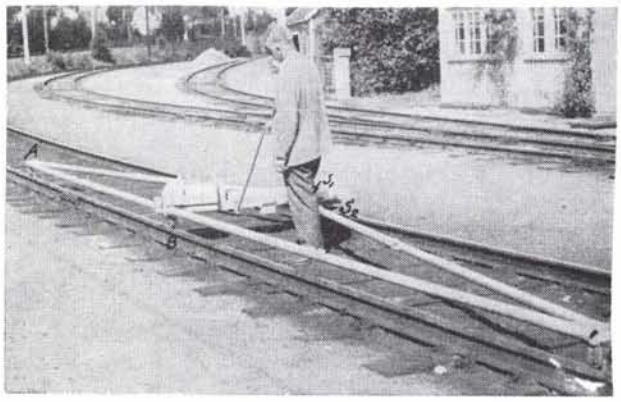


Fig. 162. Kurvekorrektor.

Først kjører vi kurvekorrektoren gjennom kurven og får tegnet opp de målte pilhøyder på en papirrull. Etter å ha stedfestet feilene i baksen ved å kjøre kurvekorrektoren tilbake igjen gjennom kurven, bakses sporet i stilling med en gang av et bakselag som følger med. Så kjører vi til slutt kurven gjennom for tredje gang til kontroll og fortsetter deretter til neste kurve, hvis alt er i orden.

På spor med fjærplater ("Hey-Back") bør vi ta vekk en del av klemfjærene før vi bakser sporet i stilling. Gjør vi ikke det, vil sporet bli stående i spenn etter baksingen, og vi risikerer at det ganske fort trekker seg tilbake igjen til utgangsstillingen.

Fig. 163. Pent spor.

Baksing må ikke utføres i varmt vær når varmerommene er lukket, og skinnene står i spenn.

Ballastpussen er et ledd i arbeidet med å holde god orden på sporet (fig. 163). Jevn og riktig ballastbredde gir også et stabilt spor.

5.7.6. *Kontroll av skinnegangens justering.*

På en førsteklasses bane skal kjøringen være så fri for rystelser at vi skal kunne sitte i toget og skrive praktisk talt like godt som ved et skrivebord. Kravet kan synes temmelig strengt, men når en bane er blitt satt i full stand, må justeringen av sporet være utført med stor nøyaktighet, slik at vi kan kjøre både fort og behagelig.

Når vi har utført hovedjustering av et spor, er det forutsetningen at alle feil og mangler i det bestående spor skal være rettet. Imidlertid må vi vente at det oppstår feil i sporet mellom hver hovedjustering. Spørsmålet er da hvor store de enkelte justeringsfeil kan være før det blir nødvendig å gjøre noe for å rette på dem. Vi kan dele de mulige feil i tre hovedgrupper, nemlig i *farlige* feil, *skadelige* feil og *uskadelige* feil. Med farlige feil forstås feil som er en fare for sikkerheten. Skadelige feil er slike feil som ennå ikke er direkte farlige for sikkerheten, men som er av en slik størrelse at påkjenningene på sporet blir vesentlig større enn nødvendig, samtidig som kjøreforholdene blir dårligere. Uskadelige feil er småfeil som ikke har vesentlig innflytelse verken på påkjenningene eller på kjøreforholdene.

Feil som er en fare for sikkerheten, må rettes med en gang vi oppdager dem. Dette gjelder i første rekke stor sporvidde (mer enn 1470 mm) og stor vindskjevhet (brattere enn 1:300). Slike feil må rettes omgående. Skadelige feil må vi få rettet så snart som mulig, etter at farlige feil er rettet.

Uskadelige feil må vi i det minste holde under observasjon. Forebyggende vedlikehold tilsier at uskadelige feil ikke skal ligge så lenge at de utvikler seg til skadelige eller farlige feil.

Hvor er så grensene mellom skadelige og uskadelige feil i justeringen? De er foreløpig ikke angitt med oversiktlige tall for de enkelte feil som kan forekomme. En feil av en viss størrelse, f.eks. i baksen, kan være uskadelig på en bane med tillatt største hastighet 50 km/h, mens den samme feil kan være i høy grad skadelig på en bane med 100 km hastighet. På baner med stor kjørehastighet må vi altså stille større krav til justeringens nøyaktighet enn på baner med liten kjørehastighet. Men farlige feil må alltid rettes omgående, uansett kjørehastigheten på banen. Ellers er det en alminnelig erfaring at brå feil i overhøyden ganske raskt fører til at det blir feil i baksen. Dette fører igjen til at det oppstår feil i sporbredden, hvis feilen får ligge der uten å bli rettet på.

Når vi skal lete etter feil i justeringen, kan vi ikke stole på øyemålet. Hvis vi med det blotte øye ser en feil, kan vi som regel gå ut fra at denne feilen er så stor at den forlengst skulle ha vært rettet. Det er f.eks. umulig ved hjelp av øyemål å fastslå om det er for stor vindskjevhet i sporet.

Vi kan få en viss føling med justeringens nøyaktighet ved å reise med hurtiggående tog og notere de uregelmessigheter som vi merker på togets gang, jfr. trykk nr. 370.3, § 7. En virkelig kontroll av sporets justering kan bare foretas ved måling, enten for hånd eller ved hjelp av *måletralle* eller *målevogn*.

Måling for hånd går relativt sent. Måleresultatene gir et usammen-

hengende "punktbilde" av ubelastet spor. Likevel må vi ikke unnlate å foreta målinger på denne måten hvis vi har mistanke om at det finnes farlige eller skadelige feil i sporets justering. Tross sine mangler vil slike målinger gi resultater som vi kan bruke når vi samtidig tar hensyn til sporets tilstand, f.eks. løse sviller. Vi bør også se på skinnegangen under togbelastning for å få et bilde av hvordan den beveger seg.

For kontroll av sporvidden brukes spormålet. Høydene og vindskjevheten kontrolleres ved hjelp av justerapparat og baksen ved hjelp av rettelapper eller ved pilhøydemåling med snor.

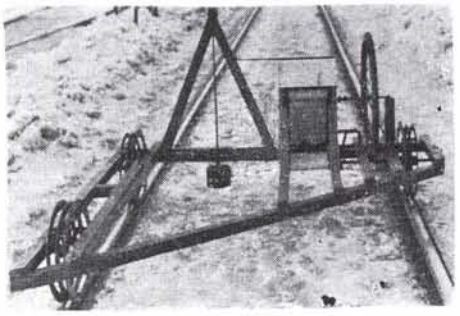


Fig. 164. Espelunds måletralle.

Måling med *måletralle* foregår også på ubelastet spor og gir heller ikke alltid gode nok resultater. Men målingen går vesentlig raskere enn for hånd. Til kontroll av sporvidde, overhøyde og vindskjevhet kan nyttes *Espelunds måletralle*, vist på fig. 164. Det er en trehjulstralle som skyves etter sporet og som har apparatur for måling og sammenhengende grafisk opptegning av de målte størrelser. Måleresultatet tegnes opp på en papirstrimmel i lengdemålestokk 1:1000. 1 meter strimmel tilsvarer altså 1 kilometer spor. Overhøyde og avvik fra normal sporvidde tegnes opp i halv målestokk. Et klipp fra en slik målestrimmel (forminsket) er vist på fig. 165.

Måletrallen er et hendig apparat til å få en rask oversikt over overhøyde og sporvidde. Det trenges 2 mann til kjøringen. Ved noenlunde rimelig togtetthet kan vi regne med å måle 3-4 kilometer i timen. Da målingen foregår på ubelastet spor, vil resultatene ofte bli noe forskjellig fra de resultater som man får ved direkte måling med målevogn i tog. Måling med måletralle er dog fullt tilstrekkelig for en foreløpig orientering.

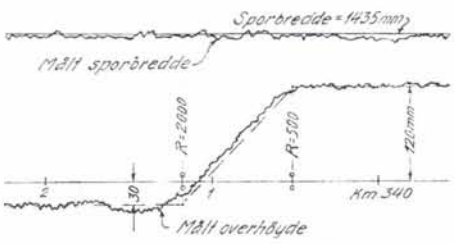


Fig. 165. Målestrimmel tatt med Espelunds måletralle.

Til kontroll av pilhøyder kan vi bruke kurvekorrektoren, beskrevet på side 111. Dette er også en måletralle som måler på ubelastet spor.

5.7.7. *Målevogner og målevognskjøring.*

NSB har mindre *sporkontrollvogner* for direkte måling av sporet under belastning. Disse kjøres på de mest trafikkerte strekninger flere ganger i året.

Disse sporkontrollvogner har forholdsvis liten vekt og kjører under måling med en hastighet av 30 km/h. Under måling over sporveksler reduseres hastigheten til 10 km/h.

Våre sporkontrollvogner utfører følgende målinger:

Høydefeil på begge skinnestrenger.
Pilhøyde.
Overhøyde, vindskjevhet, sporvidde samt kjørehastighet.

Alle måleverdier blir tegnet som diagram på papir. Km-merker kan slås inn manuelt med en knast på apparatpulten.

Fig. 166 viser en liten sporkontrollvogn.

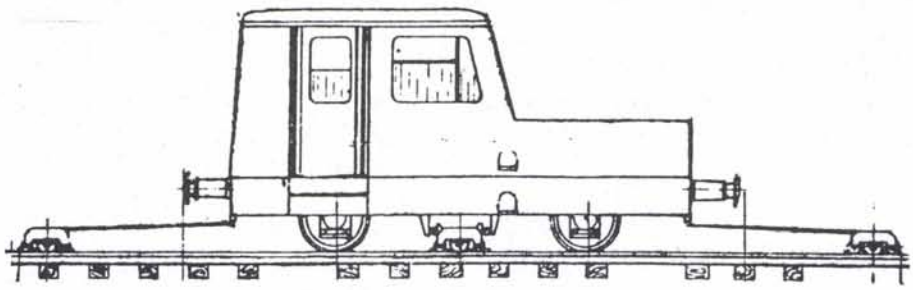


Fig. 166. Liten sporkontrollvogn.

Selv om denne type sporkontrollvogn har lite akseltrykk og kjører sakte under måling, er denne kontroll av stor nytte for dem som har ansvar for sporets standard.

Hver vår og høst foretas en systematisk registrering av våre hovedlinjer med målevogn. Denne målevognskjøring utføres med den svenske målevognen "System Mauzin" (oppkalt etter den franske overingeniør Mauzin).

Det ble i 1958 inngått en interskandinavisk avtale om i fellesskap å anskaffe en hurtiggående stor målevogn som kunne dekke behovet for Norge, Sverige og Danmark til sammen. Denne avtalen ble til slutt utformet slik at Sverige skulle anskaffe vognen og stå som eier, mot å leie den ut til Norge og Danmark 2 ganger i året.

Denne Mauzinvognen har en lengde på 18 m og veier 49 tonn. Den har 2 to-akslede endeboggier og 1 fire-akslet midtboggi. Denne kan forskyves fritt til sidene i forhold til vognkassen. Vognens vekt er jevnt fordelt på alle 8 akslene, og akseltrykket er ca. 6,1 tonn.

På et bånd av transparentpapir avmerker registreringsstifter 8 forskjellige diagrammer. Registreringene blir overført mekanisk fra små målehjul til registreringsstiftene (fig. 167).

Diagram 1 og 2 angir ujevnheter i høyde av begge skinnestrenger.

Diagram 3 angir ujevnheter i høydeforskjellen mellom de to skinnestrenger.

Diagram 4 angir vindskjevheten - forskjellen i stigning i de to skinnestrenger.

Diagram 5 og 6 angir pilhøydene i begge skinnestrenger - målt med 10 m korde.

Diagram 7 angir sporvidden.

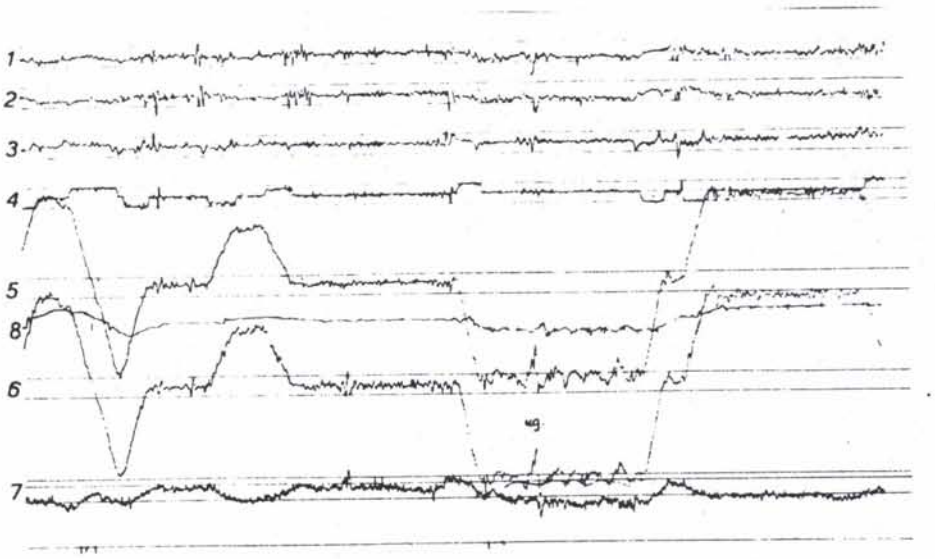


Fig. 167. Diagram for Mauzin-registrering.

Målestokken for ordinatene er 1:1 bortsett fra diagram 4 hvor 1 mm = 0,5 o/oo = 1/2000.

Lengdemålestokken er normalt 1:5000. I 1975 ble det tilføyet et nytt diagram - linje nr. 8. Dette er en registrering av de sideakselerasjoner som opptrer i vognkassen. Akselerometret er anbrakt på gulvet i vognen over forreste boggi. Sideakselerasjonene registreres på diagrammet i målestokk 5 mm = 0,1 g = 1 m/sek2. Utslagets størrelse er i høy grad avhengig av kjørehastigheten, så direkte avlesing av feilens størrelse eller årsaken til feilen kan ikke avgjøres - bare at det er en feil til stede.

På diagrampapiret markeres også vognens hastighet og strekningens kilometertall.

Måleresultatene for øvrig er uavhengig av vognens hastighet og bevegelsesretning.

Vognen kan kopies inn i ordinære tog. Dette er en stor fordel, bl.a. fordi man unngår å forstyrre arbeidsøktene ute på linjen.

Mauzindiagrammene er hittil blitt bedømt på et forholdsvis subjektivt grunnlag og alt etter banens trafikkmengde og hastighet.

På en del av diagrammene er inntegnet toleranselinjer for sporets form. Disse linjer angir da største tillatte ujevnheter. For høyder i diagram 1, 2 og 3 er angitt slik linje for ± 5 mm avvik. For vindskjevhet, diagram 4 er ± 5 mm avvik eller forskjell i stigning 1:400 avmerket. For sporvidden er angitt -3 mm og +8 mm som toleransegrenser.

Det har flere ganger vært oppe spørsmål om å installere computer i vognen for å lette analysearbeidet. Hittil er dette stilt i bero.

Målediagrammene kopieres og fordeles til det personale som skal granske diagrammene og sørge for at feil blir rettet. Måleresultatene nyttes i forbindelse med planlegging av vedlikeholdet.

5.7.8. *Malvogner.*

Ved hjelp av *malvognen*, fig. 168, foretas kontroll av sporets "minste tverrsnitt".

Malvognen er 24 m lang, og avstanden mellom boggisentrene er 18 m (trykk 402). Malvognen er utstyrt med 3 *maler* - en midt på vognen og en på hver side. Malene er bygget etter mål for minste tverrsnitt.

De tre malene er utstyrt med en rekke bevegelige vinger som følger minste tverrsnitt når de står i helt utslått stilling. Hver gang vi får anslag mot en av vingene, klapper vingen inn. Anslaget markeres med en malingflekk, og beliggenheten noteres. For fullstendig lokalisering av feilene er hver av vingene nummerert. Etter endt malvognkjøring må vi fjerne årsaken til anslagene hvor dette er mulig.

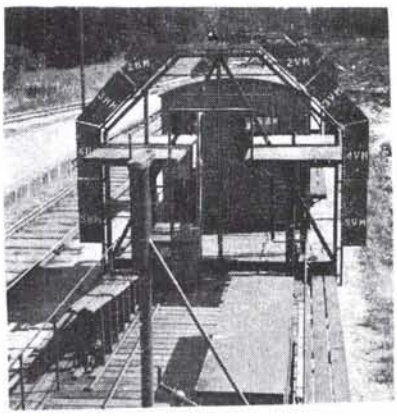


Fig. 168. Malvogn.

5.8. Øvrig vedlikehold av overbygningen.

5.8.1. *Skinneslitasje og skinnesmøring.*

Skinnene er i alminnelighet dimensjonert slik at de tåler en del slitasje uten at bæreevnen blir for liten for den belastning som er forutsatt. Det foreligger bestemte regler for den største tillatte slitasje, både toppslitasje og sideslitasje. På fig.169 er angitt de tillatte grenser for slitasjen av 35,7 og 49 kg skinner.

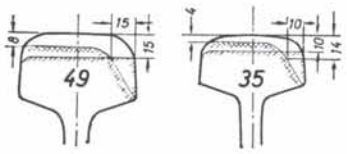


Fig. 169.
Tillatte grenser for skinneslitasje.

Unormal slitasje må vi søke å ta hånd om etter hvert som den oppstår og så langt det er mulig.

Skinner og smådeler som ligger i *trafikkert* spor i det fri, vil i alminnelighet ikke ruste. I lange tunneler som er fuktige, finner vi derimot ofte at skinner og smådeler tar skade, dels av rust og dels ved tæring, det siste særlig på strekninger hvor røkgassene fra toget utvikler syreforbindelser som tærer. I enkelte slike tunneler sløyfet man underlagsplatene og la skinnene på klosser av hardved (helst bøk), idet det ofte viste seg at tæringen var særlig sterk i berøringsflaten mellom skinnen og underlagsplatene. Der skinnene er utsatt for direkte vanndrypp i tunneler, blir det sterk tæring på skinnehodet. På en eller annen måte må vi da få avledet vannet. Overflatefeil på skinner, som sluresår, nedhamrede skinneender o.l., kan repareres ved påleggsveising.

Største skinneslitasje har vi i kurver der særlig sideslitasjen er stor. Hvis kurven er ujevn, blir også sideslitasjen ujevn. Er sporbredden stor, så blir sideslitasjen tilsvarende stor. Minst slitasje får vi når vi sørger for å holde jevn kurvatur, og når sporbredden ikke er større enn foreskrevet for kurven.

Sideslitasjen i kurver kan begrenses ved *skinnesmøring*. Det kan derved spares betydelige beløp til skinnebytting. Det er bare flenssiden av skinnehodet som må smøres. Det må unngås å få smøremidlet overført på kjørebanen.

Skinnesmøring kan foretas ved hjelp av *skinnesmøreapparater* i sporet. De forskjellige typer av slike smøreapparater er alle utstyrt med en fettbeholder. En *smørelask* er festet til skinnen med anlegg mot innsiden av skinnehodet (fig. 170). Smøremidlet presses ut på toppen av smørelasken hver gang et hjul passerer. Det smitter så over på hjulflensen i en lengde like lang som lasken, så fra hjulflensen over på skinnen ettersom hjulet ruller fremover. På denne måte vil hvert enkelt hjul sette flekker med smøring på innsiden av skinnehodet fremover i kjøreretningen hver gang den smurte delen av hjulflensen kommer i berøring med skinnen.

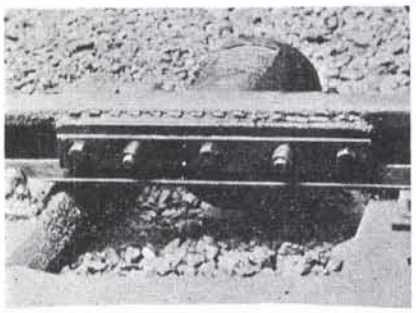


Fig. 170.
Skinnesmøreapparat.

Da hjulflensen ikke ligger an mot skinnen på rettlinje og i alminnelighet heller ikke mot innerstreng i kurver, vil smøringen bare overføres til ytterstreng i kurver til samme kant som den hvor smøreapparatet er innlagt. Vi regner med å få smurt opptil 700 m ytterstreng fra et smøreapparat. Under trafikk med forskjellige hjulstørrelser på materiellet er det som regel ingen vanskelighet med å få smøringen jevnt fordelt langs etter siden av skinnehodet. Som smøremiddel brukes foreskrevet spesialfett.

Smøreapparatet skal plasseres på ytterstreng ved begynnelsen av en kurve. Vi merker oss først det punkt i kurven hvor hjulflensene normalt kommer i berøring med ytterstrengen. Det er i alminnelighet ikke så vanskelig å finne. Skinnesmøreapparatet monteres noe foran dette sted, altså litt lenger *ut* i kurven hvor hjulflensene bare såvidt vil komme i berøring med smørelasken. Pass på at skinnestegets overflate er helt jevn der hvor smøreapparatet plasseres. Det må således ikke settes over valsemerket på steget. Enkelte typer smøreapparater er utstyrt med pumpeknaster som trykkes ned av hjulbanen for hvert hjul som passerer. Disse knastene må stå i riktig høyde i henhold til monteringsforskriftene. Fettsøl i ballasten rundt smøreapparatet er et tegn på at knastene står for høyt, og at pumpen gir mere fett enn hjulflensene kan ta imot.

Et skinnesmøreapparat gir ikke nødvendig klaring for sporrenser. Den må derfor løftes ved passering av et smøreapparat, og det bør bygges inn oppkjørsplanker i sporet for sikkerhets skyld. Det må påses at smøreapparatene med jevne mellomrom blir fylt med fett. Tilsyn og vedlikehold av smøreapparatene for øvrig foretas etter den instruks som foreligger. Best går det når en enkelt mann blir pålagt arbeidet og ansvaret med tilsyn og vedlikehold over en fastlagt strekning. Et smøreapparat som ikke holdes i orden, gjør ingen nytte, - det er bare til ulempe.

Den mest brukte metode for skinnesmøring er den enkleste for linjepersonalet, nemlig apparatur for flenssmøring på lokomotiver og om nødvendig også på motorvogner. Vi kan altså i de fleste tilfeller sløyfe såvel håndsmøring av skinner som innlegging av faste smøreapparater i sporet.

Skinnene kan noen steder bli slitt på en slik måte at kjørebanen får en slags småknudret overflate i lengderetningen. Da har vi det som kalles *riffeldannelse*. På en skinne med riffeldannelse vil vi finne små blanke flekker etter hverandre på kjørebanen med en innbyrdes avstand av 3-8 cm. De blanke flekkene betegner små høydepunkter på skinnen. Disse ujevnhetene har en høydeforskjell som ikke er større enn en liten brøkdel av en millimeter. Det er imidlertid nok til at vi godt hører dem når vi kjører over en skinne med riffeldannelse. I svære tilfeller kan det bli så sterk støy i toget at det rett og slett er sjenerende for de reisende. Før det blir så ille, bør riffeldannelsene fjernes og skinnene glattes av *skinneslipetog*. Skinneslipetoget har ca. 40 slipeskiver som sliper skinnehodet og kjørekanten.

5.8.2. *Skinnebrudd og laskebrudd.*

Skinnebrudd skyldes overbelastning. Et skinnebrudd utvikler seg ofte fra en feil i skinnen, enten en materialfeil som har unngått kontrollen ved valseverket eller en skade som er påført skinnen under arbeidet.

Skinner skal behandles forsiktig.

Skinnen kan altså ha en skjult feil. Så lenge skinnen er utsatt for normal belastning, kan det hende at vi ikke merker noe usedvanlig. Men feilen er til stede. En plutselig overbelastning kan utløse bruddet, enten som *delvis brudd* når skinnen ennå henger sammen, eller som *totalt brudd* når skinnen går i to eller flere deler.

