

Meddelelser fra Veidirektøren.

No. 7.

Erfaringsrapporter, afhandlinger m. v. trykkes paa denne maade saa ofte, som dertil bliver anledning.

Decbr. 1905.

Indhold: 1) Om beregning af sprængningspriser.
2) Om tapfriktion, vognaksler og smøremidler.

Om beregning af sprængningspriser

meddelt af

amtsingenior Landmark.

Sprængningsprisen afhænger af:

- 1) Fjeldets beskaffenhed og
- 2) Profilernes form og størrelse.

Almindelig bestemmes den pr. m.³ underet og skjønsmæssig.

Fjeldets beskaffenhed maa naturligvis altid bedømmes skjønsmæssig, men til bedømmelsen af den indflydelse, profilernes form og størrelse udover, kan man skaffe sig holdepunkter, saa man undgaar noget af den vilkaarlighed, som følger med den rene skjønnsafgjørelse; spørgsmaalet er kun, om det lønner sig at anvende det nødvendige arbeide dermed.

Her skal omtales et af ingeniør *O. Stang* udført forsøg i denne retning, støttende sig til udførte akkorder ved søndre Bergenhus amts veivæsen. Det oplyses, at elektrisk antændelse her bruges i stor udstrækning selv til smaa skjæringer, naar kun fjeldet er tilstrækkelig helt. Elektrisk minemateriel bliver gratis udleveret til arbeiderne; dette koster anlegget ca. 6 ore pr. m.³ sprængning. Paa den anden side trækkes der paa de her omhandlede anlæg saa meget for dynamit, at man omtrent kan regne minemateriellet betalt dermed.

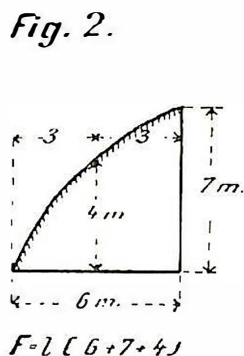
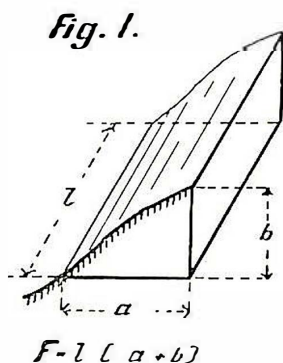
Betegnelser.

P = kubikmeterprisen for fjeldskjæring (akkordpris).

K = antal kubikmeter skjæringsmasser.

F = antal kvadratmeter i de flader, hvorefter skjæringsmasserne maa løsnes fra fjeldet.

NB. Naar a er mere end ca. 4 m., saaledes at man maa tage skjæringen i 2 tag, saa regnes hertil endnu den indre flade for 1ste tag, saaledes som vist i fig. 2.



Beregningen.

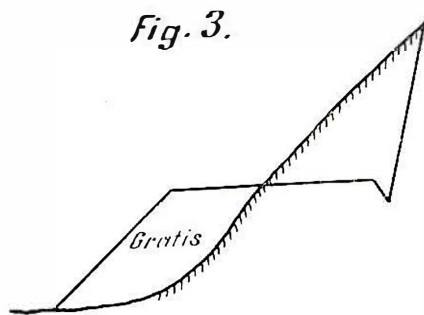
$$P = \frac{K + F}{K} p,$$

hvor p er en ny pris, der vælges skjønsmessig efter fjeldets beskaffenhed (men altsaa bruges uforandret for store og smaa profiler).

NB. Formelen gjælder ikke for kuttinger.

Ved forsøg er p fundet at kunne sættes = 70 ore for almindeligt fjeld; for meget let fjeld kan p reduceres indtil ca. 60 ore og for meget haardt fjeld forhoies til ca. 80 ore; større variationer vil vistnok ikke ofte trænges. Paa pl. 1 er opstillet endel profiler med paaskrevne kubikmeterpriser regnet efter $p = 70$ ore.

Før at klargjøre beregningsmaaden er desuden paa pl. 2 og 3 indtegnede profiler for to udførte akkorder i veianlægget Tosse—Vikor til- ligemed deres beregning. Akkorderne er ligesom paa pl. 1 regnet efter $p = 70$ ore. For hvert profil er i særskilt rubrik (cm) anført længden af den linje, hvorefter fjeldet løsnes (1 cm. = 5 ruder). Fortjenesterne er noget over middelshoie; men akkorderne er drevne af særdeles dygtige arbejdere, og fjeldet var mere end middels godt, saa rimeligvis ca. 65 ore havde været rettere.

