A. Christensen

Vej- og
Jernb.
bygning

Veje og Gader

5

Hemming Vivel.

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

COPYRIGHT 1925 BY A. R. CHRISTENSEN, COPENHAGEN

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

---

5. HÆFTE

VEJE OG GADER

MIDLERTIDIG UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIPT

I KOMMISSION HOS G. E. C. GAD — KJØBENHAVN 1925

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. * IVAR JANTZEN

FORORD

Denne Bog er især tænkt som et Hjælpemiddel for de Studerende ved Den polytekniske Læreanstalt, men vil maaske ogsaa kunne være til Nytte for andre.

Kjøbenhavn i Maj 1925.

A. R. CHRISTENSEN.

INDHOLDSFORTEGNELSE

		Side
§ 1.	Færdselsforhold	9
§ 2.	Vejes Tværprofil	16
§ 3.	Kørebanens Form	19
§ 4.	Vejes Krumningsforhold	26
§ 5.	Vejdækkets Bæreevne	37
§ 6.	De forskellige Vejbelægninger	47
§ 7.	Jord- og Sandveje	50
§ 8.	Grusveje	56
§ 9.	Skærveveje	66
	1. Vejmaterialet	66
	a. Vejmaterialernes mineralske Sammensætning	67
	b. Vejmaterialernes fysiske Egenskaber	69
	2. Laboratorieundersøgelser	79
	3. Prøveveje	87
	4. Maaling af Skærver	91
	5. Skærvevejes Bygning	98
§ 10.	Vejtromler	104
§ 11.	Skærvemaskiner	114
§ 12.	Renholdelse og Vedligeholdelse af Skærveveje	120
§ 13.	Vejkassens Beregning	128
§ 14.	Nomenklatur for de i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler	130
§ 15.	De i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler	133
	1. Stenkulstjære	133
	2. Olie og Beg	
	3. Betingelser for Levering af Tjære og Beg til Vejbrug	137
	4. Bitumen, Asfalt og Jordolie	138
	5. Raaolie	140
	6. Flux	140
	7. Betingelser for Levering af Bitumen og Asfalt	140
§ 16.	Prøvning af Tjære, Beg, Bitumen og Asfalt	141
§ 17.	Overfladebehandling af makadamiserede Veje	153
§ 18.	Overfladebehandling af Veje med Vand og vandsugende Salte	165
§ 19.	Udfyldnings- og Blandingsmetoden	166
	1. Udfyldningsmetoden	166
	2. Blandingsmetoden	167
§ 20.	Skærvelag med Asfalt og Bitumen som Bindemiddel	175
	1. Asfaltiske Vejbelægninger af Skærver, Sand, el. lign.	175
	2. Vejbelægninger af Asfaltsten	183
	a. Presset Asfalt	183
	b. Støbeasfalt	185

Side

§ 21. Betonveje 189
§ 22. Stenbrolægning 199
1. Brolægning paa Sandfundament 202
2. Brolægning paa Skærve- og Betonfundament 205
3. Chaussébrolægning 207
§ 23. Træbrolægning 211
§ 24. Bygning af Gader 216
§ 25. Vognenes Virkning paa Vejbanen 218
§ 26. Fortove, Gangstier, Cyklestier, Ridestier, Sommerveje m. m. 232
§ 27. Træplantning m. m. 241
§ 28. Vejenes Afmærkning 244
§ 29. Opstandere, Indbygninger m. m. 245
§ 30. Gadernes Renholdelse samt Fjernelsen af Sne og Is 246
§ 31. Vejenes Bestyrelse i Danmark 249

§ 1. Færdselsforhold.

Færdselstællinger. Det er nu almindeligt, at man i de fleste Lande foretager systematiske Færdselstællinger. Hensigten med disse Tællinger er

at bestemme den daglige Færdselsmængde, Færdslens Art og ødelæggende Virkning paa Vejen.
at bestemme Automobilfærdslens Vækst og Hestefærdslens Aftagen,
at bestemme Variationen i Færdslens Størrelse paa forskellige Tider af Dagen, Uge, Maaned og Aar.
at bestemme Vognenes Hastighed og Middelafstanden mellem dem.
at bestemme Forskellen i Færdselsmængde før og efter at en Vej er blevet forbedret eller ombygget.
at bestemme Udgiften til Vejvedligeholdelse pr. Køretøj.
at hjælpe Vejingeniøren ved Vedligeholdelse og Ombygning af Vejen.
at hjælpe Politimyndighederne i deres Dispositioner til Regulering af Færdslen.
at hjælpe og vejlede ved Byplanlægning.

I flere Lande er der blevet opstillet Skemaer til Anvendelse ved disse Færdselstællinger, hvor Vogne og Automobiler opføres i Rubrikker efter deres forskellige Typer, Vægt, Ringe m. m. Desuden opføres ofte, om Automobilerne har Læs eller ej, da man antager, at Automobiler uden Læs skader Vejen mere end samme Automobil med Læs. Hvis det er muligt, bør man skille Lastautomobiler efter deres Vægt f. Eks. holde for sig Automobiler mellem 1 og 2½ ts, mellem 3 og 4½ ts, og mellem 5 og 6 ts. Undertiden skelner man mellem »lette Automobiler, d. v. s. Personvogne og Varevogne og »tunge Automobiler«, d. v. s. Omnibusser og Lastvogne.

For at bestemme Færdslens Størrelse til forskellige Tider af Dagen eller Ugen opgør man Tællingerne pr. Time og pr. Dag. Man vil se, at Færdslen paa nogle Ugedage er større end paa andre; i visse Tilfælde er den Lørdag og Søndag større end de andre Dage, men maaske af en anden Art. De Steder, hvor noget saadant er Tilfældet, mærkes særligt, da det her især drejer sig om Fornøjelseskørsel med Luftringe. Tællingerne vil ogsaa vise, at Færdslen i visse Dele af Maaneden er større end i andre Dele. Variationerne fra Time til Time vil gøre det muligt at skønne over Middelafstanden imellem Vogne, der kører i samme Retning. Dette kan saa supleres med Angivelse af den Middelhastighed, hvormed Vognene kører.

I tidligere Tid blev saadanne Tællinger udført af Politimyndighederne, men det er naturligt, at det nu er Vejmyndighederne, der udfører dem, da de især skal benyttes til en Undersøgelse over Vejslidet. Ved alle saadanne Tællinger bør noteres, hvorledes Vejret har været.

Variationerne i Færdslen i de forskellige Aarstider har stor Interesse for Vejmyndighederne. Hvor der foretages Tællinger hver Maaned, kan man faa en nøjagtig Opgørelse over den maanedlige Variation. Hvis man ikke kan faa maanedlige Tællinger, vil det i hvert Tilfælde være ønskeligt at faa kvartaarlige f. Eks. i Januar,

April, Juli og Oktober. Dette vil være af Betydning, idet man vil se, at Trafikken, i hvert Fald som Regel vil være størst om Sommeren, men paa den anden Side vil en mindre Trafik i den vaade Aarstid maaske bevirke en større Ødelæggelse.

En Færdselstælling, før og efter at en Vej er blevet forbedret, har særlig Interesse for baade Vejmyndigheder og Brugere af Vejen. Hvis Færdslen vokser, vil der sandsynligvis finde en Formindskelse Sted paa nærliggende Veje.

Det har Interesse at kende Udgifterne til Vedligeholdelse af en Vej pr. Køretøj, idet man derved bliver i Stand til at sammenligne Værdien af forskellige Vejbelægninger og af forskellige Veje i samme Omraade.

Ved Færdselstællingerne henledes Opmærksomheden paa de Punkter af Vejen, der kræver særlig Omhu, og man vil blive i Stand til at anvende de Penge, man raader over til Vedligeholdelse af Vejen, paa de rigtige Steder.

Regulering af Færdslen angik tidligere udelukkende Politiet, og er endnu et Politispørgsmaal, men Færdselstællingen vil selvfølgelig kunne være vejledende ved Valg af de Punkter og Tider, hvor Regulering er nødvendig.

Den svenske Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen anvender nedenstaaende Skema for Udførelse af Færdselstællinger. Skemaet indledes med nogle vejledende Bemærkninger, hvoraf følgende skal gengives:

Ved Tællingen sættes en Streg i 3. Kolonne i den paagældende Linie. Tællingen bør foretages helst fra Kl. 6 Fm. til Kl. 9 Em. Til Tællingen vælges Dage med normal Færdsel, altsaa ikke Markeds- og Festdage, men gerne Fredag, Lørdag og Søndag efter hinanden.

Skemaet ser saaledes ud:

Færdselstælling ved ..... paa Vejen .....
i ..... Sogn ..... Vejdistrikt ..... Amt
udført, den / 19.....Kl. .....af .....Adresse.....

	ts	Antal	Ialt Antal	Ialt ts
Fodgængere				
Cyklister, Ryttere, Trækvogne og Dyr				
Enspændige Hestekøretøjer	1,2			
Tospændige »	2,7			
Motorcykler	0,2			
Personautomobiler m. højst 4 Pladser	1,0			
» m. 5—7 Pladser.	2,2			
Omnibusser m. 8—14 Pladser	3,0			
» m. over 14 Pladser	4,0			
Lastautomobiler paa højst 1 t	2,1			
» 1,1—2 ts	2,8			
» 2,1—3 ts	3.6			
» over 3 ts	5,0			
Særlige Køretøjer og Bivogne				
		Ialt		

Resultaterne af Færdselstællinger kan optegnes grafisk paa et Kort som vist i Fig. 1 [1]) for Odense (1924), hvor de sorte Liniers Tykkelse er Maal for Færdslens Tykkelse.

Paa Vejene, der fører ud fra Odense, har Færdselstællingerne tæt uden for den egentlige By givet følgende Færdselsmængder pr. Dag:

Til Nyborg og Svendborg ..... 1200 ts
- Kerteminde ..... 900 -
- Bogense ..... 1600 -
- Middelfart ..... 1000 -
- Faaborg og Assens ..... 1300 -

Færdslen i Gaderne er paa mange Steder større; i Odense saaledes:

i Gaden mellem Havnen og Byen ved Nørrebro..... 4100 ts
— - Bogensevejen ..... 4700 -
— - Skibhusvejen ..... 6000 -

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1924 S. 146 o. flg.

Beregning af en Vejs Kapacitet. Der findes meget faa Opgørelser over, hvor stor en Trafik en Kørebane, der f. Eks. er to Kørebredder bred, eller 6 m. ialt kan optage. I det følgende skal gøres et Forsøg paa ved Beregning at naa til et Resultat [1]).

Det forudsættes, at der paa Vejen kun kører Automobiler, og at det gælder om at finde den Hastighed, hvormed der kan køres, for at Vejen kan optage den største Trafikmængde, og at finde selve Størrelsen af denne Trafikmængde.

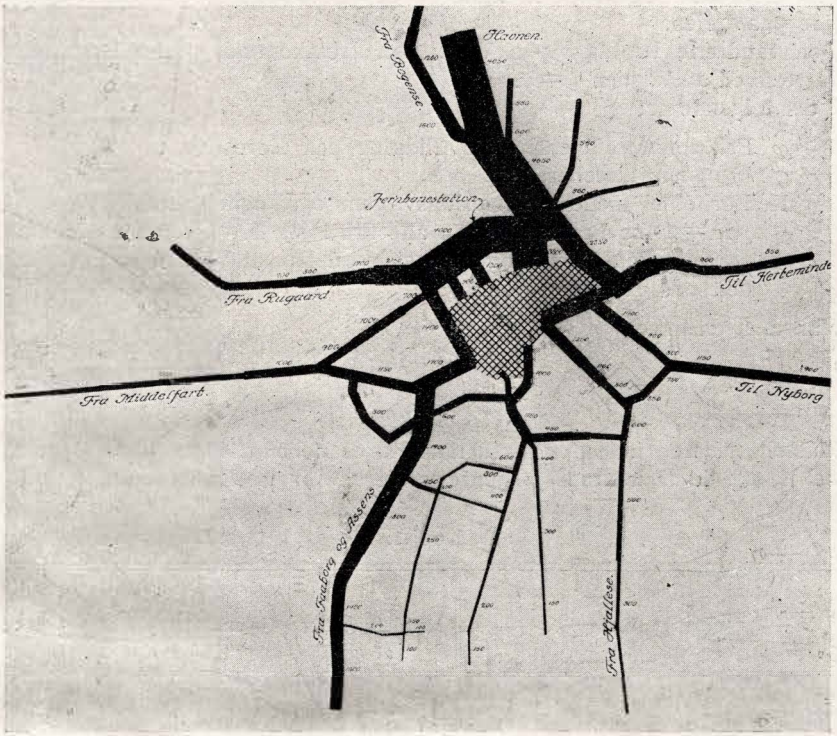


Fig. 1.

Automobilernes Hastighed er begrænset derved, at de skal kunne standse paa en bestemt Afstand, og denne Afstand afhænger ved denne Undersøgelse af den Afstand, der er mellem to efter hinanden følgende Automobiler.

I det følgende er:

V Automobilets Hastighed.
γ Den negative Accelleration (Retardationen) under Bremsningen.
t Den Tid Bremsningen varer.
L Bremselængden.

Man har da

$$L = \tfrac{1}{2}\gamma t^2 = \frac{V^2}{2\gamma}. \qquad (1)$$

Hvis man udelukkende tager Hensyn til de kørendes Bekvemmelighed, bør Retardationen ved Bremsningen normalt ikke være større end

[1]) L'Industrie des Tramways, chemins de fer et transports publics automobiles 1924 S. 502.

$$\gamma = \div 1 \text{ m} : \text{sek}^2,$$

men hvis det er nødvendigt, vil man kunne gaa op til

$$\gamma = \div 2{,}4 \text{ m} : \text{sek}^2,$$

svarende til en vandret Kraft lig ¼ af et Menneskes Vægt, og denne vandrette Kraft er ikke stor nok, til at man glider ned af det Sæde, man sidder paa.

Hvis man vil tage Hensyn til, at Automobilet skal blive staaende paa Vejen uden at glide, maa man søge at finde de Grænseværdier af γ, hvor Vognen netop vil glide paa Vejen.

Den vandrette Reaktion paa Vejen, der fremkommer under Bremsningen, er pr. Masseenhed af Vognen $f = \gamma$.

I det følgende er:

φ Friktionskoefficienten for Glidning paa Kørebanen.
g Tyngdens Accelleration.
K Forholdet mellem Adhæsionsvægten og Vognens totale Vægt.
(K = 1 for Bremsning paa alle fire Hjul, K = ½, naar der kun bremses paa Baghjulene, og man gaar ud fra, at Vægten er ensformigt fordelt paa Hjulene).

Man maa da have

$$f < K \cdot \varphi \cdot g$$

eller

$$\gamma < K \cdot \varphi \cdot g.$$

Middelværdierne af φ for forskellige Kørebanebelægninger findes i 1. Kolonne i Tabel 1, og deraf uddrages Grænseværdierne for γ (Kolonne 2 og 3).

Tabel 1.

Vejbelægning	1 Middelværdier af φ	2 Grænseværdier af γ i m : sec² for K = 1	3 K = 1 : 2
Tør Beton eller Asfalt	0,64	6,27 (a)	3,14 (d)
Fugtig Brolægning	0,38	3,72 (b)	1,86
Meget vaad Brolægning	0,30	2,94 (c)	1,47
Fedtet Brolægning	0,06	0,58	0,29

Værdierne (a) (b) (c) og (d) kan ikke benyttes, da de vilde være farlige for de kørende, men det har Interesse at se, hvor stor Værdien af γ kan blive, naar Kørebanen er ugunstig.

De Værdier af γ, der skal undersøges, er følgende:

$\gamma = \div 2{,}4$ m. : sek.² er den Grænseværdi, der er fastsat af Hensyn til de kørendes Sikkerhed,

$\gamma = \div 1{,}0$ m. : sek.², der er den normale Værdi, der tager Hensyn til de kørendes Behagelighed.

Disse Værdier maa reduceres til:

$\gamma = \div 0{,}58$ m. : sek.²
og
$\gamma = \div 0{,}29$ m. : sek.²

} disse Grænseværdier skyldes Hensynet til, at man vil søge at undgaa at glide paa fedtet Brolægning.

De to sidste Værdier af γ svarer, den første til Bremsning af alle fire Hjul, den anden til Bremsning af Baghjulene alene.

Ved Hjælp af disse Værdier kan Færdselsberegningen stilles op. I Tabel 2

Tabel 2 [1])

Hastighed	Tør eller vaad Asfalt $\gamma = -1$ m : sek²			Fedtet Brolægning eller lignende Vejbelægning: Automobiler, der bremses paa alle 4 Hjul $\gamma = -0{,}58$ m : sek²			Automobiler, der bremses alene paa Baghjulene $\gamma = -0{,}29$ m : sek²		
	Bremse-tid	Bremse-længde	Antal Vogne i Timen	Bremse-tid	Bremse-længde	Antal Vogne i Timen	Bremse-tid	Bremse-længde	Antal Vogne i Timen
km/Time	sek.	m.		sek.	m.		sek.	m.	
4	1,1	0,60	780	1,9	1,06	720	3,8	2,10	605
5,7							5,5	4,50	**640**
8	2,2	2,45	1150	3,8	4,25	914	7,7	8,50	615
8,2				3,9	4,50	**915**			
10	2,8	3,86	1195	4,8	6,70	895	9,5	13,20	565
10,8	3	4,50	**1200**						
15	4,15	8,60	1145	7,2	14,90	772	14,3	29,85	435
20	5,55	15,40	1005	9,5	26,60	642	19,1	53,10	345
25	6,95	24,15	870	12	41,50	543	23,9	83	285
30	8,35	34,85	760	14,40	60	465	28,7	119,50	240
40	11,1	61,60	605	19,1	105,50	362	38,3	210,70	185
50	14	96,60	495	24	166	292	47,8	332,15	165
75	21	217,40	340	36	374	198	71,8	748,10	100
100	28	386,50	254	48	666	149	95,7	1332,50	75

findes Resultaterne af en Beregning for forskellige Hastigheder og for disse Værdier af γ af Bremsetid, Bremselængde og Antal Vogne i Timen.

Er Vejen eller Gaden stærkt befærdet, kan man finde den Hastighed, der giver den største Færdselsmængde, paa følgende Maade:

Bremseafstanden er (1):

$$L' = \frac{V^2}{2\gamma},$$

og dette maa være Afstanden imellem to Automobiler, der kører efter hinanden med Hastigheden V.

Hvis l er Længden af de lige lange Automobiler, bliver Afstanden mellem ensliggende Punkter paa to Automobiler, der følger efter hinanden i en Række:

$$L' = \frac{V^2}{2\gamma} + l.$$

Antallet n i Timen af Vogne i en Række, der kører med den konstante Hastighed V er

$$n = \frac{V}{D'} = \frac{V}{\frac{V^2}{2\gamma} + l} = \frac{2\gamma V}{V^2 + 2\gamma l}. \qquad (2)$$

Denne Ligning fremstiller i et Koordinatsystem, hvor Hastigheden V afsættes paa Abscisseaksen, Antallet af Vogne n paa Ordinataksen, en Kurve (Fig. 2), der i Begyndelsespunktet rører den rette Linie

$$n = \frac{V}{l}$$

og som Asymptote har Linien

$$V = \infty$$

svarende til Hyperblen

[1]) Efter l'Industrie des Tramways 1924. S. 502.

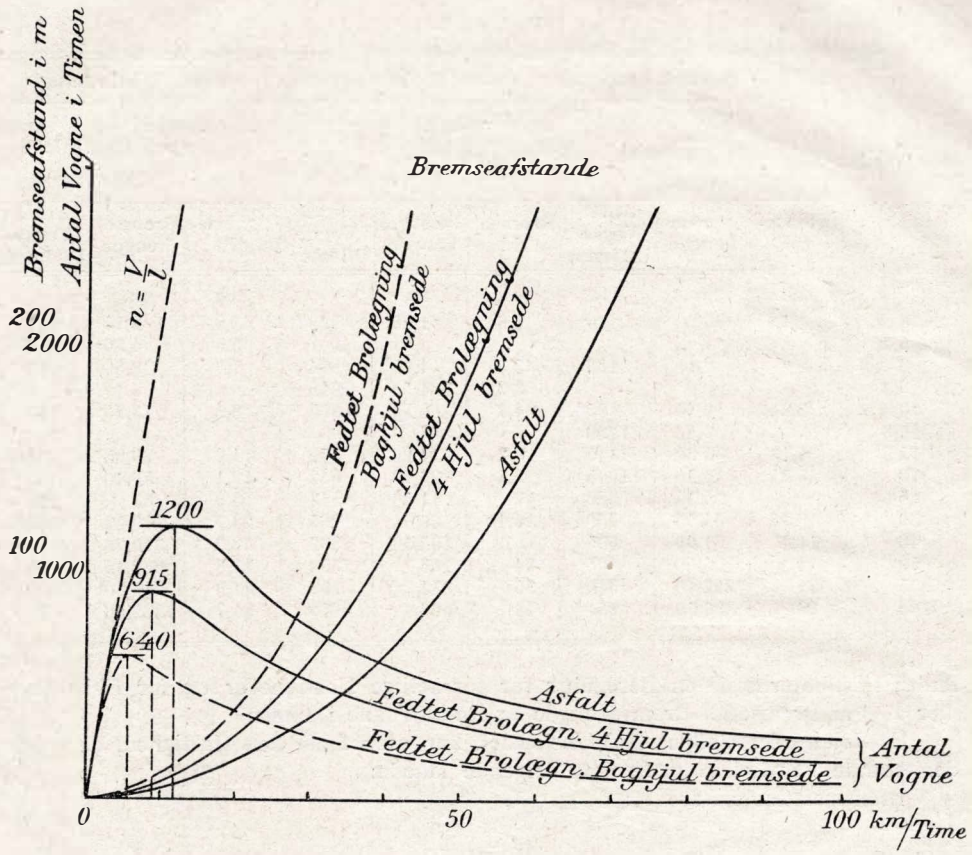


Fig. 2.

$$V \cdot n = 2\gamma.$$

Betingelsen for Maksimum er

$$\frac{dn}{dV} = 0\,; \quad (V^2 + 2\gamma l)\,2\gamma - 4\gamma V^2 = 0$$

$$2\gamma V^2 + 4\gamma^2 l - 4\gamma V^2$$

$$V^2 = 2\gamma l \tag{3}$$

hvoraf

$$V = \sqrt{2\gamma l}. \tag{4}$$

Det er klart, at kun den Del, der ligger til højre for Maksimumspunktet, har Interesse, da den svarer til større Hastigheder og som Følge deraf til en bedre Udnyttelse af Vognene og af de kørendes Tid.

Hvis man sammenligner Ligningerne (1) og (3), ser man, at L = l, og at som Følge deraf største Vognmængde faas ved en Hastighed, der svarer til den Hastighed, som gør det muligt for Chaufføren at standse paa en Længde lig Automobilets Længde.

Dette kan ogsaa udtrykkes saaledes, at man faar den størst mulige Trafikmængde i det Tilfælde, at Afstanden mellem Vognene er lig Vognlængden.

Af det, der ovenfor er sagt, fremgaar, at den fordelagtigste Hastighed faas af Ligningen

$$V = \sqrt{2\gamma l},$$

hvor l er Længden af Automobilerne, idet der gaas ud fra, at de alle har samme Længde.

Hvis Automobilernes Længde er 4,50 m, hvilket passer for Personautomobiler, og at Automobilerne bremses enten paa alle fire Hjul eller kun paa Baghjulene, samt at de kører paa en asfalteret Vej, der er tør eller meget vaad, saa har man

$$V = \sqrt{2 \cdot 1 \cdot 4{,}5} = 3 \text{ m/sek} = 10{,}8 \text{ km/Time}.$$

Den Længde, som hver Vogn optager, er

$$L + l = 2l = 9 \text{ m}.$$

Den største Mængde Vogne i Timen i en Række bliver da

$$\frac{V}{L + l} = \frac{10800}{9} = 1200.$$

Tilsvarende Beregninger vilde for fedtet Brolægning give

Automobiler, der bremses paa alle fire Hjul	fordelagtigste Hastighed	$V = 8.2$ km
	Antal Vogne i Timen	915
Automobiler, der bremses alene paa Baghjulene	fordelagtigste Hastighed	$V = 5.7$ km
	Antal Vogne i Timen	640

Disse Resultater kan optegnes grafisk ved Kurver i et Koordinatsystem (Fig. 2).

Resultatet af denne Undersøgelse er, at Hastigheden paa Gader og Veje, hvor Automobilerne følger lige efter hinanden, er begrænset ved den Afstand, der maa være imellem to paa hinanden følgende Vogne. Paa stærkt befærdede Veje faar man den største Færdsel ved en forholdsvis lille Hastighed. Færdselsmængden er størst, naar Vognene kører med samme Hastighed, og hver Vogn kan standse paa sin egen Længde, saaledes at der imellem to Vogne, der følger efter hinanden i Række, er en Afstand lig Vognlængden.

Man vil ligeledes se, og det gælder især for ugunstig Kørebanebelægning som fedtet Brolægning, at Bremsning af alle fire Hjul er fordelagtigst og tillader, at man anvender i hvert Fald dobbelt saa store Hastigheder som i det Tilfælde, hvor kun Baghjulene bremses. Bremsning af alle fire Hjul gør det muligt at udnytte Automobilerne bedre og spare Tid for de kørende.

Ubevogtede Niveauoverskæringer. De i Tabel 2 beregnede Værdier af Bremsetid og Bremselængde kan benyttes ved Undersøgelsen af Oversigtsforholdene ved ubevogtede Niveauskæringer mellem Veje og Jernbaner. Den Hovedbetragtning, der maa lægges til Grund, maa være den, at et Automobil, naar det kører med den tilladte Hastighed, skal kunne bremse og standse, før det naar det Punkt, hvori Bane og Vej skærer hinanden, under Forudsætning af, at Bremsningen begynder i det Øjeblik, man fra Automobilet faar Øje paa Toget.

Af Tabellen tages den beregnede Bremselængde og Bremsetid for Automobilet, og for Toget beregnes derefter den Vejlængde, som Toget kan gennemløbe i denne Bremsetid. Over denne Vejlængde skal man da have frit Overblik fra det Punkt, hvori Automobilet skal begynde at bremse.

Regner man, at Toget kører med en Hastighed af 45 km i Timen, hvilket svarer til en Vejlængde paa 12,5 m i Sekundet, vil man finde, at hvis Automobilet f. Eks. kører med en Hastighed af 50 km i Timen, vil de af Toget i Bremsetiden gennemløbne Vejlængder blive henholdsvis:

$14 \cdot 12{,}5 = 175$ m $\qquad 24 \cdot 12{,}5 = 300$ m $\qquad 47{,}8 \cdot 12{,}5 = 600$ m

Er Automobilets Hastighed 30 km, bliver de tilsvarende Tal

$8{,}35 \cdot 12{,}5 = 100$ m $\qquad 14{,}40 \cdot 12{,}5 = 180$ m $\qquad 28{,}7 \cdot 12{,}5 = 360$ m.

Antager man saaledes f. Eks., at Automobilet kører med en Hastighed af 50 km i Timen paa fedtet Brolægning, og at det kun bremses paa Baghjulene, maa der stilles det Krav til fri Udsigt, at man fra et Punkt paa Vejen 332,15 m (Tabel 2) fra Baneskæringen skal kunne se Toget, naar dette er 600 m fra Vejen (se ovenfor). Kører Automobilet derimod med en Hastighed af 30 km i Timen paa en tør, god Vej, maa Kravet til fri Udsigt blive, at man fra et Punkt paa Vejen i en Afstand af 35 m (34,85 m) fra Baneskæringen skal kunne se Toget, naar dette er 100 m fra Vejen (se ovenfor).

Efter Undersøgelser, der er foretagne af den svenske Ruteautomobilkommission [1]) skulde 6 m Kørebanebredde være tilstrækkelig selv om Trafikken gaar op til 350.000 ts. pr. Aar, og Kommissionen mener, at denne Vejbredde maatte anses for tilstrækkelig selv for væsentlig større Trafik; 4,5 brede Veje skulde være fuldt tilstrækkelige for en Trafik paa op til 50,000 ts. pr. Aar og maa anses for at være i Stand til at optage en dobbelt saa stor Trafik.

§ 2. Vejes Tværprofil.

En Vejs eller Gades Tværprofil bør, naar den har nogen Færdsel, helst ordnes saaledes, at hver Færdselsart faar sin Kørebane, d. v. s. at Vejen eller Gaden faar en eller om fornødent to Kørebaner, en eller to Cyklestier, en eller to Gangstier og muligvis et særligt Areal til Sporvejsspor.

Den Bredde, selve Kørebanebefæstelsen bør have, afhænger af Færdslens Størrelse og af Vognenes Art og Hastighed. Bredden fastsættes i Almindelighed som et vist Antal Vognrækkebredder, og man regnede tidligere med en Bredde af en Vognrække paa 2,5 m, men man er i den nyeste Tid tilbøjelig til at gaa noget højere op, maaske til 3 m, og det engelske Transportministerium har saaledes for nylig fastsat denne Bredde til 10′ (3,048 m).

Alle Landeveje og alle Veje og Gader af nogen Betydning bør, hvor Forholdene tillader det, have en saa bred Kørebanebefæstelse, at der i hvert Fald er Plads til 2 Rækker Vogne. I mange Lande har man ved Lov fastsat Automobilernes største Bredde; her i Landet er den saaledes fastsat til 2,3 m. Hvis Vejbefæstelsen er tilstrækkelig bred til, at to af de bredeste Lastautomobiler kan passere forbi hinanden, vil mindre Lastautomobiler og Personautomobiler ogsaa med tilstrækkelig Sikkerhed kunne passere forbi hinanden. For langsom Kørsel med Lastautomobiler[2]) anses i Almindeliged en fri Afstand mellem to mødende Vogne paa c. 1,1 m for tilstrækkelig, medens der mellem to hurtigtkørende Personautomobiler gerne skulde være mindst 1,5 m. Af Bekostningshensyn sørger man ofte kun for Plads til, at et Personautomobil og et Lastautomobil med fuld Sikkerhed kan møde hinanden.

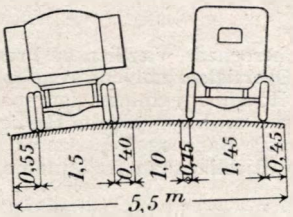


Fig. 3.

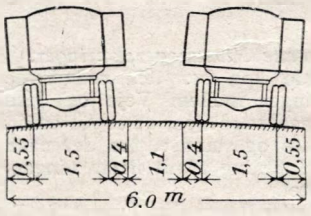


Fig. 4.

Fig. 3 [3]) viser de Maal, der er nødvendige, for at et Person- og et Lastautomobil, og Fig. 4 de Maal, der er nødvendige, for at to Lastautomobiler med den ovenfor omtalte Sikkerhed og en største Bredde paa 2,3 m kan passere forbi hinanden. Er Kørehastigheden for Personautomobiler 45 km. i Timen, kan man næppe køre med Hjulene nærmere end 45 cm fra Kanten af Vejbefæstelsen. For Lastautomobiler, der kører med en Hastighed af 15—25 km i Timen, bør dette Maal mindst være 55 cm paa Grund af den større Bredde af Baghjulene.

Hvor der kun er ringe Færdsel af Lastautomobiler, kan man derfor sætte

[1]) Betänkande angående regelbunden Automobiltrafik samt angående maskinel Vägtrafik i de nordliga Länen. Stockholm 1923.
[2]) United States Department of Agriculture. Bulletin No. 1077. Washington 1922. Portland Cement Concrete Roads. S. 13.
[3]) Dansk Ingeniørforenings tekniske Vejkomité: Vejes Plan og Profil.

Normalsporvidde 1,435

mindste Bredde af Vejbefæstelsen til 5,5 m, men hvor der kører mange Lastautomobiler, bør man ikke gaa under 6,0 m.

Paa Veje, hvor to Automobiler sjældnere møder hinanden, kan Bredden af den befæstede Vej sættes ned til 5,0 m, idet da enten den frie Afstand mellem to mødende Automobiler reduceres fra 1,0 m til 0,5 m under Forudsætning af, at Automobilerne formindsker Hastigheden, naar de passerer forbi hinanden, eller at de tildels kører ud paa Rabatterne.

Gangstier lægges paa almindelige Veje ofte i Højde med Kørebanen. Det Vand, der falder paa Kørebanen, maa da ledes bort over Gangstien, og denne er derfor i vaadt Vejr lidet egnet til Færdsel; man lægger derfor gerne Gangstierne som ophøjede Gangstier, og disse skulde saa gerne have en saadan Bredde, at i hvert Fald to Fodgængere kan komme forbi hinanden, og hertil kræves mindst en Bredde paa 1,25—1,5 m; i Nærheden af Byerne maa Gangstiens Bredde gøres større og maaske forøges til 2,5 m eller mere.

Det er meget almindeligt, at den ene af Vejrabatterne indrettes som Sommervej; denne kan da befæstes med et Gruslag paa 10 cm Tykkelse, der kan bære let Vognfærdsel i tørt Vejr. Saadanne Sommerveje er behageligere for Hestene end en makadamiseret Kørebane, og Køretøjerne lider mindre af Stødene end paa en haard makadamiseret Kørebane; ved Kørsel nedad Bakke kan Hestene lettere holde igen paa Vognen paa den bløde Grusvej end paa den makadamiserede Skærvebane. Derimod er det en Fejl ved Sommervejene, at de noget hindrer, at Vandet løber væk fra Kørebanen; paa Sommervejene fremkommer der enten en Græsbevoksning eller ogsaa dybe Hjulspor, og føres der ikke omhyggeligt Tilsyn med dem, vokser de i Vejret, og Vandet kan ikke komme ud til Grøfterne.

Skal Vejrabatten bruges til Sommervej, maa dens Bredde helst være 2,5 m og i hvert Fald ikke gerne under 2 m.

Den ene Vejrabat benyttes ofte til Oplægning af det Vejmateriale, der skal bruges til Vedligeholdelsen; dette Materiale leveres da og maalsættes paa Vejrabatten, hvor Skærveslaaningen i hvert Fald i tidligere Tid derefter foregik. Skal Vejrabatten bruges saaledes, maa dens Bredde mindst være 2,5 m.

Man regnede tidligere, at Kørebanen mindst maatte have en Bredde af 3,8 m, hvis 2 Vogne skulde kunne mødes, naar Læsset ikke gik ud over Faddingen; for to bredt læssede Vogne regnede man, at Kørebanen mindst maatte være 5 m bred, og var Vejen smallere, maatte, hvis to bredt læssede Vogne skulde mødes, den ene køre ud paa Vejrabatten med det ene Hjul.

Den samlede Planumsbredde for en Vej vil derefter mindst blive

Kørebane	3,8 m
2 Banketter	2,5 -
ialt	6,3 m

For stærkt befærdede Veje paa Landet, der skal være aabne for al Færdsel, maa den samlede Planumsbredde blive:

Kørebane	6,0 m
Sommervej	2,5 -
Materialbanket	2,5 -
ialt	11,0 m

I disse Bredder er der ikke taget Hensyn til særlige Cyklestier og til særlige Gangstier.

Her i Landet nøjes man ved helt private Veje, f. Eks. Indkørslen til en Gaard, ofte med en Kørebane af 2,5—3 m Bredde, og Markveje er som Regel kun 1,9—2 m brede, og er Vejen ikke indgrøftet, bliver dette hele Vejbredden. Skal Vejen indgrøftes, maa Kørebanen indfattes af mindst 0,65 m brede Rabatter, og den samlede Vejbredde bliver da mindst 3,8 m.

Ved Udstykning af Parceller til Bebyggelse paa Landet skal der udlægges en mindst 3,8 bred Vej, og heri kan Vejgrøfter ikke være indbefattet. Parcelveje udlægges dog i Almindelighed med en Bredde af 5 m.

De offentlige Biveje og private Veje til Brug for flere Lodsejere er vistnok for Størstedelen udlagt med en mindste Bredde af 7,5 m, og der er saa i Grænselinierne gravet

Grøfter, der sædvanlig har en Bredde af ca. 1,25 m, saa den nyttige Vejbredde bliver 6,25 m; deraf vedligeholdes 3,0—3,8 m som Kørebane, mens Rabatterne holdes græsbevoksede; den ene bruges som Materialbanket og den anden af Fodgængere.

For Landevejene var det i Forordningen af 13. December 1793 foreskrevet, at Bredden skulde være 7,5—12,5 m mellem Grøfterne, og at Vejen skulde have en god Sten- eller Grusbane for Kørende, en Jordvej for Kørende og en Gangsti.

Denne Bestemmelse blev ophævet ved Vejloven af 21. Juni 1867 og erstattet med en almindelig Regel om, at Vejen skal være i tilbørlig Stand efter Færdslens Krav. Naar dette overholdes, beror det paa Vejbestyrelsens, d. v. s. Amtsraadets Skøn, hvilken Bredde og Udstyrelse Vejbanen skal have. Veje, der er anlagt før 1867, maa dog ikke forandres i Retning eller Bredde uden Samtykke fra Ministeriet for offentlige Arbejder.

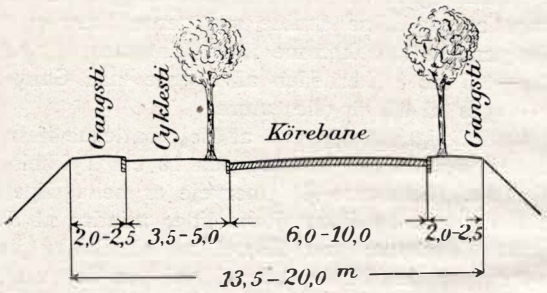


Fig. 5.

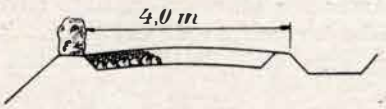


Fig. 6.

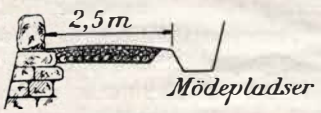


Fig. 7.

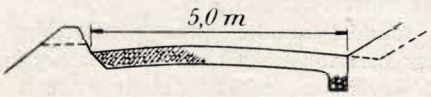


Fig. 8.

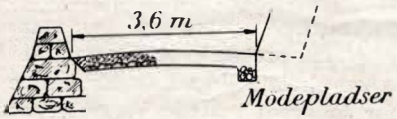


Fig. 9.

Vi har derfor i Danmark de gamle 40 Fod (12,5 m) brede Hovedlandeveje, der i Almindelighed i Midten har en 5,7 m bred Kørebane. Paa begge Sider, ca. 0,95 m fra Grøftekanten, er plantet Træer, og disse Strimler bruges som Gangstier. Imellem Træerne og Kørebanen er der 2,5 m brede Rabatter, af hvilke den ene bruges som Sommervej, den anden som Materialbanket. Efterhaanden som de gamle Træer gaar bort og erstattes ved Nyplantning, flyttes Trærækken ved Materialbanketten længere bort fra Grøftekanten, for at der kan blive bedre Plads til en Gangsti.

De tidligere saakaldte mindre Landeveje og de siden 1867 anlagte Amtsveje har en Bredde paa 7,5 m—10 m, med 3,8, 4,4 eller 5 m bred Kørebane, saa der paa begge Sider bliver 1,85—2,5 m brede Rabatter, af hvilke den ene bruges som Materialbanket og iøvrigt holdes græsbevokset, medens den anden bruges som Gangsti og Cyklesti eller Sommervej. Vejene er i Reglen beplantede, men Træerne staar da lige i Grøftekanten, saa den nyttige Vejbredde indskrænkes kun lidt.

I Nærheden af Byerne, hvor Færdslen stiller større Krav til Kørebanens Bredde, eller paa Steder, hvor man maaske har ment at maatte benytte den ene Rabat til Cyclesti eller Gangsti, kan man henvise Stenleverancer og Skærveslaaning til særlige Stenpladser. Undertiden har man bygget særlige Materialoplagspladser ud over den ene Vejgrøft, i Almindelighed i Form af blinde Overkørsler, der lægges i Højde med Vejrabatten uden Forbindelse med Terrænet paa den anden Side af Grøften.

Det synes, som om nye Hovedveje i England vil faa en samlet Bredde paa 150′ (45 m) eller mere i Fremtiden, og der er saaledes foreslaaet bygget en 150—200′ (45—60 m) bred Vej imellem Manchester og Liverpool. Det er da Hensigten i Midten at lægge en dobbeltsporet elektrisk Sporvej, og langs hver Side af den en 30′ (9,15 m) bred Kørebane.

Hvor der bygges nye Veje, kan det undertiden være fordelagtigt ikke at bygge Kørebanen straks i fuld Bredde af Hensyn til Bekostningen, og i saadanne Tilfælde kan man f. Eks. udlægge Fortovene med større Bredde, indtil Færdslen er blevet saa stor, at det endelige Profil maa fremstilles.

Gaders Breddeforhold vil blive nærmere omtalt nedenfor.

Da de danske Landeveje oprindelig er byggede af franske Ingeniører og efter fransk Model, skal endnu blot angives de for de franske Veje anvendte Hovedmaal:

	Gangsti m	Kørebane m	Bredde ialt m
I Klasse, Routes Nationales	6,66	6,66	20,0
II » , » départementales	3,0	6,0	12,0
III » , Chemins de grande communication	2,0	6,0	10,0
IV » , » d'intérêt commun.	1,5	5,0	8,0

I Fig. 5 er vist et af »Den tekniske Vejkomité« foreslaaet Profil for den fremtidige Udbygning af Hovedlandeveje i Danmark. I Norge[1]) anvendes i Øjeblikket de i Fig. 6—7 viste Profiler, men der er fremsat Forslag til nye, noget bredere Profiler (Fig. 8—9). Paa Island gøres Hovedvejene indtil 4,0 m brede, kun nærmest Reykjavik 5,0—5,5 m. (Stigningsforhold helst ikke over 50 $^0/_{00}$ og mindste Kurveradius, helst ikke under 20 m); en Del Veje bygges dog som 3 m brede Grusveje.

§ 3. Kørebanens Form.

Kørebanens Overflade maa i Tværretningen ikke være vandret, da Vandet ellers vilde blive staaende paa en Vej med vandret Længdeprofil, og paa en Vej, der laa i Fald, vilde løbe af efter Vejens Længderetning. Vejens Overflade maa derfor i alle Tilfælde have Tværfald. Tværfaldet kan faas paa to Maader, enten ved at Tværsnittet formes efter en Cirkel eller en Parabel, eller ved at det begrænses af rette Linier, der falder fra Midten og ud mod Siderne. Tværfaldet maa fortsættes ud til Rendestenen eller ud over Vejrabatterne til Kanten af Grøfterne, der skal optage Regnvandet.

Saalænge en Vogn kører i en Gade med krumt Tværprofil, parallelt med Gadens Midtlinie, beskriver dens fire Hjul rette Linier parallele med denne Midtlinie; Hjulene rører fuldstændig Gaden.

Hvis Vognen er stiv og staar skævt i Forhold til Gadens Midtlinie, bliver Forholdet anderledes; i dette Tilfælde staar tre af Hjulene i en Plan, bestemt af de tre Berøringspunkter med Gaden, og Berøringspunktet for det fjerde Hjul ligger i samme Plan i en Højde d over Gadens Overflade; denne Størrelse d giver et Maal for den svigtende Berøring.

I Praksis mildnes denne Ulempe ved en Vridning af Vognen; ved Hestekøreløjer kan det Spillerum, der findes i Pivotbolten, af sig selv rette en manglende Berøring; ved Automobiler er dette vanskeligere, da hele Vognen her er mere stiv. Men i alle Tilfælde vil man kunne forstaa, at Størrelsen d ikke uden Ulempe kan blive større end en vis Værdi.

I en Gade, hvis Tværprofil er formet efter Parablen $y = ax^2$, faar d sin største Værdi, naar Vognens Midtlinie danner en Vinkel paa omtrent 45^0 med Gadens Midtlinie. Værdien af den er uafhængig af Vognens Plads paa Gaden. Er V Længden af den længste Aksel, og E Afstanden mellem Akslerne, bliver den

$$d = aEV.$$

I en Gade, hvor Siderne dannes af Planer, hvis Tværfald er t, bliver d størst, naar to modstaaende Hjul staar i Gadens Midtlinie. Værdien er saa omtrent

$$d = 2tEV : \sqrt{E^2 + V^2}.$$

[1]) Meddelelser fra Vejdirektøren Nr. 54, December 1924. Side 223.

For at kunne sammenligne de forskellige Værdier af d er nedenfor angivet for en stor Vogn med Afstand mellem Akslerne $E = 3$ m, og en Længde af Akslerne $V = 2$ m og 2,2 m i runde Tal Værdierne af d for et parabolsk Tværprofil af Gaden

for Stenbrolægning	6 cm
for Træbrolægning	5 -
for Asfalt	4 -

For den samme Vogn vilde Værdierne af d, hvis Gadens Tværprofil er dannet af hældende Planer, blive ($d = 3{,}6$ t)

for Stenbrolægning	9—12 cm
for Træbrolægning	5—9 -
for Asfalt	4—5 -

de laveste Værdier gælder for Gader med stort Længdefald, de højere for Gader med lille Længdefald. Hvor Gadernes Længdefald er lille, maa man derfor erstatte den midterste Del af Gadernes Profil med Planer med svagere Hældning for at undgaa, at d skal blive for stort, saa man derved altsaa bliver tvunget ind paa et polygonalt Tværprofil.

Dette Profil kunde særdeles godt anvendes, men anvendes vist som Regel ikke; man har i Stedet for anvendt en Kombination af rette Linier og Hyperbler eller Cirkelbuer, men det almindelige i hvert Tilfælde her i Landet har været at benytte anden Grads Parabler med lodret Akse og Toppunkt i Kørebanens Toppunkt; er Kørebanens Bredde konstant, og bruger man konstant Oprunding, har man da at gøre med samme Parabel i alle Tværsnit.

Veje. — Da Kørebanen efterhaanden afslides, er det nødvendigt, at Midten af en ny Kørebane desuden løftes saameget, at Vandafledningen ogsaa kan foregaa fra den afslidte Vej. Som Regel foretrækker man at gøre Profilet krumliniet i Stedet for tagformet, fordi det stærkeste Slid kommer lidt til Siden for Midten, saa et tagformet Profil let bliver hulslidt, saa Vejen noget indenfor Randene bliver lavere end ved Randene; det krumliniede Profil kan taale stærkere Udslidning og dog beholde noget Sidefald. Et Maal for Kørebanens Overhøjde paa Midten har man i Kørebanens Oprunding, hvorved forstaas Forholdet mellem det krumme Profils Pilhøjde p og Bredde b.

Oprundingen afhænger nu af Vejens Længdefald og af Vejoverfladens Beskaffenhed. Jo mere fuldkommen Vejbefæstelsen er, desto vanskeligere slides den, og desto mindre kan Pilhøjden vælges, og det samme er Tilfældet, jo glattere Overfladen er. Er Vejbefæstelsen udført af et blødere Materiale, foregaar der en uregelmæssig Afslidning, der dannes let Fordybninger i Vejen, dens Overflade bliver ujævn, saa Vandet ikke kan komme bort. Jo mindre Vejens Længdefald er, desto mere maa Vandafledningen foregaa ud til Siden, og desto større maa Oprundingen vælges.

I Almindelighed kan man vistnok sige, at Oprundingen bør være saa lille som muligt. Hvis Oprundingen nemlig er for stor, bliver der Fare for, at Vogne og Cykler skal glide paa tværs af Vejen, og Følgen heraf bliver saa, at alle helst vil køre midt i Vejen, og denne slides da mest her.

Som Vejledning er i »Vejes Plan og Profil« angivet, at en Vej, der skal makadamiseres, ikke bør have større Oprunding end 1 : 50, og at Tværfaldet paa retlinet Vej ikke bør være større end 1 : 20. For Veje, der skal chaussébrolægges, makadamiseres og derefter overtjæres eller tjærebetonlægges, bør Oprundingen ikke være større end 1 : 50—1 : 60, og Tværfaldet bør paa retlinet Vej ikke være større end 1 : 20. En Vej, der asfaltbetonlægges, bør ikke have større Oprunding end 1 : 70—1 : 80, og største Tværfald paa retlinet Vej bør man ikke gøre større end 1 : 25.

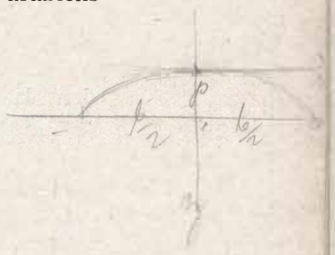
Den matematiske Form for Kørebanens krumme Tværprofil har for saa vidt mindre Betydning, som den dog ikke kan fremstilles med særlig stor Nøjagtighed, og det endelige Resultat vil efter al Sandsynlighed blive meget nær det samme, enten man vælger en Cirkelbue eller en anden Grads Parabel.

Parablen har den Fordel, at Maksimalfaldet ved Kørebanens Rande bliver mindre, end hvis Tværprofilet formes efter en Cirkelbue, og desuden er det nemmere i Marken at afsætte en Parabel end en Cirkel, fordi Ordinattilvæksterne er propor-

tionale med Kvadraterne paa Abscisserne, begge Dele regnede fra Toppunktet, d. v. s. Kørebanens Ryg; Parablen bruges derfor mest.

Parablen har endvidere den Fordel, at Tværfaldet vokser proportionalt med Afstanden fra Kørebanens Ryg. Har man valgt Forholdet $\frac{p}{b} = n$, bliver Parablens Ligning $y = kx^2$, hvor $y = p$ skal svare til $x = \frac{b}{2}$, altsaa

$$k = \frac{y}{x^2} = \frac{4p}{b^2} = \frac{4n}{b}.$$



Ligningen bliver altsaa $y = \frac{4n}{b} \cdot x^2$, hvoraf Tværfaldet

$$\frac{dy}{dx} = \frac{8n}{b} \cdot x.$$

Naar Vand afledes i ganske tynde Lag, bliver Hastigheden proportional med Faldet, altsaa

$$v = c_1 \frac{dy}{dx} = c_1 \cdot \frac{8n}{b} \cdot x.$$

Da Vandmængden, som skal afledes, ved ensformig Regn over hele Kørebanen i ethvert Punkt bliver proportional med Afstanden fra Ryggen, $M = c_2 \cdot x$, maa Vanddybden $t = \frac{M}{v}$ være konstant. Kørebanen bliver altsaa lige vaad i alle Punkter eller lige stærkt udsat for Udblødning.

Maksimumsfaldet ved Kørebanens Rande finder man ved at sætte $x = \frac{b}{2}$ i Udtrykket for $\frac{dy}{dx}$ til

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{8n}{b} \cdot \frac{b}{2} = 4n. \qquad (1)$$

Hvis man erstatter Parablen med en Cirkelbue, bliver Maksimalfaldet noget større.

Cirklens Ligning er med Begyndelsespunkt i Toppunktet

$$(r \div y)^2 = r^2 \div x^2$$

hvoraf

$$r = \frac{x^2 + y^2}{2y} = \frac{(\frac{1}{2}b)^2 + p^2}{2p} = \frac{b^2}{4} \frac{1 + 4n^2}{2p} = \frac{b}{2} \frac{1 + 4n^2}{4n},$$

idet $\frac{b}{2}$ og p er sammenhørende Værdier for x og y, og $\frac{b}{p} = n$.

Af Cirklens Ligning faar man endvidere

$$r - y = \sqrt{r^2 - x^2},$$

hvoraf

$$\frac{dy}{dx} = \frac{x}{\sqrt{r^2 - x^2}}.$$

Indsætter man heri $x = \frac{b}{2}$ og $r = \frac{b}{2} \frac{1 + 4n^2}{4n}$, faar man

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{\frac{1}{2}b}{\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 \left(\frac{1 + 4n^2}{4n}\right)^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2}} = \frac{4n}{\sqrt{1 + 8n^2 + 16n^4 - 16n^2}} = \frac{4n}{1 - 4n^2}. \qquad (2)$$

Cirkelbuen ligger derfor helt over Parablen, saa Tværfaldet i lille Afstand fra Højderyggen bliver svagere end det tilsvarende Tværfald, hvor Tværprofilet er paraholsk; men Følgen heraf er, at Vandlaget bliver tykkere paa Midten end ved Randene, saa Kørebanen derfor er mere udsat for at holde sig vaad.

Vejrabatterne skal have Fald fra Kørebanens Rande mod Grøfterne, for at Regnvandet kan løbe af, og Størrelsen af dette Fald vælges som ovenfor angivet. Vejrabatten bliver altsaa Tangentplan til Kørebanen i dennes yderste Punkt, hvis dens Hældning svarer til Hældningen for Tangenten i Kørebanens yderste Punkt; ofte er Vejrabattens Hældning imidlertid mindre, og der dannes da et indadgaaende Knæk i Overgangen mellem Kørebane og Rabat, og dette indadgaaende Knæk ser ikke godt ud og er ikke heldigt for Vogne eller Cycler, der fra Kørebanen skal ud paa Rabatten eller fra Rabatten ind paa Kørebanen. Man undgaar i Almindelighed dette Knæk ved at erstatte den yderste Del af Parablen med en Tangent, hvis Hældning svarer til Rabattens Sidefald, og ved samtidig at forandre Parablens Parameter.

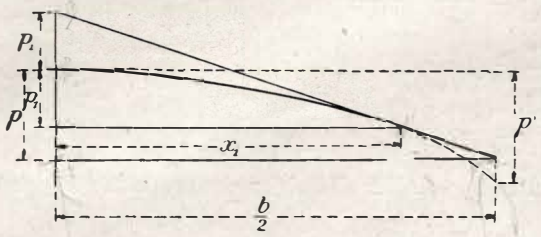


Fig. 10.

Betegnes Afstanden fra Toppunktet af Parablen til Tangentens Røringspunkt ved x_1 og den dertil svarende Pilhøjde ved p_1 (Fig. 10), medens den samlede Oprunding er p og Kørebanens Bredde er b, har man:

$$p = 0{,}025b \text{ og } p + p_1 = 0{,}08 \cdot {}^1/_2 \cdot b = 0{,}04b,$$

hvoraf

$$p_1 = 0{,}015b = 0{,}6p.$$

Da endvidere $0{,}08\ x_1 = 2\ p_1$, faar man

$$x_1 = \frac{2 \cdot 0{,}015b}{0{,}08} = \frac{3}{8}\,b = 0{,}375b. \qquad (3)$$

I Parablens Ligning $y = kx^2$ er

$$k = \frac{p_1}{x_1^2} = \frac{0{,}015b}{(\frac{3}{8}\,b)^2} = \frac{0{,}96}{9b}.$$

Parablens Ligning bliver altsaa $y = \frac{0{,}96}{9b}\,x^2$, der for $x = \frac{b}{2}$ giver

$$y = p' = \frac{0{,}96}{36}\,b = 0{,}02666\ldots b. \qquad (3\,a)$$

For Vandafledningen bliver Kantfaldet altsaa for lille til at give konstant Vanddybde, saa Kørebanen bliver stærkere udblødt ved Randene end paa Midten, men dette volder næppe nogen Ulempe, da Færdslen er mindst ved Randene.

Naar Profilet ændres saaledes, at den krumme Linie delvis erstattes med Tangenterne, bliver det uden Betydning, om den tilbageblivende Bue formes som en Parabel eller som en Cirkelbue.

Bruger man en Cirkelbue (Fig. 11), faar man

$$p + p_1 = 0{,}04b, \text{ altsaa } p_1 = 0{,}04b - 0{,}025b = 0{,}015b.$$

De to Tangentlængder a er lige store, bestemt ved

$$p_1 = 0{,}08\ a = 0{,}015\ b, \text{ hvoraf } a = \frac{1{,}5}{8}\,b = 0{,}1875b.$$

Afstanden x_1 fra Toppunktet til Røringspunktet for Tangenten under Hældning tg $\beta = 0{,}08$ er bestemt ved

$$\left.\begin{aligned} x_1 = a + a\sqrt{1 - 0{,}08^2} &= \frac{p_1}{0{,}08}\left(1 + \sqrt{1 - 0{,}0064}\right) \\ &= \frac{0{,}015}{0{,}08} \cdot 1{,}997 \cdot b = 0{,}3744 \cdot b. \end{aligned}\right\} \quad (3\ b)$$

Der bliver altsaa ingen mærkbar Forskel paa Beliggenhed eller Højde af Røringspunktet, enten man bruger parabolsk eller cirkulær Bue for Midten af Profilet.