Delvise brudd forekommer relativt ofte i laskekammeret, gjerne som sprekker ut fra boltehullene. De skyldes overbelastning av skjøten. Årsaken er som regel at skjøten er mindre godt vedlikeholdt. Disse laskekammerbruddene kan være lumske hvis de får lov til å utvikle seg uhindret. Vi ser dem ikke før de viser seg som totalbrudd, hvis vi ikke tar av laskene og undersøker. Vi skal derfor se over laskekamrene med jevne mellomrom. Samtidig bør vi da rense og smøre laskekammeret med olje for å motvirke eventuell tendens til rust. Gjengene på laskeboltene skal dyppes i olje.

En hyppig årsak til overbelastning av skinnene er *hjulslag*. Med hjulslag forstås et flatslitt parti på kjørebanen av hjulet. Hjulet har vært låst fast av bremsene og har sklidd på skinnene. Vi bruker i alminnelighet å angi lengden av det flatslitte parti som mål for størrelsen av hjulslaget. De gjeldende bestemmelser for kjøring av vogner med hjulslag setter en grense for hjulslag som har større lengde enn 60 mm. *Vogner med større hjulslag enn 60 mm må ikke kjøres i tog uten distriktsjefens spesielle tillatelse.*

Blir linjepersonalet oppmerksom på materiell med hjulslag som hamrer så hardt på skinnegangen at det menes å være fare for skinnebrudd, skal det meldes hurtigst mulig til fjernstyringsoperatøren eller nærmeste fremadliggende betjente ekspedisjonssted hvor toget kan nås. Hjulslaget kan da bli målt, og vognen kan eventuelt bli satt ut av toget.

Skinner med brudd er en fare for sikkerheten og må skiftes ut hurtigst mulig. Dette gjelder både skinner med delvise brudd og med totalbrudd. Imidlertid må togene holdes gående med minst mulig forsinkelse. Hvis vi derfor ikke har anledning til å bytte ut skinnen med en gang bruddet er oppdaget uten å hindre toggangen, må vi prøve å stelle bruddet så pass at tog kan slippes over med *sakte fart*, så sant det er mulig av hensyn til bruddets art.

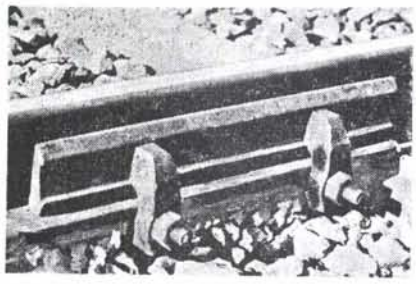


Fig. 171.
Skinnebruddsklave.

En skinne med totalbrudd som er noenlunde tvert, kan midlertidig utbedres ved å sette på lasker som ved en vanlig skjøt. I stedet for å feste laskene ved hjelp av laskebolter, kan vi bruke *skinnebruddsklaver*, fig. 171, derved spares tid. Samtidig bør vi støtte opp under bruddet med en ekstra sville, plankestubb eller hva vi ellers måtte ha for hånden. Pakk opp støttesvillen så godt som det er mulig.

Har vi ikke lasker og skruer eller mangler vi nødvendig borredskap eller skinnebruddsklaver og tog er ventende, kan et totalbrudd som er noenlunde tvert, midlertidig utbedres ved å pakke en sville midt under bruddet og feste skinneendene godt til svillen. Ved mere kom-

pliserte brudd må det i hvert enkelt tilfelle bedømmes om det er tilrådelig å slippe tog over før skinnen er skiftet ut.

Ved *laskebrudd* må vi så snart som mulig bytte ut den lasken som er brukket. Er begge lasker i samme skjøt gått, og vi ikke har reservelasker med til utskiftning, legger vi inn en ekstra sville som ved totalbrudd av skinner. De brukne lasker blir sittende på plass inntil nye lasker er skaffet frem.

Skinnebrudd skal rapporteres til distriktsjefen på foreskrevet rapportskjema. Det skal også sendes rapport over skinnebrudd som oppdages under skinnebytting. Det vises til trykk 373.5.

På nærmere angitte steder i distriktet skal det ligge et lite lager av reserveskinner til bruk ved forekommende skinnebrudd. Når det ligger slitte skinner i sporet, bør reservelagret også legges opp med skinner som er noenlunde tilsvarende slitt for å unngå ujevne overganger i sporet når en skinne må skiftes ut. Er en skinne tatt ut fra reservelagret, skal det straks rekvireres en ny skinne til erstatning, idet det er forutsetningen at reserven skal holdes mest mulig konstant.

Som reserveskinner brukes mest skinner av normallengde og av standard underlengder. Hvor skinnene i sporet er sveiset sammen i lengder på to til tre ganger normallengden, må en brukket skinne midlertidig erstattes med flere reserveskinner, som da må skjøtes på vanlig måte med lasker og innlagte skjøtsviller.

Hvis det oppstår skinnebrudd i langskinnespor, det vil si spor med meget lange skinner, må bruddet likeledes utbedres midlertidig til vi kan få skinnen reparert ved sveising ved lagelig temperatur (+10° C), se også punkt 5.8.9.

Reserveskinnene skal ligge ved siden av sporet på bukker eller lignende i høyde med arbeidstrallen, slik at vi i påkommende tilfeller kan få tak i den skinne vi trenger med minst mulig tap av tid.

5.8.3. *Skinnevandring.*

Fjærende skinnefeste, f.eks. Hey-Back, Pandrol eller fjærspiker, hindrer som regel at det foregår skinnevandring.

Ved alle de øvrige typer av skinnefeste som er i bruk, må vi regne med at det vil opptre skinnevandring, og at det må monteres inn skinnestoppere i sporet. Fra tid til annen må det undersøkes om skinnestopperne ligger an mot svillene. Gjør de ikke det, kan det være tegn på at det er foregått skinnevandring i en retning som er motsatt av den som skinnestopperen er beregnet på å hindre. Vi må da flytte noen av skinnestopperne over på motsatt side av svillene eller legge inn nye.

Skinnevandring fører til at varmerommene blir for små eller for store på forskjellige steder i sporet. Skinnegangen blir da utsatt for større påkjenninger enn forutsatt. På varme sommerdager kan dette resultere i solslyng. Om vinteren kan laskeboltene bli klippet av eller det oppstår skinnebrudd ut fra boltehullene i skinnesteget.

En skjøt som på grunn av skinnevandring ikke ligger riktig i forhold til skjøtsvillene, blir lett ødelagt. Er det lagt isolasjon i skjøten, og skjøten er kommet over en underlagsplate, blir det kortslutning. Skinneendene i isolerte skjøter må ikke komme nærmere underlagsplaten enn 6 mm (trykk 373.3).

Hvis skinnevandringen er blitt så stor at det kan være fare for skinnegangens stabilitet, må vi sørge for at skinnene trekkes tilbake på riktig plass. Til dette arbeid nytter vi *skinnetrekkere*. Den enkleste og mest brukte type av skinnetrekkere har hold i boltehullene i skinnen. En slik skinnetrekker er vist på fig. 172.

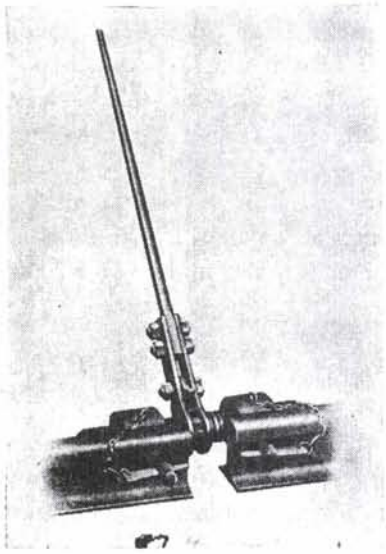


Fig. 172.
Skinnetrekker.

Ved hjelp av skinnetrekkere kan vi trekke 5-6 skinner av normal lengde om gangen. Kan vi løse på skinnefestet så ikke svillene følger med under trekkingen, gjør vi det. Hvis ikke, må vi grave vekk noe av ballasten så ikke arbeidet blir for tungt. Arbeidet må ikke utføres på den måte at vi nytter slegge eller en løs skinne til å slå på eller støte skinneenden med ("pumping") og heller ikke ved å slå på en skinnespiker som er satt ned i skjøten. Skinneenden blir da lett stuket, og det kan utvikle seg til skjøtbrudd. Samtlige laskeskruer i skinnelenken må være godt tilsatt under trekkingen. Når grovtrekkingen er utført, finjusteres de enkelte varmerom. Vi må i alminnelighet pakke opp sporet på hele strekningen når det er foretatt en større regulering av varmerommene.

5.8.4. *Vedlikehold av skinneskjøten.*

Laskeskjøten er den del av sporet som blir hardest påkjent. Det gjelder derfor å holde skjøtene i god stand, så påkjenningene ikke blir større enn nødvendig. Alle uregelmessigheter må være så små som overhodet mulig.

Det er i foregående avsnitt pekt på betydningen av at varmerommene har riktig størrelse. Så lenge vi har skjøter i sporet, kan vi ikke unngå at varmerommene varierer med temperaturen. Det er de store varmerom som gir størst påkjenning på skjøten. Det er da det blir nedslitte skinneender, og det er da vi risikerer å få laskebrudd eller brudd i laskekamrene. Vi må derfor passe på at varmerommene alltid er så riktige som mulig.

Vi får også nedsliting av skinneenden hvis vi under skinnebytting legger en ny skinne inn til en slitt skinne som er lavere. Er forskjellen i høyde ikke større enn 1 mm, jevner vi ut overgangen ved sliping. Er forskjellen større, må vi enten bruke overgangslasker eller jevne ut høydeforskjellen ved påleggsveising. I et knipetak under reparasjon av skinnegangen etter et skinnebrudd er ikke dette så lett å få til i en fart. Da bør vi sørge for å ha på lager enkelte skinner av noenlunde samme slitningsgrad som skinnene i sporet. Dette ordner vi enklest ved å skifte reserveskinnene med skinner fra sporet med visse mellomrom, f.eks. en gang om året.

På grunn av valsevirkningen fra hjulene kan materialet i skinnehodet bli presset ut over skinneenden i skjøten, og det dannes et "nebb" over skjøtåpningen. Dette "nebbet" må fjernes ved meisling eller sliping. Gjør vi ikke det, kan det springe et flak ut av kjørebanen på skinnen når skjøtåpningen lukker seg under sterk varme.

Lasker og laskebolter må gås over med jevne mellomrom i forbindelse med undersøkelse av laskekammeret, se side 119. Lasker som er slitt så mye at de butter mot skinnesteget, må skiftes ut.

I spor med *normale* skinnelengder skal laskeboltene være fast tiltrukket om vinteren for at skjøtåpningene ikke skal bli større enn nødvendig. Om sommeren derimot bør de være litt løsere tilsatt så skinnene ikke hindres i å forlenge seg og blir stående unødig i spenn i varmen.

I spor med *lange skinner* skal laskeboltene være fast tilsatt både vinter og sommer. Laskene skal nemlig hjelpe til med å minske lengdeforandringen av skinnene både når det er kaldt og når det er varmt. Når laskeboltene skal tas ut for rensing og smøring, bør temperaturen være i nærheten av +19° C. Da er i alminnelighet spenningen minst i skinnene.

Nedkjørte skjøter må løftes opp i riktig høyde og må pakkes godt. Er ballasten dårlig, kan det tillates å pakke skjøten opp litt for høyt, men ikke over 1 á 1½ mm. Det er bedre å skifte frisk og ren ballast under skjøtsvillene. Da skal skjøten pakkes i normal høyde.

Der vi har spor med svevende skjøt og skinnene har fått en varig nedbøyning i skjøten, kan vi forsøke å pakke opp skjøtsvillene litt for høyt så de to nabosvillene blir liggende løse, og holde dem slik en tid. Da er det en mulighet for at belastningen fra togene kan rette ut skinneendene. Vær oppmerksom på at skjøtsvillene i dette tilfelle kan løftes inntil 2 mm over normal høyde, men heller ikke mere.

Viser det seg at dette ikke fører frem, har vi ikke annet å gjøre enn å foreta påleggsveising i skjøten.

5.8.5. *Vedlikehold i varmt vær.*

Det er nevnt at skinnetemperaturen under sterk solvarme kan bli så høy at sporet knekker ut til siden, og det oppstår solslyng. Faren for solslyng er størst i stille vær. Sporet er særlig utsatt i trange skjæringer som ligger slik til i terrenget at de samler på solvarmen. Videre er det nevnt at skinnevandring kan resultere i solslyng (side 120). Vi har også lært at sporet har relativt liten sidemotstand når det er nyballastert eller nylig løftet.

I et spor som er lagt med *normale* skinnelengder, vil det i alminnelighet ikke oppstå nevneverdige temperaturspenninger i skinnene før varmerommene er lukket. Selv når varmerommene er lukket, vil temperaturspenningen sjelden bli så stor at det er fare for solslyng, forutsatt at det ikke er foregått skinnevandring, at det ikke er for lite ballast eller at sporet ikke nylig er løftet.

Spor med normale skinnelengder og med sveisede lengder opp til 24 m er ofte lagt med et enkelt skinnefeste som ikke hindrer skinnevandring. Som regel er det spikerfeste. Selv om det er nok ballast i sporet og selv om sporet ikke nylig er løftet, har vi aldri full sikkerhet for at det ikke er foregått noen skinnevandring. I et slikt spor må det *ikke utføres arbeid i sporet når varmerommene er lukket, hvis arbeidet medfører at sporets evne til å motstå sideforskyvninger blir svekket.*

Pågående arbeid med løft og baks, omspikring og arbeid som medfører at ballast må fjernes, må da straks stoppes, og sporet må snarest settes i så god og sikker stand som mulig. Hvis det er absolutt nødvendig å fortsette arbeidet, er det under slike forhold ingen annen mulighet

enn å legge arbeidet til natten. Sporet må da kontrolleres også om dagen.

I spor med *lange* skinner, 30 m og mere, vil varmerommene lukke seg ved en lavere temperatur enn normalt for spor med kortere skinner. Likevel er et spor med lange skinner vel så sikkert mot solslyng når det er i god stand, fordi det alltid er lagt med et solid skinnefeste som hindrer skinnevandring og som samtidig gjør sporet stivt.

Skinnene i spor med lange skinner vil som regel stå under større eller mindre spenning. Arbeid som medfører at laskebolter eller skinnefeste må løses eller ballast må fjernes, og arbeid med løft og baks bør helst utføres i årstider med skinnetemperatur omtrent midt mellom høyeste varme og sterkeste kulde på stedet, dvs. helst ved en temperatur på 5-10° C varme. Da er spenningen minst i skinnene.

I spor med lange skinner og nok pukkballast kan vi ta små justeringsløft inntil skinnetemperatur + 30° C. Det må ellers ikke utføres arbeid som kan svekke sidemotstanden i sporet *hvis skinnetemperaturen overstiger +30° C.*

Hvis det er fare for at det kan oppstå solslyng, må den farlige strekningen settes under ekstra bevoktning. Kjørehastigheten over strekningen må eventuelt settes ned hvis forholdene er særlig ugunstige. Er det et spor med *lange* skinner, er det bare tillatt å fylle på eventuelt manglende ballast, men *ellers må det ikke foretas noe arbeid med sporet.* En solslyng må vi søke å jevne ut så togene kan passere med sakte fart, eventuelt etter å være stoppet. Sporet trekkes tilbake på plass først når det er blitt kjøligere. Under dette arbeid må det heller ikke røres på laskebolter og skinnefeste.

I spor med *normale* skinnelengder kan vi såvidt det er mulig søke å hindre solslyng ved å legge inn kortskinner. Er det grusballast i sporet, kan vi som et midlertidig tiltak legge ballast opp mot utsiden av skinnesteget for på denne måte å kjøle skinnene. Har vi anledning til å holde ballasten våt, hjelper det på avkjølingen. Det samme oppnår vi ved dusjing av skinnene. For å få skinnegangen bakset på plass etter en solslyng, kan vi legge inn kortskinner hvis mulig. Lar ikke dette seg gjøre, må vi vente med innbaksingen til det er blitt kjøligere.

Etter enhver solslyng må årsakene til solslyngen søkes fjernet ved første anledning.

Hvis det blir skinnebrudd i spor med lange skinner, vil det ofte vise seg umulig å få erstattet den brukne skinne med en gang med en ny skinne av samme lengde. Er det kaldt, vil erstatningsskinnen være for kort, og er det varmt, vil den være for lang. Dette henger sammen med det forhold at skinnene i sporet ligger i spenning. Vi må i de fleste tilfeller midlertidig legge inn skinner av normallengde, - eller kortskinner hvis det er svært varmt vær. Disse skinner skiftes så ut igjen med skinner av riktig lengde når skinnetemperaturen nærmer seg middeltemperatur. Det må da midlertidig legges inn nødvendige skjøtsviller.

Skjøtsveising av skinner må ikke foretas i spor der varmerommene er lukket.

5.8.6. *Vedlikehold på strekninger med elektriske anlegg.*

Det gjelder spesielle bestemmelser for anleggs- og vedlikeholdsarbeider på strekninger med elektrisk banedrift og på strekninger med elektriske sikrings- og signalanlegg. Disse bestemmelser er tatt inn i trykk 373.3. Det vises til dette trykk.

Om forsiktighetsregler for personalet under arbeid på strekninger med elektrisk banedrift vises til trykk 411.1.

Disse trykk er viktige. Bestemmelsene må vi kunne og praktisere riktig.

5.8.7. *Skoring.*

Telehiving i linjen medfører at svillene løftes opp og dermed løftes også sporet. Så lenge telehivingen er jevn over en strekning, volder den i alminnelighet ingen ulemper, bortsett fra at vi må jevne ut overgangene ved enden av strekningen. Ujevn telehiving er derimot til stort besvær og krever mye arbeid med å holde sporet i slik stand at det kan trafikkeres sikkert.

Når telehivingen er ujevn, blir også skinnegangen ujevn. Disse ujevnheter må vi ta hånd om, enten ved å senke svillene over det telehivende parti eller jevne ut overgangene ved innlegging av *skorer*. Skorer er mellomlegg av tre som legges mellom sville og skinne.

Skoring kan utføres etter to hovedmetoder, *vinterskoring* og *sommerskoring*.

Ved vinterskoring legger vi skorene inn når telekulen er oppstått for å jevne ut overgangene. Skorene blir altså liggende i sporet bare om vinteren. De må reguleres etter hvert som kulen forandrer seg. Ved hjelp av skorene jevner vi altså ut skinnegangen over de forskjellige telekuler. Vi får et sporleie som er mere eller mindre bølgeformet. Vinterskoring er vist på fig. 173.

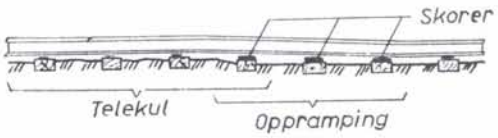


Fig. 173. Vinterskoring.

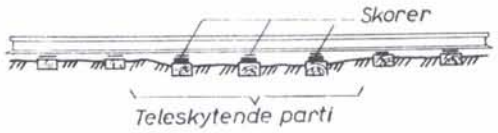


Fig. 174. Sommerskoring.

Ved sommerskoring legger vi inn skorer i skinnegangen om sommeren. Vi senker da svillene over det parti der det erfaringsmessig vil komme en telekul, og legger inn skorer tilsvarende høyden på telekulen, fig. 174. Når telekulen skyter opp om vinteren, regulerer vi etter hvert høyden på skorene og tar dem til slutt helt vekk når telekulen er på det høyeste, under forutsetning av at vi har truffet det riktige mål for senkning av svillene. Under hele telehivingen vil vi da kunne holde riktig høyde på skinnegangen uten de ujevnheter som uvegerlig vil oppstå ved vinterskoring.

Sommerskoring bør helst begrenses til 10 cm høye skorer. Blir telekulen høyere, vil altså skoringen bli en kombinasjon av sommer- og vinterskoring. Det bør ikke legges inn sommerskoring før vi har flere års erfaring og målinger for hvor telekulen vil komme opp, og hvor høy den pleier å være.

Det er ellers noe av en skjønnssak hva vi skal velge av vinterskoring

eller sommerskoring. Det avhenger først og fremst av telekulens høyde og lengde. På høye og korte kuler, der rampene vil bli lengre enn kulen selv, er det oftest riktig å legge inn sommerskoring. Selv om sommerskoringen skulle bli nokså lang, byr den på store fordeler fremfor vinterskoringen. Vi har for det første det forhold at skinnegangen kan holdes i jevn høyde. Dernest er det lettere å skifte skorer fordi underlaget på svillene er rent. Det er også som regel raskere og sikrere å senke skinnene over en sommerskoring enn å løfte dem på en vinterskoring. På den annen side faller sommerskoring undertiden kostbarere enn vinterskoring, og så har vi altså skorer i sporet hele sommeren gjennom.

Strekkbolter skal alltid brukes i forbindelse med skoring, en strekkbolt ved hver annen eller tredje sville.

Ved utjevning av telekuler under vinterskoring må vi påse at rampene i alminnelighet ikke blir brattere enn 3 o/oo. Det vil si at rampen må gis en lengde på 10 m for hver 3 cm høyde av telekulen. Da kan det forsvares at vi sløyfer innlegging av stigningskurve ved begge ender av skoringsrampen, forutsatt at toghastigheten ikke overstiger 60 km/time. For større toghastigheter bør vi foreta en utjevning av rampeendene.

Legger vi skoringen med brattere stigning enn 3 o/oo, må det alltid legges inn stigningskurver av hensyn til det rullende materiell. Men selv om vi begrenser radien for disse stigningskurver til 2000 m, hvilket normalt er for lite på fri linje (se side 12), så vinner vi ikke noe på lengden av skoringsrampen før vi kommer opp i en høyde 8 å 10 cm på telekulen. Ved telekuler som er lavere, lønner det seg altså å legge rampene med slakere stigning, høyst 3 o/oo. På strekninger hvor skoringsarbeider er rimelig, bør vi ikke spare på rampelengden, og særlig ikke hvor toghastigheten er stor.

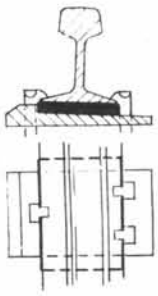


Fig. 175.
Småskore.

Hvis en telekul ikke er like høy i de to skinnestrenger, og vi foretar skoring i hver av skinnestrengene uten å tenke på den annen, vil det bli forandring i overhøyden over telekulen. Dette vil medføre ekstra sleng i toget, og det må unngås. I kurver og særlig i overhøyderamper er det dessuten direkte fare for sikkerheten når vi ikke passer på dette, *hvis vindskjevheten i sporet blir større enn tillatt*, nemlig 1:300 (se under "Overhøyde", side 17).

Særlig i de tilfeller en telekul bare opptrer i den ene skinnestreng, må vi overveie å legge inn sommerskoring selv om vi ikke nøyaktig kan forutsi telekulens høyde. Den enkleste løsning er å fjerne årsaken til telehivingen snarest mulig.

Til skoring brukes enten *småskorer* eller *langskorer*.

Småskorer er bordstumper som legges inn mellom underlagsplate og skinnefot. På fig. 175 er vist en småskore innlagt på en enkeltskuldret spikerplate. Småskorer skal være et par cm bredere enn underlagsplaten, og de legges inn med langved i skinnens lengderetning. Tykkelsen er fra 2 mm til 10 mm.

Langskorer brukes når det trenges tykkere skorer enn 20 mm. De er plane (fig. 176). Lengden er som regel ca. 50 cm, og bredden et par cm mere enn underlagsplatens bredde.

Når det skal legges inn skorer i sporet, må sviller og skorer være rene for is, snø og rester av ballast, så skorene blir liggende stødig og godt. Er svillen plateslitt, må den skarves eller det nedslitte parti må fores ut så skorene ikke knekker under belastningen.

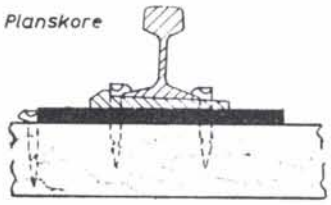


Fig. 176.
Langskore.