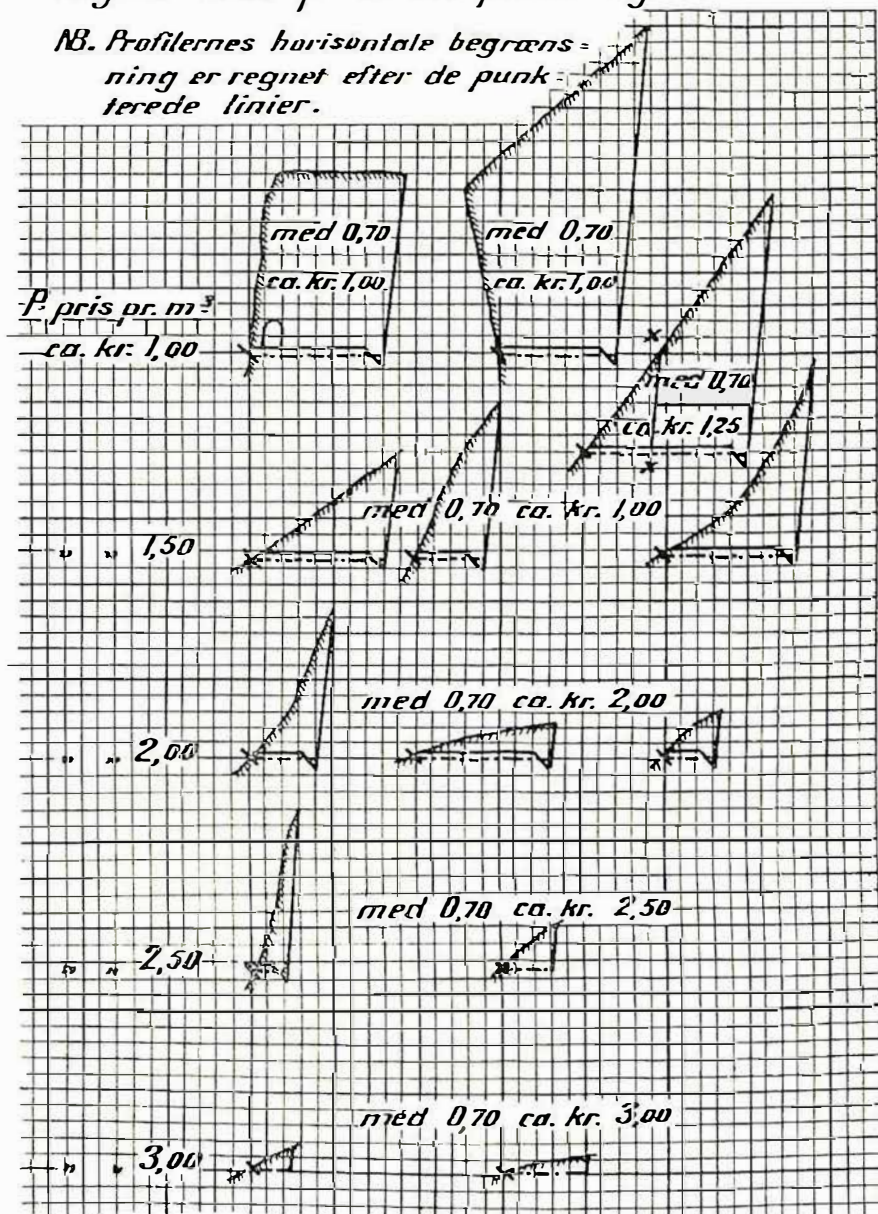


NB. Som af ovenstaaende vil forstaaes er det forudsætningen, at materialets udkastning af veibanen er medregnet i sprængningsprisen;

Pl. I, vedkommende beregning af sprængningspriser.

Profiler med paaskrevne m^3 priser (P)
regnet efter $p = 70$ øre pr. m^3 og m^2 .

NB. Profilerne's horisontale begrænsning er regnet efter de punkterede linier.

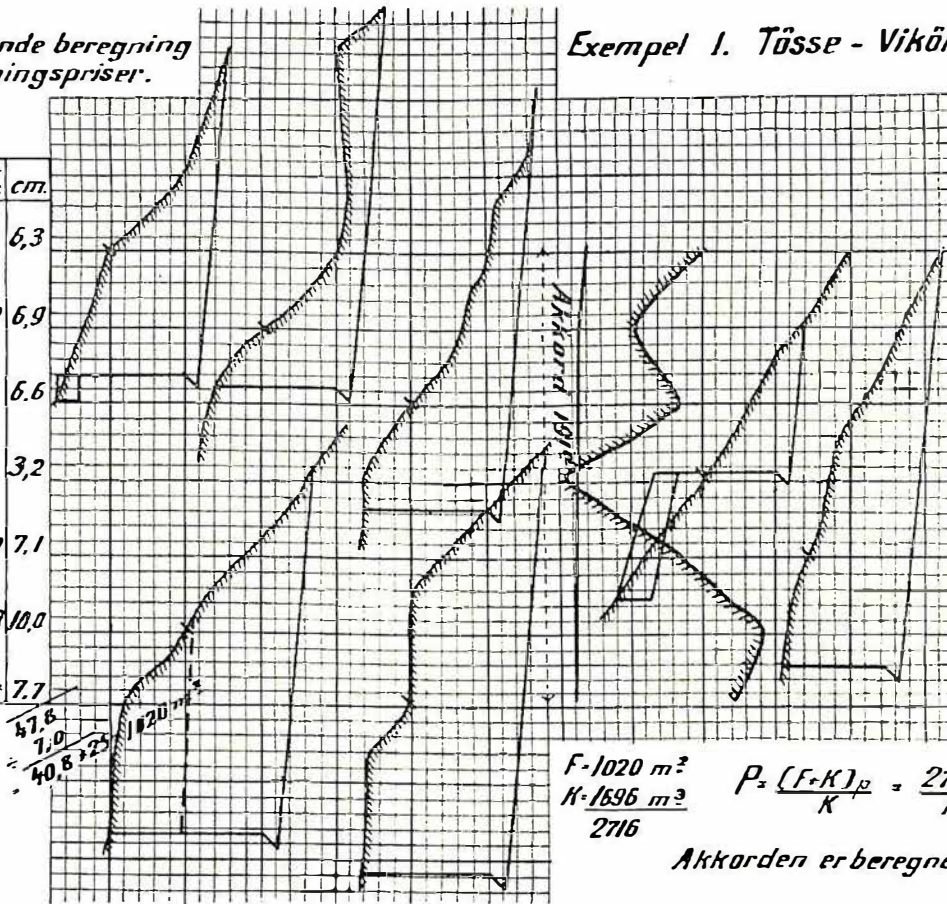


x-x betegner indre flade for første tag.

Pl. 2, vedkommende beregning af sprængningspriser.

Exempel 1. Tøsse - Vikør. Akkord 191^a.

S.	F.	M.	Mf.	Ri-der.	cm.
				98	6,3
223		4	1	80	6,9
238				110	6,6
177	5	18	4	31	3,2
202	5	18	4	130	7,1
388				138	10,0
458				194	7,7
1696	10	40	9		



Træk paa 191^a :
 Dynamit 360 - 1,80 = 648,00
 Lunte 76 m - 0,04 = 3,04
 Fængt. 280 - 0,02 = 5,60
 Staal 7 kg. - 0,30 = 2,10
 Smed 13,60
 Sum 672,34

Beregningen :
 1696 m² - 1,10 = 1865,00
 10 " fyld - 0,30 = 3,00
 40 " mur 2,50 = 100,00
 9 " spr. - 3,00 = 27,00
 1 huldige = 20,00
 60 m. stentag = 30,00
 Sum 2047,00
 Extraarbejde 199,80
 2246,80
 Træk 672,34
 Rest 1572,46
 Fortjeneste kr. 4,083

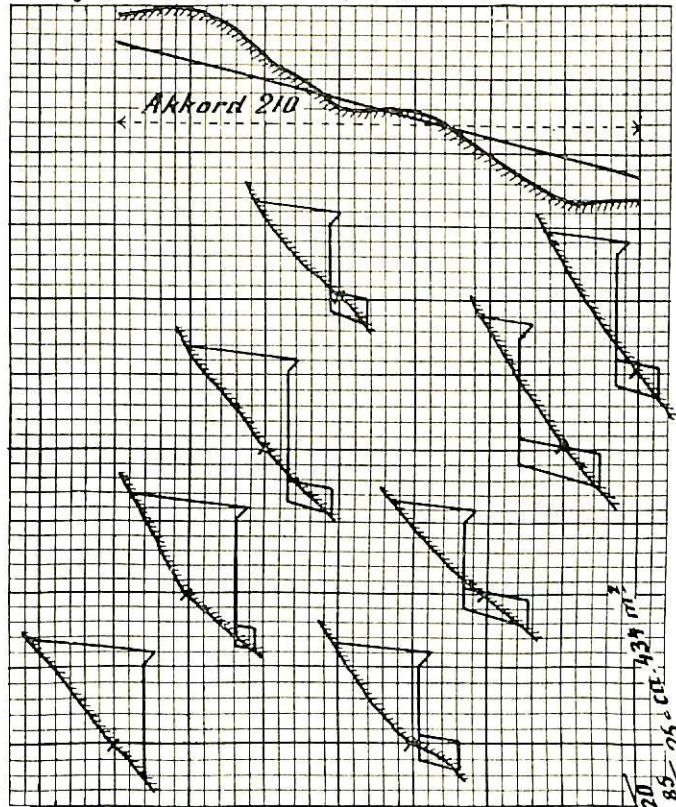
$F = 1020 \text{ m}^2$
 $K = 1696 \text{ m}^2$
 2716

$P = \frac{(F+K)P}{K} = \frac{2716 \cdot 0,10}{1696} \text{ kr. 1,12 pr. m}^2$

Akkorden er beregnet med kr. 1,10 pr. m²

Pl. 3, vedkommende beregning af sprængningspriser.