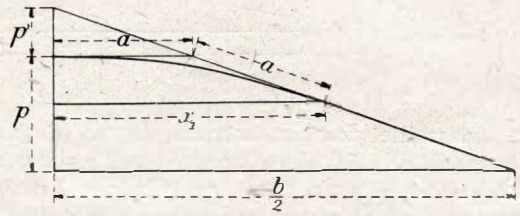


Fig. 11.

Hvis Vejen har vandret Længdeprofil, vil Horisontalkurverne i Kørebanen blive den parabolske Cylinders vandrette Frembringere, som er parallelle med Vejens Midtlinie, og Vandet vil løbe af vinkelret paa Midtlinien.

Har Vejen derimod Længdefald, bestemt ved $i = \text{tg}\,\alpha$, vil Horisontalkurverne i en parabolsk Kørebane blive Parabelbuer med Midtlinien som Akse; Pilhøjden til Kørebanebredden b bliver $\frac{p}{i}$.

Paa Vejstrækninger, der ligger i Fald, kan man reducere Vejbanens Overhøjde, men denne Reduktion kan ikke foretages, naar Faldet ikke er stærkere end 0,06, fordi den Vejlængde, Vandet skal tilbagelægge over Vejbanen ellers bliver for lang og Vandmængden paa det enkelte Sted altsaa tilsvarende stor, hvorved det bliver i Stand til at udvadske Gruset mellem Skærverne og grave Render i Makadamiseringen under stærke Regnskyl. Paa Hovedveje i Sletteland vil man i Reglen kunne holde Stigningen mindre end ca. 50 $^0/_{00}$, og man vil da kunne formindske Tværfaldet.

Paa Bjærgveje er man ofte nødt til at anvende Stigninger paa 100 $^0/_{00}$ eller maaske mere; for at Regnen da ikke skal udvadske Vejbefæstelsen, bruger man rigelig, men oftest ensidig Oprunding med Fald mod Bjærgsiden, hvor Vandet optages i en flad Grøft med hyppig Afledning gennem Rør eller Stenkister under Vejen.

Gader. — Tidligere brugte man i Gader i Kjøbenhavn Rendestene bestaaende af to hældende Planer (Fig. 12), de saakaldte Revier- og Forbundtplaner, der hver var 60 cm brede; Rendestenene optog med dette Profil en ret stor Plads; denne Omstændighed har været medvirkende til, at man er kommet bort fra dette Profil, og nu de fleste Steder bruger alene et Rendestensprofil (Fig. 13), der bestaar af en


Fig. 12.


Fig. 13.

ca. 15 cm bred Rendestensbund og et ca. 45 cm bredt Forbundt, hvor Forbundtlinien som Regel lægges 6 cm lavere end Fortovskanten. Det svageste Rendestensfald [1]) sættes gerne til 5 $^0/_{00}$. Har Gaden Længdefald paa 5 $^0/_{00}$ eller mere, kan man holde Rendestensbunden 3 cm lavere end Forbundtlinien, hvorved Forbundtets Sidefald i Tværsnittet bliver $^1/_{15}$. Har Gaden derimod mindre Længdefald end det, der anses for passende for Rendestenen, maa Bundens Dybde under Forbundtlinien varieres. Varierer man for Eks. paa vandret Gade Dybden fra 3 cm til 9 cm, vil Forbundtets Sidefald i Tværsnittet variere mellem $^1/_{15}$ og $^1/_5$.

[1]) »Ingeniøren« 1914 No. 86.

Paa en Flade med Sidefald $^1/_{15}$ kan der køres og cykles, medens et Sidefald af $^1/_5$ overskrider, hvad der er ønskeligt for Forbundet. Ikke mindst for Cyklister, der i alle de Gader, som ikke har Cyklesti, er henviste til at cykle paa Forbundtet, er det stærke Sidefald i glat Føre farligt.

Paa denne Ulempe kan der raades Bod ved, at man lader Forbundtet gaa ind i den egentlige Kørebane. I Gader, der har svagere Længdefald end 5 $^0/_{00}$, bliver Kørebanens Oprunding da ikke konstant, men kommer til at tiltage kontinuerligt

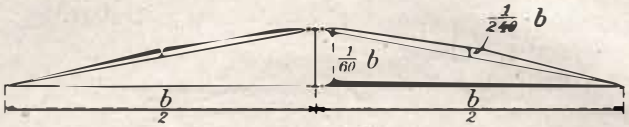


Fig. 14.

fra Tværsnittet ved Rendestenens Hoved til Tværsnittet ved dens Dybdepunkt. Dette Tværprofil er altid blevet anvendt ved asfalterede Kørebaner, paa hvilke Forbundter med stærkt Sidefald ikke kan tillades. Vil man yderligere indskrænke Sidefaldet nærmest Rendestenene, kan man i Stedet for 2den Grads Parabler benytte f. Eks. 1½ Grads Parabler.

Det parabolske Tværsnit med lodret Akse og Toppunkt i Kørebanens Toppunkt medfører den Ulempe, at Vandafledningen fra Kørebanens midterste Del bliver utilfredsstillende, hvad der bliver særlig fremtrædende, saa snart den mindste Sænkning af Brolægningen finder Sted. Har en saadan Kørebane en Oprunding af $^1/_{30}$ af Kørebanens halve Bredde, vil man finde, at der paa Midten findes et Bælte af Bredde lig $^1/_4$ af Kørebanens Bredde, paa hvilket Vandafledningen ikke er tilfredsstillende, idet Sidefaldet er mindre end $^1/_{60}$.

Er Oprundingen $^1/_{60}$ af Kørebanebredden, og benyttes en enkelt Cirkelbue i Stedet for en 2den Grads Parabel, bliver Pilen i Halvdelen af denne Cirkelbue $^1/_{240}$ af hele Kørebanebredden (Fig. 14). Amerikaneren Whinery anbefalede i 1912 at benytte to Cirkelbuer med Pil lig $^1/_{480}$ af Kørebanebredden. Disse Cirkelbuer vil mødes under en Vinkel af ca. 178°, og Sidefaldene i Kørebanens Toppunkt vil omtrent blive $^1/_{60}$.

Bedre end at benytte to Cirkelbuer vil det imidlertid være at benytte to Parabelbuer, idet Parablens Ligning i det retvinklede Koordinatsystem er simplere end Cirklens.[1]).

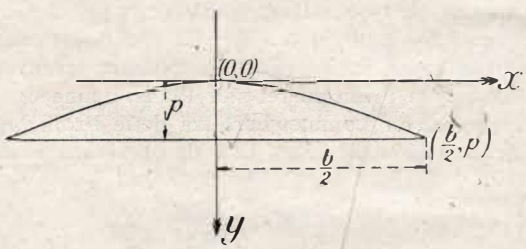


Fig. 15.

Fig. 15 viser i lodret Snit Halvdelen af en Kørebane, formet som en 2den Grads Parabel med lodret Akse og Toppunkt i Tværprofilets Toppunkt. Lægges et retvinklet Koordinatsystem med Nulpunkt i Toppunktet, vandret Abscisseakse og lodret Ordinatakse, og regnes Koordinaterne positive i de Retninger, som Pilene angiver, bliver Parablens Ligning, idet p betegner Oprundingen, b Kørebanebredden:

$$x^2 = \frac{\left(\frac{b}{2}\right)^2}{p} \cdot y.$$

Lægger man i samme Koordinatsystem en 2den Grads Parabel med lodret Akse gennem Punkterne (0,0) og $\left(\frac{b}{2}, p\right)$, og opstiller man den Fordring, at Sidefaldet i

[1]) Metoden er angivet af Afdelingsingeniør Vilh. Nohr.

Punktet (0,0) skal være halvt saa stort som Faldet paa Korden mellem Punkterne (0, 0) og $\left(\frac{b}{2}, p\right)$, altsaa $\frac{p}{b}$[1]), kan Ligningen for denne Parabel skrives paa Formen:

$$x^2 + \alpha x + \beta y = 0,$$

hvoraf findes:

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{2}{\beta} x - \frac{\alpha}{\beta}.$$

Til Bestemmelse af α og β haves Ligningerne:

$$\left(\frac{b}{2}\right)^2 + \alpha \cdot \frac{b}{2} + \beta \cdot p = 0 \quad \text{og} \quad -\frac{\alpha}{\beta} = \frac{p}{b},$$

der giver:

$$\alpha = \frac{b}{2} \quad \text{og} \quad \beta = -\frac{2 \cdot \left(\frac{b}{2}\right)^2}{p},$$

saa Parablens Ligning bliver:

$$x^2 + \frac{b}{2} x - \frac{b^2}{2p} \cdot y = 0.$$

Heraf findes:

$$x = b \cdot \frac{\sqrt{1 + \frac{8}{p} y} - 1}{4}$$

$$y = \frac{p}{b} \cdot x \left(\frac{2x}{b} + 1\right)$$

og

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2p}{b}\left(\frac{2x}{b} + \frac{1}{2}\right).$$

Det ses af disse Ligninger, at Punktet $\left(-\frac{b}{4}, -\frac{p}{8}\right)$ er Parablens Toppunkt, at Sidefaldene er proportionale med $\left(x + \frac{b}{4}\right)$, og at Sidefaldet i det laveste Punkt er tre Gange saa stort som Sidefaldet i Kørebanens Toppunkt. Til et Fald paa Korden mellem Punkterne (0,0) og $\left(\frac{b}{2}, p\right)$ af $^1/_{30}$ svarer altsaa Sidefald ved Kørebanens Toppunkt og i det laveste Punkt af henholdsvis $^1/_{60}$ og $^1/_{20}$.

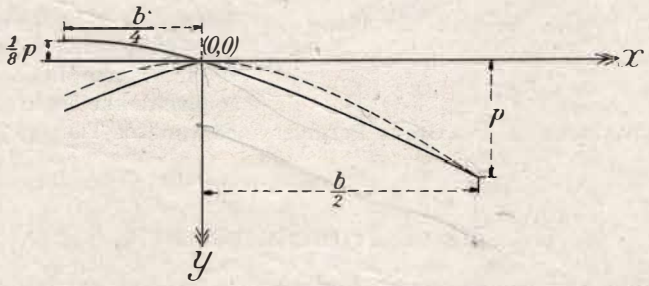


Fig. 16.

[1]) Denne Fordring er det rimeligt at stille. Da nemlig et Fald af ca. $^1/_{30}$ er et passende Minimumsfald for Korden mellem Punkterne (0,0) og $\left(\frac{b}{2}, p\right)$, medfører Fordringen, at det mindste Sidefald bliver ca. $^1/_{60}$, hvad der maa anses for meget passende.

Fig. 16 viser de to Parabelbuers Beliggenhed i Koordinatsystemet; med Punktering er vist en 2den Grads Parabel med Toppunktet sammenfaldende med Kørebanens Toppunkt.

Nedløbenes indbyrdes Afstande kan bestemmes paa følgende Maade for vandret Gade:

Af Værdien for $\frac{dy}{dx}$ faas:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{min} = \frac{p}{b} \quad \text{og} \quad \left(\frac{dy}{dx}\right)_{max} = \frac{3p}{b}.$$

Ønsker man et mindste Sidefald af $^1/_{60}$ og et største af $^1/_{15}$, faar man:

1) for Tværsnittet ved Rendestenens Hoved $\frac{p}{b} = \frac{1}{60}$,

altsaa $p_1 = \frac{b}{60}$, og

2) for Tværsnittet ved Rendestenens Dybdepunkt $\frac{3p_2}{b} = \frac{1}{15}$,

altsaa $p_2 = \frac{b}{45}$.

Højdeforskellen mellem Hoved og Dybdepunkt bliver da

$$p_2 - p_1 = b\left(\frac{1}{45} - \frac{1}{60}\right) = \frac{b}{180},$$

og vælger man et Længdefald af Rendestensbundene af $\frac{1}{180}$, bliver Afstanden mellem Hoved og Dybdepunkt b, Afstandene mellem Nedløbene altsaa 2 b. For Kørebaner paa 6, 8, 10 og 12 m's Bredde bliver altsaa Afstanden mellem Nedløbene henholdsvis 12, 16, 20 og 24 m.

Benyttes den ældre Konstruktionsmaade, bliver Afstanden mellem Nedløbene, hvis man lader Rendestensdybden variere fra 3 til 9 cm: $2 \cdot 0{,}06 \cdot 180 = 21{,}6$ m. For Kørebaner med mindre Bredde end 10,8 m bliver Afstanden mellem Nedløbene altsaa mindre end tidligere, og for meget smalle Kørebaner bliver Afstanden kun omtrent det halve. Udgiften til det større Antal Nedløbsbrønde er imidlertid ringe i Forhold til de øvrige Udgifter ved Anlæg eller Omlægning af Gader.

Den Fremgangsmaade, Brolæggerne hidtil har brugt ved Afsætningen af Tværprofiler, er anskueliggjort i Fig. 17:

1) Fra Midten af Korden AB opstikkes $CD = \frac{1}{4}p$.

2) Fra Midten af Korderne AC og CB opstikkes C_1D_1 og $C_2D_2 = \frac{1}{16}p$.

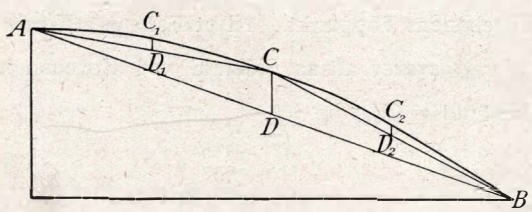


Fig. 17.

Disse Opstik giver Parabelen med matematisk Nøjagtighed.

Bruges den nye Konstruktionsmaade, skal Opstikkene, som det vil findes af Formlen, være $DC = \frac{1}{8}p$. og $D_1C_1 = D_2C_2 = \frac{1}{32}p$, altsaa de halve Maal af de tidligere anvendte.

Ogsaa ved Konstruktionen af Torve er den nyere Konstruktion at foretrække fremfor den tidligere almindelige Anvendelse af $1^1/_2$ Grads Parabler med vandret Tangent i Tværsnittets Toppunkt.

§ 4. Vejes Krumningsforhold. [1])

Kurveradius og Kørebanebredde i Kurver. – En Vej, der bygges til Automobilkørsel, bør paa saa lange Stykker som muligt være retlinet; Overgangen mellem

[1]) Om de tidligere benyttede Fremgangsmaader, se A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 3. S. 78.

to retlinede Stykker dannes af en Cirkelbue, hvis Radius bør være saa stor som muligt; af Hensyn til jævn og rolig Kørsel ved Overgangen imellem ret Linie og Cirkelbue indskyder man her bedst en parabolsk Overgangskurve paa samme Maade som ved Jernbaner. I den nyere Tid er man begyndt at forandre Vejenes Tværprofil i Kurver, saaledes at de her ikke faar Oprunding, men derimod ensidig Fald ind imod Kurvecentret. Derved opnaar man, at Kørslen gennem Kurven bliver behageligere, at Hjulene paa udvendig Side ikke overbelastes, at Vejslidet formindskes, at Automobilet ikke vælter eller glider ud ad i Kurven, og at Færdselsreglerne lettere overholdes. Af Hensyn til den almindelige Færdselssikkerhed er det desuden nødvendigt, at man fra Automobilet kan overse et passende Stykke af Vejen fra dette Punkt, saa der kan blive Tid til at standse, hvis dette skulde blive nødvendigt.

Ved en Vejs Tracering bør Kurver i modsat Retning for tæt efter hinanden saa vidt muligt undgaas; de er ubehagelige for de Kørende og de gør det vanskeligt at anvende ensidigt Fald paa Vejbanen. Kurver tæt efter hinanden i samme Retning med et kort retlinet Stykke imellem er heller ikke heldige af Hensyn til Sidehældningens Fremstilling; det maa i saa Tilfælde anbefales i Stedet for at anvende Kurvehanksbuer. Mellem to Kurver i modsat Retning er det nødvendigt at indskyde et retlinet Stykke af saa stor Længde, at der bliver Plads til en passende Overgang mellem de to Kurver.

Ved Fastsættelse af mindste tilladelige Kurveradius bør man sørge for

1. at der er frit Overblik fremover Vejen i en passende Længde
2. at der ingen Fare er for, at Automobilerne glider paa Tværs af Kørselsretretningen.
3. at der ingen Fare er for, at Automobilerne vælter.

ad 1) en Vogn [1]), der kører ud ad en Vej med en vis Hastighed, vil være i Besiddelse af en vis levende Kraft, og hvis Vognen skal standses, skal denne levende Kraft optages af Friktionen mellem Hjulene og Vejen, og denne Friktion er størst, naar Hjulene bremses fuldstændig fast. Er L den Længde, man skal have fri Oversigt fremefter, og er V Kørehastigheden i Kilometer pr. Time, v i Meter pr. Sekund, og antager man, at der gaar 1 Sekund med til at bremse Hjulene fast, faar man, idet l er den egentlige Bremselængde:

$$\frac{1}{2}\cdot m\cdot v^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{G}{g}\cdot v^2 = l\cdot\varphi\cdot G.$$

$$l = \frac{v^2}{2g\cdot\varphi}$$

$$L = \frac{v^2}{2g\cdot\varphi} + v.$$

Værdien af Friktionskoefficienten φ afhænger af Vejbanens Beskaffenhed; den er altsaa forskellig for forskellige Vejbaner, og sættes ved disse Beregninger til $^1/_{10}$; man faar da

$$L = \frac{10\,.\,v^2}{2g} + v = \frac{10}{2g}\cdot\frac{V^2}{3{,}6^2} + \frac{V}{3{,}6}.$$

Sammenhængen mellem tilladt Kørehastighed og nødvendig Længde af fri Oversigt fremover Vejen vil da fremgaa af følgende Tabel:

Tabel 1.

Kørehastighed	60	50	45	40	30	20	15	10 km. pr Time
Fri Oversigt	160	110	90	75	45	25	15	10 m

[1]) »Vejes Plan og Profil«.

I Kurver vil Kurveradiens Størrelse som nævnt bestemme den Længde, hvorover man har frit Overblik, og med tilstrækkelig god Tilnærmelse kan Kurveradien til Kørebanens Midtlinie bestemmes ved:

$$\frac{L^2}{4} = (a + f)(2R - (a + f)) \cong 2R(a + f),$$

hvoraf:

$$R = \frac{L^2}{8(a + f)},$$

hvor a er Afstanden fra Chaufførens Øje til Vejens indvendige Kant eller til den Cirkelbue, der begrænser det frie Syn. Chaufførens Øje kan regnes at ligge 2 m fra Kørebanens indvendige Kant; f i Meter er Bredden af det Bælte langs Kørebanens indvendige Kant, som man fra Kørebanen har fri Oversigt over. Ved Beregning vil man da finde, at der for de forskellige Værdier af f og for de forskellige Kørehastigheder bør anvendes de i nedenstaaende Tabel angivne Kurveradier.

Tabel 2.

	f	0	1	2	3	4	5	6	8	10 m
V = 60 km	R =	1600	1070	800	640	535	460	400	320	270 m
V = 50 km	R =	750	500	375	300	250	215	190	150	123 m
V = 45 km	R =	500	340	250	200	170	145	125	100	85 m
V = 40 km	R =	350	235	175	140	115	100	90	70	60 m
V = 30 km	R =	125	85	65	50	45	35	30	25	20 m
V = 20 km	R =	40	25	20						m
V = 15 km	R =	15								m
V = 10 km	R =	7								m

Da Tabellen er beregnet efter en Tilnærmelsesformel, bør den ikke benyttes i de Tilfælde, hvor Kørebanens Bredde er forholdsvis stor i Forhold til Kurveradius.

Men nu afhænger desuden den frie Oversigt fremover Kørebanen ikke alene af Kurveradius og Bredden af det til Kørebanen grænsende Areal, hvorover der er fri Oversigt, men ogsaa af Vejens Retningsforandring gennem Kurven. Er Retningsforandringen lille (mindre end 30°) kan Radius for de almindeligt anvendte Vejbredder gøres mindre end angivet i Tabellen, men man bør i saa Tilfælde ved særlig Regning undersøge, om der er fri Oversigt fremover Vejen over den nødvendige Længde.

ad 2) Naar et Automobil kører gennem en Vejkurve, vil det blive paavirket af den udadrettede Centrifugalkraft C foruden af sin Egenvægt G (Fig. 18). Centri-

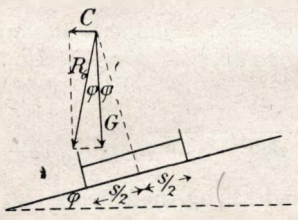


Fig. 18.

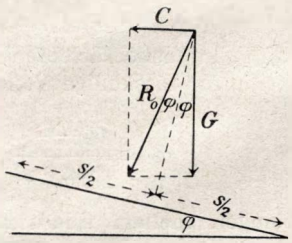


Fig. 19.

fugalkraften vil dels søge at vælte Automobilet over de udvendige Hjul, dels bringe det til at glide paa tværs af Kørselsretningen.

Vil man i Kurver forme Kørebanen parabolsk om en lodret Midteakse paa sædvanlig Maade, saaledes at Tværfaldet paa udvendig Side bliver nedadrettet udefter, vil Tværprofilets Form begunstige denne Tilbøjelighed til Væltning og Glid-

ning udefter, og de Kørende søger ofte at modvirke dette ved i begge Kørselsretninger at køre i Kørebanens indvendige Side.

Af disse Grunde bør man i Kurver give Vejenes Tværprofil ensidigt Tværfald indefter mod Kurvecentret med Tværfald fra 1 : 15 til 1 : 30 efter Kørebanens Beskaffenhed.

Staar et Automobil stille i en Kurve, hvor Kørebanens Tværfald danner en Vinkel φ med en vandret Linie, danner Retningen af den paa Automobilet virkende Kraft, Vægten, ligeledes en Vinkel φ med Automobilets Midteplan. Kører Automobilet gennem Kurven, giver Vægt og Centrifugalkraft en Resultant, der med Automobilets Midteplan danner en vis Vinkel γ, der imidlertid ligger til modsat Side af Vinklen φ med Hensyn til Automobilets Midteplan. Men skal der under Kørsel gennem Kurven højest være samme Fare for Glidning paa tværs, som naar Automobilet holder stille, maa $\gamma = \varphi$, og man faar da (Fig. 18):

$$C = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} = G \cdot \operatorname{tg} 2\varphi,$$

hvor φ er bestemt ved, at $\operatorname{tg} \varphi =$ Kørebanens Tværfald 1 : 15 — 1 : 30, og hvor man, da det drejer sig om smaa Vinkler, kan sætte

$$\operatorname{tg} 2\varphi = 2 \operatorname{tg} \varphi;$$

man faar da

$$R \geq \frac{v^2}{2g \operatorname{tg} \varphi} = \frac{v^2}{19{,}62 \cdot \operatorname{tg} \varphi}.$$

For forskellige Hastigheder og Sidefald er derefter beregnet den mindste Værdi, som Radius til Kurven kan have, og Resultaterne er opført i nedenstaaende Tabel.

Tabel 3.

	$\operatorname{tg} \varphi = \frac{1}{15}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{30}$
V = 60 km i Timen	R = 215	285	350	425 m
V = 50 km i Timen	R = 150	200	250	300 m
V = 45 km i Timen	R = 120	160	200	240 m
V = 40 km i Timen	R = 100	125	150	200 m
V = 30 km i Timen	R = 50	70	90	100 m
V = 20 km i Timen	R = 25	30	40	50 m
V = 15 km i Timen	R = 15	20	25	30 m
V = 10 km i Timen	R = 10	10	10	15 m

Naar Radius R her regnes som Radius til Kørebanens Midtlinie, er dette ikke helt rigtigt; R er i Virkeligheden Radius til den Kurve, som Automobilet kører igennem, men man vil se, at for de almindeligt forekommende Tilfælde er Tilnærmelsen tilstrækkelig god.

Kurveradius bør dog af praktiske Hensyn i Almindelighed ikke gøres mindre end 50 m.

Naar et Automobil kører igennem en Kurve, vil Baghjulene beskrive en Kurve med mindre Radius end Forhjulene, og heraf følger, at Vejbefæstelsen i Kurver maa være bredere end paa retlinet Vej. Den nødvendige Breddeforøgelse afhænger af Kurvens Radius og af Automobilets Sporvidde og Længde. Beregningen af Breddeforøgelsen kan udføres saaledes [1]) (Fig. 20), idet

R = Radius til den normale Vejs Midtlinie.
B = Bredden af Vejbefæstelsen paa den retlinede Vej.
a = Afstanden fra Kanten af Vejbefæstelsen til Midten af nærmeste Hjul (0,45 m for Personautomobiler og 0,55 m for Lastautomobiler).
C = Den frie Afstand imellem to mødende Automobiler.

[1]) United States Departement of Agriculture. Bulletin Nr. 1077. Washington 1922. S. 17.

L = Automobilets Akselafstand (3,65 m for Personautomobiler og 5,2 m for Lastautomobiler).

G = Automobilets Sporvidde (1,45 m for Personautomobiler og 1,5 m for Lastautomobiler).

b = Bredden af Automobilets Overhæng (0,15 m for Personautomobiler og 0,4 m for Lastautomobiler).

$$R_2 = R + \tfrac{1}{2}B - a_1 \qquad R_1 = \sqrt{R_2^2 - L_1^2} - G_1$$

$$R_3 = R_1 - (C + b_1 + b_2) \qquad R_4 = \sqrt{R_3^2 + L_2^2} - G_2$$

$$\text{Nødvendig Bredde ialt} = R - R_4 + a_2 + \tfrac{1}{2}B.$$

Teoretisk er den Breddeforøgelse, der findes paa denne Maade, tilstrækkelig, men det maa anbefales, at man gør den frie Afstand i Kurve noget større end paa retlinet Vej, og man kan da passende gøre den 1,5 m.

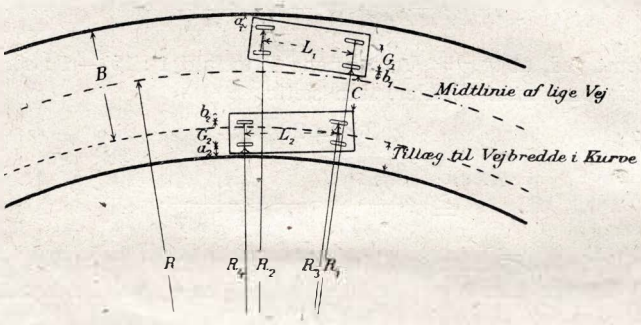


Fig. 20

Denne Forøgelse af Kørebanens Bredde, der kun anvendes, naar Kurveradius er mindre end 500 m, udføres paa den Maade, at den begynder og slutter i de Punkter, hvor Overhøjden begynder at gøre sig gældende.

Tabel 4.

Radius til Vejmidten	Tillæg til Vejbefæstelsens Bredde for normal Bredde		
	5,0 m	5,5 m	6,0 m
m	m	m	m
10	3,40	2,90	3,65
15	2,50	2,00	2,30
25	1,80	1,30	1,50
50	1,40	0,90	0,95
75	1,30	0,80	0,75
100	1,25	0,75	0,70
150	1,15	0,65	0,60
200	1,10	0,60	0,50
250	1,10	0,60	0,50
300	1,05	0,55	0,50
400	1,05	0,55	0,50
500	1,05	0,55	0,50

I Kurver kan man sørge for, at $\operatorname{tg}\varphi = \frac{1}{15}$ ved her f. Eks. at anvende Chaussébrolægning, uden Hensyn til hvorledes Kørebanen ellers er befæstet. Man faar derved et Middel til eventuelt at kunne formindske Størrelsen af Kurveradius.

ad 3) Hvis den i ovenstaaende Tabel 3 angivne Forbindelse imellem R og $\operatorname{tg}\varphi$ overholdes, vil der, hvilket direkte kan indses, ikke være nogen Fare for Væltning udefter.

Anvendelse af Minimumskurveradierne nødvendiggør, at der gives Kørebanen

ensidig Sidehældning i Kurverne. Da dette kan volde visse Vanskeligheder, kan det være af Betydning at undersøge, hvor stor Radius skal være, for at man kan undgaa denne Omformning af Vejenes Tværprofil. Denne Undersøgelse kan udføres saaledes:

Den mindste Værdi, Sidefaldet paa Kørebanen kan have langs dennes yderste Kant, kan sættes til 1 : 30. Centrifugalkraften C (Fig. 19) maa da højest blive saa stor, at Resultanten R med G danner Vinklen φ svarende til at $tg 2\varphi$ ikke maa blive større end 1 : 15, for at Automobilet ikke skal skride i Kurven. Man har

$$tg\ 2\varphi = 2\ tg\ \varphi = 2 \cdot \tfrac{1}{30} = \tfrac{1}{15}$$

og

$$C = \frac{G}{g} \cdot \frac{v^2}{R} = G \cdot tg\ \varphi,$$

hvoraf

$$R = \frac{v^2}{g\ tg\ \varphi} = \frac{30v^2}{9{,}81} = 3{,}06 \cdot v^2.$$

Sammenhørende Værdier af R og V findes i følgende Tabel 5.

Tabel 5.

V = 60	50	45	40	30	20	15	10 km i Timen.
R = 850	600	500	400	200	100	60	25 m.

Vil man altsaa paa en Vej, hvor største tilladte Kørehastighed er 45 km i Timen, anvende et almindeligt symmetrisk Tværprofil, skal Kurveradius være lig med eller større end 500 m.

For de i Tabellen opførte Værdier, vil Sikkerheden mod Væltning være større end 1,5.

Ovenstaaende Beregning af Kurveradius ved Hjælp af Kravet om en vis Længde af den frie Oversigt fremover Vejbanen er foretaget under Forudsætning af, at Vejens Stigningsforhold ligger indenfor de sædvanlige Grænser, saa de ikke faar nogen væsentlig Indflydelse paa Bremselængden. I de særlige Tilfælde, hvor man maatte mene, at Stigning eller Fald faar betydende Indflydelse paa Bremselængden og dermed paa Kurveradius, bør særlig Beregning gennemføres.

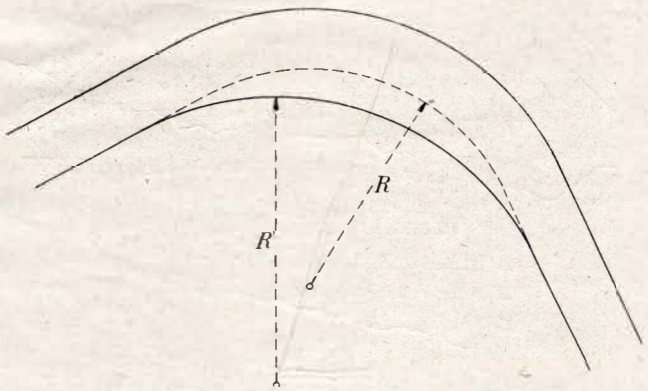


Fig. 21.

Overgangskurver. — Udvidelse af Vejbredden i Kurver kan udføres ved Anvendelse af: 1) en enkelt Kurve, 2) en sammensat Kurve, 3) en Overgangskurve som ved Jernbaner, 4) en parabolsk Kurve, 5) Bernouillis Lemniscate.[1])

[1]) E. L. Leeming: Road Engineering, London 1924. S. 23.

Naar man anvender en enkelt Kurve formes Indersiden af Vejen som en Cirkelbue med større Radius, hvorved Vejen faar en større Bredde. Afsætningen af disse Kurver frembyder ikke nogen praktisk Vanskelighed; i Fig. 21 er vist, at den største Bredde af Vejen fremkommer midt i Kurven.

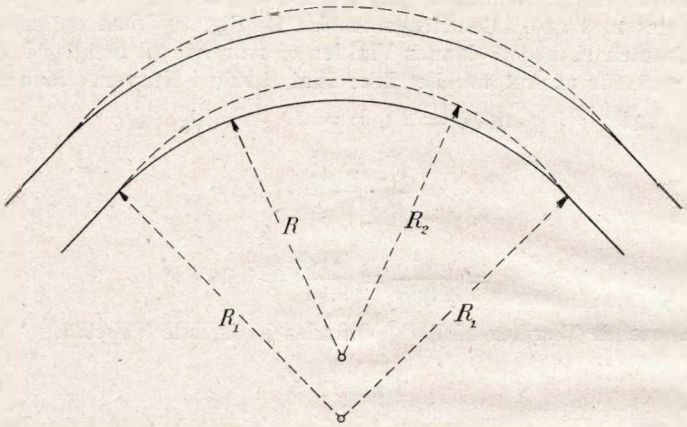
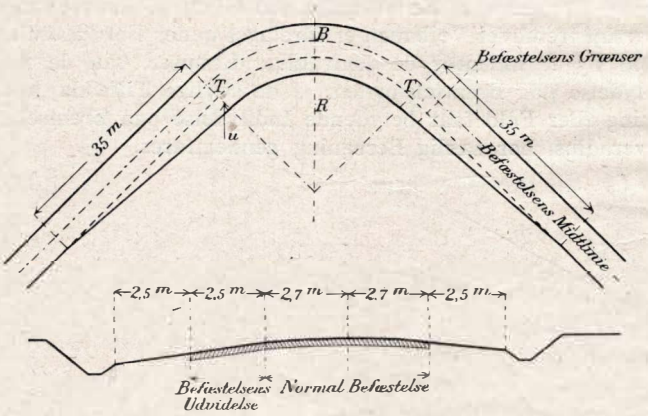


Fig. 22.

Der er den Indvending at gøre imod Anvendelse af den enkelte Kurve, at Afvigelsen i Overgangspunktet bliver skarpere end ønskeligt, og at man faar en større Bredde midt i Kurven end strengt nødvendigt, saaledes at den yderste Del af Vejen bliver unyttig. Den sammensatte Kurve fjerner disse Ulemper, og som det ses i Fig. 22 kan den sammensatte Kurve bestaa af 2 flade Overgangskurver og en Kurve



R. Radius til Befæstelsens Midtlinie.
u. Tillæg i Kurven til Befæstelsens Bredde.
T. Tangentpunkter.

Fig. 23.

med lille Radius til Forbindelse mellem Overgangskurverne. Oversigten fremover Vejen forøges, og Vogne med stor Akseafstand kan uden Vanskelighed passere igennem Kurven. I Fig. 23 er vist en amerikansk [1]) Anvendelse af det samme Princip (anbefalet af den tekniske Vejkomité), hvor Overgangskurverne er udført som rette Linier.

[1]) United States Departement of Agriculture, Bulletin No. 1077, Washington 1922. S. 19.

Parabler kan ligeledes benyttes som Overgangskurver i den sammensatte Kurve. Metoden er vist i Fig. 24 og er blevet meget anvendt i Amerika. Den kubiske Parabel er let at afsætte.

Parabler er lette at anvende, hvor man vil udvide Vejbredden og vil tilfredsstille de Kørende. Som det vil ses i Fig. 25, begynder Kurven næsten som en ret

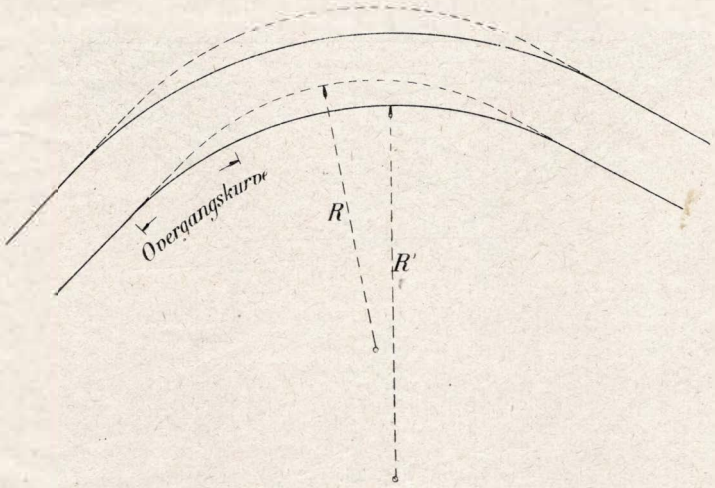


Fig. 24.

Linie, hvorefter Krumningen vokser til Midten af Kurven, det vil sige, at den selv danner Overgangskurven. Naar man som Grundlinie vælger den rette Linie mellem de 2 Tangentpunkter, oprejses Linier vinkelret paa den i Punkter, der deler den i 8 lige store Dele; Højden af den anden Ordinat er $^3/_4$ af Midteordinaten. For at

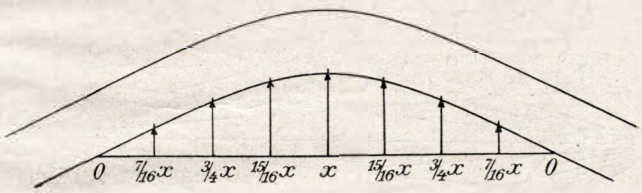


Fig. 25.

faa en større Vejbredde midt i Kurven kan man vælge en fladere Parabel ind i Kurven end ud.

Bernouillis Lemniscate benyttes i Frankrig som Overgangskurve; den har nogen Lighed med den parabolske Overgangskurve og Parablen, men er om muligt begge overlegen. En Hovedegenskab ved Lemniscaten (Fig. 26) er, at Tangenten i et hvilket som helst Punkt danner en Vinkel med Polarstraalen, der er dobbelt saa stor som Polarvinklen α, og der følger deraf, at Vinklen mellem de 2 Tangenter er $3\,\alpha$.

Hvis ϱ er Polarstraalen, α Polarvinklen, og r er Radius til Cirklen i et vilkaarligt Punkt, og C er en Konstant, kan Formlen for Lemniscaten skrives saaledes:

$$\varrho^2 = C^2 \cdot \sin 2\alpha \qquad (1)$$

$$\varrho = 3r \sin 2\alpha \qquad (2)$$

eller

$$\varrho = C \cdot \sqrt{\sin 2\alpha}.$$

Grænseværdien for α er 45^0, hvilket altid er Vinklen imellem Tangenten OA og ϱ, naar dens Værdi er Maksimum som i OB (Fig. 26).

I dette Eksempel danner Centerlinierne for de 2 Veje, der skal forbindes, 90^0, og Lemniscaten tegnes fra O til C, hvilket er en Del af Lemniscaten OCB, og denne Kurve gentages fra D til C.

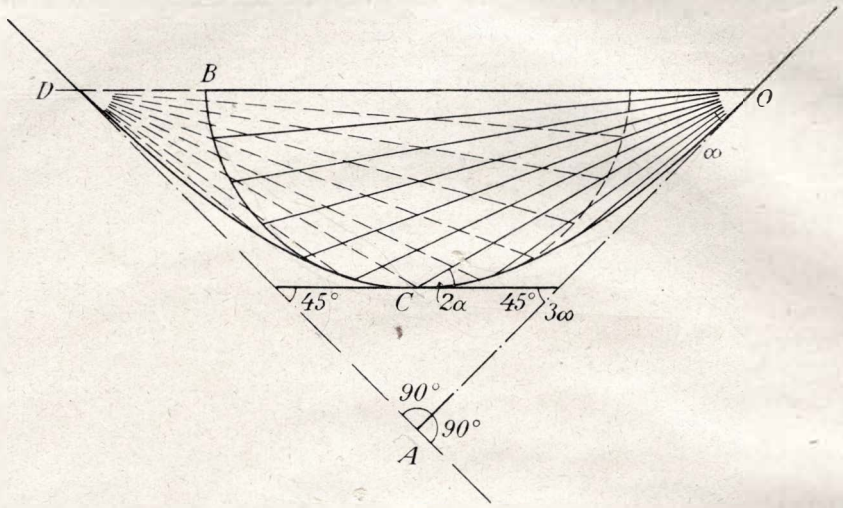


Fig. 26.

Længden af OA er da bestemt, og skulde blive saa stor som mulig. Vinklen α er $45 : 3 = 15^0$. Længden af Polarstraalen for $\alpha = 15^0$ kan bestemmes ved Beregning af en Side i Trekanten OCA, eller ved geometrisk Konstruktion ved fra O og fra D at trække Linier, der skærer hinanden i C.

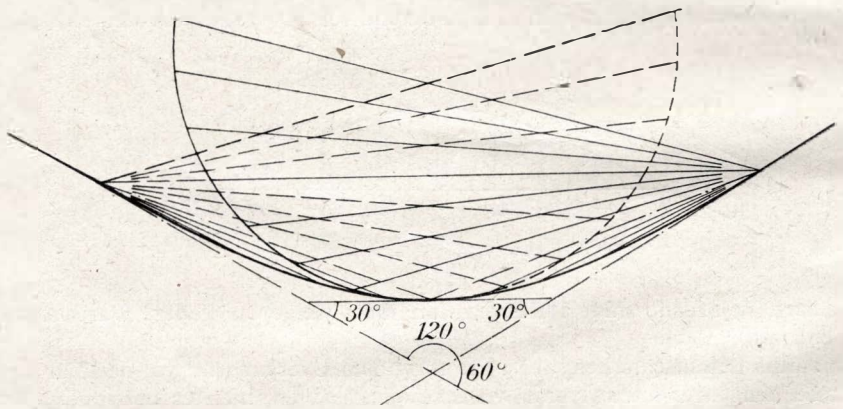


Fig. 27.

Naar man kender Værdien af ϱ for en given Værdi af α, kan Konstanten C bestemmes ved

$$C = \frac{\varrho}{\sqrt{\sin 30^0}}.$$

Herved faar man Værdien af C og bliver i Stand til at beregne alle Polarstraaler for Kurven OCB.

Teodoliten stilles op i Punktet O, og Punkterne af Kurven imellem O og C

afsættes i Overensstemmelse med de beregnede Længder. Denne Fremgangsmaade gentages i *D*, og Kurven *DC* afsættes paa samme Maade.

Denne Kurve passer udmærket til den Kurve, hvori et Automobil bevæger sig, naar det kører igennem en Kurve.

Et andet Eksempel paa Anvendelse af Lemiscaten er vist i (Fig. 27), Vinklen imellem Tangenterne er 30^0 og α er 10^0, medens Vinklen imellem Hovedtangenterne er 120^0.

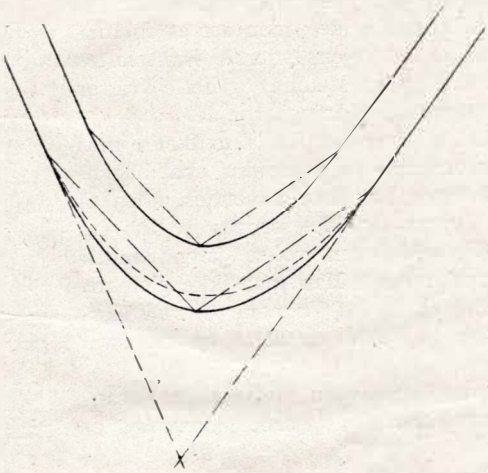


Fig. 28.

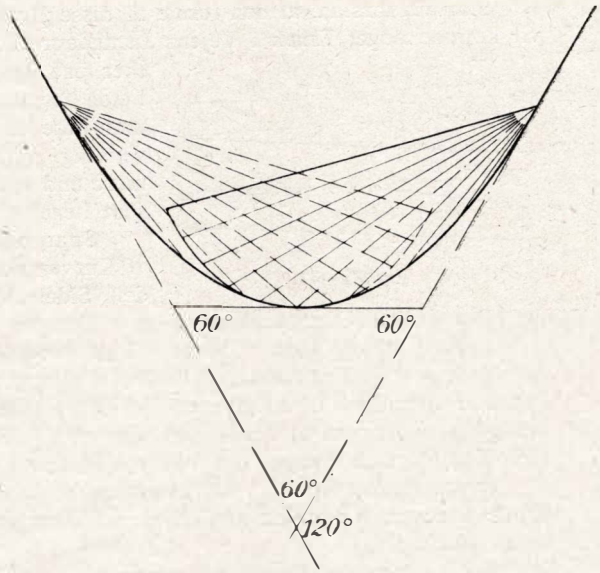


Fig. 29.

Naar Lemniscaten skal bruges som Overgang til en Cirkelbue med f. Eks. 200 m Radius, faar man fra (2)

$$\sin 2\alpha = \frac{\varrho}{3r}.$$

Hvis Længden af Overgangskurven er 50 m faar man, naar $\varrho = 50$ m

$$\sin 2\alpha = \tfrac{50}{600} = \tfrac{1}{12} = 0{,}083$$

$$2\alpha = 4^0 40' \qquad \alpha = 2^0 20',$$

der er Polarvinklen for $\varrho = 50$ m og i Hovedkurvens Begyndelsespunkt.

Hvor Lemniscaten bruges fuldt ud, er det fordelagtigt at afsætte Punkterne uafhængigt af hinanden, da dette giver en jævn Udvidelse til Midtpunktet af Kurven og til det Punkt, hvor Krumningen er størst. Dette er vist i Fig. 28—29, hvor 2 Veje, der skærer hinanden under en spids Vinkel, er forbundet ved en Lemniscat.

En anden nyttig Anvendelse af denne Kurve er ved Bygning af Serpentiner. Fordelen i dette Tilfælde ligger i den korte rette Linie i Nærheden af Punktet O og den jævne Afvigelse fra den rette Linie.

Tabeller til Afsætning af Polarkoordinaterne kan nemt beregnes for Hovedkurver med varierende Radius.

Anvendelse af Overgangskurver imellem ret Linie og Cirkelbue vil betyde en Besparelse af ikke ringe Størrelse baade ved Bygning og Vedligeholdelse af Vejen.

Om Overgangskurve skal anvendes i udvendig Side af Krumningen, er igen et Spørgsmaal om Økonomi. Hvis man anvender en enkelt Kurve er der ikke Tvivl om, at Automobilerne vil søge ind imod Indersiden af Vejen, især henimod Midten af

Kurven, og den yderste Del af Vejen vil da ikke eller kun i ringe Grad blive benyttet. Anvendelse af Overgangskurve i udvendig Side af Kurven paa lignende Maade som i indvendig Side er derfor i mange Tilfælde en Fordel, men paa eksisterende Veje vil man vistnok som Regel søge at undgaa de dermed forbundne Udgifter.

I Almindelighed er Vejens Tværprofil symetrisk, og ved Overgangen til Kurver bliver det da nødvendigt at bygge en jævn Overgang til det ensidige Tværfald i Kurven. Denne Overgang kan udføres ved at dreje Vejoverfladen enten om dens Midtlinie eller om den indvendige Kant af Vejen (Fig. 30—31).[1])

Man vil forstaa, at den første af disse Maader er den bedste, fordi der saa ikke vil komme noget Knæk i Vejens Længdeprofil. Imidlertid er det Knæk, der kommer paa denne Maade, kun ringe, og i alle Tilfælde fremkommer det i en Kurve, saaledes at man ikke let vil kunne se det; men der er en Indvending, og det er at Vejens yderste Kant løftes mere end ved den anden Metode, og dette kræver som Regel et større Opfyldningsarbejde.

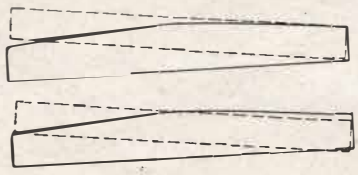


Fig. 31—32.

Spørgsmaalet bliver derpaa, i hvilket Punkt af Kurven den ensidige Sidehældning skal begynde. Sidehældningen bør ikke anvendes, uden at en eller anden Overgangskurve anvendes, og Vejens Bredde forøges i Kurven.

Derved bliver man i Stand til at lade Sidehældningen vokse jævnt, indtil man faar største Tværfald ved Enden af Overgangskurven. Man maa ikke glemme, at en af Grundene til at give en Vej Sidehældning er at faa Vognene til ved Kørsel igennem Kurven at holde sig i den rigtige Side af Vejen, og dette opnaas kun, hvis Kørslen kan foregaa paa bekvem Maade.

Overgangskurven maa være lang nok til at muliggøre den nødvendige Forandring; omtrent Halvdelen af dens Længde er nødvendig til at fjerne Vejens symetriske Oprunding.

Som almindelig Regel kan nævnes, at et Længdefald paa 1 : 50 er passende langs Ydersiden af Vejen, hvis Profilforandringen skal føles jævn ved en Hastighed af 50 km i Timen. Hvis Hastigheden skal være større, maa dette Fald være mindre, det vil sige, at Overgangskurven maa gøres længere.

Den amerikanske Praksis synes at variere efter de forskellige Stater med Hensyn til Overhøjdens Størrelse, Overgangskurvens Form og Længde og Breddeforøgelsen. En Kommission, der har været nedsat om Bygning af Betonveje, har anbefalet en største Overhøjde paa ¾″ pr. Fod af Bredden i Kurver med Radius paa 150′ eller der under; anvendes dette Tal, vil man kunne køre med en Hastighed paa 12 miles (ca. 20 km) i Timen i en 150′ Kurve. I Kurver med Radius mellem 150 og 500′ anbefales en Hældning paa ½″ pr. Fod, og er Radius over 500′ anbefales det at bruge det normale symetriske Profil. Er Radius 200′ kan Hastigheden være 11 miles (ca. 18 km) i Timen, og er Radius 500′ 17 miles (ca. 27 km) i Timen; man vil heraf se, at denne Sidehældning kun optager en Del af Centrifugalkraften, og den øvrige Del maa da optages af Friktionen mellem Vej og Hjul. Kommissionen opfattede det som rigtigt kun at optage ved Sidehældningen en Del af Centrifugalkraften for ikke at forlede de Kørende til at køre alt for hurtigt.

De fleste Stater i U. S. A. synes at anvende andre Sidehældninger end de her angivne, men ingen Steder anvendes fuld Overhøjde, og heller ingen anvender Overgangskurver for Ydersiden af Vejen i Kurven. Den nuværende Praksis gaar i Almindelighed ud paa, at det almindelige symetriske Profil forsvinder paa Stykket imellem Overgangskurvens Begyndelsespunkt og det Punkt, hvori Hovedkurven begynder. I alle Tilfælde er Vejbefæstelsen i Kurven lige tyk overalt, og Kurverne i Reglen lige brede hele Kurven igennem, og Vejen er drejet omkring sin Midtlinie som Akse.

I Frankrig blev det allerede i 1905 anbefalet at bruge følgende Sidehældninger: for 30 m Radius 3 pCt., for 40 m 5 pCt., for 50 m 6 pCt. Hældningen er altsaa ikke tilstrækkelig for de Hastigheder, der nu er tilladt, det vil sige for Hastigheder paa 40—50 km i Timen

I Byer er Nødvendigheden for ensidig Hældning ikke saa stor som ude paa Landevejene, og den er heller ikke saa nem at udføre paa Grund af Bebyggelsen.

[1]) E. L. Leeming: Road Engineering, London 1924. S. 46.

I Vejforgreninger er det nyttigt at anvende ensidig Sidehældning, hvor noget saadant er muligt; der er vist 2 Eksempler i Fig. 32 og 33; i første Tilfælde er Toppen af Vejen ført fra Midten og ud imod Ydersiden af de 2 Forgreninger; i det andet Tilfælde er den Sidevej, der løber ind til den retlinede Hovedvej formet med ensidig Sidehældning, og den løftede Yderside ender i det Punkt, hvor den skærer Hovedvejen.

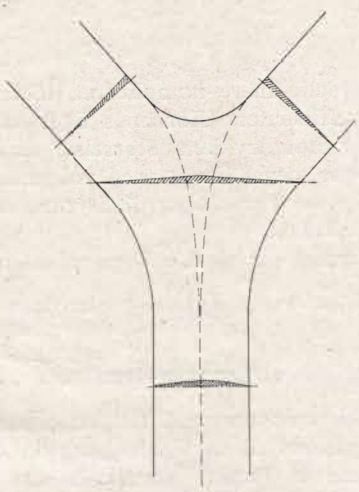


Fig. 32.

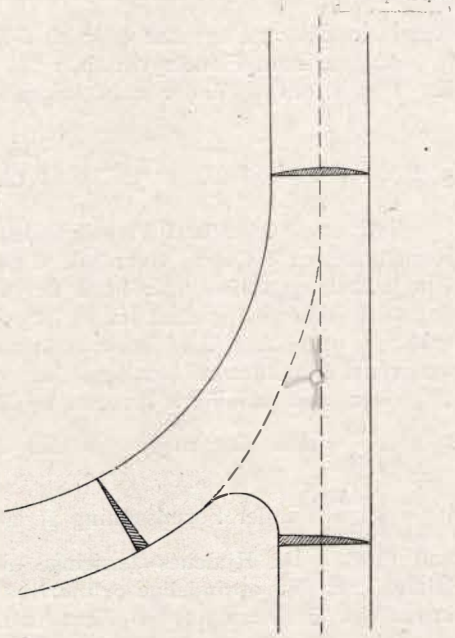


Fig. 33.

Sideveje.— Ved Indmunding af en Sidevej i en Hovedvej bør efter »Plan og Profil« Hjørnerne afrundes saa meget, at Kørslen kan foregaa uden en for pludselig Retningsforandring. Radius for Kørebanens Midte bør ikke være under 15 m, og det befæstede Areal bør udvides ind imod denne Afrundingscirkels Centrum i Overensstemmelse med Tabellen Side 30. Arealet i Vejsammenskæringen bør holdes frit, saaledes at der bliver god Manøvreplads for Køretøjer, hvis Færdselslinier skærer hinanden. Arealerne i Hjørnerne bør servitutbelægges saaledes, at den frie Oversigt sikres i saa stort Omfang, at man fra Køretøjer, der skal mødes i Krydsningen, kan se hinanden i en Afstand af 40 m regnet efter Færdselslinien.

§ 5. Vejdækkets Bæreevne.

Beregning. — Anvendelse af tunge Vogne til Motorkøretøjer[1]) paa Vejene bør tilpasses saaledes, at man indretter Køretøjerne efter Vejene, som de nu engang er, eller som de kan indrettes for rimelige Pengemidler i en overskuelig Tid.

Professor *Lütken* har angivet følgende Beregningsmaade for Tykkelsen af en Makadamisering:

Man regner i Almindelighed, at et Hjultryk P fordeler sig ensformigt ned gennem en Makadamisering efter en ret Omdrejningskegle, hvis halve Toppunktsvinkel er 45^0, saa Keglens Grundflade faar et Areal, der bliver πh^2, naar Snittet ligger i Dybden h under Vejbanens Overflade. I Virkeligheden kan Trykket dog næppe

[1]) Se A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 3. S. 51.

være ensformigt fordelt, men maa være størst i Midten af den belastede Cirkel og aftagende ud mod Periferien, som det til Gengæld breder sig noget udover, idet Trykkurven sandsynligvis maa være S-formet, svarende til Bøjningslinien for en Plade med ringformet Understøtning og belastet i Centrum af en Enkeltkraft. Man tager skønsmæssigt Hensyn dertil ved i Stedet for et ensformigt Fladetryk $p = \frac{P}{\pi h^2}$ at regne med et Maksimaltryk $p_0 = \frac{P}{\frac{2}{3}\pi h^2}$ virkende lodret under P's Angrebspunkt og aftagende efter en S-Kurve til alle Sider.

Angiver man Fladetrykket p_0 i $^0/_{00}$ af Hjultrykket P, altsaa i Kilogram pr. cm² for 1 ts Hjultryk, finder man følgende Værdier for Variationen af p_0 med h:

h	5	10	15	20	25	30	35	40 cm
p_0 i $^0/_{00}$ af P	18,09	4,77	2,12	1,19	0.76	0,53	0,40	0,30

Selv om Forholdet i Virkeligheden er betydelig mere kompliceret, idet baade Kornstørrelsen i Lagets Overflade, Friktionskoefficienten (Kornenes Skarphed) og Komprimeringsgraden maa have Betydning for Bundtrykkets Størrelse, kan man dog med Sikkerhed gaa ud fra, at Trykket aftager meget hurtigt ved voksende Lagtykkelse, og at man ikke behøver at stille saa store Fordringer til Styrken af Vejmaterialet i Bunden af Stenlaget som ved Overfladen.