På strekninger med regelmessig skoring er det mest praktisk å ha spor med spikerfeste, men skoring kan utføres også der det er skruefeste og i begrenset utstrekning med gjennomgående bolt som festemiddel. Til langskorer må vi ha skinnespiker eller svilleskruer som er lenger enn vanlig. Skinnespiker kan fås i lengder opp til 210 mm og svilleskruer opp til 200 mm. Nødvendig behov for vinteren bør ligge på lager nær skoringspartiene.

Da svillene fort blir ødelagt der det skores stadig, kan det klare seg å bruke uimpregnerte sviller.

I spor med betongsviller og Pandrol-feste skal sporet være telefritt, da ingen form for skoring kan nyttes.

5.8.8. *Helsveising av spor - Teoretiske forutsetninger.*

Den første dampjernbane som ble åpnet i 1826 mellom Liverpool og Manchester, hadde skinnelengder mindre enn 5 m. Frem til 1945 ble skinnelengdene økt etter hvert til maksimalt 20 m.

Skinnene forandrer sin lengde med temperaturen. De trekker seg sammen i kulde og utvider seg i varme. Av denne grunn har man i hele jernbanens historie frem til helsveising av spor begynte i 1950-årene, lagt skjøtåpninger mellom skinneendene for å gi skinnene mulighet til lengdeforandring som følge av de store temperaturskilnader mellom sommer og vinter.

De fleste tidligere brukte skinnefester, som f.eks. skinnespikeren, har liten eller ingen motstand mot langsgående bevegelser. Det har derfor i alle år vært en forutsetning at skinnenes lengdeforandring med temperaturen måtte foregå mest mulig fritt, dvs. at det mellom hver skinne måtte være et varmerom tilsvarende skinnenes lengdeforandring.

Man turde heller ikke gjøre skinnene altfor lange, da lengdeforandringen øker med økende skinnelengde. Større skinnelengder enn 15-20 m ble ansett som utenkelig under norske forhold.

Kortskinner.

Maksimal størrelse av skjøtåpningene må av lett forståelige grunner begrenses hvis vi ikke skal få for ubehagelig kjøring. Denne grense er i de aller fleste land satt til ca. 20 mm. Når vi kjenner formelen for stålets eller skinnens temperaturutvidelse, den maksimalt tillatte skjøtåpning og de temperaturområder som er bestemmende, kan den maksimale skinnelengde regnes ut.

I Norge regner vi vanligvis med at skinnetemperaturen kan variere mellom +50° C og -40° C. Dette gir etter formelen en maksimal skinnelengde

15-20 m under forutsetning av fri utvidelse (dilatasjon) og maksimal skjøtåpning 20 mm.

Til å regne ut lengdeforandringen av en skinne på grunn av temperaturpåvirkning kan vi bruke følgende formel:

$$l_t = u \times t \times L \qquad (1)$$

hvor:

l_t = lengdeforandring på grunn av temperatur

u = stålets utvidelseskoeffisient = 0,000012

t = temperaturdifferansen

L = skinnelengden

Vi setter inn i formelen de tall som er nevnt:
Lengdeforandringen på grunn av temperatur lik den maksimalt tillatte skjøtåpning 20 mm, stålets utvidelseskoeffisient 0,000012 og temperaturdifferansen 90° C. Vi får da en maksimal skinnelengde 20 m slik:

$$0{,}02 = 0{,}000012 \times 90 \times L \quad : L = \frac{0{,}02}{0{,}000012 \times 90} = 20 \text{ m}$$

Lasket spor med skinnelengder 12, 15 og 18 m fyller således betingelsene for fri temperaturbevegelse av skinnene.

Vi kaller skinner med normallengde under 20 m for *kortskinner* og spor med slike skinner for *kortskinnespor*.

I kortskinnespor vil det normalt ikke oppstå indre krefter i skinnene på grunn av temperaturvariasjoner.

Langskinner.

I de siste 30 år er skinnefestene stadig blitt forbedret slik at de i større eller mindre grad også er i stand til å motvirke skinnenes lengdebevegelser. Særlig har overgang til elastiske fester betydd mye i denne utvikling. Disse forbedrede skinnefester har gjort det mulig å øke skinnenes lengder uten tilsvarende øking av varmerommets størrelse, fordi skinnenes temperaturbevegelser holdes igjen av festene. På denne måte er skinnelengdene økt til 20-60 m med de samme skjøtåpninger som for kortskinner.

Skinner med lengder 20-60 m kalles for *langskinner* og spor med slike skinner tilsvarende for *langskinnespor*. I langskinnespor vil det oppstå trykk- og strekkrefter i skinnene, særlig mot yttergrensene av temperaturområdene. Vi vet at metall kan forlenges eller stukes av en strekkraft eller trykkraft. Vi kan derfor hindre lengdeforandring på grunn av temperatur når vi setter inn en motsatt rettet kraft. I helsveiset spor gjøres dette ved at temperaturkreftene holdes igjen i form av spenninger i sporet.

Lengdeforandringen som følge av trykk- eller strekkspenninger i skinnen kan beregnes ut av formelen:

$$l_k = \frac{s \times L}{E} \qquad (2)$$

hvor: l_k = lengdeforandring på grunn av trykk- eller strekkraft

s = spenning i skinnen i kg/cm2 = $\frac{\text{kraft}}{\text{tverrsnitt}}$

E = stålets elastisitetsmodul = 2.100.000 kg/cm2

L = skinnelengden

Helsveiset spor.

Siden siste krig har den tekniske utvikling av sporoverbygningen gått raskt. Det skulle være nok å nevne stikkord som bedre skinnekvalitet, elastiske skinnefester, tettere svilleavstand, betongsviller, bedre ballast, tyngre og stivere spor og forbedrede sveisemetoder.

Dette har ført til at utviklingen fra langskinnespor til helsveiset spor også har gått raskt.

Mange stiller seg spørsmålet: Hvordan er det mulig at helsveiset spor kan ligge fast når skinnestålet forandrer sin lengde med temperaturen?

Et kort svar er:

Når skinnestålet ikke kan forandre sin lengde, må stålets lengdeforandring som egentlig skulle skjedd på grunn av temperaturforandring, bli gjort om til indre spenninger. Disse spenninger blir ført videre via fester og sviller til ballasten.

Det er altså den forbedrede sportekniske standard med fjærende fester, gode sviller og pukkballast som har gjort helsveisingen mulig. Disse deler er altså - når de blir brukt riktig - sterke nok til sammen å holde igjen temperaturkreftene.

Da skinnene i helsveiset spor etter forutsetningen skal ligge i ro - med andre ord beholde sin lengde -, må den teoretiske lengdeforandring på grunn av temperaturvariasjonen være like stor og motsatt rettet lengdeforandringen på grunn av de oppståtte trykk- eller strekkrefter.

Som vilkår for likevekt kan da settes opp følgende forutsetning:

$$l_t = l_k$$

Den sier at lengdeforandring på grunn av temperaturforandring er lik lengdeforandring på grunn av spenningsforandring.

Formel 1 og formel 2 kan altså settes lik hverandre:

$u \times t \times L = \frac{s \times L}{E}$ som løst med hensyn på s gir:

$$s = E \times u \times t$$

$$s = 2.100.000 \times 0{,}000012 \times t$$

$$s = 24 \times t \text{ kg/cm2}$$

Denne formel uttrykker følgende avhengighet mellom temperatur og spenning i skinnen:

I helsveiset spor vil det i skinnene oppstå trykk- eller strekkspenning 24 kg/cm2 for hver grad temperaturforandring i skinnene. I en 49 kg skinne med tverrsnitt ca. 63 cm2 tilsvarer dette en kraft (24 x 63 =) ca. 1500 kg pr. grad temperaturskilnad.

Størrelsen av temperaturkreftene i helsveiset skinnegang er direkte proporsjonal med temperaturvariasjonene i sporet. Da de maksimale trykk- og strekkspenninger i sporet bør være mest mulig like store, må skinnene gjøres spenningsløse og sveises sammen ved en nøytral temperatur som ligger omkring middeltemperaturen mellom høyeste og laveste påregnelige skinnetemperatur.

Nøytraltemperaturen er altså en temperatur vi regner ut. Ved denne temperatur blir skinnene gjort spenningsløse før den endelige sammensveising. For å redusere de maksimale trykkspenninger i skinnene og derved redusere faren for solslyng, er det vanlig å fastlegge nøytraltemperaturen noe over den beregnede middeltemperatur.

Det er for alle distrikter fastsatt nøytraltemperatur 19° C ± 4° C. Det vil si at sluttsveisingen ved helsveising av spor skal utføres ved skinnetemperaturer mellom 15 og 23° C.

Hvis vi tenker oss at et spor er nøytralisert og helsveiset ved 20° C, vil vi en varm sommerdag, når skinnetemperaturen er +55° C, i 49 kg skinner få trykkrefter som er:

$$35 \times 1500 \text{ kg} = 52\,500 \text{ kg (fra } +20^{\circ} \text{ til } +55^{\circ})$$

og tilsvarende vil strekkreftene en vinterdag med -40° C være:

$$60 \times 1500 \text{ kg} = 90\,000 \text{ kg (fra } +20^{\circ} \text{ til } -40^{\circ})$$

De store krefter i helsveiste spor stiller store krav til sporet som helhet og til alt materiell som blir brukt til å bygge sporet. Fullgod sikkerhet må alltid være til stede.

Vedlikeholds- og reparasjonsarbeider må ikke utføres slik at ekstra spenninger tilføres eller ved tidspunkter da det er høye spenninger i sporet.

I lasket spor foregår temperaturpåvirkede lengdeforandringer langs etter skinnenes hele lengde. I et helsveiset spor derimot forekommer slike lengdeforandringer bare i de såkalte pustepartiene nærmest skinneendene.

Skinnenes sentrale parti i et helsveiset spor er forhindret fra bevegelse dels og mest på grunn av lengdeforskyvningsmotstanden ved hver sville innenfor pustepartiene og dels på grunn av friksjonsmotstanden i laskeskjøtene i hver ende av det helsveiste sporet. Jo større disse motstandene er, jo kortere er pustepartiene. Avhengig av sportype regner vi med pustelengder mellom 50 og 100 m.

For at et spor skulle betraktes som helsveiset, måtte altså skinnelengden teoretisk være minst 2 x 50 m = 100 m. Av hensyn til de store krefter som kan opptre i spor med større skinnelengder enn 40-50 m, skal også slike spor bygningsmessig, vedlikeholdsmessig og sikkerhetsmessig regnes som helsveiste spor.

Banetekniske krav.

For helsveising av spor stilles følgende banetekniske krav:

For hovedspor:

1) *Underbygningen* skal være stabil uten nevneverdige setninger eller telehiv.

2) *Ballasten* skal være fullverdig grovpukk av størrelse 20-60 mm (klasse 1).

   På rettlinjet spor og i kurver med R = 500 m (og større) kreves det minst 40 cm skulderballast utenfor svilleendene, og ballasten skal i hele sporets bredde være oppfylt til overkant sville.

   I kurver med R $\begin{smallmatrix} >300 \text{ m} \\ <500 \text{ m} \end{smallmatrix}$ kreves det ekstra 10 cm skulderballast (altså 50 cm) utenfor svilleendene på utsiden av kurven, og i kurver med R< 400 m skal ballastskulderen på kurvens utside i tillegg gis en overhøyde på minst 10 cm over svillenes overkant.

3) *Svillene* skal være betongsviller eller tresviller av minst X-type kvalitet. Svilleavstanden skal ikke være større enn 65 cm på rettlinjet spor og i kurver med R $\geq$500 m. I kurver med R < 500 m skal svilleavstanden helst ikke være større enn 60 cm.

4) *Skinnefestene* skal være av fjærende type med stor holdkraft og vridningsstivhet som f.eks. Hey-Back, Pandrol og Deenick. Alle fester må ha friksjonsøkende mellomlegg mellom skinne og underlag.

5) *Skinnene*. Alle skinneprofiler kan helsveises. Skinnene bør ikke være for mye slitt, og de må ikke ha synlige defekter eller rissdannelser.

   Nye skinner for sveising skal leveres uboret eller boret bare med det innerste hull for laskebolt.

   Før vi sveiser et lasket spor, skal laskekammersonen kappes bort og skinnene trekkes sammen. Det er av betydning å få fjernet laskehull og eventuelle andre boringer i nærheten av sveisesonen for å unngå å få konsentrerte spenningssoner rundt disse. Det må derfor sørges for at skinneendene er fri for hull på de fremste 12 cm. Det er følgelig tilstrekkelig å kappe skinnene like bak det fremste laskehull, men da skinneendene vanligvis er nedkjørte over hele laskepartiet og usynlige små riss kan ha dannet seg rundt laskehullene, er det en fordel å få fjernet hele laskekammersonen. Skinnene må jo trekkes i alle fall.

   Til kapping av skinner med skjærebrenner skal bare anvendes personale som er opplært til dette og som er kjent med de aktuelle skinnestålkvaliteter og nødvendig forvarming.

6) *Vekslene* skal ha fjærskinnetunge (type 1965) eller leddtunge av type 1945.

7) *Isolerskjøtene* skal være limt og forspent eller av godkjent friksjonstype.

8) *Kurveradien* skal være større enn 300 m. Kurver med R< 300 m kan

bare helsveises etter spesiell tillatelse.

9) *Sporet* som helhet skal ha stor rammestivhet. Sporleiet skal ha jevn kvalitet. Større feil skal ikke forekomme.

10) *Sidespor.*

Sidespor med spikerfeste eller kilefeste og grusballast i tilknytning til hovedspor skal sveises til en lengde av 30-100 m fra veksel i hovedspor for å redusere sidesporets innflytelse på vekselen. Det må i tilfelle monteres 100 - 200 skinnestoppere fordelt over samme lengde vekselvis mot trykk- og strekkrefter.

11) *Bruer.*

I et helsveiset spor skal skinnene normalt også være sveiset på bruer. På *betongbruer*, der sporet ligger i gjennomgående ballast, gjelder de samme krav som for sporet på hver side av brua.

På *stålbruer* uten ballast må skinnene eller brusvillene ha mulighet for bevegelse i sporets lengderetning eller det må være bygget inn glideskjøt.

I spor uten glideskjøt på bruer skal det nyttes et feste som gir mulighet for temperaturbevegelse mellom skinne og sville.

På bruer med glideskjøt forutsettes det at skinnene følger stålkonstruksjonens bevegelse ved temperaturvariasjoner og togbelastning. Det brukes derfor underlagsplater med fjærfeste. Skinnene må sikres mot vandring ved hjelp av skinnestoppere på hver side av brua.

Det kreves at sporet på brua og minst 100 m til hver side ligger på rettlinje eller i kurve med $R > 500$ m.

I tilfelle skinnebrudd på eller nær brua og for å sikre mot temperaturinnflytelse på bruddstedet, skal det settes på skinnestoppere mot trykk- og strekkrefter på en lengde av ca. 30 m til hver side av alle bruer.

I tvilstilfeller og dersom kravene til helsveising av bruer ikke fullt kan etterkommes, skal spørsmål i denne forbindelse vurderes av Baneavdelingen, Hovedadministrasjonen.

12) *Tunneler.*

I tunneler er middeltemperaturen lavere og temperaturvariasjonene mindre enn utenfor. For helsveising i tunnel må vi først registrere temperaturforholdene. Relativt høy nøytraltemperatur bør velges, men ikke slik at den avviker for mye fra nøytraltemperaturen utenfor tunnelen.

Ved lange tunneler skal overgangen fra helsveiset spor i tunnelen til eventuelt lasket spor utenfor begynne minst 30 m inne i tunnelen, slik at vi får 2 åpne skjøter i tunnelåpningen. Når helsveiset spor fortsetter også utenfor tunnelen, skal det nøytraliseres minst 30 m inn i tunnelen.

13) *Forankring av sporet - Pustepartiene.*

Helsveiset spor på tresviller med Hey-Back feste eller Deenick feste skal på pustepartiene forankres med skinnestoppere.

Skinnestoppere settes på de ytterste ca. 50 m i hver ende av det helsveiste sporet. Stopperne skal sikre mot både strekk- og trykkkrefter. De kan plasseres med 4 stoppere på annen hver sville der 2 stk. monteres mot strekk- og 2 stk. mot trykkrefter. Det vil gå med ca. 150 skinnestoppere i hvert pusteparti.

Pandrol-feste har normalt betraktelig større holdkraft enn Hey-Back- og Deenick-feste. Generelt skal det ikke være nødvendig med noen ekstra forankring til betongsviller med Pandrol-feste.

For sidespor:

Gjeldende krav for hovedspor skal være veiledende også for sidespor. Det tillates dog ballast av finpukk og eventuelt maskingrus, svilleavstand opp til 75 cm og kurveradier ned til ca. 200 m.

Sveising.

Sveisingen skal utføres etter gjeldende sveiseforskrifter og av godkjente skinnesveisere.

Sluttsveising av langskinner eller helsveising skal ledes av en skinnesveiseformann som må være fortrolig med alle bestemmelser for slikt arbeid.

Helsveising skal utføres ved nøytraltemperatur eller ved nøytralskinnelengde ved hjelp av varmevogn eller strekkapparat.

5.8.9. *Vedlikehold av helsveiset spor.*

Nøytraltemperaturen er bestemmende for alle vedlikeholdsarbeider i sporet og skal gjøres kjent for alt personale som har befatning med slike arbeider.

Vedlikeholdsarbeider som løfting, pakking, baksing, justering, svillebytting, svilleregulering, nedgraving av kabler i ballastkanten, skjøtsveising, reparasjonssveising, løsing av skinnefestene eller andre arbeider som kan svekke sporets ballastmotstand må ikke bli utført når skinnetemperaturen er over 30° C eller under 0° C.

Når arbeidsoppgaver fører til at det blir groper i ballasten eller åpninger mellom svilleendene og ballasten (f.eks. etter justering, pakking og baksing), må gropene snarest fylles igjen og ballasten komprimeres. Det er av avgjørende betydning at ballastprofilet på helsveiste strekninger er fullverdig, godt pakket, jevnt pusset og i orden.

Vedlikeholdsarbeid må avbrytes før skinnetemperaturen stiger over 30° C eller faller under 0° C, dersom det viser seg ved små løft at sviller forandrer leie sideveis eller at det kan oppstå andre uforutsette forandringer eller forstyrrelser.

Solslyng.

Om tendens til solslyng melder seg, må ekstra ballast påføres og sporet avkjøles ved hjelp av vann. Når temperaturen har sunket, må sporet bakses i rett leie.

Hvis solslyngen er mer markert eller fullt utviklet, skal skinnene kappes og gis anledning til å ekspandere slik at trykkreftene reduseres. Kappstedene bør legges utenfor solkurven. Sporet bakses deretter tilbake i riktig leie. De tilfeldige skjøtene sikres midlertidig med lasker og laskeklaver, og ekstra ballast påføres og komprimeres.

Ved nøytraltemperatur og når forholdene har stabilisert seg, kan sporet utbedres permanent. Før sammensveising må sporet være bakset i riktig leie og nøyaktig justert. Pustepartiene som har utviklet seg på hver side av kappstedene, må nøytraliseres eller gjøres spenningsfri ved å løse festene på minst 40 m til hver side av skjøtene. Deretter kan skinnene sveises og festes igjen.

Hvis solslyngen har laget utknekket eller spiss sveiseskjøt, må vi legge inn passkinne 4-6 m for å eliminere den spisse skjøt.

Skinnebrudd.

Skinnebrudd utløser automatisk pustesoner på hver side av bruddstedet. Ved reparasjon må det tas hensyn til dette. Skinnenes opprinnelige lengde må gjenvinnes før sammensveising.

Så snart brudd er oppdaget, og før noe gjøres med selve bruddet eller skinnefestene, skal det slås kørnerslag på skinnehodets ytterside på hver side av bruddet. Ettersom det kan bli spørsmål om å legge inn skinnekapp, som minst skal være 4 m langt, så skal avstanden mellom kørnerslagene være lenger, 5-6 m. Etter at kørnerslagene er slått inn, måles den nøyaktige avstand mellom dem i mm og likeledes måles bruddåpningen. Disse verdier sammen med den aktuelle skinnetemperatur noteres og skrives med kritt på skinnesteget ved et av kørnerslagene. Først deretter kan midlertidig utbedring utføres.

Midlertidig utbedring.

Hvis skinnebruddet er tvert og noenlunde loddrett og bruddåpningen ikke er for stor, setter vi på lasker og lasketvinger.

Hvis bruddet ligger i eller like ved en sveist skjøt, må vi bruke spesielle nødlasker som går fri av sveisevulsten.

Hvis bruddet er skrått og uregelmessig eller hvis skjøtåpningen er for stor, må skinneendene kappes innenfor kørnerslagene. Et skinnekapp i passende lengde, ca. 4-5 m, legges inn og festes med lasker og tvinger. Den ene enden av skinnekappet sveises til tilliggende skinne når skinnetemperaturen er mellom 0° og 30° C.

Permanent utbedring.

Permanent utbedring skal helst utføres ved nøytralskinnetemperatur. Utbedring kan også foretas etter at skinnene er gitt sin nøytrale lengde ved bruk av varmevogn eller strekkapparat. Permanent utbed-

ring gjøres ved innsveising av skinnekapp. Skinnekapp skal ikke være kortere enn 4 m. Den ene enden av skinnekappet sveises til tilliggende skinne på vanlig måte. Når denne sveis er blitt kald, foretas den endelige avspenning av skinnene.

Skinnene i de oppståtte pustepartier ved bruddstedet må da løses fra festene på en lengde minst 40 m til hver side og nøytraliseres.

Ved sluttsveising må vi passe på at skinnen har fått igjen sin opprinnelige lengde før sammensveisingen, dvs. at avstanden mellom kørnerslagene er riktig. Det må tas hensyn til at sveisen krymper ca. 3 mm ved avkjøling.

Eksempel:

Opprinnelig avstand mellom kørnermerkene	Bruddåpning	Krymping		Riktig avstand før den endelige sluttsveisingen
6018 mm	- 18 mm	+ 3 mm	=	6003 mm

Hvis skinnebrudd inntreffer ved skinnetemperaturer over nøytraltemperaturområdet, oppstår det ingen bruddåpning på grunn av trykkreftene i skinnen. Også i slike tilfeller skal det slås inn kørnermerker, og fremgangsmåten blir for øvrig som foran. Ved beregning av riktig avstand mellom kørnerslagene ved sluttsveisingen skal vi da regne med bruddåpning = 0 mm.

Tilsyn med helsveiset spor.

Ved tilsyn må kontrolleres at kravene for helsveiset spor til enhver tid er oppfylt. Spesielt skal påses at ballastmengden er fullverdig og i orden, at retningsfeil ikke forekommer og at alle fester er slått på og i orden.

I perioder med sterk, vedvarende varme, og når det utføres sporarbeid som svekker sporets stabilitet, skal det foretas særskilt visitasjon. Ansvarsforholdene skal da være spesielt avtalt. Tilsynet skal utføres på dagens varmeste timer eller før eventuelle tog skal passere og skal ikke opphøre før temperaturen er fallende.

Også strekninger der arbeider nylig er blitt utført, skal holdes under særskilt kontroll mot tendenser til løfting, utknekking og sideleieforandringer.

I sterk kulde og ved raske temperaturfall er risikoen for skinnebrudd størst. Under slike temperaturforhold bør det føres særlig tilsyn med sveiste og isolerte skjøter.

NSB

LÆREBOK

FOR

LINJEPERSONALET

DEL 1

Banens overbygning

Utgitt september 1979

Had/Baneavdelingen

Rettelsesblad nr. 1.
August 1981.

INNHOLDSFORTEGNELSE

Rettelsesblad nr. 1.
August 1981.

Side

Rettelsesblad nr. 1
August 1981.

Side

DEL 1 BANENS OVERBYGNING

1. INNLEDNING

Med *baneoverbygningen* forstår vi ballast, sviller og skinner med feste til svillene. I daglig tale bruker vi uttrykket "overbygningen", men vi skal da huske at det er overbygning også på bruer. Den kaller vi bruoverbygning.

