

# MEDDELELSER FRA VEIDIREKTØREN

NR. 10

Overingeniør P. Boye. — Veivedlikeholdet i Østfold. — Litt vei-  
prat. — Bidrag til løsning av spørsmålet om rifledannelser på  
landeveier. — Veiprofiler for Troms fylke. — Veibanens form —  
En økonomisk lov. — Personalia. — Mindre meddelelser. — Litte-  
ratur. — Rettelser.

Oktbr. 1937

## OVERINGENIØR P. BOYE

Forhenværende overingeniør ved veivesenet i Nordland fylke. Peter Christen *Boye* døde den 25. september d. å. Han var født 4. januar 1857 og



blev således noget over 80 år gammel. Sin ingeniørutdannelse fikk han ved Trondhjems tekniske læreanstalt og ved den tekniske høiskole i Hannover. Han var først beskjeftiget en kort tid i havnevesenet, var derpå nogen år i privat virksomhet og begynte i veivesenet i 1891, først i

Nordland og var senere i andre distrikter og ved Veidirektørkontoret.

I 1893 blev han fast knyttet til Nordland fylke som assistentingeniør og allerede i 1898 blev han overingeniør (amtsingeniør) efter at han et års tid hadde vært konstituert i stillingen. På denne post blev han stående inntil han tok avskjed fra veivesenets tjeneste i 1925 efter opnådd aldersgrense. Overingeniør Boye følte sig personlig sterkt bundet til Nordland og han ønsket ikke å forlate distriktet selv da han i sine yngre dager som assistentingeniør hadde anledning til å avansere i andre fylker.

Veibyggingen i Nordland begynte i 1880-årene å utvikle sig i et noget raskere tempo enn tidligere, og denne økede veibygging fortsatte under jevn fremgang i den tid, da overingeniør Boye hadde ledelsen av fylkets veivesen. Blandt annet fikk man i denne periode gjennomført den plan som hadde foreligget helt siden 1860-årene, nemlig å bringe Vefsendistriktet i sammenhengende forbindelse med veinettet i det sydlige Norge. Ialt blev veinettet i Nordland øket med henimot 900 km i overingeniør Boyes funksjonstid.

Personlig var Boye en loyal og behagelig mann, som efterlater sig et godt minne blandt kolleger i veivesenet.

## VEIVEDLIKEHOLDET I ØSTFOLD

Veienes vedlikehold ved hjelp av faste veivoktere og annen leiet arbeidshjelp har tidligere vært anerkjent som det mest rasjonelle vedlikeholdssystem. De forandrede trafikkforhold har imidlertid medført at det ikke lengere passer overalt. Etterhvert som man i større utstrekning bruker maskiner til vedlikeholdsarbeide og grusutvinning, er en vesentlig del av det arbeide som tidligere påhvilde veivokterne bortfalt, således at antallet av disse i mange tilfelle kan innskrenkes.

I Østfold fylke gav fylkestinget allerede i 1926 administrasjonen bemyndigelse til å gå til en omlegning av vedlikeholdsarbeidet efter en plan som forutsatte inndeling av fylket i større vedlikeholdsdistrikter, hvor arbeidet skulde utføres av arbeidslag og et mindre antall veivoktere i forbindelse med bruk av biler og maskinelle vedlike-

holdsredskaper. Man fant det dog riktigst å se den videre utvikling noget an hvad så vel trafikk- som vedlikeholdsforholdene angår før man gikk til gjennomførelse av denne reform. Efter beslutning av fylkestinget i 1932 blev imidlertid det nye vedlikeholdssystem innført høsten 1932. Det har således nu virket nogen tid, og overingeniør *Dannevig* har efter anmodning gitt nedenstående opplysninger om hvorledes ordningen er gjennomført og de erfaringer man har høstet hittil.

Det nuværende vedlikeholdssystem i Østfold går ut på at hver veivokter skal være utrustet med en maskin, enten bil, motorveihøvel, planskraper eller lignende, da en veivokter lite kan utrette med bare spade og rive. Eventuelt arbeide med sistnevnte redskaper blir utført med leiet hjelp. For nærværende står man ikke helt fritt i utøvelsen av det nye system, da man er moralsk

forpliktet til å beskjefte en del veivoktere som blev overflødige ved gjennomførelsen av det nye vedlikeholdssystem. Det er mer enn nok av påkrevd arbeide for disse i den tørre årstid, men om vinteren betyr deres beskjefte utgifter som man under et snaut vedlikeholdsbudgett strengt tatt kunde spare. Det vil dog uten videre være innlysende at disse utgifter var like store efter det tidligere system.

For vedlikehold av 555,6 km riksveier og 262,3 km fylkesveier, tilsammen 818 km, er der for nærværende ansatt 37 faste veivoktere, d. v. s. at det gjennomsnittlig blir ca. 22 km pr. veivokter. Til disposisjon for disse har man 21 biler, 9 motorvehøvlere, 5 planskraper med tilhørende Fordson traktor samt en Odin vehøvel.

Veivokterne lønnes pr time og de fleste har arbeide så vel på riks- som fylkesveier, da det ikke alltid er praktisk gjennomførlig å tildele en veivokter bare riks- eller bare fylkesveier. Dette er en av grunnene til at veivokterne lønnes pr. time.

Da opplysningen om at det blir ca. 22 km vei pr. veivokter kan misforståes, skal ennvidere redegjøres for hvordan opdelingen er foretatt.

Hele fylket er opdelt i 8 distrikter, hvert med en fast stasjonert motorvehøvel. Den 9. motorvehøvel brukes som reserve og for spesielle arbeider i forbindelse med faste veidekker etc. Ved opdelingen i motorhøvel-distrikter har man søkt å fordele *arbeidsmengden* nogenlunde likt på hver høvel, men man er dog i nogen grad bundet av lensmannsdistriktene.

De 5 planskraper er ved siden av motorhøvlene plassert i de distrikter hvor det er mest hensiktsmessig å benytte planskraper.

De egentlige veivokterdistrikter er basert på antall biler og der blir således 21 sådanne. Den gjennomsnittlige veilengde pr. *bil*-veivokter blir ca. 36 km, da ca. 65 km av de ovenfor nevnte 818 km vedlikeholdes av entreprenører.

Lengden av disse bilveivokterdistrikter er også meget variabel, da de først og fremst nødvendigvis må avpasses efter lensmannsdistriktene og dernæst også må avpasses efter arbeidsmengden.

Efter som legging av faste veidekker skrider frem vil grunnlaget for den oprinnelige opdeling i veivokterdistrikter forrykkes og omregulering foretas. Da man ikke straks kan kvitte sig med de fast ansatte veivoktere, vil man heller ikke straks oppnå den fulle effektive nytte økonomisk sett av de faste veidekker. Jeg kommer i denne forbindelse stadig tilbake til spørsmålet om at alle offentlige veier, også bygdeveiene, burde være underlagt veikontoret. Eftersom faste dekker blir lagt på riks- og fylkesveier kunde motorhøvlere og veivokterbiler i større utstrekning anvendes på bygdeveier, mens man foreløbig må nøie sig med enklere redskap på disse.

Det vil være innlysende at jo kortere veivokterdistriktene er på riks- og fylkesveier, desto større vanskeligheter møter man med hensyn til å beskjefte veivokterne når faste dekker er lagt.

Det i Østfold innførte system betyr derfor en fordel i denne henseende.

Når man for øvrig skal behandle systemets tekniske og økonomiske sider må erindres at man ved overgangen fra det gamle til det nye system søkte å være minst mulig «hårdhendt», d. v. s. at man forsøkte å utlære flest mulig av veivokterne til bilførere. Like så galt som det vilde være om veivokteren var ensidig motormann, like så galt vilde det være om han absolutt ikke kunde egne sig som bilfører.

På få undtagelser nær ser det ut som om de veivoktere som blev fast ansatt efter det nye system har maktet opgaven, idet bare et par av dem blev fratatt bilen efter prøvetiden.

På den annen side kan visstnok anføres eksempler på at bilen er blitt behandlet med så stor omhu som om den hadde vært veivokterens egen, ja kanskje mer, da veivokteren i motsatt fall kan risikere å bli fratatt bilen.

Kan man derfor på grunnlag herav gå ut fra at bilen behandles sådan at vedlikeholds- og driftsutgifter blir ordinære, gjenstår i grunnen bare spørsmålet om bilen blir benyttet så meget at kapitalen forrentes. Det har vist sig at vær- og føreforholdene i Østfold har vært sådanne at bilene er blitt brukt så meget som det kan forlanges.

Om sommeren foregår all mulig slags kjøring av forskjellige veidekksmaterialer, grus, drensrør, mose, gresskanter, klorkalcium, bitumen etc., utover høsten foregår gruskjøring på spreng, litt senere skal alle sneskjermer etc. utkjøres og oppsettes, om vinteren er det grus- og sandkjøring eller snebrøiting. Utover våren blir det igjen mer gruskjøring, sneskjermene skal nedtas og kjøres etc.

Samtidig med all denne kjøring holder veivokteren sig forvisset om at veien er i forsvarlig stand og utfører de fornødne flikningsarbeider.

Det har derfor vært fullt op av kjøring for veivokterbilene.

I og med at veivokteren har sin egen bil blir hans arbeidstimer mer effektivt utnyttet. Setter det inn med sneføyke en vinternatt, har veivokteren bilen for hånden og han kan kjøre ut når som helst. Det samme er tilfelle om isholke inntreffer.

Skal man leie en bil går alltid en del tid tapt med å få tak i bilen, særlig hvis ikke denne står så fullstendig til veivokterens disposisjon at den leiede bileier ikke har stort annen kjøring, men i så fall kan jo veivokteren like så godt ha sin egen bil. Skal man leie bil må man som veivokter og leder av arbeidet allikevel være med og der blir således 2 mann på bilen mens man som oftest greier sig med bare én.

Veivokterbilene i Østfold har for øvrig en del spesialutstyr. De har hver sin forplog for snebrøiting og de har spredekasse for strøing av sand om vinteren og klorkalcium om sommeren. Enkelte har skrape montert under bilen hvorved høvling av veibanen hyppig kan foregå, eksempelvis også under selve gruskjøringen og flikningen av veibanen, da det uten bilskrape lett vil bli småhauger og ujevnheter.

Ennvidere vil noen være innrettet for vann-tanker, andre for tjærespredetanker etc. Alle biler har tippanordning. Man kan selvsagt innrette sig således at de leiede biler kan tilpiktes å holde sådant utstyr eller i hvert fall være tilpasset for det, men man blir da lett så avhengig av disse eller så bundet i sin anbudsinnhentelse at vinningen lett går op i spinningsen og vel så det.

Enten vil man nemlig i sådanne tilfeller måtte benytte bilen så meget at man like godt kan ha sin egen eller også vil man få svært mange ikke effektive arbeidstimer og adskillig tidsspille.

Ennvidere må man anta at veivokteren når han selv kjører bil i langt høyere grad vil være oppmerksom på og forstå veiens mangler.

Betingelsen er selvsagt at man skaffer sig dyktige, pålitelige veivoktere og at man finner den biltype som passer best. Under disse betingelser skulde det være all grunn til at systemet også



økonomisk sett, d. v. s. utgiftene pr. anvendt bil-time skulde bli rimelige.

For de i Østfold i 1932 og 1933 anskaffede 16 stk. Commerbiler har utgiftene til utgangen av 1935 stillet sig således:

Vedlikehold pr. år	Bensin og olje pr. år	Sum utgift pr. år	Amortisasjon pr. år	Sum utgift og amortisasjon pr. år	Arbeidstimer pr. år	Utgift pr. driftstime
Kr.	Kr.	Kr.	Kr.	Kr.		Kr.
22 168	27 208	49 376	24 000	73 376	28 550	2,57

For disse bilers vedkommende er det det å bemerke at de har utført adskillig skrapearbeide og har hatt en stor del kjøring med tilhengere, hvilket betyr økede utgifter pr. driftstime, men ennå større ydelse.

Av oversikten fremgår det at utgiften pr. driftstime blir kr. 2,57.

Veivokteren lønnes som bilfører med kr. 1,25 pr. time.

Bil med fører koster altså kr. 3,82 pr. time.

Commerbilene har vært betegnet som 2—2½ tonns.

Efter den utvikling som har funnet sted de siste år på lastebilmarkedet skulde man vel idag kunne få like hensiktsmessige biler med tilsvarende nytelast til så pass rimelige priser at de totale driftsutgifter skulde bli mindre enn de ovenfor utregnede.

Særlig er vel dette tilfelle når man ved anskaffelse av nye biler bytter inn de gamle.

Her i Østfold kan man i hvert fall ikke nu tenke sig å gå tilbake til det tidligere system.

Det utstyr man har anskaffet kan overføres til nye biler.

Jeg kommer til slutt tilbake til det foran nevnte problem om beskjeftigelse av veivokterne eftersom legning av faste dekker skrider frem.