Exempel 2. Tøsse - Vikör. Akkord 210.



S.	F	M.	Mf.	R ^{1/2} cm.
				37 3,2
96	3	1	40	3,4
86	9	3	29	3,1
55	12	3	15	2,1
49	12	4	24	2,4
48	15	4	14	2,1
25	7	20	3	6 1,4
34	8	18	3	21 2,5
393	15	89	21	$\frac{20,85}{2,85} + 25 = 27,3$ ca. 437 m ³

Træk paa 210:
 Staal 2 Kg. 0,30 • 0,60
 Spader 2 - 2,50 • 5,00
 Dynamit 70 - 1,80 • 125,00
 Lunte 60 - 0,04 • 2,40
 Fængsl. 100 • 0,015 • 1,50
 Skaff 0,45
 Smed 4,88
 Sum 140,85

Beregningen:
 393 m³ sp. - 1,47 • 577,50
 15 - fyld 0 -
 89 - mur - 1,60 • 142,40
 21 - m.sp. 3,00 • 63,00
 1 huldige 20,00
 70 m. stenl. 35,00
 ÷ 2,10
 = 840,00

• 23 stab • 23,00
 = 863,00
 Træk 140,85
 Rest - 722,17

Fortjeneste kr. 4.27

$$P = \frac{(F+K)P}{K} = \frac{827 \cdot 0,70}{393} = \text{Kr. } 1,47 \text{ pr. m}^3,$$

hvilken pris akkorden er udsat for.

$$F = 434$$

$$K = \frac{393}{827}$$

naar man lige under sprængningsprofilen har fyldning, behøver man ikke at regne særskilt for fyldningen.

I nedenstaaende tabel er ved endel eksempler fra udforte akkorder gjort en *sammenstilling for beregning af sprængningspriser og fortjenester efter den ældre og efter den nye maade.*

Akkord no.	Kubikmeterpris		Omkostninger		Fortjeneste		Anmerkninger
	brugt ved akkordens udsættelse	efter ny regning	akkordens samlede sum, incl. tillægsarbejde	sprængningsomkostninger	i virkeligheden	efter ny regning	
	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	

Fra hovedveisanlægget Ølsvaag—Bjøa—Vikevik.

80	2,00	1,98	565	316	3,27	3,25	} løst skiferfjeld, meget let at tage. p = 60 øre pr. m. ³ og m. ² .
109	2,00	1,78	350	172	3,31	3,12	
117	1,80	1,96	500	300	3,53	3,73	
134	1,50	1,42	965	430	4,00	3,90	} middels fjeld, helt og let for ammunition — men noksaa haardt. p = 70 øre pr. m. ³ og m. ²
140	1,70	1,68	970	471	4,31	4,28	
147	1,60	1,40	923	347	3,50	3,30	
157	1,40	1,76	1500	730	2,99	3,47	} meget haardt fjeld (grovkornet gneisgranit). sterkt for ammunition. p = 80 øre pr. m. ³ og m. ²
158	1,70	2,01	1016	386	2,60	2,78	
175	1,80	2,08	815	392	2,84	3,07	

Akkord no.	Kubikmeterpris		Omkostninger		Træk paa akkorden	Fortjenester		Anmerkninger
	brugt ved akkordens udsættelse	efter ny regning	ialt paa akkorder for sprængningen			i virkeligheden	efter ny regning	
	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	

Fra bygdeveisanlægget Fjosanger—Ytrebygden.

18	1,86	1,86	599	387	112	2,44	2,44	} meget haard, grov gneisgranit. Sterk for ammunition. p = 80 øre pr. m. ³ og m. ²
17	1,79	1,84	780	450	120	3,36	3,42	
14	1,61	1,70	1420	713	179	3,16	3,26	
13	1,60	2,06	1384	704	197	3,07	3,59	

Akkord no.	Kubikmeterpris		Omkostninger		Træk paa akkorden	For-tjenester		Anmerkninger
	brukt ved akkordens udsættelse	efter ny regning	jalt paa akkorden	for spærringen		i virkeligheden	efter ny regning	
	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	kr.	

Fra hovedveisanlægget Tosse—Vikor—Ostenso.

204	1,25	1,03	2860	2666	1020	4,77	3,56	gjennemgaaende godt fjeld. p = 70 øre pr. m. ³ og m. ² .
209		1,20	933	868	434		3,04	akkorden regnet efter ny metode med p = 75 øre.
210		1,47	863	577	141		4,27	regnet med p = 70 øre.
211		1,40	742	459	167		4,15	— " — p = 75 "
212		1,40	1095	707	221		3,21	— " — p = 75 "
213		1,70	864	500	146		3,22	— " — p = 75 "
215	1,30	1,155	1129	672	339	4,03	3,50	p = 70 øre (denne akkord er ikke udsat efter ny metode.
216		1,30	1247	958	264		4,19	regnet med p = 73 øre.
219		1,60	988	689	243		3,99	— " — p = 73 "
220		1,60	910	630	108		3,97	— " — p = 74 "
221		1,35	825	555	195		2,86	akkorderne 221—223 er regnet med p = 70 øre: det viste sig under ar- bejdet, at fjeldet i disse akkorder var meget vrangt, saa p skulde være sat høiere.
222		1,17	1216	905	447		2,61	
223		1,15	1263	1107	589		2,51	
226		1,80	898	295	119		3,59	regnet med p = 75 øre.
227		1,00	2450	2226	1006		3,51	— " — p = 70 "
228		1,00	1284	1121	481		4,22	— " — p = 70 "
229		1,20	1189	915	409		3,84	— " — p = 68 "
232		1,20	353	244	45		4,38	— " — p = 70 "
235		1,30	1333	654	251		4,02	— " — p = 70 "

Fra hovedveisanlægget Sæbbe—Maabovand.

18	1,50	1,74	478	345	137	2,48	2,88	haardt fjeld, men let for ammunition. delvis mange „sletter“. p = 75 øre pr. m. ³ og m. ²
34	1,00	1,04	1990	1941	509	3,37	3,55	
35	1,00	1,11	2212	2151	600	2,94	3,34	
36	1,00	1,145	1810	1660	549	2,85	3,40	
38	1,70	1,44	999	734	184	4,03	3,48	

Undersøgelser over tapfriktion

ledsaget af en kort oversigt over de vigtigste akselkonstruktioner og smøremidler.

Veidirektorens undersøgelser.