Med *skinnegangen* eller *sporet* mener vi skinner og sviller, sammenføyet og lagt på plass i ballasten.

Baneoverbygningen har to oppgaver:

a) Den skal tjene som kjørebane for rullende materiell. Den må derfor være sterk nok til å tåle belastningen fra togene. De deler som overbygningen består av, må dimensjoneres og settes sammen slik at de virker som en samlet konstruksjon som fører belastningen videre til planeringen.

b) Den skal medvirke til sikker styring av togene. Denne oppgaven utfører overbygningen sammen med hjulene. For at togene skal få god og sikker gang, må derfor hjul og skinne være nøye avpasset til hverandre.

Før vi behandler de enkelte detaljer i overbygningen, vil vi se litt på de faktorer som bestemmer utforming av en god baneoverbygning.

2. GRUNNLEGGENDE FORHOLD

2.1. Hjul og skinne.

På rullende materiell sitter hjulene fast på akselen. Akselen og begge hjulene gjør derfor like mange omdreininger under fart. De to hjul med tilhørende aksel kalles en *hjulsats* (fig. 1). (Hjulgang.)

Hjulet kan være satt sammen av to deler, det såkalte *hjulsenter* og *hjulringen*, som er krympet utenpå hjulsentret. Hjulringen er mest utsatt for slitasje. Ved denne konstruksjonsmåte kan man fornye hjulringene uten å skifte hjul.

Eller hjulet kan være helvalset med hjulsenter og hjulring valset ut av ett stykke (se tverrsnittet i fig. 1). På slike hjul kan man altså ikke skifte hjulring, men bare hele hjulet. Til gjengjeld risikerer man ikke at hjulringen løsner.

Hjulsatsens viktigste grensemål er angitt i fig. 1 og 2. Målene i parentes gjelder som ytterste slitasjegrenser. F.eks. skal flenstykkelsen etter slitasje ikke bli mindre enn 22 mm og flenshøyden ikke større enn 36 mm.

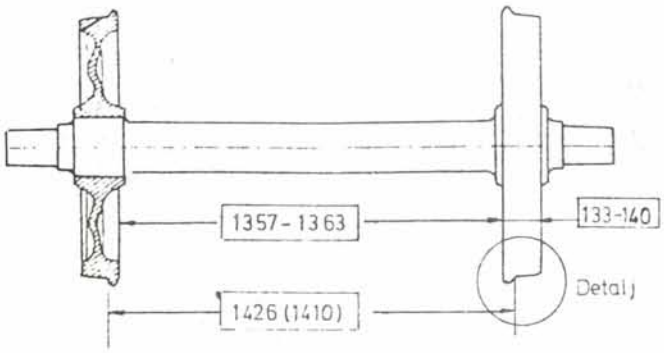


Fig. 1. Hjulsats.

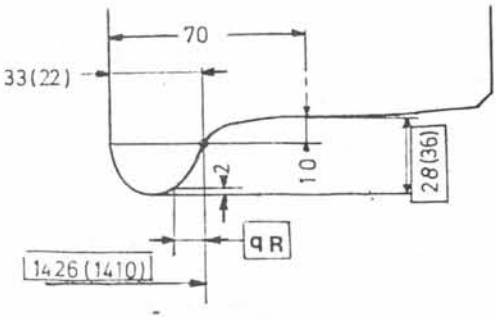


Fig. 2. Detalj hjulprofil.

Med visse mellomrom må alt rullende materiell inn i verkstedene for éttersyn og utbedring av mangler ("revisjon"). Hvis nødvendig, blir da hjulsatsene tatt av og de slitte hjul avdreiet så de igjen får riktig form.

Overholdelse av målene er av stor betydning, særlig av hensyn til sikker passasje av skinnekryss og sporkryss. Målene er fastsatt ved internasjonale avtaler. Hjulsatsene på NSB's rullende materiell tilfredsstiller således kravene som stilles i utlandet. De fleste NSB-godsvogner har merket "RIV". Dette betyr at de uten videre kan trafikkere banene i de fleste europeiske land og dessuten i en del land utenfor Europa så langt som til Iran og Irak.

I sytti-årene er det innført et nytt mål for hjulflensene som skal overholdes, nemlig målet "q_R" som også er angitt i fig. 2. Dette målet skal alltid være større enn 6,5 mm. Er det mindre, vil dette si at hjulflensen er blitt altfor steil slik at det er fare for at hjulet klatrer opp mot tungespissene i sporveksler.

Vi skal nå se litt på hvordan det rullende materiell beveger seg på sporet. Som fig. 1 viser, er flensavstanden 1410-1426 mm. Sporvidden er normalt 1435 mm. Hjulsatsene vil derfor alltid kjøre med en rimelig klaring i sporet. Dette er nødvendig, bl.a. for å få riktig gang i rettlinjet spor og i slake kurver. Her skal hjulene utføre en myk pendelbevegelse, som vises i fig. 4. Bølgelengdene for denne bevegelse skal være slik at pendlingen ikke, eller minst mulig, blir overført til vognkassen. Størrelser av bølgelengdene er avhengig av hastigheten, hjulprofilet og skinnenes helling som ved NSB er 1:20, se fig. 3. Flensene skal ikke berøre skinnene. Derfor er det liten eller ingen sideslitasje av skinnene på rettlinjet spor.

Uregelmessigheter i rettlinjet spor og i slakere kurver, særlig retningsfeil og variasjoner i sporvidden, kan forstyrre den myke pendelbevegelse. Det kan da oppstå hårde anslag av flensene mot skinnens kjørekant. Slike anslag kan forårsake en økning av sporfeilene.

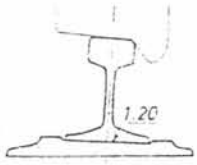


Fig. 3. Skinnehelling.

Under gjennomkjøring av skarpere kurver er forholdene annerledes. Vi ser først på vogner eller lokomotiver med boggier. De fleste boggier er konstruert slik at akslene holdes nøyaktig parallelle. Boggiene vil forsøke å kjøre rett frem. Som vist i fig. 5, vil hjul nr. 1 da kjøre med flensen mot ytre skinnestreng, som presser hjulet tilbake og tvinger dermed boggien til å følge sporets krumning.

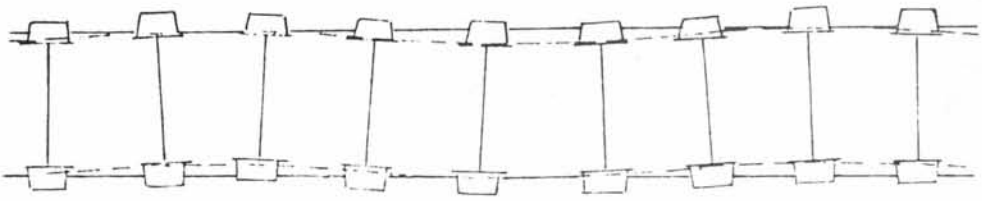


Fig. 4. Pendling på rettlinje.

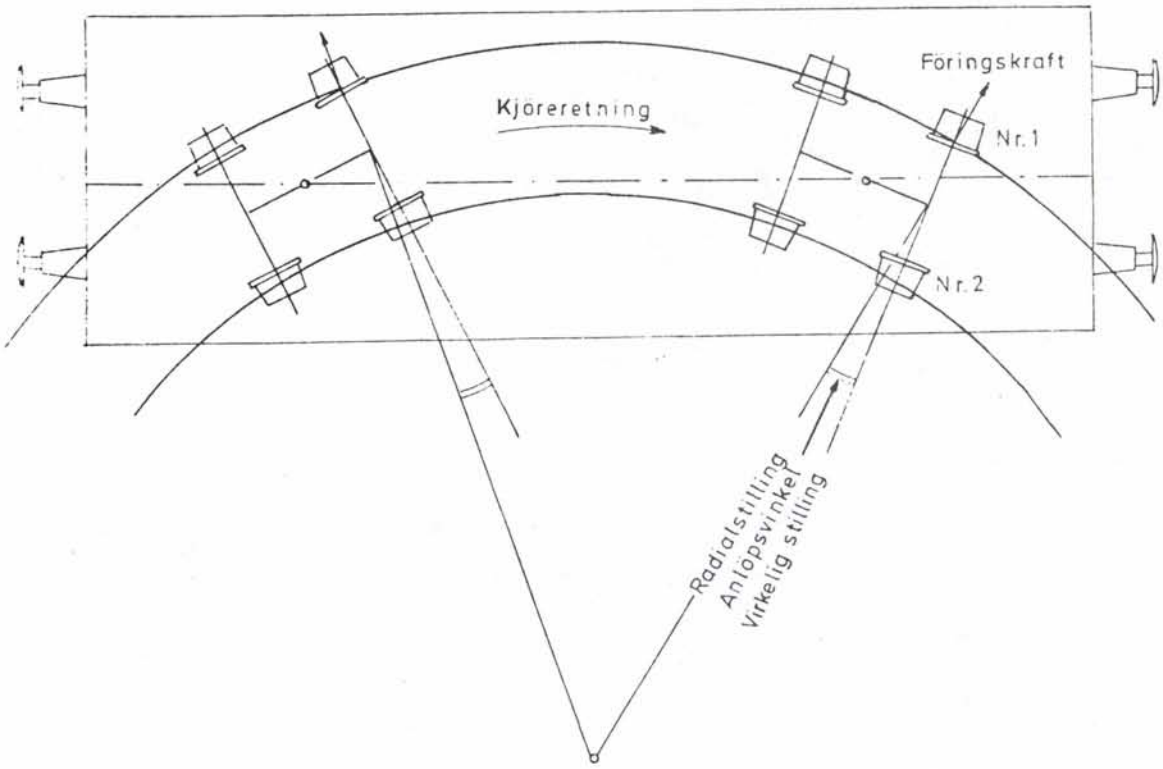


Fig. 5. Boggivogn.

Følgelig vil det oppstå en sidekraft mot kjørekanten av ytre skinnestreng som kan forårsake sideslitasje. Denne kraften benevnes *føringskraften*. Størrelsen av føringskraften er bl.a. avhengig av friksjonen mellom hjulene og skinnene: Tørre skinner gir stor friksjon. Videre er størrelsen av føringskraften avhengig av vinkelen mellom skinnestrengen og hjulflaten, den såkalte *anløpsvinkelen*. Denne vinkelen er lik vinkelen mellom hjulakselen og kurvens radius, som angitt i fig. 5. Anløpsvinkelen angir forskjellen mellom vognakselens virkelige stilling og radialstillingen. Føringskraften øker når hastigheten blir større som følge av sentrifugalkraften, se avsnitt 2.2.2.

Boggiens bakre aksel kjører uten flenskontakt.

Hvis to-akslede godsvogner ble bygget på en tilsvarende måte som boggiene - dvs. slik at begge aksler holdes nøyaktig parallelle -, skulle anløpsvinkelen bli altfor stor. To-akslede godsvogner har store akselavstander, inntil 10 m. Derfor blir disse vogner bygget slik at akslene er svingbare i forhold til vognkassen. Hjulsatsene er derfor i stand til å dreie seg litt fra midtstillingen som de inntar på rettlinjet spor. Men akslene oppnår likevel ikke den radiale stillingen. Det gjenstår således en anløpsvinkel som angitt i fig. 6.

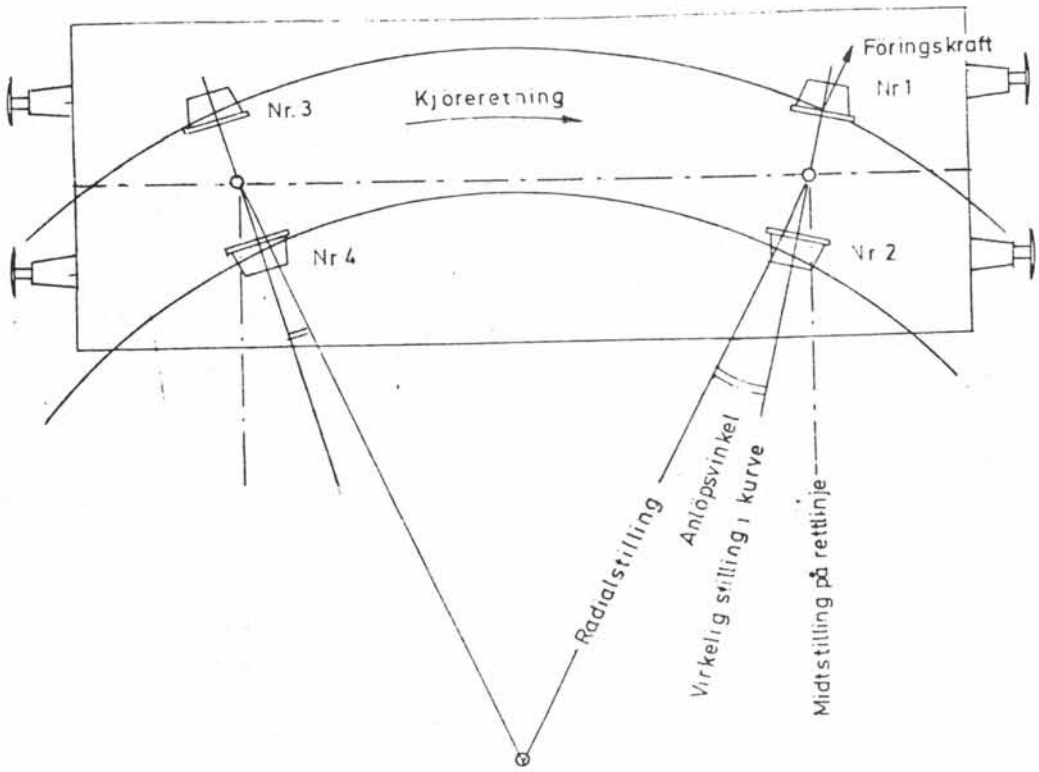


Fig. 6. To-akslet vogn.

Den bakre aksel vil som oftest rulle uten flenskontakt med skinnene. Men hjul nr. 4 på bakre aksel av en vogn med stor akselavstand kan ved lave hastigheter i skarpe kurver få flenskontakt med den indre skinnestreng. Dette er gunstig. På denne måten forminskes "føringskraften" av hjul nr. 1 mot den ytre streng. Når sporvidden er stor, oppnås ikke denne gunstige situasjonen. Dette er en av årsakene til at de tidligere regler om sporutvidelse i kurver er blitt forandret, se avsnitt 3.3.

Fig. 7 viser et tverrsnitt av den forreste aksel av en boggi eller en to-akslet vogn i en kurve. Vi ser at hjul nr. 1 på den ytre streng kjører med en større diameter (D1) enn hjulet på den indre streng (D2). Begge hjul tar like mange omdreininger. Hjulet på den ytre streng vil for hver omdreining forsøke å kjøre over en større lengde. Til en viss grad må dette virkelig skje fordi den ytre streng har større lengde enn den indre. Men som regel er forholdet mellom D1 og D2 ikke det samme som forholdet mellom lengdene av ytre og indre streng. Et av hjulene må derfor slure litt. Som oftest er dette hjulet på indre streng, som derfor får større toppslitasje og av og til riffeldannelse.

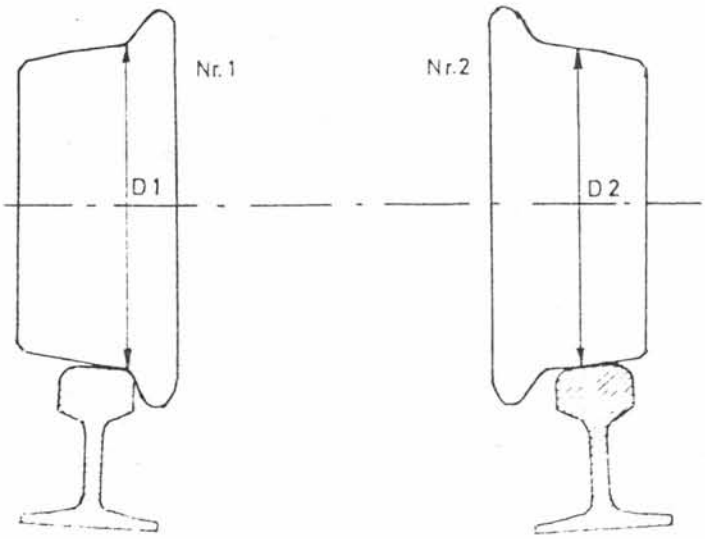


Fig. 7. Første hjulsats.

Boggier, spesialvogner og lokomotiver kan ha flere enn to hjulsatser montert etter hverandre i en felles fast ramme. For å hindre at de midtre hjulaksler skal bryte i kurvene, blir enten de ytterste eller de midtre hjulsatser utført på en spesiell måte. Enten kan de forskyve seg litt sideveis i boggi- eller vognrammen, eller de er forsynt med hjul som har litt tynnere flenser, slik at det oppstår tilstrekkelig klaring.

2.2. Påkjenninger på sporet.

Belastningen fra rullende materiell overføres gjennom hjulene til skinnene, derfra til svillene og videre til ballasten, som igjen fører belastningen til underbygningen (planeringen). Hver del av overbygningen vil bli utsatt for påkjenninger som ikke må være større enn den påkjenning som erfaringsmessig kan tillates. Ved utforming av overbygningen må det altså tas hensyn til at skinnene har tilstrekkelig bæreevne, festet til svillene er hensiktsmessig og til at underlagsplatene er tilstrekkelig store så de ikke presses ned i svillene. Videre må svillene ha nødvendig stivhet, og liggeflaten må være så stor at svillene ikke blir trykket ned i ballasten. Ballasten må tåle trykket fra svillene og skal føre trykket jevnest mulig videre til underbygningen. Ballasttykkelsen må da være tilstrekkelig stor for at dette skal skje. Da vanlig skinnegående materiell mangler fjæring mellom hjul og skinne, er det nødvendig at overbygningen har en viss elastisitet, idet påkjenningene på såvel hjul som skinner ellers vil bli for store.

Betrakter vi overbygningen som fundamentet for tog, og sammenligner vi dette fundament med et vanlig fundament for et byggverk, så kan vi undre oss litt over at fundamentet ikke er solidere enn det er. Hele fundamentet er jo ikke mere enn for en flåte å regne, en flåte av sviller som ligger i et relativt tynt lag ballast. Likevel er denne fundamenteringsform hensiktsmessig.

Under togets bevegelse vil overbygningen bli utsatt for vekslende påkjenninger som skifter hurtig og ofte. Da fundamentet er elastisk, vil det oppstå bølgebevegelser i sporet. Skinnegangen vil bli trykket ned under hvert hjul og vil løfte seg opp noe mindre foran og bak hjulene (fig. 8). Det vil dannes bølger omtrent på samme måte som når en skøyteløper går på tynn is. Under togets passering vil det oppstå en rekke bølgedaler og bølgetopper i skinnegangen. Disse bølgedannelser går delvis over i hverandre og beveger seg fremover med samme fart som toget. Hele overbygningen blir satt i svingninger, og svingningene forplanter seg videre til underbygningen, noe vi lett kan merke i jordterreng når vi står nær sporet.

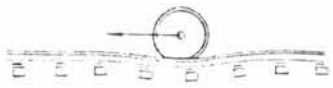


Fig. 8.
Bølgedannelser i sporet.

Vi kan spørre om det ikke er bedre å fundamentere sporet så sterkt at det ikke oppstår slike bølger. For å snakke videre om samme bilde som før, så er det jo sikrere for en skøyteløper å gå på tykk is. Jo, det kunne vi nok gjøre hvis vi hadde hatt hjul med fjærende hjulbane, men det har vi jo ikke. Derfor må overbygningen være elastisk. Den må ha en viss evne til å gi etter for belastningen og deretter "ta seg opp igjen" av seg selv, uten at sporleiet blir ødelagt. Et solid spor som er godt justert, skal kunne holde justeringen meget lenge, men ethvert spor må før eller senere etterjusteres.

De krefter som virker på overbygningen kan deles i *loddrette krefter*, *sidekrefter* og *langsgående krefter*.

2.2.1. *Loddrette krefter.*

For de forskjellige banestrekninger er den *største tillatte aksellast* fastsatt av Hovedadministrasjonen under hensyn til banens konstruksjon.

De loddrette krefter på sporet bestemmes av aksellasten, men også av andre forhold som er nevnt nedenfor.

Ulik høydebeliggenhet av de to skinnestrenger bevirker at aksellasten fordeler seg ujevnt. Det vil falle mest på den skinnestreng som er lavest. I kurver med overhøyde vil dette motvirkes av sentrifugalkraften.

Enhver ujevnhet i sporet har som resultat at de loddrette krefter opptrer med ujevn styrke, først og fremst på det stedet hvor ujevnheten forekommer. Dernest vil vi i sporet kunne følge virkningen av ujevnheten et stykke fremover i fartsretningen på grunn av svingninger i fjærsystemet på materiellet. Ved store hastigheter kan støtkreftene som følge av ujevnheter i sporet bli betydelige.

Belastningen fra det rullende materiell kan også være ujevn. Drivhjulene på lokomotiver utstyrt med drivstenger vil belaste skinnegangen ujevnt for hver eneste omdreining av hjulene. Hjul med *hjulslag*, dvs. med flatslitte partier på hjulbanen, er meget farlige for skinnegangen og er en hyppig årsak til skinnebrudd. Mere om dette følger under avsnittet "Skinnebrudd og laskebrudd" (5.8.2.).

2.2.2. *Sidekrefter.*

Når tog kjører, virker det sidekrefter på sporet særlig i kurver, men de opptrer også i rettlinje på grunn av pendlingen. Normalt er sidekreftene uten betydning i rettlinje, men ved dårlig justert skinnegang kan de også der bli så store at de kan ødelegge sporets justering.

I kurver har vi virkningen av føringskreftene som beskrevet i avsnitt 2.1. Føringskreftene øker ved større hastighet som følge av sentrifugalkraften.

Sentrifugalkraften virker på enhver gjenstand som beveger seg i en kurve. Vi kan merke den når vi for eksempel sitter i en bil som tar en sving. Det kan hende at vi må holde oss fast for ikke å bli slengt i retning mot utsiden av kurven. Det er sentrifugalkraften på oss selv som vi kjenner på denne måten. Men sentrifugalkraften virker også på bilen og alt annet som er i den.

Hvis vi kjører med jevn hastighet gjennom forskjellige kurver, vil vi oppdage at vi merker sentrifugalkraftens virkning best i den skarpeste kurven og minst i den slakeste. Sentrifugalkraften tiltar altså når kurveradien minsker. I en kurve med radius 100 m er den akkurat dobbelt så stor som i en kurve med radius 200 m, når hastigheten er den samme i begge kurver.

Kjører vi gjennom en og samme kurve med forskjellig hastighet hver gang, vil vi fort merke at sentrifugalkraften øker sterkt når hastigheten øker. Og her er regelen at hvis hastigheten øker til det dobbelte, øker sentrifugalkraften til det 4-dobbelte (2 x 2) og ved 3-dobling av hastigheten til det 9-dobbelte (3 x 3). Vi ser altså at en forandring av hastigheten gir raskere utslag på sentrifugalkraftens størrelse enn en forandring av kurveradien.

Kan vi så gjøre noe som mottrekk mot virkningen av sentrifugalkraften? Jo, vi kan og vi gjør det hver eneste dag, helt automatisk. I bilen lener vi oss i retning mot innsiden av kurven for å få igjen balansen. Da har vi akkurat utbalansert sentrifugalkraftens virkning på oss selv. Kjører vi på sykkel, legger vi både sykkelen og oss selv på skrå innover i kurven for å holde balansen og har da opphevet sentrifugalkraftens virkning både på sykkelen og syklisten. Legg merke til at det er virkningen av sentrifugalkraften vi har tatt bort, ikke selve sentrifugalkraften, for den er til stede så lenge som vi beveger oss i kurven.

Sentrifugalkraften er altså en sidekraft som virker utad i kurven, i retning fra kurvens sentrum. Ved å legge oss passe innover i kurven, etablerer vi en motkraft til sentrifugalkraften som bevirker at vi holder balansen. Da er denne motkraft akkurat like stor som sentrifugalkraften, og vi føler ikke, men bare ser at vi kjører i kurve.