Gaar man nu ud fra den her opstillede Formel for største Tryk paa Grunden $p_0 = \frac{P}{\frac{2}{3}\pi h^2}$, maa Kørebanen i afslidt Tilstand have en Tykkelse, der mindst er $h' = \sqrt{\frac{3P}{2\pi p_0}}$ under Forudsætning af, at Hjultrykket virker paa Overfladen i et enkelt Punkt. Da Hjulenes Jernringe altid slides stærkere ved Kanterne end paa Midten, saa den oprindelige cylindriske Form ændres til en Omdrejningsflade med krumliniet Frembringer, vil Forudsætningen om et Punkt som Hvileflade passe ret godt ved smalfælgede Hjul paa haard Vej, d. v. s. for Hjul med indtil 7,5 cm Fælgbredde.

Er Fælgbredden t bredere, kan man regne, at Hjulet hviler i en Linie af Længde (t — 7,5) cm og at den teoretiske Hvileflade i Dybden h udvides fra Cirklen πh^2 til Ovalen $\pi h^2 + 2h\ (t - 7{,}5)$, saa Trykket paa Grunden formindskes i Forholdet

$$\alpha = \frac{\pi h^2}{\pi h^2 + 2h\ (t - 7{,}5)} \text{ og bliver } p = \frac{3P}{2\ (\pi h^2 + 2h\ (t - 7{,}5))}.$$

Fælgbredden kan anslaas til 10 cm for et Hjultryk paa $^2/_3$ ts og til 20 cm for et Hjultryk paa $3^1/_3$ ts; sætter man nu Fælgbredden

$$t = k_1 + k_2 \cdot P$$

faar man

$$10 = k_1 + k_2 \cdot \tfrac{2}{3}$$
$$20 = k_1 + k_2 \cdot \tfrac{10}{3},$$

hvoraf

$$10 = k_2 \cdot \tfrac{8}{3} \quad \text{eller} \quad k_2 = \tfrac{30}{8} = 3{,}75$$

og

$$k_1 = 10 - \tfrac{30}{8} \cdot \tfrac{2}{3} = 7{,}5,$$

altsaa

$$t = 7{,}5 + 3{,}75\ P$$

idet P angives i ts. t i cm. Indsætter man denne Værdi i Udtrykket for p, faar man

$$p = \frac{3P}{2\ (\pi h^2 + 2h \cdot 3{,}75 \cdot P)} = \frac{3P}{2\pi h^2 + 15h \cdot P}.$$

Stenlagets Tykkelse efter Afslidning af Dæklaget bestemmes altsaa af Ligningen

$$h'^2 + \frac{7{,}5}{\pi} \cdot Ph' - \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{p} = 0. \qquad (1)$$

I denne Ligning skal P udtrykkes i ts og p i ts pr. cm², naar h skal findes i cm. Under sædvanlige Forhold kan man sætte

$$p = 2 \text{ à } 3 \text{ kg pr. cm}^2 = 0{,}002 \text{ à } 0{,}003 \text{ ts pr. cm}^2.$$

Betegner man ved h′ og h″ de efter ovenstaaende Ligning (1) bestemte Værdier henholdsvis for p = 0,002 og p = 0,003, faar man de i nedenstaaende Tabel angivne sammenhørende Værdier af Hjultryk og Kørebanetykkelser. Tør man regne, at største Tryk paa Vejen i afslidt Stand maa naa Værdien 3 kg pr. cm², skal Kørebanen ved sit Anlæg have Tykkelsen h = h″ + ca. 8 cm, idet man sædvanligt regner, at et Dæklag skal kunne afslides med ca. 8 cm, inden det fornyes ved Nybelægning. Endvidere kan man regne, at en Vogns Vægt G fordeles med $^2/_3$ G paa Bagakslen, saa at største Hjultryk bliver P = $^1/_3$ G.

Tabel.

Stenlagets Tykkelse i Forhold til Hjultrykket.

G =	2	4	6	8	10	ts
P =	0.667	1,333	2,000	2,667	3,333	ts
med p = 0,002 h′ =	11,9	16,3	19,6	22,2	24,5	cm
med p = 0,003 h″ =	9.5	13,1	15,6	17,7	19,4	cm
h =	18	21	24	26	27	cm

Da alle Veje her i Landet skal kunne bære Vogne, der vejer indtil 2 ts, bør man aldrig gøre Stenlaget tyndere end 18 cm.

Hovedveje bør kunne bære Vogne paa indtil 6ts og bør altsaa have et 24 cm tykt Stenlag, og skal Vejene bære Lastautomobiler, bør Tykkelsen forøges til 27 cm, idet saa tunge Vogne vel uden Skade kan befærde nye Veje med 20—24 cm Tykkelse, men efterhaanden som Vejen slides, vil Trykkene paa Grunden overstige 3 kg pr. cm², og man kan da vente Forskydninger i Stenlaget, som foreløbig maaske kun forøger det indre Slid i Vejen, men let efterhaanden kan medføre, at Stenlaget køres igennem, saa Kørebanen ødelægges og helt maa ombygges.

Forstærkning af en Vej. — Hvor en Vej skal indrettes til tungere Færdsel end den i Øjeblikket kan bære, maa man ofte lade Vejforbedringerne gaa skridtvis frem,[1]) idet man begynder med de simpleste og billigste, og først derefter gaar over til de mere gennemgribende Forbedringer, der kan muliggøre Anvendelse af tunge Motorkøretøjer. Det bliver saaledes ofte muligt, at en Vej, der i sin nuværende Tilstand ikke kan være aaben for Lastautomobiler over en vis Vægt, f. Eks. ved Ombygning af en eller nogle faa Broer, eller ved Forstærkning af Vejbanen paa kortere Strækninger, eller ved Forbedring af Vandafledningen kan blive i Stand til at bære Automobiler af større Vægt. Saadanne Forstærkningsarbejder maa først udføres, da de maa anses for de mest hensigtsmæssige, fordi de med Anvendelse af de mindste Pengemidler gør størst Nytte, ved at der indvindes en forholdsvis lang Vejstrækning, som bliver i Stand til at bære denne Automobiltrafik. I anden Række kommer saa Arbejdet paa mere kraftig og gennemgribende Forstærkning af Vejene samt Udvidelse af dem i Bredden; disse Arbejder er sikkert baade nyttige og i en Mængde Tilfælde nødvendige, men kræver saa store Pengemidler, at de ikke yder samme Fordel for Færdslen i Forhold til de nødvendige Penge, som de nævnte mindre Forstærkningsarbejder. Først i tredie Række maa Afgravning af Bakker og Udretning af Kurver komme. Disse Arbejder og da især Afgravning af Bakker er nemlig af mindre

[1]) Betänkande ang. regelbunden Automobiltrafik. Stockholm 1923.

Betydning for Automobiler end de ovenfor nævnte. Bakker og Kurver er som Regel ikke nogen Hindring for Automobilernes Kørsel, selv om de naturligvis kræver, at Hastigheden sættes ned.

De Arbejder, der kan blive Tale om at udføre, er følgende:

Sænkning af Grundvandspejlet og Afskæring af Grundvand. — I Udgravninger i vandførende Lag samt i Terrain med Sidehældning bliver det ofte nødvendigt at aflede Grundvandet. Dette udføres med Dræn i passende Dybde og indbyrdes Afstand. Derved forøges Vejplanums Bæreevne. Som Regel maa der lægges Dræn i den ene eller i begge Vejkanter eller begge Grøfter. Og hvis det viser sig nødvendigt, lægges foruden disse Længdedræn Sugedræn paa tværs. Som Regel og bedst kan Grundvandet sænkes tilstrækkeligt, ved at man fordyber de aabne Grøfter.

Anvendelse af Fletværk paa mindre bæredygtig Grund. — Anvendelse af Risfletning til Forstærkning af en svag Vej forudsætter, at Vejen nybygges eller ombygges fra Grunden. Ved gamle Veje er det derfor i mange Tilfælde heldigere at flytte Vejen til fastere Jordbund end at ombygge den paa Stedet. Skal Fletværket imidlertid udføres, bør det helst gøres saaledes, at Træet kommer til at ligge under Grundvandspejlet for ikke at raadne. Ved Valg af Træmateriale bør man sørge for at vælge det, der længst holder sig friskt. Bedst er Eg og Fyr og derefter Gran og Birk. Fletværkets Udførelse afhænger iøvrigt af Størrelsen af Færdslen.

Opfyldning. — En svag Bund kan ofte forstærkes ved Opfyldning med Sand, Grus eller Sten. Men ogsaa dette Arbejde kræver enten en Ombygning af Vejen paa den gamle Plads eller en Flytning til en ny Plads. Opfyldningen kan enten udføres til fast Bund eller i en saadan Mængde og Bredde, at de underliggende blødere Lag trykkes sammen, saa de faar en saadan Fasthed, at de kan bære baade Vejen og Færdslen paa denne.

Dette Middel maa ikke forveksles med de mere almindelige Forsøg, der gøres paa at forstærke en Vej ved paa Vejoverfladen at udlægge et nyt Makadamlag eller et Gruslag. Dette gøres, naar Vejdækket er for tyndt i Forhold til Hjultrykkene og Undergrundens Bæreevne.

I visse Egne som f. Eks. i visse Egne af Jylland er Undergrunden (Sand) saa lidt sammenbindende, at man i mange Tilfælde bør tilføre den Bindstof, inden Vejdækket lægges ud, da det ellers forholdsvis hurtigt vil blive æltet sammen med den sandede Bund.

Frostens Virkninger. Frosten virker mange Steder skadelig paa Veje. Naar Fugtigheden i Vejlegemet og i Kørebanen fryser til Is, fremkommer der Rumfangsforandringer, saa Sammenhængen i Vejen brydes, og der fremkommer kendelige Forskydninger mellem de forskellige Dele af Vejen. Følgerne heraf kommer frem i Tøbrudsperioden, hvor Sammenhængen i Vejen og dermed dennes Bæreevne viser sig at være i høj Grad formindsket (Fig. 34—36). De forskellige Jordarter paavirkes i forskellig Grad af Frosten. I Almindelighed kan man sige, at Frostpaavirkeligheden vokser med Jordartens Evne til at optage og fastholde Fugtighed. Særlig paavirkelige af Frost er sandholdig Ler og lerholdigt Sand. Tidligere, inden Vejtrafikken var saa tung som nu, og hvor man uden større Ulempe helt kunde standse den i Tøbrudsperioden, voldte disse Forhold ikke saa stor Ulempe, at man skænkede Problemet nogen Opmærksomhed. Men i samme Forhold som Trafikkens Vægt og Mængde voksede, har det paa et stadig større Antal Veje vist sig, at Frostulemperne er et alvorligt Spørgsmaal for Trafikken og for Vejenes rette Beskyttelse i Tøbrudsperioden.

Paa de Steder, hvor der findes Stoffer, der er paavirkelige af Frost saaledes indbyggede i Vejen, at denne mister sin Bæreevne i Tøbrudsperioden, maa der udføres gennemgribende Arbejder til Forstærkning af Vejen. I første Linie gælder det om at dræne Vejlegemet og derved formindske dets Fugtighedsindhold, saa de skadelige Virkninger af Frosten forebygges. I de Tilfælde, hvor Dræning ikke alene er tilstrækkelig, maa Vejen maaske ombygges, enten ved at de frostpaavirkelige Ma-

terialer fjernes og erstattes med gode Materialer som Grus, Slagger, Koksaske eller lign., som ikke holder Fugtigheden tilbage, eller ogsaa maa Vejen løftes med saadant Materiale, saa der faas tilstrækkelig Isolering. Disse Materialer tjener i mange Tilfælde som et frostbeskyttende Isoleringslag.

Frosten kan vise sig paa den Maade, at der i Vejoverfladen fremkommer mer eller mindre kraftige Knolddannelser, maaske mer eller mindre stærke Revner tværsover Vejen og især i Vejens Midte eller langs Kanterne. Trykker man med Foden ned paa et Sted af disse Knolde, løfter de sig paa et andet; man kan undertiden se en halvflydende Grød af Jord vælde op af et saadant Sted af Vejen.



Aarhus—Silkeborg Vejen ved Tøbruddet 1924.
Vejvæsenet har dækket Hullerne med Granris.

Cliché Dansk Vejtidsskrift. Fig. 34.

Den Dybde, hvori Frosten kan trænge ned, varierer ret betydeligt i de forskellige Dele af de skandinaviske Lande. I Danmark og i det sydlige Sverige er Dybden som Regel 0,7 til 0,8 m, omkring Stockholm ca. 1,0 m, og i det nordlige Sverige 1,5—2,0 m, undertiden mere.[1]) Frostdybden beror bl. a. paa Jordarternes saakaldte Vandkapacitet og kapillære Ledningsevne, endvidere paa deres Varmeledningsevne og deres Gennemtrængelighed for Luft og Vand. Visse Jordarter som Tørv har stor Evne til at beskytte Jorden mod Frost. Det samme gælder Sne. I Egne, hvor der falder Sne, trænger Frosten dybere ned i Midten af Vejen, der i Reglen holdes pløjet, end ved Siderne. Da Vandet ved Frysning udvider sig med c. $^1/_9$ af sit Volumen, udvider den midterste Del af Vejen sig mere end Siderne, som er dækkede af Sne; er derfor de nødvendige Forudsætninger tilstede i Form af Vandindhold m. m., løfter Vejbanen sig i Midten, hvor der dannes en Længderevne. Senere fremkommer maaske ogsaa lignende Revner ved Siderne af Kørebanen. Omkring større Sten fremkommer der hver Vinter særlige Isdannelser, som bidrager til langsomt men sikkert at arbejde Stenene op mod Vejoverfladen.

Men Frysningen vilde sikkert ikke medføre saa stor Skade paa Vejene, hvis der ikke sammen med den indtraadte et særligt Forhold. Ved Forsøg, som bl. a.

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1925. S. 19.

Aarhus—Silkeborg Vejen ved Tøbruddet 1924.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 35.



Cliché Dansk Vejtidsskrift.

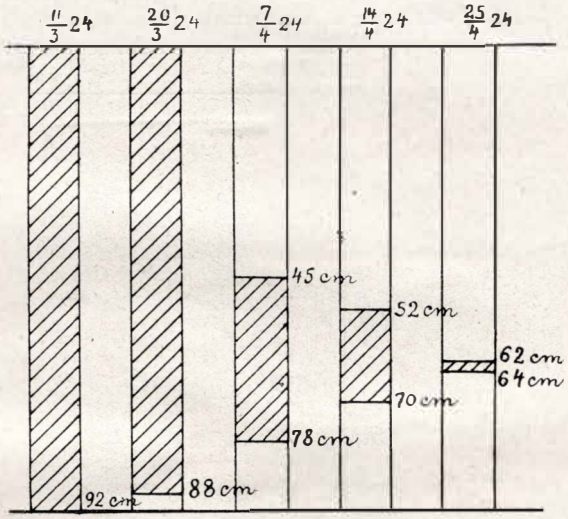
Fig. 36. Aarhus—Silkeborg Vejen ved Tøbruddet 1924.

er udført af Sveriges Geologiske Undersøgelser, har man nemlig fundet, at der ved Frysning af Jord kan indtræde en betydelig Forandring i dens Vandindhold. Fylder man et Kar med Jord af nogenlunde ensartet finkornet Beskaffenhed og giver denne et i hele Karret ensartet Fugtighedsindhold samt derefter udsætter denne Jordprøve for Frysning fra Overfladen, vil man finde, at Fugtigheden allerede efter 24 Timers Forløb, naar Frosten kun har kunnet trænge maaske 3—4 cm ned, har

undergaaet en mærkelig Omflytning, idet den har vandret fra Bunden op mod de frosne Lag. En saadan Jordprøve viste før Frysningen et ensartet Vandindhold paa 31,6 %, men efter 24 Timers Frysning 46,0 % i de øverste frosne Dele og kun 29.6 % ved Bunden.

Paa denne Maade har Jorden maaske faaet et større Vandindhold, end den nogensinde selv kunde optage og holde fast i naturlig, ufrossen Tilstand. Enhver med Hensyn til sin Vandledningsevne m. m. bestemt Jordart formaar nemlig, naar den er i fri Tilstand, d. v. s. at den kan faa frit Afløb, kun at optage en vis bestemt Mængde Vand. Men naar Fugtighedsindholdet paa Grund af disse Forhold forøges udover det normale, kan Jordens Bæreevne i høj Grad forandres, idet nemlig Bæreevnen for de fleste Jordarter varierer stærkt med Vandindholdet.

Undersøger man saaledes Forandringerne i Bæreevnen for rent Sand [1]) med forskellig Kornstørrelse og med forskelligt Fugtighedsindhold, vil man for Sand med en Kornstørrelse af 0,01—0,003 mm se, hvorledes Bæreevnen, d. v. s. Sandets Evne til at modstaa lodrette Tryk i tør Tilstand (Fugtighedsindhold 0) er meget ringe, kun ca. $^1/_4$ kg pr. cm², ved 5 % Fugtighedsindhold ca. 1 kg, d. v. s. omtrent som for løs Blaaler. Ved 20 % Fugtighedsindhold er den ca. 2,7 kg, og ved ca. 25 % Fugtighedsindhold har den naaet sit Maksimum ca. 3,4 kg pr. cm². Paa dette Punkt naar Sandet sit Omslagspunkt, d. v. s. det Punkt, hvor Bæreevnen pludselig synker ned i Nærheden af 0.



Cliché Dansk Vejtidsskrift.

Fig. 37. Optøningen af Roskilde Landevej 1924. De skraverede Arealer angiver den frosne Del; Vandet i den Del, der tør op fra oven, kan ikke slippe bort gennem det underliggende Islag.

Har den frosne Jord nu været af den Beskaffenhed, at den under Indvirkning af det ovenfor omtalte Frysningsfænomen er blevet overmættet med Vand og dette netop til Omslagspunktet, saa har Jorden ved Optøningen ingen eller kun ringe Bæreevne.

Det er sikkert, at Fugtighedsindholdet, ligesom ogsaa Frostens Evne til for visse finkornede Jordarter at drive Vandindholdet op over det normale er af stor Betydning for Vejproblemet, og denne Indflydelse berører, i større eller mindre Grad, Veje med alle Slags Dæklag. (Fig. 37).

Det amerikanske Bureau of Public Roads har udført Laboratorieforsøg over Jordarters Bæreevne og har fundet, at den varierer i omvendt Forhold med den Mængde Vand, Jordarten indeholder og med dens kapillære Ledningsevne. Forsøgene har bestaaet i at udsætte forskellige Jordprøver, der indeholdt forskellige Mængder Fugtighed, for Trykket fra et Legeme med 60 cm²'s Tværsnitsareal, samtidig med, at man har maalt, hvor meget dette Legeme trængte ned i Jorden (Fig. 38).[2])

Alle er enige om at det er af største Vigtighed at dræne Vejlegemet, naar Jorden er lidet gennemtrængelig for Vand. Ved Dræningen bør man aflede fra Vej-

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1924. S. 23.
[2]) Bulletin de l'Association internationale permanente. Paris 1923. S. 738.

legemet alt Vand, der falder paa Vejoverfladen, ligesom alt Vand, der under Indflydelse af Haarrørsvirkningen kan trænge ind i Vejlegemet.

Vejgrøfter og Dræn. De fleste Ingeniører mener, at Vejgrøfterne spiller den allerstørste Rolle for Bortledningen af Vandet, og at det ikke gaar an at erstatte dem med lukkede Drænledninger. Andre derimod mener, at lukkede Drænledninger maa foretrækkes for Grøfter, fordi disse kræver et stadigt Tilsyn, hvis man vil undgaa, at Vandets Løb hindres; hvor Vandet bliver staaende i Grøfterne, er der selvfølgelig en Fare for, at det ved Haarrørsvirkningen arbejder sig ind under selve Vejbanen, saaledes at denne bliver udsat for at ødelægges af Frost.

Drænledninger er imidlertid aldrig af samme Værdi som aabne Grøfter, da de lettere kommer i Uorden og er vanskeligere at tilse, og navnlig i Tøbrudsperioden

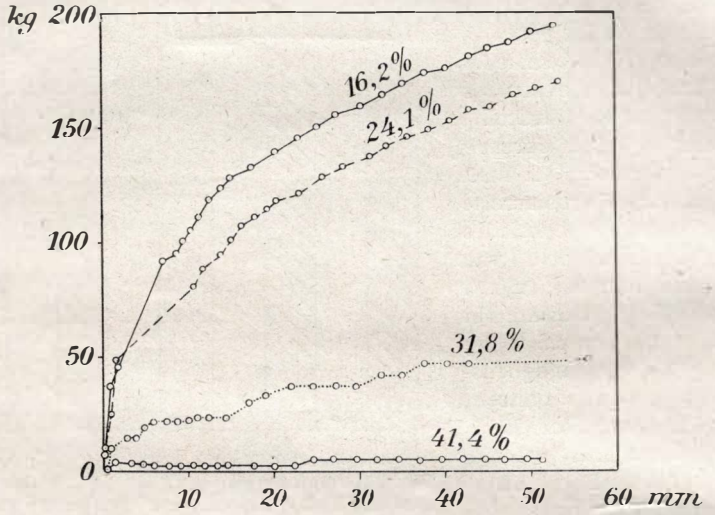


Fig. 38. Kurverne viser for det angivne Fugtighedsindhold de til forskellige Tryk (Ordinaterne) svarende Nedtrykninger af Stemplet (Abscisserne).

kan dette faa Betydning. Langs Dæmninger er Grøfternes Virksomhed som Drænledninger sjældent af Betydning, og det er i og for sig ikke nødvendigt, at Grøfterne der faar samme Dybde som i Afgravningerne; man gør det dog i Almindelighed, da Grøfterne ogsaa skal bortføre Overfladevandet fra Vejarealet, og maaske ogsaa fra en Del af det omgivende Terræn. Størst Vandføring faar Grøfterne i Almindelighed under Tøbrud, og den kan være saa stor, at den bliver bestemmende for Grøftens Dimensioner, maaske især for Bundbredden.

Da Makadamiseringens Tykkelse som Regel er 25—30 cm, bør Grøftedybden i hvert Fald ikke være mindre, men som Regel gør man den større; er Vejen saaledes 6 à 7 m bred, bruger man gerne 45 cm dybe Grøfter, og er Vejen 8 à 10 m bred 60 cm dybe Grøfter.

I Almindelighed er Grøfterne rigelig store til at bortføre Overfladevandet, og det er især Hensynet til Oprensningen, som er afgørende for Valget af Bundbredden. Grøfteprofilet gror nemlig forholdsvis hurtigt sammen og indsnævres, da Vind og Regn fører Støv og Snavs ned i Grøfterne, saa Græsset vokser frodigt.

I ældre Tid brugte man derfor en ret stor Bundbredde, f. Eks. 45 cm, men nu er det mere almindeligt at nøjes med 25—30 cm, saa Bunden kan oprenses med en almindelig Skovl.

Grøften slutter sig gerne til Udgravningens eller Paafyldningens Skraaninger, saa Grøften paa den ene Side faar samme Anlæg som Hovedskraaningen; det vil under normale Forhold sige 1,25 for Afgravninger og 1,5 for Paafyldninger.

Den anden Grøfteskraaning bør i Afgravninger, hvor den vender mod Vejen, ligeledes have Anlæg 1,25. Ved Foden af en Dæmning kan Grøfteskraaningen mod Marken nøjes med Anlæg 1,0, da Rystelserne fra Vognfærdslen sikkert ikke kan mærkes her. Ligger Vejen i Terrænhøjde, vil man ved brede Veje med dybe Grøfter i Almindelighed bruge Anlæg 1,25 ved begge Sider, men ved smallere Veje med mindre dybe Grøfter nøjes man ofte med Anlæg 1,0 for begge Grøfteskraaninger.

Den underjordiske Dræning kan udføres paa to forskellige Maader, enten ved at man anvender de almindelige Drænrør eller Pakninger af Sten.



Fig. 39.



Fig. 40.

Drænene bør lægges i Rabatterne og 30 cm fra Kanten af Kørebanebefæstelsen i passende Dybde under dennes Underflade, for at Jordoverfladen under Vejdækket hurtigt kan blive af med den ovenskydende Vandmængde.[1]) Denne Dybde, der kan variere med Jordbundens Beskaffenhed, kan som Regel sættes til 45 cm. Enderne af de to sammenstødende Rør lægges tæt sammen, og den øverste Del af Fugen bør dækkes med f. Eks. et Stykke Tagpap. Derefter lægges 3 à 4 cm store Skærver eller Nøddesten paa begge Sider og over Røret som angivet i Fig. 39—40.

Sten alene kan ogsaa anvendes til Fremstiling af Drænledningen.

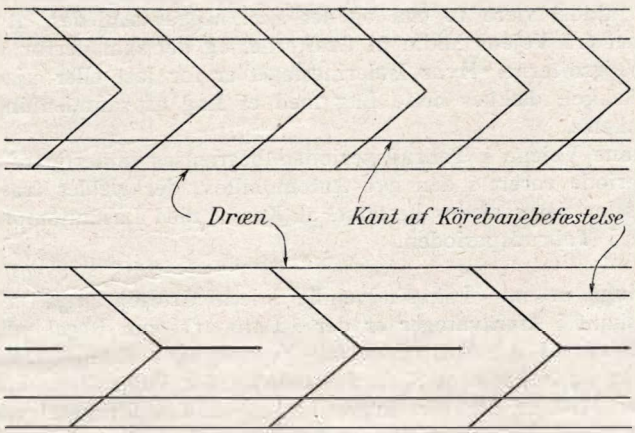


Fig. 41—42.

Naar Jorden er lidet gennemtrængelig for Vand, eller der er Væld i Jorden, maa man foruden Længdedrænene under Banketterne have Tværdræn. Disse Dræn ligger i 25—30 m indbyrdes Afstand, ligger i V-Form i 45 cm dybe Render, der er 30 cm brede, og som fyldes med Skærver eller Nøddesten. Vinklen mellem de to Grene af V'et er desto større, jo større Længdefald Vejen har (Fig. 41). Denne Fremgangsmaade maa især følges paa Steder, hvor Vejen ligger i Afgravning, og hvor Jorden er Ler.

Naar man bygger Veje paa Siden af en Skrænt, er det ikke sjældent, at man henimod Toppen træffer en Jordbund, der er meget mere porøs end længere nede. Og ved Sammenstødet mellem to Jordarter med forskellig Natur finder der

[1]) Bulletin de l'Association internationale permanente, Paris 1923. S. 740.

ofte Opsamling af Vand Sted. En Vej, der passerer Grænselinien, bliver her i den fugtige Periode meget udblødt, og for at undgaa denne Ulempe kan det blive nødvendigt, at man udfører en Dræning, hvor Tværdrænene føres ind i det porøse Lag for at opfange Vandet og hindre det i at naa ud i den uigennemtrængelige Jordart (Fig. 42).

Den i Fig. 39 viste Fremgangsmaade er anvendelig, hvor Jordbunden er lerholdig. Imellem Vejdækket og Jordoverfladen er der lagt et Lag paa 4—5 cm Tykkelse af passende vandledende Materiale for at sikre en fuldstændig Dræning ud til Siderne.

Isolering mod vandpaavirkelige Jordarter. En Del Jordarter især Ler har den Egenskab, at de ved Bearbejdning i fugtig Tilstand bliver meget plastiske. Hvis en Kørebane, der ikke er fuldstændig tæt, er bygget paa en saadan Lerart, presses denne under Indvirkning af Færdslen op igennem Kørebanens Hulheder og danner ovenpaa Vejen en vaad, snavset Masse, som forøger Modstanden imod Vognenes Kørsel, hindrer Vandafledningen og Vejens Udtørring. Og ogsaa denne Ulempe kommer især frem, naar der paa Vejen er en stærk og tung Trafik.

For at formindske denne Ulempe maa dels de ovenfor omtalte Drænanlæg udføres, for at Fugtigheden i Vejlegemet kan blive saa lille som muligt, men desuden bør der lægges et tættende Isoleringslag paa Jordoverfladen. Isoleringslagets Opgave er at skille Jorden fra Kørebanen for at forhindre Leren i at trænge op i Dæklaget. Saadanne Isoleringslag kan enten udføres af Græstørv, Enebærris, Granris, Lyng, Halm, Mos, Tørvejord el. lign., som ved Sammenpresning bliver uigennemtrængelige for Ler, eller af Sand. Isoleringslagets Tykkelse bør efter Sammenpresningen mindst være 10 cm, og det skal lægges saaledes, at det bidrager til at lede Vandet fra Vejens Midte til Grøfterne, og det skal derfor være forsynet med Afløb til Vejgrøfterne. Hvor Isoleringslaget er for løst eller ujævnt som Underlag for Vejdækket, dækkes dette Lag med et Lag af sammenbindende Jord i 10—20 cm Tykkelse.

For at skaane Vejene i Tøbrudsperioden begrænses undertiden Kørslen, saalænge denne Periode varer; i den nye Automobillov, der gælder fra 1. Jan. 1924 i Kanton Wallis, er det saaledes bestemt, at Kørsel med Lastautomobiler kan forlanges indstillet i Tøbrudsperioden.

Vejalen, Hegn m. m. Langs udvendig Side af Grøften langs Dæmninger eller øvre Skraaningskant i Afgravninger er der i Danmark som Regel udlagt en Jordstrimmel paa 63 cm (1 Alen) Bredde som Vejalen eller Hammelsrum, der hører med til Vejarealet og tjener som Sikkerhedsbanket for Vejgrøften. I Forordningen af 13. December 1793 er der foreskrevet, at en saadan Strimmel skal høre med til Landevejenes Areal, og der er fastsat Bøder for Lodsejere, som uberettiget tager den i Brug, f. Eks. ved at pløje for nær til Grøften.

Vejalenen benyttes ofte til Opstilling af Telefon- og Telegrafstænger efter særlig Tilladelse fra Vejvæsenet.

Bestaaende Veje har ikke Hegnspligt overfor Lodsejerne, men disse har Hegnspligt overfor Vejene og maa selv sætte og vedligeholde de Hegn, der er nødvendige til Sikring af Vejfreden.

Ved nye Veje kan Lodsejerne faa Erstatning for Forstyrrelse af Markfreden ligesom ved uindhegnede Jernbaner.

Ophøjede Gangstier og Cyklestier er behagelige at benytte for Gaaende og Cyklister, fordi de yder større Sikkerhed og lettere holder sig tørre, men de kræver større Omhu ved Vejens Vedligeholdelse og gør Vandafledningen vanskeligere. Rendestenen imellem Kørebanen og den ophøjede Sti maa altid holdes ren, og i ikke gerne mere end 20 m Afstand maa der lægges Rør fra den ud til Vejgrøften. Det er ofte vanskeligt at beskytte Mundingerne af disse Rør, og holde Rø-

rene saaledes rensede, at de ikke forstoppes. Hvor Banketterne ligger højere end Kørebanen, maa de stikkes igennem for hver 10 m, for at Regnvandet kan komme bort.

§ 6. De forskellige Vejbelægninger.

Der findes en Mængde forskellige Vejbelægninger af højst ulige Værdi. De mindst værdifulde er Jord-, Sand- og Grusveje, men de findes endnu i alle Lande i ret stor Udstrækning, og man maa derfor i hvert Tilfælde regne med, at Grusveje endnu længe vil finde Anvendelse.

Af noget større Værdi er den almindelige Makadamisering, bygget af Skærver og tromlet og bundet sammen med Vand og Grus. Det er den, man her i Landet hidtil har anvendt i størst Udstrækning paa Landevejene, og da den er forholdsvis billig, maa Bestræbelserne i de fleste Tilfælde være rettede imod at gøre den saa modstandsdygtig som mulig overfor den Færdsel, den er egnet til at optage.

Højst Værdi har Stenbrolægning af gode, veltildannede og sorterede Sten, paa et Sand-, Skærve- eller især paa et Betonfundament, og denne sidste Befæstelse kan taale maaske den sværeste Færdsel.

Man har i Danmark i Hovedsagen søgt at imødegaa de senere Aars Slid paa Landevejene ved at overtjære og ved at chaussébrolægge. Efter de omtrentlige Resultater, man foreløbig er naaet til, skulde

Chaussébrolægning være paakrævet for en Færdsel af fra 200 til 800 ts pr. m Bredde af Vejen daglig.

Overtjæring kunne anvendes for en Færdselsgrad indtil 75 ts pr. m Bredde af Vejen daglig.

Imellem disse to Belægninger vil der især kunne blive Tale om at anvende Cementbeton og Asfaltbeton, men foruden disse to Belægninger har man ogsaa anvendt forskellige andre som Tjærebeton, Asfaltmakadam m. fl.

Overtjæring. — Overtjæring anvendes bedst, hvor Trafikken ikke overstiger 75 ts pr. m, og hvor man har kunnet vedligeholde Vejen med nye Dæklag efter en 6 à 8-aarig Turnus; den holder bedst, naar Vinterfærdslen ikke er for stor og især ikke for tung; den lider meget i fugtige Vintre og under Hestevognstrafik samt paa Steder, hvor Vejen er indelukket, saa Sol og Vind ikke kan komme til.

Ansættes et almindeligt Dæklag til 2,25 Kr. pr. m², og sættes Priserne for første og anden Gang Overtjæring til henholdsvis 25 og 20 Øre pr. m², bliver Bekostningen ved et nyt Dæklag à 2,25 Kr. plus to Overtjæringer 2,70 Kr. pr. m², hvorefter den aarlige Overtjæring koster 20 Øre pr. m². Har Turnus før været 6aarig, kan man nu paaregne mindst 9 Aars Varighed; 2,70 Kr. skal altsaa forrentes og amortiseres i 9 Aar med 38 Øre aarlig Ydelse plus 20 Øre til Overtjæring, ialt 58 Øre.

Til Sammenligning kostede det nye almindelige Dæklag tidligere 2,25 Kr. pr. m² og havde 6 Aars Varighed med en aarlig Vedligeholdelse, der anslaas til 10 Øre pr. m², altsaa med 5 pCt. Rente til 44 Øre plus 10 Øre, lig 54 Øre.

Har Turnus tidligere været 8-aarig, bliver ved Overtjæring Varigheden 12 Aar, den aarlige Ydelse 30 Øre og Overtjæringen 20 Øre, ialt 50 Øre pr. m². Tidligere havde man 2,25 Kr. at afbetale i 8 Aar med 35 Øre aarlig plus 10 Øre til Vedligeholdelse, ialt 45 Øre pr. m².

I det store og hele kan man da vistnok gaa ud fra, at Vedligeholdelsesudgifterne under saadanne Forhold bliver væsentlig uforandrede.

Chaussébrolægning. Chaussébrolægning egner sig for en Færdsel af indtil 800 ts pr. m daglig, hvor der tidligere har været anvendt nye Dæklag med 1 à 5-aarig eller maaske indtil 6-aarig Turnus.

Regner man med en Rentefod af 5 pCt. samt med en Pris af 13,50 Kr. pr. m^2, vil dette Beløb svare til en aarlig Ydelse af 108, 96, 88, 82, 79 Øre for en Varighed af henholdsvis 20, 25, 30, 35 og 40 Aar.

Sættes et almindeligt Dæklag med 1 m^3 Skærver pr. 15 m^2 Kørebane og med en Skærvepris af 22 Kr. pr. m^3 til en Pris af 2,25 Kr. pr. m^2, hvilket nogenlunde svarer til det nuværende Prisniveau, og regner man eksempelvis, at der til de ovenfor anførte Varigheder paa 20, 25, 30, 35 og 40 Aar for en chaussébrolagt Kørebane svarer Varigheder paa henholdsvis 1, 2, 3, 4, 5 Aar for en almindelig makadamiseret Kørebane under samme Færdselsforhold, bliver de aarlige Ydelser til Forrentning og Amortisation af Udgiften til de 2 Arter af Dæklag, som nedenfor anført; den aarlige Vedligeholdelse af Dæklagene for makadamiserede Kørebaner kan anslaas til 10 Øre pr. m^2 for Kørebaner med 5-aarig Turnus eller derover, voksede jævnt til 30 Øre pr. m^2 for Kørebaner med 1-aarig Turnus; den aarlige Vedligeholdelse af Chaussébrolægning er ganske ringe, der angives som Regel fra 0—1 Øre pr. m^2; her regnes med 1 Øre:

	Aarlig Ydelse.				
for Varighed	20	25	30	35	40 Aar
Chaussébrolægning	108	96	88	82	79 Øre pr. m^2
Vedligeholdelse	1	1	1	1	1 » » »
Ialt	109	97	89	83	80 Øre pr. m^2
for Varighed	1	2	3	4	5 Aar
Makadamisering	225	121	83	65	52 Øre pr. m^2
Vedligeholdelse	30	25	20	15	10 » » »
Ialt	255	146	103	80	62 Øre pr. m^2

Cementbetondæklag. Om Cementbetondæklag skal kun anføres, at der endnu intet vides om, hvorlænge Varigheden bliver for forskellig Færdsel; i Hindegade i Kjøbenhavn mener man, at Cementbetondæklaget mindst vil kunne vare i 30 Aar, og nedenfor er anført en amerikansk Opgivelse af Varigheden, ved hvilken der dog intet er anført om Færdslens Størrelse. Om Reparationsudgifterne kan der ikke anføres andet, end at man fra Amerika ved, at Betonvejene to Gange aarlig gaas efter, hvorved Huller og Revner udmejsles og repareres med Asfalt. For forskellig Varighed og med en Pris af Cementbetondæklaget paa 11,50 Kr. pr. m^2, idet det antages, at den gamle Makadamisering kan benyttes som Fundament, vil Prisforholdene stille sig saaledes:

for Varighed	10	15	20	25	30 Aar
Cementbeton	150	110	92	80	74 Øre pr. m^2 pr. Aar
Vedligeholdelse	7	7	7	7	7 » » » » »
Ialt	157	117	99	87	81 Øre pr. m^2 pr. Aar

Asfaltbetondæklag. — Asfaltbetondæklag er først blevet anvendt i det sidste Aars Tid i Danmark; lægger man dem som Dæklag paa en gammel Makadamisering, har Prisen hidtil været ca. 8 Kr. pr. m^2. Under samme Forhold som ovenfor, vil Prisforholdene for Asfaltbeton stille sig saaledes:

for Varighed	10	15	20	25	30 Aar
Asfaltbeton	104	75	64	57	52 Øre pr. m^2 pr. Aar
Vedligeholdelse	7	7	7	7	7 » » » » »
Ialt	111	82	71	64	59 Øre pr. m^2 pr. Aar

Om de her nævnte Dæklag blev der paa Vejkongressen i Chicago 1916 af New York State givet følgende Oplysninger om Prisforholdene:

Cementbeton.

Tykkelse 15 cm. Varighed 20 Aar. Pris pr. Aar pr. m² 9,4 cents.

Asfaltbeton.

15 cm Betonfundament. 6 cm Slidlag. Varighed 20 Aar. Pris pr. Aar pr. m² 13,3 cents.

Asfaltmørtel. (Sandasfalt.)

15 cm Betonfundament. 7,5 cm Slidlag. Varighed 25 Aar. Pris pr. Aar pr. m² 13,5 cents.

Chaussébrolægning.

15 cm Betonfundament. 10 cm Chaussébrosten. Varighed 35 Aar. Pris pr. Aar pr. m² 25,3 cents.

Som Norm for Amortisationstiden for Laan, der optages til Udførelse af Vejarbejder, regnes i Amerika paa følgende Maade:

For Vejbelægninger af 15 cm tyk Beton, for Stenbrolægning og for Sandasfalt	20 Aar
For Tjære- eller Asfaltbeton	15 »
For almindelig Makadamisering, overfladebehandlet med Tjære eller Asfalt	10 »
For Grusveje	5 »

Tjærebeton.— Tjærebeton egner sig for en Færdsel af fra 75 til 200 ts pr. m daglig og naar da en Varighed af fra 14 til 5 Aar.

Forholdene stiller sig væsentlig forskellige, eftersom man maa paaregne aarlig Overtjæring eller ej, ligesom ogsaa Forholdet mellem Tjæreprisen og Skærveprisen spiller en stor Rolle; de her forudsatte Forhold maa altsaa anvendes med Skønsomhed, men under Forudsætning af aarlig Overtjæring og en Anlægspris af 6.10 Kr. pr. m², 25 Øre for første Gang Overtjæring og 20 Øre for senere Tjæringer, bliver den aarlige Ydelse til Amortisation og Forrentning for 5 pCt. Rente samt inclusive Overtjæring:

for Varighed	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Aar
Ydelse aarlig	141	120	105	95	86	79	73	68	65	62	Øre pr. m²
Overtjæring aarlig ..	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	» » »
Ialt aarlig	161	140	125	115	106	99	93	88	85	82	Øre pr. m²

Træbrolægning. — Træbrolægning kræver altid et Betonfundament og passer især i Byer i Gader med ikke for tung Færdsel; thi foruden den høje Pris, kræver den en omhyggelig Rengøring, som ikke er mulig uden for Byerne. Den er jævn, behagelig at køre paa og lyddæmpende. Naar den ikke har faaet større Anvendelse her i Danmark, er Grunden vist nærmest den, at den ikke passer til vort noget fugtige Klima, og at det i det Hele er en Brolægning, der kun passer under Forhold, hvor der stilles særlige Krav.

Comprimé Asfalt. — Comprimé Asfalt kræver som Træbrolægning et særligt Betonfundament og er blevet en Del anvendt ogsaa her i Danmark.

Brolægning. — Brolægning med udsøgte parallelepipediske Sten paa et Betonfundament giver maaske de solideste og holdbareste Gader. Den er dyr at udføre, og Produktionen af Brosten er ogsaa til en vis Grad begrænset, saa man maa nøjes med at anvende dem paa Gader med tung og stærk Færdsel; den overfører Rystelserne i ret høj Grad til Husene.

§ 7. Jord- og Sandveje.[1])

Ved Sandveje forstaas i det følgende Veje, byggede af Blandinger af Sand og Ler.

Veje af Jord og Sand kan bygges saaledes, at de praktisk set ikke bliver bløde i vaadt Vejr, men beholder en forholdsvis glat Overflade, at de er holdbare og lette at reparere for en lille Bekostning.

Levetiden for Jord- og Sandveje afhænger ikke blot af Tykkelsen af Dæklaget og Trafikkens Størrelse, men ogsaa af Vedligeholdelsesmetoden. Man kan regne, at hvis man bærer sig rigtigt ad, vil en saadan Vej mindst kunne holde 15 Aar, før den faar ny Belægning.

For at man skal være i Stand til at opnaa de bedste Resultater ved Bygning af Jord- og Sandveje, maa man nøje kende den Sammensætning af Jord, Sand og Ler, der kræves. Der findes en stor Mængde forskellige Ler- og Sandarter, og om man skal opnaa et godt Resultat, afhænger i høj Grad af Kvaliteten af det Sand eller Ler, der anvendes til Dæklaget, og den Mængde af de forskellige Dele, der indgaar i Blandingen.

Lerens Opgave er at virke som Bindemiddel.

Nogle Lersorter svinder, naar de tørres. Dette Svind giver et Maal for deres Udvidelse, og en Blanding af Ler og Sand, der udvider sig, bliver ustabil. Svind vilde ikke gøre Skade, hvis Leren vilde svinde regelmæssigt, men det gør den ikke. Naar Vand, der er fordampet, igen tilføres til Blandingen af Sand og Ler, finder der en Udvidelse Sted, som bevirker, at Sand- og Lerkornene skilles. Denne Egenskab har man intet Middel imod, da den er uadskilleligt forbundet med Leren; men den kan til en vis Grad mildnes ved, at man bruger en mindre Mængde af saadan Ler og tilsætter en anden Slags Ler med et mindre Indhold af sammenbindende Dele, idet Forsøg har vist, at Svind og Udvidelse ved Ler afhænger af, hvor meget fint leragtigt Materiale, Leren indeholder. Denne Lerens Udvidelse i Regn og Frost har meget betydelig Indflydelse paa de Veje, hvor Leren er anvendt. Det bliver derfor nødvendigt tilnærmelsesvis at kende det sammenbindende Indhold i en Lerart eller en Jordart, som bruges til Vejdæk. Lerens Klæbrighed og Plasticitet kan benyttes ved Bedømmelsen af, hvor stort dette Indhold er.

Ler kaldes plastisk, hvis den bliver klæbrig eller dejagtig, naar den blandes med en vis Mængde Vand, saa den kan modelleres eller presses i forskellige Former, som den beholder ogsaa efter at været blevet tør. Hvis en Klump saadan Ler lægges i Vand, vil den i Almindelighed beholde sin Form i lang Tid. Der er derimod andre Lerarter, som straks vil falde hen, naar de lægges i Vand. Dette skyldes en meget hurtig Optagelse af Vand i Lerens Porer.

Ler skal i Vejen virke som en svag Cement til at binde Sandpartiklerne sammen. Dette gaar meget let i tørt Vejr, men i vaadt Vejr har Ler en Tilbøjelighed til, ikke alene at blive blød, men til at bulne ud, og hvis der er blevet brugt for meget Ler i Dæklaget, vil Trafikken skære Dækket igennem og til Slut rode Vejen op i hele dens Tykkelse. Man antager, at der ikke bør bruges over 15 pCt. stærkt klæbrig Ler ved Bygning af Jord- eller Sandveje, medens mindre klæbrig Ler kan anvendes i Mængde op til 28 pCt.

Naar man undersøger Sand, vil man finde, at der er betydelig Forskel, ikke blot i Størrelsen af Sandkornene, men ogsaa i deres Form, idet nogle er runde og andre skarptkantede. Bedst egnet til Vejbygning er Sand, som kan kiles sammen; Evnen hertil afhænger af Kornenes Kantethed og Uregelmæssighed. Sandet giver Vejoverfladen dens Modstand imod Færdslen. Sand, der bruges ved Bygning af Sandveje, skulde om muligt være fri for Glimmer, da dette er den mest skadelige Urenhed i Sand eller Ler. Hvis der er mere end 3 pCt. Glimmer i Vejdækket, vil dette Glimmer i betydelig Grad formindske Modstandsevnen mod Slid. De fine,

[1]) Blanchard: American Highway Engineers Handbook, New York 1919. S. 483.

flade Glimmerskæl ødelægger Sandkornenes Sammenkiling, da de giver ikke blot en glat Overflade, paa hvilken Sandkornene kan glide, men ogsaa let Adgang for Vand, der da kan trænge ind i Vejoverfladen, og saaledes hurtigt gøre den blød. Sand eller Ler, der indeholder en betydelig Mængde organisk Stof, er heller ikke anvendeligt, thi skønt det organiske Stof til at begynde med vilde have nogen sammenbindende Evne, hvis det bruges i en Sandvej, saa vilde dets sammenbindende Evne snart forsvinde, og det vilde virke som en Svamp til at holde paa Fugtigheden. Det vilde snart begynde at raadne, og da der som et af Resultaterne heraf vilde fremkomme Fugtighed, saa vilde der fremkomme bløde Pletter i Vejen, og Vejdækket vilde blive svækket, saa det let blev kørt igennem. Det vil være en økonomisk Fordel i det lange Løb at anvende betydelige Udgifter for at fjerne de organiske Stoffer.

Sandets Styrke afhænger af Størrelsen af dets Korn. Jo mindre Sandkornene er, des daarligere kiles de sammen, og desto mere Tilbøjelighed har de til at blive til Pulver; jo grovere Sandkornene er, des bedre kiles de sammen, og den stærkere, fastere Overflade, man derved faar, har større Modstandsevne mod Slid. Dette er især kendeligt i vaadt Vejr, idet det Vejdæk, der er udført af grovkornet Sand, har meget mindre Tendens til at blive blødt end en Vej, der er udført af finkornet Sand. Hvor det er umuligt at faa grovkornet Sand, kan der dog opnaas gode Resultater med det fine Sand; men en saadan Vej vil kræve mere Vedligeholdelse end den anden, saa Vedligeholdelsesudgifterne bliver større, og den vil ogsaa kræve mere kontinuerlig Vedligeholdelse. Medmindre der anvendes god Ler som Bindemiddel, vil den Vej, man faar, ikke blive god, selv om man har anvendt ellers godt Sand. Man vil finde, at Procentindholdet af Sand i disse forskellige Blandinger vil variere fra 70—90 pCt., og at Lerindholdet vil variere fra 10—30 pCt. Groft Sand giver haardere Vejoverflade med større Modstandsevne mod Slid, og for at faa disse bedre Resultater, maa Sandet være saaledes, at mindst 40 pCt. holdes tilbage paa en 60 Maskers Sigte. Hvis det meste Sand gaar igennem en 60 Maskers Sigte, er det praktisk umuligt at faa en haard Vejoverflade. Dette betyder dog ikke, at man ikke kan faa gode Resultater med dette fintkornede Sand, men hvis man anvender det, er man nødt til straks at udføre eventuelle Reparationer. Disse finere Sandsorter spiller imidlertid en Rolle ved Bygning af Veje paa den Maade, at de fylder Hulrummene imellem de grovere Sandkorn, som ellers skulde fyldes med Ler, og de tjener derfor til at forøge Tætheden i Vejdækket og gøre det mere uigennemtrængeligt for Vand. Skarpt Sand giver bedre Resultater end rundkornet Sand med samme Kornstørrelse, fordi de skarpe Sandkorn bedre kiles sammen, hvilket i høj Grad bidrager til at styrke Vejoverfladen. Denne Sammenkiling af Sandkornene formindsker Kravet til det lerholdige Bindemiddel. De afrundede Sandkorn er paa den anden Side næsten helt afhængige af Lerens Evne til at binde dem sammen.

Der findes undertiden Jordarter, som har nøjagtig den rigtige Sammensætning for at give udmærkede Vejdæk. Til andre Tider finder man ved Undersøgelse af Jorden, at man vil faa gode Resultater, hvis der tilsættes visse Materialer, som den mangler. En Jordart, som er lidt for sandholdig, kan gøres bedre ved at pløje noget Ler ned i den og blande de to sammen ved Pløjning og Harvning. Hvis paa den anden Side Jorden indeholder for meget Ler, kan dette afhjælpes ved Tilsætning af en vis Mængde Sand og omhyggelig Blanding. I mange Tilfælde vil man finde Jordarter, som indeholder de forskellige Stoffer i det rette Forhold, men hvor Sandindholdet er for finkornet. Veje, der er byggede af saadant Materiale, vil blive mellemhaarde og vil kræve hyppig Skrabning.

Nogle Jordarter indeholder Grus. Gruskorn, der er større end 5—8 cm i Diameter, er ikke egnede til at bruges i et Vejdæk og bør derfor om muligt fjernes, men vil kunne finde Anvendelse i Bundlaget. 10—15 pCt. Grus, der kan gaa igen-

nem en 2,5 cm Sigte og holdes tilbage paa en 10 Maskers Sigte, forøger Holdbarheden af et Vejdæk.

De Resultater, man igennem Praksis og ved Laboratorieforsøg er kommet til, er da følgende.

at 60—80 pCt. Sand er nodvendigt, hvis man skal have en haard Overflade,

at Sand, der gaar gennem en 100 Maskers Sigte og holdes tilbage paa en 200 Maskers Sigte, ikke bidrager til at gøre Vejoverfladen haard, men alene virker til at fylde Mellemrummene; Veje, byggede alene af Sand af denne Finhed, vil ikke blive tilfredsstillende,

at naar mere end 40 pCt. af Sandet passerer en 60 Maskers Sigte, bliver Vejdækket kendeligt blødere, end naar der bruges grovere Sand,

at hvis der kan anvendes 10—15 pCt. Grus, hvis Kornstørrelse ligger imellem, hvad der kan passere en 2,5 cm Sigte og holdes tilbage paa en 10 Maskers Sigte, har dette en meget betydelig Virkning i Retning af at forøge Vejens Haardhed og Holdbarhed.

at Lerindholdet skal ligge mellem 10 og 20 pCt.; et Lerindhold paa 30 pCt. vil give en blød Vejoverflade, som vil blive meget fedtet i vaadt Vejr.

Et Lerindhold paa 30 pCt. vil give en blød Vejoverflade, som vil blive meget fedtet i vaadt Vejr.

Ved Vejbygning er det ikke altid muligt at udføre et langt Laboratorieforsøg for at bestemme Ler- og Sandindholdet, men Forsøg maa ofte gøres ude i Marken. Hurtige og meget tilfredsstillende Forsøg kan gøres paa følgende Maade:

Der tages Prøver af de paagældende Ler- og Sandarter, og der udføres Blandinger af dem, varierende fra 1 Del Sand og 1 Del Ler til 6 Dele Sand og 1 Del Ler. Disse Blandinger ælles med Vand til en Masse, der ligner Kit og formes saa som smaa Kugler eller Kegler, der stilles i Solen til Tørring; efter at de er blevet helt tørre, anbringes de i en flad Skaal, og der hældes forsigtigt saa meget Vand i denne, at Prøverne fuldstændig dækkes. Man maa passe paa ikke at hælde Vandet direkte paa Prøverne. Man vil saa se, at nogle Prøver næsten straks falder sammen, medens andre falder meget langsomt sammen. Disse sidste giver de Blandinger, som der er Udsigt til vil give gode Resultater i en Vej, og Mængderne af Sand og Ler kan bestemmes ud fra disse.

Den Mængde Sand og Ler, der skal være i den bedste Vej, maa antages at være den, der er tilstrækkelig til, at Leren fylder Hulrummene mellem Sandkornene, naar disse Sandkorn ligger saaledes, at de rører hinanden. Leren er Bindemidlet, som skal holde Sandkornene paa Plads, og der bør ikke være mere, end hvad der lige kræves hertil. Hvis der er for meget Ler, kan Sandkornene ikke røre hinanden, og de bliver saa i Stand til at bevæge sig i Lermassen, saa dennes Modstandsevne mod Slid praktisk talt ikke bliver større, end om Vejen helt bestod af Ler. Vand er ogsaa i Stand til at virke paa Leren, og Vejen bliver fedtet. Hvis der er for lidt Ler, bliver Sanddelene ikke kittet sammen, og Vejen falder meget hurtigt fra hinanden i Regn.

Den nøjagtige Mængde Sand og Ler, der skal bruges til de bedste Sandveje, kan ikke uden videre opgives, da Forholdet varierer med Sandets Karakter, om det er skarpt, efter Mængden af fremmed Materiale og efter Størrelsen af Sandkornene. Et simpelt Middel til at bestemme den teoretiske Mængde rent Ler, som skulde føjes til Sand ved Bygning af Sandveje er at fylde et Glas helt med Sand, af den Slags, der skal bruges; saa fyldes et lignende Glas med Vand; derefter hældes Vandet omhyggeligt paa Sandet, indtil Vandet begynder at flyde ud paa Overfladen, hvilket betyder, at alle Mellemrum mellem Sandkornene er fyldt med Vand. Den Mængde Vand, som er blevet hældt i Glasset med Sand, angiver i Volumen det Volumen Ler, som kræves til at fylde den paagældende Sandarts Hulrum.

Bygning af Jord- og Sandveje. — Ved Bygning af Jord- eller Sandveje er der visse Hovedprincipper, der maa følges:

det er nødvendigt at anvende en passende naturlig Jordart eller en kunstig Blanding med den rigtige Sammensætning;
Jorden eller Sandet maa lægges ud i et tykt Lag, før Trafikken faar Lov til at gaa hen over Vejen;
Materialerne maa blandes fuldstændigt, før man komprimerer dem. Ved Komprimeringen skal man begynde fra Bunden og derfra gaa opad;
ved Komprimeringen maa man omhyggeligt sørge for, at alle Fordybninger fyldes, og ved stadig Brug af Profilet maa man sørge for, at Vejen faar den rigtige Form;
det er nødvendigt, for at Materialerne skal binde tilfredsstillende sammen, at de er blandet nøjagtigt.