Det vil uten videre være innlysende at jo færre veivoktere man har, dessto lettere blir overgangen, men jo lengere hvert veivokterdistrikt er, dessto mer avhengig blir også veivokteren av å benytte bil.

Alle forhold tatt i betraktning, både de nuværende og de som antas å gjøre sig gjeldende i den nærmeste fremtid, synes det som om det i Østfold innførte vedlikeholdssystem er å anbefale.

## LITT VEIPPRAT

*Av mannen ved rattet.*

For en meget veiinteressert bilist er det morsomt å se hvor store fremskritt veiene har gjort i de senere år. Det er nu 8 år siden jeg var i de trakter jeg kommer til å behandle og somme steder kjente jeg mig slett ikke igjen.

Jeg hadde ikke tenkt å snakke om veidekkene. På grusveier er veidekkets godhet meget avhengig av når det sist var høvlet og hvordan været har vært, så iakttagelsene fra en enkelt tur er av mindre interesse. Dårlige var forøvrig ikke veidekkene vestenfjells, og flere steder især østfjells arbeides jo på hårde livet for å erstatte grusen med noget bedre.

Ruten gikk i store trekk Oslo, Drammen, Høkk-sund, Kongsberg, Geilo, Haugastøl, Ringøy, ferje til Øystese, Bergen. Avstikkere på Radøy og Santorøy. Dampbåt til Lavik, Dale i Sunnfjord, ferje til Sveen, Høyanger, Førde, Loen, Grotli, Lom, Otta, Lillehammer, Gjøvik, Høikorset, Oslo med en mengde avstikkere.

Fra Drammen kjørte vi på sydsiden av Drammenselven til Høkk-sund, og når denne vei blir gjort adskillig bredere og et par stygge planoverganger kunde sløfes, vilde det bli en bedre gjennomgangsroute enn den nuværende på den annen side av elven.

I nærheten av Kongsberg var store utbedringer i gang og den før så sterkt S-sete vei ser nu ut til å skulle få en mer rimelig trassé. Det er ennå for tidlig for mannen ved rattet å uttale sig om resultatet.

Veien fra Geilo til Ustaoset var ikke til å kjenne igjen. Før var den en ren lidelse som man kun nødtvungent utsatte sine ringer og fjærer for. Nu var veidekket tålelig bra selv om der ennå er enkelte uventede huller og en trassé som minner om en setervei bygget før bilenes tid.

Den nye vei fra Ustaoset til Haugastøl var en meget behagelig overraskelse med en pen kurvatur. Der var imidlertid en undtagelse, en S-kurve, hvor det for mig så ut som om man uten urimelige merutgifter måtte kunne få S-en erstattet med en meget slakkere kurve, og forhåpentlig blir dette overveiet. Jeg har da gått ut fra at en stiv kilometer nærmest Haugastøl med tiden vil bli helt nybygget. Den nuværende vei her er visstnok en eldre hyttevei, og dens trassé er helt uskikket for en moderne gjennomgangs-riksvei.

Også nybygningen Bu—Erdal var en meget behagelig overraskelse hvad trasséen angår. Det er den mest «zügliche» vei jeg har oplevet å se i Hordaland, men bredden synes jeg var meget snaut tilmålt, likeledes møteplassene både hvad antall og størrelse angår. Det står for mig som det på dette punkt må gjøres betydelige forbedringer snarest.

Strekningen fra Øystese til Fykkesund bro var under anlegg og jeg frykter for at man her har følt sig for meget bundet av den gamle skralle bygdevei og at traseen derfor på denne strekning blir mindre tilfredsstillende. Hordaland har jo hittil vært et særdeles kurverikt fylke og da er det ikke så lett å bli rettlinjet.



Fig. 1. Grind på riksvei nr. 541 på Radøy.

En fortvilelse var grindene. Vi førte bok over disse og følgende tabellariske sammenstilling taler for sig selv:

*Antall passerte grinder pr. dag.*

	Km kjørt	Antall grinder	Km pr. grind
Bergen—Radøy og retur, inkl. alle sideveier .....	181,3	99	1,83
Bergen store Sarlor og retur, inkl. alle sideveier .....	118,6	48	2,42
Lavik—Bøfjord—Dale i Sønd- fjord, inkl. alle sideveier ...	182,1	151	1,21
Sveen—Høyanger—Førde, inkl. en del sideveier .....	162,9	16	10,2
Førde—Loen, inkl. endel side- veier .....	204,0	50	4,08
Loen—Grotlid, ingen sideveier	78,2	3	26,1

Og der var grinder og grinder; fig. 1 viser en grind fra riksveien på Radøya, straks nord for Alvørsund; men det var vel også den verste vi så, iallfall på riksvei. Rent trist var det å se at selv på helt nye veianlegg hadde man tillatt grinder enda dette strengt talt vel er likefrem ulovlig.

Riksveien på Sotra var temmelig kurverik, og den på Radøya for det meste meget lite riksveimessig hvad trasseen angår.

Ferjene til Bratholmen (Sotra) og til Lindåshalvøya og Radøya (2 stykker) var alle av bruksmotorbåttypen tillempet som ferjer. De tok 3—4

biler med tverrskibs inn- og utkjøring. Ferjekaiene var enkle men praktiske undtatt den på Alvørsund, hvor det var meget trangt og antagelig vanskelig å komme ombord og iland ved visse vannstander.

Ferjetrafikken til Lindåshalvøya m. m. blir imidlertid sikkert snart så stor at man bør gjøre det ytterste for å få ferjedistansen kortest mulig ved anlegg av nye ferjesteder like ved nessene, og moderne spesialbygget ferje.

Fra Bergen tok vi dampskib til Lavik i ytre Sogn og kjørte over fjellet til Bøfjord.

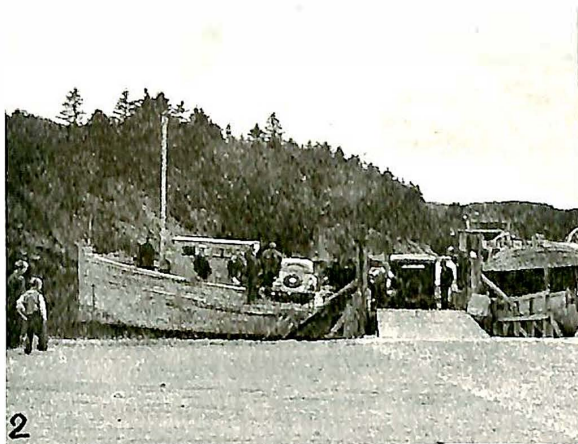
Bygdeveien fra Lavik til Alvern hvor det er en stilig gammel hovedbygning, er helt uskikket som et ledd i en vordende gjennomgangsroute. Veien over fjellet var bygdevei i både navn og i gagn. Meget smal og stykkevis helt uten mulighet for møting og enkelte steder sånn at man nesten ikke skjønnte hvordan lastebilene greide å ta sig frem.

Den nye vei fra Lervik til Skor hadde delvis pen trassé, men bygdeveien op igjennem Gud-dalen var fremforalt kurverik og nærmest helt uskikket som gjennomgangsvei; i regnvær er den neppe ufarlig.

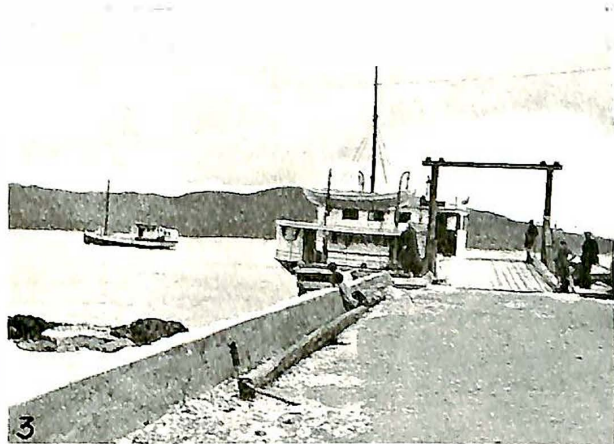
Veien Vadheim—Høyanger hadde enkelte stygge skuffelser for en bilist, forhåpentlig blir noen av de verste avhjulpet. Jeg ser da helt bort fra de gamle strekninger som skal helt nybygges.

Veien Vadheim—Ullebø var meget interessant og hadde en utsikt av de sjeldne.





2



3



2. Ferjen til Sartor med ferjekaien ved Alvøy.  
4. Utsikt fra nordre del av Radøy.



5

3. Ferjekaien ved Stenestø og begge ferjene.  
5. Vestlandsk slyng på Sartorøyveien.

Veien Vadheim—Breim var under omlegning og var mange steder ikke til å kjenne igjen, så rettlinjert var den blitt, men fremdeles er det mange uoversiktlige partier, f. eks. nedstigningen til Førde.

Den nye vei over Utvikfjellet var stort sett meget tilfredsstillende, og det samme gjelder den nye vei Innvik—Olden. Særlig den vestlige halvdel var særdeles pent stukket og hadde et rekkverk som virket meget solid og ufarlig, sett fra en bilists standpunkt. Den i Hordaland brukte metode med avpussing med cement virket dog kanskje psykologisk enda mer beroligende. På østsiden var det brukt et eiendommelig rekkverk av jern som ikke virket så betryggende og beroligende. På strekningene Innvik—Utvik og Olden—Grotli—Skjåk gjenstår der ennå meget før kurvatur og bredder blir tilfredsstillende.

Måtte det kanskje tilslutt være tillatt å gjøre oppmerksom på enkelte punkter hvad stikningene angår.

1. Kurveradier. Disse bør alltid gjøres størst mulig. Det kan være riktig nok at den minste kurveradius på 300 meter idag forekommer mange som særdeles tilfredsstillende, men veiene bygges på lange sikt og det er ingen grunn til ikke å

bygge en kurve med 2000 meter radius om dette lar sig gjøre, fordi om man synes at en kurveradius på 300 meter er tilfredsstillende idag. Husk på at S-er ikke burde eksistere sett fra chaufførens standpunkt.

2. Overhøider. Det later til å være en meget inngrodd opfatning at overhøider kun trenges i de skarpeste kurver, men det mener jeg er helt feilaktig. Selv i en kurve med 5 km radius, og



6

Fig. 6. Vøringssjø sett ovenfra.

dem finnes der visst ikke mange av i Norge, bør der anvendes overhøider på f. eks. 2 %. I slyng brukes i utlandet op til 15—20 % overhøide. Forskjellen på å kjøre en bil i en kurve med og uten overhøider er så utrolig at den som ikke selv har prøvet det simpelthen ikke vil tro at det er sant, og dessverre må jeg konstatere at jeg på turen fant ikke bare mange kurver uten overhøi-

der, men endog kurver med direkte underhøider.

3. Nødvendigheten av store kurveradier på bakketopper for å få tilstrekkelig sikthøide synes man å være nesten ubekjent med, men om dette spørsmål er der skrevet så meget ganske nylig at jeg nøier mig med å henvise hertil. — bl. a. «Meddelelser fra Veidirektøren» nr. 4 — 1937, s. 50—53.

## BIDRAG TIL LØSNING AV SPØRSMÅLET OM RIFLEDANNELSER PÅ LANDEVEIER

Av ingeniør Ivar Oftedahl.

Denne utredning er et forsøk på ad teoretisk vei å komme til en bedre forståelse av årsakene til rifledannelsen på våre veier. Den grunntanke som jeg har bygget alle beregninger på er at hovedårsaken til rifledannelsen skyldes den periodiske forandring av hjultrykket som oppstår som følge av at bilenes akslingssystemer kommer i svingninger. Disse svingninger kan tenkes å ha flere årsaker f. eks.:

1. Ujevnheter i veidekket. Disse vil jo alltid forekomme selv på et i alle deler utmerket veidekke.

2. Bilenes bremsning og akselerasjon.

3. Av ujevnheter i bilens gummi. F. eks. et reparert dekke.

Det er en velkjent sak for alle chauffører, at kjører man på en vei med rifledannelser gis der en bestemt hastighet, som regel mellom 30 og 40 km, hvor rystelsene blir så kraftige at det manganen gang kan være vanskelig å holde styring på bilen. Setter man så hastigheten op eller ned blir rystelsene ikke på langt nær så generende. Det ligger da nær å anta at når rystelsene blir så altfor sterke skyldes dette at der oppstår resonans mellom svingningene som blir påtvunget bilens akslingssystemer av riflene og akslingssystemenes egensvingninger.