På samme måte kan vi helt eller delvis motvirke sentrifugalkraftens virkning ved å legge skinnegangen i overhøyde. En jernbanevogn vil da ligge på skrå i kurven, og vi kan holde en større kjørehastighet gjennom kurven enn vi ellers kunne gjøre, uten at de reisende merker noe større til sentrifugalkraften. Dertil blir påkjenningene både på vognen og på sporet i kurven redusert til det minst mulige.

På sykkel opphever vi virkningen av sentrifugalkraften helt og holdent ved å regulere skråstillingen etter hastigheten og kurveradien. Med en jernbanevogn har vi ikke denne mulighet til å skaffe en fullstendig motvekt mot sentrifugalkraften ved forskjellige hastigheter i kurven, idet skråstillingen er bestemt av overhøyden og altså er den samme uansett kjørehastigheten. Vi skal komme nærmere inn på dette under avsnittet om overhøyder.

I dårlig justert spor er krefter og påkjenninger svært uregelmessige. Vognen kan bli slengt fra den ene skinnestrengen til den andre, ikke bare i rettlinje, men også i kurver. Kreftene blir mye større enn i et spor uten justeringsfeil. Som resultat vil vi få et enda dårligere sporleie. Særlig nøye må vi være med justeringen på linjer med stor toghastighet. Der kan selv små feil bevirke vesentlig økning av påkjenningene i overbygningen.

2.2.3. *Langsgående krefter som følge av trafikken.*

De langsgående krefter som tog forårsaker, har ikke direkte noen særlig innflytelse på påkjenningene i sporet. Det vesentligste resultat er at det oppstår *skinnevandring*, og skjøtåpningene blir ujevne. Derved oppstår muligheter for meget store temperaturpåkjenninger i skinnene.

Skinnene vil ha tendens til å vandre dels med og dels mot toget. Vandringen vil foregå i retning med toget på grunn av bølgebevegelser i sporet under togets gang, og på grunn av støt mot skinneendene i skjøtene, særlig hvor det er store skjøtåpninger. Rullende friksjon fra vognhjulene og bremsing vil også virke til å trekke skinnene frem i togets fartsretning. Drivhjulene på et arbeidende lokomotiv vil prøve å skyve skinnene bakover.

De langsgående krefter fra tog øker med akseltrykket og toghastigheten. På enkeltsporte baner hvor togene går begge veier på et og samme spor, vil det være lokale forhold som er bestemmende for retningen av skinnevandringen. Ved tungtrafikk i fall som på Ofotbanen

vil bremsingen spille overveiende rolle, og skinnevandringen der har retning nedover. På dobbeltsporte baner vil vi finne at skinnene i de to spor i alminnelighet vandrer hver sin vei, nemlig med togets kjøreretning uansett om det er stigning eller fall.

Hvis skinnevandringen ikke holdes under kontroll, vil det bli ujevne mellomrom i skjøtene. Vi kommer dermed inn på hvordan skinnelengden forandrer seg med skiftende temperaturer.

2.2.4. *Langsgående krefter som følge av temperaturen.*

Når temperaturen stiger eller faller, vil lengden L av en skinne øke eller minske med $l = 0{,}000012 \cdot t \cdot L$

hvor t er temperaturforskjellen i grader Celsius. Denne formel kan leses slik:

På grunn av temperaturforandringer vil en skinne forandre lengde med 1,2 mm pr. 10 m og 10° temperaturforskjell.

Forutsetningen er at lengdeforandringen kan foregå helt fritt. Hvis en skinne blir hindret i å forandre sin lengde i takt med temperaturen, vil det oppstå trykk- eller strekk-krefter i skinnen. Disse krefter kan bli meget store. Da temperaturpåkjenningen i skinnene kommer i tillegg til de påkjenninger som opptrer på grunn av togbelastningen, kan temperaturkreftene få vesentlig betydning for skinnegangens sikkerhet. Under ugunstige forhold kan temperaturkraften i en 35,7 kgs skinne gå opp i ca. 45 tonn og i en 49 kgs skinne opp i over 60 tonn.

Temperaturkreftene opptrer som trykkrefter om sommeren og som strekkkrefter om vinteren. Særlig er trykkreftene farlige for sikkerheten. Hele sporet kan knekke ut til siden hvis det ikke er tilstrekkelig stivt og godt nok forankret i ballasten. Det oppstår det vi kaller *solslyng*. Faren for avsporing i solslyng er desto større fordi toget selv ofte utløser en solslyng på grunn av bølgebevegelsene i sporet foran toget. Ved lave temperaturer oppstår det strekkrefter i skinnene, som kombinert med hjulslag kan føre til skinnebrudd.
Det er derfor av vesentlig betydning for sikkerheten på linjen at skinnevandringen holdes under kontroll.

Med korte skinner kan vi i alminnelighet regne med at det ikke oppstår farlige temperaturkrefter i skinnene når vi passer på at det ikke foregår skinnevandring. Den vanlige laskeskjøten er konstruert slik at den gir tilstrekkelige muligheter for lengdeforandringene i kortskinner. Grensen for kortskinner er ca. 20 m i skinnelengde.

Øker vi skinnelengden utover denne grense, så får vi skinner som ikke kan forandre lengden fritt når normale skjøtkonstruksjoner er innlagt i sporet. Nå kan vi ikke legge inn skjøter med større skjøtåpning enn normalt, for det vil føre til at skinneendene i skjøten blir unødig nedkjørt. Det er heller ikke nødvendig å gjøre det når vi bruker et sikkert skinnefeste som alltid holder skinnen godt festet til svillene. Da vil svillene virke som bremse på temperaturbevegelsen, enten ved at skinnene prøver å trekke dem med seg i ballasten, eller ved at skinnefestet holder igjen hvis svillene ligger fastfrosset.

Lange skinner og helsveist spor skal altså ikke forandre lengden fritt etter som temperaturen varierer. De vil derfor som regel stå under spenning, trykkspenning om sommeren og strekkspenning om vinteren.

Slike spor må være mest mulig stive sideveis for å være sikret mot solslyng. Vi må derfor også av den grunn ha et fast og sikkert skinnefeste og dessuten rikelig med ballast i sporet.

I et spor med lange skinner vil lengdeforandringen av skinnene på grunn av temperaturvekslinger følge andre regler enn når skinnene kan forlenge og forkorte seg helt fritt. Vi kan da i alminnelighet ikke gjøre oss opp en sikker mening om det er foregått skinnevandring eller ikke bare ved å måle skjøtåpningen. Skinnevandring kontrolleres best ved å foreta målinger ved skinnemidten.

Vedlikehold av spor med lange skinner og helsveist spor må delvis utføres etter andre regler enn spor med korte skinnelengder.

3. SPORETS FORM

3.1. Kurver i horisontalplanet.

3.1.1. *Innledning.*

Jernbanens trasé har rettlinjede avsnitt og kurver. Kurvene består av sirkelkurver og overgangskurver. Sirkelkurvene har en konstant krumning. Krumningen av en sirkelkurve betegnes ved angivelsen av radien, f.eks. R = 300 m.

På nyere hovedlinjer ved NSB ble det innlagt kurver med minste radius R = 400. På eldre hovedlinjer ble det imidlertid i stor utstrekning lagt skarpere kurver, ned til R = 180. På sidelinjer finnes det kurver med enda mindre radius, helt ned i R = 130 på Flåmsbanen. I utlandet brukes i dag på nye baner minste radius 3000-4000 m, se avsnitt 3.5.

I skarpe kurver må kjørehastigheten begrenses av hensyn til sidekreftene. Det er derfor av stor betydning at kurveforholdene på en bane er gode hvis vi vil holde høy gjennomsnittshastighet for togene.

3.1.2. *Overgangskurver.*

Når toget kjører fra rettlinje inn i kurve, vil hver vogn i toget etter hvert bli utsatt for de sidekrefter som virker på materiellet. Når en vogn er kommet helt inn i kurven, vil størrelsen av sidekreftene være konstant så lenge kjørehastigheten og radien er konstant og sporets justering er riktig.

Hvis vi lar sirkelkurven gå direkte ut fra rettlinjen, vil sidekreftene opptre med full styrke med en gang vognen kommer inn i kurven. Dette kan vi gjøre bare når sidekreftene er små, altså når kjørehastigheten er liten eller kurveradien er stor. Hvis sidekreftene kommer opp i en viss størrelse, vil vognen bli trykket mere eller mindre voldsomt over mot ytterstrengen idet vognen går inn i kurven. Dette vil føles som en sidesleng. Sidesleng av denne art kalles *rykket*.

Vi må søke å redusere størrelsen av rykket til det minst mulige. Det oppnår vi ved å slake ut overgangen mellom rettlinje og sirkelkurve. Denne utslaking utføres ved å legge inn en *overgangskurve*.

Som overgangskurve bruker vi en kurve som kalles en kubisk parabel. Den kubiske parabel har den egenskap at krummingen tiltar jevnt fra

rettlinje inn i sirkelkurve. Ved endepunktet av overgangskurven has den samme krumning som sirkelkurven (fig. 9). Derved vil sidekreftene øke jevnt gjennom hele overgangskurven inntil full verdi i sirkelkurven. Vi får den utjevning av rykket som vi tilsikter.

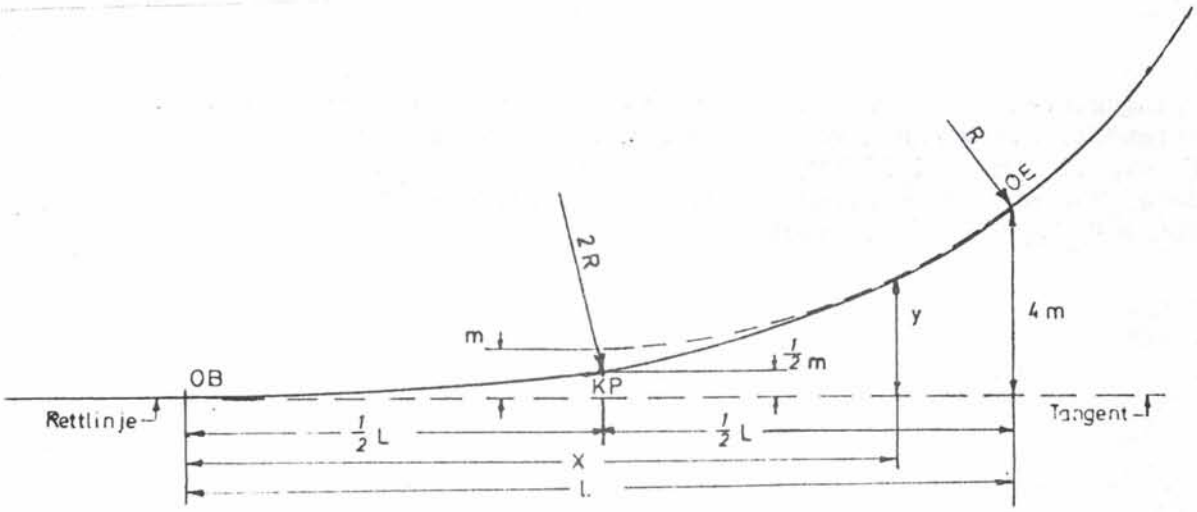


Fig. 9. Overgangskurve.

Er lengden av overgangskurven for kort, vil overgangen til sirkelkurven bli for brå og rykket vil ikke nevnes tilstrekkelig ut. Dette merker vi godt på de fleste av våre eldre baner som er bygget med kortere overgangskurver enn de som nå er foreskrevet og hvor hastigheten nå er høyere enn opprinnelig forutsatt.

Overgangskurver legges ikke bare inn i overgangen mellom rettlinje og sirkelkurve. Ved overgangen mellom to sirkelkurver med forskjellig radius - dvs. i kombinerte kurver (se neste avsnitt) - må det også foretas en utjevning av rykket i overgangen. Også her må det legges inn en overgangskurve.

Overgangskurvens begynnelsespunkt i rettlinjen betegnes med "OB" og dens endepunkt i sirkelkurven med "OE". Overgangskurver mellom kombinerte kurver betraktes slik at overgangskurven begynner i den slakeste kurve (OB) og avslutter i den skarpeste sirkelkurve (OE).

Den matematiske formel for en overgangskurve mellom rettlinje og en sirkelkurve er:

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot R \cdot L}$$

hvor y er avsettet fra forlengelsen av rettlinjen, x avstanden fra OB, R sirkelkurvens radius og L overgangskurvens lengde, se fig. 9.

Overgangskurven har den egenskap at kurvens radius avtar fra punkt til punkt. Midt imellom OB og OE ved kurvepunktet "KP" har radien en verdi av 2R og ved OE-punktet er den nøyaktig lik R.

For å gjøre det mulig å legge inn en overgangskurve i enden av en sirkelkurve, må sirkelkurven flyttes inn et mål m fra tangenten i retning av kurvens sentrum. Derved vil forlengelsen av sirkelkurven ikke tangere rettlinjen i kurvepunktet KP, men ligge i en avstamd av m ut fra denne. Størrelsen av m kan beregnes av formelen:

$$m = \frac{L^2}{24R}$$

Overgangskurven legges nå inn med en halvpart på hver side av KP. Avsettet for overgangskurven fra tangenten (dvs. rettlinjen) skal i KP være lik $\frac{1}{2}m$ og i OE lik $4m$. Dette finner vi ved å bruke formelen for overgangskurven og sette inn verdiene $x = \frac{1}{2} L$ for avsettet i KP og $x = L$ for avsettet i OE.

3.1.3. *Kombinerte kurver og tilstøtende kurver.*

En kombinert eller sammensatt kurve er en kurve som er satt sammen av to eller flere ensrettede sirkelkurver med forskjellig radius, f.eks. R = 350 - 600. Slike kurver er blitt meget benyttet for å kunne følge de eksisterende terrengforhold på en slik måte at planeringsarbeidene blir minst mulige. Fig. 10 viser en kombinert kurve som består av to sirkelkurver. *FKP* = felles kurvepunkt. Det forekommer kombinerte kurver som består av inntil 12 sirkelkurver.

Det finnes også ensrettede kurver med en kort rettlinje imellom, se fig. 11. Rettlinjen bør da ha en så stor lengde at det mellom OB-punktene gjenstår en avstand så stor som $\frac{1}{2} \cdot V$ meter, hvor V er hastigheten i km/h.

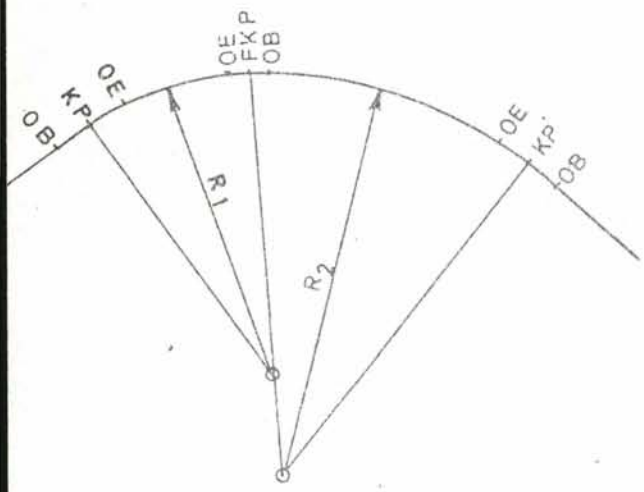


Fig. 10. Kombinert kurve.

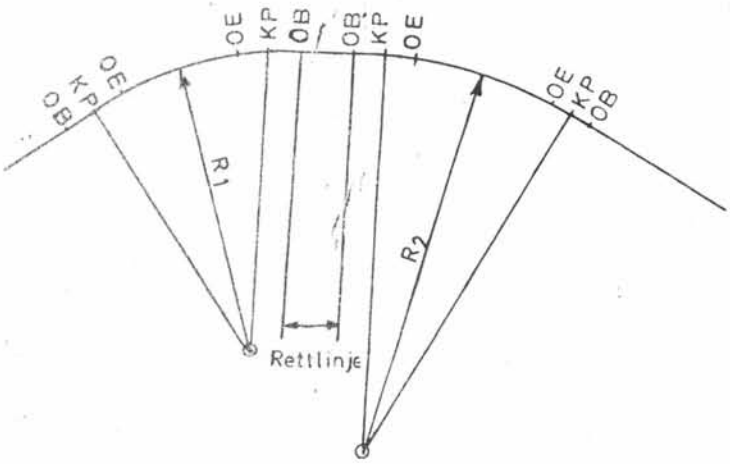


Fig. 11. Ensrettede kurver med en kort rettlinje imellom.

Motsatt rettede kurver benevnes som *kontrakurver*. Imellom KP for slike kurver må det være så mye plass at det også her kan legges overgangskurver og slik at det gjenstår en lengde av $\frac{1}{2}V$ mellom OB-punktene. Hvor dette ikke er mulig, er det å foretrekke å sløyfe den mellomliggende rettlinje og å trekke sammen begge OB-punkter til et punkt som benevnes felles-OB = FOB, se fig. 12.

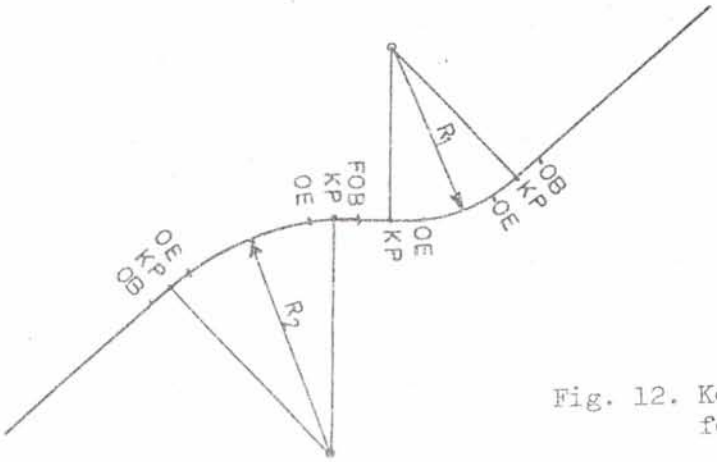


Fig. 12. Kontrakurver med felles OB.

3.1.4. *Sirkelkurver uten overgangskurver.*

Overgangskurver er ikke nødvendig i spor som ikke er hovedspor.

Ved innkjøring i kryssingsspor (som er å betrakte som hovedspor) tillates i en del tilfeller større hastigheter enn 40 km/h. Togene kjører da som regel gjennom det avvikende spor av en sporveksel og gjennom de etterfølgende kurver som ikke har overgangskurver. For slike innkjøringer gjelder bestemte hastighetsregler, se avsnitt 3.5.2.

3.2. Overhøyder.

3.2.1. *Hva vi forstår med overhøyde.*

Vi sier at sporet ligger i overhøyde når den ene skinnestreng er lagt høyere enn den andre. Sporet legges i overhøyde i kurver, og det gjøres ved å *løfte den ytre skinnestreng.*

Det er alt nevnt at sentrifugalkraften opptrer som sidekraft rettet utover fra kurvens sentrum, og at vi kan redusere sentrifugalkraftens virkning ved å legge sporet i overhøyde (side 13 o.flg.).

3.2.2. *Overhøydens størrelse.*

Størrelsen av sentrifugalkraften som virker på en vogn i en bestemt kurve, varierer med toghastigheten. Størrelsen av den innadrettende sidekraft på grunn av overhøyden varierer også, nemlig med overhøyden. For en bestemt toghastighet vil det da være balanse mellom disse sidekrefter bare ved en bestemt verdi av overhøyden. Denne overhøyde kalles den *teoretiske overhøyde.*

Vi kan også si at til enhver størrelse av overhøyden hører en bestemt teoretisk hastighet. Det er bare når toget kjører med denne hastighet at virkningen av sentrifugalkraften er helt utbalansert. Når vi ser bort fra "føringskraften", vil det da ikke være noen sidekrefter som virker på toget i kurven, og akseltrykket fordeler seg likt på de to skinnestrenger som i rettlinje.

Kaller vi overhøyden h (målt i millimeter), toghastigheten V (målt i km/h) og kurveradien R (målt i meter), kan vi tilnærmet regne ut den teoretiske overhøyde for normalspor etter følgende formel:

$$h = 11{,}8 \frac{V^2}{R}$$

Hvis alle tog holdt ens kjørehastighet i en kurve, ville saken om overhøydens størrelse i kurven være enkel, men det inntreffer ikke. Alle våre linjer trafikkeres av forskjellige slags tog. Noen er

langsomtgående og noen er hurtiggående. Dessuten er gjerne kjørehastigheten forskjellig i hver kjøreretning for tog som tilhører samme gruppe, avhengig av stigning og fall.

Legger vi opp overhøyden i kurven så den passer for de hurtiggående tog, så vil den være for stor for de langsomtgående tog. Belastningen på indre skinnestreng vil da bli større enn på ytre. Overhøyden vil i det tilfelle ha tendens til å øke fordi indre skinnestreng kan bli presset ned. Hvis vi på den annen side legger opp overhøyden passende for de langsomtgående tog, vil vi risikere at ytterstrengen presses ned av hurtiggående tog. Regelen er altså kort og godt den at en overhøyde som er for stor for den gjennomsnittlige togtrafikk vil ha tendens til å øke, og en overhøyde som er for liten, vil ha tendens til å minske.

Et sted midt imellom finnes det en bestemt overhøyde som er passende for trafikken gjennom kurven. Denne overhøyde kalles *den praktiske overhøyde*. Den praktiske overhøyde er ved de større toghastigheter alltid mindre enn den teoretiske overhøyde.

Den største overhøyde er ved NSB begrenset til 150 mm. Sporet ligger da i en helling på ca. 1:10.

Samtidig gjelder at overhøyden ikke skal være større enn den teoretiske overhøyde, redusert med 20 mm, se Trykk 302.

Følgende gjelder altså: h ikke større enn 150 mm (Regel 1)
h " " " $11{,}8(V^2/R) - 20$ mm. (Regel 2)

Eksempler:

1) $V = 80$ km/h $R = 300$ m

$11{,}8 \cdot (V^2/R) - 20 = 232$ mm

Overhøyden skal ikke være større enn 150 mm. (Regel 1 gjelder)

2) $V = 65$ km/h $R = 500$ m

$11{,}8 \cdot (V^2/R) - 20 = 80$ mm

Overhøyden skal ikke være større enn 80 mm. (Regel 2 gjelder)

I bestemte tilfeller kan det være ønskelig å få en overhøyde som er så lav som mulig uten at det er nødvendig å redusere hastigheten, f.eks. i tilfeller hvor man ønsker å redusere rampestigningen eller når det gjelder gjennomkjørsporet på en stasjon hvor en del av togene stopper. Det er særlig ønskelig å begrense overhøyden i spor mot plattformer. Her bør den ikke være større enn 100 mm.

På arbeidssteder hvor det kjøres med nedsatt hastighet og hvor sporet ikke kan finjusteres, bør overhøyden reduseres mest mulig eller sløyfes. På elektrifiserte strekninger er dette sjelden mulig på grunn av kontaktledningen. I alle fall bør overhøyden være 20 mm lavere enn den tilsiktede overhøyde. Den største overhøyde skal således ikke overskride 150 - 20 = 130 mm. Det gjenstående løft foretas i forbindelse med sporets finjustering.

Det er bestemte regler for den *tillatte minste overhøyde* i kurver.

Den tillatte minste overhøyde må ikke være mindre enn den teoretiske overhøyde fratrukket en verdi som benevnes I_{max}.

$$h_{min} = h_{teor} - I_{max}$$

Rettelsesblad nr. 1.
August 1981.

Størrelsen av I_{max} er avhengig av sporets konstruksjon, dvs. av sporets overbygningsklasse, som blir behandlet i avsnitt 3.5. For overbygningsklasse "c", som omfatter spor med S 49 kg skinner, og svilleavstander på høyst 66 cm, er I_{max} fastsatt til 130 mm. For overbygningsklasse "s", som omfatter spor med 25 kg og 30 kg skinner, er I_{max} fastsatt til 65 mm. For de mellomliggende overbygningsklasser "a" og "b" er I_{max} 90 mm. Gjennomgående tog kan da passere kurven med den forutsatte hastighet, men selvfølgelig vil både sidekrefter og den loddrette belastning på ytre streng bli større enn ved normal overhøyde.