Omhyggelig Dræning af en Jord- og Sandvej er af største Betydning. Hvor Undergrunden er Sand, er den naturlige Dræning i Almindelighed tilfredsstillende, især hvor Sandet naar tilstrækkelig dybt ned.

Naar Vejbelægningen komprimeres, formes den med en Skraber, saaledes at den faar et jævnt Fald fra Midten af Vejen henimod Grøfterne.

Alle Jordveje bliver noget bløde i stærk Regn, og dette kan efter det Materiale, der er brugt, og efter Byggemaaden gaa ned til en Dybde af 1 cm eller maaske 2,5 cm; men hvor Vejen er blevet bygget med en passende Tykkelse, gøres den let i Stand efter Regn med en Skraber. Hvis imidlertid Dæklaget er for tyndt, bliver det tilbøjeligt til at bryde igennem i stærk Regn, og det kan da ske, at Leren fra Undergrunden arbejder sig op og blander sig med Vejdækket, som saa snart ødelægges. Tykkelsen af Dæklaget afhænger tildels af Undergrundens Beskaffenhed, og medens 25 cm maa anses for det almindelige, kan det være ønskeligt at forøge Tykkelsen endda til 35 cm, naar Undergrunden indeholder meget Ler eller er blød.

Der kan heller ikke anvendes for megen Omhu paa at lægge Vejdækket ud saaledes, at det komprimeres som eet Lag. En Pløjning af Vejdækket, efter at det er lagt ud, og en derefter følgende Harvning, vil bevirke, at Vejdækket bliver mere jævnt og homogent og vil hindre, at det aflejres uensartet. Det er nødvendigt, at Vejdækket komprimeres fra Bunden og opefter, da der ellers vil danne sig en tæt Skorpe foroven med løst Materiale under sig, og denne Skorpe vil have en stadig Tendens til at brydes, saa Vand kan trænge ned i det blødere Materiale. Den sædvanlige Metode, der er blevet benyttet for at opnaa dette Resultat, har været at lade Hestehove og Vognhjul gaa hen over Vejen. Dette giver gode Resultater, men det tager i Almindelighed flere Maaneder, før Vejen paa denne Maade bliver fuldstændig komprimeret. Under denne Pakning er det nødvendigt, at Overfladen efter hver Regn straks gaas efter og bringes tilbage til den rigtige Oprunding. Dette er nødvendigt for at undgaa, at der dannes haarde Klumper og til at opnaa en jævn Overflade med den rigtige Oprunding. Den almindelige Tromle er ikke meget værd til Komprimering af disse Veje.

Under Pakningen og Komprimeringen af en Jord- eller Sandvej er det en stor Fordel at faa Regn, næsten straks efter at Dæklaget er blevet lagt ud paa Vejen.

Hvor det er umuligt at faa en naturlig Blanding af Sand og Ler, er det i mange Tilfælde muligt at fremstille kunstige Blandinger, som er økonomiske og tilfredsstillende. Forholdet kan være, at Grunden bestaar af Ler, der egner sig som Bindemiddel for Sand, eller den kan bestaa af Sand, hvortil der kan sættes Ler. Endvidere kan der findes passende Sand og Ler i rimelig Afstand, saa det kan betale sig at køre det til Vejen. Man mener at have set, at det vil være lettere at

bygge en Sandvej, naar Undergrunden er en passende Ler, end hvor det omvendte har været Tilfældet.

Vejens Overflade tildannes, naar Undergrunden er Ler, før Sandet føres til, saaledes: Undergrunden planeres til Højde med Grøftebundene; saa udgraves for Sandet til passende Dybde, saa den udgravede Jord kan anbringes paa Banketterne paa en saadan Maade, at man faar det rigtige Sidefald ned til Grøfterne. Dybden af Grøfterne varierer efter Vejens Bredde og Tykkelsen af den anvendte Blanding af Sand og Ler.

Lerunderbunden pløjes saa op til en Dybde af 5 eller 8 cm efter Lerens og Sandets Karakter. Den skal pløjes op til en saadan Dybde, at man, naar den oppløjede Ler oparbejdes og blandes med det tilkørte Sand, faar en tilstrækkelig Mængde Ler til Bindemiddel i Sandet. Hvis Leren brydes op i for store Klumper, bør disse knuses med en Harve. 10 cm Sand bør saa føres til i et jævnt, tykt Lag og derefter arbejdes ned i Leren med en Harve; derefter atter 10 cm Sand, som ligeledes harves ned. Harvningen af denne sidste Blanding kan udføres saaledes, at Materialet arbejdes fra Siderne af Vejen henimod Midten, saa Vejen faar den rigtige Form.

Undergrund af Sand planeres vandret, og et Lag af Ler spredes over den saa jævnt som muligt i en Tykkelse af 5—10 cm, efter den Lers Kvalitet, man anvender, og efter den Mængde Sand, der er i Leren. Hvis Leren er meget ren og plastisk, vil der kræves en meget mindre Mængde, end hvis det er stærkt sandblandet Ler. I saa Fald burde der spredes over Leren et Lag af rent Sand, og Vejen derefter harves igennem. Derefter bør Vejen formes med Skraber, og saa faa Lov til at ligge, til det regner, idet den saa igen skulde harves igennem. Der er i Almindelighed en Tendens til at bruge alt for meget Ler, naar man bygger Sandveje, hvor Undergrunden er Sand. Hvis Leren er meget plastisk, vil den have Tilbøjelighed til at danne Kugler i saa stor Udstrækning, at det kan være fordelagtigt at anvende en Plov til at bryde Klumperne itu. Medens Transportudgifterne til Ler, naar der skal bygges en Sandvej paa Undergrund af Sand, er betydelig mindre end Transportudgifterne til Sand, naar man skal bygge en Vej paa Undergrund af Ler, saa er til Gengæld Udgifterne til fuldstændig Blanding af Ler i Sand meget større, end hvis der skal blandes Sand i Ler. Og saa er endvidere den Vej, man faar bygget, ikke tilbøjelig til at blive saa god, fordi Sandet i Undergrunden i Almindelighed ikke er saa skarpt og groft som det Sand, man ellers kan faa som Tilsætning til en Undergrund af Ler.

Vedligeholdelse af Jord- og Sandveje. — Jord- og Sandveje holdes fri for Snavs, og saasnart der har dannet sig Huller eller Fordybninger i Vejen, bør de fyldes med Materiale saa nær som muligt af samme Slags, som er benyttet ved Vejens Bygning. Hvis derimod Hullerne fyldes med Skærver, Grus, Lyngris eller lignende, vil Slidet blive ujævnt, og Hjulene vil begynde at udvide Hullerne og frembringe andre bag ved de allerede dannede Huller.

Da Vejskraberen er den vigtigste Maskine, der bruges ved Vedligeholdelse af Jord- og Sandveje, er det nødvendigt, at Skærver og lignende fjernes, da Skraberen ellers ikke kan bruges. Hvis Skraberen bruges regelmæssigt efter hver Regn, netop som Vejen er ved at blive tør, kan Overfladen holdes jævn og haard den største Del af Aaret igennem.

Da Fugtighed virker meget ødelæggende paa en Jord- og Sandvej, bør Solen kunne skinne saa meget som muligt paa den, i hvert Tilfælde i nogle Timer hver Dag. Dette betyder ikke, at man behøver at fælde alle Træer langs en Jord- eller Sandvej, men det betyder, at der bør fældes saa mange Træer, at Solen kan naa Vejen. At Træerne fældes giver ogsaa Adgang for Vinden til Vejen, og derved bliver Blæsten i Stand til at virke med til at udtørre den.

Ved Reparation af en Jord- eller Sandvej maa man følge de samme Hovedprin-

cipper som ved Bygning af den; naar man renser Grøfter, bør Oprensningen ikke kastes ind til Vejsiden, men til modsat Side, da Oprensningen indeholder fint Støv og organiske Dele, som holder paa Fugtigheden ligesom en Svamp og derfor vanskeligt tørrer ud, og Oprensningen er ganske forskellig fra det Materiale, der er benyttet ved Vejens Bygning.

Vedligeholdelsen af Jord- og Sandveje bør ordnes saaledes, at de deles i Afsnit med en Formand for hvert Afsnit, hvis Pligt skulde være at gaa hele Afsnittet igennem efter Regn og i det mindste hver 14de Dag, og sørge for, at de Dele af Vejen. der bliver beskadiget, straks bliver repareret.

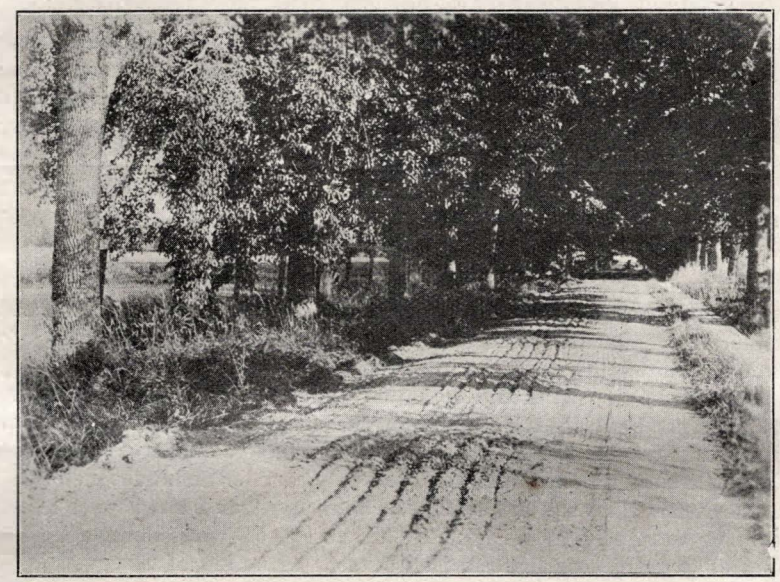


Fig. 43.

Man maa i Tide sørge for at have passende Materiale til at fylde Fordybninger og Huller med, som har dannet sig, og som er for store til at udjævnes med Skraberen. Det Materiale, der bruges, bør være af samme Slags som det, der er brugt ved Vejens Bygning.

Ved Reparationerne bør Sand og Ler være fuldstændig blandet og stampes i Hullerne, og Vejen derefter skrabes. Hvis Skraberen er blevet benyttet stadig siden Vejens Bygning, vil det kun være sjældent, at der opstaar Huller, som maa fyldes paa denne Maade. Hvis det imidlertid bliver nødvendigt at fylde Hjulspor og Huller med Blandinger af Sand og Ler, er det absolut nødvendigt, at Hullerne i Forvejen er rensede for alle Urenheder. Det er ogsaa nødvendigt, at Vejens Overflade renses fuldstændigt for Støv og Snavs og harves med en Tandharve, før et nyt Lag Materiale lægges ud; ellers vil det nye Materiale ikke forbinde sig fuldstændigt med det gamle Materiale. I Fig. 43 er vist en Vej harvet med en af de i Fig. 47—49 viste Skrabemaskiner.

Det er lige saa vigtigt, at en Vej skrabes i rette Tid, som at Skrabningen overhovedet bliver udført. Der er mange Vejdæk af Jord eller Sand, som ikke bliver fedtede selv i lange Regnperioder, og da saadanne Veje i Reglen bliver haarde meget hurtigt, efter at Regnen er hørt op, er det ønskeligt at skrabe dem straks efter Regn. Men saadanne Veje behøver i Almindelighed ikke at blive skrabede efter hver Regn som Følge af den Evne, de har til at beholde deres Form. Paa den anden Side bliver mange Jord- og Lerarter meget fedtede selv med ringe Færdsel og efter svag

Regn, og Veje af saadant Materiale kan ikke godt skrabes med Held straks efter Regn; det kan blive nødvendigt at lade gaa nogle Dage uden Regn efter en lang Regnperiode, saa Vejen kan tørre noget ud, da Hjulsporene maaske ellers vil dannes lige saa hurtigt, som de kan fyldes ved Skrabningen. I mange Tilfælde er det muligt at forøge Vejens Modstandsevne ved at skrabe den gentagne Gange og i de rette Øjeblikke. Godt byggede Jord- og Sandveje skulde ikke ofte blive fedtede, naar de først engang er komprimerede. Men de kan faa alvorlige Hjulspor i Regn, naar Færdslen er stor, og behøver saa Skrabning mange Gange om Aaret. Saadanne Veje bør i Almindelighed skrabes saasnart som muligt efter Regn, da Overfladen ellers snart bliver tør og haard, saa det bliver nødvendigt at skrabe endnu mere for at fylde Hjulsporene. Desuden vil det Materiale, som Skraberen flytter, ikke komprimeres, medmindre det indeholder en betydelig Mængde Fugtighed. I Almindelighed kan det siges, at den bedste Tid at udføre Skrabning paa ved alle Veje er, naar Materialet indeholder tilstrækkelig Fugtighed til at komprimeres, straks efter at Skraberen har flyttet det, medens det dog ikke maa være saa vaadt, at Færdslen derefter kan danne Hjulspor i det.

§ 8. Grusveje.[1])

Grusens Brugbarhed til Bygning af Veje afhænger især af de Stenarter, den bestaar af, af Kornstørrelsen, samt af om den er ren eller blandet med Sand eller jordagtige Bestanddele. Da den Grus, der anvendes, som Regel bestaar af afrundede Korn, bliver Forbindelsen i Vejbanen ikke saa god som i en Skærvebane, og det er derfor godt, hvis der i Grusen er en lille Smule Sand, men for stort maa Sandindholdet ikke være. I hvert Fald er en Indblanding af jordagtige Bestanddele skadelig. Et Bundlag kan man fremstille paa lignende Maade som ved Skærveveje, ved at man søger de groveste Sten ud, slaar dem i Stykker og forkiler dem saa godt som muligt. Den fineste Grus anvendes saa til Dæklaget. Som passende Dimensioner kan opgives, at Paklaget bør være 15—20 cm tykt, Dæklaget 10—12 cm. Tidligere mente man, at Tromling af Grusveje var lige saa gavnlig som Tromling af Skærveveje, idet dog Grus binder lettere og hurtigere sammen end Skærver, og af den Grund blev Grusveje ofte ikke tromlede. Anskuelserne paa dette Punkt har dog i de senere Aar forandret sig under amerikansk Indflydelse.

Naar Grusen ikke bestaar af helt fast Materiale, kan man nøjes med at anvende den i Bundlaget og bruge Skærver til Dæklaget. I dette Tilfælde kan det være rigtigt at tromle dette Bundlag af Grus, før Skærverne lægges ud for at undgaa, at Bundlag og Dæklag blandes sammen. Tykkelsen af Bundlaget maa i dette Tilfælde gøres noget større, altsaa mindst 20 cm.

I Amerika anvendes Grusveje i de sidste 20 Aar i meget stor Udstrækning; Grusdækket er billigt baade i Anlæg og Vedligeholdelse, og har den Fordel, at det tilfredsstiller ret store Krav, og da man i Amerika hurtig vil bygge et sammenhængende Vejnæt, har Grusdækket faaet en meget stor Udbredelse. Det regnes, at naar Færdslen ikke naar op over 1000 Vogne om Dagen, skulde Grusdæk kunne anvendes.

En Grusvej, der er bygget paa en af de nedenfor omtalte Maader, har ikke faa Fordele. En Grusvej repareres let; Materiale til Reparationer kan ofte faaes paa Stedet og maa være af samme Slags som det Materiale, hvoraf Vejen oprindelig er bygget. En Grusvej er i hvert Fald fuldt saa holdbar som en Skærvevej, medmindre Skærverne er af særlig haardt og sejgt Materiale med høj Slidkoefficient. En Grusvej er behagelig at køre paa baade med stor og lille Fart, hvilket sandsynligvis skyldes den jævne Overgang i Størrelse mellem de forskellige Dele, hvoraf Grusen bestaar.

Klimatiske Forhold har megen Indflydelse paa en Grusvej. Selvfølgelig har

[1]) Blanchard: American Highway Engineers Handbook, New York 1919. S. 519. Dansk Vejtidsskrift 1924. S. 7.

Grusveje deres Begrænsning, idet de dog kan anvendes mere almindeligt og kræver mindre teknisk Tilsyn end Veje af alle andre Byggemaader.

De almindelige Regler, som anvendes for Dræning og Fundering af Veje, anvendes ogsaa paa Grusveje, men Mangler ved Funderingen vil ikke være saa skadelige ved Grusveje som ved Veje, hvor der er anvendt dyrere Vejdæk, da Udgifterne til Reparation er mindre. Under Vejdækket bør der ikke være fremspringende Sten eller Lommer med organiske Stoffer, og Grunden bør tromles omhyggeligt og formes paa en saadan Maade, at den giver et godt Underlag for Grusen. Dræningen baade under og ved Siderne af Vejen bør udføres omhyggeligt, saa enhver Fare, for at Vandafledningen skulde svigte, fjernes.

Grusveje, der skal behandles med bituminøse Stoffer, bør ikke have en Oprunding, der er større end 1 : 24. For Grusveje, som ikke skal behandles paa denne Maade, bør Oprundingen ikke være større end 1 : 16, maaske med Undtagelse af de Bakker, hvor Vandet ellers vilde komme til at løbe for meget paa langs ad Vejen.

Den Grus, der anvendes, er Bakkegrus, der i Almindelighed findes mere eller mindre blandet med Sand, Ler eller lignende; grusholdigt Ler, grusholdigt Sand, lerholdigt Grus og sandholdigt Grus er Betegnelser for de forskellige Blandinger, hvori Materialet kan findes. Medmindre andet siges, bør Betegnelsen Grus kun anvendes for Bakkegrus.

Den Grus, der findes i Floder, Søer eller ved Stranden, egner sig i Almindelighed ikke til Bygning af Grusveje. Denne Grus bestaar af runde eller ovale Stenstykker med regelmæssig glat Overflade og indeholder ikke sammenbindende Materiale som Sand eller Ler.

Den Grus, der anvendes til Vejbygning, bør bestaa af Materiale af haarde Sten, der er modstandsdygtige mod Afslidning. Af disse Stendele bør mindst 75 % være Sten, der i Størrelse ligger mellem 6 og 50 mm. Sten over 50 mm er for store til at bruges til Bygning af Grusveje, medmindre disse bygges i Lag. Grusen bør indeholde 25 % af en Sand- eller Lerblanding, hvoraf 8—15 % bør være Ler eller et lignende sammenbindende Materiale, som f. Eks. Jærnoxyd eller Kalksten. Selvfølgelig er der faa Grusgrave, som tilfredsstiller alle disse Betingelser. I Almindelighed indeholder Grus enten for mange store Sten eller for meget fint Sand. Der er mange Grusgrave, som ved Tilsætning af et eller andet Materiale, der findes paa Stedet, vil give udmærkede Resultater.

De Sten, der findes i Grus, bør være haarde og sejge. Mange Grusgrave, hvis Materiale ellers passer til Bygning af Veje, har den Mangel, at Stenene smuldrer, naar de slides af Jærnhjul, og bliver til Støv, saa Grusvejen hurtigt slides op.

Som det blev sagt, bør Grus indeholde fra 8—15 % Bindemateriale. Et af de bedste Bindematerialer i Grus er Ler. Og Mængden af Ler i Grus til Vejbygning varierer betydeligt, og bør variere ikke blot efter Karakteren af det Materiale, hvoraf Grusen er sammensat, men ogsaa efter de klimatiske Forhold, under hvilke Materialet bruges. I kolde og vaade Egne bør der bruges et mindre Lerindhold, da Leren har Tilbøjelighed til at danne Mudder. I mere varmt og tørt Klima bør der bruges mere Ler, da Vejen her faar mindre Fugtighed, og der kræves mere Bindemiddel, og Faren for, at der skal dannes Mudder, er mindre. Sammenbindingen i en Grusvej maa nærmest siges at være af fuldstændig kemisk Karakter, d. v. s. at der er ingen mekanisk Sammenbinden af Stenpartiklerne, da de er runde og let ruller paa hinanden. Som Følge deraf maa man sikre sig en kemisk Sammenbinding, og dette kan naaes ved Brug af Ler eller andet sammenbindende Materiale.

Naar man skal udføre Laboratorieforsøg med Grus, er det nødvendigt at tage Prøver af Materialet paa en saadan Maade, at Prøven saa godt som muligt kommer til at angive den rigtige Sammensætning af Grusen i hele Grusgraven.

Udgravning af Grus i Grusgrave kan alt efter de lokale Forhold udføres paa mange forskellige Maader. Gravens Højde, om den ligger over eller under Jordoverfladen, om Adgangen til den er nem o. lign., spiller en Rolle ved Valget af Udgrav-

ningsmaade. Ligger Graven over Vejen, paa hvilken Materialerne skal køres, kan Tyngden benyttes; ligger Graven under, maa der benyttes mekaniske Hejseapparater. Hvis det er en lille Grusgrav, plejer man at udgrave, sortere og læsse Grusen med Haandkraft. Er det en stor Grusgrav, kan Grusen udgraves med Gravemaskine og læsses direkte i Vognene, eller føres lige til Sorteretromlerne. Hvis der i Nærheden er passende Arealer, kan de benyttes til Oplægning af det udgravede Grusmateriale, der ikke straks skal bruges, for at man derved kan blive fri for at gøre Arbejdsforholdene i Graven vanskelige.

Sortering af det udgravede Grusmateriale eller Tilsætning af andet Materiale er næsten altid nødvendig ved Bygning af Grusveje. Ved de almindelige Grusveje, der bygges for let Trafik med ringe Omhu, bestaar Sorteringen undertiden kun i, at man saavidt muligt søger med Haanden eller med Skovl at fjerne de større Sten; men ved Veje, der bygges for forholdsvis tungere Trafik, eller for Veje, hvis Overflade skal behandles med et bituminøst Bindemiddel, eller med et støvdæmpende Middel, maa man anvende stor Omhu paa Sortering af Materialet efter Størrelse.

Der er mange Metoder til Sortering af Grus. Anvendes Haandharper, kastes Materialet med Skovl imod en Sigte, hvis Stænger sidder i passende Afstand, og Materialet deles da i det, der ikke kan gaa igennem Sigten, og det, der kan gaa igennem. Denne Metode kan kun anvendes for smaa Grusmængder, f. Eks. ved Reparationsarbejde. Men det er klart, at det nu med den høje Arbejdsløn er nødvendigt at bruge mekaniske Hjælpemidler til Sortering af Grus. Der findes mange forskellige Konstruktioner af disse, men i Hovedsagen kan de deles i 2 Klasser: den første benyttes til at skille fint og groft Materiale, og den anden til at skille i de forskellige Størrelser. Begge Typer bestaar af en Elevator og Sigter, der bevæges ved Maskinkraft. Den Sigte, der skal fjerne de fine Dele, bestaar af en enkelt Sigte med Maskevidde paa omtrent 10 mm i Kvadrat, der bevæges ved Tandhjul; denne Sigte lader det fine Materiale gaa igennem, saa det falder ned i en Kasse, og det bruges f. Eks. til Dæklag paa Vejen, medens det grove Materiale vandrer fra den høje til den laveste Ende af Sigten, hvor det falder ud paa et Skraaplan, og derfra gaar i en særlig Bunke eller i den Vogn, der skal transportere det bort. Brug af særlige Kasser eller Siloer maa anbefales, hvis man ikke kan sikre sig, at der altid er Vogne til Læsning. Sigter til Sortering af Grus i forskellige Størrelser bestaar af en Elevator og en roterende Sigte; anvendes disse Anlæg, løftes Grusen og gaar igennem Sigten, og de Dele, der er for store til at anvendes til Vejbygning, fjernes og anbringes i en Bunke for sig. Disse Maskinerier kan kombineres med en Gravemaskine, der direkte læsser Grus i Elevatoren, saa Brugen af Haandarbejde indskrænkes saa meget som muligt. Brugen af disse sidste Sortereapparater vil give gode Resultater ved Bygning af Veje, hvor der maa tages alle Hensyn ved det første Anlæg, eller hvor Grusgraven ikke giver en tilfredsstillende Blanding uden en saadan Sortering.

Nogle Grusgrave indeholder saa meget stort Materiale, at det er nødvendigt og økonomisk at knuse det og derefter sortere det knuste Materiale. Man kan da lade alt det udgravede Grus passere igennem en Knusemaskine, saa de store Dele knuses til en passende Størrelse, hvorefter hele Massen føres igennem en Sigte og derfra til de forskellige Bunker. Hvor der skal udføres et stort Vejarbejde, giver denne Metode udmærkede Resultater, fordi alt Materiale bruges, og fordi store Oplag ikke er nødvendige og dernæst, fordi Materiale, fremskaffet paa denne Maade giver en bedre Vej end almindelig Grus.

Naar Grus udgraves og sorteres til Vejbrug, bør man huske, at en ikke ringe Mængde Materiale bør sorteres og oplægges langs Vejen til Vedligeholdelse af denne, efter at Vejen er bygget færdig.

Udgifterne til Kørsel bør reduceres saa meget som muligt, da de spiller en betydelig Rolle for den samlede Anskaffelsesudgift for Grus. Deraf følger, at Grusgraven bør udstyres saaledes, at Læssetiden i Graven indskrænkes til et Minimum, og det samme gælder om Aflæsningstiden ved Vejen. Dette kræver ved store Ar-

bejder Vogne eller Køretøjer, som hurtigt kan læsses og hurtigt aflæsses, dette sidste ved Tipning. Med Hensyn til Læsningen kan det da anbefales at anvende Siloer, saa Vognene kan læsses ved Tyngden, hvis Arbejdets Størrelse tillader det. Med Hensyn til Transporten kan man anvende Hestekøretøjer, Traktorer eller faststaaende Maskinerier, Automobiler med eller uden Paahængsvogne, og endelig Transport paa Spor.

Bygning af Grusveje. — Grusveje deles i følgende 3 Typer: Veje af uharpet Grus, Veje byggede efter Overflademetoden, og Veje byggede efter Kassemetoden.

Veje af uharpet Grus er bygget af Materiale, der kommer lige fra Grusgraven, idet blot de største Sten er fjernede; efter at Grusen er lagt ud paa Vejoverfladen, spredes den, saa Overfladen bliver jævn og Vejdækket af ensartet Tæthed; hvis en Del af Vejen er komprimeret mere end en anden, vil der kunne blive Steder, der slides mindre end andre, saa Vejen derved hurtigere ødelægges, og dette kan da kun undgaaes, ved at Vejen harves og skrabes. For Veje med let Trafik paa Landet er dette en tilfredsstillende Fremgangsmaade.

Veje af uharpet Grus kan anvendes paa Steder, hvor Materialet er let at faa fat i, og hvor Vejen ikke skal have nogen stor Motortrafik, eller hvor Færdslen ikke foregaar hele Aaret igennem. Ved saadanne Veje opnaar man ofte det bedste Resultat, ved ikke at tromle dem eller paa anden Maade at behandle dem.

Veje, byggede efter Overflademetoden, har Grusen liggende i et Lag, hvor Tykkelsen gaar ned til intet ved Randen, men bliver temmelig stor inde ved Midten af Vejen, afhængig af Undergrunden og den Trafik, som Vejen skal udsættes for.

Veje byggede efter denne Metode bør ikke være mindre end 6 m brede, saa man kan faa en tilstrækkelig stor Grustykkelse under den Del af Vejen, der benyttes af Færdslen; Grustykkelsen bør i Midten ikke være mindre end 20 cm. Største Kornstørrelse i Grusen bør være 35 mm, og der bør være en passende Mængde Sand og Ler i den. Større Sten bør lægges i Bunden af Vejen, og Materialet bør udlægges saaledes, at det mest grovkornede lægges forneden, og Stenstørrelsen derefter aftager opimod Dæklaget. Grusen bør ikke udlægges i tykkere Lag end 10 cm, og den bør harves, før den tromles, saa Materialet er godt blandet, men Harvningen bør ikke naa ned i Undergrunden, saa Jorden fra den blandes med Grus. Hvert Gruslag bør tromles med Damptromle og vandes, hvis Vejen straks skal benyttes af Automobiler, eller hvis den skal overfladebehandles med bituminøse Stoffer. Man kan dog udelade Tromling, hvis det ikke er nødvendigt straks at faa en glat Overflade, men dette kan gøres i Løbet af nogen Tid ved kontinuerlig Skrabning.

Grusveje, byggede efter Kassemetoden, udføres saaledes, at der dannes Banketter, til at danne Indfatning for Vejmaterialet, før det lægges ud paa Vejen. Denne Metode kræver større Omhu med Dræningen, for at Vandet kan slippe bort. De fleste Grusveje, der bygges af de amerikanske Stater for nogenlunde tung Færdsel, bygges efter denne Metode, fordi Banketterne danner en fast Understøttelse for Kanterne af Befæstelsen, og Befæstelsens Tykkelse er ensartet, saa dens Bæreevne er ens over hele Vejens Bredde.

Banketterne udføres saaledes, at deres Overflade flugter med Vejens Overflade, og at de faar et saadant Sidefald, at Vandet kan løbe bort; de bør udføres af godt Materiale, og vegetabilske o. lign. Stoffer bør ikke anvendes.

Antallet af Gruslag er forskelligt, men der bør mindst være 2 og ikke gerne mere end 3. Anvendes 2 Lag, bør det grovere Materiale anbringes i Bunden, tromles godt, bindes sammen med Bindemateriale og være saa porøst i Overfladen, at Dæklaget kan komme i Forbindelse med det. Dæklaget bør bestaa af saaledes sorteret Materiale, at Kornstørrelsen er ensartet, og med saa meget Bindemiddel, at Overfladen kan holde sig fast. Hvis Vejen ikke skal overfladebehandles, er det vigtigt, at der er tilstrækkeligt Bindemiddel. Bygges Vejen i 3 Lag, kan den behandles paa samme Maade, med Undtagelse af, at det underste Lag kan være af større Materiale end Bundlaget, hvor der kun er 2 Lag.

Tykkelsen af Lagene bør ikke være mere end 10 cm, hvis der anvendes 2 Lag, og 7,5 cm, hvis der anvendes 3. Dæklaget bør i alle Tilfælde ikke være tykkere end 5 cm.

Med Hensyn til Gruskornenes Størrelse skal bemærkes, at hvor der anvendes 2 Lag, bør Bundlaget bestaa af Grus, hvis Kornstørrelse ligger imellem 10 og 35 mm, idet Materialet sorteres saaledes, at man faar en tæt Blanding. Dæklaget bør bestaa af Materiale mellem 3 og 10 mm med passende Mængde Bindemiddel. For en Vej med 3 Lag kan Bundlaget bestaa af Dele paa 75 mm, men Materialet bør sorteres saaledes, at man hindrer de større Dele i at vandre op igennem de øverste Lag. Det andet Lag bør bestaa af Materiale, der ligger imellem 10 og 35 mm, saaledes blandet, at man faar en nogenlunde tæt Blanding, og endelig bør Dæklaget være som i en Vej af 2 Lag.

Spredning af Grusmaterialet bør foregaa saaledes, at alt arbejdes igennem, saa man hindrer, at der dannes haarde Klumper, hvilket f. Eks. kan være Tilfældet med Materiale, der ikke behandles efter Tipningen. For at undgaa saadanne haarde Klumper kan man først oplægge Materialet langs Siden af Vejen, og derefter kan man skovle det paa Plads; man kan ogsaa ved Tipningen lægge Grusmaterialet paa Flager under Vognene, og derefter udlægge det fra disse Flager; eller man kan aflæsse det i Bunker, saaledes at Materialet maa fuldstændig arbejdes igennem igen, og endelig kan man anvende saadant byggede Tipvogne, at Grusmaterialet spredes jævnt udover Vejen. Grusmateriale til de øverste Lag bør aldrig tippes direkte udover underliggende færdige Lag, da disse derved vil blive uens komprimerede paa Overfladen, og dette kan kun igen fjernes ved Harvning eller ved kontinuerlig Skrabning i vaadt Vejr.

Hvis man straks vil have en jævn Overflade, saa Vejen kan aabnes for Færdslen, er det nødvendigt at benytte en Damptromle, men hvis Vejen kan faa Lov til at hærdne efterhaanden, behøver man ikke at damptromle, men ved stadig Harvning og Skrabning og maaske ved Tilsætning af Bindemateriale kan Vejen gøres haard og glat.

Fremstillingen foregaar i Amerika ofte paa den Maade, at Vejen i hvert Fald i et enkelt Aar bruges som Jordvej, før Grusdækket lægges paa. Til en Begyndelse paaføres som Regel kun den halve Grusmængde. Den anden Halvdel arbejdes noget senere, ofte først efter et Aars Forløb, ind paa Vejbanen. Mens dette Arbejde foregaar, er Vejbanen selvfølgelig meget løs, men som Regel dog ikke mere, end at den daglige Trafik kan passere. Men efterhaanden som Høvlingen foregaar, bliver Vejbanen fastere, og Vejen faar lidt efter lidt det karakteristiske Udseende med en Mængde ganske lidt synlige Spor. I den første Tid maa Høvlingen foregaa forholdsvis hyppigt. Efterhaanden bliver Grusdækket fast fra Bunden, mens man derimod ikke tillader, at det bliver fast i Overfladen. De øverste Par cm holdes forholdsvis løse, saaledes at Høvlene til enhver Tid kan arbejde i denne Overflade og jævne den ud. Selve Høvlemaskinen ligner en Barbermaskine med et stort stærkt Knivsblad, der er bevægeligt og kan stilles skraat i alle Retninger; det staar altid noget skraat i Forhold til Vejens Længderetning.

Naar Høvlemaskinen kører paa langs ad Vejen, bevæges Grusmaterialet fra det Sted, hvor der er lidt for meget, til de Steder, hvor der er lidt for lidt. Grusen kan saaledes flyttes fra Randene af Vejen til Midten, hvis Vejbanen er for flad, eller omvendt, hvis den er for rund. I Almindelighed holdes Grusvejene paafaldende flade.

Høvlene trækkes som Regel af 2 Heste og styres af 1 Mand. Deres Vægt er da fra $^1/_2$—1 ts, og Høvlebladet er 2 m langt. Ofte bruges dog tungere Maskiner for 3 eller 4 Heste, og jo tungere Maskiner, der anvendes, desto bedre bliver Arbejdet, og ofte ogsaa billigere. Paa de svære Veje bruges gerne Tractor, og der er da som Regel 2 Mand paa Høvlen, og disse større Høvle har et længere Høvleblad.

Alle Nyanlæg udføres i Amerika ved Entreprenør, men Veldigeholdelsen af

Statsvejene er som oftest Arbejde i Dagløn. Vejmændenes væsentligste Beskæftigelse paa Grusvejene bestaar i at køre disse Høvle. Jo større Trafikken er, desto mere nødvendigt er det, at Maskinens Længde fra For- til Bagaksel er lang, da man ellers let faar Bølgedannelse allerede ved Høvlingen.

Først lidt efter lidt antager Grusbanen sin Fasthed, og det opgives, at der gerne hengaar 3 Aar, før den har naaet sin fulde Godhed. Til Vedligeholdelsen anvendes de samme Maskiner; den Hyppighed, hvormed Høvlingen gentages, maa afpasses efter Trafik- og Vejrforhold og efter Grusmaterialet. Der bør altid høvles efter Regnvejr, og iøvrigt høvles der til enhver Tid, ogsaa i den tørre Periode om Sommeren, men kun ikke under stærkt Regnvejr.

Reparation af ikke overfladebehandlede Grusveje bør udføres ved Paalægning af Grus i Fordybninger og Hjulspor, hvor der i denne Grus er saa meget Sand og fint Bindemateriale, at Grusen holdes paa Plads. Man bør foretrække at anbringe disse Lapper paa Vejen efter Regn, naar Hullerne er fyldt med Vand, saa man let kan finde dem. Reparationer bør udføres omhyggeligt og med regelmæssige Mellemrum, for at Manglerne ved Vejen ikke skal blive større og give Anledning til fuldstændig Ødelæggelse af den.

Reparation af ikke overfladebehandlede Grusveje kan bedst udføres Foraar eller Efteraar, naar Vejen er blød, og hele Overfladen bør saa faa et Gruslag paa en saadan Maade, at den helt dækkes med nyt Materiale, der kommer lige fra Grusgraven. Grus, som har ligget ved Siderne af Vejen, og er ført derud af Færdslen eller af Regn, er ikke egnet til dette Brug. Reparation bør ikke udføres med Materiale, der saaledes kommer fra Siderne af Vejen.

De store Sten med over 2,5 cm Sidelinie er generende for Høvlearbejdet; et for stort Lerindhold gør, at Vejbanen faar Tilbøjelighed til at sætte sig og blive fast i Overfladen. Det er Vejmandens vigtigste Pligt at hindre dette; thi hvis en Grusbane er blevet fast i Overfladen, vil Trafikken temmelig hurtigt ødelægge den, saa den faar Huller ligesom Skærveveje.

Hvis en Grusvej alligevel bliver fast, rives den op; hertil bruges de samme Høvlemaskiner, idet blot Høvlebladet erstattes med en særlig konstrueret Rive, og naar Vejbanen er revet op, kan Høvlingen foregaa som sædvanlig. (Fig. 47—49).

I de Dele af Amerika, hvor Grusveje især benyttes, bruger Landbefolkningen i stor Udstrækning Automobiler, men det er som Regel lette Lastautomobiler med ikke over 2 ts Nettolæs. Men de Forretningsdrivende i Byerne bruger meget store Lastautomobiler, og der forekommer derfor lige indtil 5 ts og undertiden 7 ts Lastautomobiler. Disse store Lastautomobiler faar dog ikke Lov til at køre i Tøbrudsperioden. Paa Grusvejene kører endvidere en stor Mængde Ruteautomobiler med indtil 20 Pladser; de har Luftringe og kører med meget stor Hastighed.

Grunden til, at de amerikanske Grusveje kan taale denne Trafik, ligger helt og holdent i den kontinuerlige Vedligeholdelse, og uden en saadan Vedligeholdelse maa en Grusvej anses for ubrugelig; med denne kontinuerlige Vedligeholdelse er Grusvejene derimod baade billige og gode. Vejdækkets Materialer knuses ikke til Støv, men de slides jævnt og udnyttes mere fuldstændigt. Det har sikkert ogsaa Betydning for Vejens Godhed, især overfor Automobilkørsel med Gummiringe, at der holdes et lille Overskud af Grus.

Disse amerikanske Grusveje har i den nyeste Tid fundet Efterlignere paa Island, i Sverige og Norge, hvor Afstandene er store, og hvor derfor Vedligeholdelsen af Vejene paa sædvanlig Maade som Skærveveje vilde koste uforholdsmæssig mange Penge.

Her i Danmark er Grus i ret stor Udstrækning blevet benyttet, ikke alene paa Sogneveje, men ogsaa paa Amtsvejene, især i Jylland.

Vejhøvlen. — Vejhøvlen er i de senere Aar blevet mere og mere anvendt ved Bygning og Vedligeholdelse af blødere Veje; naar disse er blevet kørt op, kan de hurtigt og billigt jævnes ud, ved at man kører over dem nogle Gange med en Vej-

høvl; samtidig opnaar man at rette paa Oprundingen, saa Vandet kan løbe til Grøfterne i Stedet for at blive staaende paa Vejbanen og gøre den blød. Vejhøvlen kan ogsaa benyttes til Afgravning af Græsset paa Rabatterne, og Udgiften til at gøre dette Arbejde paa denne Maade er lille i Sammenligning med, hvad det koster ved Haandarbejde. Vejhøvlen kan udføres som Hestekøretøj i forskellige Udstyrelser og forskellige Størrelser.

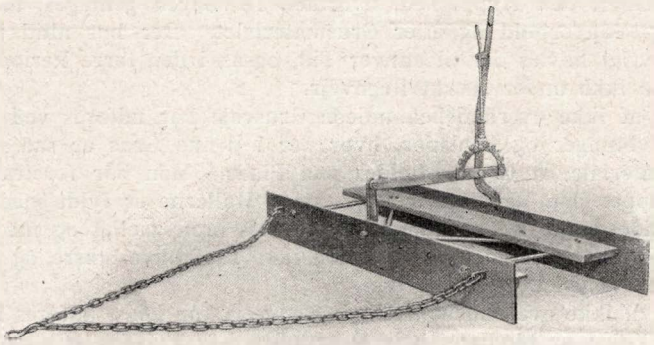


Fig. 44.

En af de mindste er vist i Fig. 44, der viser en Høvl eller Skraber, der trækkes af en Hest og er indrettet til, at Kusken skal staa paa Skraberen; ved at flytte sig henimod Forsiden eller Bagsiden af Skraberen, kan han forandre den Maade, hvorpaa Skraberen arbejder i Vejen; ved Hjælp af en Vægtstangsarm kan han desuden forandre Skærets Hældning, saaledes at det enten skærer, skraber eller trykker

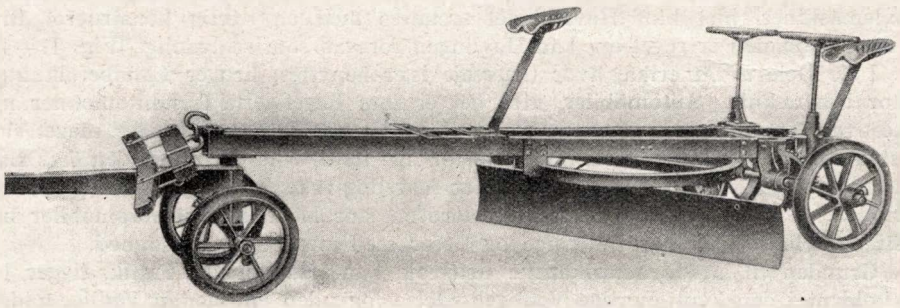


Fig. 45.

paa Vejen. Skærets Længde er 2,15 m, dets Højde 25 cm og Vægten af hele Skraberen er 135 kg.

En større Vejhøvl er vist i Fig. 45; den er indrettet til at trækkes af to Heste, Skærets Længde er 1,85 m, og det naar ca. 20 cm udenfor Baghjulet, naar Skæret staar under en Vinkel paa 45° med Kørselsretningen. Akselafstanden er ca. 2,8 m og Sporvidden ca. 1,1 m. Vægten er med Vognstang, Hammel og Svingler 540 kg.

I Fig. 46 er vist en svensk Vejhøvl, der trækkes af 2 Heste; Kusken staar paa Vejhøvlen, mens en anden Mand gaar bagved og styrer.

Vejhøvle bygges nu ogsaa som Automobiler (Fig. 47—49). De er indrettede til at rive Vejen op, at fjerne Forhøjninger og at skære Vejens Græskanter af med

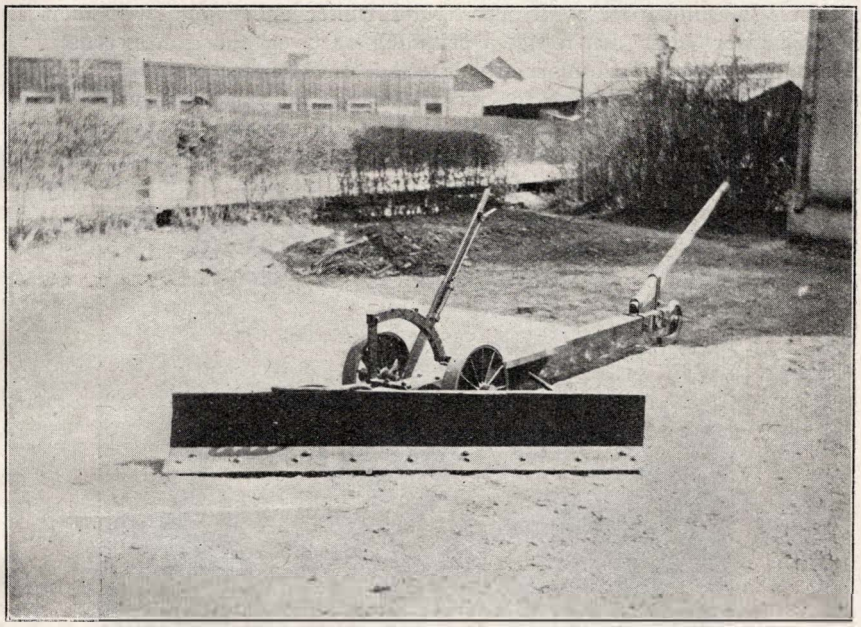


Fig. 46.



Fig. 47.

deres Høvl, samtidig med, at de igen fylder Huller og jævner Overfladen, idet de automatisk giver Vejen den rigtige Oprunding og Overhøjde i Kurverne.

De nyeste Vejhøvle stammer fra Amerika, men de her omtalte Konstruktioner er blevet udført i Sverige, idet det har vist sig, at de amerikanske Maskiner i det store og hele ikke er stærke nok til at arbejde i de svenske og norske Veje.

Erfaringen har vist, at det er af Betydning, at Maskinen er lang, det vil sige, at Afstanden mellem Foraksel og Bagaksel er stor, da den forholdsvis store Tvær-



Fig. 48.

kraft, som fremkommer ved Høvling som Følge af, at Høvlbladet staar paa skraa, skal overføres til Maskinens tunge bageste Ende. Desuden bliver det paa denne Maade muligt at anbringe Høvlbladet omtrent midt i Maskinen, hvorved denne faar en jævnere og roligere Gang.

Af Billedet vil det ses, hvorledes Opriveapparatet er anbragt i et Stykke, der kan løftes op eller sænkes efter Ønske; det er muligt ved Høvling at have det indrettet saadan, at Opriveapparatet ikke rører Jorden. Opriveapparatet kan indstilles under en Vinkel med Vejen, der varierer fra omtrent 90^0 ned til 30^0, og denne sidste Vinkel har vist sig særlig heldig ved Ishøvling. Opriveapparatet er desuden anbragt saaledes, at Oprivning og Høvling kan udføres samtidig.

Opriveapparatet har 8 Tænder, der kan løftes og sænkes ned i Forhold til Vejoverfladen, og som desuden kan vendes i Holderne; de er udført af Staalstøbegods. Maskinens store Akselafstand gør det muligt at indstille Tænderne saaledes, at man kan rive fremstaaende Toppe af, uden iøvrigt at røre ved Vejoverfladen. I løsere

Vejbaner kan man uden Vanskelighed presse Tænderne 15—20 cm ned, i haardere derimod ikke mere end 10 cm.

En saadan Maskine vil kunne fjerne Græsrabatter og udjævne større Fejl i Vejbanen paa en Strækning af 6—10 km pr. Dag. Hvis man regner, at der gennemsnitlig maa køres 5 Gange om Aaret over samme Vejstrækning for ved Høvling at fjerne større Fejl i Vejen, og at Maskinen kan arbejde 200 Dage med 20 % Ophold for Reparationer eller ialt 160 Arbejdsdage om Aaret, skulde man med en enkelt Maskine kunne holde 200—300 km Vej i Orden.

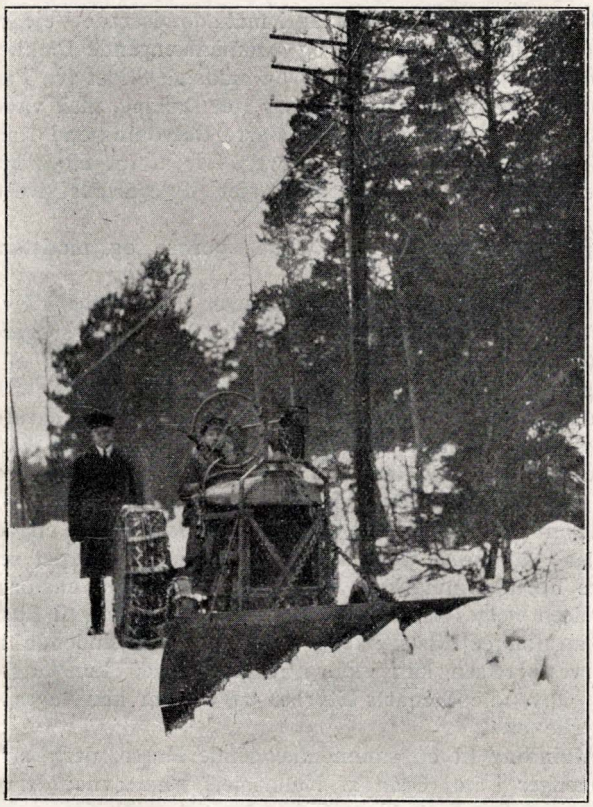


Fig. 50.

De almindelige Vejskrabere kan, saaledes som det blev sagt, trækkes af Heste, men i den nyeste Tid er man ogsaa begyndt at anvende Lastautomobiler til at trække Skrabere, og det er da muligt at spænde to Skrabere, der arbejder ved Siden af hinanden, bag et saadant Lastautomobil. En Fordson-Tractor er ogsaa blevet anvendt til at trække Skraberne.

Anvendes Heste, vil man kunne regne med en Skrabelængde paa 3 km i Timen eller med tre Gange Skrabning 8 km pr. Dag. Hvis der som Drivkraft benyttes Lastautomobil kan man paaregne at faa kørt og jævnet 18 km i Timen, naar Vejbanen er nogenlunde jævn, og hvis man hænger to Skrabere efter Automobilet, vil man faa jævnet en 4 m bred Vej ved at køre en Gang frem og tilbage, medens man med Hest maatte køre tre Gange.

For at man kan faa en Ide om, i hvor stor Udstrækning Skrabere anvendes til Behandling af Grusveje, skal nævnes, at der i Øjeblikket i Østfold Amt i Norge

bruges 1 Motorskraber og 150 almindelige Skrabere, og at Antallet formentlig vil blive forøget til henholdsvis 6 og 230.

I Fig. 50 er vist, hvorledes en Motorskraber kan indrettes og benyttes til Snerydning.

§ 9. Skærveveje.

1. Vejmaterialet.

Det Materiale, der benyttes til Dæklag i makadamiserede Veje, maa bindes saaledes sammen, at det danner et stærkt og sammenhængende Dække, der kan bære den Vægt, der kommer til at paavirke det og modstaa Slidet fra Færdslen.

En Skærve, der skal kunne være holdbar i et Dæklag, maa være stærk og sejg. Sejghed og Modstandsevne mod Slid er af større Betydning end Haardhed og Modstandsevne mod Knusning. Men hvis Skærverne er af for blødt Materiale, kan de knuses af den Belastning, der kommer paa Vejen, og saaledes give et mindre holdbart Dæklag.

Skærver skal være vejrbestandige, lidet porøse og modstandsdygtige mod Frost.

Materialet i et Dæklag bør være saa ensartet som muligt i Kvalitet, da Slidet ellers vil blive forskelligt, saa der dannes Huller, hvor det svagere Materiale har ligget. Da de underste Dele af en Vejbane ikke slides direkte af Færdslen, men kun skal bære dennes Vægt, er det selvfølgelig ikke nødvendigt, at Bundlaget, Paklaget er af saa stærkt og sejgt Materiale som Dæklaget. Og deraf følger, at man ved at vælge et ringere Materiale som f. Eks. Flint til Bundlag, kan opnaa en væsentlig Reduktion af Anlægsudgifterne.

De enkelte Skærver skal saa meget som muligt nærme sig Tærningformen, fordi deres Modstandevne mod Tryk for samme Materialemængde derved bliver størst; de skal saa vidt muligt være lige store, da man, som det senere skal vises, kun under denne Forudsætning, kan faa Slidet paa Vejen ensformigt, og endelig skal Skærvestørrelsen vælges saaledes, at man bl. a. med den til Raadighed staaende Tromle endnu kan faa en tilstrækkelig jævn og godt bindende Kørebane. Med Hensyn til Skærvestørrelsen kan man i Almindelighed kun angive, at den kan variere med den anvendte Stenarts Styrke, og at den kan tages destomindre, jo større denne Styrke er.

Dæklagets Afbinding til en sammenhængende Masse, der kan modstaa Slidet af Færdslen, afhænger i høj Grad af Materialets Bindeevne; derved forstaas den Egenskab, der gør det fine Støv til en Slags Cement, naar det er vaadt, der binder de Stenstykker sammen, der danner Dæklaget. Dette er maaske Materialets vigtigste Egenskab, og en høj Bindeevne er altid ønskelig. Den Styrke, med hvilken de enkelte Skærver bindes sammen, er maaske af større Betydning for Afslidningen af et Dæklag end de enkelte Skærvers Modstandsevne mod Slid. At Bindematerialet i tørt Vejr bliver til Støv bevirker undertiden, at Skærverne bliver løse, og Overfladen brydes. Dette sker lettere, hvor Vejmaterialet er haardt og modstandsdygtigt mod Slid, end hvor det afslides hurtigere.

Ved Automobilfærdslen blæses Bindematerialet ud af Fugerne, saa Skærverne blottes; naar tunge Lastautomobiler kører hen over et Skærvelag, hvor Skærverne saaledes er blottede, er Skærverne løse og kan bevæge sig i Forhold til hinanden, hvorved Afslidningen i det Indre af Vejen foregaar hurtigere. Ødelæggelsen modarbejdes, ved at man søger at binde Bindematerialet ved at bringe et bindende organisk Stof ned i Fugerne mellem Skærverne. Denne støvbindende Fremgangsmaade er altsaa en teoretisk rigtig Metode til at modvirke Ødelæggelsen af en Vejbane.

Karakteren af det Materiale i et Dæklag, der vil give det bedste Resultat, vil

afhænge af de lokale Forhold, under hvilke Vejen skal bygges, og af den Færdsel, den skal bære. Ved svær Færdsel er stærkt og sejgt Materiale nødvendigt, ved lettere Færdsel kan et svagere Materiale undertiden give bedre Resultater, hvis det har god Bindeevne.

Paklaget og Bundlaget i en Makadamisering kræver ikke bedste Stenmateriale, fordi disse Stenlag ikke kommer i direkte Berøring med Hjulene, og man kan derfor nøjes med at anvende vejrbestandige, ikke særlig haarde Stenarter hertil, og som ovenfor anført, anvender man her i Landet vistnok næsten udelukkende Flint til Paklag.

Skærverne i Dæklaget skal være tilstrækkelig stærke til at modstaa Hjulenes Tryk, og tilstrækkelig sejge til at modstaa Stødene; de skal være haarde, for at Afslidningen ikke skal være for stor, og endelig skal det afslidte Materiale ikke være klæbrigt, fordi det saa hænger ved Hjulene, og derved lider Sammenhængen i Vejen Fare for at blive brudt.

Ofte er man nødt til at anvende mindre gode Stenmaterialer i Vejbygningen, fordi det bedste Materiale koster for meget. Ofte foretrækker man daarligere Stenmateriale, fordi det er billigt, og paa en Vej med ringe Færdsel er det maaske ogsaa mere fordelagtigt.

Til nye Veje kan man undertiden anbefale at bruge et billigere Materiale, selv ogsaa naar det er ringere, fordi det første Skærvelag alligevel ikke holder længe, da Opfyldningen ikke er kommet fuldstændig til Ro, og Skærver lader sig trykke ned i Grunden; først ved den næste større Reparation vil man anvende det dyrere og mere holdbare Skærvemateriale.

Paa meget stærkt befærdede Veje kan det være rigtigt at vælge det bedste Materiale, der kan faas, af Hensyn til den Behagelighed det er at faa en Vej med ringe Støv- og Slamdannelse, og en Vej, hvor Færdslen som Følge heraf generes saa lidt som muligt ved Vejens Renholdelse og Reparation. De forøgede aarlige Vedligeholdelsesudgifter opvejes ved, at Færdslen paa denne Maade generes mindre. Saadanne Hensyn maa imidlertid som Regel kun tages ved Veje i Byerne eller i Nærheden af Byerne, hvor der ikke alene maa tages Hensyn til Færdslen men ogsaa til dem, der bor ved Vejen.

Endelige Slutninger om et Materiales Anvendelighed til Fremstilling af en Vejs Dæklag kan alene faas ved Anlæg af Prøvevejstrækninger.

Laboratorieforsøg kan kun give Fingerpeg i Retning af Materialets Værdi som Vejbygningsmateriale eller give et Grundlag for Bedømmelse af den relative Værdi af forskellige Materialer.