Indholdsfortegnelse.

	side
Indledning	10
A. Aksler og smøremidler:	
1. Almindelig vognaksel, greaseaksel	10
2. Patentaksler:	
a. Halvpatentaksel	12
b. Helpatentaksel	12
3. Rullelageraksel	13
4. Smøremidler	13
B. Om tapfriktionen	15
C. Beskrivelse af den benyttede fremgangsmaade ved maaling af tapfriktionen	15
D. Resultatet af prøverne:	
1. Almindelig vognaksel, greaseaksel	19
2. Patentaksler:	
a. Halvpatentaksel	20
b. Helpatentaksel	20
3. Rullelageraksel	20
Resumé	22

Indledning.

Ved de af veidirektøren i 1903—04 udførte kjoreforsøg (se meddelelse nr. 4) blev vognakslernes friktion i bøsningerne ikke nærmere undersøgt, idet man med erfaring fra udenlandske forsøg gik ud fra, at tapfriktionen kun spiller en underordnet rolle i forhold til den samlede modstand mod bevægelse.

Senere har imidlertid veidirektøren undersøgt dette spørgsmål nærmere og ved en række direkte målinger bestemt tapfriktionen for endel forskellige akseltyper.

Disse undersøgelser har først og fremst til hensigt at konstatere rigtigheden af den før nævnte antagelse om tapfriktionens betydning i forhold til modstanden forøvrigt. For dette oiemed vilde det have været tilstrækkeligt at undersøge de patentakslar, der blev benyttet under kjoreforsøgene.

For imidlertid ogsaa at faa et begreb om, hvilken rolle akselkonstruktionen i det hele taget spiller, blev desuden undersøgt enkelte andre aksler af de her i landet almindeligst brugte typer.

Herved er tilveiebragt et ganske godt materiale til bedømmelse af tapfriktionens varieren for de enkelte typer under forskellige belastningsforhold m. v. Men hvad specielt denne sidste del af undersøgelserne angaar, kan forsøgene dog ikke gjøre fordring paa at være helt udtømmende, da man kun havde anledning til at udføre målinger med forholdsviis faa aksler.

Man har heller ikke kunnet anstille nogle mere indgaaende undersøgelser af de mange forskellige smøremidlers godhed og varighed. Da imidlertid smøringens effektivitet har væsentlig indflydelse paa tapfriktionen, vilde en nærmere undersøgelse af dette spørgsmål have adskillig interesse, og det er muligt, at veidirektøren senere vil tage dette spørgsmål op til fortsat behandling.

A. Aksler og smøremidler.

Der blev undersøgt fire forskellige sorter aksler, nemlig:

1. Almindelig vognaksel,

oftest kaldet *greaseaksel*, da «grease» almindeligst benyttes som smøremiddel for denne sort aksler, hvis konstruktion sees af fig. 1. Akseltappen

Tapkonstruktioner.

Fig. 1. Almindelig Greaseaksel.

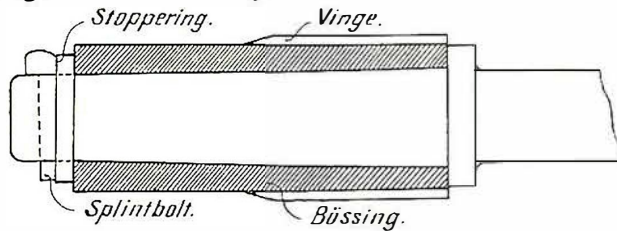


Fig. 2. Halvpatentaksel.

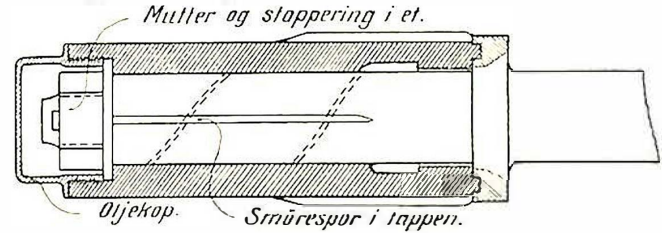


Fig. 3. Helpatentaksel.

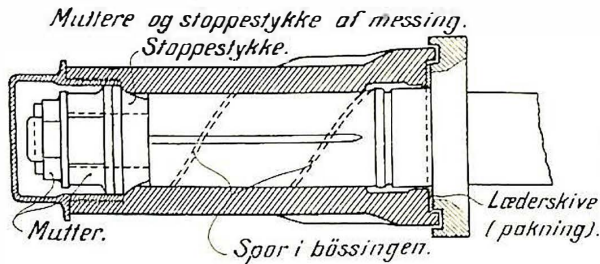
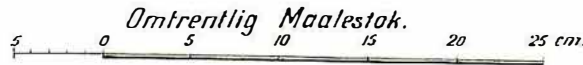
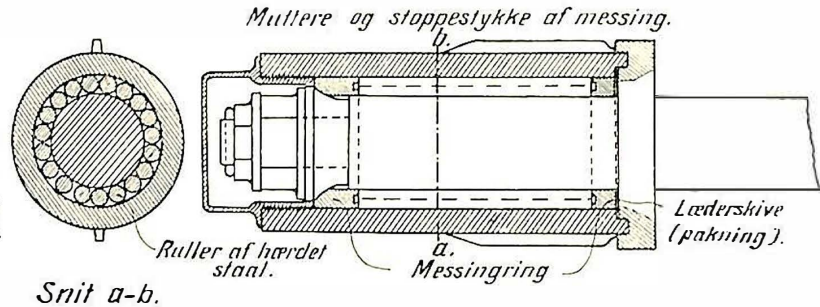


Fig. 4. Rullelager.



er noget konisk og temmelig grovt forarbejdet, saant der bliver et forholdsvis stort spillerum mellem tap og bossing. Man maa derfor anvende smoremiddel af fast konsistens, der i nogen tid kan holde mellemrummene fyldt, medens flydende smoring straks vilde rinde ud. Dog presses selv temmelig fast smorelse ogsaa ud, hvorfor i mange tilfælder akslerne maa smores daglig, saafremt vognen er i stadig brug og tapfriktionen ikke skal blive uforholdsmæssig hoi. Selvfølgelig maa tappene med passende mellemrum ogsaa renses for gammel smorelse.

2. Patentaksler

er meget finere forarbejdet end greaseaksler. Det samme gjælder bossingen, der slutter tæt om tappen, hvorfor flydende smoremiddel maa anvendes. Af patentaksler har man mange forskellige variationer, af hvilke de mest fuldkomne almindelig kaldes *helpatentaksler*, medens de øvrige oftest betegnes som *halvpatentaksler*.

a. Halvpatentaksler.

Dette er, som nævnt, en mellemsort mellem greaseaksel og helpatentaksel, hvorfor der findes mange forskellige slags, der i hovedtræk er lige, men adskiller sig ved en større eller mindre finhed i udførelsen, hvorfor det er vanskeligt at nævne en bestemt akse som type.

Fig. 2 viser en af de halvpatentaksler, som veidirektøren har benyttet ved forsøgene.