Eksempel: For R = 300 og V = 80 km/h er den teoretiske overhøyde

$$h_{teor} = 11{,}8 \frac{V^2}{R} = 252 \text{ mm.}$$

Den tillatte minste overhøyde for overbygningsklasse "c" blir da 252 - 130 = 122 mm som avrundes til 120 mm.

I alle stasjonsspor som ikke er hovedspor, skal kurvene legges uten overhøyde. Gjennomkjørsporet legges med overhøyde i kurvene. I kryssingssporene trenges overhøyde i de tilfeller at sporvekselen mot gjennomkjørsporet ligger i en overhøyde. Enden av kryssingssporet må da ligge med den samme overhøyde som sporvekselen, dvs. med vanlig overhøyde eller med falsk overhøyde, se neste avsnitt.

3.2.3. *Falsk overhøyde.*

Hvis innerstrengen i en kurve ligger høyere enn ytterstrengen, får vi *falsk overhøyde*. Dette inntreffer i visse tilfeller i sidespor på stasjoner når en sporveksel grener ut fra ryggen av en kurve som ligger i overhøyde. Hvor det på slike steder er falsk overhøyde, må den jevnes ut med en slak overhøyderampe, se neste avsnitt.

Den største tillatte hastighet i kurver med falsk overhøyde var tidligere fastsatt til 20 km/h. Denne bestemmelse er forandret i Trykk 302. Her er det gitt formler for hastigheten i kurver med falsk overhøyde. Ut fra disse formler kan man nå i større kurveradier med moderate verdier for den falske overhøyde tillate hastigheter 40 km/h eller større.

3.2.4. *Overhøyderamper.*

Når ytre skinnestreng skal løftes opp til den foreskrevne overhøyde skal denne løfting skje jevnt over en viss lengde av sporet. Ytre skinnestreng vil da bli liggende i jevn skråning i forhold til indre skinnestreng. Vi sier at det er lagt inn en *overhøyderampe* i sporet. Med *overhøyderampens stigning* eller *rampestigning* forstås forholdet mellom overhøyden i enden av rampen og rampens lengde, se fig. 12A. Dette vil si:

Overhøyderampens stigning = h/L.

I denne formelen innføres både h og L i meter eller h i millimeter og L i meter. I det siste tilfelle finner man rampestigningen i millimeter pr. meter eller o/oo.

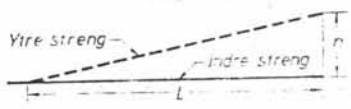


Fig. 12A. Overhøyderampe.

Eksempel:

h = 150 mm og L = 60 m
h/L = 0,15/60 = 1:400 eller
h/L = 150/60 = 2,5 o/oo.

Størrelsen av rampestigningen skal tilpasses den største tillatte hastighet. Ifølge Trykk 302 skal stigningen ikke være brattere enn 1 : 6V og samtidig gjelder at stigningen ikke skal være brattere enn 1:350. Videre gjelder følgende:

Stigningen 1 : 6V kan unntaksvis økes til 1 : 5V under forutsetning av at forholdene vil bli utbedret i nær fremtid, enten ved å foreta kurvekorrigeringer eller ved å redusere overhøyden. Ved nyanlegg eller når det foretas større utbedringsarbeider, skal det sørges for at det ikke forekommer ramper som er brattere enn 1 : 400.

Følgende gjelder altså:

h/L skal være mindre eller lik 1 : 6V (unntaksvis 1 : 5V)

og samtidig:

h/L skal være mindre eller lik 1 : 350 (helst 1 : 400).

Praktiske eksempler:

1) Hastighetssignaler anviser 50 km/h. Hvor stor er den største rampestigning som tillates på strekningsavsnittet?

   1 : 6V = 1 : 300
   1 : 5V = 1 : 250

   Dessuten gjelder: 1 : 350.

   Den siste bestemmelse er her avgjørende, dvs. rampen skal være lik eller slakere enn 1 : 350.

2) I et hastighetsavsnitt forekommer ramper med stigning 1 : 550. Kan den tillatte største hastighet økes fra 90 km/h til 100 km/h?

   Formelen 1 : 6V tilsier at stigningen minst bør være 1 : 600
   " 1 : 5V " " " " " 1 : 500

Det kan overveies å øke hastigheten til 100 km/h, men under forutsetning av at forholdene blir utbedret.

Overhøyderampen skal i alminnelighet falle sammen med overgangskurven. Overgangskurven må altså være så lang at rampestigningen ikke blir brattere enn tillatt.

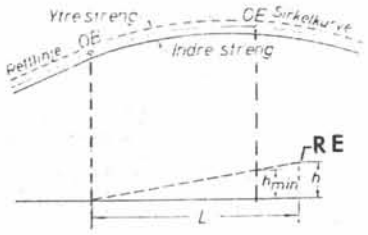


Fig. 12B. Innlegging av overhøyderampe ved å trekke rampen inn i sirkelkurve.

For stor hastighet i korte overgangskurver med bratte ramper gjør at materiellet får urolig gang og påfører sporet unormalt store sidekrefter.

På mange steder er overgangskurvene for korte og begrenser mulighetene til hastig-

hetsøkninger. Forlengelsen av overgangskurvene ved å foreta *kurvekorrigeringer* medfører som oftest meget omfattende arbeider. For å oppnå forbedringer på kort sikt, må det ofte velges en løsning som går ut på at lengden av overgangskurven forblir uforandret mens rampen blir lagt med en svakere stigning.

Tidligere har man av og til forlenget overhøyderampene ved å trekke rampen inn i sirkelkurven, se fig. 12B. Enden av overhøyderampen faller da ikke sammen med OE og har en særskilt benevnelse:
RE = rampens ende.

Denne fremgangsmåte anbefales ikke i dag. Det er ikke gunstig å ha vekslende overhøyder innenfor sirkelkurven, dvs. først h_{min} som øker til h. I dag foretrekkes å redusere overhøyden over hele lengden av sirkelkurven til størrelse h_{min} (se avsnitt 3.2.2.). Reduksjon av overhøyden kan oppnås ved å løfte sporets indre streng.

Når vi har kontrakurver med sammenstøtende overgangskurver uten mellomliggende rettlinje, vil overhøyderampene for de to kurver gå umiddelbart over i hverandre. Vi legger da inn en *sakset overhøyderampe* (fig. 12C).

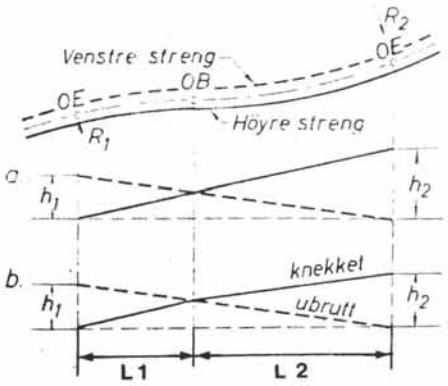


Fig. 12C. Saksede overhøyderamper.

I en sakset overhøyderampe skal alltid *overhøyden være null i det felles OB*. Den enkleste form for en sakset overhøyderampe har vi når de to skinnestrenger kan løftes ubrutt fra *OE* til *OE* (fig. 12C-a). Da må forholdet *h:l* rampestigningen, være det samme for begge overhøyderamper.

Er stigningene $\frac{h_1}{L_1}$ og $\frac{h_2}{L_2}$ forskjellige i de to overhøyderamper, må minst en av skinnestrengene i "saksen" få en knekk i det felles OB, fordi overhøyden der skal være lik null. Enklest løser vi da problemet ved å løfte den ene skinnestreng ubrutt gjennom fra OE til OE, som vist på fig. 12C-b. Deretter bestemmer vi beliggenheten av OB, hvor altså overhøyden skal være null, og løfter den annen streng mellom OB og OE til hver side.

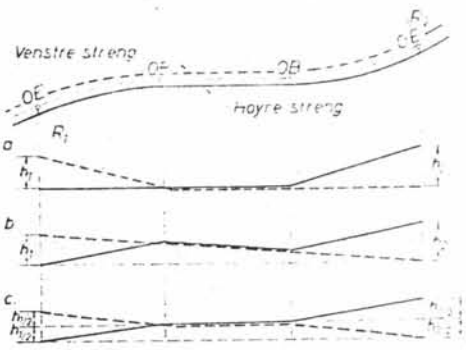


Fig. 12D. Overhøyderamper ved kontrakurver med kort rettlinje mellom.

Er det en kort mellomliggende rettlinje mellom overgangskurvene for to kontrakurver, kan det ikke legges inn sakset overhøyderampe, idet vi da får overhøyde i rettlinjen. I slike tilfeller må det legges inn 2 særskilte overhøyderamper, en for hver av de to kurver. Det kan gjøres på vanlig måte ved å senke ytterstrengen helt ned i høyde med innerstreng ved OB, som vist på fig. 12D-a, eller vi kan gjøre som vist på fig. 12D-b.

Vi trekker da den ene skinnestreng gjennomgående fra OE til OE, hvoretter den annen streng løftes slik at overhøyden blir null i hver OB. En utførelse som denne medfører at det må tas høyløft fra OE til OE. Den koster derfor noe mere enn den vanlige fremgangsmåte. Til gjengjeld oppnår vi at tyngdepunktet for materiellet får en jevnere bevegelse.

Det finnes også en tredje måte som gir den jevnest mulige bevegelse av materiellets tyngdepunkt. Den er vist på fig. 12D-c. Etter denne fremgangsmåte løftes rettlinjen opp i høyde med halveringslinjen for de to overhøyder. Innlegging av overhøyderamper etter denne metode er mere omstendelig enn etter den metode som er vist på fig. 12D-b. Denne gir i de fleste tilfeller et helt tilfredsstillende spor.

Det gjentas at de to fremgangsmåter, vist på fig. 12D, b og c, bare må brukes ved korte rettlinjer.

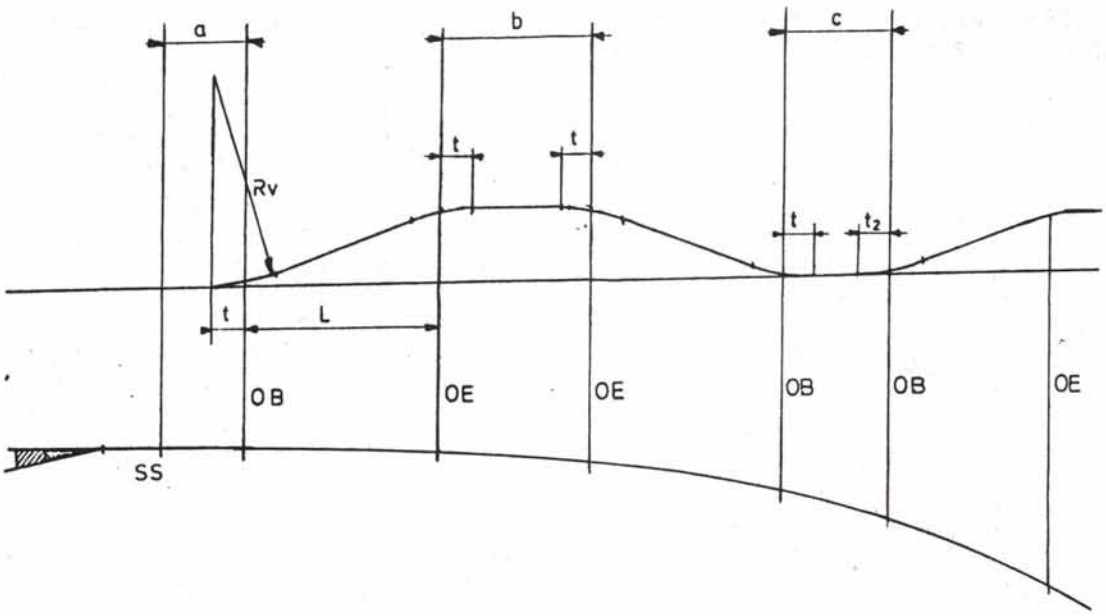


Fig. 12E. Avrundinger i endene av overhøyderampene.

Endene av overhøyderamper skal være avrundet, se fig. 12E. Det vil si at det skal legges en vertikalkurve i sporets ytre streng med en radius på ca. 4000 m. Således skal sporet allerede ved OB ha en liten overhøyde på noen få millimeter. Tangentlengden t for avrundingen blir:

$$t = 2000 \cdot \frac{h}{L} \quad \text{(h og L i meter)}$$

se avsnitt 3.4.2.

Ved en rampestigning på 1 : 400 blir t lik 5 m.

Sporveksler skal ikke legges inntil OB. Mellom OB og sporvekselens stokkskinneskjøt eller endeskjøt skal det være en avstand a som må være større enn t.

Midt i kurven skal avstanden B - fra OE til OE - være større enn summen av tangentlengdene, dvs. større enn 2 t. Når det finnes en kort

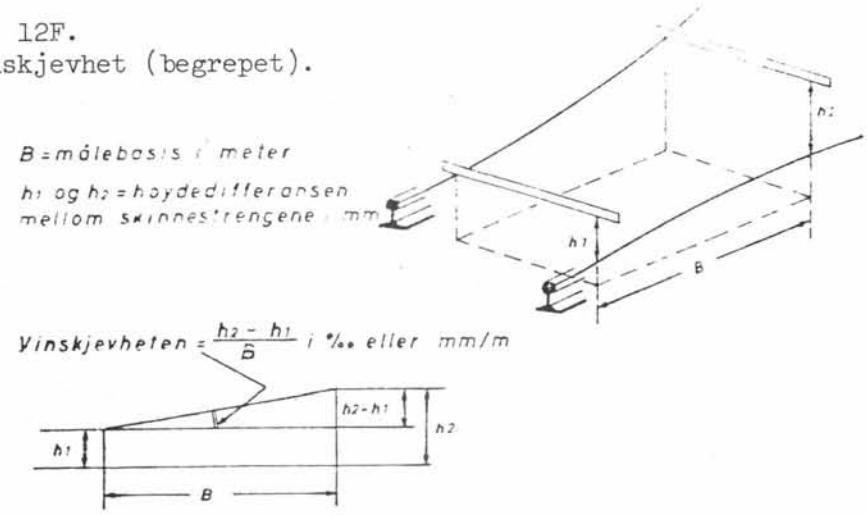
rettlinje mellom to ensrettede kurver, skal lengden *C* - fra OB til OB - være så stor at det er plass for tangentlengdene for rampene til begge kurver. Avstanden C skal være større enn $t + t_2$. Men dette er minste krav. Ved nyanlegg forlanges at avstandene b og c er mye større, helst større enn $\frac{1}{2} \cdot V$ meter, hvor V er tillatt hastighet i km/h. Dette forlanges for å unngå urolig gang av togene som følge av stadig vekslende overhøyder.

3.2.5. *Sporets vindskjevhet.*

De fleste avsporinger skjer i overhøyderamper, som oftest ved lave hastigheter, på steder hvor sporet er utilstrekkelig justert, som oftest på arbeidssteder. Banepersonalet blir således alltid innblandet i de etterfølgende undersøkelser av årsakene.

Et spor sies å være *vindskjevt* når de målte overhøyder veksler fra punkt til punkt. På et sted hvor sporet er vindskjevt, er skinnestrengene ikke parallelle i vertikalplanet. Vindskjevheten uttrykkes som den gjennomsnittlige stigningen av den ene streng i forhold til den andre over en bestemt *målebasis*, se fig. 12F.

Fig. 12F.
Vindskjevhet (begrepet).



En overhøyderampe er et eksempel på et vindskjevt spor. Overhøyden veksler gjennom hele rampen. Vindskjevheten for den ideelle overhøyderampen er lik rampestigningen, dvs. lik h/L. Men den ideelle overhøyderampen eksisterer ikke. Det vil alltid forekomme justeringsfeil i begge skinnestrenger som gjør at det innenfor rampens lengde forekommer vindskjevheter som er større enn rampestigningen.

Begrepene *overhøyderampens stigning* eller *rampestigning* betyr ikke det samme som begrepet *vindskjevhet*. Rampestigning er forholdet mellom overhøyden i enden av en rampe og rampens lengde (h/L) som fastsettes på et kontor. Vindskjevheten angir den virkelige stigning av den ene skinnestreng i forhold til den andre, målt over en bestemt lengde = *målebasis*. Vindskjevheten veksler fra punkt til punkt.

Fig. 12G viser de målte overhøyder og de tilsiktede overhøyder for et spor med en overhøyderampe. Et slikt diagram kan opptegnes når man i mange punkter måler høydeforskjellen mellom skinnestrengene.

Figuren viser følgende:

Innenfor overhøyderampen kan det finnes vindskjevheter som er mye større enn rampestigningen. Størrelsen av den største vindskjevhet som finnes er i stor grad avhengig av lengden av målebasis. Reduseres målebasis fra 9 til 3 meter, finnes betraktelig større vindskjevhet. Videre viser figuren at vindskjevheter i sporet også kan forekomme på rettlinjet spor og i sirkelkurver hvor det tilsiktes konstant overhøyde.

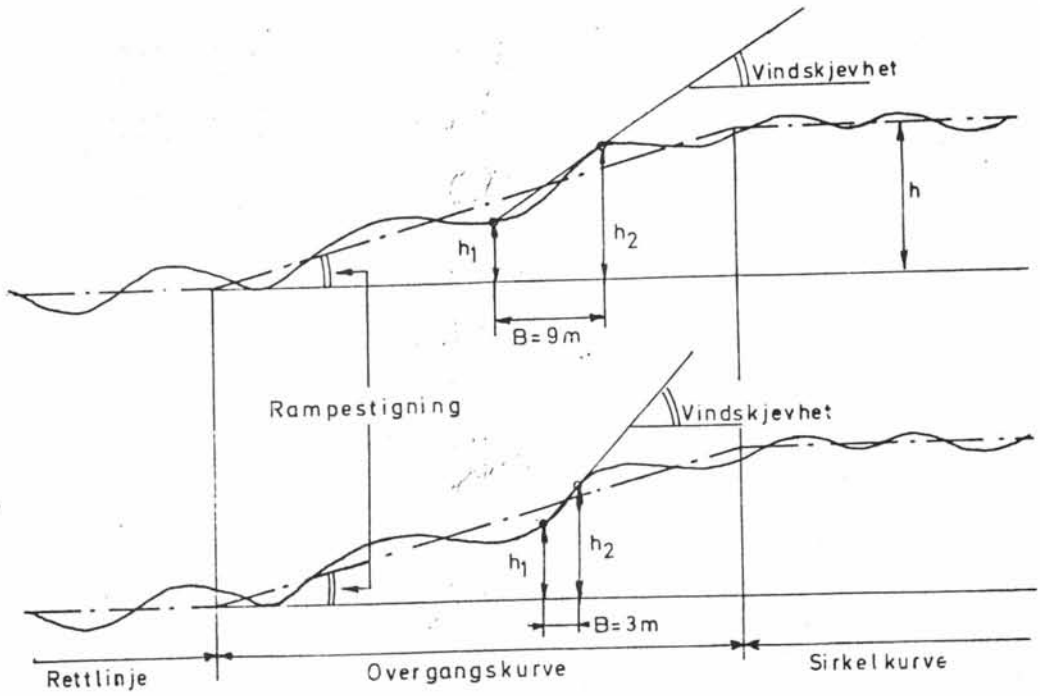


Fig. 12G.
Vindskjevheter målt på stor og liten målebasis på det samme sted.

$$\text{Vindskjevheten over målebasis 9 m} = \frac{(h_2 - h_1)}{9\ o/oo}$$

$$\text{Vindskjevheten over målebasis 3 m} = \frac{(h_2 - h_1)}{3\ o/oo}$$

Her betyr h_2 og h_1 overhøydene på begge sider av målebasis.

Vi skal se litt på hvilke følger vindskjevheten kan ha for det rullende materiell under gang og betrakter for enkelthets skyld en 2-akslet vogn.

Hvis denne vogn er helt stiv og uten fjærer av noe slag, vil den kunne ha bare tre hjul samtidig på sporet når den passerer en overhøyderampe.

Det fjerde hjulet ville løfte seg mer eller mindre, avhengig av vognens akselavstand og om vindskjevheten var stor eller liten.

Materiellet er imidlertid fjærende og ikke helt stivt, så vognen vil ha en tendens til å føye seg etter sporet til tross for at det er vindskjevt. Men selv om alle hjulene ligger an mot skinnene, vil vindskjevheten i hvert fall bevirke at minst ett av hjulene blir noe avlastet, med tilsvarende merbelastning på de øvrige hjul. Avlastningen vil være større jo brattere eller mer vindskjev overhøyderampen er.

Avlastningen faller på forskjellige hjul, avhengig av om vognen kjører inn i eller ut av overhøyderampen. Kjører vi fra rettlinje inn i kurve, må det forreste ytre hjul først klatre opp overhøyderampen. Dette hjul vil ikke bli avlastet, og det er viktig, for det er jo forreste ytre hjul som er det styrende hjul under vognens gang i kurven. Etter at vognen er ferdig med den *stigende* overhøyderampe og er kommet godt og vel inn i sirkelkurven, vil alle fire hjul ligge jevnt an mot skinnene, forutsatt at overhøyden er helt jevn. Men så kommer vi til utløpet av kurven, hvor vognen skal gjennom en *fallende* overhøyderampe. Da er det nettopp forreste, ytre hjul på vognen som blir avlastet. Er vindskjevheten for stor, kan hjulet bli avlastet så meget at det klatrer over skinnen, og vi får avsporing.

Faren for avsporing på grunn av vindskjevhet er størst når overhøyden avtar, normalt altså ved utløpet av kurver. For å hindre at avlastningen av hjulene blir så stor at den er farlig for sikkerheten, er det foreskrevet en begrensning av vindskjevheten.

I Trykk 302 er foreskrevet at vindskjevheten ikke skal være større enn 5 o/oo målt over en målebasis av 3 m og ikke større enn 3,3 o/oo (= 1:300), målt over 9 m.

På steder hvor vindskjevheten er større, er faren for avsporinger stor. Grensene 5 o/oo og 3,3 o/oo er altså de ytterste grenser som er fastlagt med henblikk på trafikkens sikkerhet.

Sporets vindskjevhet kontrolleres på de fleste hovedlinjer en eller to ganger om året ved hjelp av spormålevognen som fortløpende registrerer vindskjevheten over en målebasis av ca. 3 m. På steder hvor det finnes vindskjevheter over 5 o/oo, må utbedringer utføres. Som regel får banemesteren en liste over disse steder umiddelbart etter at strekningen hans er blitt gjennomkjørt.

På arbeidssteder skal sporets vindskjevhet kontrolleres manuelt på følgende måte:

Vindskjevheten kan måles med vater eller nivellerutstyr. Det settes av et krittmerke på skinnen for hver 3. meter. Det kreves at vindskjevheten mellom 2 punkter med *3 m avstand (basis)* ikke skal være større enn 5 o/oo. Den største tillatte overhøydeforskjellen mellom 3 m-punkter blir da 15 mm, idet

$$h_2 - h_1 = \frac{5}{1000} \cdot 3000 = \underline{15 \text{ mm}}$$

For *9 m basis* kreves at vindskjevheten ikke skal være større enn 3,4 o/oo, dvs. at overhøydeforskjellen ikke skal være større enn 30 mm.

Hvis målepunktene nummereres som vist i fig. 12H, får vi:

$$h_4 - h_1 = \frac{3{,}4}{1000} \cdot 9000 \text{ mm} = \underline{30 \text{ mm}}$$

Tilsvarende må $h_5 - h_2$, $h_6 - h_3$ osv. kontrolleres. Det vises til eksempel på fig. 12K.