Laboratorieundersøgelser kan deles i to Grupper.

a. Bestemmelse af Vejmaterialernes mineralske Sammensætning.
b. Bestemmelse af Vejmaterialernes fysiske Egenskaber.

a. *Vejmaterialernes mineralske Sammensætning.*

Som Stenmateriale til Fremstilling af Skærver, Brosten m. m. anvendes i stor Udstrækning bl. a. Granit, Diorit, Basalt og lign. eruptive Bjergarter. For at tage et bestemt Eksempel skal følgende Betragtninger angaaende Granit anføres.

Granit er en kornet Stenart, der bestaar af Feldspat, Kvarts og sort Glimmer; Glimmer kan være erstattet af Hornblende eller Augit, og ofte er der til Stede en fille Smule Magnetjernsten og Svovlkis.

Feldspat findes i Granit som tavleformede, uigennemsigtige, glaslignende Krystaller, som kan have alle mulige Farver, og da den udgør Granitens Hovedbestanddel, faar Graniten samme Farve, der dog afdæmpes af de andre Mineraler.

Medens Eruptivbjergarterne kun har ringe Tilbøjelighed til at forvitre, kan dog navnlig Feldspaten angribes i Løbet af geologiske Perioder, og saadanne angrebne Sten vil, naar de lægges i en Vej, forvitre videre temmelig hurtigt. Fra de

norske Brud ved Glommen leveres saaledes en lys Granit, der afgiver et udmærket Skærvemateriale, men der findes indblandet i den en gullig Granit, der bør undgaas, da denne Farve tyder paa en begyndende Dekomposition.

Kvarts forekommer som Korn uden regelmæssig Form, med fedtet Glans og muslet Brud. Den er blaaliggraa, gennemskinnende og giver Graniten dens store Haardhed. Granitens Vejrfasthed er desto større, jo mere Kvarts den indeholder.

Glimmer findes som smaa Skæl med Metalglans. Den formindsker Granitens Styrke og Vejrfasthed.

Hornblende og Augit er sorte Mineraler, der forøger Granitens Sejghed, men temmelig let forvitrer.

Magnetjernsten og Svovlkis er til Stede som ganske smaa Korn; de forvitrer let. Svovlkis iltes saaledes af Luftens Ilt, naar der er Vand tilstede, til Jernsulfat og Svovlsyre, der begge er opløselige i Vand; og da Processen er forbundet med en Volumenforøgelse, kan den sprænge Stenen.

Kornstørrelsen af Granitens Bestanddele er meget variabel; for Feldspat og Kvarts ligger den normalt mellem 1 og 5 mm. Det synes ikke, at man af Kornstørrelsen kan slutte sig til, om en Sten er stærk eller ej. Erfaringerne gaar maaske nærmest i Retning af, at man til Vejmateriale bør foretrække finkornede for grovkornede Stenarter [1]). Nedenstaaende Tabel 4 over Resultater af Prøver med skandinaviske Granitsorter kunde tyde paa, at dette var rigtigt. Franske Vejingeniører mener, at man i Leveringsbetingelser bør angive et Størstemaal for Kornstørrelsen, og i England betales højere Pris for finkornet end for grovkornet Granit. I Stenbruddene ved Liholt — i Idefjord, Strømstadegnen — findes baade fin- og grovkornet Granit, der imidlertid holdes adskilt ved Fabrikationen netop af Hensyn til dette Forhold. De finkornede Granitarter fra denne Egn giver ogsaa ved Slagprøven bedre Resultater end de grovkornede, der viser meget ringe Modstandsevne mod Slag.

Paa den anden Side er Karlskronagraniten et absolut første Klasses Materiale, skønt den er grovkornet. Den engelske Guernseygranit skylder sin finkornede Struktur sit høje Ry som Vejmateriale.

Endvidere er Materialernes Udkrystallisation af Betydning for Anvendeligheden som Vejmateriale, idet Kvartsen ved sin Beliggenhed og Haardhed kan beskytte de andre blødere Materialer; endvidere er Tilstedeværelsen af Kløveflader og Lagdeling samt Stenenes Porøsitet af Betydning.

Kvartsporfyr giver udmærkede Skærver, men de er dyre, fordi de er dyre at slaa. Af de vulkanske Bjergarter er især Basalt udmærket Vejmateriale, men naar den ikke anvendes saa meget, er Grunden den, at den ikke er saa udbredt, ligesom den er dyr at slaa til Skærver; Basalten hænger dog i højere Grad fast ved Hjulene end Eruptivbjergarterne.

Skærverne skal ikke alene være stærke, men ogsaa godt bindende, og det angives i Almindelighed, at Granit, Basalt og Porfyr giver stærke og godt bindende Skærver, Kvarts stærke, men daarligt bindende Skærver. De fleste Kalksten er temmelig svage men godt bindende, de fleste yngre Sandstensdannelser svage og daarligt bindende.

De haarde og gode Stenarter, som f. Eks. Granit, kræver svagt lerholdigt Grus som Bindemiddel. Til Kalksten maa anvendes rent Kvartssand, og man faar da Veje, som er særdeles jævne og behagelige i godt Vejr, men som støver stærkt i tørre Perioder og er meget sølede i fugtigt Vejr.

Skærver af Kvarts som f. Eks. af Flint, med glat, muslet Brud er vanskelige

[1]) Efter *Blanchard* gaar de moderne amerikanske Anskuelser ud paa, at »god Granit skal have tæt og ensartet Bygning; grovkornet Granit bør kun anvendes i Bundlag. Kalksten har større sammenbindende Værdi end Granit, men er ikke haard og sejg. Det er imidlertid et godt Materiale til let Trafik, da det efter at være slidt faar en jævn, glat Overflade«.

at bane fast sammen, men kan anvendes med Kalkgrus som Bindemiddel. Flint har desuden den Fejl, at den er sprød for Slag.

I Danmark er Rullestenene endnu den vigtigste Kilde til Skærvemateriale, bortset fra Havnebyer, hvor bornholmske og svenske Granitskærver kan skaffes til en blot nogenlunde rimelig Pris. Det bliver imidlertid mere og mere almindeligt, at Amterne paa Hovedlandevejene anvender saadanne Granitskærver, da man kun paa den Maade kan faa et Skærvemateriale, der er i Stand til at modstaa Færdslen paa disse Veje. Dette Hensyn har i de senere Aar været afgørende for Amternes Tilskud til Anlæg af en Del mindre Havne, saaledes beliggende i Forhold til Vejnættet, at Udskibning af Skærver i dem med Fordel kan foretages.

Thi selv om al Kalk og Flint udskydes, vil Rullesten, der er samlede paa Markerne (Landsten), give et meget blandet Materiale med en Del bløde, halvt forvitrede og let kløvelige Granitsten, som ikke kan give holdbare Veje, og hvor især Materialets Uensartethed giver Anledning til Dannelse af Slaghuller.

Søsten giver i Henseende til Styrken et mere ensartet og derfor værdifuldere Materiale. Søsten er gennemgaaende større i Tværmaal end Landsten, 30—40 cm mod 15—30 cm, og derfor indeholder 1 m^3 maalsatte Sten af Søsten ca. 10 pCt. mere Stenmateriale; 1 m^3 Søsten giver da ogsaa 1,26 m^3 løse Skærver, medens 1 m^3 Landsten giver 1,15 m^3 løse Skærver.

Flint bruges som ovenfor omtalt i Form af Flinteknolde meget til Bundlag, men kun i ringe Udstrækning til Skærver: paa vore Biveje bruges dog i temmelig stor Udstrækning de saakaldte Blandingsskærver, der er halv Flint og halv Granit.

Kalk bruges her i Landet en Del paa de Steder, hvor der findes Kalkbrud, saaledes f. Eks. ved Fakse. Imellem Rullestenene findes meget Kalk, som altid maa udskydes ved Stenleverancer. De er for bløde til Skærver, og selv i Bundlag er det betænkeligt at bruge dem, da flere Sorter er saa stærkt vandsugende, at de forandrer Volumen og bliver farlige i Frost.

b. *Vejmaterialernes fysiske Egenskaber.*

De herhen hørende Prøver gaar ud paa Bestemmelse af Vægtfylde, Trykstyrke, Slidstyrke, Vejr- og Frostbestandighed, af Absorptionsevne samt Modstandsevne mod Slag.

Vægtfylden har Betydning forsaavidt, som den kan give nogen Oplysning om Porøsiteten. En uporøs Sten er selvfølgelig stærkere end en porøs, naar Grundstoffet er det samme. For Skærver spiller dette en saameget større Rolle, hvis den porøse Sten optager Fugtighed, da dens Trykstyrke derved bliver mindre, og samtidig dens Modstandsevne mod Frost, Vind og Vejr aftager.

Om Trykstyrken maa bemærkes, at man maa være meget varsom med direkte at sammenligne Resultater af Trykforsøg udført af forskellige paa forskellige Steder, da Styrketallenes Størrelse f. Eks. afhænger væsentligt af Prøvelegemernes Form og Størrelse, af Prøvemaskinens Konstruktion, hvor saaledes især Prøvelegemets Anbringelse i Maskinen ikke er uden Indflydelse. Men Trykforsøg kan ikke destomindre give værdifulde Oplysninger.

Nogle af de ældste Trykforsøg [1]) er udført allerede før 1860 af *Bokelberg,* der anvendte slebne Tærninger med en Størrelse af 1—8 Kubiktommer; han regnede den tilladelige Belastning for Skærverne til 1 : 10 af den fundne Trykstyrke.

I Tabel 1 er anført Resultaterne af Bokelbergs Forsøg.

Af Tabellen vil det fremgaa, at Trykstyrken for en Skærve af en bestemt Stenart vokser med Skærvens Størrelse; dette Forhold forklares ved, at de yderste Dele knuses ved Skærvens Tildannelse, og at den knuste Del bliver forholdsvis større ved smaa end ved store Skærver. Det vil derfor for en Vejs Holdbarhed

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906. S. 487.

være økonomisk rigtigt at bruge saa store Skærver som Forholdene, f. Eks. den til Raadighed værende Tromle, tillader: jo stærkere et Vejmateriale er, desmindre kan Skærvestørrelsen vælges, hvis man vil have samme Styrke af det færdige Dæklag. En ensartet Styrke af et Dæklag opnaar man ved at sortere sine Skærver, saaledes at Størrelsen bliver saa vidt muligt ensartet; denne Bestræbelse har givet sig et praktisk Udslag i de gældende engelske Skærvenormer, der netop udmærker sig ved at give udpræget homogene Blandinger.

Tabel 1.

Trykstyrke for Skærver af forskellige Stenarter — efter Bokelberg.

Stenart	Størrelse af den regelmæssigt formede Skærve														
	cm	cm^3	cm^3	cm	cm^2	cm^3	cm	cm^2	cm^3	cm	cm^2	cm^3	cm	cm^2	cm^3
	2,9	8,4	25	3,7	13,7	50	4,4	19,4	85	5,4	26,0	130	5,8	36,6	200
	kg			kg			kg			kg			kg		
Gabbro	800			1250			1800			2450			3200		
Grønsten	700			1100			1580			2140			2800		
Nogle Kvartsstenarter	500			780			1100			1530			2000		
Basalt	600—950			940—1480			1350—2140			1840—2910			2400—3800		
Granit, Syenit, Gneis	500—1000			780—1560			1125—2250			1530—3060			2000—4000		
Graavacke	450—750			700—1170			1010—1680			1330—2300			1800—3000		
Kalksten fra forskellige Formationer	150—850			230—1330			340—1910			460—2600			600—3400		
Keuper og Keupersandsten	150—800			240—1250			340—1800			460—2450			600—3200		
Broget Sandsten	150—550			240—860			340—1240			460—1690			600—2200		
Klinker	150—400			230—630			340—900			450—1220			600—1600		
Alm. Mursten	50—150			80—240			110—340			150—450			200—600		

Ved Knusningsforsøg viser det sig, at vandmættede Sten er svagere end tørre, hvilket i alt Fald tildels, skyldes, at Vandet opløser nogle af Stenens Bestanddele, og Styrketabet er derfor desto større, jo mindre vejrfast Stenen er. Styrketabet har intet at gøre med Mængden af det optagne Vand, altsaa med Stenens Porøsitet.

Den mest brugte Vejrfasthedsprøve er Frostprøven, da en Sten, der kan taale Frost, som Regel ogsaa taaler de øvrige Vejrpaavirkninger. Ved Frostprøven bestemmes Styrketabet, Vægttabet og Sprængningerne, der alle tre er meget smaa ved frostfaste Sten.

Tabel 2 viser Styrken af nogle skandinaviske Graniter henholdsvis i lufttør og vandmættet Tilstand samt efter at de har været udsat for Frostprøve under Vand i 12 Timer.

Tabel 2

Granit	Antal Forsøg	Vægtfylde i tør Tilstand	Trykstyrke i kg pr. cm^2								
			Tørt Materiale			Vaadt Materiale			Frossent Materiale		
			Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel
			kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
Hammeren	10	2,71	2763	2234	2470	2662	2190	2452	2662	2089	2399
Lysekil	20	2,62	2275	1717	1979	2119	1762	1893	2052	1717	1880
Karlshamn	50	2,72	2721	2063	2406	2587	1918	2287	2509	1962	2184
Oscarshamn	10	2,57	3167	2230	2614	2832	2096	2491	3167	2052	2553

I Tabel 3 er vist, at vandmættede Sten er svagere end tørre. Tabellen er Middeltal af en Mængde Forsøg, udført paa Prøveanstalten i Berlin.

Tabel 3.

	Trykstyrke i kg/cm²		Vand-optagelse i %	Styrketab	
	lufttør	vandmættet		absolut i kg/cm²	i % af Styrken i tør Tilstand
Basalt	3111	2911	0,41	200	6,4
Granit	1834	1774	0,62	60	3,3
Kalksten	1000	803	2,44	197	19,7
Sandsten	761	693	5,93	68	8,9

Disse Forsøgsresultater viser, at et Vejmateriales Trykstyrke er større i tør end i vaad Tilstand, og at Frysning, Vind og Vejr formindsker Trykstyrken og oplyser derfor

at en Vej bør holdes tør baade som Helhed betragtet og fri for Pytter og Vandsamlinger. Hjulspor, der kan samle Vand, bør bl. a. af den Grund undgaas.

at Dæmpning af Støv ved stadig at holde Vejen fugtig enten ved Vanding eller ved hygroskopiske Stoffer, svækker Dæklagets Styrke.

Men ved Siden af Trykstyrken er Materialets Haardhed eller Styrke mod Afslibning ikke uden Betydning, naar det anvendes som Brosten, hvor der især foregaar Automobiltrafik, eller naar det anvendes som Gangstimateriale, der især er udsat for Angreb af slibende Natur. Men det er en Mangel ved de sædvanlige Metoder, der benyttes til Undersøgelse af Haardhedsgraden, at de ikke er tilfredsstillende for denne Anvendelse. Den sædvanlige mineralogiske Metode bestaar i at sætte et Prøvestykke ind i en Række, saaledes at det i Haardhed ligger mellem de to Nabostykker, men denne Metode kan ikke bruges her, da de til Vejmateriale benyttede Stenarter bestaar af forskelligt haarde Bestanddele.

Men hvis man har for Øje, at Vejmaterialernes Modstandsevne mod de forskellige gnidende, slibende Angreb og Stødene ikke altid afhænger af Haardheden alene, men at Sejgheden ogsaa spiller en betydelig Rolle, saaledes at blødere og sejgere Materiale slides mindre end haardere og sprødere, saa er det utvivlsomt rigtigt foruden Vejmaterialernes Trykstyrke at undersøge deres Slidfasthed og bestemme denne talmæssigt ved det Tab i Vægt eller Volumen, som Prøvestykket lider under bestemte Forhold, der til enhver Tid kan rekonstrueres.

For Chaussébrolægning har man i den nyeste Tid eksempelvis fremsat den Anskuelse, at Chaussébrostenene kun paavirkes til Tryk og Afslibning, saaledes at man skulde vurdere de forskellige Materialers Anvendelighed hertil efter deres Modstandsevne mod disse to Paavirkninger; men da Materialets Trykstyrke i Almindelighed kun beslaglægges i ringe Grad og næsten aldrig fuldstændigt, idet Afslidningen næsten udelukkende foregaar ved Afslibning, vil man komme Virkeligheden nærmere ved kun at regne med Stenartens Modstandsevne mod Afslibning. Man vilde saa faa følgende Række [1]):

Bedste Granit	1,000	(daarlig Granit 0,757)
Bedste Porfyr	0,947	(daarlig Porfyr 0,784)
Lerskifer	0,923	
Hornblende	0,887	
Gnejs	0,809	
Syenit	0,771	
Dolerit	0,771	
Basalt	0,763	
Diorit	0,639	

[1]) Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, Zürich 1923, S. 128.

Disse Tal maa forstaas saaledes, at de ikke giver absolut sikre Værdier til Bedømmelse af de forskellige Stenarters Anvendelighed til Chaussébrolægning eller anden Brolægning, men de vil dog formentlig kunne benyttes til en foreløbig Bedømmelse.

Endelig plejer man undertiden at undersøge Vejmaterialernes Evne til at blive glatte under Færdslens Indvirkning ved at bestemme deres Modtagelighed for Polering.

Bauschinger har i et i 1884 udgivet Hefte af »Mitteilungen aus dem mech. techn. Laboratorium d. k. technischen Hochschule zu München« givet Oplysninger om en Del af ham udførte Slidforsøg[1]; Tallene er Middelværdi af tre Slidbestemmelser, Vægttab ved 200 Omdrejninger af Forsøgsapparatets Skive, idet der for hver 10 Omdrejninger blev strøet 20 g. Smergel paa, og dette atter strøget af. Skiven var af Støbejern, og drejede om en lodret Akse. Prøvestykket var spændt ind i en fast Ramme og blev fra oven trykket mod Skiven ved en Vægtstang og en Vægt.

Ligesom de tidligere angivne Forsøg viser Resultaterne af Bauschingers Slidforsøg, at Materialet slides betydeligt mere i vaad end i tør Tilstand, saa der kan uddrages de samme Resultater af disse Slidforsøg som af Trykforsøgene.

Endvidere viser Forsøgene, at Eruptivbjergarterne Granit, Syenit og Basalt slides betydeligt mindre end Kalksten og Sandsten og brændte kunstige Sten, der derfor ikke er saa anvendelige som Materiale i makadamiserede Veje. Skærver af Klinker eller Mursten benyttes undertiden til Veje i Bygningskomplekser, hvor der kun er ringe Kørsel, og her kan det maaske forsvares at benytte dem.

Tabel 4.

Forsøgsresultater fra Byen Paris' Laboratorium for skandinaviske Granitsorter.

Materiale og Findested	Specifik Vægt	Trykstyrke af Terninger med 5 cm Sidelinie kg/cm²	Slid efter 10000 m paa Møllen cm	Antal Hammerslag, der giver Brud i en Terning med 5 cm Sidelinie
Frederiksstadegnen:				
Granit, mørkeblaa og meget finkornet	2,601	1880	1,05	214
— , lyseblaa, nogenlunde grovkornet . . .	2,643	1820	0,88	96
— , lyseblaa, let rødlig	2,644	1620	0,89	97
— , lyseblaa, gullig, temmelig meget Hornblende, Spor af Dekomposition	2,629	1370	1,64	83
Idefjordegnen (norsk og svensk):				
Granit, lys, grovkornet	2,642	1880	0,89	48
— , blaalig, grovkornet.	2,647	1830	0,94	51
— , blaalig, finkornet	2,648	1580	0,92	82
Lysekilegnen:				
Granit, rødlig, middelstore Korn	2,645	1920	0,84	64
Karlshamn og *Karlskrona:*				
Granit, graablaa, stribet, finkornet(Karlshamn)	2,643	1740	0,73	73
— , rødlig, grovkornet (Karlskrona)	2,639	1800	0,62	135
Vogeserne:				
Granit, graa, finkornet (Saint-Amé)	2,640	1620	0,80	90
— , lys, middelkornet (Saulxures)	2,640	1250	0,84	95
*Limousin*granit	2,650	1540	0,87	145
Kvartsitgranit fra *Erquy*	2,633	2750	0,72	(ikke bestemt)

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 488.

Tabel 4 [1]) angiver Resultaterne af en Del Prøver udført af Byen *Paris's Vejlaboratorium.* Til Bestemmelse af Vægtfylden er benyttet en hydrostatisk Vægt. Porøse Stenarter ferniseres før Bestemmelsen for at hindre Opsugning af Vand; ingen Granitart er porøs. Knusningsprøverne er udført paa en hydraulisk Presse med Tærninger med 5 cm Sidelinie. Tærningens Sider slibes, og en af Pressens Flader er monteret paa Kugleleje, saa Fejl i modstaaende Sidefladers Parallelisme derved bortelimineres. For at bortelimineres Fejl, der hidrører fra smaa Ujævnheder i Sidefladerne, lægges mellem dem og Pressens Flader 3 mm tykke Papstykker, der vejer 0,3 g pr. cm^2. Disse Papskiver forøger Brudstyrken med ca. 12 pCt.

Slidtallet er Slidet i cm af en Sten, belastet med en Vægt af 250 g pr. cm^2 efter en tilbagelagt Vej af 10 000 m paa en cylindrisk Tromle (Fig. 52), hvorpaa der er strøet fugtigt Kvartssand, og som bevæges med en Hastighed af 62,2 m pr. Minut ved Omkredsen (33 Omdrejninger pr. Minut for en Tromle med 60 cm Diameter).

Resultatet af Slagprøven angives ved Antallet af Hammerslag, der er nødvendige for at frembringe den første Revne i en Tærning med 5 cm Sidelinie. Prøvestykket fastklemmes paa Siderne paa en Højde af 4 cm mellem fire Staalplader, der hver holdes af en Fjeder, der trykker med en Kraft af 6 kg (for at undgaa Fejl fra forskelligt Tryk i Kæberne).

Hammeren vejer 6 kg og falder fra en Meters Højde. Fjedre forhindrer, at den springer tilbage. Den falder ikke paa selve Prøvestykket men paa en Paasætter, der er plan, hvor den sættes paa Prøvestykket, og formes som en Kuglekalot paa Oversiden. Dette Arrangement skal bortelimineres Fejl, der hidrører fra, at Hammerbanen og Prøvestykkets Overflade ikke er parallele.

Tabel 4 viser Kvaliteten af Vejmaterialet fra forskellige skandinaviske Brud tilligemed nogle Resultater af nogle Prøver med Granit fra Vogeserne, Limousin og Erquy, hvilke sidste angives at være Frankrigs bedste Brolægningsmateriale.

Man vil se, at Materialet fra Karlshamm og især fra Karlskrona er i alle Retninger udmærket. Hamborgs Baudeputation mener at have bemærket, at Karlhamms Granit var tilbøjelig til at poleres glat som Brosten eller Fliser, men dette gælder ikke om Karlskrona Graniten, der er et absolut første Klasses Materiale. Det er i denne Forbindelse ganske interessant at se, at Karlskrona Graniten er grovkornet, idet det som tidligere angivet er en ret udbredt Anskuelse, at store Korn ikke tyder paa udmærket Kvalitet.

Lysekil Graniten viser for Knusning og Slid udmærkede Egenskaber, naar man sammenligner den med de bedste franske Graniter. Mod Slag er den noget underlegen, men Erfaringen viser, at den dog ikke brydes ved de Slag, Vognhjulene normalt frembringer. Denne Mangel hænger sammen med Tilstedeværelsen af Kløveplaner, der gør Arbejdet ved Forarbejdningen lettere.

Norge og de tilgrænsende Egne af Sverige leverer ligeledes første Klasses Materiale, men Kvaliteten kan dog her være saa forskellig, at man maa opstille sine Betingelser med særlig Omhu. Man bør angive Farven — blaa eller lys — Kornstørrelsen, og hvis man kan, Produktionsstedet.

I Frederiksstadegnen er den mørkeblaa, finkornede Granit, trods det ret store Slid, et særdeles godt Materiale paa Grund af den store Brudstyrke og Styrke mod Slag.

Den lyse Granit, f. Eks. fra Brudene ved Glommen giver ogsaa en god Vare, men man bør undgaa den gullige Granit, da denne Farve tyder paa begyndende Dekomposition.

Af Granitarterne fra Idefjord og Strømstad er det ligeledes de mest finkornede, der giver de bedste Resultater. I Stenbrud, hvor der findes to Kornstørrelser, som f. Eks. i Liholt, holder man dem derfor adskilt, i hvert Fald i Leveringerne til England, da Englænderne betaler højere Pris for den finkornede Granit.

Den grovkornede Granit fra Idefjord og Strømstad er, især naar den er lys,

[1]) Annales d. Ponts et Chaussées, 1913.

kendelig underlegen paa Grund af den ringe Modstandsevne mod Slag, hvilket fremgaar ikke alene af Laboratorieforsøg, men ogsaa ved Stenens Bearbejdning. Hvor man bruger Brosten fra Idefjord, har man dog ikke iagttaget, at disse Brosten gik istykker ved Slag, hvad man maaske heller ikke kunde vente efter den Maade, hvorpaa Færdslen foregaar.

Brudstyrken er maaske paa visse Steder vel lav, ligesom Slidet er forholdsvis stort, men Hjultrykket er altid langt mindre end Brudstyrken: benyttes Graniten til Brosten, har man hidtil altid udvekslet disse paa Grund af Overfladens Ujevnhed, længe før der var slidt saa meget af, at Stenenes Højde blev for lille til at bære Færdslen. Dette hænger sammen med den Væltning af Brostenene, som Vogne, der trækkes af Heste, foraarsager; Automobiler vælter ikke paa samme Maade Brostenene men slider dem efter al Sandsynlighed jævnt af, men tilstrækkelig Erfaring paa dette Punkt foreligger endnu ikke.

Materialet fra Idefjord er altsaa det ringeste skandinaviske Vejmateriale og bør betales forholdsvis lavere end Materialet fra andre Egne af Skandinavien. Enhver Levering bør selvfølgelig undersøges ved Modtagelsen, bl. a. for at man kan udskyde allerede delvis dekomponeret Materiale, eller Materiale, hvis Kornstørrelse er unormal stor.

Der kan nu opstaa det Spørgsmaal, om man ikke ved Hjælp af Forsøg kan opstille Metoder til Bestemmelse af de relative Værdier af en Række forskellige Vejbygningsmaterialer.

Naar man ved et Vejarbejde har bestemt sig for en eller anden Konstruktion, bliver det næste meget vigtige Spørgsmaal, i hvert Fald ved makadamiserede og brolagte Gader og Veje, hvilket Stenmateriale, man skal vælge under Hensyntagen dels til de Materialer, der kan blive Tale om, dels til Bekostningen. For makadamiserede Veje har man til Vejledning ved dette Valg opstillet Tabeller, idet man enten gik ud fra under visse bekendte Forhold foretagne Slidmaalinger eller fra den Mængde Materiale, der maatte anvendes for at holde en Vej i stadig god Tilstand, eller endelig fra de Egenskaber, man havde iagttaget ved Laboratorieforsøg.

I første Tilfælde kan man enten støtte sig paa den Erfaring, man har indvundet ved mangeaarig Brug af forskellige Stensorter eller paa de Resultater, der er indvundet ved Prøveveje, hvor man dog maa huske, at man kun med Forsigtighed kan slutte fra Prøveveje til Veje med andre Stignings- og Færdselsforhold, fordi man ikke kan sætte disse Forskelles Indflydelse op i Tal. Ligesaa vanskeligt er det at drage bestemte Slutninger om et Materiales Anvendelighed som Vejmateriale efter de Resultater, man har opnaaet i Laboratorierne.

I Frankrig [1]) har Ministeriet for offentlige Arbejder i en Skrivelse af 15. Marts 1877 anmodet Vejingeniørerne om at søge talmæssigt at klassificere de forskellige Vejmaterialer. Ved Bestemmelsen af disse Talværdier skulde man gaa ud fra, at Materialgodheden, udtrykt ved Værditallet γ, stod i omvendt Forhold til den pr. Længde- og Trafikenhed forbrugte Materialmængde M i m^3, d. v. s.

$$M \cdot \gamma = c$$

hvor c er en Konstant, der blev sat til 300; γ skulde ligge mellem 0 og 20; 1 km skulde være Længdeenheden, og 100 Trækdyr Trafikenheden. Værdien af c blev fastsat paa Grundlag af, at der af de bedste Vejmaterialer medgik 15 m^3 pr. Længdeenhed og Trafikenhed. I Overensstemmelse hermed blev opstillet nedenstaaende Tabel 5.

Efter Ligningen $M \cdot \gamma = c$ kan man for et bestemt Materiale finde det normale Forbrug

$$M = c : \gamma = 300 : \gamma$$

naar man kender Værditallet. eller omvendt finde Værditallet

$$\gamma = c : M = 300 : M$$

naar man kender det normale Forbrug.

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 518.

Tabel 5.

Betegnelse	M	γ	Forbrugskoefficient k
Udmærket	15 m³ Basalt, Diorit, o. lign.	20	1,0
Meget god	20 -	15	1,3
God	25 -	12	1,7
Temmelig god	30 -	10	2,0
Taalelig	40 -	7,5	2,7
Middelmaadig	50 -	6	3,3
Daarlig	60 - (Blød Kalksten)	5	4,0

Man indfører undertiden Forbrugskoefficienten d. v. s. Forholdet imellem det paagældende Materiale og Normalmaterialet (det bedste Vedligeholdelsesmateriale). Man har da $M \cdot \gamma = M_1 \cdot \gamma_1$ og $k = M_1 : M = \gamma : \gamma_1$. Indordning af de forskellige Materialer i en saadan Tabel sker bedst ved Maalinger paa Prøveveje, men for at naa til Resultater paa denne Maade maa man bruge mange Aar, og derfor et det mere almindeligt, at disse Undersøgelser er blevet foretaget i Laboratorier.

Bokelberg [1]) har paa Grundlag af de i Laboratorier fundne Trykstyrker, der for Vejenes Dæklag spiller en saa betydelig Rolle, opstillet en Relation til Sammenligning af Værdien af forskellige Stenmaterialer. Han fremsatte den Sætning, at Afslibningen af forskellige Materialer under ellers lige Forhold forholder sig omvendt som de m-te Potenser af Trykstyrkerne. Er saaledes A_1 og A_2 to Stenmaterialers Afslidning og δ_1 og δ_2 deres Trykstyrker, saa er

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\delta_2^m}{\delta_1^m}$$

— for $\delta_1 > 2\,\delta_2$ eller $\delta_2 > 2\,\delta_1$

er $m = 6 : 4$, naar Trykstyrkerne er mindre end 1350 kg/cm² og
$m = 5 : 4$, naar Trykstyrkerne er større end 1350 kg/cm²

— for $\delta_1 < 2\,\delta_2$ eller $\delta_2 < 2\,\delta_1$
er $\frac{3}{4} < m < 2$

— for $\delta_1 < 3\,\delta_2$ eller $\delta_2 < 3\,\delta_1$
er $m =$ ca. 2

Efter disse Regler skulde følgende Skærvemængder ækvivalere:

Tabel 6.

Stenart	Trykstyrke kg/cm²	Ækvivalent Mængde m³
Basalt	1690	1,00
-	1520	1,16
-	1350	1,34
-	1180	1,70
Graavacke	1010	2,15
Koralkalk, kiselholdig	760	3,80
Sandsten	590	7—8

Ved Beregning kan man naa til et noget lignende Resultat. Modtager en Skærve nemlig Hjultrykket paa en opadvendende Spids, vil denne knuses, indtil den derved frembragte Hvileflade er stor nok til at taale Trykket. Er Hjultrykket P og Stenens Brudbelastning σ, vil Hjulet knuse en lille Pyramide med Grund-

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 520.

flade $A = P : \sigma$ og Højde h, altsaa Volumen $M = \frac{1}{3} Ah$. Af to forskellige Stenarter med Brudbelastninger σ_1 og σ_2 vil af samme Hjultryk knuses Stenmængderne

$$M_1 = \frac{1}{3} A_1 h_1 = \frac{1}{3} \frac{P}{\sigma_1} h_1 \quad \text{og} \quad M_2 = \frac{1}{3} A_2 h_2 = \frac{1}{3} \frac{P}{\sigma_2} h_2 .$$

Er de to knuste Pyramider ligedannede, har man $\frac{A_1}{A_2} = \frac{h_1^2}{h_2^2}$, og da $P = A_1 \sigma_1 = A_2 \sigma_2$ eller $\frac{A_1}{A_2} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$, bliver altsaa

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{A_1 h_1}{A_2 h_2} = \frac{A_1 \sqrt{A_1}}{A_2 \sqrt{A_2}} = \frac{\sigma_2^{\frac{3}{2}}}{\sigma_1^{\frac{3}{2}}} .$$

Slidet er omvendt proportionalt med Brudstyrken i Potensen $^2/_3$.
Hvis f. Eks.

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{9}{8}, \text{ bliver } \frac{M_1}{M_2} = \frac{16 \sqrt{2}}{27} = \frac{22{,}62}{27} = 0{,}838.$$

Naar Brudstyrken vokser med 12,5 pCt., aftager Slidet med 16,2 pCt.
Af Bokelbergs i Tabel 1 viste Forsøgsresultater fremgaar, at Forsøg over Materialernes Trykstyrke maa udføres med Prøvestykker af samme Form og Størrelse. I nedenstaaende Tabel 7 er opført Forbrugskoefficienten $k = \sigma_1 : \sigma$, idet det er antaget, at k staar i omvendt Forhold til Trykstyrken σ.

Tabel 7.

	Trykstyrke for en Tærning med 2,9 cm Sidelinie $= \sigma$ kg	Værdital	Forbrugskoefficient k
Kvarts	1050	20	1,0
Grønsten	700	13,3	1,5
Basalt	600—950	11,4—18,5	1,75—1,1
Granit	500—1000	9,5—19,0	2,10—1,05
Muslingekalk	200—600	3,8—11,4	5,25—1,75
Broget Sandsten	150—550	2,85—10,45	7,00—1,91

Badens [1]) Vej- og Vandbygningsvæsen er gaaet endnu et Skridt videre ved ikke blot at tage Hensyn til Trykstyrken men ogsaa til Stenarternes Slidbarhed. Derved er Værditallene for Materialernes relative Værdi i Tabel 8 fremkommet som Kvotienten af Forholdstallet δ for Trykstyrken og α for Afslidningen

$$\gamma = \frac{\delta}{\alpha},$$

altsaa f. Eks. for Dolerit, hvor $\delta = 10{,}00$ og $\alpha = 1{,}00$; $\gamma = 10{,}00$ eller 1,00
for Basalt, hvor $\delta = 7{,}80$ og $\alpha = 1{,}01$; $\gamma = 7{,}72$ eller 0,772

Desuden har man i Baden paa Grundlag af de fundne Værdital beregnet de Skærvemængder, der var nødvendige til Vedligeholdelse af Veje, idet man gik ud fra Porfyr, som man havde foretaget særlige Forsøg med. Efter disse Forsøg krævedes til 1 km Vejbane af 5 m Bredde i

VII	Trafikklasse	20 m³		II	Trafikklasse	95 m³
VI	—	25 -		I	—	180 -
V	—	35 -				
IV	—	50 -				
III	—	65 -				

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 521.

Tabel 8.

De i Baden bestemte nødvendige Skærvemængder, paa Grundlag af Trykforsøg og Slidprøver.

Materiale	Middelværdi af Trykstyrke kg/cm²	Middelværdi af Trykstyrke Forholdstal for Trykstyrke	Middelværdi af Slidbarhed For 200 Omdrejninger af Skiven g	Middelværdi af Slidbarhed Forholdstal for Slidbarhed	Materialernes relative Værdi Værdi af Dolerit = 1	Forholdstal for den til Vedligeholdelsen nødvendige Skærvemængde	Den til 1 km nødvendige Skærvemængde — Trafikklasse og Antal af Trækdyr pr. Dag VII < 30	VI 30—50	V 50—100	IV 100—250	III 250—500	II 500—1000	I > 1000
Dolerit	3000	10,000	10,30	1,000	1,000	1,000	12	16	22	32	42	60	114
Basalt	2340	7,800	10,40	1,010	0,772	1,295	16	20	30	40	55	80	150
Porfyr: Dossenheimer	1985	6,617	8,38	0,814	0,813	1,230	16	20	27	40	50	75	140
Vormberger	1621	5.403	8,51	0,826	0,654	1,530	20	25	35	48	63	90	170
Trabronner	1434	4,780	10,12	0,983	0,486	2,057	25	32	45	65	85	120	230
Middelværdi	1683	5,610	9,15	0,888	0,631	1,585	20	25	35	50	65	95	180
Diorit	2272	7,573	12,42	1,206	0,628	1,592	20	25	35	50	65	95	180
Syenit	1863	6,210	10,29	1,000	0,621	1.610	20	25	35	50	65	95	180
Gnejs	1730	5,767	9,82	0,953	0,604	1,655	20	25	35	50	70	100	190
Granit: Kroppenstein	1818	6,060	7,94	0,771	0,785	1,274	16	20	28	40	55	75	145
Schlücht Tal	1700	5,667	9,72	0,944	0,600	1,667	20	25	35	50	70	100	190
Steinbückele	1326	4,420	10,49	1,018	0,434	2,303	30	35	50	70	95	140	260
Middelværdi	1618	5,393	9,40	0,913	0,590	1,700	20	25	35	55	70	100	190
Hornblendegranit	1540	5,133	8,95	0,869	0,590	1,700	20	25	35	55	70	100	190

Resultaterne af Beregningerne for andre Stenarter findes i Tabel 8.

Hertil maa nu imidlertid bemærkes, at de angivne Materialmængder maa betragtes som Maksimalmængder, og at det virkelige Forbrug varierer indenfor visse Grænser paa Grund af uundgaaelige Uregelmæssigheder i Trafiken indenfor de enkelte Klasser af Veje.

I Würtemberg har Vejvæsenet i 1880-erne anstillet indgaaende Forsøg over forskellige Vejmaterialer. De slebne Prøvetærninger havde kvadratisk Grundflade med 55 mm Sidelinie og en Højde paa 60 mm. Trykstyrken blev bestemt for tørt og vaadt Materiale; Slidbarheden blev undersøgt ved Slibning paa en Støbejernsskive, hvor Prøvestykket blev anbragt 0,5 m fra Omdrejningspunktet, og hvor det blev belastet med 30 kg, idet der samtidig blev anvendt 0,02 kg Naxossmergel Nr. 3 for hver 10 Omdrejninger af Skiven. Slidet blev maalt for hver 100 Omdrejninger af Skiven. Efter at Slidet saaledes var bestemt, blev Tærningerne med Diamantstaal tildannede med to Parallelflader, og Trykstyrken blev saa bestemt paa en hydraulisk Presse. Resultaterne findes i Tabel 9.

For af Resultaterne af disse Prøver at faa et Maal for Materialernes Brugbarhed, kan man gaa ud fra Trykstyrke og Slidbarhed, idet man ser bort fra Evnen til at optage Vand, der har mindre Betydning. Benytter man Tabel 9 til at sætte Forbrugskoefficienten proportional med Afslidningstallet γ og omvendt proportional med Trykstyrketallet α, saa faar man, under Forudsætning af at Forbrugskoefficienten er 1,0 for det mest modstandsdygtige Materiale, Talværdier, hvis geometriske Mellemproportional er et Maal for Materialets Anvendelighed. Resultaterne findes i Tabel 10.

Tabel

Oversigt over Tryk- og Slidforsøg med Stenmaterialer,

	Vægtfylde	Vandoptagelse i % paa 1 kg Stenvægt	Trykstyrke i kg/cm² tør			Trykstyrke i kg/cm² vaad		
			størst	mindst	middel	størst	mindst	middel
Granit	2,60	0,114	1898	1649	1799	1872	1594	1751
Aplit (Halvgranit)	2,61	0,105	1863	1673	1793	1599	1455	1534
Granitporfyr	2,60	0,077	1643	1568	1615	1865	1643	1754
Porfyr	2,45	1,479	2033	1715	1889	2043	1902	1949
Basalt (Jura)	3,07	0,025	2220	1952	2094	2250	1752	2056
Basalt (Dolerit)	2,90	0,025	2827	2567	2691			

Tabel 10

Nogle Stenarters Anvendelighed.

	Forbrugskoefficienter		
	efter Trykstyrke $m = 1 : \alpha$	efter Slidstyrke $n = 1 : \gamma$	efter Tryk- og Slidstyrke $= \sqrt{mn}$
Granit	1,497	0,949	1,19
Aplit	1,501	0,959	1,20
Granitporfyr	1,667	0,888	1,22
Porfyr	1,424	0,735	1,02
Basalt (Jura)	1,285	1,776	1,51
Basalt (Dolerit)	1,0	1,0	1,0

I Tabel 9 er i næstsidste Kolonne for hvert Materiale opført en Koefficient, der betegner Materialets relative Værdi, regnet i Forhold til Basalt = 1,0. Denne Koefficient fremstiller Udtrykket $\frac{\alpha}{\gamma}$, hvor γ er Afslidningstallet, α Trykstyrketallet. Sætter man igen Forbrugskoefficienten omvendt proportional med dette Værdital, faar man de i sidste Kolonne i Tabel 9 opførte Værdier, der dog ikke helt stemmer overens med de i Praksis indvundne Erfaringer, især ikke for de blødeste Materialer. Man bør vistnok derfor foretrække at anvende de Forbrugskoefficienter, der findes i Tabel 10.

I den nyeste Tid har man i Hessen og Würtemberg anvendt mikroskopiske Undersøgelser til en første Undersøgelse af Vejmaterialet, idet det ofte er muligt, uden straks at benytte Undersøgelser, der tager lang Tid, at fastslaa Tilstedeværelsen af Materialer, der er tilbøjelige til at forvitre. Saaledes viser en begyndende Forvitring sig især ved mange Basaltsorter, og det forholdsvis store Forbrugstal for Jurabasalt i Tabel 9 maa vistnok tilskrives begyndende Forvitring.

En ny Maade at foretage Undersøgelse af Skærver paa er kommet frem, ved at man er begyndt at anvende Røntgenstraaler og Mikrofotografi. Anvendelse af Mikrofotografi bestaar i ved et særligt Apparat ved Hjælp af Mikroskop at forstørre de Prøver, der undersøges ved transmitteret eller tilbagekastet Lys. Til Belysning af den Overflade, der skal undersøges, maa anvendes meget kraftige Lamper.

Røntgenstraaler er blevet anvendt ved Undersøgelse af Jernindlæg i Beton. Men det vil saa være nødvendigt, at Jernets Tilstand, i det Øjeblik det blev indlagt i Betonen er kendt, for at man kan følge de Forandringer, der finder Sted i Tidens Løb. Disse Forsøg har vist, at Betonens Gennemstraalelighed for Røntgenstraaler aftager, naar Indholdet af Cement vokser.

9.

der anvendes til Vedligeholdelse af Statsvejene i Würtemberg.[1])

Forholdstal for Trykstyrke α	Afslidning i g for 100 Omdrejninger af Skiven tør			vaad			Forholdstal γ	Materialets relative Værdi $= \frac{\alpha}{\gamma}$	Forbrugskoefficient $k = \frac{\gamma}{\alpha}$
	størst	mindst	middel	størst	mindst	middel			
0,668	5,8	5,0	5,5	10,2	8,8	9,3	0,949	0,704	1,42
0,666	6,6	5,9	6,3	9,6	9,2	9,4	0,959	0,695	1,44
0,600	5,3	4,5	5,0	9,5	8,3	8,7	0,888	0,676	1,48
0,702	3,8	3,8	3,8	7,4	7,0	7,2	0,735	0,955	1,05
0,778	10,8	8,2	9,5	21,2	14,1	17,4	1,776	0,438	2,28
1,000	—	—	—	10,9	8,7	9,8	1,000	1,000	1,00

2. Laboratorieundersøgelser.

Slidprøven. — *Bauschinger* har som ovenfor omtalt konstrueret et Apparat til Maaling af Stens Modstandsevne mod Afslibning. Den bestaar af en Støbejernsskive med 1,5 m Diameter, der drejer om en lodret Akse; der strøs en bestemt Mængde Smergel paa Skiven, og det Materiale, der skal prøves, holdes i en vis Afstand fra Skivens Omdrejningsakse, og under Drejningen trykkes det med et jævnt lodret Tryk imod Skiven. Man maaler Vægttabet for et vist Antal Omdrejninger og faar derved et Maal for Stenartens Modstandsevne mod Afslibning.

Paa Teddington Laboratoriet bruges en *Dorry*maskine. Denne har en cirkulær Støbestaalsskive, som drejer i et vandret Plan om en lodret Akse. Prøvestykket udføres i Laboratoriet som en Cylinder med 1″ Diameter og 1″ lang, og slibes med Smergelhjul ud af et Stenstykke. Stykket holdes med lodret Akse, og den laveste Ende af det trykkes med en Kraft af 3,5 Pund pr. Kvadrattomme mod den omdrejende Skive. Sand, der faas ved Sigtning af knust Kvarts, ledes igennem en Tragt kontinuerligt ned paa Skiven.

Naar Skiven har gjort 1000 Omdrejninger, idet den drejer 28 Gange i Minuttet, maaler man Prøvestykkets Vægttab. Dette udtrykkes i Gram og Pund, og desuden plejer man at beregne den amerikanske Haardhedskoefficient, der er defineret ved:

$$H = 20 - {}^1/_3\, W,$$

hvor H er den amerikanske Haardhedskoefficient og W Vægttabet i Gram.

Alfred J. Amsler & Co. i Schaffhausen bygger en Prøvemaskine (Fig. 51) til Undersøgelse af naturlige og kunstige Sten for Slid. I Maskinen kan samtidigt undersøges to Prøver, idet der i den er anbragt to ens Indretninger til Fastspænding af Prøvestykkerne.

Prøvestykket er i Berøring med en Plade af Støbejern, der drejer omkring en lodret Akse. Det nødvendige Tryk imellem Prøvestykket og Pladen faas ved Vægte, der kan løftes eller sænkes ved en Skruebevægelse. Ved Pladens Drejning slides Prøvestykkerne, og for at fremskynde Slidet overstrøs kontinuerligt paa sædvanlig Maade Skiven med et Slibepulver, der kan være Sand, Smergel eller pulveriseret Staal. Dette sidste er et udmærket Slibepulver, der har den Fordel, at det ikke bliver slidt og derfor kan bruges flere Gange.

Slibepulveret anbringes i to Beholdere, hvorfra Udstrømningen kan reguleres. Pladen vandes kontinuerligt med en fin Vandstraale, for at Slidet kan foregaa vaadt. Ved Hjælp af Børster holdes Slibepulveret paa den nyttige Del af Pladen.

Prøvestykkernes Bevægelighed er begrænset i Højden, for at undgaa at Holderne skal blive slidt paa Pladen, hvis man ikke standser Forsøget i Tide.

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 489.

Pladens Størrelse er saa stor, at en Omdrejning svarer til en Vej paa 2 m. Pladen gør 30 Omdrejninger i Minuttet ved normal Hastighed, hvilket svarer til en relativ Hastighed mellem Plade og Prøvestykker paa 1 m i Sekundet. Efter 250 Omdrejninger eller en gennemløbet Vej paa 500 m standser Pladen af sig selv. Man kan da tage Prøvestykkerne ud, undersøge dem og eventuelt fortsætte Forsøget.

Holderne er indrettede til kubiske Prøvestykker med indtil omtrent 7,5 cm Sidelinie.

Pladen har en nyttig Bredde paa 16 cm, saaledes at man kan undersøge Prøve-

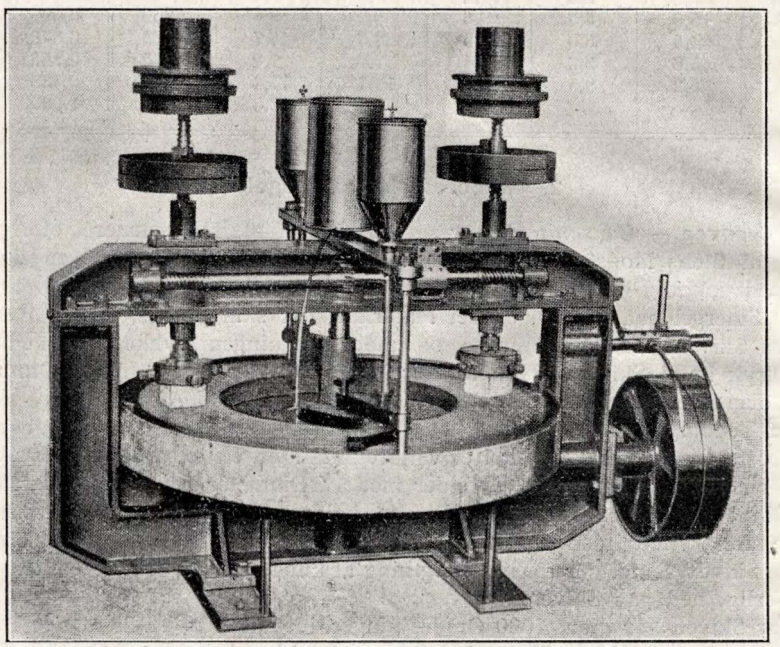


Fig. 51. Alfred J. Amsler & Co.s Maskine til Prøvning af Brolægningsmaterialer.

stykker med større Dimensioner, men i saa Tilfælde maa der anbringes andre Holdere.

Paa Paris' Vejlaboratorium benyttes til Undersøgelse af Brolægningsmaterialer en Maskine af System *Anstett*. Maskinen er vist i Fig. 52. Den bestaar af en Støbejernstromle med glat Overflade, der kan bringes til at rotere, og hvor Antallet af Omdrejninger registreres af et Tælleapparat ved den ene Ende af Akslen.

Over Tromlens øverste Frembringer er anbragt en Bjælke med 6 Holdere, hvori Prøvestykkerne kan anbringes. En Beholder leverer til hvert Prøvestykke det nødvendige Slibepulver, og imod hvert Prøvestykke ledes en Vandstraale. Tromlen er indrettet saaledes, at den kan forskydes i sin Længderetning, for at man kan undgaa, at der dannes Riller i den. Man kan altsaa undersøge 6 Prøvestykker paa en Gang, men Undersøgelsen foretages iøvrigt som ved de andre Maskiner.

I U. S. A. benyttes til denne Prøve ligeledes en Dorry Maskine; det Standardkvartssand, der her bruges, skal kunne gaa igennem en 30-, men holdes tilbage paa en 40 Maskers Sigte. 2 Prøvestykker, hver 25 mm i Diameter, udskæres, og deres Flader slibes saaledes, at de kommer til at staa vinkelret paa Prøvestykkernes lange Akse. Prøvestykkerne anbringes i Holdere eller Cylindre og vejes, saaledes at hele Vægten af hvert Prøvestykke med tilhørende Holder og tilføjet Vægt er 1250 g. Hvert Prøvestykke skal slibes i Maskinen i den ene Ende ved 1000 Omdrejninger,

hvorefter det vendes og slibes i den anden Ende ved samme Antal Omdrejninger. Vægttabet for hvert Prøvestykke bestemmes efter hver 1000 Omdrejninger, og Middeltabet i Vægt bruges til at bestemme Materialets Haardhed, udtrykt ved samme Formel som ovenfor:

$$\text{Haardheden} = 20 - {}^1/_3\,W,$$

hvor W er Middeltabet i Gram for 1000 Omdrejninger.

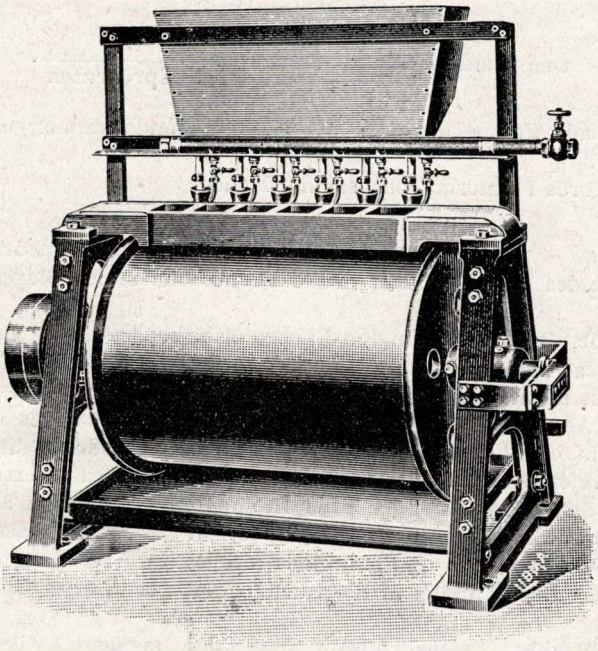


Fig. 52. Anstetts Maskine til Prøvning af Brolægningsmaterialer.

Til Bestemmelse af Slidbarheden anvendes i U. S. A., England og Frankrig et Apparat, der er konstrueret af Deval (Fig. 53).

Apparatet bruges til at bestemme det Slid, der kommer paa et Materiale i en makadamiseret Vej som Følge af Færdslen.

Prøven udføres ved, at en vis Vægt af Skærver anbringes i en lukket Cylinder, der bringes til at rotere med en given Hastighed. Paa Grund af Skærvernes Bevægelse mod hinanden foregaar der er vist Slid, og Hensigten med Prøven er at maale Størrelsen af dette Slid, der udtrykkes i $^0/_0$ af den oprindelige Vægt af de Skærver, der er blevet anbragt i Cylinderen. Da man har fundet, at Slidets Størrelse afhænger af den Mængde Fugtighed, som Skærverne kan optage, er det almindeligt at udføre et Forsøg med tørre Skærver og et Forsøg med Skærver, hvortil der er sat en vis Mængde Vand.

Den Maskine, som bruges paa Teddington Laboratoriet ved London til denne Prøve, er en saadan Devalmaskine med 4 Cylindre. Hver Cylinder er $7^1/_2''$ (20 cm) i Diameter og 14″ (34 cm) dyb, og de 4 Cylindre er monterede i en Ramme saaledes, at deres Akse danner en Vinkel paa 30^0 med Omdrejningsaksen.

5 kg (11 Pund) Skærver, der saa nær som muligt (med 10 g Nøjagtighed) skal svare til 50 Stykker, hældes i en af Cylindrene, Laaget boltes paa, og Maskinen drejes 10000 Gange rundt med en Hastighed paa omtrent 30 Omdrejninger i Minuttet.

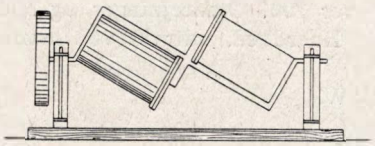


Fig. 53. Devals Maskine.

Skærvernes Størrelse bør være saaledes, at de kan passere igennem en $2^1/_4''$ Ring, men holdes tilbage paa en $2''$ Ring. Kun det Materiale, der er slidt af, og som kan passere en Sigte med $^1/_{16}''$ Masker, betragtes som afslidt Materiale. Mængden af det udtrykkes i $^0/_0$ af de 5 kg (11 Pund). Den franske Slidkoefficient er defineret ved:

$$\text{Den franske Slidkoefficient} = \frac{40}{\text{Slidprocenten}}.$$

Ved det vaade Forsøg anvendes 1,1 Gallons Vand sammen med de 5 kg (11 Pund) Skærver.

Prøven udføres i Amerika paa samme Maade.

Slagprøven. — Ved Slagprøven undersøges et Materiales Forhold under gentagne Slag, saaledes som man kan tænke Forholdene under Slagene af Hestehove eller Hjul.

Den Maskine, der paa Teddington Laboratoriet bruges hertil, kaldes Pages Slagmaskine. Prøvestykket udføres i Laboratoriet som en Cylinder $1''$ i Diameter og $1''$ lang, og slibes ud af den raa Sten med Smergelhjul. Prøvestykket anbringes paa en Ambolt med Aksen lodret, og i Berøring med dets øverste Flade sættes den kugleformede Ende af en lille Staalpaasætter, der styres af lodrette Styrestænger. En Hammer, der vejer 4,4 Pund, slaar paa Oversiden af Paasætteren med bestemte Mellemrum, og den Mekanisme, der løfter Hammeren, er indrettet saaledes, at Faldhøjden efter hvert Slag forøges med 1 cm (0,4″). Naar Forsøget udføres, falder Hammeren første Gang 1 cm og Faldhøjden forøges saa hver Gang med 1 cm, indtil Prøvestykket gaar itu. Antallet af Slag, der kræves hertil, er et Udtryk for Stenens Sejghed.