Hjulet holdes paa sin plads paa tappen ved en mutter med stoppering i et stykke. Mutteren forhindres ved en splintbolt fra at løsne. Udenom mutteren — og fastskruet til bossingen — kommer oliekoppen, hvorfra olien gennem et i tappen anbragt langsgaaende spor (rille) trækker sig udover. Herved opnaaes kontinuerlig smoring, der yderligere befordres ved spiralformede riller i bossingens indre flade. For at hindre olien fra at rinde ud er der paa akslen ved hjulets inder-side anbragt en stoppering med ringformet spor, hvori bossingen griber ind. Undertiden anvendes desuden læderpakning mellem bossing og stoppering, hvorved fuldstændig tetning opnaaes. Smoringen kan ved disse aksler vare, alt efter akslens udførelse, fra 1 uge til et par maaneder.

b. Helpatentaksler

(se fig. 3) er udført efter samme princip som de foran beskrevne halvpatentaksler, men adskiller sig ved noiagtigere fabrikation. Hjulet hindres fra at glide af tappen ved to muttere, en hoire- og en venstregjenget. Foran den inderste mutter er der et stoppestykke af messing, der er afrundet og noiagtig afpasset efter bossingen, hvorved friktionen paa dette

punkt bliver betydelig reduceret. Yderste mutter holdes paa plads ved hjælp af en splintbolt.

Mutterne omslutes af smørekoppen, hvorfra olien tilføres tappens gjennem riller i tap, og bossing, anordnet paa samme maade som ved halypatentakslerne. Mellem bossingen og stopperingen paa hjulets inderside er der en læderpakning, hvorved fuldstændig tæt anslutning opnaaes.

Smøringen holder sig meget længe (op til et par maanedes).

3. Aksler med rullelagere.

Ved de foran nævnte akseltyper optraeder tapfriktionen som *glidende friktion*. Ved de saakaldte *rullelageraksler* (se fig. 4), der ikke maa forveksles med kuglelageraksler anvendt ved automobiler og velocipeder, hviler tappens, der er meget nøjagtigt forarbejdet, paa langsgaaende ruller af hærdet staal, der bevæger sig rundt eller ruller paa — tappens, naar hjulet gaar rundt. Herved opstaar *rullende friktion*. Forøvrigt er anordningen omtrent som ved helypatentakslerne med kontinuerlig smøring.

Prisen paa de forskjellige akseltyper varierer tildels ganske betydelig. Til orientering i saa henseende sættes nedenstaaende tabel, hvoraf vil sees, hvordan prisen stiller sig for en middelsstor akseldimension. Det tilføies, at prisen stiger stærkt med tappendiameteren, dog forholdsvis stærkere for de finere aksler.

Aksel	Pris pr. aksel to bossinger iberegnet
Greaseaksel 1 $\frac{1}{2}$ "	ca. kr. 6,00
Halypatentaksel	— 18,00
Helypatentaksel	26,00
Rullelageraksel	52,00

4. Smøremidler.

Veidirektoren har, som nævnt, ikke havt anledning til at undergive de mange forskjellige *smøremidler* nogen mere indgaaende undersøgelse.

Imidlertid turde dog følgende bemærkninger og oplysninger være af interesse:

Et godt smøremiddel maa opfylde følgende betingelser:

1. Det bør være tilstrækkelig flydende, saa det udfylder alle mellemrum; men det maa ikke være saa løfflydende, at det presses ud ved tryk.
2. Det bør klæbe bedst mulig til smørefladerne, men have mindst mulig egensammenhæng (kohæsion).
3. Det bør være mest mulig uforanderlig ved luftens paavirkning og ved tryk og temperaturforandringer.
4. Det bør ikke indeholde syrer og selvfølgelig heller ikke faste bestanddele, der kan fæste sig mellem tap og bossing.

Som under foranstaaende beskrivelse af de almindeligste akseltyper allerede antydet, anvendes smøremidler af baade *fast* og *flydende konsistens*.

De vigtigst *faste* er: *Grease* (pris ca. kr. 0,25—0,30 pr. kg.), *vognfedt* (ca. kr. 0,45 pr. kg.) og *konsistensfedt* (ca. kr. 0,60 pr. kg.).

Hovedbestanddelen i grease og vognfedt er fedolje tilsat med passende stoffe for at faa den nødvendige fasthed. Det saakaldte konsistensfedt bestaar væsentlig af vaselin, der er et anorganisk stof fra petroleumfabrikationen.

Af disse smøremidler har det billige *grease* den ulempe, at det i tidens løb stivner (»forbejer» sig), hvorefter følger en betydelig øget tapfriktion. Det dannede beg kan imidlertid igjen opløses med petroleum, der ogsaa samtidig fjerner rust fra aksellageret.

Anstillede forsøg viste, at friktionen ikke blev større, naar greasen tilblandes lidt petroleum, heller ikke kunde man opdage, at greasen paa anden maade blev skadet. Paa grund af petroleumnets rensende evne vil det derfor være heldig, særlig ved vogne, der sjelden bruges, at tilsætte greasen lidt petroleum lige for smøringen.

Det dyrere *konsistensfedt* bruges tildels, da det er droiere end grease; men sin største brug finder det dog til smøring af maskinaksler.

Samtlig *faste* smøremidler, der mest anvendes ved de billigere aksler, er, som allerede tidligere nævnt, lidet varige, hvorfor de i brug alligevel ikke falder saa billige.

Flydende smøremidler anvendes især til finere aksler, hvor smøringen foregaar kontinuert. Almindeligst anvendes *god bomolje*, pris ca. kr. 0,70 à 0,80 pr. liter, og der medgaar ca. $\frac{1}{30}$ liter pr. hjul til en gangs smøring*). Undertiden tilsættes vaselin forat gjøre oljen mere tykflydende. Især er dette heldig ved tunge læs.

*) Følgende fremgangsmaade anbefales af vognfabrikanter ved *smøring af hel-patentaksler*:

Før smøringen rengjøres saavel aksel som bossing omhyggelig for rester af gammel smørelse; derpaa fyldes bossingen med saa megen olje som mulig,

Under forsøgenes udførelse blev man opmærksom paa en olje, *sort mineralolje* (populært: *svartolje*), der er et biprodukt ved petroleumraffineringen, og som bruges til smøring af jernbancaksler. Den er mere tykflydende end almindelig bomolje og koster i detaljpris ca. kr. 0,17 pr. kg.

Ved imødekommenhed af flere fabriker, vognmænd o. a. i Kristiania har man faaet anledning til at prøve denne olje i praksis, og resultatet heraf er, at den synes at være ligesaa varig som bomoljen. Nogen mangel ved oljen er ikke fundet; det er derimod anført om den, at den muligens slider tappen noget mere end bomolje.

Til *rullelageraksler* anvendes vel almindeligst olje, men vaselin kan ogsaa benyttes.