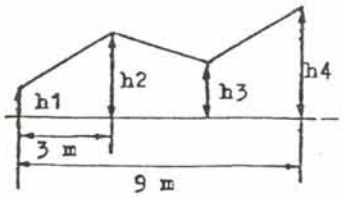
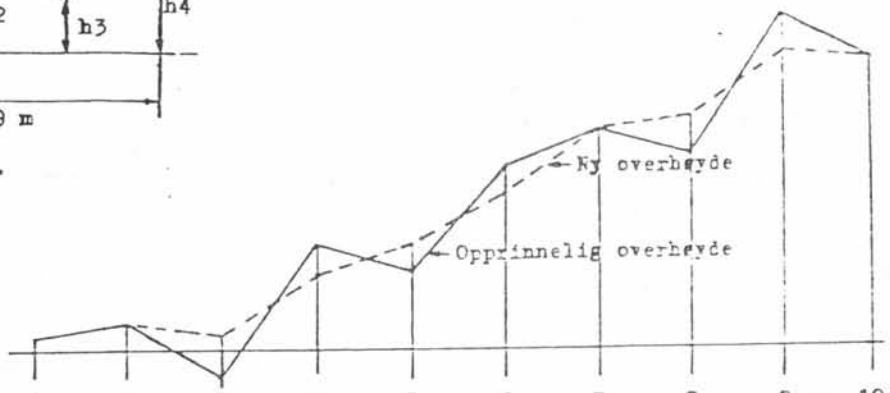


Fig. 12H.



Målepunkt nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Overhøyde h(mm)	+2	+5	-5	+20	+15	+35	+42	+37	+63	+55
Overhøyde-forskjell (3 m basis)	h2-h1 5-2 3	h3-h2 -5-(+5) -10	h4-h3 20-(-5) +25	h5-h4 15-20 -5	h6-h5 35-15 +20	h7-h6 42-35 +7	h8-h7 37-42 -5	h9-h8 63-37 +26	h10-h9 55-63 -8	
Overhøyde-forskjell (9 m basis)		h4-h1 20-2 18	h5-h2 15-5 10	h6-h3 35-(-5) 40	h7-h4 42-20 22	h8-h5 37-15 22	h9-h6 63-35 28	h10-h7 55-42 13		
Løfting (mm) Ytre streng Indre streng			8	6	5	5		7	7	
Ny overhøyde	+2	+5	-5+8 +3	20-6 +14	15+5 +20	35-5 +30	+42	37+7 +44	63-7 +56	+55
Ny overhøyde-forskjell (3 m basis)	h2-h1 5-2 3	h3-h2 3-5 -2	h4-h3 14-3 11	h5-h4 20-14 6	h6-h5 30-20 10	h7-h6 42-30 -12	h8-h7 44-42 2	h9-h8 56-44 12	h10-h9 55-56 -1	
Ny overhøyde-forskjell (9 m basis)		h4-h1 14-2 12	h5-h2 20-5 15	h6-h3 30-3 27	h7-h4 42-14 28	h8-h5 44-20 24	h9-h6 56-30 26	h10-h7 55-42 13		
Kontrollmåling etter løfting: Overhøyde	+2	+5	+5	+17	+23	+32	+42	+43	+54	+55
Overhøyde-forskjell (3 m basis)	h2-h1 5-2 3	h3-h2 5-5 0	h4-h3 17-5 12	h5-h4 23-17 6	h6-h5 32-23 9	h7-h6 42-32 10	h8-h7 43-42 1	h9-h8 54-43 11	h10-h9 55-54 1	
Overhøyde-forskjell (9 m basis)		h4-h1 17-2 15	h5-h2 23-5 18	h6-h3 32-5 27	h7-h4 42-17 25	h8-h5 43-23 20	h9-h6 54-32 22	h10-h7 55-42 13		

Fig. 12K.
Kontroll og korrigering av vindskjevheten i et grovjustert spor.

Vi ser av dette eksempel at for 3 m basis er overhøydeforskjellene $h_4 - h_3$, $h_6 - h_5$ og $h_9 - h_8$ for store, og for 9 m basis er $h_6 - h_3$ for stor.

Ved å løfte ytre streng i målepunkt nr. 3, ser vi at vi får bedre verdier for både $h_4 - h_3$ med 3 m basis og $h_6 - h_3$ med 9 m basis. Løfter vi indre streng i punkt 4, blir overhøyden i dette punkt mindre.

Det kontrolleres samtidig at overhøyden ikke overskrider 130 mm, jfr. pkt. 3.2.2, side 20. Hvis overhøyden er for stor, løftes indre streng.

Når løfting og pakking er utført, må arbeidet kontrolleres med ny måling som angitt nederst i eksempel på fig. 12K. I dette eksempel er kravene oppfylt. I motsatt fall må det foretas ny løfting. Det er viktig å være klar over at målingene er utført på ubelastet spor.

Ved belastning kan ujevne setninger gjøre at vindskjevheten øker betraktelig. Mange avsporinger har skjedd på arbeidssteder etter at det grovjusterte sporet har vært trafikkert en del timer. Det må derfor sørges for at de største vindskjevheter i sporet er betraktelig mindre enn grenseverdiene, og at svillene blir godt pakket slik at setningene ikke kan bli store.

3.3. Sporvidden.

Med sporvidde (sporbredde) forstås den vinkelrette avstand mellom innerkant av skinnehodene i de to skinnestrenger.

Det anvendes en rekke forskjellige sporvidder rundt omkring i verden. Størst utbredelse har *normalsporet* med sporvidde 1435 mm. I Europa er normalsporet innført i alle land som standard for hovedlinjer, unntatt i Finnland og Sovjet-Samveldet, hvor sporvidden er 1524 mm, samt i Spania og Portugal, hvor sporvidden er 1676 mm. Alle sporvidder som er større enn normalspor, kalles *bredspor*.

Det er også smalere sporvidder enn normalspor. I Norge var 1067 mm sporvidder meget alminnelig. Denne sporvidde blir betegnet som *smalspor*. I tidligere år hadde vi en rekke smalsporbaner i Norge.

For normalspor ved NSB gjelder følgende bestemmelser for sporvidder:

Sporvidden måles 14 mm under sporplanet. Den skal ikke være mindre enn det som er angitt i tabellen:

Sporvidden	Kurvens radius
1432 mm *)	større eller lik 175 m
1435 mm	mindre enn 175 m og større eller lik 150 m
1440 mm	" " 150 m " " " " 125 m
1445 mm	" " 125 m " " " " 100 m

*) Sporvidden 1432 mm tillates i forbindelse med sporfornyelse, idet konstruksjonstoleransene forutsettes å utvide sporvidden til 1435 mm etter hvert.

De største tillatte sporvidder er følgende:

1455 mm i spor hvor den største tillatte hastighet er over 100 km/h.
1465 mm i de øvrige spor.

På steder hvor sporvidden er blitt 1470 mm eller større, må utbedring umiddelbart foretas. Hvis dette ikke lar seg gjøre, må sporvidden midlertidig sikres ved hjelp av strekkbolter og hastighetsreduksjoner innføres.

Tidligere var bestemmelsene angående de minste sporvidder annerledes. Ved anlegg og sporfornyelse ble alle kurver med radier mindre enn 300 m lagt med sporutvidelse. Derfor vil det i spor med tresviller som er bygget før 1980, i kurvene med radier under 300 m aldri forekomme sporvidder som er mindre enn 1445 mm.

Sporveksler med radier mindre enn 300 m har alltid sporutvidelse og skal bygges med sporviddene som er angitt på tegningene.

I tillegg til ovenstående regler gjelder spesielle regler for sporvidden i kontrakurver:

I *kontrakurver uten overgangskurver med eller uten mellomliggende rettlinje* skal sporvidden ikke være større enn verdien som finnes i en tabell i Trykk 302. Når sporvidden er større, er det fare for ombuffering, særlig under skyvning av store togstammer.

Tabellen viser også en del tilfeller hvor det til tross for at sporvidden begrenses til 1435 mm likevel kan være fare for ombuffering. Slike traséforhold kan bare tillates i spor hvor det bare skiftes med korte togstammer.

3.4. Linjens vertikalføring.

3.4.1. *De største stigninger.*

Linjens vertikalføring fremgår av lengdeprofilet for vedkommende banestrekning. Det angir størrelsen av stigning og fall på de forskjellige steder av linjen.

NSB har fastsatt at stigning og fall angis i promille, dvs. *pr. tusen*. En stigning på 5 o/oo betegner at linjen stiger 5 mm på 1 meters lengde eller 5 m på 1 kilometers lengde.

Andelen av togmotstanden som forårsakes av sporets stigning, benevnes stigningsmotstand. På en 10 o/oo stigning er stigningsmotstanden for et tog med en vekt på 800 tonn lik:

$$(10/1000) \cdot 800 = 8 \text{ t (kraft)} = 80 \text{ kN}$$

På en stigning på 20 o/oo øker stigningsmotstanden til det dobbelte, dvs. til 160 kN. Strekningens største stigning har således en stor betydning for togenes trekkraftbehov.

Dessuten er stigningen av betydning i forbindelse med togenes hastighet ved kjøring nedover, dvs. i fall. Hastigheten i fall er avhengig av størrelsen av fallet og av togets disponible bremsekraft eller bremseprosent. Lokomotivføreren skal kjøre i overensstemmelse med bremsetabellen, som påligger hastighetsnedsettelser i fall når bremseprosenten ikke er tilstrekkelig stor.

Store stigninger kan redusere banens anleggsomkostninger, men driftsomkostningene vil bli større, bl.a. på grunn av behovet for flere eller kraftigere lokomotiver eller oppdeling av tunge tog.

Eksempler på de største stigninger på hovedlinjer:

Kongsvingerbanen	5	o/oo
Dovrebanen	19	o/oo
Bergensbanen	21,5	o/oo
Sørlandsbanen	25	o/oo

På sidelinjer hvor togvektene ikke vil bli store, har man i en del tilfeller tillatt mye større stigninger, f.eks.:

Hardangerbanen	45 o/oo
Flåmsbanen	55 o/oo

3.4.2. *Vertikalkurver.*

En stigningskurve er en kurve i vertikalplanet og legges inn ved brytningspunktene (BP) for å jevne ut overgangen fra en stigning til en annen, eller fra stigning til horisontal (fig. 12L).

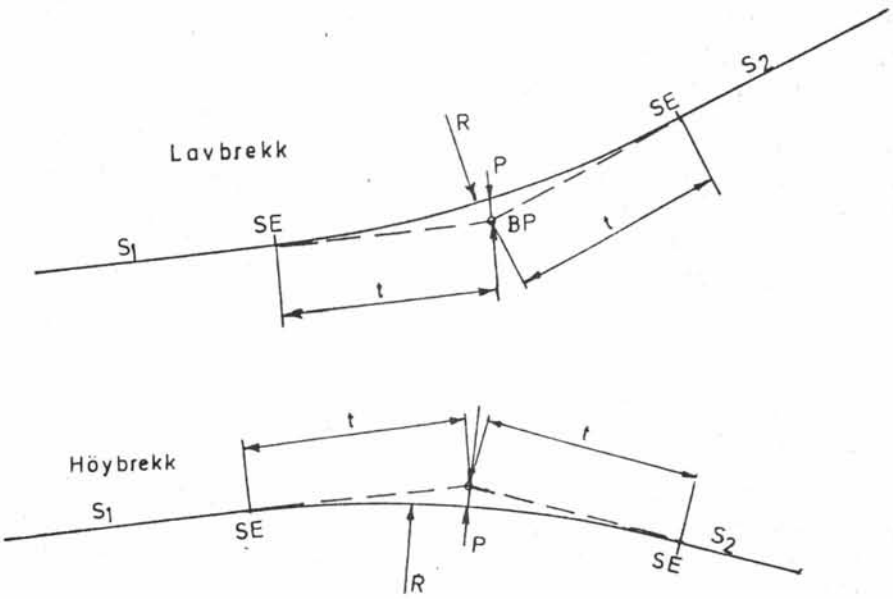


Fig. 12L. Vertikalkurver.

På tegninger angis stigningskurvens endepunkter med SE.

Kaller vi stigningsforskjellen for a i o/oo og stigningskurvens radius R i meter, finner vi tangentlengden t for stigningskurven målt i meter etter formelen:

$$t = \frac{a}{2000} R$$

hvor $a = S_2 - S_1$ hvis begge tangentene er i stigning eller fall (øverste tilfelle på fig. 12L) og $a = S_2 + S_1$ hvis den ene tangenten

er i stigning og den andre i fall. Disse reglene gjelder uansett høybrekk eller lavbrekk.

Talleksempel:

1) Hvis S_1 = 5 o/oo og S_2 = 17 o/oo i tilfellet øverst på fig. 12L, blir a = 17 - 5 = 12 o/oo.

2) Hvis S_2 = 12 o/oo og S_1 = 10 o/oo i tilfellet nederst på fig. 12L, blir a = 12 + 10 = 22 o/oo.

Hevingen (eller senkingen) av brytningspunktet målt i m, beregnes etter formelen:

$$p = \frac{t^2}{2R} \quad \text{(t og R i meter)}$$

Er eksempelvis a = 10 o/oo og R = 5000 m, finner vi t = 25 m og p = 0,0625 m = 62,5 mm.

Når vertikalkurver faller sammen med overgangskurver, overhøyderamper eller sporveksler, blir det vanskelig å oppnå en tilstrekkelig nøyaktig justering av sporet. Derfor bør vertikalkurver ligge i rettlinjede sporavsnitt eller i sirkelkurver mellom OE-punktene (se avsnitt 3.1.2) på steder hvor det ikke ligger sporveksler.

Det kan da bli et problem å finne tilstrekkelig plass til vertikalkurvene. Den ovenstående formel for tangentlengden viser at avstanden fra SE til SE, dvs. den dobbelte tangentlengde, kan reduseres når det velges en liten radius. Men på hovedspor skal radien være minst lik en verdi som utregnes ved hjelp av følgende formel:

$$R = 20 \cdot V + 500 \text{ m}$$

Dessuten skal radien ikke være mindre enn 2000 m som er den minste tillatte radius for vertikalkurver i hovedspor.

Hvor det er plass til å legge en vertikalkurve med større radius enn den som utregnes ved hjelp av ovenstående formel, bør denne mulighet utnyttes. Men det er ikke nødvendig å få en radius som er større enn det som utregnes ved hjelp av følgende formel:

$$R = \tfrac{1}{2} \cdot V^2$$

I begge formler betyr V den største tillatte hastighet i km/h.

Når det er absolutt umulig å oppnå at vertikalkurven ikke faller sammen med overgangskurver eller sporveksler, må det velges en radius så stor som 10 000 m. Som eksempel kan nevnes at hele den østre delen av Oslo S, mellom Oslogate og plattformene blir lagt i en vertikalkurve med radius 10 000 m. Her ligger et stort antall sporveksler.

På stasjonssporene som ikke er hovedspor, hvor den tillatte hastighet er 30 km/h, kan det tillates radier som er mindre enn 2000 m. Radier inntil 1500 m medfører ikke problemer. Radier inntil 300 m forekommer på skiftestasjoner, men sporene med slike vertikalkurver kan ikke trafikkeres av alle lokomotiv- og vogntyper.

3.5. Tillatte hastigheter.

3.5.1. *Største hastigheter.*

Ifølge bestemmelsene i Trykk 302 fastsettes den største tillatte hastighet på grunnlag av sporets overbygningsklasse, dvs. på grunnlag av skinneprofilet, svilleavstanden og ballasttypen.

Det forekommer 4 vanlige og to spesielle overbygningsklasser. De spesielle overbygningsklasser gjelder for Dunderlandsbanen og Ofotbanen. Overbygningsklassene er samtidig grunnlag for fastsettelsen av største tillatte aksellast.

Nedenstående tabell gir oversikt over de mest forekommende overbygningssystemer for de vanlige overbygningsklasser. Dessuten er angitt de største tillatte hastigheter for rettlinjet spor og de største tillatte aksellaster for godsvogner:

TABELL 1.

Overbygnings-klasse	Skinne-profil	Største sville-avst.	Ballast-type	Største hast. Person-tog	Største hast. Gods-tog	Største aksellast godsvogner
s	30 kg	370 mm	Grus	65 km/h	65 km/h	12 t
a	35 "	730 "	Grus/ pukk	90 "	80 "	16 "
b	35 "	610 "	Pukk	90 "	80 "	18 "
c	S 49	660	Pukk	130 "	80 "	20 "

I kurver tillates ikke de samme hastigheter som i rettlinjet spor. De tillatte hastigheter må beregnes på grunnlag av kurvens radius, sporets overhøyde og lengden av overgangskurven. Men uansett resultatet av slike beregninger skal hastigheten for vanlige tog ikke overstige hastighetene som er oppført i nedenstående tabell:

TABELL 2.

Overbygningsklasse		s	a og b	c	
Hastighetsklasse		3	2	1	
Kurveradius	130	35 km/h	35 km/h	-	
	150	40 "	40 "	50 km/h	
	180	45 "	50 "	55 "	
	200	--- 50 "	55 "	60 "	
	250	55 "	65 "	70 "	
	300	60 "	70 "	80 "	
	350	--- 65 "	75 "	85 "	
	400		80 "	90 "	
	450		85 "	95 "	
	500	----------	90 "	100 "	
	600			105 "	
	700			110 "	
	800	----------	----------	115 "	
	900			120 "	
	1000			120 "	
	1100	----------	----------	125 "	x) Inntil videre 120 km/h.
	1200			130 "	x) " " " "
Rettlinje		65 "	90 "	130 "	x) " " " "

Rettelsesblad nr. 1.
August 1981.

Hastighetene som er oppført i denne tabellen gjelder både for persontog og godstog. Men godstogene skal selvfølgelig ikke kjøre fortere enn det som tillates i tabell 1. F.eks. tillates hastigheter inntil 130 km/h på spor i overbygningsklasse c for persontog i kurver med radius 1200 m eller større. Men godstogene skal ikke kjøre fortere enn 80 km/h.

I kurver med radier inntil 300 m er hastigheten for persontog og godstog de samme.

Begrepet "Hastighetsklasse" er forklart i tabell 2. Hastighetsklasse 1 kommer bare i betraktning når sporet har overbygningsklasse c. For spor som er svakere konstruert - dvs. spor i overbygningsklassene a, b og s - gjelder hastighetsklassene 2 eller 3.

Sporveksler i hovedspor kan ytterligere begrense den tillatte hastighet. I sporveksler med leddtunger i vinkeltungeprofil er hastigheten begrenset til 100 km/h og i andre eldre sporveksler ned til 70 km/h. Derimot tillates i sporveksler med fjærtunger hastigheter inntil 130 km/h. På strekninger med overbygningsklasse c, hvor hastighetsklasse 1 gjelder, bør leddtungeveksler erstattes på alle steder hvor de øvrige forhold tillater en hastighet som er større enn 100 km/h.

Ifølge de ovennevnte regler kan den tillatte hastighet for et strekningsavsnitt fastsettes på en systematisk måte på grunnlag av sporets konstruksjon (overbygningsklasse) og avsnittets svakeste element, f.eks. den minste kurveradius, den korteste overgangskurve eller den eldste sporveksel. Det er imidlertid flere faktorer som må tas i betraktning. Det kan være nødvendig å fastsette en lavere hastighet når f.eks. skinnene har fått stor slitasje eller når sporets vedlikeholdsstandard er utilstrekkelig. Det er flere ting som må vurderes, som f.eks. permanent rasfare og uoversiktlige planoverganger.

De ovennevnte regler må altså betraktes som grunnlag for å bestemme det øverste "tak" for hastighetene som kan tillates for de vanlige person- og godstog. De virkelig tillatte hastigheter, som blir angitt på hastighetssignalene 69a og 69b, fastsettes av distriktene på grunnlag av vurdering av forholdene på stedet. Disse hastigheter er i mange tilfeller lavere enn det som reglene tilsier.

Dessuten kan det bli nødvendig med midlertidige hastighetsnedsettelser, eksempelvis på grunn av faren for telehivning, skinnebrudd, snø- og isras, solslyng eller på grunn av arbeider i sporet.

Som vi har sett, er maksimalhastigheten ved NSB 130 km/h. Denne hastighet tillates i dag bare på strekningen Asker - Brakerøya. Men på mange steder hvor det forekommer hastighetssignaler som viser 120 km/h, vil etter hvert hastighetene bli satt opp til 130 km/h.

Denne hastighet er moderat i sammenlikning med baner i utlandet. Vi ser først på hastighetsrekorder og går inn i historien og frem til 1981:

England	8.10.1829	damptog	47 km/h
Tyskland	23.10.1903	elektrisk motorvogn	207 km/h
Frankrike	28.3.1955	elektrisk tog	331 km/h
Frankrike	26.2.1981	elektrisk tog	380 km/h

Men hastighetsrekorder oppnås under spesielle forhold og etter langvarige forberedelser. Det er av større interesse å se på de største hastigheter som forekommer under daglig drift.

Hastigheter inntil 160 km/h ble allerede i tredveårene oppnådd av flere tog i utlandet. I 1964 ble det i Japan åpnet en bane hvor de fleste tog kjører med hastigheter inntil 210 km/h. Hastigheter inntil 200 km/h forekommer i dag både i Tyskland, Frankrike og England. Banen Paris - Lyon, som er under bygging, er planlagt for hastigheter inntil 260 km/h.

På de eksisterende baner i Norge kan det ikke lønne seg å øke hastighetene langt utover 130 km/h, tatt i betraktning at man her ikke har tilstrekkelig lange avsnitt med rettlinje og slake kurver.

Den minste kurveradius for den ovennevnte nye bane mellom Paris og Lyon er 4000 m med enkelte unntak hvor man går ned til 3200 m, fremdeles en meget stor radius for norske forhold! Slike traséer kan vanskelig bygges i fjellandet Norge. For den planlagte Nord-Norgebanen er det regnet med hastigheter inntil 160 km/h og minste kurveradier av 1700 m, også med en del unntak.

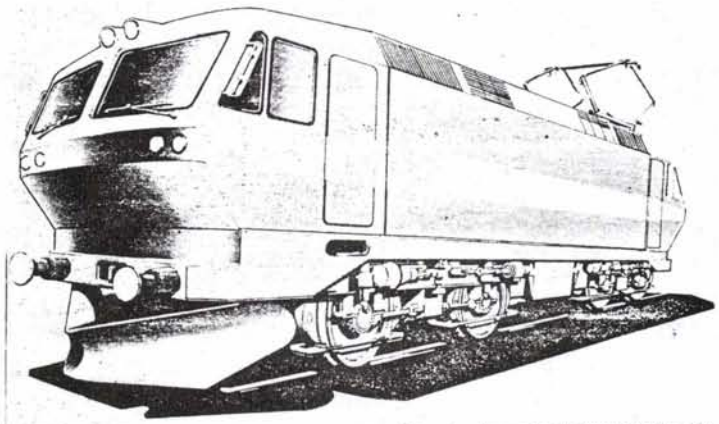
Når det gjelder forbedring av driften på eksisterende jernbaner med dårlig trasé, bør man være klar over at en reduksjon av reisetiden er mye viktigere enn en økning av den maksimale hastigheten. En reduksjon av reisetiden kan oppnås ved å øke de tillatte hastigheter på steder hvor den er lavest, dvs. i de skarpeste kurver. Vi kan belyse dette med et regneeksempel:

Over en 10 km lang strekning økes hastigheten fra 80 km/h til 90 km/h. En hastighet på 80 km/h tilsvarer 80 : 3,6 m/sek = 22,2 m/sek. En strekning på 10 km = 10 000 m blir gjennomkjørt på 10 000 : 22,2 = 450,5 sek. En hastighet på 90 km/h tilsvarer 90 : 3,6 = 25 m/sek. Den 10 km lange strekning blir gjennomkjørt på 400 sek. Tidsbesparelsen som følge av hastighetsøkningen blir 450,5 - 400 = 50,5 sek.

Over et annet strekningsavsnitt, også med 10 km lengde, økes hastigheten fra 130 km/h til 140 km/h. En tilsvarende beregning viser da at man oppnår en tidsbesparelse på 20 sek., dvs. mindre enn halvparten.