Hvis de anførte betraktninger er riktige kan rifledannelsen tenkes å oppstå på følgende måte:

Idet bilens hjul går over en ujevnheter i veien kommer hjulet og akslingen i svingninger. Under svingningene kan hjultrykket komme til å variere sterkt, der oppstår da så å si slag i veibanen og disse slag deformerer veidekket noe. Så kommer neste bil og det samme gjentar sig med den. Hvis nu de biler som trafikerer veien har akslingssystemer med noe nær samme svingetid, kan det lett forstås at rifler kan oppstå i løpet av forholdsvis kort tid, hvis der er tilstrekkelig trafikk på veien. Selvfølgelig kan man innvende at alle biler ikke kjører like fort så at en begynnende rifledannelse av neste bil skulde bli jevnet ut. Hertil er imidlertid å bemerke at de fleste biler (iallfall lastebiler og busser) på en og samme veistrekning som oftest kjører med omtrent samme fart idet veiens trafikkforhold bestemmer en maks. hastighet som en god chauffør i almindelighet ikke

overstiger. Som regel ligger denne hastighet mellom 30 og 50 km pr. time.

Jeg går nu over til beregning av et akslingssystemets svingetid.

Der går ut fra den forutsetning at underbygningens, overbygningens og lastens vekt er så store i forhold til akslingssystemets vekt at de ikke utover noen større innflytelse på akslingssystemets svingetid. Der går med andre ord ut fra at under en serie svingninger av akslingssystemet følger de andre deler av bilen så lite med at det kan settes ut av betraktning. At dette stemmer så noenlunde med virkeligheten iallfall for de tyngre biler kan man overbevise sig om ved å betrakte en bil som kjører på ujevn vei. Det ser da ut som om bilen er fullstendig i ro og bare hjulet svinger op og ned.

De krefter som virker på akslingssystemet under svingningene er følgende:

### 1. Fjærens motstand mot nedbøiningen.

Denne kraft lar sig uttrykke ved formelen

$$P = \frac{32 \cdot E \cdot I \cdot n}{l^3} \Delta y$$

hvor  $E$  = elastisitetmodulen  
 $I$  = treghetsmomentet for et blad  
 $l$  = fjærens lengde  
 $n$  = antall fjærlag  
 $y$  = fjærens nedbøining.

### 2. Gummimens reaksjonskraft mot synkningen.

Lengden av den flate som kommer i berøring med veien under en bestemt synkning  $\Delta y$  blir: (Fig. 1.)

$$\begin{aligned} 2x &= 2\sqrt{r^2 - y^2} = 2\sqrt{r^2 - (r - \Delta y)^2} = \\ &= 2\sqrt{2r\Delta y - \Delta y^2} = 2\sqrt{D\Delta y} \end{aligned}$$

idet  $\Delta y^2$  ved de praktisk forekommende synkninger blir meget liten i forhold til  $D\Delta y$ .

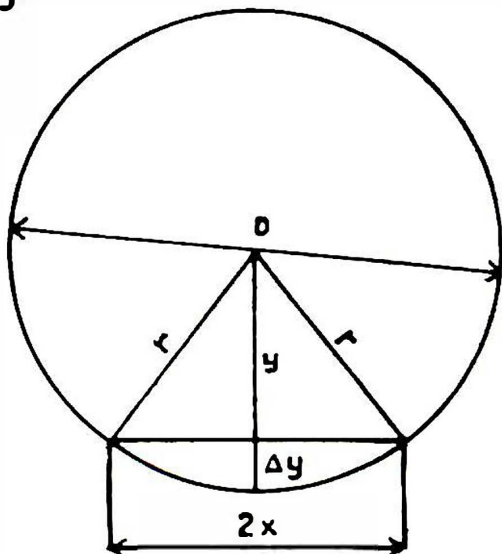
Er gummimens seksjonsbredde  $d$  så fåes for bredden av berøringsflaten mellom veien og gummien den samme formel som for lengden når man ombytter  $D$  med  $d$ . Bredden blir da:

$$2x_1 = 2\sqrt{d\Delta y}$$



For nye dekker ser det ut som om berøringsflaten nærmest blir en ellipse, mens den for mere slitte dekker nærmer sig et rektangel.

Fig.1



For ikke altfor nedslitte dekker kan altså størrelsen av berøringsflaten settes til

$$F = \pi \sqrt{D \Delta y} \sqrt{d \Delta y} = \pi \sqrt{Dd} \cdot \Delta y$$

Det sier sig selv at formelen bare har gyldighet så lenge dekket er i berøring med veien. Hever dekket sig fra veien må dette ledd gå ut av betraktningen.

Gummis reaksjonskraft blir

$$P = Fp = \pi \sqrt{Dd} \cdot p \Delta y$$

$p = \text{ringens lufttrykk i kg/cm}^2$

3. Treghtetskreftene.

Disse virker overalt på hver liten del av akslingssystemet. Deres størrelse er  $\mu dm$  hvor  $\mu$  er massepartikkelens akselerasjon og  $dm$  dens masse. Hjulets masse betraktes som konsentrert i hjulets centrum og akslingens masse som jevnt fordelt over hele akslingens lengde.

For hjulene blir treghtetskreftene  $P_{\text{hjul}} = \frac{G}{g} \mu$  og

for akslingen  $P_a = \int_0^l dm \mu$ .

$G = \text{et hjuls vekt.}$   
 $g = 9,82 \text{ m/sek}^2.$

4. Friksjons eller dempningskrefter.

Det forutsettes at disse krefter er proporsjonale med hastigheten  $v$ . Altså

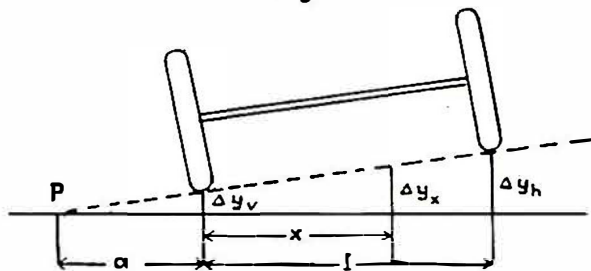
$$P = fv$$

hvor  $f$  er en koeffisient.

Opstilling av bevegelsesligningen.

Fig. 2 viser et akslingssystem som av en eller annen grunn er kommet ut av sin likevektsstilling. Venstre hjuls heving eller senkning betegnes med  $\Delta y_v$  og høire hjuls heving eller senkning med  $\Delta y_h$ .

Fig.2



Forutsetter man nu at akslingen er så stiv at dens bøining kan settes ut av betraktning så får man:

$$\frac{a}{\Delta y_v} = \frac{a+l}{\Delta y_h}; \quad \Delta y_h = \frac{a+l}{a} \Delta y_v$$

Hevningen eller senkningen for et vilkårlig valgt akslingspunkt blir

$$\Delta y_x = \frac{a+x}{a} \Delta y_v$$

Er akslingens vekt pr. lengdeenhet  $q$  så fåes:

$$\int_0^l dm \mu = \int_0^l \frac{q}{g} dx \mu = \int_0^l \frac{q}{g} \frac{d^2 \Delta y_x}{dt^2} dx$$

Man har nu uttrykk for de krefter som virker på akslingssystemet og ved å anvende det d'allambertske prinsipp fåes bevegelsesligningen

$$\left( \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} + \frac{d^2 \Delta y_h}{dt^2} \right) \frac{G}{g} + \int_0^l \frac{q}{g} \frac{d^2 \Delta y_x}{dt^2} dx + \left( \pi p \sqrt{Dd} + \frac{32 EI}{l^3} \right) (\Delta y_v + \Delta y_h) + \left( \frac{\Delta dy_v}{dt} + \frac{\Delta dy_h}{dt} \right) f = 0$$

Nu er

$$\Delta y_h = \frac{a+l}{a} \Delta y_v$$

og  $\frac{d \Delta y_h}{dt} = \frac{a+l}{a} \frac{d \Delta y_v}{dt}$  og  $\frac{d^2 \Delta y_h}{dt^2} = \frac{a+l}{a} \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2}$

Videre fåes på samme måte

$$\frac{d^2 \Delta y_x}{dt^2} = \frac{a+x}{a} \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2}$$

Innsettes dette fåes

$$\frac{G}{g} \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \left(1 + \frac{a+l}{a}\right) + \frac{q}{g} \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \left(l + \frac{l^2}{2a}\right) + \Delta y_v \left(\pi p \sqrt{Dd} + \frac{32 E I n}{l^3}\right) \left(1 + \frac{a+l}{a}\right) + \frac{d \Delta y_v}{dt} f \left(1 + \frac{a+l}{a}\right) = 0$$

Divideres denne ligning med  $1 + \frac{a+l}{a}$  fåes:

$$\frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \left(\frac{G}{g} + \frac{q l}{2g}\right) + \Delta y_v \left(\pi p \sqrt{Dd} + \frac{32 E I n}{l^3}\right) + \frac{d \Delta y_v}{dt} f = 0$$

Settes

$$\frac{G}{g} + \frac{q l}{2g} = C \quad \text{og} \quad \pi p \sqrt{Dd} + \frac{32 E I n}{l^3} = a$$

så fåes:

$$C \frac{d^2 \Delta y}{dt^2} + a \Delta y + f \frac{d \Delta y}{dt} = 0$$

Denne differensialligning løses ved å sette

$$y = e^{\sigma t} \quad e = 2,718 \dots$$

Man får da ved å innføre i differensialligningen følgende ligning til bestemmelse av  $\sigma$ ;

$$\sigma^2 c + a + f \sigma = 0$$

hvis løsning er

$$\sigma_{1,2} = -\frac{f}{2c} \pm \sqrt{\frac{f^2}{4c^2} - \frac{a}{c}}$$

Den fullstendige løsning av differensialligningen blir da

$$\Delta y = A_1 e^{\sigma_1 t} + A_2 e^{\sigma_2 t}$$

$$\Delta y = e^{-\frac{f}{2\left(M + \frac{m}{2}\right)} t} \cdot a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\frac{1}{l^3} 32 E J n + p \pi \sqrt{Dd}}{\left(M + \frac{m}{2}\right)} - \frac{f^2}{4\left(M + \frac{m}{2}\right)^2}} \right)$$

Denne ligning bestemmer en periodisk bevegelse med svingetid.

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\frac{1}{l^3} 32 E J n + p \pi \sqrt{Dd}}{M + \frac{m}{2}} - \frac{f^2}{4\left(M + \frac{m}{2}\right)^2}}}$$

Betingelsen for at der i det hele tatt skal opstå svingninger og ikke en aperiodisk bevegelse er at det første ledd i kvadratrotten er mindre enn det annet ledd, altså at kvadratrotens verdi er en kompleks størrelse. Man setter altså for å kunne regne videre:

$$\sqrt{\frac{4c^2}{f} - \frac{a}{c}} = i \tau \quad i = \sqrt{-1}$$

altså

$$\sigma_1 = \rho + i \tau; \quad \sigma_2 = \rho - i \tau; \quad \rho = -\frac{f}{2c}$$

man får da

$$\Delta y = e^{\rho t} (A_1 e^{i \tau t} + A_2 e^{-i \tau t})$$

Nu lar  $e^{i \tau t}$  og  $e^{-i \tau t}$  sig uttrykke ved følgende ligninger

$$e^{i \tau t} = \cos \tau t + i \sin \tau t$$

$$e^{-i \tau t} = \cos \tau t - i \sin \tau t$$

Nu fåes

$$\Delta y = e^{\rho t} [(A_1 + A_2) \cos \tau t + (A_1 - A_2) i \sin \tau t]$$

For å få løsningen i reell form forutsettes at størrelsene  $A_1$  og  $A_2$  som er helt vilkårlige er konjugert kompleks. Altså setter man:

$$A_1 = \frac{1}{2} (a_1 - a_2 i) \quad \text{og} \quad A_2 = \frac{1}{2} (a_1 + a_2 i)$$

Ved å innsette fåes

$$\Delta y = e^{\rho t} [a_1 \cos(\tau t) + a_2 \sin(\tau t)]$$

$a_1$  og  $a_2$  bestemmes av randbetingelsene. Den ene av disse er at på tidspunktet  $t = 0$  er  $\Delta y = 0$ , idet målingen av  $\Delta y$  da begynner. Dette gir  $a_1 = 0$ . Tilbake blir da

$$\Delta y = e^{\rho t} a_2 \sin(\tau t)$$

$a_2$  er avhengig av impulsens størrelse.

Innsettes for  $\rho$  og  $\tau$  fåes

For en bestemt bil kan alle konstanter med undtagelse av  $f$  måles og  $T$  beregnes.

\*

Med hensyn til dempningskonstanten  $f$ 's størrelse så er det vel uten ved noiaktige målinger ikke mulig å bestemme dens verdi. Er  $f = 0$  blir alle svingninger like store og vil, da ingen friksjon eller dempning er til stede aldri opphøre.



Er  $f$  så stor at nevneren i uttrykket for svingetiden blir 0, blir svingetiden uendelig stor, d. vs. der oppstår ingen svingninger, men en aperiodisk bevegelse.

Nu vet man jo at svingninger oppstår, og  $f$  må da ligge mellom grensene

$$0 \text{ og } 2\sqrt{\left(\frac{32}{f^3} EJn + p\pi\sqrt{Dd}\right)\left(M + \frac{m}{2}\right)}$$

Forutsetter man at  $f$  ikke er altfor stor, så over den liten innflytelse på svingetiden. Amplitudenes størrelse er derimot fullstendig avhengig av  $f$ .