B. Om tapfriktionen.

Tapfriktionen optræder som en kraft, der virker i tappens periferi og søger at hindre hjulets bevægelse. Størrelsen af denne friktionskraft F pleier man i almindelighed at sætte direkte proportional med belastningen P paa akseltappen og med en koefficient μ , der afhænger af berøringsfladernes og smøremidlernes beskaffenhed, samt af, hvor omhyggelig smøringen er udført og vedligeholdes.

Man faar altsaa:

$$F = \mu \cdot P. \tag{1}$$

Denne kraft F virker paa en arm lig tappens radius r , medens den kraft W , som trækdyret maa udøve for at overvinde tapfriktionen F , virker paa en arm lig hjulets radius R . Man har da som bekjendt:

$$W \cdot R = F \cdot r = \mu \cdot P \cdot r. \tag{2}$$

$$W = \mu \cdot P \cdot \frac{r}{R}.$$

De forsøg, som her nærmere skal omhandles, gik ud paa at maale W direkte, hvoraf μ og F kan udledes ved formlerne (1) og (2).

C. Beskrivelse af den benyttede fremgangsmaade ved maaling af tapfriktionen.

Ved maaling af tapfriktionen ligger det nær at benytte en metode, hvorved man sætter selve det belastede hjul i rotation ved hjælp af en

hvorpaa hjulet forsigtig trædes paa. Efterat stoppestykket er paasat, trækkes *første mutter* til saa meget, at hjulet ikke har nogen bevægelse i tappens længderetning; men at den dog let roterer. Den anden mutter paaskrues noget haardere, luntestikken indsættes, og omtrent $\frac{1}{3}$ af smørekoppen fyldes med olje og paaskrues. En gang imellem kan lageret renses med petroleum.

bestemt overvægt, der helst bør vælges paa saadan maade, at hjulet roterer med mest mulig konstant hastighed. Af den observerede overvægt kan da friktionen for den bestemte belastning meget let uddedes. Men ved anvendelse af denne fremgangsmaade vilde man stode paa saa mange praktiske vanskeligheder, at man bestemte sig for heller at anvende en metode, hvor *hjulet staar stille, medens akselen roterer*. Resultatet bliver selvfølgelig det samme, enten tappen bevæger sig i forhold til bossingen eller omvendt.

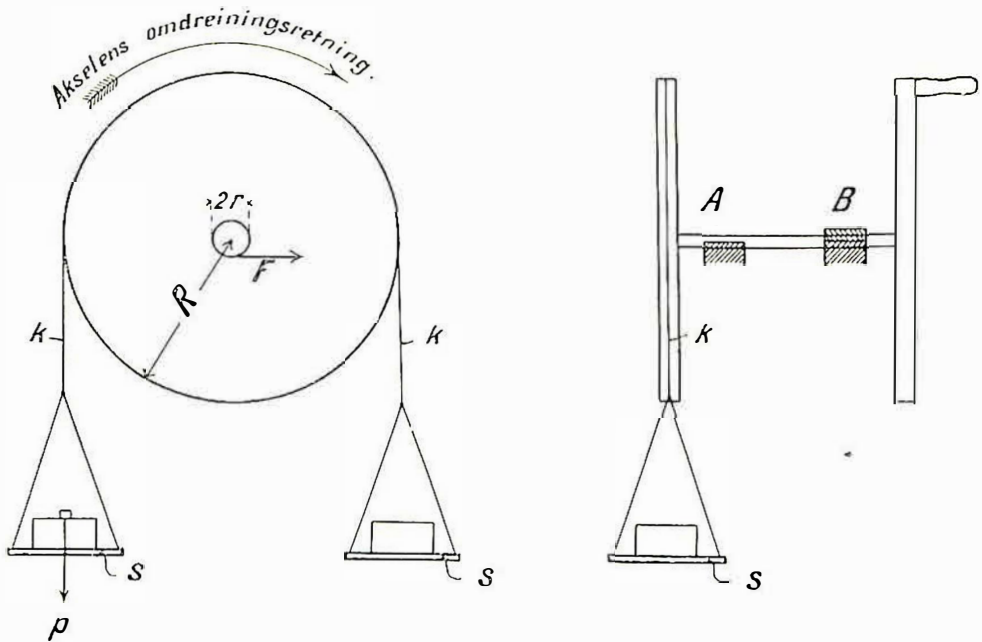


Fig. 5. Schematisk tegning af anordningen.

Arrangementet, som af hensyn til omkostningerne maatte gjøres enklest mulig, var følgende:

Vognakselen med begge hjul paasat, det ene paa almindelig maade og det andet fastkilet, oplagdes i to lagre A og B. (Se fig. 5). Paa det fastkilede hjul anbragtes en sveiv, hvormed akselen kunde sættes i rotation. Over flensen af det løse hjul lagdes en kjætting *k* med en vægtskaal *s* i hver ende til anbringelse af belastningen paa akseltappen.

Ved hjælp af det fastkilede hjul kan akselen sættes i rotation og — hvis belastningen er lige stor paa begge skaale — vil den ene synke, idet nemlig friktionen mellem tap og bossing tager det bevægelige hjul med sig. Ved imidlertid at anbringe en passende overvægt *p* paa den anden vægtskaal, kan man bringe begge vægtskaale til at ballancere

— spille — i samme hoide. Overvægten p holder da netop friktionen F i ligevægt, hvorfor man har:

$$p \cdot R = F \cdot r.$$

$$F = p \cdot \frac{R}{r}. \quad (3).$$

Hjul- og tapradien, R og r , bestemmes ved direkte maaling for hver aksel, medens p findes ved eksperimentet, hvorfor man af ligning (3) kan

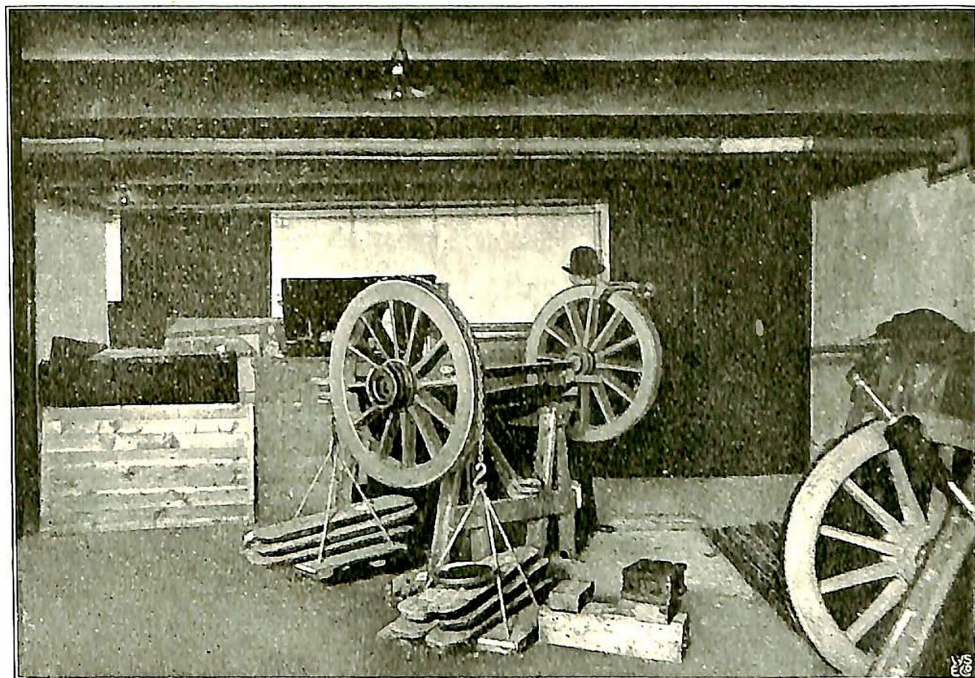


Fig. 6. Forsøgene i veidirektorkontorets kjælder.

udlede friktionen F . Da videre: $F = \mu \cdot P$, er hermed ogsaa friktionskoefficienten μ bestemt.