Det er denne kjensgjerning som ligger til grunn for prosjektet "Høyere reisehastigheter", som går ut på at det for bestemte togslag kan tillates hastigheter i kurvene som er større enn "taket" som er fastsatt for de vanlige tog, dvs. større enn kurvehastighetene ifølge hastighetsklasse 1. Materiellet i slike tog skal være konstruert slik at kreftene mot sporet i kurvene er mindre enn for materiellet i vanlige tog. For disse spesielle togene må de tillatte hastigheter beregnes spesielt, og kjørehastigheten ute i sporet må angis med spesielle skilt. Bl.a. må dette gjøres for det nye ekspresstoget Oslo - Trondheim over Dovrebanen, som settes i drift i 1982.

Hastighetene i kurvene med liten radius som NSB tillater for vanlige tog, er store i sammenlikning med de fleste utenlandske baner.



Slik vil El 17 ta seg ut. Et lett lok som skal få reisetiden mellom Oslo og Trondheim ned i seks timer. (Tegning: Terje Meyer).

Fig. 12M. El 17.

3.5.2. *Hastigheter i kurver uten overgangskurver.*

Ved innkjøring i kryssingsspor gjennom det avvikende spor av en sporveksel møter toget en krumningsforandring av sporet uten å passere en overgangskurve. Normalt skal lokomotivføreren da kjøre med 40 km/h, som er den største tillatte hastighet. Denne hastighet er fastsatt under forutsetning av at det avvikende spor har en radius på 190 m.

Hvis radien er mindre, eller hvis det forekommer "falsk overhøyde" (se avsnitt 3.2.3.), blir dette angitt ved hjelp av et signal i tillegg til innkjørsignalet som betyr at hastigheten ikke skal være større enn 20 km/h.

Vi har i dag mange sporveksler med radier som er mye større enn 190 m. Sporveksler med radier av 300 m og 500 m eller større radier, når slike sporveksler bygges som dobbeltkrummede veksler, er i dag vanlige. Vi har allerede sporveksler med radier på 760 m (Bestun). I slike sporveksler kan det tillates mye større hastigheter, eksempelvis

50 km/h (R = 300 m), 65 km/h (R = 500 m) og 80 km/h (R = 760 m).

For å kunne utnytte disse muligheter, blir det nå innført et spesielt hastighetssignal som monteres på innkjørsignalet.

4. OVERBYGNINGENS KONSTRUKSJONSELEMENTER

4.1. Innledning

På jernbaner brukes to hovedtyper skinner, *vanlige skinner* og *rilleskinner* (fig. 13 a og b).

Den vanlige skinne er mest brukt. Alle linjer ved NSB er lagt med vanlige skinner. Rilleskinner brukes mest ved sporveier, i havnespor og lignende spor i gater og veger.

Ser vi på understøttelsen av skinnene, kan det skjelnes mellom

overbygning med *langsviller* og
- " - *tverrsviller*.

Fig. 13. Skinneprofiler.

Langsvillene ligger på langs under skinnene. Denne overbygningstype var meget alminnelig i jernbanens barndom fordi skinnene alene ikke var sterke nok til å bære vekten av toget. Nå brukes langsvilleoverbygning mest på sporveier og på enkelte byggverk (f.eks. rep. graver). Ellers brukes det på jernbaner så å si bare tverrsviller.

På tverrsviller får sporet langt bedre sidestivhet enn på langsviller, og sporbredden kan lettere holdes konstant. Dessuten gir tverrsviller bedre lastfordeling på ballasten, og det er enklere å justere sporet. Ved siden av dette oppnår vi den fordel at vannet lettere renner vekk.

I utlandet gjøres det forsøk med å støpe hel betongplate som underlag for skinnene, såkalt "slab track". Slike spor er beregnet for meget høye kjørehastigheter og legges med svært stor nøyaktighet.

4.2. Skinner

4.2.1. *Skinnenes form.*

De første skinner som ble brukt i Norge var de såkalte *bruskinner*. Disse bruskinner, som er vist i fig. 14, hadde en vekt på 29,76 kg/m og var fremstilt av smijern. Skinnene var understøttet av langsviller, som igjen lå på tverrsviller. De skinnene som brukes nå, *vignolskinne* eller *bredfotskinne*, ligner ikke mye på de gamle bruskinner.

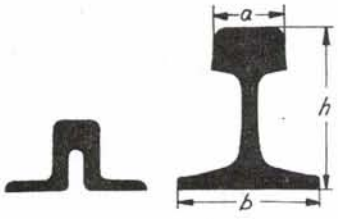


Fig. 14.

På fig. 14 er, i samme målestokk som de gamle bruskinner, vist profil av Statsbanenes hittil største skinne. Den har en vekt på 64,92 kg/m og er brukt i tunneler.

En skinne består av *hode*, *steg* og *fot*. Utformingen av hodet henger nøye sammen med utformingen av hjulringen.

RETTELSESBLAD NR. 1

til Lærebok for linjepersonalet, Del 2 - 5.

Side 17: 5. avsnitt endres til å lyde:

"Breddeutvidelsen bør skje med grus eller stein. I større fyllinger bør vi unngå å bruke tette masser som silt og subbus, idet vi risikerer å stenge vannet inne i fyllingen. I skråterreng må det også sørges for at de etterfylte massene får betryggende fot, slik som angitt i fig. 13."

Side 91: Teksten til det *venstre* bildet i fig. 107, Buebruer av stål, rettes til: "Bru over Bøelven ved Gvarv."

Side 93: I avsnitt 12.3., Massivbruer, rettes i siste avsnitt, nest siste linje "105" til "113" og tilføyes ")" - halv parentes, etter "rekkverk".

Tittelsiden samt sidene 41/42, 87/88 og 109/110 bes byttet ut med vedlagte nye sider.

August 1981.

NSB

LÆREBOK

FOR

LINJEPERSONALET

DEL 2–5

Del 2. Banens underbygning

Del 3. Minste tverrsnitt

Del 4. Utvendige anlegg ved stasjoner

Del 5. Linjetjenesten

Utgitt juli 1980

Had/Baneavdelingen

Rettelsesblad nr. 1.
August 1981.

Da står man mere fritt når det gjelder lengden av utført masseskifting i de enkelte skift. Nå er lengden av svillene 2,5 m mens bredden av traubunnen skal være 4,0 m. På hver side av svillematten blir det da et åpent rom på 0,75 m, og dette fylles med sviller på langs.

Svillene i trauet må legges så tett som mulig. Eventuelle mellomrom fylles med stampet grus eller torv. For å hindre at mulig overskuddsvann skal grave i bunnen av trauet, bør svillene helst legges på et lag av stampet filtergrus, ca. 10 cm tykt. Trauet må da graves ut tilsvarende dypere for å gi plass for grusen. Man må ta hensyn til gruslaget på forhånd så man har grus i beredskap, enten ved å legge til side brukbar grusballast fra sporet eller ved å kjøre frem ny grus. Med torv og bark som traumateriale er dette gruslaget unødvendig fordi torv og bark selv er filter godt nok.

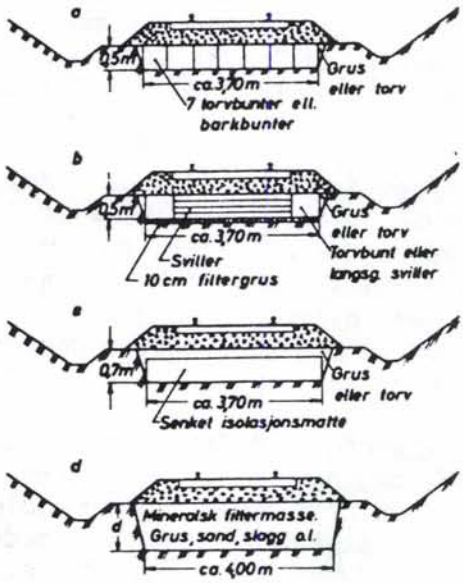


Fig. 36. Profiler for masseskifting.

Etter hvert som man får fylt trauet, går man løs på å sette skinnegangen foreløpig i stand, for å kunne kjøre frem arbeidsvogner med materialer. Det blir da nødvendig å kubbe opp sporet, f.eks. slik som vist i fig. 34. Hvor tett man må kubbe avhenger av skinnevekten og vekten av de vogner som man skal kjøre over det oppkubbede sporet. Det må alltid kubbes så tett at skinnene ikke får varig nedbøyning. Skal det tas full-lastede vanlige arbeidsvogner over sporet, må det kubbes *minst* for hver tredje sville. Lokomotiv må ikke kjøre over den slags spor. Med grus som traumateriale må det kubbes helt til bunns i trauet. Kubbingen må da utføres atskillig mere solid og må avstives godt, både lengdeveis og sideveis, f.eks. slik som vist i fig. 34 nederst. Når sporet skal settes endelig i stand, må all kubbing fjernes, ellers vil man få meget ujevne setninger.

Ved maskinell uttaking av lette gravemasser og med torv- eller barkbunter som traumateriale, må laget settes opp med minst 6 mann, medregnet maskinfører. I tillegg hertil kommer personale som skal føre frem materialene. Som gjennomsnittlig prestasjon i et skift på 6 timer, fri for togtrafikk, skulle man kunne regne med 0,7 m masseskiftet spor pr. mann/time, dvs. ca. 25 m i alt på 6 timer. Arbeidsytelsen avtar ved mindre lengde av skiftet, idet arbeidet med klargjøring av linjen er det samme uansett skiftlengden.

Med sviller som traumateriale må man i alminnelighet regne med minst 7 mann i laget for å oppnå samme fremgang i skiftet som foran nevnt. Og er gravemassene tunge og steinfylte, kan det bli nødvendig å sette inn 3 á 4 mann til for å klare jobben.

Etter en foretatt masseskifting vil det alltid oppstå setninger i sporet. Med torvbunter, barkbunter eller sviller i trauet vil storparten av setningene normalt skyldes den nyfylte ballasten. Men er det ikke gjort godt arbeid i trauet, kan man risikere å få til dels store setninger i tillegg, og det kan ta lang tid før skinnegangen kommer endelig til ro. Slike setninger kan f.eks. skyldes dårlig utført gjenfylling av åpninger i isolasjonsmatten eller mangelfull stamping av løse masser i bunnen av trauet. Når det gjelder selve isolasjonsmatten, så vil torv- og barkbunter gå noe sammen under trafikken, men denne sammentrykkingen er i alminnelighet liten når man har med gode bunter å gjøre. En svillematte gir praktisk talt ikke setning. Med løst ifylt grus som traumateriale må man alltid regne med ganske store setninger.

Den største setningen oppstår gjerne etter første passerende tog. Man løfter derfor helst skinnegangen noe for høyt første gangen, slik at sporet blir liggende noenlunde i riktig høyde etter at første tog er passert. Hvor meget for høyt man skal pakke, må avgjøres i hvert enkelt tilfelle på grunnlag av erfaring og skjønn over forholdene på stedet. Ved overgangene til fast pakket spor må man være ekstra omhyggelig med pakkingen så overgangene blir så myke som mulig.

Over en strekning som er masseskiftet skal kjørehastigheten settes til høyst 30 km/h. Ligger sporet fra før med overhøyde, vil en lav kjørehastighet gjøre at hjulene på utsiden av kurven blir avlastet, og hjulene på innsiden får en større belastning. En slik skjevbelastning kan medføre at sporet setter seg skjevt, slik at overhøyden blir enda større. Setningene i en masseskifting har ellers også lett for å bli ujevne, og det er da fare for at det oppstår farlige vindskjevheter i sporet. Vindskjevheten må ikke bli større enn 1:300 (3,3%) målt over 3 m lengde og 1:200 (5%) målt over 9 m lengde.

Det er særlig stor fare for avsporing hvis vi foruten stor vindskjevhet også har liten kurveradius og stor overhøyde. Som nevnt avlastes de ytre hjulene, og faren for klatring over ytterstrengen øker.

For å forebygge faren for skjevsetninger, må overhøyden reduseres mest mulig mens det er saktekjøring på stedet. Dette kan gjerne gjøres allerede før arbeidet med masseskiftingen begynner. På elektrifisert strekning må vi bare huske på å ta hensyn til kontaktledningens beliggenhet.

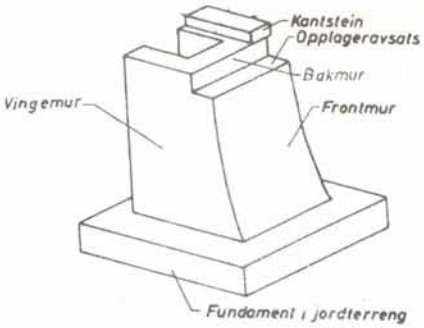


Fig. 100. Landkar.

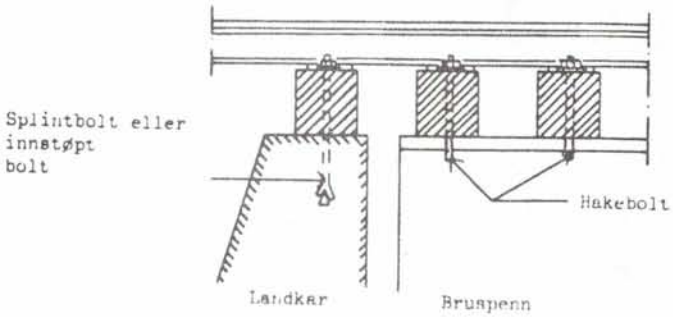


Fig. 101. Landkarsville.

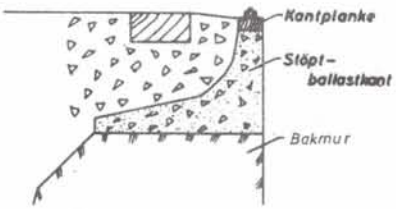


Fig. 102. Støpt ballastkant.

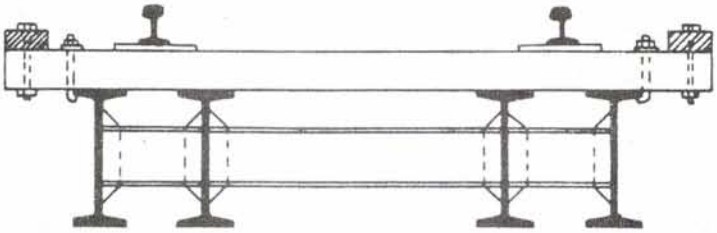


Fig. 103. Tvillingbærerbru.

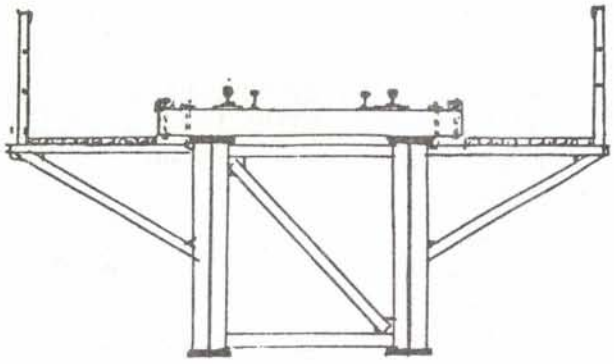


Fig. 104. Platebærer med overliggende brubane.

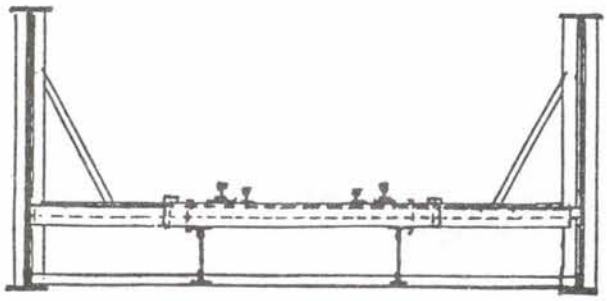


Fig. 105. Platebærer med mellomliggende brubane.

vingene på den siden av vognen hvor de sitter. Sambandet med lokomotivet ordnes sikrest ved avtalte signaler med en trykkluftfløyte. Sporrenservognen bør være utstyrt med nødbrems.

Det finnes ennå i bruk mange eldre sporrensere for enkeltspor som er annerledes bygget enn de typer som her er beskrevet. Flere av dem blir fremdeles manøvrert ved håndkraft.

De steder hvor sporrenseren skal løftes og senkes, må merkes ved oppsatte anvisere. Disse anvisere hadde tidligere et mere eller mindre tilfeldig utseende, men skal nå utføres etter ensartede regler. Anvisernes form og plassering fremgår av fig. 138. De settes opp på stolper i en høyde av 3,0 m over skinnetopp og i en avstand av ca. 3,0 m fra spormidt. Anviserne, som males gule mot kjøreretningen, skal peke mot sporet. En anviser med spissen opp betyr "løft", og med spissen ned "senk". Anviserne bør settes i 4-5 m avstand foran det sted hvor sporrenseren skal løftes.

Anviserne er også benyttet til å markere de punkter i linjen hvor plogvingene må slås inn. Anviserne er da satt på "høykant" med spissen vendt inn mot eller ut fra sporet. En anviser med spissen inn betyr at her må plogvingen være slått inn. Med spissen ut, betegner anviseren at på dette sted kan plogvingen slås ut igjen.

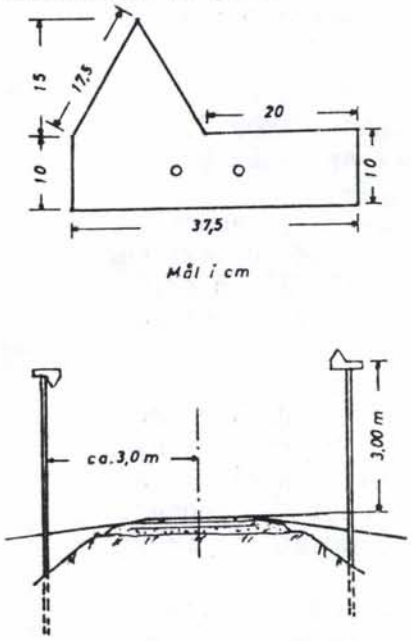


Fig. 138. Anvisere for sporrenserkjøring.

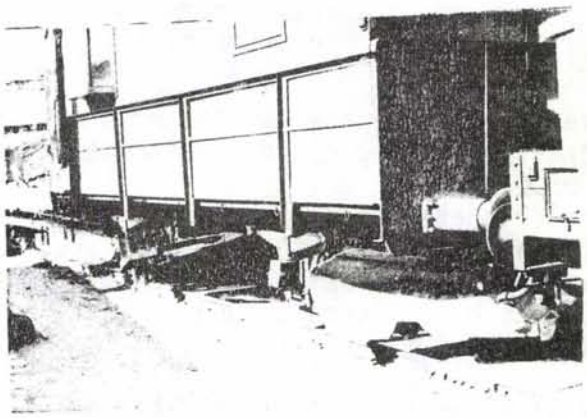


Fig. 139. Isharv.

En *isharv* - eller ishøvel - er vist i fig. 139. Foruten selve isskjæret har den to underhengte sporrensere, den ene for eventuell snø, den annen for løs is. Manøvreringen av de forskjellige isharver av denne type foregår dels ved trykkluft og dels for hånd. Vognen må være godt nedlesset med ballast for ikke å bli løftet av sporet under isrydding. Da må også fjærene på vognen være blokkert.

Isharvens arbeidsbredde er 2,40 m og den arbeider ned til en dybde av inntil 90 mm under skinnetopp.

Roterende snøploger - populært kalt "rotere" - er store skinnegående aggregater. I fronten har de ett - eller to - roterende skovlhjul, innrammet av et skjold som skal lede snøen inn mot skovlene. Skovlhjulet - eller hjulene - som drives av et eget maskinaggregat, samler snøen og kaster den til siden av sporet gjennom en utkaståpning på toppen av skjoldet. Utkaståpningen kan innstilles for utkast til den

side man ønsker, høyt eller lavt.

De fleste roterende snøploger ved NSB har diesel-hydraulisk drift.

Et par typer er vist i fig. 140. Under arbeid må de være tilkoblet lokomotiv. Det må de også være når de går uvirksomme i transport.

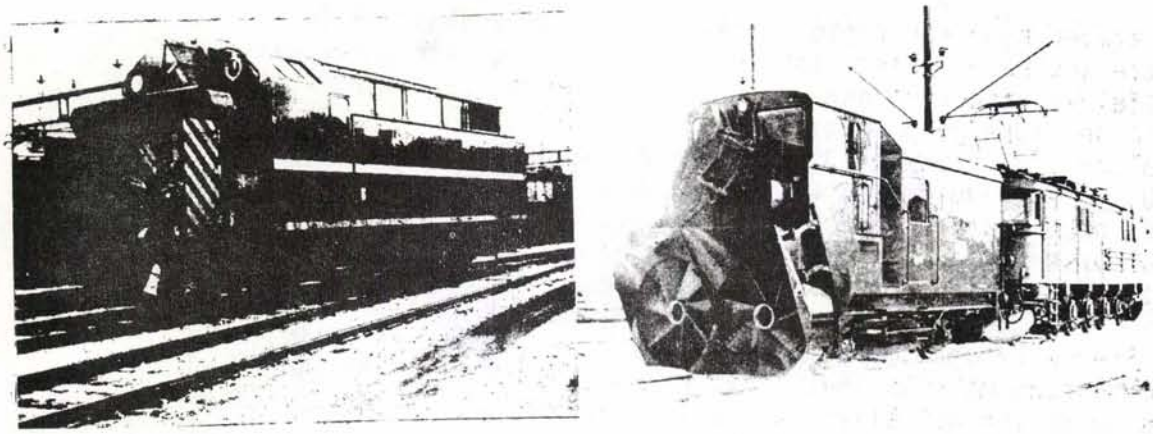


Fig. 140. Roterende snøploger, til venstre med diesel-hydraulisk drift, til høyre med elektrisk drift.

De dieseldrevne typene går for egen maskin også under arbeid. For transport i tog gjelder bestemmelsene i trykk nr. 402, § 30.

Kjørehastigheten under rydding bestemmes av snømengden, snøens konsistens og av maskinkraften på skovlhjulet. I løs og lett snø kan en roterende snøplog oppnå en hastighet av inntil 20 km pr. time, mens hastigheten i tung og fast snø kan gå ned i mindre enn én kilometer i timen.

På skjoldet er montert et sett utslagbare vinger, men de kan bare brukes i lett snø for utvidelse av brøytebredden. Undre kant av skjoldet ligger godt over skinnetopp (minst 80 mm). På alle roterende snøploger er det derfor montert en underhengt sporrenser, hvis primære oppgave er å rydde skinnene og flensrommet for snø.

Den ordinære brøytebredde for en roterende snøplog ligger omkring 3,0 m. Med helt utslåtte vinger økes bredden til ca. 3,3 m.

Det er skjoldets form som bestemmer det ordinære brøyteprofilet etter en roterende snøplog. Da bredden av skjoldet må holdes innenfor de samme grenser som bestemt for rullende materiell i sin alminnelighet (se bokens del 3 om "minste tverrsnitt"), vil brøyteprofilet bare såvidt være tilstrekkelig til at tog kommer frem. Så snart som mulig må man derfor sørge for at profilet blir utvidet til forsvarlig bredde. Dette gjøres ved å kjøre en *snøskrape*.

En snøskrape er vist i fig. 141.

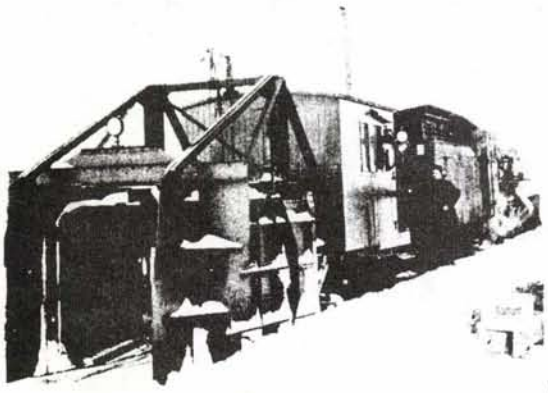


Fig. 141. Snøskrape.