Setter man rent følelsesmessig forholdet mellom  $\Delta y$  til på hinannen følgende amplituder til f. eks. 3 til 2 så fåes:

$$\frac{\Delta y_n}{\Delta y_{n+1}} = \frac{3}{2} = e^{-\frac{2}{T}}$$

$T$  beregnes først uten hensyn til dempningsleddet og man kan da beregne  $f$ .

Jeg vil nu beregne svingetiden for noen biltyper av de mest forekommende størrelser. Jeg gjør oppmerksom på at det ikke har vært mulig å få nøyaktige opgaver over vektene, men disse er satt efter beste skjønn.

*2½ tonn lastebil.*

Gummi  $34 \times 7$  lufttrykk  $6,5 \text{ kg/cm}^2$ , hjulvekt 80 kg, akslingens vekt 100 kg, hjultrykk 1500 kg. Fjærens lengde 120 cm, bredde  $2\frac{1}{2}$ ", tykkelse  $\frac{3}{8}$ " og antall fjærblad 12.

$$D = 34 \cdot 2,54 = 86 \text{ cm} \quad d = 7 \cdot 2,54 = 18 \text{ cm}$$

$$p\pi\sqrt{Dd} = 6,5 \cdot 3,14 \sqrt{86 \cdot 18} = 805$$

Fjærens treghetsmoment blir

$$I \cdot n = \frac{6,35 \cdot 21 \cdot 0,96^3}{12} = 5,6 \text{ cm}^4$$

med  $E = 2\,200\,000$  fåes

$$\frac{32 EJn}{l^2} = \frac{32 \cdot 2\,200\,000 \cdot 5,6}{120^3} = \sim 230$$

Man får da uten hensyn til dempningsleddet:

$$T = \frac{6,28}{\sqrt{\frac{805 + 230}{80 + \frac{100}{2}}}} \cdot 982 = \underline{0,071 \text{ sek.}}$$

Vil man nu prøve den ovenfor nevnte metode<sup>1)</sup> til bestemmelse av dempningskonstanten  $f$ 's verdi så fåes:

<sup>1)</sup> Efter denne metode måtte antagelig  $f$  kunne bestemmes ved direkte målinger.

$$1,5 = e^{-\frac{2}{T}} = \frac{1}{e^{\frac{2}{T}}}$$

som logaritmert gir

$$\ln 1,5 + \frac{2}{T} = 0; \quad 0,41 - \frac{f}{2c} \cdot \frac{0,071}{2} = 0$$

$$f = \frac{0,41 \cdot 4 \cdot \frac{130}{980}}{0,071} = \sim 3$$

Det annet uttrykk under kvadratrotten i formelen for  $T$  blir da:

$$\frac{f^2}{4\left(M + \frac{m}{2}\right)^2} = \frac{3^2}{4\left(\frac{130}{982}\right)^2} = \underline{131}$$

Det vil herav sees at  $f$  innenfor temmelig vide grenser har liten innflytelse på svingetiden.

Dette var for bakakslingen. For forakslingen fåes med følgende data:

Gummi  $6,00 - 20$  hjulvekt 45 kg, akslingsvekt 60 kg. Trykk i ringene  $3,25 \text{ kg/cm}^2$ . Fjærens lengde er 90 cm, bredde 6,35 cm. Tykkelse 0,8 cm og antall lag 8.

$$D = 32 \cdot 2,54 = 81 \text{ cm.} \quad d = 6 \cdot 2,54 = 15 \text{ cm.}$$

$$p \cdot \pi \sqrt{Dd} = 3,25 \cdot 3,14 \sqrt{81 \cdot 15} = 355$$

$$In = \frac{8 \cdot 6,35 \cdot 0,8^3}{12} = 2,16 \text{ cm}^4; \quad \frac{32 EJn}{l^3} = 208$$

$$T = \frac{6,28}{\sqrt{\frac{208 + 410}{45 + 30}} \cdot 982} = \underline{0,070 \text{ sek.}}$$

Lastebiler med disse dimensjoner er meget almindelige og det kan vel antas at minst 50 % av de lastebiler som trafikerer våre veier vil utvise svingetider som ligger nær op til de her beregnede.

Med en hastighet av 30 km pr. time blir da lengden mellom riffene

$$l = \frac{30\,000 \cdot 0,071}{3600} = \underline{0,59 \text{ m}}$$

og med en hastighet av 50 km pr. time

$$l = \frac{50\,000 \cdot 0,071}{3600} = \underline{0,99 \text{ m}}$$

Nedenfor er anført svingetidene for noen andre størrelser av lastebiler.

*3 tonn lastebil.*

Bakaksel: Gummi  $36 \times 8$ , lufttrykk  $7,75 \text{ kg/cm}^2$ . Hjulvekt 95 kg. Akslingsvekt 125 kg. Fjærer  $l = 140 \text{ cm}$ . Bredde  $3''$ ,  $8,9 \text{ cm}$ , tykkelse  $\frac{7}{16}'' = 1,1 \text{ cm}$ . 12 lag.

$$T = \underline{0,069 \text{ sek.}}$$

Foraksling:

Gummi  $32 \times 6$  lufttrykk  $5.75 \text{ kg/cm}^2$ . Hjulvekt  $65 \text{ kg}$ , akslingsvekt  $70 \text{ kg}$ . Fjærer:  $l = 90 \text{ cm}$ . Bredde  $2''$  tykkelse  $\frac{5}{16}''$ .

$$T = \underline{0,068 \text{ sek.}}$$

$1\frac{1}{2}$  tonn lastebil.

Bakaksling: Gummi  $32 \times 6$ , lufttrykk  $5,75 \text{ kg/cm}^2$ . Akslingsvekt  $100 \text{ kg}$ . Hjulvekt  $60 \text{ kg}$ . Fjærenes lengde  $110 \text{ cm}$ . Bredde  $6,35 \text{ cm}$ . Tykkelse  $0,8 \text{ cm}$ .

$$T = \underline{0,074 \text{ sek.}}$$

Foraksling: Gummi  $6,00 - 20$  lufttrykk  $3,25 \text{ kg/cm}^2$ , hjulvekt  $40 \text{ kg}$ . Akslingsvekt  $50 \text{ kg}$ . Fjærens lengde  $90 \text{ cm}$ . Bredde  $4,45 \text{ cm}$  og tykkelse  $0,63 \text{ cm}$ .

$$T = \underline{0,078 \text{ sek.}}$$

$1$  tonn lastebil.

Bakaksling: Gummi  $7,00 = 20$  lufttrykk  $3,85 \text{ kg/cm}^2$ , hjulvekt  $55 \text{ kg}$ . Akslingsvekt  $80 \text{ kg}$ . Fjærer:  $l = 120 \text{ cm}$ , bredde  $2\frac{1}{2}''$ , tykkelse  $\frac{3}{8}''$ .  $9$  lag.

$$T = \underline{0,079 \text{ sek.}}$$

Foraksling: Gummi  $6,00 - 20$  lufttrykk  $3,25 \text{ kg/cm}^2$ . Fjærer  $90 \text{ cm}$  lange, bredde  $2\frac{1}{2}''$ , tykkelse  $\frac{5}{16}''$ .  $6$  lag.

$$T = \underline{0,073 \text{ sek.}}$$

For personbiler av de mest forekommende størrelser fåes:

Bakaksling: Gummi  $5,50 - 19$  på alle fire hjul, lufttrykk  $2,25 \text{ kg/cm}^2$ , fjærens lengde  $130 \text{ cm}$ , bredde  $4,5 \text{ cm}$ ,  $6,3 \text{ mm}$  tykke.  $9$  lag. Hjulvekt  $35 \text{ kg}$ , akslingsvekt  $70 \text{ kg}$ .

$$T = \underline{0,105 \text{ sek.}}$$

Foraksling: Lufttrykk  $2,1 \text{ kg/cm}^2$ . Fjærenes lengde  $80 \text{ cm}$  ellers som for bakaksling men med  $6$  lag. Hjulvekt som for bakaksling og akslingsvekt  $45 \text{ kg}$ .

$$T = \underline{0,086 \text{ sek.}}$$

For en buss med  $21$  sitteplasser fåes:

Bakaksling: Gummi  $9,00 - 18$  lufttrykk  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ . Hjulvekt  $85 \text{ kg}$ , akslingsvekt  $120 \text{ kg}$ . Fjærens lengde  $160 \text{ cm}$ . Bredde  $6,35 \text{ cm}$ . Tykkelse  $0,78 \text{ cm}$ .

$$T = \underline{0,091 \text{ sek.}}$$

Forakslingen: Gummi  $7,5 - 200$  lufttrykk  $3,85 \text{ kg/cm}^2$ . Hjulvekt  $60 \text{ kg}$ , akslingsvekt  $80 \text{ kg}$ . Fjærens lengde  $90 \text{ cm}$ . Bredde  $6,35 \text{ cm}$ . Tykkelse  $0,63 \text{ cm}$ .

$$T = \underline{0,080 \text{ sek.}}$$

De beregnede svingetider synes å bekrefte antagelsen om at de forskjellige bilers akslingssystemer har omtrent samme egensvingninger. For lastebiler som vel er de biler som forårsaker den største deformering av veidekket er som det sees forskjellen på svingetidene ganske liten. Regningen bekrefter altså at årsaken til den hurtige opståen av rifledannelsen skyldes resonansvirkninger mellom rifledannelsen og akslingssystemene.

Det er klart at under svingningene varierer hjultrykkene sterkt. Tar man for sig den  $2\frac{1}{2}$  tonn bli med svingetid som beregnet og regner ut svingningenes størrelse etter den angivne formel så får man et bilde av hjultrykkets variasjon idet jo dette er direkte proporsjonal med utslagernes størrelse.

Forutsettes at bilhullet kjører over en ujevnhet i veien som gir hjulet et så stort slag at det hever sig så meget at det bare såvidt berører veien (hjultrykket er da  $= 0$ ) så er med et hjultrykk av  $1500 \text{ kg}$

$$\Delta y = \frac{1500}{805} = 1,86 \text{ cm}$$

Til bestemmelse av  $a_2$  har man da følgende randbetingelse.

$$\Delta y = 1,86 \text{ cm}; t = \frac{T}{4} = \frac{0,072}{4} = 0,018 \text{ sek.}$$

altså

$$1,86 = e^{0,018} \cdot a_2 \sin \frac{\pi}{2}$$

$$e = -\frac{f}{2c} = -\frac{3}{2 \cdot \frac{130}{982}} = -11,3$$

$$a_2 = 1,86 \cdot e^{11,3} \cdot 0,018 = 2,28$$

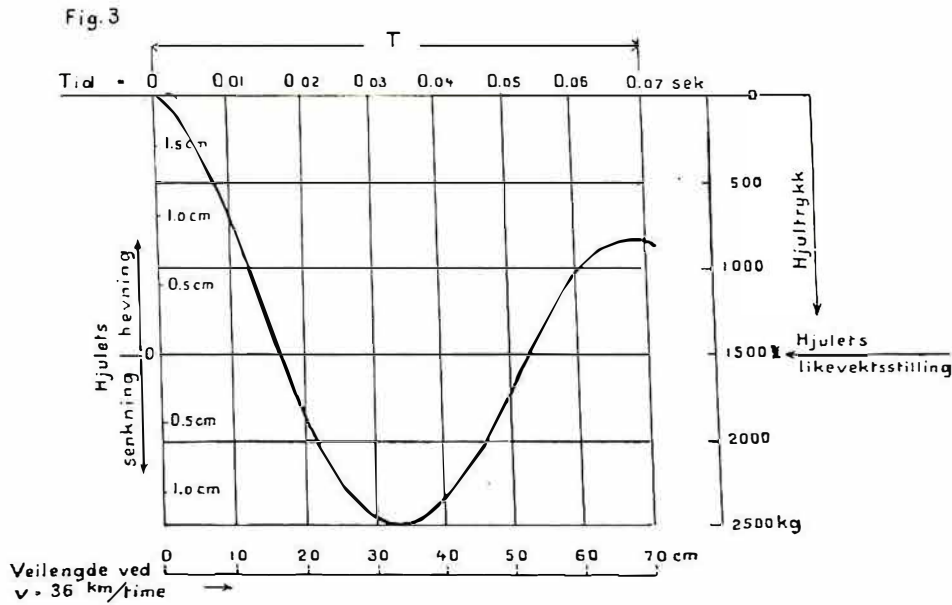
$$\Delta y = 2,28 e^{-11,3t} \cdot \sin t \cdot 86,8$$

Regner man nu ut  $\Delta y$  for et intervall lik  $\frac{1}{10}$  av svingetiden d. v. s. for  $360/10 = 36$  grader så fåes følgende tabell:

Vinkel	t	11,3 t	$e^{11,3 t}$	sin	$\Delta y$
90	0,018	0,204	1,227	1,00	1,86
126	0,0252	0,285	1,330	0,809	1,38
162	0,0324	0,366	1,443	0,309	0,49
198	0,0396	0,447	1,565	0,309	0,45
234	0,0468	0,528	1,697	0,809	1,09
270	0,0540	0,610	1,841	1,00	1,24
306	0,0612	0,691	1,996	0,809	0,92
342	0,0684	0,772	2,165	0,309	0,33
18	0,0756	0,853	2,348	0,309	0,30
54	0,0828	0,935	2,547	0,809	0,72

Verdiene i tabellen er satt op i fig. 3. Da hjultrykket ifølge formelen  $P = \pi \sqrt{Dd} p \cdot \Delta y$  er proporsjonal med  $\Delta y$  så gir også kurven et direkte bilde





av hjultrykkets variasjon. Målestokken bestemmes av de gjorte forutsetninger at når  $\Delta y = 0$  er hjultrykket = 1500 kg og ved svingningens begynnelse = 0. Som det sees varierer hjultrykket som for rolig kjøring beløper sig til 1500 kg i løpet av ca. 0,035 sek., det vil igjen si med en fart av 36 km/time, på en strekning av 35 cm fra 0 til 2500 kg. Det fremgår herav at der skal et meget kraftig veidekke til for å kunne utholde slike variasjoner i belastningen uten å deformeres varig.