Ved at sammenligne formlerne (3) og (2) sees, at $p = W$, eller at *overvægten p netop er den trækraft, som hesten maa udøve for at overvinde tapfriktionen.*

Feil ved bestemmelsen af overvægten p kan indtræde af følgende grunde:

- 1) Unoagtig veining af vægter og vægtskaale.
- 2) Hjulets tyngdepunkt kan ligge lidt tilside for centrum, hvilket ogsaa forårsager ulige belastning.
- 3) Hjulet er ikke noiagtig cirkelformet, hvorved vægterne paa begge sider faar forskjellig arm at virke paa.

De under 1, 2 og 3 nævnte fejl elimineres imidlertid fuldstændig ved afvekslende at lade akselen rotere i den ene og den anden retning og regne med middeltallet af overvægterne for de to omdreining retninger.

- 4) Endnu en fejl kunde indtræde, nemlig paa grund af tougstivheden; men ved den anvendte kjetting var denne saa liden, at den ikke kunde observeres*).

Det viste sig ved veidirektørens forsøg, at friktionen varierede meget med omdreiningshastigheden, hvorfor der lagdes vægt paa, at denne blev holdt saavidt mulig konstant og modsvarende den hastighed, hvormed læskjøring i almindelighed foregaar. Efter nogen øvelse erholdt man tilstrækkelig jevn omdreining.

Til belastning paa hjulet anvendtes blybarrer, der hver veiede ca. 50 kg., og som overvægt brugtes sand, der fyldtes i en skaal, indtil balance opnaaedes, og derpaa veiedes sammen med skaalen.

Da man ved hvert eksperiment kun havde en let maalbar størrelse at observere, kunde maalingerne udføres hurtigt og forholdsvis noiagtig.

Tapfriktionen blev for samtlige aksler maalt for følgende serie belastninger: ca. 50, 150, 250, 350, 450 og 550 kg. pr. hjul, og for hver af disse belastninger blev overvægten bestemt som middel af 8 à 10 maalinger; følgelig indeholdt hver serie ca. 50 à 60 maalinger, og der blev ialt foretaget over 800 maalinger. Senere blev anstillet 200—250 supplerende forsøg, væsentlig med halvpatentaksler og for at prove den omtalte »*svartolje*«.

Som bekjendt danner ved de fleste aksler tappen en liden vinkel med akslens længderetning. Ved forsøgene »kastede« derfor enkelte hjul sig en del, hvilket vanskeliggjorde bestemmelsen af overvægten uden dog at have nævneværdig indflydelse paa observationernes noiagtighed.

D. Resultatet af prøverne

For samtlige akseltyper, undtagen rullelageraksler, blev der udført forsøg baade ved godt smurte og saa daarlig smurte tappe, at det tildels »peb« i lageret. Herunder viste det sig, hvilken betydning omhyggelig udført smøring har, idet tapfriktionen ved de daarlig smurte tappe var saa stor, at den vilde blive en ganske væsentlig del af den samlede modstand ved læskjøring.

*) Det kan i denne forbindelse være af interesse at nævne, at ved endel i Frankrige netop offentliggjorte forsøg over tapfriktion i kuglelagere for automobiler sees ifølge „Genie Civil“ (Nr. 3, side 39, 1905) anvendt samme fremgangsmaade som ved veidirektørens forsøg.

Tapfriktionen var ved nysmurt tap noget for hoi og sank først efter nogen tids brug ned til det normale. Af denne grund gav altid første serie større koefficienter end de paafølgende.

Friktionen aftog med voksende hastighed.

1. Almindelig vognaksel, greaseaksel.

Der blev prøvet 4 forskellige aksler, hvoraf de 3 tidligere var brugt. De brugte var de bedste, men forskjellen udjævnedes under for-

Fremstilling af friktionskoefficienten μ for forskellige belastninger. Middeltal af regelmæssige forsøg.

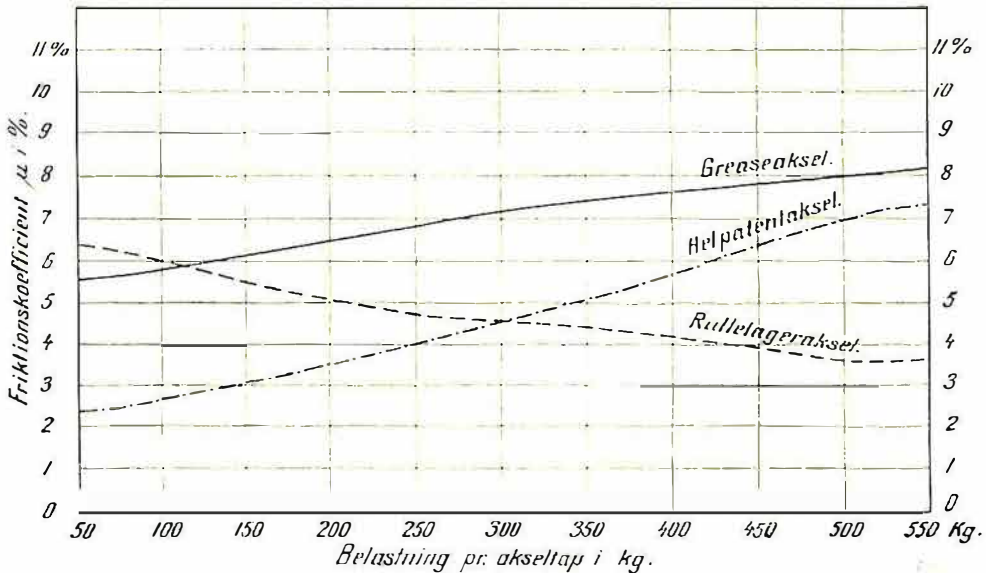


Fig. 7.

soget, idet den nye aksel lidt efter lidt blev slidt glat. Enkelte grease-sorter blev under brugen for letflydende, hvilket havde tilfølge en øget friktion.

Friktionskoefficienten $\mu = \frac{F}{P}$ viste sig ikke konstant α : uafhængig af belastningen, men derimod noget stigende med voksende belastning hvilket vil sees af fig. 7, hvor middel af forsøgene er optegnet, idet $\mu = \frac{F}{P}$ (i %) er ordinat og belastningen P pr. hjul abscisse. Af fig. 7 fremgaar, at friktionskoefficienten ved smaa akseltapbelastninger (ca. 150 kg.) er ca. 6 % og ved store (500—600 kg.) ca. 8 %. I middel 7 %.