I U. S. A. udtrykkes *Sejgheden* som Sluthøjden, gennem hvilken en Standardhammer skal falde for at frembringe Brud i et cylindrisk Prøvelegeme med givne Dimensioner.

Prøver af Stenen, hvoraf Prøvestykker skal udtages, skal mindst maale 15 cm i Sidelinje og mindst være 10 cm tykke, og om muligt skal Kløvefladen være angivet paa Stenen. Prøverne skal udtages fra frisk udhugget Materiale, og udelukkende fra Stykker, som ikke viser Tilbøjelighed til Brud af den ene eller den anden Grund. Prøverne bør udtages af store Stykker ved Hjælp af Kiler, og ikke ved Høvling.

Prøvelegemerne skal være cylindriske, være 25 mm høje og have en Diameter fra 24—25 mm. 3 Prøvestykker er et Prøvesæt. Enderne af Prøvestykkerne skal være Planer, der staar vinkelret paa Cylindrens Akse.

Et Sæt Prøvestykker skal udtages vinkelret paa og et andet parallelt med Stenens Kløveflade, hvis der er en saadan. Prøvestykkerne skal udtages saaledes, at der ikke kommer Spændinger i dem; Enderne af Cylindrene kan udsaves f. Eks. med en Diamantsav, eller paa anden Maade, der ikke giver Anledning til begyndende Brud, men de maa ikke brækkes itu med en Hammer. Efter Udsavningen slibes Enderne af Prøvestykkerne plane med Vand og Karborundum paa en Støbejærns Skive, indtil Cylindrene er 25 mm høje.

Enhver Form af Slagmaskine, der tilfredsstiller følgende Betingelser, kan benyttes ved Prøven.

1) Der skal være en Støbejærns Ambolt, der ikke vejer under 50 kg, og som er gjort fast paa et solidt Fundament.

2) En Hammer, der vejer 2 kg og saaledes anbragt, at den falder frit imellem passende Ledeskinner.
3) En Paasætter af hærdet Staal, der vejer 1 kg, og som frit kan glide i lodret Retning; Undersiden af Paasætteren er kugleformet med en Radius paa 1 cm.
4) Hammeren skal kunne løftes og falde paa Paasætteren fra en hvilken som helst Højde mellem 1 og mindst 75 cm, og man skal kunne bestemme Faldhøjden med 1 mm Nøjagtighed.
5) Det cylindriske Prøvestykke skal kunne holdes fast paa Ambolten uden stiv Sideunderstøtning, og under Paasætteren paa en saadan Maade, at Midten af Oversiden under Forsøgets Udførelse skal røre Paasætterens kugleformede Ende i det laveste Punkt.

Siebeneicher har konstrueret et Apparat, der i Hovedsagen bestaar af et 25 mm fladt Krydsbor, der er belastet med en konstant Vægt og falder lodret ned fra en vis Højde paa den Sten, der skal undersøges, hvorved der bores et Hul med bestemt Dybde. Det Antal Slag, der kræves for forskellige Stenarter, giver et Maal for Stenens Haardhed.

Bestemmelsen af Stenens Sammenbindingsevne. — De fine Materialedele, der bruges i vandbunden Makadamisering, danner under Tryk en Slags Cement, der binder Skærverne sammen. Ved Forsøg kan man bestemme et Vejmateriales Værdi i denne Henseende.

Denne Prøve udføres paa Teddington Laboratoriet paa følgende Maade:

1) Der afslibes en vis Mængde knust Stenmateriale; det afslidte faas som en stiv Dejg, naar det kommer ud af den Kuglemølle, hvori Afslibningen foregaar under Tilsætning af Vand.
2) Af denne Dejg fremstilles Briketter under Tryk, og efter Fremstillingen tørres Briketterne i 24 Timer.
3) Hver Briket prøves med gentagne Slag med en lille Hammer, og efter hvert Slag maales automatisk Hammerens Tilbagespring.

ad 1) 1,1 Pund groft knuste Skærver og 0,02 gallons Vand hældes i Kuglemøllen, hvor der er 2 Staalkugler, hver 5,1″ i Diameter. Prøverne slides $2^1/_2$ Time i Møllen, der drejer med en Hastighed af 2000 Omdrejninger i Timen. Den Dejg, man derved faar, bruges til Fremstilling af Briketterne.

ad 2) Briketmaskinen. Dejgen lægges i en cylindrisk Form og et cylindrisk Stempel skrues paa. Dejgen er i Berøring med den korte Arm af en Vægtstang, saa Trykket kan reguleres til en Maksimumsværdi paa 1880 Pund pr. Kvadrattomme. Brikettens Størrelse er 1″ i Diameter og 1″ lang.

ad 3) Slagmaskinen. Naar Briketten er tør, anbringes den paa Maskinens Ambolt med lodret Akse. En lille Hammer løftes med et Tandhjul, saaledes at den effektive Faldhøjde altid er 1 cm, og Slaget overføres til Prøvestykket gennem en Paasætter, der styres i en lodret Ramme. Paasætteren er i Forbindelse med den ene Arm af en Vægtstang, hvis anden Arm fører en Blyant, der skriver paa Papiret paa en omdrejende Tromle, saaledes at Tilbagespringet af Paasætteren efter Slaget angives paa Papiret. Paa denne Maade faar man et Diagram, der angiver Antallet af Slag, efter hvilket der ikke finder noget Tilbagespring Sted af Paasætteren, det vil sige efter at Prøvestykkets Elasticitet er ødelagt. Antallet af Slag, der er nødvendigt hertil, anvendes som Maal for Materialets sammenbindende Evne.

I U. S. A. foretages Undersøgelsen af *Sammenbindingsevnen* saaledes: af det Materiale, der skal undersøges, knuses 500 g saa meget, at det kan gaa igennem en 1,27 cm Sigte, hvorefter det anbringes i en Kuglemølle med 90 cm^3 Vand og 2 Staal-

kugler, der tilsammen vejer 9 kg. Møllen og dens Indhold drejes rundt i $2^1/_2$ Time med 2000 Omdrejninger i Timen. Den Dejg, der derved dannes, tages ud, og 25 g af den anbringes i en Metalcylinder, 25 mm i Diameter, og underkastes et Tryk paa 132 kg pr. cm^2 i et Øjeblik under et hydraulisk Stempel. Den cylindriske Briket, man derved faar, skulde være nøjagtig 25 mm høj. Er den ikke det, bør man ved de følgende Prøver tage en saadan Mængde Dejg, at de nøjagtigt bliver 25 mm høje. Man laver 5 saadanne Briketter og tørrer dem i Luften i 20 Timer, opvarmer dem derefter i 4 Timer i en Varmluftsovn ved 93,3° C, og afkøler dem i et Tørreapparat i 20 Minutter. Disse Briketter prøves i en Maskine paa følgende Maade:

I Maskinen skal kunne løftes en Hammer paa 1 kg en Højde paa 1 cm, hvorefter den skal falde frit ned paa en Paasætter, der overfører Hammerslagene til Prøvestykket, idet Slagene falder fra Hammeren i et Antal af 40—70 i Minuttet, indtil Prøvestykket gaar itu. Prøvestykket anbringes paa Ambolten under Paasætteren uden Sidestøtte og holdes paa Plads paa Ambolten ved en Klat Lak. Middeltallet af Antallet af Slag paa de 5 Briketter, der er nødvendigt til at knuse Prøvestykket, angiver Bindekoefficienten.

Bestemmelse af Stens Knusningsstyrke. — I Teddington Laboratoriet fremstilles et Prøvestykke i Form af en Cylinder 1″ i Diameter og 1″ lang; det slibes ud af Stenen med Smergelhjul. Dette Prøvestykke prøves i en Prøvemaskine, der er indrettet saaledes, at Kraften overføres centralt til Prøvestykket. De Resultater, man faar, angiver Trykket, naar Prøvestykket begynder at slaa Revner, og naar det knuses.

I U. S. A. bestemmes Styrken mod *Knusning* ved, at der udskæres Cylindre af en passende Blok af Materialet, hvor hver Cylinder saa nær som muligt skal være 5 cm i Diamter og 10 cm lang. Naar Cylindrene er udskaaret, skal Dimensionerne maales saa nøjagtigt som muligt. Hver Cylinder skal saa prøves for Tryk, og det Tryk, ved hvilket Knusningen indtræffer, skrives op. Dette Tryk divideret med Tværsnitsarealet af Cylinderen, beregnes. Det er ønskeligt, at Prøven gøres med mindst 3 saadanne Cylindre, og Middeltallet af disse 3 eller flere Prøver er Materialets Middelmodstandsevne mod Knusning. Naar man udfører Forsøget, skal Cylinderen fastgøres i Prøvemaskinen saaledes, at den ikke understøttes paa Siderne, og Trykket skal sættes til jævnt voksende. Enderne af Cylindrene skal danne en ret Vinkel med deres Længdeakse, og de Dele af Maskinen, der er i Berøring med Enderne af Cylinderen, og gennem hvilke Trykket overføres, skal have en saadan Stilling og fri Bevægelighed i Maskinen, at Trykket kommer til at virke i eller parallelt med Cylinderens Længdeakse.

Vandoptagelse og Vægtfylde. — Denne Prøve udføres i Teddington Laboratoriet ved at man tørrer Prøvestykket, bestemmer Vægten af det, derpaa dypper det i Vand og vejer det, straks efter at det er dyppet ned, og derefter igen, naar det har været neddyppet i 3 Dage.

Naar A er Vægten i Luft, B Vægten i Vand umiddelbart efter Neddypningen og C Vægten i Vand efter 3 Dages Neddypning er Vægtfylden $\frac{A}{A - B}$.

Vandoptagelsen i Pund pr. Kubikfod $\frac{C - B}{A - B} \cdot 62{,}4$.

Prøvens Vægt er omtrent 50 Gram. Der tages 3 Prøver fra samme Levering Sten, og Middeltallet af de 3 Prøver er det Tal, man regner med.

Denne Prøve udføres i Amerika paa omtrent ganske samme Maade.

Frostbestandigheden kan maales ved at man fryser Prøver af Materialet i Is-

kasser i Laboratorierne og derefter finder Vægten af de afsprængte Dele efter Optøningen. Prøvestykkerne dyppes først kun delvis i Vand og bringes saa derefter lidt efter lidt helt ned under Vandet. Efter at de har ligget nogle Dage i Vand, saa det kan antages, at Porerne er fuldstændig fyldt med Vand, kan Frostprøven paabegyndes.

Vandoptagelsen kan findes derved, at Prøvestykkerne først tørres omhyggeligt, uden dog at varmes for stærkt, hvorefter man lægger dem nogle Dage i Vand og finder Vægtforøgelsen. En Stens Brugbarhed aftager, naar dens Evne til at optage Vand vokser, men det er ikke muligt at opstille dette Forhold i Regning.

Prøvning af Materialer til støvfri Veje paa Teddington Laboratoriet. — Ved Maaling af Asfaltbetons Modstandsevne mod Slag og Tryk kan man faa værdifulde Oplysninger om dens Godhed:

Slagprøven. — Til Udførelse af Slagprøven støber man Prøvestykker af Materialet som Cylindre $1^1/_4''$ i Diameter og $1^1/_4''$ lange. Disse Prøvestykker prøves med Slag af en Hammer, der vejer 4,4 Pund og falder fra konstant Højde. Det Antal Slag, der kræves 1) for at frembringe den første Revne og 2) for at frembringe Knusning af Prøvestykket, bestemmes. 6 Prøvestykker, der leveres af Entreprenøren, benyttes til denne Prøve.

Knusningsprøven. — Til denne Prøve benyttes de samme cylinderformede Prøvestykker $1^1/_4''$ i Diameter og $1^1/_4''$ lange. Disse Prøvestykker udsættes for et jævnt voksende Tryk, indtil Revnerne begynder at dannes paa Cylinderens Yderside. Størrelsen af det Tryk, hvorved dette sker, og af det Tryk, der kræves til Knusning, bestemmes.

Til Prøven benyttes ligesaa mange Prøvestykker (6) som ovenfor.

Udtagning af Prøver. — Udtagning af Prøver til Undersøgelse af Sten og Skærver udføres i Amerika efter Metoder, angivet i 1917 af State Highway Testing Engineers and Chemists. Det forlanges, at Prøverne skal udtages af den paagældende Ingeniør, eller af Folk, som han udvælger dertil. Prøverne skal udtages mindst et vist Antal Dage, før Sten eller Skærver skal modtages, og i en vis Mængde for hver yard^3, der leveres, eller naar Stenenes Kvalitet eller Udseende skifter, og til saadanne Tider, som angives af Ingeniøren.

Der skal for det første udtages Prøver til Undersøgelse af Kvaliteten, enten fra Stenbrudet eller fra Vognene, og Prøverne skal udtages paa en saadan Maade, at de virkelig er Prøve paa det Materiale, der leveres. For det andet skal der udtages Prøver for Størrelsen, og disse Prøver skal enten udtages ved Knusemaskinen eller fra Vognene; Prøverne skal tages fra Knusemaskinen til forskellige Tider, og naar de tages fra Vognene, skal de baade tages fra For- og Bagenden og fra Bunden og Toppen af Læsset.

Med Hensyn til Prøvens Størrelse skal nævnes, at en Kvalitetsprøve skal veje mellem 25- og 40 lbs., og skal bestaa af Skærver paa mindst $1\frac{1}{2}''$, og et Stykke mindst $3 \times 4 \times 6''$, fri for Revner og Ridser og med angivne Lejeflader. Prøverne til Undersøgelse af Størrelsen maa ikke veje mindre end 10 lbs. for Materiale, hvis Diameter højst er $\frac{3}{4}''$ eller mindre. Prøver af Materiale af andre Størrelser skal vokse i Vægt til et Maksimum paa omtrent 60 lbs., afhængig af Størrelse og Vægt af de største Stykker i Prøven. Prøven skal være en rigtig Prøve for det, der leveres.

Prøverne skal forsendes i tætte Kasser, hvori der lægges et Kort, hvorpaa der er angivet, af hvem de er udtaget, hvad Materialet skal bruges til, hvem der ejer Stenbrudet, den Mængde, der skal bruges, om Materiale fra samme Brud tidligere er blevet benyttet, og da hvor og til hvad, og hvad Resultatet har været o. s. v.

Vægtfylden.— Den tilsyneladende Vægtfylde bestemmes i U. S. A. paa en Prøve, der vejer 1000 g og bestaar af omtrent kubiske eller kugleformede Stykker, og som holdes tilbage paa en Sigte med 1,27 cm cirkulære Huller, tørres ved en Temperatur imellem 100 og 110° C.. afkøles og vejes med 0,5 g Nøjagtighed. Denne Vægt betegnes

med A. Hvis Materialet er homogent, skal de mindste Partikler i Prøven holdes tilbage paa en Sigte med $1^1/_4''$ cirkulære Huller.

Derefter dyppes Prøven i Vand i 24 Timer, og hvert enkelt Stykke tørres med et Tørklæde eller Klatpapir, og vejes. Denne Vægt kaldes B. Prøven lægges derpaa i en Kurv af Traad med omtrent $^1/_4''$ Maskevidde, omtrent 12,7 cm i Kvadrat og 10,3 cm dyb, hænges i Vand og vejes. Forskellen imellem denne Vægt og Vægten af den tomme Kurv, ophængt i Vand, er C., Vægten af den vandmættede Prøve, neddyppet i Vand.

Den tilsyneladende Vægtfylde beregnes ved at dividere Vægten af den tørre Prøve A med Differencen imellem Vægtene B og C.

Man maa huske Forskellen imellem den tilsyneladende Vægtfylde og den virkelige Vægtfylde. Den tilsyneladende Vægtfylde medindbefatter Hulrummene og er derfor altid mindre eller lig, men aldrig større end Materialets virkelige Vægtfylde.

Den tilsyneladende Vægtfylde af Sand, Smaaskærver eller andet fint Vejmateriale bestemmes i Amerika med et Jackson Apparat, som bestaar af en Flaske, der er inddelt og omtrent 23 cm lang og med en indvendig Diameter paa omtrent 0,6 cm, i Forbindelse med en Glaskolbe, der er 13 cm lang og 4,5 cm i Diameter. Metoden skal iøvrigt ikke nærmere omtales.

De ovenfor omtalte amerikanske Metoder til Undersøgelse af Sten og Skærver er angivne af et særligt Udvalg for Vejmaterialer, der var nedsat af Am. Soc. C. E.

Den geologiske Prøve. — Ved denne klassificeres Stenen efter dens geologiske Nomenclatur, og der gives en almindelig Beskrivelse af de Elementer, hvoraf Stenen bestaar. En petrografisk Analyse udføres af alle Sten, der prøves mekanisk paa Laboratoriet i Teddington.

Vejprøvemaskinen i Teddington. — Vejprøvemaskinen bestaar af en Ramme, der kan rotere, og som bæres af Løbehjul, der løber paa Forsøgsbanen. Denne er 34 Fod i Diameter og har en Arbejdsbredde paa 2 Fod. Vejmaterialet lægges paa et Fundament af Beton. Paa den Overflade, der skal prøves, løber Maskinen rundt med den Hastighed, man ønsker, men hvis det er Jernhjul, der prøves, bør Hastigheden ikke være større end 7 miles i Timen.

Den bevægelige Del af Vejmaskinen bæres af 8 Hjul, 39″ i Diameter og med 3″ Fælgbredde. Hvert af disse 8 Hjul drives af deres særlige elektriske Motor, saa Virkningen paa Prøvevejen bliver omtrent den samme som Virkningen af et Automobilhjul paa en almindelig Vej. I de fleste Tilfælde er Vægten pr. Tomme af Fælgens Bredde 470 Pund, men den forøges undertiden til 750 Pund.

»The National physical Laboratory« i Teddington anvender følgende Klassificering af Vejmateriale efter de ved Prøverne fundne Resultater:

	Slidprøven Slidprocent		Slagprøve	Slibeprøve	Bindeprøve	Vandoptagelse	Trykstyrke til Knusning
	Tør	Vaad	Antal Slag til Brud	Slidkoefficient	Antal Slag til Brud	lbs pr. kbfod	lbs pr. Kv.tomme
Meget god	indtil 2	indtil 2	19 og derover	19 og derover	over 100	indtil 0,10	over 20000
God	2,1—2,5	2,1—3,1	16—18	17—18,9	76—100	0,11—0,40	15000—20000
Mindre god . . .	2,6—3,1	3,2—4,0	13—15	16—16,9	26—75	0,41—1,00	10000—15000
Temmelig daarlig	3,2—4,0	4,1—5,0	8—12	15—15,9	10—25	1,01—3,00	5000—10000
Daarlig	over 4,0	over 5,0	under 8	under 15	under 10	over 3,00	under 5000

3. **Prøveveje.**

Undersøgelse af Materialer paa Prøveveje fører mere direkte end Laboratorieundersøgelser til Bestemmelse af Værditallene. Det er i ældre Tid Frankrig, der er gaaet i Spidsen med Bygning af Prøveveje, men senere har man ogsaa i andre Lande bygget saadanne. Selv om Laboratorieundersøgelser ikke altid stemmer med Resultaterne af praktiske Forsøg, yder de dog stor Hjælp ved Sammenligning af forskellige Stenarter. En Vej er paavirket paa mange forskellige Maader, men det er vanskeligt at gengive disse Paavirkninger ved en mekanisk Prøve, og det bedste Resultat faas derfor ude paa Vejen.

I Frankrig gik man ud fra den Forudsætning, at Forbruget af Vejmateriale voksede i samme Forhold som Færdslen, og Ministeriet for offentlige Arbejder har med regelmæssige Mellemrum paa 5—8 Aar ladet foretage nøjagtige Færdselstællinger, saaledes at man hver trettende Dag lod tælle Antallet af Trækdyr. Af Hensyn til Vognenes forskellige Belastning fastsatte man den indbyrdes Værdi saaledes:

Læssede Fragtvogne og Landkøretøjer	1
Læssede eller tomme Dagvogne	1
Privatvogne eller tomme Fragtvogne	$^1/_2$
Enkelte ikke forspændte Heste og Hornkvæg	$^1/_5$
Smaakvæg	$^1/_{30}$

Paa Prøvestrækningerne blev Vejslidet hvert Aar maalt nøjagtigt, enten ved at man optegnede Profiler, eller ved at man huggede Huller i Vejdækket og direkte maalte Tykkelsen. Man regnede med, at der til Fremstilling af 1 m^3 fasttromlet Dæklag medgik 1,4 m^3 løst udlagt Materiale.

Den maalte aarlige Afslidningsmængde blev beregnet pr. km og 100 Trækdyr, og for det bedste Materiale, Basalt fra Vogeserne, fandt man et aarligt Forbrug paa 15 m^3, og for det daarligste Materiale, en blød Kalksten, 60 m^3. Paa Grundlag heraf er Værditallene i Tabel 5 S. 75 fundet. Ved saadanne Forsøg gælder det i første Række om at skaffe sig Klarhed over den Indflydelse, som Tromling, Frost og andre Virkninger har paa selve Vejens Underbygning, hvilket faar væsentlig Indflydelse paa Resultatet af Maalingerne.

De i Würtemberg[1]) fra 1886—1888 udførte Forsøg skal her omtales med et Par Ord. Hensigten med Forsøgene var at faa saa rigtige Holdepunkter som mulig for, hvilke Stenarter der gav den bedste og billigste Vedligeholdelse af Statsvejene. I Würtemberg findes alle mulige Stenarter, men i enkelte Egne af stor Udstrækning finder man navnlig Materialer af mindre Værdi. Der kommer derfor hyppigt, ogsaa for Veje med Middelfærdsel, det Spørgsmaal til at ligge for, om man skal vælge et dyrere Vejmateriale, der skal skaffes ved lang Transport, men saa ogsaa giver længere Varighed, eller om man kan vælge et mere mangelfuldt Materiale, der findes i umiddelbar Nærhed af det Sted, hvor Materialet skal bruges.

Prøvevejen havde en samlet Længde paa ca. 24 km og heraf blev 13 km tromlet, 11 km ikke tromlet. I Tabel 11 findes et Uddrag af Resultaterne af Forsøgene med forskellige Stenarter; Tabellen indeholder Middelværdier for samtlige Forsøgsstrækninger af Materialmængden for de forskellige Materialer paa tromlede og ikke tromlede Strækninger, og endvidere Udgifterne til Materiale og Arbejdsløn samt de samlede Udgifter til Vedligeholdelse pr. km og 100 Trækdyr; desuden er i de to sidste Kolonner tilføjet Forbrugstallene, idet disse for det bedste Materiale (Granitporfyr), er sat = 1.

Resultatet af Forsøgene maa læses med alt muligt Forbehold, idet der saaledes f. Eks. ikke er Overensstemmelse med Tallene i Tabel 10, der er fundet paa Grundlag af Materialernes Styrke mod Tryk og Slid. Forklaringen paa de Uoverensstemmelser, der findes, kan maaske søges deri, at Bestemmelsen af de Stenmængder, der er brugt, ikke altid er udført med samme Nøjagtighed og Ensartethed, maaske har man paa enkelte Prøvestrækninger ikke bemærket Sætninger o. s. v. Men dette har dog sikkert ikke haft den væsentligste Indflydelse, og Hovedgrunden maa vel nok søges deri, at Materialernes Forhold er ganske forskelligt, efter Vejens Stigningsforhold, efter dens Beliggenhed i Forhold til Solen og de herskende Vinde; desuden maa man vistnok tage i Betragtning, at

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 568.

Virkningen af tunge Vogne ikke er proportional med Vægten, men vokser stærkere end denne. Hjultrykket pr. cm har vel den største Indflydelse, og et svært læsset Køretøj med smalle Fælge skader mere end flere lette Køretøjer med samme samlede Vægt. Alligevel giver Tabellen mange værdifulde Oplysninger om Vejvedligeholdelse og viser saaledes, at Materialforbruget som Regel er mindre, naar der tromles, end naar der ikke tromles; og hvis man ser væk fra de andre Fordele ved Tromlingen, saa taler alene dette for Anvendelse af Tromling.

Resultaterne af disse Forsøg i Würtemberg kan sammenfattes saaledes:

1) Naar Trafiken er stærk, 1500 Trækdyr ialt eller mere om Dagen, kan det som Regel ikke betale sig at vedligeholde Vejene som Skærveveje, og det maa saa anbefales at anvende andre Befæstelsesmaader for Kørebanen, som Brolægning eller lign.

2) Det er for alle Stenarter og Færdselsmængder fordelagtigst at anvende Tromling ved Vejvedligeholdelsen.

3) Man kan ikke med Tal paavise, hvilke Stenarter der for de forskellige Færdselsmængder giver den bedste og billigste Vedligeholdelse; men i hvert Tilfælde for stærk Trafik og ligeledes for ganske ringe Trafik bør man foretrække at anvende de haarde Stenarter, medens man ved mellemstor Trafik ogsaa med Fordel vil kunne anvende de bedre, blødere Materialer, især naar Prisforskellen er stor.

Skal man ved Prøvestrækninger finde nøjagtige Værdital, bør de enkelte Prøvestrækninger med de forskellige Materialsorter, der skal undersøges, altid indlægges paa Steder, der ligger paa samme Maade. Overførelse af de indvundne Resultater paa andre Vejstrækninger maa dog altid foretages med største Forsigtighed, og kan navnlig ikke gøres, naar Færdselsmængderne er meget forskellige.

De senere Aars stærke Udvikling indenfor Vejbygningen har bragt mange nye Konstruktioner frem, som det har været værdifuldt at faa undersøgt ved Anlæg af Prøveveje. Ogsaa paa dette Punkt er Franskmændene i Forbindelse med Amerikanerne gaaet i Spidsen.

I Forbindelse med den stærke Udvikling af Vejbygningen i Amerika har man i enkelte af Staterne anlagt særlige Prøveveje, og de er flere Steder byggede i stort Omfang.

I Aarene 1920—21, da Illinois [1]) stod overfor at skulle anvende 100,000,000 Dollars til Forbedring af sit Vejnæt, byggede denne Stat en godt 3 km lang, dobbeltsporet Forsøgsvej, den saakaldte Bates Vej, delt i 63 Afsnit af ca. 60 m Længde, blandt hvilke alle moderne Byggemaader var repræsenterede. Denne Vej var spærret for almindelig Færdsel, og paa den kørte Dag og Nat 12—18 afvejede Lastvogne med massive Gummiringe. Hastigheden var for det mindste og næstmindste Hjultryk 24 km pr. Time og for større Hjultryk 19 km.

Naar en Strækning havde vist sig holdbar under 1000 Rundture med et Hjultryk af 1140 kg, kørtes 3200 Ture med 1600 kg og derefter 3000 Ture med 2000, 2500 og 3000 og sluttelig 10,000 Ture med 3600 kg, saafremt der ikke var sket Brud forinden.

Der var 22 Klinker-, 17 Asfalt- og 24 Betonafsnit, og af disse bestod henholdsvis 1, 3 og 10 Prøven. Jordbunden var brunt Ler. Vandindholdet under Vejbanen varierede fra 34 % i Juni—Juli til 41 % i November—December, uden Hensyn til om der var drænet langs Vejrandene eller ej.

Saadanne særlige Prøveveje er kostbare at anlægge og drive og giver ikke altid noget helt paalideligt Resultat. Det er bedre og billigere at indbygge de Dæklag, som man vil undersøge, i en eksisterende Vej, hvor de saa paavirkes af den almindelige Færdsel, og denne har man saa Mulighed for at kontrollere og tælle.

Det er denne Metode, Franskmændene har anvendt ved Anlæget af de to nye Prøveveje mellem Paris og Versailles.[2])

Hovedlandevej No. 185 (Route Nationale) fra Versailles til Saint Cloud er 7,347 km lang og fik i 1918 i hele sin Længde et Dæklag af Asfaltbeton, den saakaldte Monolastic. Dette Dæklag har hidtil holdt fortræffeligt, uden Reparationer af nogen Art; Monolastic er en tæt Blanding af Skærver, Smaaskærver, Sand og »Fyld«. Blan-

[1]) S. Ellert og E. Suenson: Betonveje, Kjøbenhavn 1924, S. 25.
[2]) Dansk Vejtidsskrift 1924, S. 150.

Tabel 11.[1])

Forsøgsstrækning				Materiale	Daglig Færdsel 1886—88 ialt	Den tromlede Strækning	
Ialt Kørebanens		heraf				Materialforbrug	
Længde	Bredde	tromlet	ikke tromlet			pr. km	pr. km og 100 Trækdyr
m	m	m	m			m³	m³
400	4,7	200	200	Granit	117	34,0	29,1
200	5,0	100	100	Aplit	100	11,5	11,5
100	5,0	50	50	Granitporfyr .	244	17,0	7,0 (Q)
200	5,0	100	100	Porfyr	405	67,8	16,8
300	5,3	150	150	Basalt	255	22,3	8,8

Materiale	Den tromlede Strækning								
	Udgift til Materiale			Udgift til Arbejdsløn			Udgift til Tromling		
	pr m³	pr. km	pr. km og 100 Trækd.	pr. m³ Materiale	pr. km	pr. km og 100 Trækd.	pr. m³ Materiale	pr. km	pr. km og 100 Trækd.
	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Granit.	10,65	362	310	7,46	254	217	1,53	52	45
Aplit	13,86	161	161	6,35	73	73	5,83	67	67
Granitporfyr .	13,50	228	93	27,62	464	190	6,43	108	44
Porfyr.	14,04	952	235	3,39	230	57	3,52	239	59
Basalt.	17,37	388	152	5,22	117	46	15,25	340	134

Materiale	Den tromlede Strækning			Den ikke tromlede Strækning				
	Udgift ialt			Daglig Færdsel 1886—88 ialt	Materialforbrug		Udgift til Materiale	
	pr. km	pr. km og 100 Trækd.	pr. m² Kørebane og 100 Trækdyr		pr. km	pr. km og 100 Trækd.	pr. m³ Materiale	pr. km og 100 Trækd.
	M	M	Pf		m³	m³	M	M
Granit.	668	572	12,2	117	44,3	38,0	10,27	390
Aplit	301	301	6,0	100	17,5	17,5	13,86	243
Granitporfyr .	800	327	6,5	244	19,0	8,0 (Q)	13,50	103
Porfyr.	1421	351	6,3	289	43,1	14,9	13,64	204
Basalt.	845	332	6,3	255	31,3	12,3	17,36	213

Materiale	Den ikke tromlede Strækning							Forbrugskoefficient $\frac{Q_1}{Q} = \frac{\gamma}{\gamma_1}$	
	Udgift til Materiale pr. km	Udgift til Arbejdsløn			Udgift ialt			tromlet	ikke tromlet
		pr. m³ Materiale	pr. km	pr. km og 100 Trækdyr	pr. km	pr. km og 100 Trækdyr	pr. m² Kørebane og 100 Trækdyr	Strækning (f. Granitporfyr = 1,0)	
	M	M	M	M	M	M	Pf		
Granit.	455	6,45	286	245	741	635	13,5	4,16	4,75
Aplit	243	5,29	93	93	537	337	6,7	1,64	2,2
Granitporfyr,	252	24,20	450	184	702	287	5,7	1,0	1,0
Porfyr	588	4,88	210	73	798	277	5,4	2,4	1,86
Basalt.	544	3,51	110	43	654	256	4,9	1,26	1,53

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 570.

Tabel 12.

Departement	Strækningens Begyndelsespunkt	Strækningens Endepunkt	Udført	Dæklag	Omtrentlig Sammensætning: Sand	Skærver	»Fyld«	Bitumen	Dæklagets franske Betegnelse	Entreprenør-Firmaets Navn	Anmærkninger
	km	km			%	%	%	%			
Seine et Oise	1,600	2,000	Aug. 1921	Sandasfalt	80		6	14	Trinidad	La Trinidad 12 rue de la Tour des Dames, Paris	I »Trinidad«s Dæklag har Skærverne en Størrelse fra 10 til 25 mm. Asfalten er fra Asfaltsøen paa Trinidad og er blandet med tunge Olier fra Pechelbronn.
	2,000	3,000	Aug. 1921	Asfaltbeton	34	50	5	11	do.		
	3,000	3,725	Aug. 1921	Sandasfalt	80		6	14	do.		
	3,725	5,170	Dec. 1920	Sandasfalt	80		6	14	do.		
	5,170	5,600	Dec. 1920	Asfaltbeton	34	50	5	11	do.		
	5,600	7,804	Aug. 1922	Asfaltbeton	18	69	3	10	Bitulithe	Société pour la construction et l'entretien des routes, Paris	I »Bitulithe« har Skærverne en Størrelse fra 6 til 25 mm. Det organiske Bindemiddel er en Destillationsrest af meksikansk Jordolie, blandet med tunge Olier fra Pechelbronn.
de la Seine	7,804	8,218	1922	Tjærebeton	Porfyrskærver blandede med varm Tjære; derefter udlagt og Laget tromlet.						
	8,255	8,592	1922	Tjærebeton							
	8,592	10,341	1921 og 1922	Tjærebeton	Det samme med Slagger i Stedet for Porfyrskærver.						
	10,341	14,499	1919—1922	Overtjæret Makadam; fra km 10,391 til km 11,713 er venstre Side af Vejen brolagt i en Bredde af 2,5 m.							
	14,541	16,300		Alm. Makadam, overfladebehandlet med Beg.							
	16,300	17,200		Pix. Road, d. v. s. alm. Makadam, der efter en første Tromling er overhældt med et varmt beggagtigt Stof, der hærdner meget hurtigt. Efter at Vejen er gjort færdig, overtjæres den.							
	17,720	19,164									
	17,200	17,720		Alm. Makadam; Porfyr- og Kalkskærver.							
	19,164	21,375									
	21,375	21,775		Chaussébrolægning; Chaussébrosten af Granit med 8—10 cm Sidelinie.							

dingen opvarmes, og der tilsættes 10—12 % smeltet Bitumen. Blandingsforholdet varierer iøvrigt efter Beskaffenheden af de lokale Materialer, efter Klimaet og efter Vejens særlige Forhold (om den ligger lavt og fugtigt eller højt og tørt).

Hovedlandevej Nr. 186 (Route Nationale) gaar fra Versailles over Villacoublay, Croix de Berny til Choisy-le-Roi. Det første Stykke fra Versailles til Villacoublay ligger i Departement Seine et Oise, Resten i Departement de la Seine. I Tabel 12 er de enkelte Dæklag anført. Man vil se, at ingen af de enkelte Forsøgsstrækninger er mindre end 400 m lang, og at hvert Departement kun prøver Vejdæk med omtrent samme Modstandsevne; disse to Betingelser er ogsaa en nødvendig Forudsætning for, at Forsøgene skal give et brugeligt Resultat.

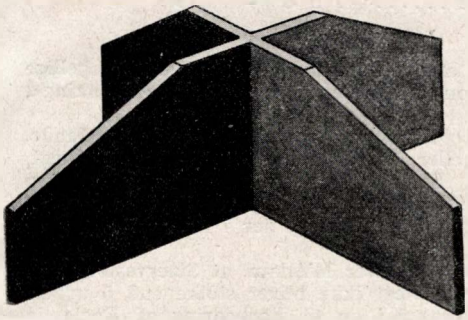


Fig. 54.

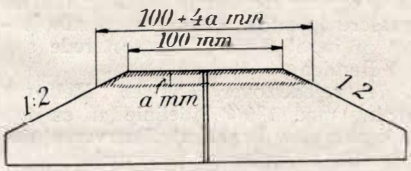
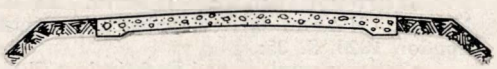


Fig. 55.



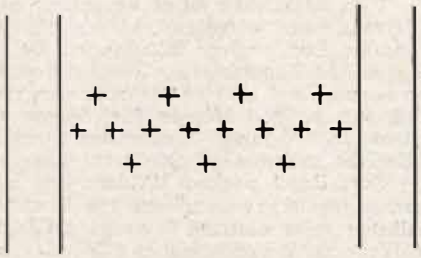


Fig. 56—57.

Maaling af Betonvejes Afslidning.[1]) — Undersøgelsen af en Vejs Afslidning har i Praksis altid stødt paa saa store Vanskeligheder, at man vistnok tør sige, at Problemet endnu ikke er blevet fuldstændig løst. Vanskeligheden har altid ligget i at finde en nøjagtig Maalemetode. Det svenske Kungl. Automobilklubbens Väginstitut har imidlertid nu konstrueret et Apparat, som baade for Asfaltbeton- og Cementbetonveje vil give nøjagtige Resultater.

Maaleapparatet, der er vist i Fig. 54, er bestemt til Anvendelse ved Nybygning af Veje og sænkes ved Støbningen saa langt ned i Betonen, at der blot i Overfladen bliver et Kors med 100 mm Armlængde synligt. Maaleren udføres af Zink eller haardt Bly. Naar saa Betonen (Fig. 55) er slidt a mm, er Korsets Arme voksede fra 100 mm til 100 + 4a mm, saaledes at man kan faa en nøjagtig Bestemmelse af Størrelsen a.

I Praksis udføres Maalinger saaledes, at der anbringes i Kørebanen et vist Antal Slidmaalere, saaledes som vist i Fig. 56—57. Imellem Slidmaalerne undersøges Slidet med et almindeligt Profilometer.

4. Maaling af Skærver.

Det Skærveprodukt, som faas fra transportable og stationære Knuseanlæg, er deres Modstandsevne mod Tryk for samme Materialemængde derved bliver størst; desuden skal de saavidt muligt være lige store, fordi man kun under denne Forudsætning kan faa ensformigt Slid af Vejen, og endelig skal Skærvestørrelsen vælges saa-

[1]) Svenska Vägföreningens Tidskrift 1925, S. 87.

ledes, at man bl. a. med den til Raadighed staaende Tromle endnu kan faa en tilstrækkelig jævn og godt bindende Kørebane. Med Hensyn til Skærvestørrelsen kan man i Almindelighed kun angive, at den maa variere med den anvendte Stenarts Styrke, og at den kan tages desto mindre, jo større denne Styrke er. For de almindeligt benyttede Stenarter ligger Skærvernes Sidelinie for det egentlige Dæklag mellem 3 og 6 cm og er som Regel ved haarde Stenarter 4 cm, ved bløde 5 cm. Det angives undertiden at man kan opstille følgende Skala for Størrelsen af Vejskærver:

Til Reparationsarbejde uden Tromling	3 à 4 cm	Skærver,
til Fastvalsning med Hestetromle	5 à 6 -	»
og til Fastvalsning med Maskintromle	7 à 8 -	»

Skærvestørrelsen er i Tidernes Løb blevet angivet og maalt paa meget forskellige Maader. *M'Adam* skriver saaledes i »Remarks on the present system of road making«, London 1820, S. 35:

»Skærvestørrelsen er i Beskrivelser til Vejarbejder blevet angivet paa forskellig Maade, saaledes f. Eks. som Størrelsen af et Hønseæg, eller som svarende til ½ Pund i Vægt. Disse Angivelser er imidlertid meget ubestemte. Skærvestørrelsen maa afhænge af den Flade, hvormed et Hjul af sædvanlig Størrelse trykker paa en jævn Vejoverflade. I Længderetningen er denne Flade omtrent 1″, og enhver Skærve, der i nogen Retning er over 1″ er derfor for stor«.

I en Beskrivelse til et Vejarbejde af 1. 2. 1819 angiver M'Adam, at Skærvestørrelsen ikke maa være større end, at den enkelte Skærves Vægt ikke bliver større end 6 unzer. I samme Bog angiver M'Adam en Del Forhandlinger i en til Forbedring af Englands Veje nedsat Kommission. Overfor Kommissionen har han nærmere forklaret, at han ansaa denne Vægt som en Maksimumsangivelse, at han i og for sig ansaa Maaling ved en Ring som en god Metode, idet Skærverne skulde passere igennem denne; men selv benyttede han Vejning. Undertiden tillod han en Vægt af indtil 8 unzer og sorterede saa Materialet saaledes, at de største Skærver blev lagt i Bunden.

Som Regel udskød M'Adam dog alle Skærver, der vejede over 6 unzer. Telfords Grænse for Skærvestørrelsen var 8 unzer. En Tærning med 1½″ Sidelinie af en tæt Kalksten vejer omtrent 6 unzer. M'Adam anvendte ogsaa den Regel, at Skærverne nogenlunde nemt kunde puttes i Munden paa en Mand. Disse Regler er nu forældede, thi da de blev opstillede blev Vejene ikke tromlede, men komprimerede af Færdslen, og det var derfor nødvendigt, at Skærvestørrelsen var mindre.

J. C. V. Steenstrup skriver i Leitfaden zur Anlage und Unterhaltung der Landstrassen«, Kjøbenhavn 1843, S. 51. at Datidens officielle franske Forskrifter angaaende Skærvestørrelsen som Maksimum fastsætter, at enhver Skærve paa alle Leder skal kunne gaa gennem en Ring med 6 cm indvendig Diameter. Forskrifterne fastsætter endvidere, at Skærverne ikke maa kunne passere en Minimumsring, men Størrelsen af denne overlades det til vedkommende kontrollerende Ingeniør at bestemme i hvert enkelt Tilfælde. I Departement Moselle har man gjort Forskel paa haarde og bløde Stenarter og maalt de første med en Ring med 6 cm Diameter og de sidste med en Ring med 7 cm Diameter. Steenstrup angiver selv, at Skærver af bløde Stenarter ikke maa være større end 8 Kubiktommer, og af haarde ikke større end 6 Kubiktommer, og at samme Regel bør anvendes paa haarde Grusmaterialer.

F. P. Spalding (A Text-book on Roads and Pavements, New York 1912, S. 147) gengiver de enkelte nyere amerikanske Betingelser, af hvilke her skal anføres:

Massachusetts Highway Commission: Skærverne sorteres i tre Størrelser ved Harpning gennem en Harpe med Huller, hvis Diameter er ½″, 1½″ og 2½″.

Illinois Highway Commission (1911): Skærverne sorteres i to Størrelser: (a) der kan gaa igennem en 2½″ Ring, men ikke igennem en 1″ Ring, og denne Størrelse kaldes 2½″ Skærver. (b), der indeholder alle Kornstørrelser op indtil Skærver, der kan gaa gennem en 1″ Ring, og denne Størrelse kaldes »screenings«.

G. W. Tillson (Street Pavements and Paving Materials, New York 1912, S. 401 gengiver Uddrag af Brooklyns Betingelser, i Henhold til hvilke Skærverne sorteres i cirkulære, roterende Harper med cirkulære Huller. For en Skærvestørrelse er f. Eks. foreskrevet, at den skal gaa igennem 3″ Huller, men holdes tilbage i 2″ Huller, for en anden, at den skal gaa igennem 2″ Huller, men holdes tilbage i ¾″ Huller.

Blanchard and Drowne (Text-book on Highway-Engineering, New York 1914, S. 235) skriver:

Da næsten alle Skærver harpes i roterende Harper, bør man i sine Betingelser foreskrive disses Omdrejningshastighed, Aksens Hældning, Længden og Hullernes Størrelse,

da alle disse Ting har Indflydelse paa Skærvematerialets Sortering i forskellige Størrelser. Den benyttede Stenknusemaskine og Stenmaterialet har ligeledes Indflydelse paa, hvormeget Materiale man faar frem af de forskellige Størrelser. Afstanden mellem Stenknusemaskinens Kæber bestemmer de producerede Skærvers Maksimumsstørrelse, og man faar Kornstørrelser frem, der varierer mellem denne Størrelse og Støv.

I Almindelighed gaar i Handelen Størrelserne: screenings, ⅜″, ½″, ¾″, 1″, 1¼″, 1½″, 2″, 2¼″, 2½″, og 3″. Man har angivet Skærvestørrelsen ved Størrelsen af den længste Dimension, f. Eks. som 1½″ Skærver, men denne Maalemetode giver et højst uensartet Materiale. Den videnskabelige Metode til Angivelse af Skærvestørrelsen er at forlange, at den paagældende Skærvestørrelse skal kunne gaa igennem en Harpe med Huller af en bestemt Størrelse og holdes tilbage af en Harpe ligeledes med Huller af en bestemt Størrelse. I 1912 blev i Staten New York Skærvestørrelserne betegnet saaledes:

»screenings« er det Materiale fra Stenknusemaskinen, der gaar igennem ½″ eller ⅝″ cirkulære Huller.
¾″ Skærver holdes tilbage paa ½″ eller ⅝″ Huller og gaar igennem 1⅛″ eller 1¼″ Huller.
1½″ Skærver holdes tilbage paa 1⅛″ eller 1¼″ Huller og gaar igennem 2¼″ Huller.
2½″ Skærver holdes tilbage paa 2¼″ Huller og gaar igennem 3¼″ Huller.
»Screenings«, der er harpede saaledes paa ¼″ eller ⅜″ Huller, at alt Støv er fjærnet, kaldes ⅜″ Skærver.

I Blanchard: American Highway Engineers' Handbook skrives, at den Procentmængde af hver Størrelse, der kommer fra en Skærvemaskine, varierer efter Stenenes Kvalitet. Jo blødere Stenmaterialet er, des større vil i Almindelighed Mængden af fint Materiale blive, men faste Regler herfor kan ikke opstilles. En Skærvemaskine med 2½″ Kæbeafstand giver med middelhaard Granit 30—40 pCt. 1¼—2½″ Skærver, 30—40 pCt. ½—1¼″ Skærver og 25—35 pCt. Skærver under ½″, eller i Middeltal 35, 35 og 30 pCt. af de nævnte Størrelser. Med et haardt Materiale vilde samme Kæbeaabning give en Middelmængde af disse Skærvestørrelser paa 50, 30 og 20 pCt.

Naar man opstiller Betingelser for Skærvestørrelser, er det nødvendigt at fastsætte Grænser i Størrelsen, enten ved at angive Størrelsen af Aabningerne i Sigtetromlerne eller ved at angive Størrelsen af den Ring, igennem hvilken Skærverne kan og ikke kan passere. Den sikreste Metode er at angive denne Ringstørrelse, men den mest almindelige Metode er at angive Størrelsen af Sigtetromlens Aabninger, i hvert Fald i Amerika bruges denne Angivelse som Regel. Hvis det i Betingelserne blot angives, at ingen Skærve maa bruges, medmindre den kan passere igennem en Sorteretromle, hvis Aabninger er 2½″ i Diameter og holdes tilbage af Aabninger paa 1¼″ i Diameter, saa vil det Produkt man faar indeholde et Overskud af Materiale, der kan passere en 1¼″ Ring, paa Grund af den Kendsgerning, at hvis de cylindriske Sorteretromler har for smaa Huller for det, der kommer ud af Knusemaskinen, eller hvis de hælder for meget eller drejes for hurtigt rundt, vil de smaa Skærvestørrelser passere forbi i Stedet for at gaa igennem de smaa Huller og blive lagt op i samme Bunke som de større Skærvestørrelser.

Det Skærveprodukt, som faas fra transportable og stationære Knuseanlæg, er ret forskelligt, selv om det er de almindelige Typer Anlæg, man bruger, paa Grund af de Forskelligheder, der alligevel er i et saadant Anlæg og i Behandlingen af det; og desuden er Stenene forskellige, der er Forskel i de Maader, der anvendes til at adskille de forskellige Størrelser, Tromlerne kan være af forskellig Længde og Diameter, og Omdrejningshastigheden kan være forskellig.

At det kan være nødvendigt at have nøjagtigere Angivelser af, hvorledes Sortering af Skærverne skal udføres, kan illustreres ved følgende mekaniske Analyse af 2 Skærveblandinger fra samme Anlæg, der begge passerede over en roterende Sigte med cirkulære Huller paa 1¼″ og gennem et Afsnit af en roterende Sigte med cirkulære Huller paa 2¼″ (efter Blancard).

Gennem ¼″ Sigte gik						0,3 %	0,2 %
— ½″ —	og tilbageholdt paa	¼″	Sigte			0,4 -	1,1 -
— ¾″ —	- -	-	½″	—		2,2 -	12,6 -
— 1″ —	- -	-	¾″	—		8,0 -	37,5 -
— 1¼″ —	- -	-	1″	—		29,1 -	40,9 -
— 1½″ —	- -	-	1¼″	—		27,1 -	7,7 -
— 2″ —	- -	-	1½″	—		32,9 -	0,0 -
						100 %	100 %

»British Standard Specifications for sizes of broken, stone and chippings« er udarbejdede af et Udvalg af 22. 11. 1912, nedsat af »the engineering Standards Committee«.

Ved Udformningen af disse Betingelser gik man ud fra, at Hovedmassen af Materialet skulde være af den forlangte Størrelse, og at der nødvendigvis maa være noget Materiale under den fastsatte Størrelse, og noget over, og at den Del af det Hele, disse to Dele udgør, fastsættes saaledes, at de fleste Stenbrud kan opfylde Be-

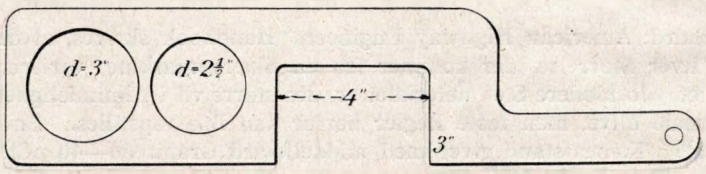


Fig. 58. Engelsk Skærvelære for 3″ Skærver.

tingelserne. Et Spillerum med Hensyn til største og mindste Længde af Skærverne var nødvendigt af Hensyn til Stenbrudene, og det blev fastsat, at mindst 65 % i Vægt skulde følge denne Regel.

Af mindre Materiale maa der højst være 15 %, og af Materiale med større Længde højst 20 %.

De saaledes opstillede Betingelser kan tilfredsstilles af de fleste Stenbrud, der allerede i Forvejen leverede saadant Materiale, undertiden dog med andre Maalbetegnelser, saa kun en Forandring i Navnebetegnelsen var nødvendig.

De engelske Normalbetegnelser (Skærvelære for 3″ Skærver er vist i Fig. 58) er følgende:

3″ Skærver skal alle kunne gaa igennem en 3″ Ring og skal efter Vægt have følgende Sammensætning:

Ikke over 15 % maa i enhver Retning kunne gaa gennem en 2½″ Ring.
Ikke under 65 % skal være over 2½″ og ikke over 4″, maalt efter største Længde.
Ikke over 20 % maa være over 4″ maalt efter største Længde.

2½″ Skærver skal alle kunne gaa igennem en 2½″ Ring og skal efter Vægt have følgende Sammensætning:

ikke over 15 % maa i enhver Retning kunne gaa gennem en 2″ Ring.
Ikke under 65 % skal være over 2″ og ikke over 3″, maalt efter den største Længde.
Ikke over 20 % maa være over 3″ maalt efter største Længde.

2″ Skærver skal alle kunne gaa igennem en 2″ Ring og skal efter Vægt have følgende Sammensætning:

Ikke over 15 % maa i enhver Retning kunne gaa gennem en 1½″ Ring.
Ikke under 65 % skal være over 1½″ og ikke over 2½″, maalt efter den største Længde.
Ikke over 20 % maa være over 2½″, maalt efter største Længde.

1½″ Skærver skal alle kunne gaa igennem en 1½″ Ring og skal efter Vægt have følgende Sammensætning:

Ikke over 15 % maa i enhver Retning kunne gaa gennem en 1″ Ring.
Ikke under 65 % skal være over 1″ og ikke over 2″, maalt efter den største Længde.
Ikke over 20 % maa være over 2″, maalt efter største Længde.

1″ Skærver skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med 1″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med ¾″ kvadratiske Huller.

¾″ *Skærver* skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med ¾″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med ½″ kvadratiske Huller.

½″ *Skærver* skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med ½″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med ⅜″ kvadratiske Huller.

⅜″ *Skærver* skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med ⅜″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med ¼″ kvadratiske Huller.

¼″ *Skærver* skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med ¼″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med ⅛″ Sidelinie.

⅛″ *Skærver* skal kunne gaa igennem et kvadratisk Hul med ⅛″ Sidelinie, og mindst 70 % i Vægt skal blive tilbage paa en Sigte med $^1/_{16}$″ Sidelinie.

Under 26. April 1921 har Dansk Ingeniørforenings Bestyrelse vedtaget følgende:

Dansk Ingeniørforenings Betingelser for Levering af Sten, Grus og Sand til Vejbygning.

Benævnelserne er de af Dansk Ingeniørforening vedtagne.

I. Naturlige Vejmaterialer.

Til Jernbaners og offentlige Vejes Anlæg og Vedligeholdelse har vedkommende Bestyrelser i Henhold til den gældende Lovgivning — nemlig Forordningerne af 13. December 1793 § 16 og af 5. Marts 1845 §§ 1—3 samt Plakat af 4. Juni 1845 § 1—8 og Lov af 15. Maj 1868 § 1 — Ret til at tage Sten, Grus, Sand og Ler; til Bivejes Vedligeholdelse dog ikke Sten.

1. *Storsten* skal være af stærkt og vejrfast Kampestensmateriale, Flint eller andre lignende haarde Stenarter, derimod ikke af Kalk, Sandsten, Skifer eller deslige. Hvis Størrelsen ikke paa anden Maade er fastsat, skal det mindste Tværmaal være over 20 cm.

2. *Haandsten* (20—10 cm) skal være af samme Materiale som Storsten.

3. *Bundsten* skal være Sten af Størrelse 15—10 cm og af samme Materiale som Storsten.

4. *Harpesten* (10—0,5 cm) skal overvejende bestaa af stærkt og vejrfast Materiale og skal leveres saa rene, som de under Hensyntagen til Vejrliget kan blive det ved en enkelt, veludført Harpning. Naar intet andet er forlangt, leveres Harpestenene som:

a. *Store Harpesten* af Størrelse 10—6 cm
b. *Smaa* — - — 6—0,5 -

5. *Ral* (10—0,5 cm) skal være af samme Materiale som Storsten og skal iøvrigt tilfredsstille de til Harpesten stillede Fordringer.

Naar intet andet er forlangt, leveres Ralen som:

a. *Grov Ral* af Størrelse 10—6 cm
b. *Fin* - - — 6—0,5 -

6. *Singel* (6—3 cm)
7. *Nøddesten* (3—1,5 cm)
8. *Ærtesten* (1,5—1 cm)

} Mindst 70 Vægtprocent af Materialet skal ligge indenfor de angivne Grænser, medens højst 10 Vægtprocent maa være indtil 20 % større og højst 20 Vægtprocent maa være mindre. Iøvrigt skal Materialet tilfredsstille de til Harpesten stillede Fordringer.

9. *Ballastgrus* skal være Bakke-Harpestensgrus (10—0 cm). Dog maa det indeholde indtil 10 Vægtprocent Sten med et noget større Tværmaal.

10. *Gangstigrus* skal være Bakke-Ærtestensgrus (15—0 mm), saavidt muligt skarpt og bindende og fuldkommen frit for Jord og hovedsagelig bestaaende af grove Sandskorn (5 - 2 mm).

11. *Strøgrus (Dækgrus)* skal svare til Gangstigrus, men skal have en noget mindre Middelkornstørrelse.

12. *Brolægningssand* (5—0 mm) skal hovedsagelig bestaa af grove Korn (5—2 mm).

Anm. Lerindholdet i Grus og Sand maa, naar intet andet er angivet, ikke overstige 5 Vægtprocent, og Leret maa kun forekomme findelt.

II. Kløvede Vejmaterialer.

1. *Paksten.*

Paksten skal være udkløvet af Kampesten eller Flint med en flad Underside paa 100—200 cm² og en Højde af 10—15 cm efter Paklagets Højde.

2. *Skærver.*

Granitskærver skal være af stærkt og vejrfast Kampestensmateriale.