*Boggisystemers svingninger.*

Det forutsettes at konstruksjonen av boggien er sådan utført at vedstående systemskisse, fig. 4 kan legges til grunn for beregningene. Denne forutsetning holder også stikk for sådanne systemer som er forsynt med to fjærer som er dreibare i punkt a, og b. Fig. 5.

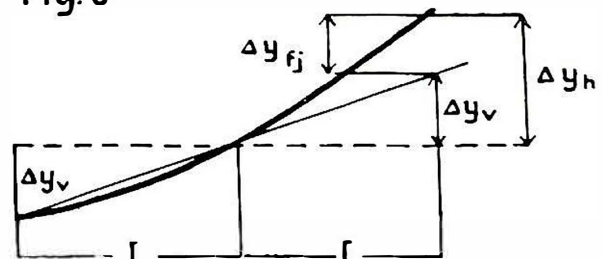
Betrakter man nu hvert hjul for sig så virker her akkurat de samme krefter som for et system med bare et hjul og man kan stille op en bevægelsesligning for hvert hjul. Imidlertid er hjulenes bevegelser på

grunn av den felles fjær og det faste punkt som fjæren dreier sig om til en viss grad avhengig av hinannen.

Betegner  $\Delta y_v$  synkningen eller hevingen av venstre hjul og  $\Delta y_h$  det samme for høire hjul (forreste og bakerste hjul) så er ikke som før hele  $\Delta y_h$  også nedbøiningen av fjæren. Denne er bare en del av  $\Delta y_h$ .

Betegner den strekete linje (fig. 6) fjærens statiske likevektsstilling så bevirker en heving av høire hjul

Fig. 6



under den forutsetning at systemets felles fjær har et uendelig stort treghetsmoment en like stor synkning av venstre hjul. Nu er imidlertid ikke fjæren fullstendig stiv og gir som følge herav etter et stykke  $\Delta y_{fj}$  uten at derved  $\Delta y_v$  forøkes. Det fremgår da av fig. 6 at den synkning som bevirker fjærens spenning blir

$$\Delta y_{fj} = \Delta y_h (-\Delta y_v) = \Delta y_h + \Delta y_v$$

For en fjær som er oplagret på denne måte blir fjærkraften

$$P = \frac{E I n}{l^3} \Delta y_{fj}$$

Nu blir den reaksjonskraft som fjæren yder under bevegelsen

$$P = \frac{E I n}{l^3} (\Delta y_h + \Delta y_v)$$

Fig. 4

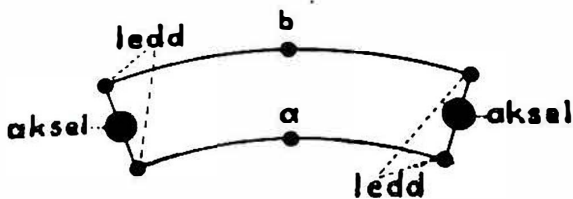
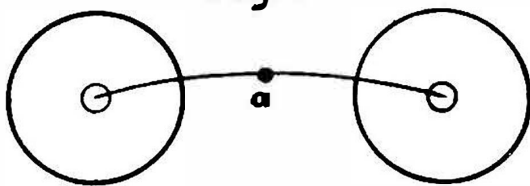


Fig. 5

Nu kan der opstilles følgende bevægelsesligninger:

For venstre hjul

$$C \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} + \left( p \pi \sqrt{Dd} + \frac{E I n}{f^3} \right) \Delta y_v + \frac{E I n}{f^3} \Delta y_h + \frac{d \Delta y_v}{dt} f = 0$$

For høire hjul

$$C \frac{d^2 \Delta y_h}{dt^2} + \left( p \pi \sqrt{Dd} + \frac{E I n}{f^3} \right) \Delta y_h + \frac{E I n}{f^3} \Delta y_v + \frac{d \Delta y_h}{dt} f = 0$$

Med  $p \pi \sqrt{Dd} + \frac{E I n}{f^3} = \alpha$  og  $\frac{E I n}{f^3} = \beta$  fåes

$$1) C \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} + \alpha \Delta y_v + \beta \Delta y_h + \frac{d \Delta y_v}{dt} f = 0$$

$$2) C \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} + \alpha \Delta y_h + \beta \Delta y_v + \frac{d \Delta y_h}{dt} f = 0$$

Løsningen av disse to simultane differensialligninger gir da et uttrykk for de bevegelser som oppstår i form av to ligninger med  $t$  som parameter.

Multipliseres ligning 1 med  $\alpha$  og ligning 2 med  $\beta$  og subtraherer man de to ligninger så elimineres  $\Delta y_h$ .

Man får

$$3) \left( \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \alpha - \frac{d^2 \Delta y_h}{dt^2} \beta \right) c + (\alpha^2 - \beta^2) \Delta y_v + \left( \frac{d \Delta y_h}{dt} \alpha - \frac{d \Delta y_v}{dt} \beta \right) f = 0$$

For nu å eliminere  $\frac{d \Delta y_v}{dt}$  differensieres ligning 1.

Man får:

$$c \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} + \alpha \frac{d \Delta y_v}{dt} + \beta \frac{d \Delta y_h}{dt} + \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} f = 0$$

Herav fåes:

$$-\beta \cdot \frac{d \Delta y_h}{dt} = c \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} + \alpha \frac{d \Delta y_v}{dt} + \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} f$$

som innsatt i 3. gir.

$$\Delta y_v = e^{-\frac{f}{2c}t} \left[ a_1 \cos \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) + a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) + a_3 \cos \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) + a_4 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) \right]$$

$$4) \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \left( \alpha c + f^2 \right) - \frac{d^2 \Delta y_h}{dt^2} \beta c + (\alpha^2 - \beta^2) \Delta y_v + 2 \alpha f \frac{d \Delta y_v}{dt} + C \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} f = 0$$

Ved å differensiere ligning 1, to ganger fåes:

$$c \frac{d^4 \Delta y_v}{dt^4} + \alpha \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} + \beta \frac{d^3 \Delta y_h}{dt^3} + \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} f = 0$$

og herav

$$-\beta \frac{d^3 \Delta y_h}{dt^3} = c \frac{d^4 \Delta y_v}{dt^4} + \alpha \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} + \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} f = 0$$

Dette uttrykk innsatt i ligning 4 gir

$$C^2 \frac{d^4 \Delta y_v}{dt^4} + 2 f c \frac{d^3 \Delta y_v}{dt^3} + \frac{d^2 \Delta y_v}{dt^2} \left( 2 \alpha c + f^2 \right) + \frac{d \Delta y_v}{dt} 2 \alpha f + (\alpha^2 - \beta^2) \Delta y_v = 0$$

Denne ligning løses ved å sette

$$\Delta y_v = e^{\sigma t} \quad e = 2,718, \dots$$

Man får da til bestemmelse av  $\sigma$  følgende ligning:

$$c^2 \sigma^4 + 2 f c \sigma^3 + (2 \alpha c + f^2) \sigma^2 + 2 f \alpha \sigma + \alpha^2 - \beta^2 = 0$$

Betegner  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \sigma_4$  ligningens røtter så er

$$\Delta y_v = A_1 e^{\sigma_1 t} + A_2 e^{\sigma_2 t} + A_3 e^{\sigma_3 t} + A_4 e^{\sigma_4 t}$$

den fullstendige løsning av differensialligningen.

For det annet hjul fåes ved å innsette i ligning 1

$$\Delta y_h = A_1 e^{\sigma_1 t} + A_2 e^{\sigma_2 t} - A_3 e^{\sigma_3 t} - A_4 e^{\sigma_4 t}$$

Løsningen av ligningen til bestemmelse av  $\sigma$  leverer følgende røtter:

$$\sigma_{1,2} = -\frac{f}{2c} \pm \sqrt{\frac{f^2}{4c^2} - \frac{\alpha + \beta}{c}}$$

$$\sigma_{3,4} = -\frac{f}{2c} \pm \sqrt{\frac{f^2}{4c^2} - \frac{\alpha - \beta}{c}}$$

Anvendes den samme fremgangsmåte som for en almindelig aksling så får løsningen av de to differensialligninger følgende form:



$$\Delta y = e^{-\frac{f}{2c}t} \left[ a_1 \cos \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) + a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) - a_3 \cos \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) - a_4 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) \right]$$

Begynner man med tidsmålingen fra det tidspunkt da et av hjulene begynner å svinge så er for  $t = 0$ .

$$\Delta y_h = 0 = \Delta y_v$$

Av denne betingelse får man  $a_1 = a_3 = 0$ .

Hermed antar løsningene følgende form:

$$\Delta y_v = e^{-\frac{f}{2c}t} \left[ a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) + a_4 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) \right]$$

$$\Delta y_h = e^{-\frac{f}{2c}t} \left[ a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) - a_4 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) \right]$$

Av disse ligninger fremgår det at et boggsystems aksler svinger med en svingning som består av to overlagrede svingninger. Nemlig en med svingetid

$$T_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}}}$$

og en med svingetid

$$T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}}}$$

Det avhenger nu fullstendig av impulsenes art og størrelse hvilken av de to svingninger som blir de mest fremtredende.

Av ligningene kan man direkte avlese følgende:

Er impulsene sådan rettet at begge hjul samtidig får en like stor heving så fåes ved å summere uttrykkene for  $\Delta y_v$  og  $\Delta y_h$ :

$$\Delta y_h = \Delta y_v = e^{-\frac{f}{2c}t} a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha + \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right)$$

innsettes for  $\alpha$  og  $\beta$  fåes

$$\Delta y_h = e^{-\frac{f}{2c}t} a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{p\pi \sqrt{Dd} + \frac{2EJn}{l^3}}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right)$$

Da  $\frac{2EJn}{l^3}$  er den kraft som får en fjær av lengden  $l$ , og som er fast innspent i den ene ende, til å bøie sig om en lengdeenhet så følger at denne svingning er identisk med den svingning som opstår i et akslingssystem som vist i fig. 7.

Er impulsen sådan rettet at samtidig  $\Delta y_v = \Delta y_h$  så fåes ved å subtrahere de to ligninger

$$\Delta y_h = -\Delta y_v = e^{-\frac{f}{2c}t} a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{\alpha - \beta}{c} - \frac{f^2}{4c^2}} \right) = e^{-\frac{f}{2c}t} a_2 \sin \left( t \sqrt{\frac{p\pi \sqrt{Dd}}{c}} \right)$$

Det fremgår herav at fjærens virkning nu er helt forsvunnet og den fjærende kraft som holder svingningene vedlike leveres bare av gummien. Hvert hjul svinger som om det ikke skulde ha forbindelse med det annet.

I det første tilfelle kan man si at svingningene for forreste og bakerste hjul er i fase med hverandre, mens de i annet tilfelle er forskjøvet 180 grader.

For Rogaland veivesens Tornycroft lastebil får man: (vekten av hjul og akslinger er skjønnsmessig ansatt).

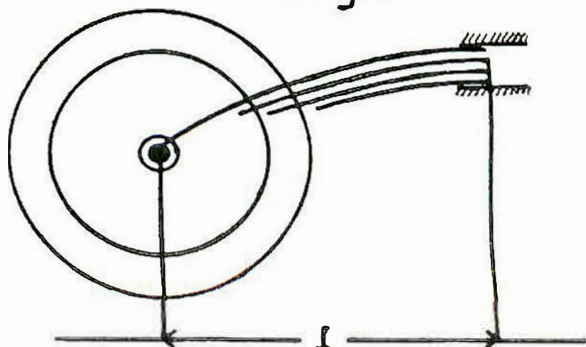
Gummi  $36 \times 7$ , lufttrykk  $6,5 \text{ kg/cm}^2$ , hjulvekt  $100 \text{ kg}$ , akslingsvekt  $250 \text{ kg}$  (for hver aksling). Fjærer  $2 \text{ l} = 122 \text{ cm}$ , bredde  $2\frac{1}{2}''$ , tykkelse  $\frac{3}{8}''$ , 16 fjærlag.