2. Patentaksler.

a. Halvpatentaksler.

Der blev prøvet 4 aksler af 3 forskellige konstruktioner, der adskilte sig fra hinanden med hensyn til den nøiagtighed, hvormed de var forarbejdet. Da akslerne og hermed ogsaa de fundne tal var saa indbyrdes forskellige, har man ikke villet optegne resultaterne i fig. 7.

Friktionskoefficienten varierede ved middelstore belastninger fra 6—10 %.

Disse tal refererer sig til forsøg med *bomolje*. *Svartoljen* blev ogsaa prøvet og gav ligesaa gode resultater som bomoljen.

Det er sandsynligt, at den konstruktion, som er valgt for disse halvpatentaksler, fordrer en meget nitid udførelse, forat ikke friktionen, f. eks. mellem bossing og stoppering, skal blive for stor. Ved tre af de benyttede halvpatentaksler syntes udførelsen ikke at have været tilstrækkelig god. Den fjerde aksel (svensk) var derimod saa omhyggelig forarbejdet, at resultatet nærmede sig til, hvad der er angivet for helpatentaksler. Idetheletaget antages den grad af nøiagtighed, hvormed akslerne er udført, at være af ligesaa stor betydning som vedkommende konstruktionstype.

b. Helpatentaksler.

To aksler (fra samme fabrik), anvendt ved veidirektorens tidligere udførte kjoreforsøg, blev undersøgt.

Friktionskoefficienten er ved disse aksler sterkt stigende med belastning. Ved smaa belastninger paa akseltappen (ca. 150 kg.) er friktionskoefficienten lig 3 % og ved store (500 à 600 kg.) 7 %. *I middel 5 %.*

Ved disse forsøg er anvendt den til helpatentakslen sædvanlige smørelse (god bomolje). Det er dog ikke udelukket, at hvis man ved de store belastninger havde gjort denne tyndtflydende olje noget mere tyktflydende, f. eks. ved at tilsætte vaselin, vilde der været opnaaet gunstigere resultater ogsaa ved store belastninger. Forsøg med »svartolje«, der er mere tyktflydende end bomolje, bekræftede ogsaa dette.

3. Rullelageraksel.

Der blev kun prøvet en ny aksel. I fig. 7, hvor middel af forsøgene er optegnet, sees, at friktionskoefficienten i modsætning til de andre aksler synker med tiltagende belastning. Ved en belastning paa akseltappen af 150 kg. er $\mu = 5,5$ % og ved 500—600 kg. ca. 3,5 %. I

middel 4,5 %. Ved 300 kg.s belastning paa akseltappen er rullelager og patentaksel lige gode; for større belastning er rullelager bedre.

Tabel over friktionskoefficienter ved godt smurte tappe.

Aksel	Friktionskoefficient $\mu = \frac{F}{P}$ i %			Anmerkning
	Belastning pr. akseltap ca. 150 kg.	Belastning pr. akseltap 500—600 kg.	Middel	
Greaseaksel	6	8	7	Er tappen daarlig smurt, kan friktionen blive 4—6 gange saa stor.
Helpatent	3	7	5	
Rullelager	5,5	3,5	4,5	

I nedenstaaende tabel er for nævnte midlere friktionskoefficienter udregnet den nødvendige trækraft for at overvinde tapfriktionen ved en *firhjulet vogn* med bruttolæs af 750 og 2150 kg. Veier hjulene 150 kg., bliver belastningen pr. hjultap henholdsvis 150 og 500 kg. for de to bruttolæs, idet hjulenes egenvægt ikke virker paa tappen. Det antages, at hjulhoiden er 90 cm. og tapdiameteren = 4 cm. Af formel (2) findes den af tapfriktionen frembragte trækraft $W = \mu \cdot P \cdot \frac{r}{R}$, hvor P er belastningen pr. akseltap.

Aksel	Trækraft i kg. for at overvinde tapfriktionen		Anmerkning
	Bruttolæs 750 kg.	Bruttolæs 2150 kg.	
Greaseaksel	1,6	8,0	Ved daarlig smurte tappe kan nødvendig trækraft blive 4—6 gange saa stor.
Helpatentaksel	0,8	7,0	
Rullelageraksel	1,5	3,3	

Resumé.

De foran omtalte forsøg har vist:

- 1) *At tapfriktionen er liden i forhold til den samlede modstand, naar blot tappene holdes godt smurt.* Er dette ikke tilfældet, kan modstanden blive meget stor.
- 2) *Før læskjøring paa landeveie her i landet spiller det ikke nogen væsentlig rolle for trækraften, om man bruger den ene eller den anden sort aksel.*

Af denne grund bør ved valg af akseltype hensyn særlig tages til prisen, samt til varighed af og omkostning ved smoringen og desuden til, at de er praktiske i brug.

De akseltyper, der derfor helst bør blive tale om, er *greaseaksel* og *helpatentaksel*, idet *rullelager* formentlig er for kompliceret og omfindtlig for almindelig landeveistransport, og de erfaringer, man har angaaende halvpatentaksler, tyder paa, at disse i almindelighed ikke kan holde paa smorelsen saa længe som helpatentaksler.

Ved vogne, der er i stadig brug, vil det, især med store læs, neppe lønne sig at anvende greaseaksel, idet den hyppige smoring, som da er nødvendig, vil falde kostbar og fødre for meget arbejde, saaledes som tidligere nævnt.

Til saadanne vogne bør heller bruges helpatentaksel, hvor smoringen, naar den er godt udført, kan vare op til et par maaneder.

Men ved vogne, der kun bruges periodisk og forholdsvis sjelden, er greaseaksel sandsynligvis lige saa heldig at anvende som patentaksel, idet rust har mere indflydelse paa disse (nutterne kan f. eks. ruste fast) end paa greaseakserne, hvor tappen ikke passer saa noiagtig ind i bøsingen, og hvor forøvrigt konstruktionen ikke er saa kompliceret.

Man har forsøgt at opstille en beregning over driftsudgifter ved greaseaksel og helpatentaksel (smurt med sort mineralolje) *ved stadig brug*.

Paa grundlag af de oplysninger fra praksis, som i den anledning er indhentet, kan man imidlertid ikke angive helt paalidelige tal. Det gennemsnitlige antages dog nogenlunde at træffes i følgende angivelser for $1\frac{1}{2}$ " aksel:

Naar hensyn kun tages til smoremidlernes kostende, tjenes differensen mellem en helpatentaksel og en greaseaksel op paa 5—7 aar. Medregnes ogsaa tab i tid ved greaseakselens hyppigere smoring, skulde prisforskjellen være tjent op i 2 à 3 aar, medens varigheden af en god patentaksel, der er i stadig brug og godt passet, er mange gange denne sidste tid.