Blandingsskærver maa, naar intet andet er angivet, foruden Granitskærver indeholde højst 50 Vægtprocent Flintskærver og indtil 20 Vægtprocent Skærver af haard Kalksten og lignende haarde Natursten.

Skærvestørrelserne skal være de af Dansk Ingeniørforening normerede, saaledes at mindst 70 Vægtprocent af Skærverne skal ligge indenfor de i Normerne angivne Grænser, medens højst 10 Vægtprocent maa være indtil 20 pCt. større og højst 15 Vægtprocent maa være mindre. Kontrollen udføres med mindst 50 kg Skærver. Maskinkløvede Skærver maa ikke indeholde nævneværdige Mængder Skærvesmuld, medens haandkløvede Skærver maa indeholde det fine Materiale, der opstaar ved deres Fremstilling. Jord eller andre fremmede Indblandinger maa ikke forekomme.

III. Tildannede Vejmaterialer.

Materialet til Kantsten og Brosten skal være af ensartet Haardhed, finkornet, tæt og fast, af passende Modstandsevne mod Slid som Granit, Gnejs, Syenit, Basalt og deslige, samt fri for Spaltninger, Rust og Gangdannelser.

1. *Kantsten.*

a. *Hugne Kantsten, lige og buede.*

Disse skal, naar intet andet er opgivet, have de i hosføjede Tværprofil opgivne Maal; Bredden forneden skal være mindst 18 cm og Længden mindst 80 cm. Paa de synlige Flader, der i Profiltegningen er betegnede ved Skravering, skal Stenene være pighugne og fri for Huller og Vindskævhed; Endefladerne skal være fugehugne efter Vinkel og Stok i en Dybde af mindst 7,5 cm fra de renhugne Yderflader; den utilhugne Flade maa paa intet Punkt springe frem foran den øverste behugne Del af Endefladerne. De Dele af Sidefladerne, som i Tværprofilet er begrænsede af de punkterede Linier, maa ikke springe frem foran disse. Paa de Steder, hvor to hugne Flader støder sammen i en Kant, skal denne være skarp og ren. Rundingen ved Forfladens Overkant maa udføres omhyggeligt, og Stenenes Hjørner og Kanter maa ikke være afstødte.

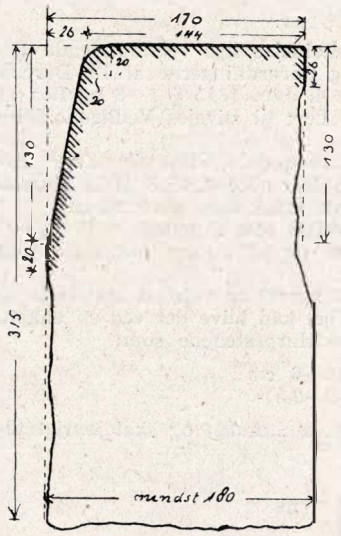


Fig. 59.

Buede Kantsten hugges efter nærmere opgiven Radius, maalt efter Stenens øverste, yderste Kant, efter hvilken Opmaaling finder Sted. Endefladen skal falde sammen med Buens Radius.

b. *Udkløvede Kantsten.*

Disse skal være vel afpudsede paa Hovederne og de tilstødende Kanter af Sidefladerne; de skal være udkløvede i Vinkel mindst i Stenens halve Dybde, saa de kan slutte tæt sammen. Hjørnerne maa ikke være afstødte. Højden skal være mindst 30 cm, Tykkelsen 10—13 cm og Længden ikke under 50 cm. Roden skal være væsentlig parallel med Hovedet og have et Areal, der mindst er ⅔ af Hovedets Areal.

2. *Brosten.*

a. *Kørebanesten.*

1. Brosten med særlig Behugning (til engelsk Brolægning) skal have et rektangulært plant og velafpudset Hoved uden Pukler eller Fordybninger, med skarpe fulde og retlinede Kanter, en Længde af 15—30 cm og en Bredde af 12—14 cm. Stenenes Højde skal være 15—16 cm, og den nederste Flade, Roden, skal være jævn og parallel med Hovedet og have et Areal, der er mindst ⅘ af Hovedets Areal. Alle Stenenes Sideflader skal være jævnt behugne, saa Hovedernes Kanter kan berøre hinanden, naar Stenene sættes med Hovederne i samme vandrette Plan.

2. *1ste Sort Brosten* skal have et rektangulært, plant og velafpudset Hoved, uden Pukler og Fordybninger, med en Længde af 15—25 cm og en Bredde af 12—15 cm. Stenens Højde skal være 18—20 cm, og den nederste Flade, Roden, skal være parallel med Hovedet og have et Areal, der er mindst ¾ af Hovedets Areal. Paa Sidefladerne maa der ikke findes Pukler, der hindrer, at Stenene sættes tæt sammen.

1ste *Sort lave* Brosten skal i alle Maader svare til foranstaaende, dog skal Højden være 16—18 cm.

3. *2den Sort Brosten* skal ligeledes være af god Behugning, dog kan Hovedets Længde være 13—26 cm, Bredden 10—16 cm og Højden 16—21 cm, medens Rodens Areal skal være mindst halv saa stort som Hovedets Areal. Paa Sidefladerne maa ikke findes væsentlige Pukler.

1ste *Sort lave Brosten* skal i alle Maader svare til foranstaaende, dog skal Højden være 14—18 cm og Rodarealet mindst ⅔ af Hovedets Areal.

4. *3die Sort Brosten* skal have et kvadratisk eller rektangulært Hoved, hvis Overflade, saavel som Sidefladerne, skal være nogenlunde jævn. Stenens Længde skal være 13—26 cm, Bredden 10—17 cm, Højden 15—21 cm og Rodens Areal mindst ⅓ af Hovedets Areal.

5. *Chaussébrosten* skal være maskin- eller haandkløvede, væsentlig retvinklede Sten med jævnt udkløvede, gennemsnitlig ca. 80 cm² (65—100 cm²) store Hoveder, en Højde af 9—10 cm og Sideflader, der tillader, at Stenene sættes tæt sammen. Sidelinierne i Hovedet maa til Bueforbandt variere fra 7 til 10 cm, ellers fra 8 til 10 cm.

Store Chaussébrosten skal i alle Maader svare til foranstaaende, bortset fra, at alle 3 Sidelinier maa variere enten fra 10 til 12 cm eller fra 12 til 14 cm.

b. *Fortovsten.*

Disse skal have et, helst kvadratisk, men i alt Fald rektangulært Hoved uden Pukler eller Fordybninger med en Længde og Bredde af ca. 10 cm og et Areal af ikke over 140 cm². Højden skal være 10—13 cm, Rodens Areal mindst ⅔ af Hovedets Areal og Sidefladerne uden Pukler.

Dansk Ingeniørforenings Benævnelser for Sten, Grus og Sand.

Der skelnes mellem *naturligt Materiale* og *kløvet Materiale*. Det første forekommer som naturlige Aflejringer paa Land og i Vand og leveres uden at være sønderdelt; det sidste leveres som sønderdelt Materiale fra Stenbrud, Skærvefabrikker og lignende Steder.

Materialet inddeles efter Kornstørrelsen, bestemt ved Hjælp af Pladesigter med cirkulære Huller af de nedenfor i Benævnelserne angivne Diametre. Handelsvarerne er tænkt fremstillede paa tilsvarende Sigter, bortset fra Fingrus og Skærvesmuld, der er tænkt frasorteret ved Hjælp af Traadsigter. I Leveringsbetingelser for de paagældende Varer bør der indføres en vis Tolerance saavel opefter, af Hensyn til at Hullerne bliver større ved Slid, som nedefter, af Hensyn til at noget af det finere Materiale vil glide hen over de for det bestemte Huller uden at falde igennem. Som Eksempel paa slige Tolerancebestemmelser kan anføres de i »Dansk Ingeniørforenings Betingelser for Levering af Sten, Grus og Sand til Vejbygning optagne.

I. Benævnelser for naturligt Materiale.

A. *Sten* er et Materiale med en Kornstørrelse over 5 mm.
B. *Sand* er et Materiale med en Kornstørrelse under 5 mm.
C. *Grus* er en Blanding af Sten og Sand.

A. *Sten.*

Benævnelse	Kornstørrelse
1. Storsten	>20 cm
2. Haandsten	20 —10 "
3. Harpesten	10 — 0,5 "
a. Store Harpesten	10 — 6 "
b. Smaa —	6 — 0,5 "
Singel	6 — 3 "
Nøddesten	3 — 1,5 "
Ærtesten	1,5— 1 "
Perlesten	1 — 0,5 "

Materialets Oprindelse kan angives ved at sætte Land-, Bakke- eller Sø- foran Navnet.

Rul er runde og glatte Sten fra Strand eller Havbund af Størrelse som Harpesten.

Kampesten er Storsten af Granit, Gneis, Syenit, Basalt eller lignende haarde Eruptivbjærgarter.

B. *Sand.*

Benævnelse	Kornstørrelse
1. Groft Sand	5 —2 mm
2. Middelfint Sand	2 —0.5 "
3. Fint Sand	0.5- 0 "

Der skelnes mellem Bakkesand og Strandsand.

C. *Grus.*

Grus benævnes efter de største Sten, der findes i det.

Benævnelse	Kornstørrelse
1. Raagrus	ubegrænset
2. Harpestensgrus	10 —0 cm
3. Singelgrus	6 —0 "
4. Nøddestensgrus	3 —0 "
5. Ærtestensgrus	1,5—0 "
6. Perlestensgrus	1 —0 "

Der skelnes mellem Bakkegrus og Strandgrus.

Under *Ærtestensgrus* falder Handelsvarerne *Betongrus, Gangstigrus, Strøgrus* (Dækgrus).

Under *Perlestensgrus* falder Handelsvaren *Fingrus* eller *finharpet Grus*, der har passeret en Sigte med kvadratiske Masker af 5 mm Lysvidde.

II. Benævnelser for kløvet Materiale.

	Benævnelse	Kornstørrelse
1.	Store Brudsten	>20 cm
2.	Smaa Brudsten	20 — 7,5 -
3.	Skærver	7,5— 0,2 -
	75 mm Skærver	75 —60 mm
	60 - —	60 —45 -
	45 - —	45 —30 -
	30 - —	30 —20 -
	20 - —	20 —10 -
	10 - —	10 — 5 -
	5 - —	5 — 2 -
4.	Skærvesmuld	2 — 0 -

Skærvegrus er en usorteret Blanding af Skærver og Skærvesmuld og benævnes efter de største Skærver, der findes i det, f. Eks. 5 mm Skærvegrus (5—0 mm), 10 mm Skærvegrus (10—0 mm) o. s. v.

5. Skærvevejes Bygning.

De Skærveveje, der nu anvendes, kan deles i to Grupper; den ene har et Bundlag af større Sten, det saakaldte Paklag, og oven paa dette Paklag ligger som Dæklag et eller to Lag Skærver; den anden bestaar i hele sin Tykkelse af Skærver uden noget Paklag. Denne sidste Konstruktion blev første Gang udført af den engelske Ingeniør Mac-Adam i 1820. Meningerne er meget delte om, hvilken af disse to Konstruktioner, der er den bedste; i Almindelighed siges det dog, at de makadamiserede Veje har den Fordel, at de er mere elastiske, og som Følge deraf skulde de slides mindre; det anføres som Fordel ved Paklaget, at det skulde fordele Hjultrykkene over et større Areal. For Veje med Paklag skulde desuden tale, at de er billigere, og heller ikke skulde være ringere med Hensyn til Vedligeholdelsen end de makadamiserede Veje, under den Forudsætning, at man ikke lader Vejen slides saa meget, at Paklaget bliver synligt. Ved Valget mellem disse Konstruktioner bør man rette sig efter Grundens Beskaffenhed. I lerholdig Grund trykkes Stenlaget ikke alene ned i Grunden, men Leren arbejder sig i Vejret og fylder Mellemrummene mellem Skærverne, saa Vejlaget mister sin Modstandsevne. Jo tættere den nederste Del af Stenlaget er, desto mindre Mulighed er der for, at Grunden kan arbejde sig op, det tætstillede Paklag skal altsaa i saa Tilfælde have større Modstandsevne end Makadamiseringen.

Veje med Paklag. — Veje med Paklag bestaar som ovenfor nævnt i Bunden af et Paklag og ovenover dette af et Dæklag af Skærver. Vejlaget blev tidligere begrænset imod Banketterne ved saakaldte Randsten, der i Almindelighed gik noget ned i Undergrunden for at give Stenlaget bedre Støtte og naaede op til Vejoverfladen, hvor de angav Dæklagets Overkant. Den Nytte, disse Randsten gør, er tvivlsom, de løftes let af Frost, og naar Skærvelaget er slidt, hindrer de Regnvandet i at løbe af, og de er tilmed kostbare. Her i Danmark udelader man dem derfor nu altid.

Paklaget faar en Tykkelse paa ikke under 10—12 cm, og er Færdslen paa en Vej meget svær, bør denne Tykkelse forøges til indtil 20 cm; Paklaget bestaar af større Stenstykker, der sættes paa Højkant med Længden vinkelret paa Vejens Midtlinie og, saavidt som Stenenes Form tillader det, i nogenlunde regelmæssige Rækker og i Forbandt; især maa man passe paa, at Stenenes brede Ende kommer til at vende nedad og Spidserne opad, saa Paklaget kommer til at ligne en omvendt Brolægning. For brede Sten maa slaas i Stykker og spaltes, fordi Dæklaget ellers ikke faar rigtig Forbindelse med Paklaget. De Spidser, der staar frem over den

normale Tykkelse af Paklaget, slaas derefter af, og Mellemrummene mellem Paklagsstenene kiles ud med Smaasten, saaledes at Overfladen af Paklaget til Slut danner en ujævn Flade af enkelte Sten, der staar fast, og uden store Mellemrum. Er Stenene i Paklaget for store, gaar Dæklaget ikke i Forbindelse med det, og det indre Slid som Følge af Slagene fra Vognene bliver større, fordi Paklaget kommer til at virke som en Ambolt. Det blev nævnt, at Stenene ikke maa lægges paa Fladen, da de saa ikke faar Forbindelse med Dæklaget, men det vil være endnu værre at stille dem skraat, saa de delvis kommer til at hvile paa hinanden, da de saa let kan vippe, og det bliver umuligt at fylde de hule Rum under dem og heller ikke at pakke Laget fast sammen med Stenfliser og Skærver.

Det forlanges i Almindelighed, at Paklagsstenene skal have en Længde af 15—25 cm, trapezformet Tværsnit med en Højde paa ca. 10 cm og de parallelle Sider ca. 10 og 5 cm. De udlægges for Haanden som omtalt som en omvendt Brolægning og skal hvile paa den bredeste af de parallelle Sider. Naar et større Stykke af Paklaget er udlagt, spredes med Skovl Stenfliser ud over det, og med en Mukkert eller Jernstang stemples de ned i Mellemrummene mellem Paklagsstenene, saa Laget bliver tæt pakket. Tilsidst strøs en Del af Bagharpningen fra Skærverne og lidt Grus ud over Laget til Fyldning af de sidste Mellemrum. I Praksis maa man slaa ret betydeligt af paa Fordringerne til Paklagsstenenes Form, fordi en regelmæssig Tildannelse vilde blive altfor kostbar. Bruges Granit til Paklaget kan man endda nogenlunde overholde Kravene, kun at Siderne af Stenene oftest er mer eller mindre afrundede, da de slaas af Rullesten, men som Regel anvendes vistnok Flint, fordi det er billigt. Flint er i Reglen Indlæg i Kalk, altsaa uregelmæssige afrundede Knolde, der kun slaas itu saa meget, at de enkelte Stens Bredde eller Tykkelse saa nær som muligt er 10 cm, mens Formen iøvrigt kan være meget uregelmæssig.

Naar Paklaget udlægges for Haanden, skulde man kunne opnaa, at Stenene kom til at staa saaledes, at de kan pakkes fast sammen, hvorved Trykket paa Grunden fordeles godt, og Lagets Tykkelse skulde gennemgaaende kunne holdes paa ca. 10 cm.

I den nyere Tid har man for at spare Udlægningen for Haanden prøvet at udlægge Paklagene med en Skovl, og de opnaaede Resultater har været meget gode, naar blot Stenene i alle Retninger har haft nogenlunde lige store Dimensioner, altsaa nærmest har været meget store Skærver.

Skal Vejlaget i Vejens hele Bredde have samme Tykkelse, gøres Paklaget ogsaa lige tykt, men skal Stenlaget i Midten være tykkere, giver man Paklaget en Oprunding, der ligger mellem Oprundingen for Planum og Oprundingen for Vejens Overflade.

Paklaget dækkes med et Skærvelag, som giver Vejen den Beskaffenhed, som Færdslen kræver, og det er derfor meget vigtigt at vælge det rigtige Materiale og at behandle Dæklaget paa rette Maade. Erfaringen viser, at en fast, tæt, modstandsdygtig og jævn Kørebane faas desto lettere, jo mere ensartede Skærverne er, og der kræves en vis Skærvestørrelse, der i nogen Grad afhænger af Materialets Styrke. Man skal saa vidt muligt undgaa, at der dannes Splinter og Grus, naar Stenen slaas til Skærver, men navnlig maa der ikke i Skærverne indblandes jordagtige Bestanddele, fordi dette i højeste Grad faar Indflydelse paa Dæklagets Styrke.

Dæklaget faar efter Færdslens Størrelse og efter Materialets Beskaffenhed en Tykkelse paa fra 8—20 cm. For meget haarde Stenarter kan Skærvestørrelsen være 5 à 6 cm, hvis der tromles med Hestetromle og 7 à 8 cm, hvis der tromles med Maskintromle.

De Skærver, der benyttes til Dæklag paa Veje paa Landet, fremstilles i Almindelighed ved Haandslaaning, eller blev det i hvert Tilfælde i tidligere Tid; de Marksten eller Søsten, der benyttes til Slaaningen, køres ud paa Vejen, og slaas der til Skærver paa Materialbanketten. Men i den seneste Tid slaas Skærverne ofte paa

Maskine, der enten er opstillet i Stenbrudet eller hvor der ellers er Drivkraft til Raadighed. Men Erfaringen viser, at Skærver, der er slaaet paa Maskine, falder mere uensartet ud end de Skærver, der er slaaet i Haanden, og der maa derfor foretages en Sortering af det Materiale, som kommer fra Skærvemaskinen. Men alligevel er det i mange Tilfælde vanskeligt at faa Skærver med den ønskede Tærningform ved Slaaning paa Maskine. Skærvemaskiner har navnlig fundet Anvendelse, efter at Færdslen har nødsaget Vejvæsnet til at anvende Skærver fra Stenbrud, idet Marksten giver et for svagt Materiale, og Søsten vanskeligt kan faas i tilstrækkelige Mængder.

Paa Grund af de Mellemrum, der er imellem Skærverne, indtager disse i løst Maal et større Rumfang end den faste Klippemasse og den komprimerede Makadamisering. Man regner, at 1 m^3 Brudsten opsat i Bunke indeholder 54—66 % fast Materiale, og ved Slaaning giver omtrent 1,2 m^3 Skærver. 1 m^3 Skærver indeholder derfor kun 0,45—0,55 m^3 fast Stenmasse. Ved Tromling komprimeres Skærverne, saaledes at 1 m^3 fasttromlede Skærver indeholder ca. 83 % fast Stenmateriale; regner man nu, at Mellemrummene i et Lag af løse Skærver udgør ca. 48 % af Rumfanget, og betegner man ved V og V_1 Rumfangene af det komprimerede og det løse Skærvelag, medens det virkelige Stenvolumen er V_0, har man altsaa

$$V_0 = 0{,}83 \cdot V = 0{,}52 \cdot V_1$$

altsaa

$$V_1 = \frac{0{,}83}{0{,}52} \cdot V = 1{,}6 \cdot V.$$

Skal Tykkelsen af det færdige Skærvelag være h, maa de løse Skærver altsaa udlægges i en Lagtykkelse 1,6h.

Skærverne lægges nu ud paa Underlaget i den rigtige Tykkelse og med den rigtige Oprunding, som Vejen skal have; de enkelte Skærver ligger saa løst imellem hinanden og er ikke i Stand til at yde Modstand imod Trykket fra Hjulene. Den nødvendige Sammenhæng i Dæklaget faar man ved at tromle det med tunge Støbejernstromler, der kører saa længe frem og tilbage over Skærvelaget, indtil de enkelte Skærver ligger tæt sammen, saaledes at en Vogn ikke mere er i Stand til at trykke Fordybninger i Laget. Tidligere lod man Vognene besørge denne Komprimering, men bortset fra den Ulempe for de Kørende, der er forbundet hermed, er en Komprimering paa denne Maade ikke fordelagtig, fordi en Mængde Skærver til ingen Nytte knuses, og fordi der i længere Tid maa holdes Folk paa Vejen, der kan fylde de fremkomne Hjulspor og fordele Kørslen over hele Vejen, saa Kørebanen i sin fulde Bredde kan blive komprimeret. Tidligere tromlede man kun Veje med stærk Færdsel, men paa Grund af de økonomiske Fordele, Tromlingen har, bliver det mere og mere almindeligt at tromle alle Veje (se foran S. 89).

Veje uden Paklag. — Opfinderen af de makadamiserede Veje, Mac Adam, foreskrev, at der til dem skulde anvendes ensartet store Skærver, der vejede 12 Lod, og han anvendte i Begyndelsen en Tykkelse af Skærvelaget paa 25 cm, men gik senere ned til 15 cm. Naar Fundamentet er fast, er en Tykkelse paa 15 cm tilstrækkelig; men saa langt kan man ikke gaa ned, hvor man anvender Paklag, fordi Dæklaget saa vilde blive for tyndt og derfor hurtigt vilde blive slidt af. Men er Fundamentet ikke godt, er 15 cm ikke nok, og man maa gaa til større Tykkelse af Makadamiseringen, bliver en Vej med Paklag baade bedre og billigere end en makadamiseret Vej.

I den nyeste Tid er man gaaet bort fra at anvende samme Materiale i hele Makadamiseringens Tykkelse, idet man benytter et underste Lag af større Skærver og et Dæklag af noget mindre Skærver. Der bliver saa ikke nogen stor Forskel imellem Makadamisering og Skærvevej med Paklag, idet de grovere Skærver ikke er andet end et mangelfuldt Paklag med mange Hulrum. Tromling kan ved makadamiserede Veje endnu mindre undværes, end hvor der anvendes Paklag, fordi

det underste Lag er lige saa løst som Dæklaget, medens Paklaget i sig allerede har en stor Fasthed.

De *Skærvestørrelser,* der bruges i de forskellige Lag, afhænger af Stenens Kvalitet, af Færdslens Art og af Hensynet til Økonomien. Hvis Stenmaterialet ikke er haardt, bør der i de øverste Lag indgaa en stor Procentdel af de store Skærver, medmindre Vejen er bestemt for let Færdsel, i hvilket Tilfælde de mindre Størrelser bør anvendes i Dæklaget, da de vil bidrage til at give en glat og jævn Overflade. Med alle Kvaliteter af Sten anbringer man de største Sten i Dæklaget, hvis Trafiken bestaar af tunge Vogne, da disse derved kommer til at virke mindre ødelæggende paa Vejen. Af økonomiske Grunde er det ofte nødvendigt, især naar Stenmaterialet tilvejebringes paa Stedet, at fordele Skærverne efter Størrelse i Lagene, saa alt, hvad der kommer fra Skærvemaskinen, kan bruges.

Skærveveje bygges i Reglen i en Vejkasse, hvor Bunden af Vejkassen er parallel med den færdige Vejoverflade, idet dog Tykkelsen af Stenlaget ofte er mindre ved Randen af Vejen end i Midten. Ved Siderne af Vejkassen ligger Banketterne, der danner Indfatning for Skærvelaget og i Almindelighed har en Bredde af fra 1—2,5 m. Undergrunden afrettes omhyggeligt til den rette Højde og komprimeres med Damptromle. Hvis der derved fremkommer Fordybninger, bør de fyldes med godt Materiale og tromles.

I nogle Tilfælde, hvor Skærverne ikke er af særlig god Kvalitet, kan der opnaas bedre Resultater ved at lægge de smaa Sten i Bunden af Vejen og de større Sten i Dæklaget. Der er ogsaa Tilfælde, hvor det, der kommer fra Skærvemaskinen, lige fra den største Størrelse og ned til Støv, lægges paa Vejen i eet Lag, men denne Metode kan ikke anbefales.

Alle Skærveveje bør bygges i Lag, hvor hvert Lag tromles, før det næste Lag lægges paa. Tykkelsen af et Lag bør efter Tromling aldrig være over 10 cm, da det ikke er muligt at tromle tykkere Lag tilfredsstillende.

Har en Vej kun let Færdsel, og Bunden er god, behøver den totale Tykkelse af Skærvelaget ikke at være mere end 10 cm, hvis Skærvematerialet er haardt; er det derimod blødt Materiale, bør Tykkelsen være 12—15 cm. Hvis Færdslen er stor, bør Tykkelsen være større. En Tykkelse paa 20—25 cm er ikke usædvanlig, hvor Færdslen bestaar af tungt læssede Køretøjer. Hvor der paa en Vej ofte kommer Læs paa 10 ts, bør man ikke anvende Skærvebelægning, og det samme er efter amerikanske Anskuelser Tilfældet, hvor over ⅓ af Færdslen hidrører fra hurtigkørende Motorvogne. Tykkelsen af Bundlaget varierer efter Funderingens Art, og efter den Trafik, Vejen har. Hvis Bunden er af godt fast Materiale som godt Grus, eller hvis Vejen skal bygges paa en kunstig Stenfundering, kan Bundlaget være saa tyndt som 5 cm, hvis blot Færdslen ikke bestaar af Vogne, der vejer over 4 eller 5 ts. Hvis imidlertid Vognene er tunge, bør man ikke gøre Bundlaget mindre end 10 cm tykt. I Gader i Byerne er det ofte økonomisk ikke at gøre Bundlaget tyndere end 15 cm efter Tromlingen.

For at sikre, at man faar den rigtige Tykkelse af et Skærvelag, kan man regulere Tykkelsen af de forskellige Lag ved at spænde Snore ud paa langs af Vejen langs dennes Sider og i Midtlinjen.

Den Mængde Skærver, der bruges pr. Arealenhed, afhænger af Tykkelsen af Skærvelaget, men i visse Tilfælde varierer den ikke nøjagtigt i Forhold til Tykkelsen, fordi Hulrummene i de underste Lag ikke altid fyldes med Grus eller Smaaskærver. I nogle Tilfælde fyldes Hulrummene med saadant smaat Materiale, kun indtil en Dybde af 7—8 cm under Overfladen, og ofte kun til 5 cm, og heraf følger, at Vægten af Dæklaget er størst foroven og mindst forneden, regnet pr. Rumenhed.

Tromling af Dæklagene er et af de væsentligste Fremskridt i Vejbygningen i det 19. Aarhundrede. Man opnaar ved Tromling, at de enkelte Skærver lejrer sig tæt imod hinanden, og der fremkommer en glat, mosaikagtig Overflade, som Hjulene ikke kan trykkes ned i, saa Vognene ikke har nogen Anledning til at foretrække en bestemt Del af Kørebanen. Overfladens Form vedbliver at være glat og jævn, og straks fra Begyndelsen er Afslidningen jævnt fordelt. Et fasttromlet

Dæklag indeholder ca. 83 % faste Stenmaterialer, et ikke tromlet 45 %, saa Mellemrummene i dette er 2½ Gang saa store. Formindskelsen af Hulrummene fremkommer især derved, at de løse Sten trykkes sammen ved Trykket fra den tunge Tromle, og en fuldstændig Tætning af Dæklaget faar man derved, at man spreder Sand eller Grus ud paa Vejens Overflade, mens Tromlingen foregaar, men først efter at en Del af Komprimeringen er udført, og derved fyldes de smaa Mellemrum, der endnu er tilbage. Det er ikke rigtigt at sprede Sand eller Grus ud over det løse Skærvelag, før Tromlingen begynder, thi derved kommer der formeget ind i Hulrummene, og Sammenhængen i Dæklaget lider derved mere Skade end Gavn. Under ingen Omstændigheder maa dette Fyldmateriale indeholde jordagtige Bestanddele, men derimod kan man i Stedet for Grus eller Sand udmærket godt anvende det Affald, der kommer fra Skærvemaskinen. Hvilket Bindemateriale, og hvor stor Mængde deraf man anvender, afhænger som ovenfor nævnt af Stenmaterialets Beskaffenhed.

Med Hestetromle udføres Arbejdet paa følgende Maade: Skærverne lægges ud paa Underlaget med rigtig Overhøjde og Oprunding, og derefter begynder man at tromle langs den ene Side af Kørebanen, idet Tromlen slet ikke er belastet eller kun i ringe Grad. Den Længde Vej, man behandler, er maaske fra 350—700 m, og naar Tromlen er naaet hen til Enden af Stykket, spænder man Hestene om og kører derefter tilbage langs den anden Side af Kørebanen. Man fortsætter nu med at køre frem og tilbage paa denne Maade, idet man stadig sørger for en vis Overdækning, og naar paa denne Maade indtil Midten af Kørebanen. Derefter begynder man igen paa samme Maade ved Kørebanens Kanter og bliver ved 25—50 Gange, indtil Dæklaget er komprimeret, saaledes som man ønsker det. Man kan gaa ud fra, at denne Komprimering er naaet, naar en Skærve med 5 cm Sidelinie, der kastes foran Tromlen, ikke trykkes ned i Skærvelaget, men knuses. Efterhaanden som Tromlingen gaar frem, forøges Tromlens Vægt, indtil den har naaet sin største Værdi. Forspandet, der er 6—8 Heste, behøver man ikke at gøre større, fordi den Modstand, som Kørebanen yder, efterhaanden bliver mindre. Tromles med Maskintromle, kan dennes Vægt ikke forøges, og Tromletrykket er det samme hele Tiden.

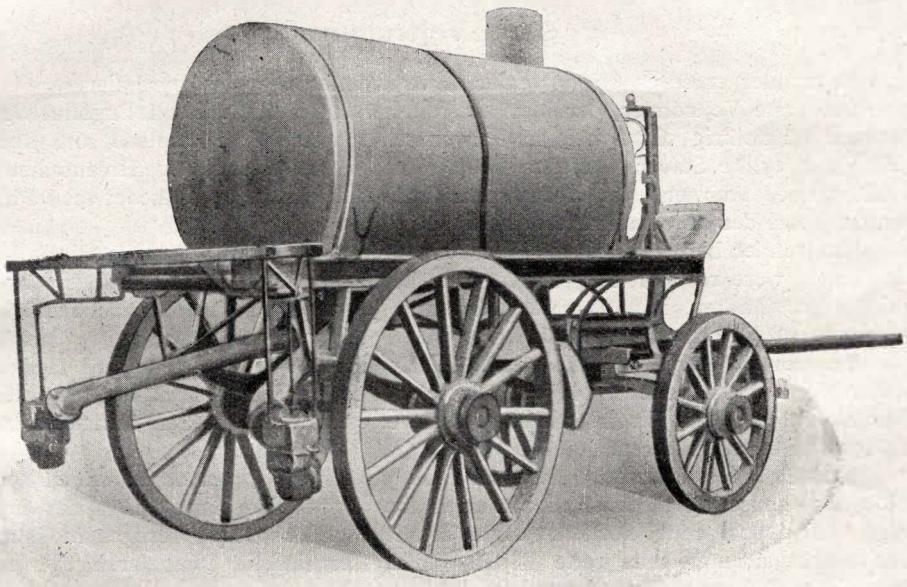
Naar Tromlingen paabegyndes ved Randene af Kørebanen, er Hensigten hermed den at undgaa, at Skærverne trykkes ud til Siden, idet Skærverne i Midten holdes fast af de Skærver ved Randene, der allerede er tromlede fast.

I nogle Betingelser forlanges, at Mellemrummene i Bundlaget skal fyldes med Smaaskærver, Sand eller Grus, idet dette fine Materiale skal fejes omhyggeligt ned, vandes og tromles. Men intet overskydende Materiale maa blive liggende ovenpaa Bundlaget; denne Byggemaade giver et fastere Bundlag, end hvor man ikke fylder Hulrummene mellem Skærverne. Den samme Behandlingsmaade anvendes ogsaa hyppigt for at lette Tromling af Bundlaget, hvor Skærverne er af et saadant Materiale, at det ikke nemt komprimeres ved Tromlingen. Smaaskærver anvendes i Almindelighed ved Bygningen af Dæklaget; naar dette Lag er blevet fasttromlet, dækkes Overfladen med et Lag af Smaaskærver eller Grus, vandes med Vand, hvorved Smaaskærver eller Grus vaskes ned i Mellemrummene mellem Skærverne; der lægges maaske mere Grus eller Smaaskærver ud, og Tromlingen fortsættes, idet Vejen vandes foran Tromlen. Naar den rette Mængde Vand og Grus er blevet brugt, skydes ligesom en Bølge af Grød frem foran Tromlen.

Tromlearbejdet fremskyndes ved at Skærverne vandes (Fig. 60), og dette maa især gøres i tørt Vejr. Da det imidlertid som Regel er dyrt at skaffe Vand ude paa Landevejene, raader man i Almindelighed til at tromle i vaadt Vejr; men da man, især naar man bruger Maskintromle, ikke altid kan vente paa vaadt Vejr, kan Vandingen give Anledning til Udgifter, som er en stor Procent af de samlede Udgifter til Tromlingen. Er Tromlearbejdet saa langt fremme, at Skærverne ikke mere bevæges af Tromlen, maa Uregelmæssigheder, der fremkommer i Overfladen, ud-

lignes ved Tilførsel af flere Skærver, og derefter maa disse fasttromles. Naar Tromlearbejdet er færdigt, spredes der som Regel et tyndt Lag Sand eller Grus, omtrent 1 cm tykt, og Hensigten hermed er, at det skal danne et beskyttende Lag, for at Hestene med deres Hove ikke skal slaa enkelte Skærver, der endnu ikke ligger helt fast, løse; Vejen kan derefter aabnes for Færdslen.

Den Hastighed, som Tromlen bevæger sig med, svarer til almindelig Skridtgang, er altsaa omtrent 1 m i Sekundet, og det Arbejde, der kan præsteres, afhænger af Vejmaterialet og af Vejens Byggemaade. En hel ny Vej kræver mere Tromle-



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 60. Vandvogn; ved Vejarbejde bruges almindeligt Bruserør, ved Gadevanding som Regel Sidebrusere.

arbejde end Dæklaget paa en ældre Vej, og haardt Materiale mere end blødt Materiale. Saa ønskeligt det end er at vande under Tromlingen, maa man dog undgaa at gennembløde Stenlag og Undergrund, og derfor er det ikke tilraadeligt at begynde Tromlearbejdet om Foraaret, straks naar det begynder at tø; man vilde saa risikere blot at trykke Stenlaget ned i den bløde Undergrund uden at taa nogen Komprimering af Stenlaget. Man maa vente, indtil Grunden igen er tilstrækkelig tør og bæredygtig.

Den Tid en Skærvevej vil holde, afhænger af Færdslens Art og Størrelse, Vejens Byggemaade, det anvendte Materiale m. m. Hvis Færdslen er let, kan en Skærvevej holde 15 Aar eller maaske mere, hvis den er bygget af gode Skærver paa et godt Bundlag.

Hvis Vand faar Lov til at staa paa en Skærvevej, vil Dæklaget blive blødt ud og hurtigt slides. Naar Frosten gaar af Jorden om Foraaret, vil der i Overfladen kunne fremkomme bløde Dele, som man maa have Opmærksomheden henvendt paa. Virkningen af Hestekøretøjer ses i Almindelighed ved at der dannes visse Mærker i Midten af Vejen. Hvis Vejen faar en lille Oprunding, vil dette til en vis Grad undgaas, fordi Færdslen saa vil blive tilbøjelig til at benytte hele Vejens Bredde. Hvis Hestekøretøjerne alle kører paa samme Sted, vil Hjulene danne Hjulspor, især naar

Vejen er blød. Hjulenes Slid paa Skærverne frembringer Støv, som i tør Tilstand blæses bort af Vinden, saa Skærverne blottes i Dæklaget, hvorved de bliver udsat for Slid og for at rokkes løse. En tung Motorfærdsel, der foregaar med stor Fart, vil ogsaa hurtigt løsne Skærverne i Overfladen, naar Bindemidlet blæses bort af Mellemrummene. Naar Vejen er i denne Tilstand og Vejret har været tørt, har man undertiden set, at en stærk Automobilfærdsel paa faa Dage har ødelagt en Skærvevej.

§ 10. Vejtromler.

Vejtromler er enten Hestetromler, Damptromler eller Motortromler.

De første Vejtromler, der blev benyttet af James Patterson i England og Polonceau i Frankrig var bygget af Træ, enten massive eller samlede som Bødkerarbejde af tykke Staver, der blev holdt sammen med Jernringe. Hulrummet blev fyldt ud med Murværk, for at Tromlen kunde blive tung, og lukkedes med Plankebunde, hvori der blev inddrevet Jerntappe.

Trætromler blev beslaaet med Jernskinner for ikke at slides for hurtigt. Længden kunde være ret stor, 2,0—2,5 m, men Diameteren var lille, 0,6—0,9 m, og ofte mindst paa Midten, idet Tromlen blev afdrejet med en krumlinjet Frembringer, svarende til Vejbanens Oprunding.

Trætromler anvendes ikke mere til Tromling af Veje; Tromler til Hestekraft udføres nu af Sten eller Støbejern for selve Tromlen, med Træk- og Styrestel af Træ eller Smedejern. Tromlerne er som Regel cylindriske med en Længde af 1,0—1,25 m, og en Diameter af 1,25—2,0 m.

Skal Tromlecylinderen udføres af Sten, maa den hugges af en enkelt Granitblok, saa haard og ensartet som muligt, for at Tromlen kun skal slides lidt og Slidet blive ensformigt fordelt. Hvis Tromlen slides urund, forøges Modstanden saa stærkt, at man maa rette Fejlen ved at formindske Diameteren og dermed Vægten og Nyttevirkningen.

Da Tromlen skal kunne trækkes af fire Heste paa løse Skærver, ogsaa paa stigende Vej, kan man ikke give en Stentromle større Diameter end ca. 1,25 m, og naar Længden ogsaa er 1,25 m, bliver Vægten ca. 4 ts. Rammen kan udføres af Træ eller Jern og indrettes saaledes, at Hestene hurtigt kan spændes om, naar man under Tromlearbejdet skal skifte Retning, medens det er besværligt at vende med en Hestetromle. Paa Rammen kan man tillige anbringe Ballastkasser, hvorved Vægten kan forøges med ca. 1 ts.

Naar Tromlecylinderen udføres af Støbejern, er Længden sædvanlig 1,25 m, men Diameteren kan forøges til 1,7 à 2,0 m, uden at Vægten af selve Tromlen bliver for stor. Tromlen udføres med cylindrisk Kappe og to Endebunde, saa den kan fyldes med Vandballast, naar Skærvelaget er nogenlunde fæstnet, saa Trækkraften ikke behøver at være saa stor.

Den cylindriske Kappe har en Godstykkelse paa 5—7 cm og forstærkes desuden med indvendige Ribber og to Flanger ved Randen til Fastboltning af Endebundene, der ligeledes udføres af Støbejern som plane eller svagt koniske Skiver, som paa indvendig Side forstærkes med et Nav om Taphullet og Ribber, der sidder som Kransen og Egerne i et Hjul. I den ene Endebund er anbragt et Mandehul med vandtæt Dæksel, samt Paafyldnings- og Aftapningshaner for Vand og en Lufthane. I Navene er indsat vandtætte Bøsninger for den gennemgaaende Jernaksel, der forlænges som Tappe udenfor Tromlen.

Vægten af den tomme Tromle vil efter Størrelsen ligge imellem 3,5 og 5,0 ts, der ved Vandballast kan forøges til henholdsvis 6 og 8 ts.

Rammen udføres som Regel af Smedejern, nittet sammen af Profiljern med Kulisser til en Styrestang og Trækkroge, samt ved begge Ender Skrabere til Ren-

skrabning af Tromlen, hvis det vaade Dækgrus klæber fast. Trækkraften er mindst, naar Tromlen holdes ren. Skraberen forbindes ofte med et Risleapparat, der faar Vand fra en Beholder paa Rammen; naar den glatte Støbejernstromle holdes vaad, vil Gruset klæbe mindre og lettere slippe.

Den Omstændighed, at en tom Støbejernstromle i Forhold til Diameteren er lettere end en Stentromle, er ikke blot en Fordel ved Tiltromlingen af de løse Skærver, som Hestene desto lettere river op med Hovene, jo haardere Træk, man forlanger; den gør ogsaa Tromlen mere anvendelig til Komprimering af løs Grund, f. Eks. til Tromling af Vejkassens Bund paa Dæmninger inden den endelige Regulering.

De ældste Damptromler blev byggede i Paris af Ballaison 1862, og hans Konstruktion blev i Slutningen af 1860-erne forbedret af Gellérat. Samtidig blev de første engelske Damptromler byggede af Aveling & Porter i Rochester.

Damptromler blev i Begyndelsen næsten udelukkende anvendt i store Byer, men de har nu fundet en udstrakt Anvendelse ved Bygning og Vedligeholdelse ogsaa af Veje paa Landet.

Hensigten med Tromlingen er at forvandle et løst udlagt Skærvelag til et fastlejret Konglomerat med jævn Overflade og smaa Mellemrum, d. v. s. til en Stenplade med ensartet Beskaffenhed, saaledes at Afslidningen foregaar saa regelmæssigt som muligt; Stenpladen skal være vandtæt for at formindske de uheldige Virkninger det har, naar Vand trænger ind i den; denne Omdannelse af det løse Skærvelag til en saadan Stenplade ved Tromling udføres, ved at Tromlen gentagne Gange kører hen over Laget. For at frembringe denne Forandring af det løst udlagte Skærvelag, maa baade de enkelte Skærvers Plads og Form forandres, og man maa sørge for, at Mellemrummene fyldes fuldstændigt ud. Skærverne forandrer Form derved, at Tromletrykket bryder de skarpe Kanter og Hjørner, hvis Stenene ikke ligger saaledes, at de er modstandsdygtige nok, men ved denne delvise Knusning fyldes Mellemrummene i den nederste Del af Skærvelaget. Anvendes blødere Materialer, bliver maaske ogsaa enkelte Skærver helt knust. Samtidig hermed forandrer Skærverne Plads og kiles ind imellem hinanden. Det fremgaar heraf, at Stenpladen efterhaanden tættes under Tromlingen fra neden og opefter. Hvad her er forklaret, viser desuden, at Vejtromler maa køre med en passende ringe Hastighed.

Et ejendommeligt Fænomen er det, at der ofte i Skærvelaget dannes en formelig Bølge, der bevæger sig fremad foran Tromlen. Højden af denne Bølge er selvfølgelig størst, naar Tromlingen begynder, men den paavirkes ogsaa af andre Forhold, og den skal derfor nærmere omtales senere.

Den nederste Del af et omhyggeligt tromlet Dæklag bliver uden videre tæt; i den øverste Del bliver der derimod Mellemrum tilbage, der maa fyldes med et passende fint Materiale. Efter at et Dæklag er udlagt og tromlet, gør Vognhjulene i Løbet af den første Tid Tromlingen færdig. Et godt tromlet Skærvelag skal omtrent indeholde 85 $^0/_0$ fast Materiale.

Modstanden mod Tromlens Bevægelse varierer stærkt fra Tromlearbejdets Begyndelse paa det løst udlagte Skærvelag til dets Afslutning paa det færdigtromlede Dæklag; det angives saaledes, at Modstandskoefficienten skal variere fra 0,14—0,06. Paa Stigninger vokser Modstandskoefficienten meget hurtigt, saa Tromling med Maskintromler ikke kan udføres paa stærkere Stigning end 80—100 $^0/_{00}$.

Med Hensyn til Trommevægten har man tidligere opstillet den Regel, at den tungeste Tromle skulde være den bedste; men denne Regel maa anvendes med stor Forsigtighed. Rigtigt er det, at Maskintromler og navnlig Damptromler er tungere end Hestetromler, og at de til Dels skylder denne Omstændighed deres Overlegenhed.

Med Indførelsen af Damptromler skete der et væsentligt Fremskridt i Vejbygningsteknikken. Uden her at komme nærmere ind paa de mange Fordele, som Maskintromler har frem for Hestetromler, skal blot bemærkes, at Maskintromler bør

foretrækkes i alle de Tilfælde, hvor det drejer sig om et Tromlearbejde, der kræver et stort mekanisk Arbejde. Dette er Tilfældet, naar det Areal, der skal tromles, har stor Udstrækning, naar der skal tromles paa stærke Stigninger, naar Skærverne er af meget haardt Materiale, naar Skærvestørrelsen er stor o. s. v. Men det er ikke nødvendigt, at de Arealer, der skal tromles, er sammenhængende eller ligger lige i Nærheden af hinanden, da Maskintromlerne har stor Bevægelighed. Maskintromler egner sig derfor ikke alene til Bygning og Vedligeholdelse af Veje i større Byer, men ogsaa til Vedligeholdelse af de almindelige Landeveje og af Sogneveje, og de har derfor faaet en udstrakt Anvendelse. Det er muligt, at den almindelige Indførelse af Maskintromler faar den Meningsforskel til at forsvinde, der har været om, hvorvidt et Dæklag skulde repareres ved Nybelægning eller efter det »pletvise« System, saaledes at man paa alle Veje med ikke alt for ringe Færdsel skulde gaa over til udelukkende Anvendelse af Nybelægning.

Damptromler bygges paa to forskellige Maader, enten med to eller med fire Tromlecylindre. To Cylindre er især blevet anvendt i Frankrig, mens fire Cylindre især er blevet anvendt i England.

Som ovenfor omtalt blev den første franske Damptromle anvendt 1861 i Paris af Ballaison; men det var især Gellérats nogle Aar yngre Konstruktion, der blev benyttet i de følgende Aar. Gellérats Tromle har to Tromlecylindre med samme Diameter og samme Længde; den blev bygget i Størrelser paa 17, 24 og 30 ts; ved de 17 ts Tromler har Tromlecylindrene en Diameter paa 1,2 m og en Bredde paa 1,4 m, og Belastningen pr. m af Bredden er gennemsnitligt 6 ts. Lokomobilet er monteret paa den forreste Tromlecylinder, to oscillerende Cylindre imellem Tromlecylindrene overfører Bevægelsen til disse ved Hjælp af Tandhjul og Kæder uden Ende.

De engelske Damptromlers Konstruktion er udformet paa Grundlag af de da anvendte Vejlokomotivers. Et saadant Vejlokomotiv bliver til en Damptromle, naar Hjulene bliver brede og tunge Tromlecylindre.

I den nyeste Tid bygger Aveling & Porter Damptromler med Vægte paa 10, 15 og 20 ts. Den 15 ts Tromle har Drivcylindre med 1,5 m Diameter og tromler en Vejbredde paa 1,9 m; den 20 ts Tromle har Drivcylindre med 1.65 m Diameter og tromler en Vejbredde paa 2,1 m. 10 og 15 ts Tromler er de almindeligst benyttede, og ud over 15 ts bør man vistnok overhovedet ikke gaa. Ved Kørsel paa færdig Vej kan Aveling & Porters Tromler køre op ad Stigninger paa 120 $^{0}/_{00}$ og ved Tromling har de kunnet arbejde paa Stigninger paa 90 $^{0}/_{00}$ De kan vende paa en Plads med 12 m Diameter.

Som Følge af den mangeaarige Erfaring er Konstruktionen af Damptromler i adskillige Retninger blevet forbedret. Nu anvendes næsten altid cylindriske Løbetromler, og man foretrækker disse for kegleformede, der i en vis Periode har været anvendt; ved disse sidste lider man nemlig et Krafttab paa Grund af den forskellige Hastighed ved Omkredsen, og de kegleformede Cylindre skal ogsaa fremkalde større Bølger i Skærvelaget. De kegleformede Løbetromler blev tidligere ogsaa især anvendt, for at der imellem dem kunde blive Plads til en Støtte for Kedlen; nu anvendes en Bøjle, der omfatter Løbecylindrene, og paa hvis vandrette Del Kedlen er understøttet. Endvidere har man anbragt Kedlen lavere, og Styreindretningen er blevet forbedret, ved at der under Kedlen er blevet anbragt en vandret Aksel; Styrekæden er saa blevet delt i to Dele, hvis Ender vikles op paa to smaa højre- og venstregængede Tromler, der sidder paa denne Aksel. Ved Hjælp af et Haandhjul paa Førerpladsen drejes Tromleaksten.

Ogsaa Forbindelsen imellem Drivcylindrene er blevet forbedret. Begge Tromlecylindre drives, men for at dette kunde blive muligt, maatte man sørge for, at den forskellige Vejlængde, som de gennemløber ved Kørsel i Kurve, automatisk udlignes.

Til en Tromle hører, især naar den anvendes udenfor Byerne, en lille Park

af særlige Vogne; der kan saaledes være Brug for en Vogn, hvori Betjeningsmandskabet kan overnatte; der kan maaske være Brug for en særlig Kulvogn, et lille Værksted og et Rum for Tromleformanden. Da Vand til Vanding af Skærvelaget og til Fyldning paa Tromlens Dampkedel ofte maa hentes langt borte, medføres endvidere ofte een eller flere særlige Vandvogne.

Tromler efter engelsk og fransk Byggemaade kan sammenlignes paa følgende Maade:

Den engelske Damptromlekonstruktion gør det muligt at understøtte Kedlen i tre Punkter, hvorved det bliver lettere at køre over daarligt befæstet Grund, det er ikke nødvendigt at anvende Kæder til Kraftoverføring, og der kan overalt anvendes Tandhjul.

De delte Tromlecylindre gør Tromlen bredere, saa den ikke er saa udsat for at vælte, hvilket i mange Tilfælde er en Fordel. Konstruktionen er let at styre, den kan passere Kurver med lille Radius, Kurvemodstanden er lille, og det er let at vende. Ved den engelske Konstruktion kan Drivcylindrene faa stor Diameter, uden at Kedlen kommer til at ligge særlig højt, og derved undgaas, at Drivcylindrene trykkes ned i Skærvelaget, og Maskinens Stabilitet bliver større.

Men de engelske Damptromler har den Mangel, at Forvalserne ikke drives, saaledes at de mere end Drivvalserne har Tilbøjelighed til at skyde Skærverne frem foran sig, saalænge Skærvelaget ikke har faaet i hvert Fald nogen Fasthed. Den Vægt, der ligger paa Forvalserne, har derfor ikke samme gunstige Virkning som den, der ligger paa Drivvalserne. I Almindelighed er Vægtfordelingen saaledes, at 30 % ligger paa Forvalsen og 70 % paa Bagvalsen. Paa de franske Damptromler kan begge Valser være Drivvalser, men denne Fordel opvejes ved den noget mere omstændelige Konstruktion. De franske Tromler synes i den senere Tid at have fundet noget mere Anvendelse, idet en Del Motortromler er blevet byggede efter det franske System.

Vægten af Damptromler og Motortromler er større end Vægten af de ældre Hestetromler, da man derved hurtigere faar Skærvelaget komprimeret, men man har ofte gjort den Fejl, at man har gjort Vægten for stor. Naar en Tromle vejer 20 ts eller mere, saaledes at Drivvalsernes Tryk er over 12 ts, saa er dette for meget, thi saadanne Vægte ødelægger for mange Skærver, og Vej- og Gadebroer er ikke byggede til disse Tryk.

Det største Aksetryk for en Tromle bør derfor i hvert Fald ikke være større end 9 højst 10 ts. Og da i den nyeste Tid Veje paa Landet ogsaa maskintromles, maa Broerne beregnes saaledes, at de kan bære disse Vægte.

Denne Vægt paa højst 9—10 ts gælder Drivvalserne, Forvalserne vil man altid belaste mindre, dels for ikke at forringe Styreevnen, dels for ikke at gøre Virkningen af, at Skærverne skydes foran Forvalserne, for stor.

Med Hensyn til Maskintromlernes Arbejdsydelse, har en Angivelse af Udgifterne til Tromling pr. lb m eller pr. m^2 den Mangel, at der ikke tages Hensyn til Tykkelsen af det tromlede Skærvelag, og det er vel derfor mere naturligt at beregne Tromlens Arbejdsydelse efter Rumindholdet af den fasttromlede Skærvemængde. Det er en Selvfølge, at denne Mængde afhænger af Skærvematerialets Art; og desuden faar Vejens Beliggenhed og Stigningsforhold Indflydelse, saa der kan fremkomme store Forskelligheder i Resultaterne.

Antallet af nødvendige Tromleovergange er større for haarde Stenarter end for bløde. Porfyr kræver efter en almindelig gældende Angivelse det største Antal Overgange 117, Basalt 89, Kalkstenskærver ca. 50.

Tromlearbejdet pr. Time varierer imellem 3,3 og 11,5 m^3, det første Tal gælder for Porfyr, det sidste for Kalkstensskærver.

Antallet af nødvendige Tromleovergange afhænger foruden af Skærvematerialet af Skærvelagets Tykkelse, og efter nogle Forsøg fra 1882—84 skulde følgende Tal gælde:

Skærvelagets Tykkelse ..	30	40	50	60	70	80	100	115 mm
Antal Tromleovergange ..	33	36	44	52	60	68	100	143 -

Antallet af Tromleovergange pr. m² faar man ved, at man multiplicerer Tromlens Bredde med den samlede ved Frem- og Tilbagekørsel tilbagelagte Vej og dividerer med det tromlede Vejareal.

Det er nu fra alle Sider anerkendt, at man ved Maskintromling hurtigere og mere fuldstændigt kan fremstille en Kørebane, der straks er brugelig for alle Slags Vogne, saaledes at Maskintromling i hvert Fald er det eneste anvendelige paa stærkt befærdede Veje, og da især hvor der bruges haardt Skærvemateriale. Den Omstændighed, at Maskintromler ikke behøver at vende, gør det muligt, uden Skade for Arbejdsmængden at gøre de Stykker, der tages under Arbejde korte, ned til en Længde af 100 m, hvorved Færdslen generes langt mindre, end hvor der anvendes Hestetromler.

Den eneste Mangel, som Maskintromlerne maaske har, er, at man ikke kan forøge Vægten, efterhaanden som Arbejdet gaar frem, men dette spiller vistnok en meget ringe Rolle. Man maa blot i Begyndelsen tromle forsigtigt og langsomt, og den Merudgift, der fremkommer herved, maa siges at være uden Betydning.

Ved Hestetromling naas den fuldstændige Komprimering ikke straks, men først efterhaanden ved Vognenes Eftervalsning, og gennem den derved foraarsagede Gnidning af Skærverne mod hinanden og Afrunding af deres skarpe Kanter lides et Materialtab ved indre Slid, som under sædvanlige Forhold vil være ca. $^3/_8$ (37 %) af Overfladeslidet, eller ca. $^3/_{11}$ (27 %) af hele Slidet. Ved Maskintromling fremkommer Tætheden hurtigere, saa det indre Slid formindskes til omtrent Halvdelen, d. v. s. 18 % af Overfladeslidet, og antager man desuden, at Overfladeslidet, da man kan bruge større Skærver, formindskes med 25 %, vil Totalslidet formindskes saaledes:

For hestetromlet Vej kan det sættes til

$$1\ (1 + 0{,}37) = 1{,}37,$$

og for maskintromlet Vej bliver det da

$$0{,}75\ (1 + 0{,}18) = 0{,}885.$$

Forskellen 0,485 udgør $\frac{0.485}{1{,}37} = 0{,}354$ af Slidet paa hestetromlet Vej. Det angives i Almindelighed, at man sparer ca. 33 % Vejmateriale ved at anvende Maskintromling i Stedet for Hestetromling. Men Forudsætningen herfor er sikkert, at man foretager en Sortering af Skærvematerialet, inden det lægges ud, og dette gælder navnlig for maskinslaaede Skærver, der uden Sortering ikke vil give en Vejbane, hvis Kvalitet og Holdbarhed bliver tilfredsstillende.