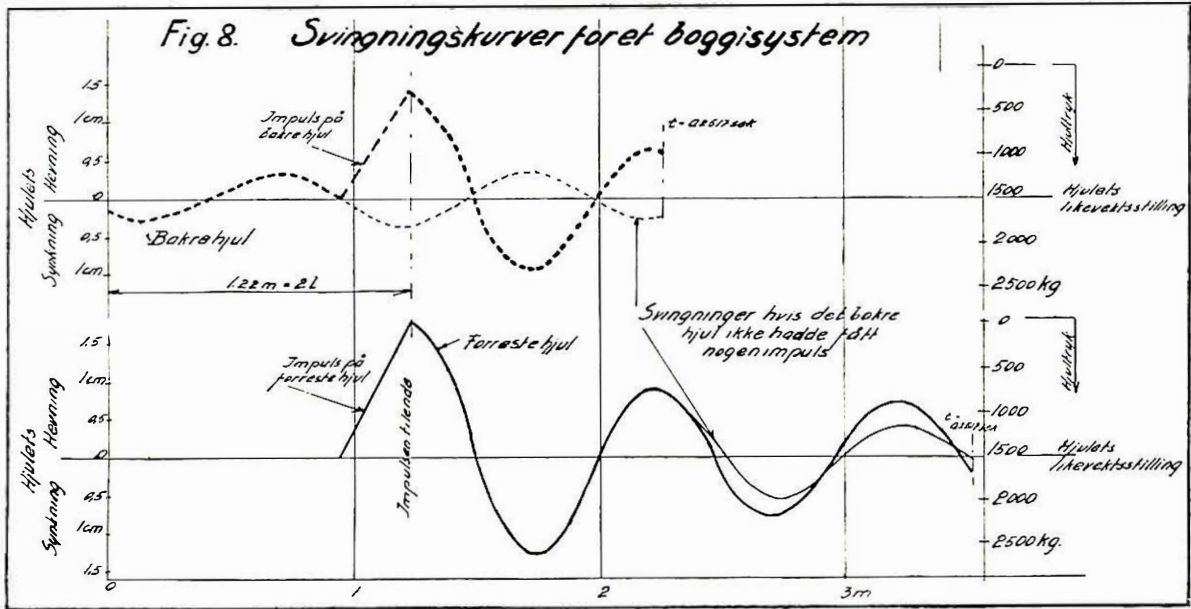
$$T_1 = 0,095 \text{ sek. og } T_2 = 0,102 \text{ sek.}$$

Dempning er ikke medregnet.

For å få et billede av svingningen og hjultrykkets variasjon i et bestemt tilfelle er disse optegnet grafisk

Fig. 7





i likhet med hvad som blev gjort for et almindelig akslingsystem. Herunder er der gjort følgende forutsetninger: Det antas at en bil med boggsystem (Tornycroft) kjører på jevn vei uten rifledannelser. Med en fart av 36 km pr. time kjører forreste hjul og umiddelbart derefter bakerste hjul over en ujevnhet i veidekket som får forreste hjul til å løfte sig så meget at hjultrykket nettop blir 0. Hjultrykk 1500 kg.

Tidsforskjellen mellom impulsene for forreste og bakre hjul blir

$$A_7 = \frac{1,22}{10} = 0,122 \text{ sek.}$$

Setter man for  $f$  den samme verdi som blev brukt for en almindelig lastebil ( $f = 3$ ) så blir uttrykket

$$-\frac{f}{2c} = -\frac{3 \cdot 982}{2 \cdot 225} = -6,55$$

Forutsettes det nu at impulsen ikke har vært altfor hastig (kvass)<sup>1)</sup> så at det høire hjul har fått tid til å synke så meget som svarer til fjærkraften så fåes til bestemmelse av  $\Delta y_h$  i det øieblikk  $\Delta y_v = 1,79 \text{ cm}$

$$-P = -\pi p \sqrt{Dd} \Delta y_h = \frac{E In}{l^3} (\Delta y_h + \Delta y_v)$$

herav fåes

$$\Delta y_h = -\frac{\frac{E In}{l^3} \Delta y_v}{\pi p \sqrt{Dd} - \frac{E In}{l^3}}$$

Nu er

$$\Delta y_v = \frac{1500}{\pi p \sqrt{Dd}} = \frac{1500}{3,14 \cdot 6,5 \sqrt{95 \cdot 18}} = 1,79 \text{ cm.}$$

Nu fåes

$$\Delta y_h = -0,17 \text{ cm.}$$

Settes tiden for impulsens ophør til fjerdedelen

av  $T_1$  fåes  $t = \frac{0,095}{4}$  Setter man disse verdier inn

i ligningene så kan konstantene  $a_2$  og  $a_4$  lett utregnes. Man får

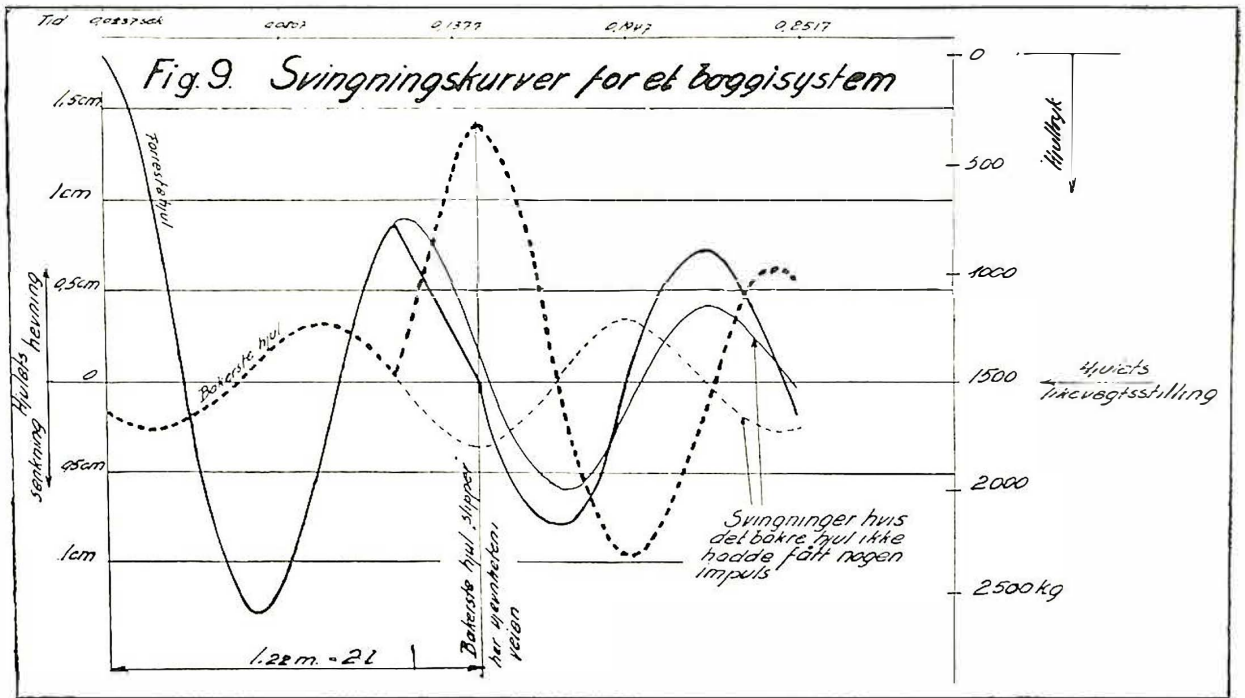
$$a_2 = 0,95 \text{ og } a_4 = 1,16.$$

Med disse verdier er nu svingningsforløpet punktvis beregnet og optegnet.

Kurvene for for- og bakhjul er i fig. 8 tegnet op således at de viser synkninger og hevnninger på samme sted av veien, mens de på fig. 9 er tegnet således at de viser hjulenes vertikale bevegelser på samme tidspunkt. Den strekede kurve er for bakhjulet, mens den optrukne er for forreste hjul. De kraftig optrukne kurver viser den resulterende bevegelse, mens de svakt optrukne er de svingninger som vilde opstått hvis det bakerste hjul ikke hadde fått noen impuls. Det fremgår av kurvene at de resulterende svingninger av forreste og bakerste hjul er helt i fase med hverandre og vil forårsake bølgedannelser. Derimot er de svingninger som blir påtvunget bakre hjul av impulsen på forhjulet helt ute av fase med de svingninger som opstår i det bakre hjul som følge av impulsen på bakhjulet. Dette mildner da støtet og derav kommer det at amplituden av bakhjulet umiddelbart efter impulsen på dette er mindre enn for forhjulet. Det omvendte er imidlertid tilfelle med forhjulet. Her er begge svingninger nesten i fase og en forøkelse av amplituden er følgen:

<sup>1)</sup> Dette er naturligvis helt vilkårlige randbetingelser.





Dette er naturligvis bare en måte hjulene kan tenkes å komme i svingninger på; men det må vel ansees for å være et almindelig tilfelle som ofte vil forekomme.

Efter dette ser det ut som om et boggisystem av denne konstruksjon ikke er stort bedre med hensyn til riflenes opståen enn et almindelig system. Det eneste måtte være at på grunn av de større vekter blir bølgelengden noe lengre, enn for et almindelig system. Imidlertid har dette den bakdel at den uavfjærende vekt fremkaller en større stigning i akseltrykket lunder svingningene. (Sammenlign fig. 8 og 9 med fig. 3.)

De foran utførte beregninger av akslingsystemers svingninger er ikke de eneste svingninger som kan tenkes å opstå.

Ligger punkt *P* (fig. 2) på eller i forlengelsen av akslingen opstår bare vertikale bevegelser (bare små bevegelser kommer i betraktning). Ligger imidlertid *P* et hvilket som helst annet sted opstår der også bevegelser i sideretningen: De krefter som betinger denne svingning er først og fremst fjærens sidestivhet; men også gummiens motstand mot forskyvning sidevis. En beregning av denne horisontale svingning kan prinsipielt gjøres på samme måte som for de vertikale svingninger. Da gummiens sidestivhet ikke uten videre kan uttrykkes i formler måtte man først foreta forsøk for å bringe denne på det rene.

Om disse svingninger har noen del i rifledannelsen er det nu ikke mulig å uttale sig om. Dette spørsmål måtte antagelig først belyses ved forsøk, men det er å anta at disse svingninger først gjør sig gjeldende ved større hastigheter da bilenes sideslingring antagelig vokser med denne.

Imidlertid er alle svingningsmuligheter ennå ikke nevnt. Det kan nemlig også tankes at hjulene kan svinge i bilens lengderetning. At en sådan svingning er mulig fremgår uten videre av akslingsystemenes konstruksjon.

Det må nok ansees som sikkert at det er de vertikale svingninger som er av avgjørende betydning for riflenes dannelse. For å bringe de andre svingningers virkning på det rene måtte man antagelig foreta omfattende forsøk.

*Veidekkets og undergrunnens innflytelse på bølgedannelsen.*

I de foretatte beregninger er der intet hensyn tatt til veidekkets og undergrunnens beskaffenhet, men stilltende forutsatt at underlaget er så fast at det kan betraktes som udeformerbart. Dette er kanskje tilnærmet tilfelle for betongdekker, mens det f. eks. for grusdekker må antas at deformasjonene vil ha innflytelse på svingningene og svingetiden. Det skulde ikke by på noen særlige vanskeligheter, såfremt veidekkets elastiske egenskaper er tilstrekkelig kjent, å ta veidekkets innflytelse med i svingningsligningene. Forutsetter man at deformasjonene er en funksjon av trykket i ringene og gummiens synkning altså  $f(p_1 \Delta y_g)$  så måtte man istedetfor leddet  $\alpha \Delta y$  i bevegelsesligningene sette

$$[\alpha \Delta y - f(p_1 \Delta y_g)]$$

Da der imidlertid mig bekjent ikke foreligger nok forsøk til bestemmelse av denne funksjon er det til liten nytte å ta disse forhold med i beregningene.

De samme betingelser som her er gjort for veidekket gjelder også for undergrunnens virkning på rifledannelsen.

Hvorledes den ovennevnte funksjon enn er bygd kan man si at jo mer elastisk veidekket og undergrunnen er jo større må svingetiden bli og jo mindre vil hjultrykkene variere. I en fjellskjæring hvor det hele slag av hjulet må optas av veidekket mens undergrunnen ikke gir det minste efter må det antas at der hvis forholdene ellers er like vil opstå rifledannelser hurtigere enn f. eks. i myrterreng. Imidlertid spiller her så mange forhold inn at der sikkert trenges omfattende forsøk for å komme til en klar forståelse av alle faktorens innflytelse på rifledannelsen.

De foran utførte beregninger tar nærmest sikte på å forklare riflenes opståen. Det en den hele tid stilltiende forutsatt at bilene kjørte på et dekke som var så jevnt som mulig. Jeg vil nu i ganske grove trekk forsøke å forfølge hjulenes bevegelse når der kjøres på en vei hvor der allerede er en bølgedannelse.

Akslingssystemene blir da påtvunget en svingning som svarer til farten og de eksisterende rifler. En sådan påtvunget svingning har alltid samme svingetid som den svingning som bringer systemet til å svinge, men i almindelighet opstår der en faseforskyvning.

Bevegelsesligningen for en påtvunget svingning lyder:

$$\frac{d^2 \Delta y}{dt^2} + \frac{a}{c} \Delta y + \frac{f}{c} \frac{d \Delta y}{dt} = R \sin t \sqrt{\xi}$$

Hvor  $\frac{2\pi}{\sqrt{\xi}}$  er svingetiden for de impulser som bringer akslingssystemene i svingninger.

På den fullstendige løsning av denne differensialligning er det ikke nødvendig å komme inn. Det er nok å betrakte det partikulære integral

$$\Delta y = D \sin (t \sqrt{\xi} - \gamma)$$

Innsettes denne løsning i differensialligningen så må, da denne må oppfylles identisk, koeffisientene for  $\sin (t \sqrt{\xi} - \gamma)$  og  $\cos (t \sqrt{\xi} - \gamma)$  være overensstemmende på begge sider av likhetstegnet. Av disse betingelser fåes

$$D \left( \frac{a}{c} - \xi \right) = R \cos \gamma$$

$$D \frac{f}{c} \sqrt{\xi} = R \sin \gamma$$

Av disse to ligninger fåes

$$D = \frac{R}{\sqrt{\left( \frac{a}{c} - \xi \right)^2 + \frac{f^2}{c^2} \xi}}; \quad \text{tg } \alpha = \frac{\frac{f}{c} \sqrt{\xi}}{\frac{a}{c} - \xi}$$

Som det sees er størrelsen av de svingninger som opstår direkte proporsjonal med  $D$ .  $D$  er igjen først og fremst avhengig av  $R$  som i sig innebærer virkningen av de forhåndenværende riflers størrelse.

Det fremgår av uttrykket for  $D$ , at resonnans inntreer når  $\frac{a}{c} = \xi$  det vil si når riflenes bølgelengde svarer til akslingssystemets egensvingninger. Efterat resonnanspunktet er nådd, avtar igjen  $D$  når  $\xi$  vokser, d. v. s. når bilens hastighet vokser. Hvis man altså kunde kjøre uendelig fort vilde der ikke opstå noen svingning eller støt. Dette forhold er det der gjøres bruk av når farten settes op, under kjøring på veier med rifledannelser.

Ser man på uttrykket for faseforskyvningen så ser man at denne er avhengig av  $\xi$ . Lar man  $\xi$  vokse fra 0 til uendelig varierer faseforskyvningen fra 0 til 180 grader. For resonnanspunktet er faseforskyvningen 90 grader.

Differensialligningen for den påtvunget svingning gjelder selvfølgelig bare sålenge hjulet ikke løfter sig fra veien. Hvis dette er tilfelle, følger den kraft som holder svingningene i gang ikke lenger den enkle formel  $R \sin t \sqrt{\xi}$ , men optrer i form av en rekke avbrutte støt. Denne ligning måtte vel da løses på grafisk måte idet en almindelig løsning vilde bli altfor komplisert.

For et boggisystem som kjører på veier med rifledannelser eksisterer der, da dette system har to svingetider også to resonnanspunkter. Imidlertid må, forat fullstendig resonnans kan opstå bølgelengden av rifledannelsen og boggisystemets akselavstand  $2l$  stå i et bestemt forhold til hverandre, nemlig

$$2l = n \frac{a}{2}$$

$a$  = riflenes bølgelengde.  
 $n$  = et helt tall.

Dette er betingelsen forat begge hjul enten samtidig passerer en bølgetopp eller samtidig en bølgedal og en bølgedal. Hvis dette geometriske forhold er tilstede og der kjøres med den rette hastighet inntreffer i begge tilfeller resonnans som for et almindelig akslingssystem.

Faseforskyvningen bevirker at hjultrykket ikke når sine maksimale, henholdsvis minimale verdier i bunn, henholdsvis på topp av rifledannelsen. Ved hastigheter som ligger over resonnanspunktet optrer de før og ved hastigheter som ligger under resonnanspunktet senere. Dette bevirker at med hastigheter over resonnanspunktet vil hjulet på vei nedover mot en bølgedal ikke følge med så fort som bølgedannelsen tilsier. Hjulet går da nedover mot bølgedalen med mindre trykk, men opover mot toppen stiger igjen trykket. Følgen herav blir at hjulet på vei nedover kan komme til å skrape grus bakover og på vei opover trykker grusen fremover (gruskasting). Det må antas at denne flytning av grus fra bølgedal mot bølgetopp er omvendt proporsjonal med grusens gode elastiske egenskaper. Den største gruskasting opstår antagelig når resonnanspunktet er nådd idet svingningenes størrelse da er maksimum.



Skulde man av det foran anførte forsøke å trekke slutninger måtte det være følgende:

Rifledannelsen skyldes bilenes akslingsystemer som kommer i svingninger og de dermed sammenhengende store variasjoner i hjultrykket. Er der først opstått antydning til rifledannelse så opstår der lett resonans mellom de svingninger som svarer til riflene og akslingssystemenes svingninger. Under resonansen varierer hjultrykket så sterkt at veidekket deformeres og der opstår i tillegg hertil en forskyvning av grus fra bølgedal mot bølgetopp. Regningen viser at svingetidene for almindelige akslingsystemer er omtrent like for alle lastebiler. Et boggisystem må antas å ha vanskeligere for å komme i resonans med de forhåndenværende rifler. Det er å anta at rifledannelsen i vesentlig grad skyldes lastebilene, for det første fordi disse har et større hjultrykk enn andre biler, men også fordi der her som regel anvendes ringer med forholdsvis høit lufttrykk og stive fjærer.

Det er nok vanskelig av regningen å slutte sig til hvad der bør gjøres for å hindre rifledannelse mest mulig, uten det at der må bygges så solide veidekker at de kan motstå de høie hjultrykk som optrer under svingningene, og at der må anvendes så god

grus som mulig (grusens kornsammensetning og bindemidlet). Men det må antas at en overgang fra de nu mest anvendte hoitrykksringer til ballon eller superballongringer med lite lufttrykk vil virke reduserende på rifledannelsen. I samme retning vil anvendelsen av så myke fjærer som mulig virke.

Er der først opstått bølgedannelser på en vei er det å anta at tendensen går temmelig langt ned i veien. For å få denne tendens vekk må antagelig hele veidekket brytes op. Hovel eller skrape makter neppe å bortta og jevne ut mer enn de overste topper, og bølgedannelsen er der igjen etter få timers forløp. Å bryte op veidekker med stenlag er naturligvis en dyr affære, mens det på et grusdekke kanskje er mulig uten at det blir altfor dyrt. I så henseende har grusveier en fordel fremfor veier med stenlag.

En annen måte som kan tenkes å forhindre bølgedannelsen er å forsyne bilene med virksomme støtdempere, altså ved å forøke dempningskonstanten  $f$ 's størrelse. Men det måtte være virksomme støtdempere uten de mange ledd de nu mest anvendte har. Disse ledd gjør at støtdemperne fort slites så at de efter kort bruk liten virkning får for så små bevegelser det her dreier sig om.

## VEIPROFILER FOR TROMS FYLKE

### FLATE BANER, FLATE GRØFTER OG FASTE VEIKANTER

*Av avdelingsingeniør Knut Waarum.*

Det har i lengere tid vært en almindelig opfatning at veiprofilen på rettlinjer skal bygges med ubetydelig runding og at det i kurvene gis ensidig helling selv om kurvene er meget slake. Når denne erkjennelse hittil ikke har satt det preg på veiprofilene som ønskelig kunde være, skyldes det muligens i første rekke tidens tann som hårdnakket tærer på veikantene og motarbeider veivesenets bestrebelse for å holde korrekte veiprofiler.

En vil snart bemerke at veikantenes holdbarhet er høist forskjellig alt efter fyldmaterialenes sammensetning. Særlig dårlige kanter får man av grovkornet materiale som ikke setter sig. Disse veikanter blir åpne sår som er en skrekk for hver bilist. Er kantene opbygget av så finkornede materialer at de løses op av vannet, vaskes de efter hvert ut, og kantene blir så løse at hvis et kjøretøi kommer med større belastning ut mot veikanten, skjærer det ned. Felles for begge disse typer av veikanter er at de tæres fort ned, veidekket glir ut, og selv fint justerte veiprofiler vil på få år igjen innta den velkjente runde form.

Da byggingen av stampejordhus for ca. 10 år siden var på mote, bemerket jeg «stampejordens» ganske usedvanlige evne til å tåle både tørke og vann. Jeg gjorde derfor en del prøver med opbygging av kanter av «stampejord» som er sammensatt av kornstørrelser som svarer til bind-

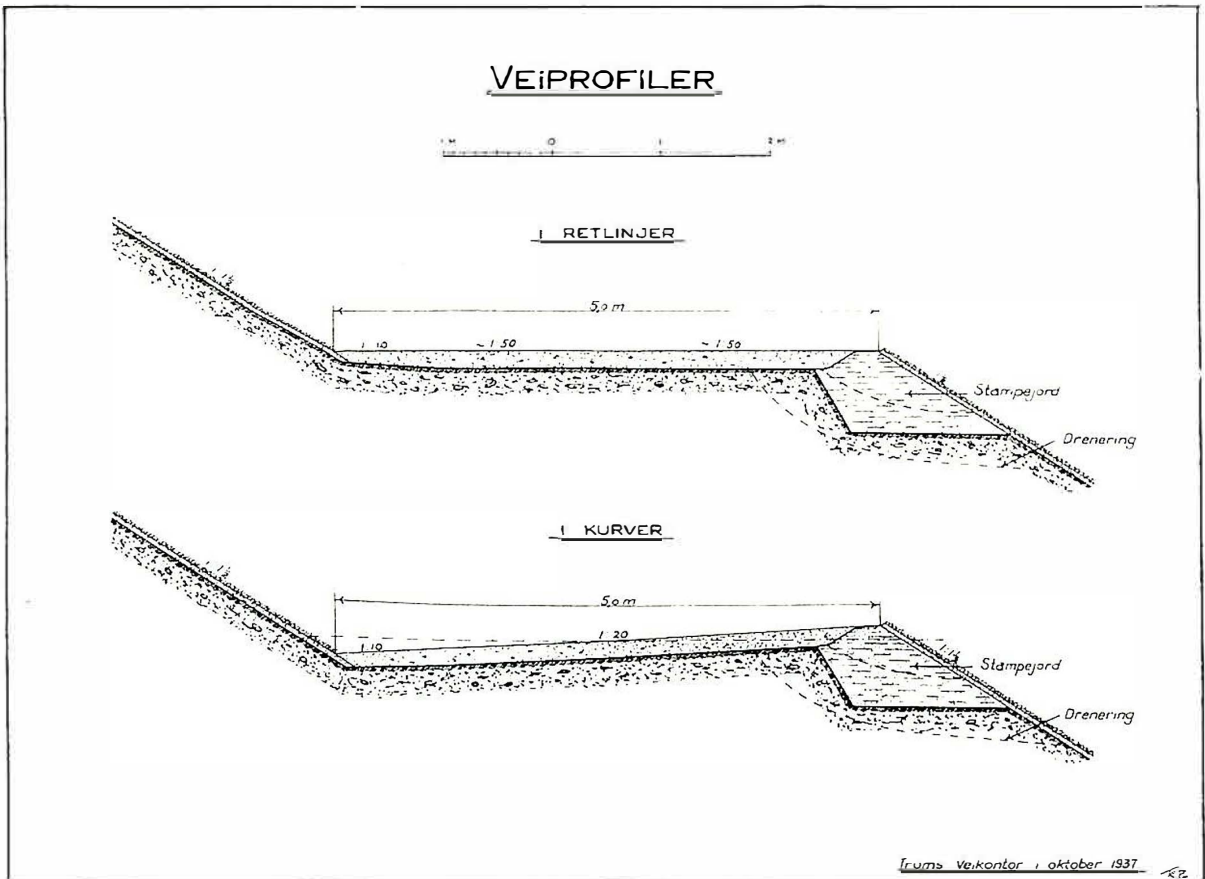
stoff. Kantene blev omhyggelig stampet, og var straks så hårde at de tålte vanlige hjultrykk og blev heller ikke oppløst av vann.

Efter disse erfaringer utføres nu veiprofilene som vist på hosstående tegning.

Kantene forsynes med dren i 50—100 m avstand, for å trekke ut vannet inntil veidekket er blitt tilstrekkelig komprimert og forsynt med passende hinnstoff så det blir tett.

Som det fremgår av tegningen er tverrfallet på rettlinjer 1:50. I kurver lages ensidig tverrfall 1:20, i alle kurver slakere enn 150 m. radius. Om høsten og først på vinteren er man i Nord-Norge ofte i lange perioder plaget med særlig generende isbelegning på veiene. Isen kan ofte være våt og plastisk så kjettingene har vanskelig for å få tak. Man må derfor være meget moderat med overhøider i skarpere kurver, og man går sjelden til sterkere tverrfall enn 1:15. Det viser sig at veier med liten runding i rettlinjer og ensidig tverrfall i kurver er lett å holde vedlike. Det er like lett å kjøre overalt på veibanen, og man undgår sporkjøring. Danner der sig slaghuller, viker man lett utenom, og man undgår serier av slaghuller som man gjerne får når bilene naturlig holder samme spor.

Slitasjen på bilenes gummi ser også ut til å bli mindre ved flate, faste grusdekker. Troms Innland Rutebilselskap opplyser at bildekkene går



henimot 100 000 km. på Troms innlands veier, tilross for temmelig hård kjøring på sterkt svingete veier.

Veidirektøren uttalte i et intervju for et års tid siden at en av de viktigste oppgaver veivesenet for tiden står overfor er modernisering av veiprofilen, og understreket betydningen av å få flattere profil også på grunn av isbelegningen på veiene. For at arbeidet med modernisering av veiprofilen skal få noen varighet er det av avgjørende betydning å få solide veikanter som best mulig kan trosse de nednivellerende krefter. Eller man må gå til bygging av tilstrekkelig brede banketter så man får fornøden innspenning av veidekket.

Ved nyanlegg hvor der er tilgang på brukbart materiale, bygges kantene opp med det samme dersom fyllingene er lave og materialene forøvrig er slik at det ikke blir større synkninger. Kantene må da forsynes med åpne vannavløp inntil dekket legges for at ikke regnvannet skal samle sig i «trauget», renne etter planeringen og ødelegge denne.

På høyere fyllinger og forøvrig hvor man regner med større synkning, og når der ikke er tilgang på materiale for oppbygning av kanter, må planeringen utføres med fornøden bredde for senere oppfylling, slik at bredden blir som forutsatt på toppen av veidekket.

I sistnevnte tilfelle bygges kantene opp 2—4 år

etter at planeringen er utført, eller så sent at man er sikker på at fyllingene er tilstrekkelig komprimert. Arbeidet utføres etter nøiaktig oppsatte høider, og av et arbeidslag som går noe foran grustippen. Dette arbeidslag foretar samtidig den siste avjevning av planeringen før grus etter helene.

Kantene fylles opp lagvis, trækkes eller stemples med jomfru til de blir faste og tette. Hopper man ut i skråningen umiddelbart etter at kanten er ferdig tråkket, skal der ikke bli større merker etter helene.

Skråningene klæs med god gressstov. Hvor man er utsatt for kreaturtråkk har det vist sig heldig å legge en åpen stenbeklædning på torven. Kreaturene skyr stenbelegning og holder sig borte fra skråningene. Dessuten viser det sig at man får en kraftig gressvekst mellom stenene. Torven blir solid og danner en god støtte for kanten.

Hvor dypt ned i fyllingen man bør gå med spesialbygget skråningskant avhenger av fyllingens art og vel også av trafikkens størrelse. På stenfylling, løs sand, myr og lere går man her ned til 50—75 cm. under toppen av grusdekket. Det har vist sig nødvendig å bygge såpass høie kanter selv på solide sten- og sandfyllinger for at skråningen skal gressgro og kantene holde. Blir laget for tynt, presses det ut.

På fastere jordfyllinger reduseres høiden etter fyllmaterialenes soliditet.



Ved valg av materialer til opbygning av kantene bør man prøve sig frem. Man vil da snart få erfaring for hvilke materialer lar sig stampe så de blir faste og tette. Det ytre lag i skråningene må også være slik at torven gror godt til. Det bør med andre ord ikke være «døde» (ufruktbare) materialer som taes dypt i lendet. Særlig får det betydning hvis man ikke har tilgang på torv så skråningene må tilsæes med gressfrø.

Omhyggelig justert opbygning av kantene med skikkede materialer medfører noen merutgifter. Men når man tar i betraktning at veidekkets soliditet og veiprofilets bestandighet avlenger av veikantenes utførelse, er det vel anvendte penger, særlig når man ser hen til den sikkerhet solide kanter byr motorvogntrafikken.

### VEIBANENS FORM M. V.

Den artikkel som herom finnes i dette nr. er skrevet efter anmodning. Da Stortingets vei- og jernbanekomité reiste gjennom Troms i sommer blev det gjentagende bemerket at veibanene ofte var usedvanlig brede og «sikre» å kjøre. Jeg fikk også gjentagende spørsmål om hvorvidt veivesenet holdt en egen større bredde for Troms enn for landet ellers.

Så vidt jeg kan skjønne skyldes dette helt og holdent den måte hvorpå veibanen er formet, og som synes å være så god som den kan fåes under våre almindelig forekommende forhold.

De to fotografier er fra Hindøen.

Ved trafikkteiling nordenfor Harstad og utenfor tettbebyggelsen fra 4/8—17/8 1933 var gjennomsnittstrafikken pr. dag 363 motorkjøretøier. Nu antas trafikken å være omkring 500 kjøretøier pr. dag. Herav antas 70 % eller 350 kjøretøier



Vei nr. 795, Sama—Gåre. Girusdekke.



Vei nr. 795. Anletiget Strømmen—Sandvik. Undergrusen er lagt.

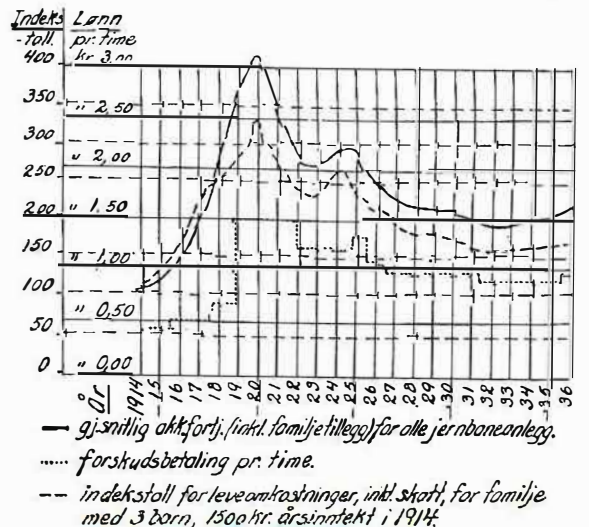
å gå til Sama—Gåre. Ca. 150 av disse trafikerer imidlertid bare 3,5 km av denne vei og tar av ved veiskillet for veien til Tømmeråsen. Belastningen på resten av Sama—Gaare antas å være ca. 200 kjøretøier pr. dag.

### EN ØKONOMISK LOV

Av avdelingsingeniør Fridtjov Moe.

Av nedenstående grafiske oversikt over *akkordfortjeneste* og *forskuddsbetaling* ved jernbaneanleggene samt over indeksskurven for *leveomkostningene*, fremgår et forhold som er i overensstemmelse med de økonomiske lover, men som kanskje er mindre påaktet. For jernbaneanleggene har det adskillig interesse.

Det er 4 perioder da forskuddslønnen har vært konstant i lengere tid. Akkordfortjenesten følger



imidlertid temmelig nøiaktig indeksskurven *uavhengig* av forskuddslønnen.

Meget interessant og karakteristisk er den kortvarige, *forsinkede* stigning av forskuddsbetaling i 1925—26.

En viss *utjevne*nde virkning har dog forskuddsbetalingen.

I tidsrummet juli 1923 til juli 1925 har den konstante forskuddslønn således gjort at akkordfortjenesten er steget mindre enn indeksskurven, mens i tidsrummet 1927—31 den konstante forskuddslønn har holdt akkordfortjenesten oppe i forhold til indeksskurven. Tidsrummet 1914—19 er et kapittel for sig, som jeg ikke her skal komme inn på.

«Meddelelser fra Norges Statsbaner».

### HVORLEDES AMERIKANERNE VURDERER UNDERGRUNNENS BETYDNING FOR MODERNE VEIBYGGING

Ifølge en rapport som veidirektøren har mottatt fra en norsk-amerikansk ingeniør, Harold N. Brunvand i staten Michigans veidirektorat og som vil bli inntatt i neste nummer, begynte man der i 1925 med et såkalt «Soils Department» eller «Undergrunnskontor». Denne avdeling har gjennom årene utviklet sig fra 3 manns besetning til nu en stab på ca. 26 mann.

### PERSONALIA

Som assistentingeniør ved veiadministrasjonen i Nordland fylke er ansatt ingeniør Karl T. Bjørnsli.

Som avdelingsingeniør A i Troms fylke er ansatt avdelingsingeniør Knut Waarum og som avdelingsingeniør B sammesteds ingeniør P. M. Mikelsen.

Som avdelingsingeniør B i Sør-Trøndelag fylke er ansatt ingeniør Gunnar Petersen.

Som fullmektig I er ansatt følgende fullmektiger: A. Hauge, Østfold, A. Thoresen, Hedmark, A. Andersen, Aust-Agder, L. Braaten, Vest-Agder, M. Th. Røe, Rogaland og T. Taraldsen, Nord-Trøndelag fylke.

Som kontorister II er ansatt Gunvor Gjellan, Møre og Romsdal, Ø. Kløkstad og Mildred Soløy, Nordland, Lilli J. Pettersen, Troms og Caroline J. Lehesby, Finnmark fylke.

Som tekniske assistenter er ansatt Thv. Olsen, Hedmark, Olav Strand, Vestfold, Rudolf Lind, Møre og Romsdal og Ole Mowinkel, Finnmark fylke.

### MINDRE MEDDELELSER

#### BROER OG BOMPENGER OG FERJER KONKURRERER OM SAN FRANCISCO'S TRAFIKK

Bompengene over broen ved Golden Gate (fra San Francisco nordover over havneinnløpet) blev den 26. august i år redusert til 50 cent pr. bil — tom eller lastet — + 50 cent pr. tilhenger — tom eller lastet.

Reduksjonen skyldtes at fergen hadde nedsatt taksten fra 50 til 30 cent pr. personbil, og brotrafikken gikk derfor i uken 15.—22. august ned til 75 580 biler, mens den i uken 1.—8. august hadde vært 98 742.

Broeierne har klaget til statsmyndighetene, idet disse da de tillot feriene å redusere satsene hadde regnet med en trafikkreduksjon for broen på 5 % mens den faktisk den første uke blev 12 og den neste 20 %.

Statsmyndighetene i U. S. A. er av den opfatning at ferjene bør opmuntres da de vil bli nødvendige hvis broen skulde ødelegges av naturulykker eller krigshendelser. Derfor vil man tillate feriene å bruke lavere satser enn broene.

*Engineering News-Record.*

#### VEIFORBEDRINGER I SPANIA

For å kunne imøtekomme kravene om veiutbedringer under den nuværende situasjon har den spanske regjering ved dekret av 7. juli 1937 besluttet å anvende 20 millioner pesetas til bygging og reparasjon av veier. Bevilgningen av et tilsvarende beløp til elektrisering av jernbanene Madrid—Avila og Madrid—Segovia er samtidig inndratt.

#### TRAFIKKREKORD I NEW YORK

blev i august måned i år satt ved Holland tunnelen og George Washington broen, idet der gjennom tunnelen kjørte gjennomsnittlig 40 000 motor-kjøretøi daglig og over broen ca. 31 000. Trafikkmengdene i tiden januar—august 1937 var henholdsvis gjennomsnittlig ca. 35 000 og ca. 22 000 pr. dag; en stigning på respektive 13 og 15 % fra foregående år. Efter E. N.-R.

### RETTELSE

I artikkelen «Studier og erfaringer med hensyn til televanskeligheter» i «Meddelelser» nr. 9, 1937 er der nederst på side 142 en trykkfeil. Der er angitt følgende tall:

200 m  
800 »  
2020 »

Det skal være:

200 m  
800 »  
1020 »

Sum 2020 m

Like nedenfor er angitt 1478 m. Det skal være 1478 m<sup>3</sup>.

UTGITT AV TEKNISK UKEBLAD, OSLO

Abonnementspris: kr. 10.00 pr. år. — Annonsepris:  $\frac{1}{4}$  side kr. 80,00,  $\frac{1}{2}$  side kr. 40,00,  $\frac{1}{4}$  side kr. 20,00.

Ekspedisjon: Ingeniørenes Hus. Telefoner: 20701, 23465.

Trykt den 28. oktober 1937.