Der hersker endnu Uklarhed over, om man ved Maskintromling skal foretrække Damp- eller Motortromler; efter de Erfaringer, der er gjort i Kjøbenhavn, skulde de to Tromletyper i alt væsentligt være hinanden jævnbyrdige.[1])

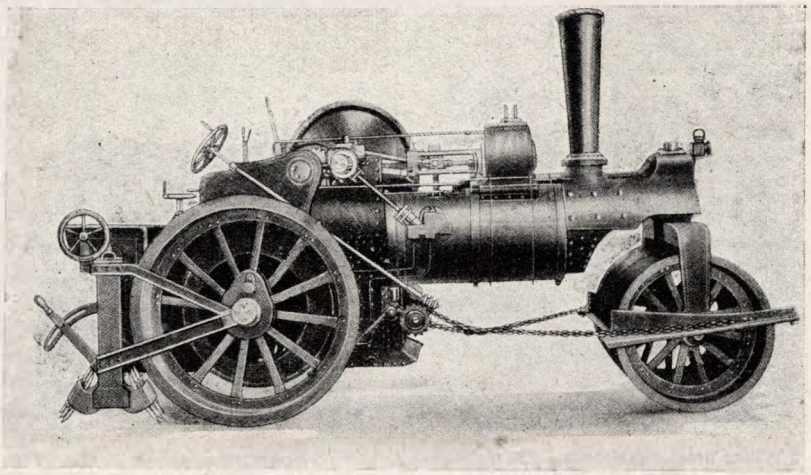
Maskinfabriken »*Vølund*«*s* danske Damptromle (Fig. 61) har en Kedel, der er bygget som Røgrørskedel (Lokomotivtype) og omhyggelig isoleret mod Varmetab. Tenderen har Rum til Kul og Vand og har paa Bagsiden solide Tværbjælker, dels til Anbringelse af løs Vejopriver og dels til Fastgørelse af Trækkekrog ved Transportkørsel.

Dampmaskinen er enkeltcylindret. Glideren er en Stempelglider, hvorved der opnaas en særlig let Omstyring af Maskinen. Ved Cylinderens Konstruktion er der taget særlige Hensyn for at undgaa Medrivning af Vand til Cylinderen, naar Tromlen kører ned ad Bakke. Maskinen vil saaledes selv under ugunstige Forhold stadig arbejde med tør Damp. Alle Aksler er udført af Siemens-Martinstaal og løber i nøjagtig borede Lejer af Fosforbronce. Tandhjulene er udført af Staalstøbegods, alle hurtiggaaende Hjul er fræsede med største Nøjagtighed, hvorved er opnaaet, at Damptromlen arbejder næsten lydløst.

[1]) Dansk Vejtidsskrift, 1924, S. 63.

»Vølund«s Damptromle udføres i 3 Størrelser:

Type	Arbejds-vægt	Damptromlens			Fortromlens		Bagtromler		Kedlens Hedeflade	Maskinens Omdrejningstal pr. Minut	Kedeltryk
		Længde	Bredde	Højde	Diam.	Bredde	Diam.	Bredde			
	ca. kg	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	m²		kg/cm²
1	8000	4800	1690	2850	1040	480	1520	420	6,5	200	12
2	10000	5250	1825	3000	1100	540	1580	440	7,0	200	12
3	12000	5600	1920	3150	1120	600	1610	460	8,0	200	12



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 61. 10 ts Vølund Damptromle med fast Opriveapparat.

For 10 ts Tromlen er f. Eks. Vægten tom 9,8 ts, Arbejdsvægten 10,3 ts; Trykket fordeler sig med 6,8 ts paa Bagtromlerne, 3,5 ts paa Fortromlerne; Indholdet i Vandtanken er 350 Liter, i Kulkassen 150 kg.

Ringsted Maskinfabrik bygger en Motortromle (Fig. 62), hvor Motoren er en 2-Takts Raaoliemotor med Glødehoved uden stadig brændende Lampe, der startes uden særlig Brændselsolie.

Selve Tromlens Legeme er af svære Staalplader, Valserne, Forgaflen, Forgaffelhovedet og Opriveapparaterne samt alle hurtiggaaende Tandhjul og Drev er af bedste Siemens-Martin Staalstøbegods.

Krumtap og Plejlstang er af bedste Siemens-Martinstaal. Krumtappen er nøjagtig afbalanceret og lagret i svære dobbelte Kuglelejer i støvtætte Indkapslinger.

Stempellejet er af svære Fosforbroncepander, Krumtaplejet er foret med Hvidmetal.

Motorens Hastighed reguleres ved en Svinghjulsregulator, der virker paa Brændselsoliepumpens Stempel, saaledes at der altid tilføres den rette Brændselsmængde i Forhold til Motorens Belastning. Smøringen af Motorens Cylinder og Krumtap foregaar ved et Centralsmøreapparat, anbragt lige foran Tromleførerens Plads.

Olietanken er indbygget i Tromlens Forparti, Vandtanken i Tromlens Bagparti.

Kraften fra Motoren overføres gennem en Lamelkobling, der er anbragt direkte paa Motorens Krumtapaksel, og som altid er i Indgribning, hvad enten Tromlen gaar frem eller tilbage eller staar stille. Den udløses kun i Omskiftningsøjeblikket, og Slidet paa Koblingen er derfor begrænset, ligesom falsk Indgribning er udelukket.

Omskiftningen fra for- til baglæns Kørsel sker ved en Udrykkerstang, der ved at føres frem eller tilbage udløser og bremser Koblingen, samtidig med at den omskifter et Sæt Tandhjul.

Akslerne er af Siemens-Martinstaal, lagrede i dobbelte S. K. F. Kuglelejer i støvtæt Indkapsling.

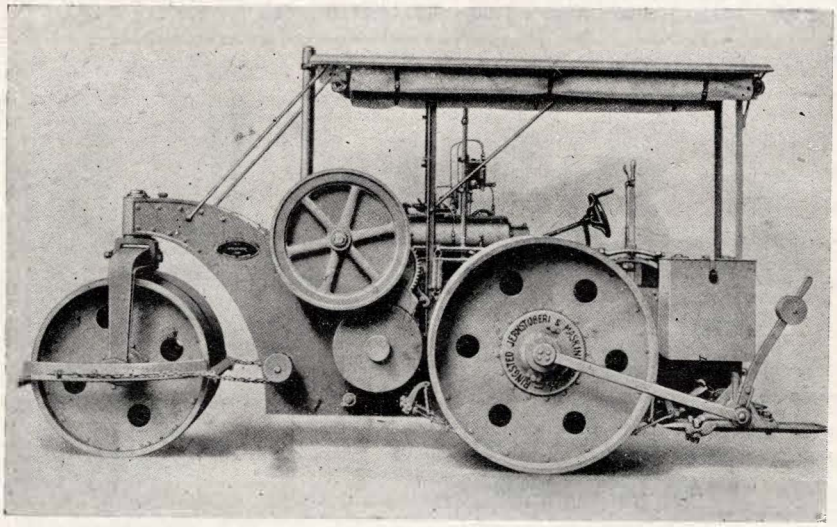
Tromlen er forsynet med en Fodbremse, der kan fastholdes med en Skruespindel.

Desuden har den to faste Ophakkeapparater, anbragt et paa hver Side af Tromlen bag Drivvalserne; de kan betjenes uafhængigt af hinanden fra Førerpladsen.

Ringsted Maskinfabrik bygger desuden den saakaldte *Tractor-Tromle,* der bestaar af en almindelig Fordson-Tractor kombineret med en 2-delt Vejtromle paa en saadan Maade, at Tromlevalserne erstatter Tractorens Drivhjul.

Tractortromlen udføres enten med glatte Valser eller med aftrappede Valser. Tromlevalserne er anbragt tæt op ad hinanden paa en fælles Staalaksel, der er lagret i en U-Jernsramme, hvis forreste Del er sammenkoblet med Tractoren, medens den bageste Del udgøres af en svær Kontravægt, der afbalancerer Tractorens Vægt paa Forrammen.

Maskineriet udgøres som nævnt af en almindelig Fordson-Tractor med Regulator.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 62. Ringsted Motortromle med fast Opriveapparat.

Tractor-Tromlens Hovedmaal er følgende:

Tromlens Totalvægt	ca. 7250	kg
Drivvalsernes Diameter	120	cm
— Bredde 2 × 60	120	-
— Tryk pr. lb. cm (glatte Valser)	ca 54	kg
— — (aftrappede Valser)	- 81	-
Styrehjulenes Diameter	77	cm
— Bredde pr. Stk.	18	-
— Tryk pr. lb. cm	21	kg
Tromlens totale Længde	390	cm
— — Bredde	165	-
— — Højde uden Fører	139	-
Motorens normale H. K.	20	
— — Omdrejningstal pr. Minut	1000	
Normalkørehastighed ved Vejarbejde frem og tilbage km pr. Time	2	
— ved Tranport frem og tilbage km pr. Time	5	
— lavt Gear frem km pr. Time	1	

Af Motortromler skal desuden omtales de af *A. Laffly* i Billancourt byggede Motortromler (Fig. 63), der fremstilles i 4 Størrelser med Vægte 6, 8, 10 og 12 ts, saaledes som angivet i nedenstaaende Tabel.

Tromlevalserne er af Staal; Forvalserne er dobbelte Styrevalser, der sidder tæt sammen, de to Bagvalser er Drivvalser, der sidder med saa stor Afstand, at der kun paa en mindre Bredde (ca. 15 cm) finder Overdækning Sted af de Arealer, der tromles af For- og Bagvalser. Motoren har to lodrette Cylindre med 105 mm Diameter og 150 mm Slaglængde. Kølevandets Cirkulation sikres ved en særlig Cirkulationspumpe. Motortromlens Hastighed er ens ved For- og ved Baglænskørsel. Tromlen har dobbelt Bremse.

Tomletyper og disses Hovedmaal vil iøvrigt fremgaa af nedenstaaende Tabel; det vil af denne ses, at Typerne er konstruerede med Massefremstilling for Øje, idet

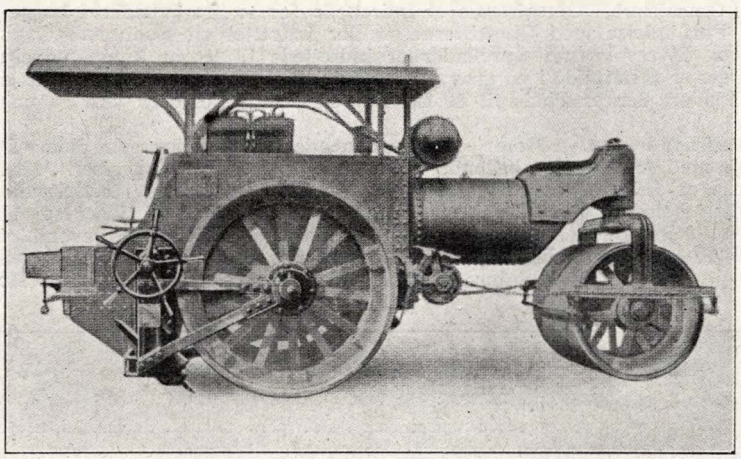


Fig. 63. Laffly Motortromle med fast Opriveapparat.

Vægtforskelen mellem nærstaaende Størrelser alene skaffes til Veje ved Variation af Tromlevalsernes Godstykkelse.

		LL Model		LT Model	
		6 Tons	8 Tons	10 Tons	12 Tons
HK ved 900 Omdrejninger pr. M.....		12 HK	12 HK	16 HK	16 HK
HK ved 1200 Omdrejninger pr. M. ..		15 HK	15 HK	20 HK	20 HK
Cylinder Diameter	mm	105	105	90	90
do. Slaglængde	-	150	150	170	170
Antal Cylindre		2	2	4	4
Drivaksel, Diameter	mm	100	100	130	130
Drivhjul, Diameter	-	1300	1300	1550	1550
do. Tykkelse af Ringe	-	450	450	550	550
do. Bredde	-	40	80	40	65
Forhjul, Diameter	-	900	900	1100	1100
do. Bredde	-	475	475	580	580
do. Tykkelse af Ring	-	40	80	40	65
Vejbredde dækket af Tromlen	-	1700	1700	1950	1950
Tromlehastighed pr. Time ved 900 Omdrejninger,					
frem og bak 1 Gear	km	1,600	1,600	1,800	1,800
— - — 2 —	-	3,000	3,000	3,000	3,000
Tromlehastighed pr. Time ved 1200 Omdrejninger,					
frem og bak 1 Gear	-	2,130	2,130	2,500	2,100
— - — 2 —	-	4,000	4,000	4,000	4,000
Tjenestevægt af Tromlen	kg	6000	8000	10000	12000
Tromlens samlede Længde	m	4,15	4,15	5,250	5,250
Akselafstand	-	2,35	2,35	2,80	2,80
Højde med Tag	-	2,25	2,25	2,515	2,515
Forbrug af Brændselsolie pr. Arbejdstime	Liter ca.			6	6
Styre- og Drivvalser overdækker hinanden	cm			15,5	15,5
Olietanken rummer Brændselsolie ...	Liter	45	45	70	70

Af svenske Damptromler er *Munktells* den ældste. Den ældre Type er som de engelske Damptromler med to adskilte Bagvalser og en Forvalse, der dog som Regel er delt i to. Maskine og Ildsted ligger mellem Bagvalserne, og Kedlens Forende hviler paa en Gaffel over Forvalsen. Kedlen er bygget til et Tryk af 12 at. og udført af svensk Martinstaal.

Maskinen er en 2-cylindret Kompoundmaskine; Omdrejningstallet er 225 pr. Minut; det reguleres med en Centrifugalregulator, saa Maskinen kan anvendes som Motor ved Stenknusning eller lignende. Kraften overføres fra Drivakslen til de drivende Bagvalser ved

Støbestaals Omskiftere. Omskifterne er indrettede for to Hastigheder i begge Kørselsretninger. I Forbindelse med Omskifterne er der indrettet en Fodbremse.

Driv- og Styrevalsernes Køreflader er indrettede til let at kunne udveksles. Drivvalsernes Eger er fastnittede i en grov Pladejernsring; Egerne paa Forvalserne er erstattede med hele Plader; der er Plads til 80 kg Kul og Vandbeholderen kan rumme 340 Liter Vand.

Munktell har bygget en Motortromle af lignende Konstruktion som denne Damptromle, det vil sige med Maskineriet liggende mellem de to adskilte Bagvalser. Maskineriet er monteret paa en fælles Ramme, bestaaende af to Sideplader, som i eet Stykke gaar gennem Tromlens hele Længde. Rammens forreste Ende er støbt og tjener som Lyddæmper for Motoren. I Rammens bageste Del findes en Tank til Motorens Kølevand. Motoren er en liggende Munktells Raaoliemotor, en 2-Takts Motor paa normalt 15 HK med 340 Omdrejninger pr. Minut. Omdrejningstallet reguleres med en Regulator, saa Motoren kan

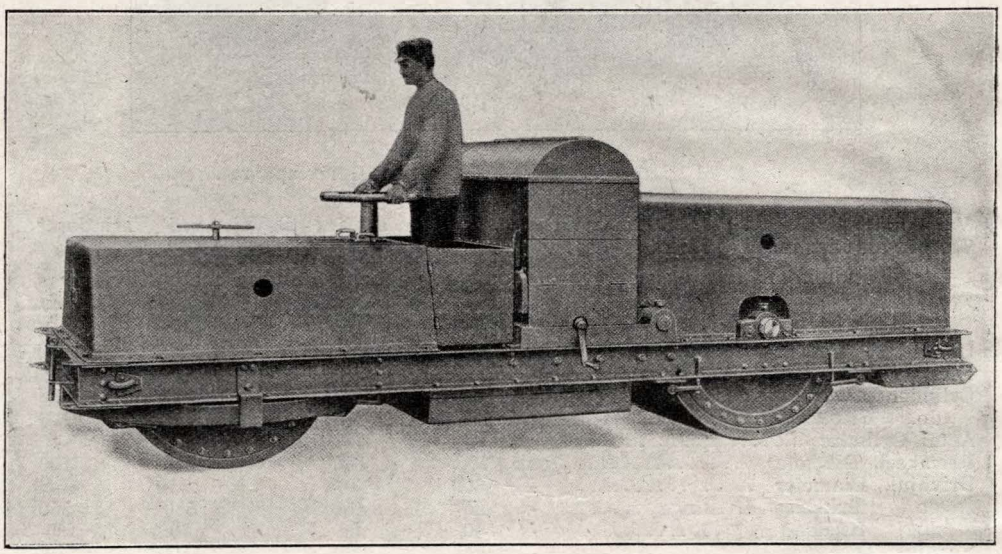


Fig. 64. Svedala Motortromle.

anvendes til at drive Stenknusere o. lign. Smøringen foregaar automatisk ved ventilløse Smørepumper. Maskinakslens Rammelejer er udført som Kuglelejer. Friktionskoblingen er dobbelt og manøvreres fra Førerpladsen. Tromlen er konstrueret til to Hastigheder i begge Kørselsretninger. Valsernes Køreflader kan udveksles ligesom paa Damptromlen. Styringen foregaar paa sædvanlig Maade med Skrue, Skruehjul og Kæder frem til Forgaflen. Styringen lettes ved at Styrevalsernes totale Bredde er lille, ca. 100 mm mindre end paa de tilsvarende Damptromler. Der findes Fodbremse, og Tromlen er overbygget med et Tag.

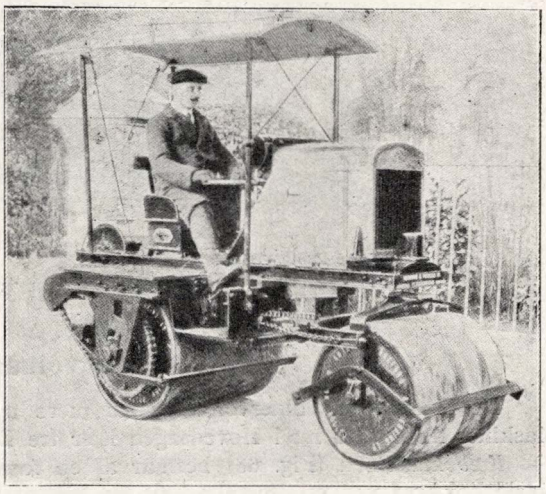
Svedala Motortromler (Fig. 64) er konstrueret i tre forskellige Typer.

Type A har en meget enkel Bygning i Lighed med den ældre engelske Type. U-Jernsrammen ligger omtrent i Højde med Lejerne over Drivvalsens Aksel. Motoren er en 1-cylindret Raaoliemotor. Kraftoverføringen til Drivvalsen foregaar ved en Remkobling, Førerpladsen ligger lige over Styrevalsen, hvorved Styremekanismen bliver saa simpel som mulig. Valserne er støbt med afrundede Kanter.

Type B og C er Tandemtromler af helt ny Byggemaade, idet Drivvalsen har forskellig Diameter paa Midten og ved Siderne. Valsen er nemlig tyndere paa Midten end ved Kanterne. Med denne Anordning faas en automatisk Forøgelse af Tromletrykket, efterhaanden som Tromlearbejdet skrider frem. Rammen er nittet sammen af Plader og bæres af Fjedre for at formindske Rystelserne. Den bageste Valse er delt i to, der dog ligger tæt sammen, saa Karakteren af Tandemtromle bibeholdes. Motoren er en 4-cylindret Pentamotor, som drives med Benzin eller Petroleum. Tændingen sker med et elektromagnetisk Apparat, System Bosch. Drivkraften overføres til Drivvalserne med en Rullekæde. Smøringen foregaar automatisk, og alle hurtiggaaende Aksler har S. K. F. Lejer. Førerpladsen ligger paa denne Tromle lige bag Styrevalsen, hvorved man undgaar lange Skruespindler ved Styreindretningen; der er Fodbremse paa Tromlen. Hele Maskineriet er indesluttet i beskyttende Pladekapper. Type C har Ballastanordninger, nem-

lig dels en for Sten eller Grus bagved Drivvalsen og dels en Vandtank under Motoren imellem Valserne, ligesom disse er indrettede til at kunne fyldes med Vand.

Ved Vejarbejde er Anvendelse af Ophakke- eller Opriveapparater blevet mere og mere almindelig. Hensigten med disse er at rive Overfladen af den gamle Vejbelægning op, inden det nye Skærvelag lægges paa, for at man kan faa en fuldstændig Forbindelse imellem det nye og gamle Materiale. Desuden kan man ved Oprivningen opnaa Mulighed for at flytte Vejmateriale fra en Del af Vejen til en anden, saaledes at man f. Eks. med dette Apparat kan forandre Oprundingen paa en Vej.

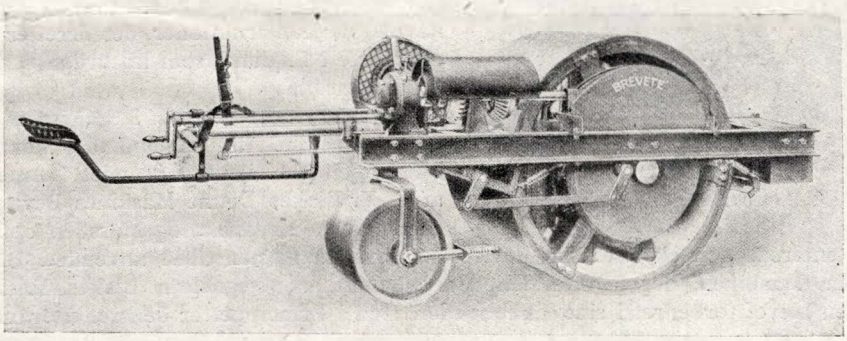


Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 65. 6 ts Tandemtromle.

I Almindelighed har man sat Opriveapparatet fast direkte paa Tromlen, hvilket sikkert er det mest effektive. Imidlertid kan dette dog ikke altid gøres, det kan f. Eks. ske, at Vejene ved Siderne ikke er faste nok til at bære Tromlen, og i saa Tilfælde kan det være praktisk at indrette Opriveapparatet som et særligt Køretøj (Fig. 67), der trækkes enten af en Maskintromle eller paa anden Maade, maaske af Heste, og styres saaledes, at den kommer til at rive op paa de Steder af Vejen, hvor det ønskes. Vanskeligheden har ligget i at faa et saadant selvstændigt Opriveapparat tilstrækkelig effektivt, uden at det blev for tungt.

Til Skrabning af Vejene for at fjerne det Lag af Slam, som danner sig i vaadt Vejr, er blevet anvendt *Skrabemaskiner*. Saadanne Maskiner kan anvendes, selv om Slammen er blevet noget tyktflydende og saaledes ikke kan fjernes med en

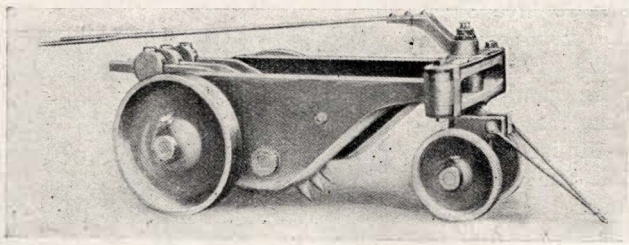


Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 66. Motortromle med Trækkraften indbygget i Tromlehjulet.

Fejemaskine. Vejskraberen er bygget saaledes, at de enkelte Dele af Skraberen er uafhængige af hinanden. Skrabningen foregaar paa lignende Maade som Fejning med Fejemaskine, idet man med Skrabemaskinen kører ned langs Midten af Vejen, og ved efterhaanden at køre i parallele Baner længere ud til Siden driver man

Slammen ud til Vejkanten, hvor den kan skovles sammen og køres bort. Skrabningen sker bedst kort Tid efter Regn, men kan ogsaa udføres, selv om Slammen er blevet noget mere fast. En Skrabemaskine kan trækkes af to Heste og vejer 500 kg.



Cliché Dansk Vejtidskrift

Fig. 67. Vejopriver.

§ 11. Skærvemaskiner.

Til Slaaning af Skærver benyttes mere og mere Maskiner, og af saadanne Maskiner findes der nu i Hovedsagen især tre Hovedtyper.

Kæbemaskinen (Fig. 68) bestaar af en fast Kæbe og en bevægelig, og denne sidste bevæges ved en Drivaksel og en Ekscentrik. Disse Maskiner bygges baade stationære og transportable, og i sidste Tilfælde benyttes ofte til Driften en Damptromle. De Skærver, der fremstilles af denne Maskine, har den Mangel, at de ikke bliver kubiske og derfor ikke saa let som haandslaaede Skærver lader sig tromle sammen, og det Affald, der fremkommer ved Knusningen, er en forholdsvis betydelig større Mængde end ved Haandslaaning. Disse Knusemaskiner kan fremstille fra 2—25 m^3 Skærver i Timen.

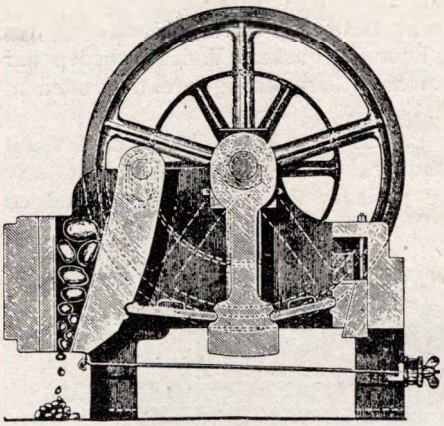


Fig. 68. Kæbemaskine.

Skærvemaskiner af denne Konstruktion fremkom første Gang i Amerika i Midten af forrige Aarhundrede, men det er navnlig de Konstruktioner, der derefter blev udviklede i England, som nu bruges i hvert Fald i Europa.

I 1858 indførte H. R. Marsden den Skærvemaskine til England, der kort Tid i Forvejen var blevet opfundet i Amerika af E. V. Blake. Denne Maskines Bevægelse sker ved en Krumtap, og Marsden opfandt og patenterede den ekscentriske Bevægelse, som nu næsten altid anvendes. Blake-Marsden Maskinen, der i Almindelighed gaar under Betegnelsen Blakes Maskine, er siden blevet forbedret i sine Enkeltheder, men i Princippet er den ret uforandret. De først konstruerede Maskiner kunde selvfølgelig ikke præstere det samme som de nuværende Maskiner, men i Hovedsagen var Enkelthederne ganske de samme, som nu anvendes.

Blakes Maskine har to Kæber, mellem hvilke Stenen knuses, idet den ene under meget stort Tryk men med ganske smaa Bevægelser føres frem og tilbage mod den anden. Den faste Kæbe er lodret, den bevægelige ligger skraat med Omdrejningsaksen foroven og tilbagetrukket fra den faste Kæbe, saa Afstanden mellem Foringernes Ægge ved Indmundingen bliver større end de største Stenstykker, Ma-

skinen skal kunne tage, medens Afstanden ved Kæbernes nederste Ender, idet de klemmes sammen, er noget mindre end Bredden mellem Æggene i den enkelte Kæbe. Idet den bevægelige Kæbe trækkes tilbage, glider Stenstykkerne lidt ned, klemmes og spaltes, naar Kæben trykkes frem, og saaledes videre, indtil de færdige Skærver falder ud forneden. Skærvestørrelsen bestemmes væsentligst af Bredden mellem Æggene, idet dog en stor Mængde af Stenene knuses til mindre Dimensioner.

Staalforingerne i Kæberne er delt i to Stykker, fordi den nederste Del slides stærkere end den øverste og oftere trænger til Udveksling. Maskinen drives ved en Remskive fastkilet paa Akslen, og denne bærer ligeledes et Svinghjul, som ikke er fastkilet paa Akslen, men holdes til Remskiven med vandrette Bolte. Hvis Ma-

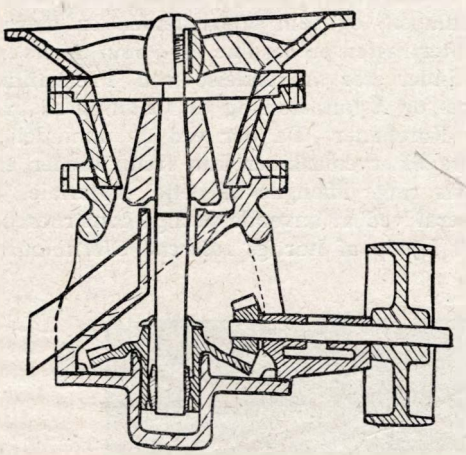


Fig. 69. Roterende Skærvemaskine.

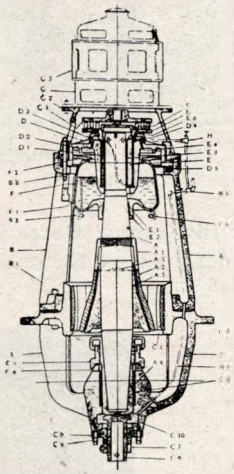


Fig. 70. Roterende Skærvemaskine.

skinen standses, idet en Sten, der er for haard, klemmes mellem Kæberne, vil Svinghjulsboltene klippes over, saa Svinghjulet ikke standses eller sprænges, medens Remmen glider paa den stillestaaende Remskive. Akslen har en Krumtap, som gennem Forbindelsesstangen løfter den lange vandrette Arm af den vinkelbøjede Vægtstang, hvis korte Arm gennem en Trykplade fører den bevægelige Kæbe frem og derved spænder en Spiralfjeder, som atter trækker den tilbage.

Den roterende Skærvemaskine har et faststaaende tragtformet Hylster og et bevægeligt kegleformet Centralstykke, der sidder løst og ekscentrisk paa den lodrette Drivaksel og sættes i svingende og roterende Bevægelse (Fig. 69—70).

I Modsætning til som Forholdet er ved Kæbemaskinen, knuses Materialet ikke her ved et pludseligt Stød, men ved et Tryk, der er jævnt voksende. Fordelen ved den roterende Knusemaskine er, at den arbejder kontinuerligt uden Tomløb og derfor billigere, og at Skærverne er mere tærningformede. Den har dog den Mangel, at den ødelægger mere Materiale og derfor fremstiller mere Affald. Mange Steder anvendes til den første Knusning Kæbemaskiner og til den endelige roterende Maskiner. Disse bygges til en Arbejdsmængde paa 2—50 m^3 i Timen.

Den roterende Skærvemaskine har aldrig faaet nogen videre Anvendelse her i Europa, men er udelukkende blevet brugt i Amerika. Og da Kæbemaskinerne nu kan bygges fuldt tilfredsstillende i saa store Størrelser, som man ønsker dem, er der næppe nogen Udsigt til, at de her i Europa vil blive fortrængt af de roterende Skærvemaskiner.

Den roterende Skærvemaskine er opfundet i Amerika af *Gates*, og Hensigten med Bygningen af den var et stort Dagsarbejde, og det angives desuden, at det

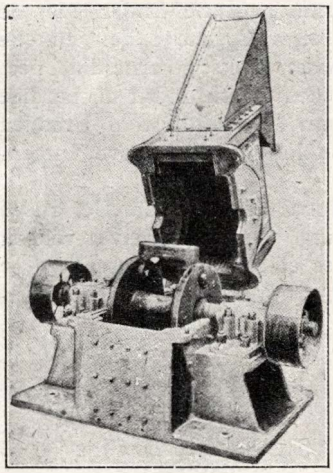
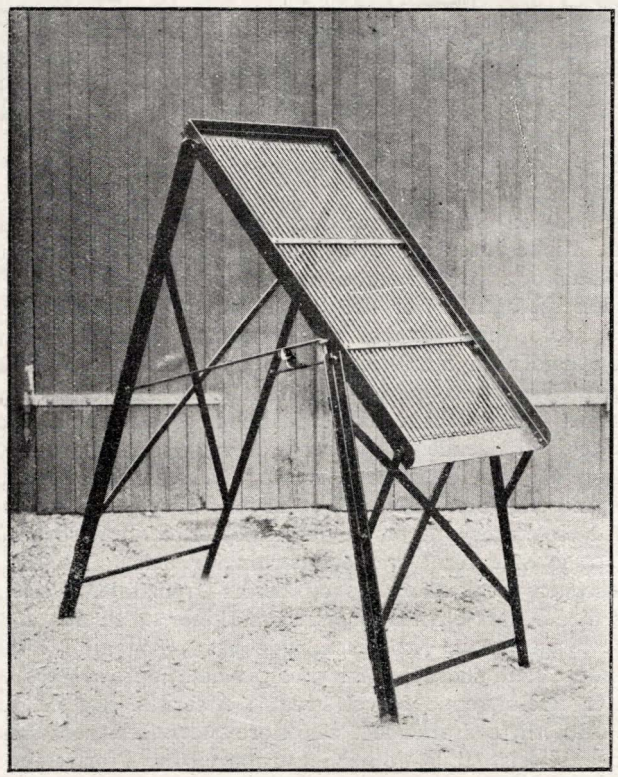


Fig. 71. Maskine til Findeling af Sten.

med disse Maskiner er muligt at fremstille mindre Skærvestørrelser end med de store Kæbemaskiner. Det angives, at en af disse Maskiner skal have præsteret 1,133,000 ts paa 26 Arbejdsdage med 20 Arbejdstimer pr. Dag. Praksis er nu, at Materialet bringes ned til den ønskede Størrelse gennem en Række af Skærvemaskiner, hvis Antal vokser, samtidig med at deres Størrelse aftager. F. Eks. kunde man begynde med en Maskine paa 54″ . 48″, og derefter lade Stenene gaa i to Maskiner paa 36″ . 16″, og disse føder saa igen tre Maskiner paa 21″ . 10″ o. s. v.

Et Materiale, som fremkommer ved Stenknusningen, og som efterhaanden er blevet meget eftertragtet, er det fine 2—5 mm Skærveaffald, der finder stor Anvendelse ved Fremstilling af Tjære- og Asfaltbeton og til Dækning af overtjærede Kørebaner. Da der ved de almindeligt anvendte Skærvemaskiner kun fremkommer en forholdvis ringe Mængde af dette Materiale, søger man nu tilvejebragt større Mængder heraf ved at anvende særligt konstruerede Maskiner, der findeler Stenmaterialet ved Hjælp af hurtigt *roterende Jernhamre*. En



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 72. Harpe med Harpeflade 1,35 × 0,66 m.

Maskine af den i Fig. 71 viste Type vil med en 8 HK Motor kunne oparbejde ca. 4 ts Stenmaterialer i Timen

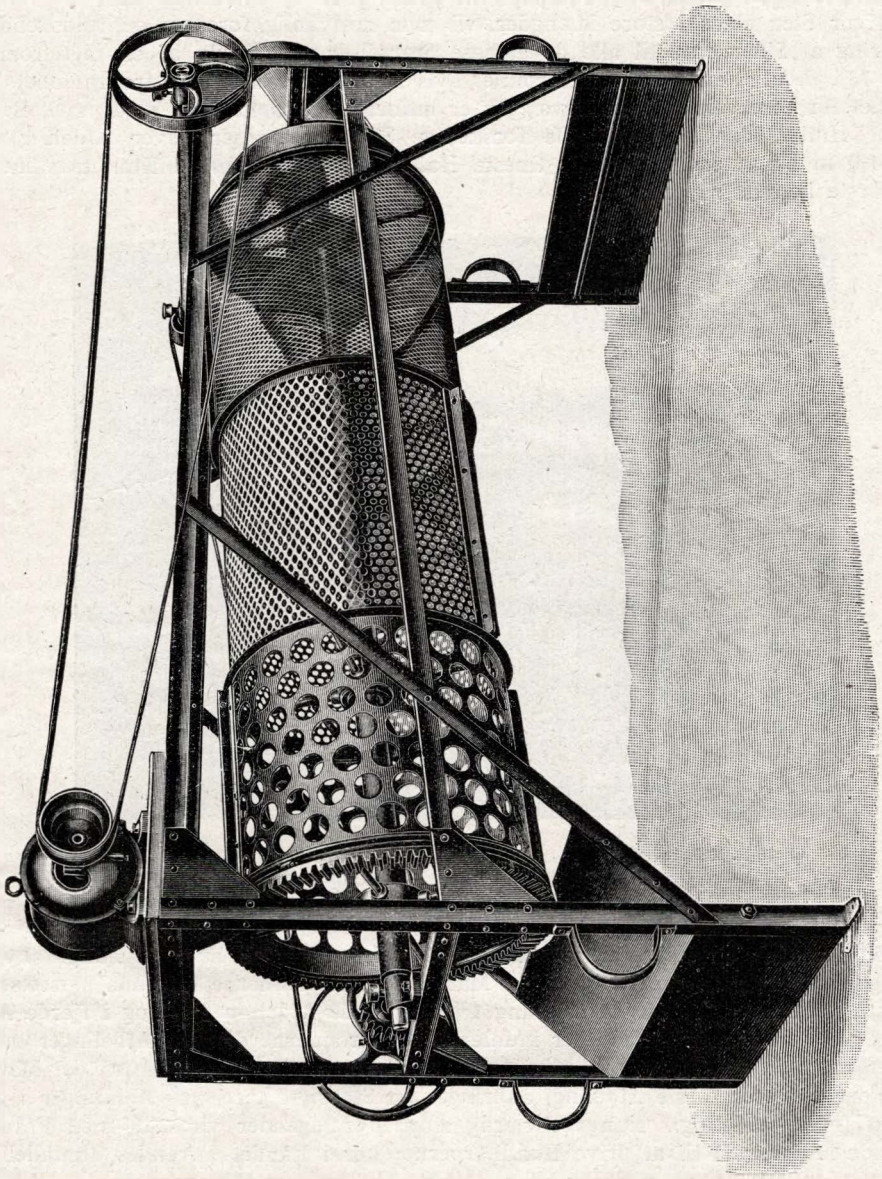


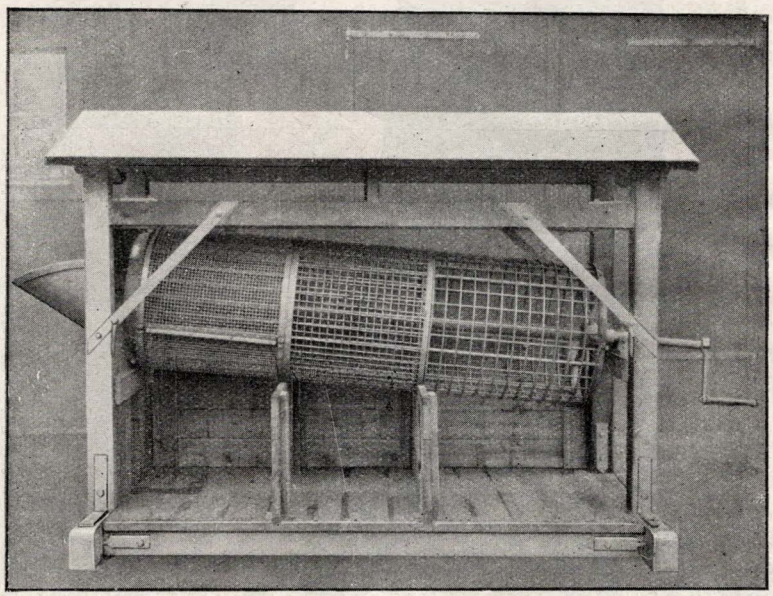
Fig. 73. Stationær Sigtetromle med Elektromotor.

Cliché H. Meisner-Jensen

Selv om en Skærvemaskine kan indstilles til forskellige Skærvestørrelser, og Hovedmængden af de knuste Sten vil faa den rigtige Størrelse, vil der i Produktet altid findes en Del Skærver, der er for store, og en Del, der er knust for stærkt til Smaaskærver, Grus og Sand. Det kan variere stærkt, især hvis Maskinens Kæber er slidte, men for en Maskine i god Stand kan man regne, at 1 m^3 Sten, slaaet til den Størrelse, i hvilken Maskinen kan tage det, vil indeholde ca. 59 % fast Materiale, der ved Knusningen fordeles saaledes, at der i løst Maal vil fremkomme 0,31—0,18 m^3 store Skærver, 0,59—0,69 m^3 normale Skærver, 0,11—0,13 m^3 Smaaskærver og 0,16—0,17 m^3 Grus og Sand, ialt i løst Maal 1,17 m^3.

Man kan nøjes med at harpe (Fig. 72) de maskinslaaede Skærver, og i saa Fald maa ca. 16—27 % frapilles som for store, medens ca. 21—23 % af det virkelige Stenvolumen gaar i Bagharpning som Sand, Grus og Smaaskærver.

Hvor Sten slaas i store Mængder, vil man sædvanlig foretage en fuldstændig Sortering af Skærverne til alle de gængse Størrelser ved Hjælp af en Sigtetromle (Fig. 73), d. v. s. en cylindrisk Tromle, hvis Akse har svagt Fald fra Indløbet til Udløbet for Skærverne; Cylindervæggen er udført af gennemhullet Plade med Bælter af Huller, der svarer til de forskellige Skærvestørrelser (hver Afdeling er 0,6—1,0 m lang), saaledes at de fineste Huller kommer nærmest Knusemaskinen, de største længst fra den.

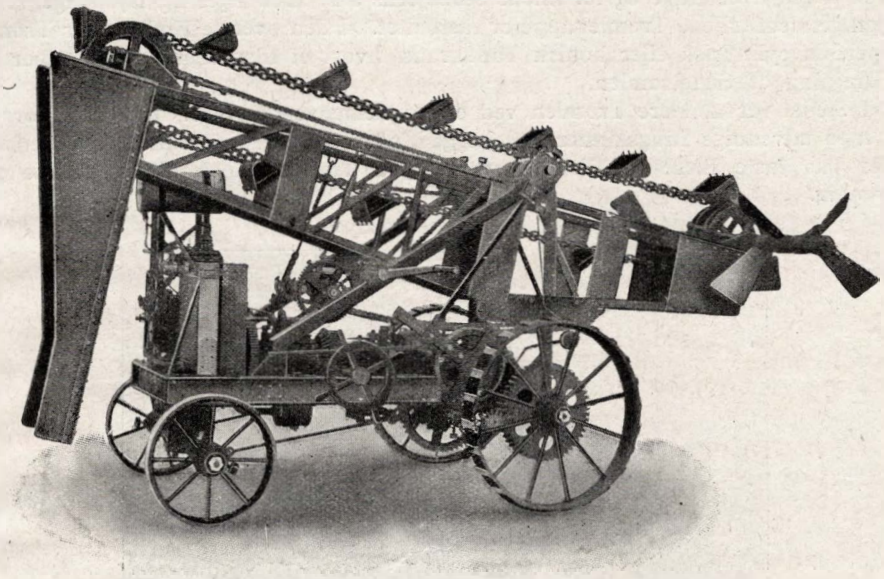


Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 74. Rundharpe for Haandtræk.
Dimensioner: 2,9 × 1 m, 1,9 m høj. Maskestørrelse: 63 – 30 – 15 mm.

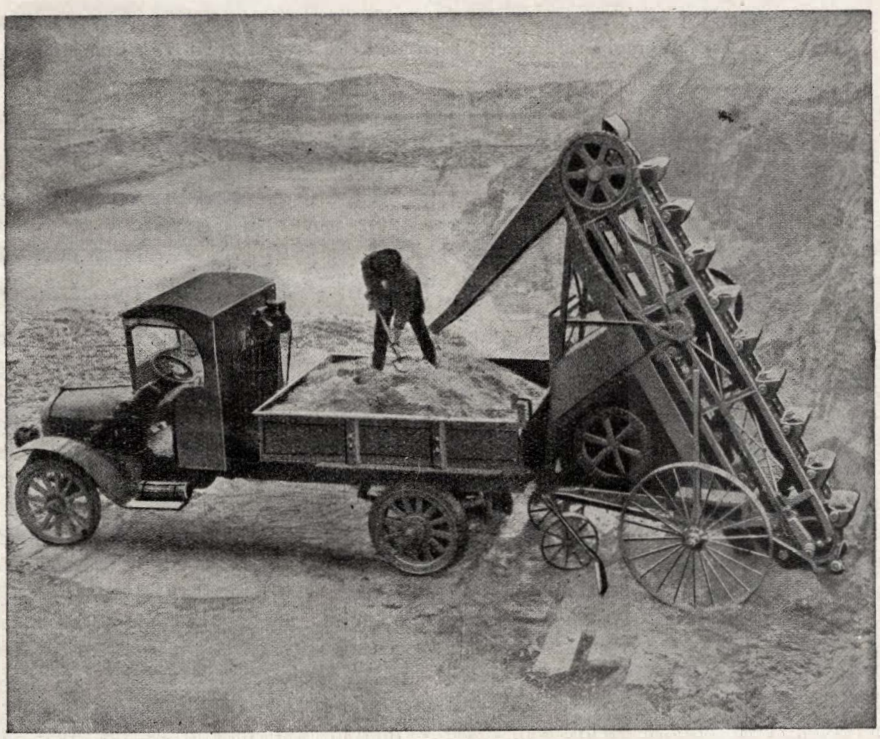
Hullerne er cirkulære og af samme Størrelse indenfor hver Afdeling. I de Betingelser, der er angivet af Am. Soc. Mun. Imp., har Hullerne følgende Størrelser: i første Afdeling $^5/_8''$, i anden Afdeling $1^1/_4''$, i tredie Afdeling $2^1/_4''$ og i fjerde Afdeling $3^1/_2''$. I mange Tilfælde er imidlertid Sigtetromlerne delt i 3 Afdelinger med Huller paa $^5/_8''$, $1^1/_4''$ og $2^1/_2''$. Hvis man ønsker at skille Støvet ud fra det Materiale, der passerer første Afdeling, anbringes en Støvsigte med $^1/_4''$ Aabninger i en Del af første Afdeling. Kun ved særlig store Foretagender vil man med Fordel anvende Motorkraft til at drive Rundharperne; her i Landet anvendes almindeligt Rundharper, der drives med Haandkraft (Fig. 74), og som ikke er over 2,0—2,5 m lange, saa de forholdsvis let lader sig flytte inden for Grusgraven. En saadan Harpe vil pr. Arbejdsdag kunne behandle 15—30 m^3 Grus og Sten.

Fra Knuseværkets Afløbstud føres Skærverne til den højstliggende aabne Ende af Tromlen, og idet denne drejes langsomt rundt, passerer Skærverne i en Skruelinie med svag Stigning ned gennem Tromlen, hvorved først de fineste og efterhaanden grovere og grovere Korn frasigtes, saa at kun de utilstrækkeligt knuste Sten falder ud fra den nederste Ende af Tromlen. Ved Tværvægge under Sigtetromlen, anbragt ved Overgangene fra en Hulstørrelse til den næste, holdes de forskellige Skærvenumre adskilte. Tromlen kan have gennemgaaende Aksel med et



Cliche H. Meisner-Jensen

Fig. 75. Læssemaskine med Spandkæde for Skærver, Sand, Grus o. lgn.

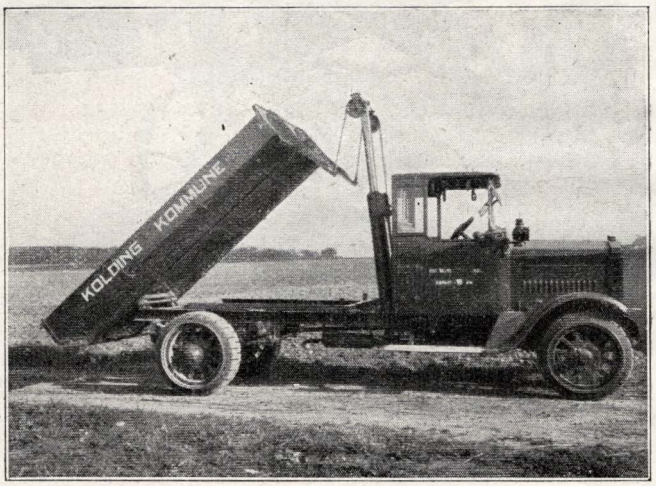


Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 76. Læssemaskine.

Bæreleje ved hver Ende og fastkilede Støbejerns Nav med Eger og Hjulringe, hvortil den gennemhullede Tromlekappe er fastboltet. I den øverste Ende bærer Tromlekappen en cylindrisk eller konisk Tandkrans, hvori et tilsvarende Drev griber ind til Drejning af Sigtetromlen.

I Stedet for at bære Tromlen ved en gennemgaaende Aksel, kan man forsyne den med udvendige Ringskinner ved begge Ender og evt. paa Midten, hvorved den hviler paa faste Bære- og Friktionsruller, saa Tromlekappen bliver ganske glat indvendig.



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 77. Lastautomobil indrettet til Tipning (til Transport af Vejmateriale).

§ 12. Renholdelse og Vedligeholdelse af Skærveveje.

Ved at Skærvematerialet slides og knuses under Færdslen, ved Forvitring m. m. fremkommer der Støv, som i vaadt Vejr bliver til Slam. Støv og Slam er generende for Færdslen. Støvplagen er i den nyeste Tid vokset stærkt som Følge af Automobilkørslen, og man regner, at det især er Kørehastighederne over 30 km i Timen, der angriber Kørebanen og gør, at denne støver saa stærkt.

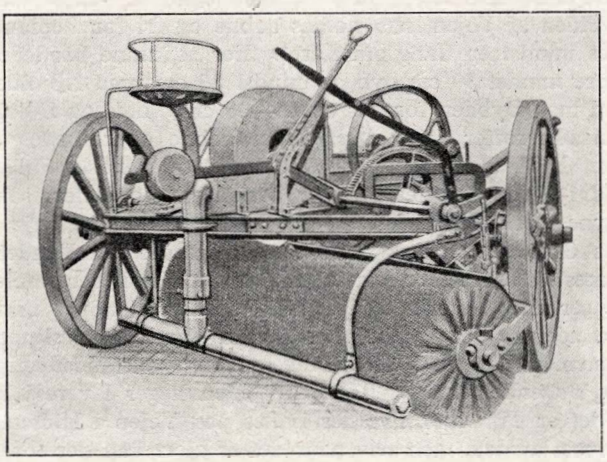
Slam bliver hængende paa Vognhjulene og slynges ved disses Omdrejning i Vejret og ud til Siderne, og Slam bevirker, at Modstanden mod Vognenes Bevægelse forøges ikke ubetydeligt. Man skulde tro, at et Lag Støv eller Slam paa Vejen beskyttede denne mod videre Ødelæggelse, men dette er ikke Tilfældet, da Støv og Slam skydes til Side af Vognhjulene. Man bør derfor baade ved Bygning og Vedligeholdelse af Vejene sørge for, at der dannes saa lidt Støv og Slam som muligt, og at det, der dannes, straks fjernes. Det første opnaas ved, at der anvendes saa modstandsdygtigt Vejmateriale som muligt; Opsamling af Støv og Slam undgaar man bedst, ved at Støv straks fjernes fra Vejene, hvorved Slamdannelsen indskrænkes betydeligt og først begynder efter længe vedholdende Regn.

Foregaar Rensningen kun til visse Tider, efter at der har samlet sig større Mængder af Støv, undgaar man ikke at generes af Støv. Det maa derfor anbefales at lade Fjernelsen af Støv udføre af fast ansatte Vejmænd, der faar et saa stort Stykke Vej at passe, som de er istand til at holde rent. Den Slam, der danner sig efter længe vedholdende Regn, kan disse Vejmænd ikke naa at fjerne uden særlig Hjælp.

I den nyeste Tid har man søgt at hindre Støvdannelsen ved særlige Metoder, som senere skal blive omtalt.

Støv kan fjernes fra Vejen med Skrabere af Træ eller Jern, men da Vejens Overflade aldrig er fuldstændig jævn, bliver der altid meget Støv tilbage; Skrabere af Jern beskadiger ogsaa Overfladen ved at rive enkelte Skærver løse, derfor er det bedre at anvende Koste, der passer sig til efter alle Uregelmæssigheder og er mindre haarde; der anvendes i Almindelighed Piassavakoste, der er meget sejge og holdbare.

Slam fjernes bedst i meget vaadt Vejr, naar den er blød, altsaa bedst Foraar og Efteraar, og om Sommeren kun lige efter vedholdende Regn. I Tøvejr hænger



Cliché H. Meisner Jensen

Fig. 78. Fejemaskine med Støvblæseanordning. Denne bestaar af en kraftig Centrifugalblæser, som gennem et Tandhjulsforlag trækkes fra Fejemaskinens Kørehjul. Blæseluften føres gennem et perforeret Rør ned mod Kørebanen i Kørselsretningen og fjerner det fine Støvlag, som Kostene efterlader. Blæseren kan frakobles, saa Maskinen arbejder som almindelig Fejemaskine.

Slammen fast ved den øverste Del af Skærvelaget, saa en Del brugbart Skærvemateriale hænger ved, saa Slam ikke bør fjernes i Tøvejr.

Slam fjernes med Skrabere, der bestaar af et Brædt af Træ eller Jern, der sidder paa et langt Skaft; Skraberne maa ikke være for tunge, for at Vejens Overflade ikke skal blive beskadiget. Slam fjernes ikke fuldstændigt med disse Skrabere, naar den er tyndtflydende, og derfor benytter man ogsaa i dette Tilfælde ofte hellere Koste.

Omhyggelige Vejmyndigheder vil derfor om muligt sørge for, at Støv straks fjernes fra Vejen; kommer der saa Regn, dannes der i de første Dage slet ikke Slam, thi Vejen tørrer straks igen meget hurtigt; først naar Regnen har varet nogle Dage, dannes der lidt efter lidt et Slamlag, der bør fjernes, før det tørrer.

Den Slam, der er skrabet af Vejen, lægges ind paa Banketten, hvor den generer Vandafløbet og Færdslen, saa at den saa snart som muligt maa fjernes herfra, men dette kan i hvert Tilfælde ikke gøres, før den er blevet nogenlunde fast.

Slam og Støv kan fjernes ved Skrabemaskiner og Fejemaskiner. (Fig. 78).

Rensning af Vejene med Maskiner kan kun gøres ved større Arbejder, altsaa paa stærkt befærdede Veje, eller hvor Vejen skal renses, umiddelbart før der skal paalægges et nyt Dæklag, da det her kommer meget an paa, at Vejen i Forvejen er fuldstændig ren.

Mange Vejingeniører anbefaler at gruse Kørebanen, og hvor Grus ikke findes, at strø et tyndt Sandlag over den. Grusning har til Hensigt at formindske Slidet

paa Vejoverfladen, idet Grus eller Sand skulde fylde de Hulrum, der fremkommer i Dæklaget. Men der er nu den Fare, at Grus- eller Sandlaget ikke holder længe, og desuden er Prisen for Grus og Sand ofte for høj, saa det kun i særlige Tilfælde kan anbefales at anvende denne Fremgangsmaade, og det maa da især blive i Tiden lige efter, at et nyt Dæklag er lagt ud.

Den Grus, der bruges til Vejvedligeholdelse, bør være skarp og ikke indeholde større Sten end 1—2 cm. Bestaar Vejene af Sand, bør den Grus, der paaføres, være noget lerholdig. Til Vedligeholdelse af makadamiserede Veje bør anvendes skarp Grus af god Beskaffenhed eller Skærveaffald, hvilket sidste dog senere giver Anledning til meget Støv.

I første Linie maa man sørge for at holde Vejen tør ved at lede Vandet bort. Grøfterne langs Siden af Vejen maa holdes aabne og fri for Beplantning og renses for Slam og Græs mindst en Gang om Aaret. For at kunne bortlede Overfladevand maa en Grøft være mindst 30 cm dyb og mindst 30 cm bred i Bunden, og hvor der findes Grundvand maa Dybden forøges til 40—60 cm. Ind- og Udløb til Stenkister, Gennemløb og Afløbsgrøfter maa altid holdes aabne og rensede. Grøfterne skal ligge med saadant Fald, at Vandet faar frit Afløb, og mindste Fald bør helst ikke være mindre end 1 : 100. Grøftesider, der bestaar af Jordarter, som let flyder ud og fylder Grøfterne, beskyttes bedst ved Beklædning med fast, sejg Græstørv.

Naar Vejens Grøfter saaledes holdes godt rensede, saa Vandet frit kan løbe bort, bliver det næste at sørge for Bortledning af det Vand, der samler sig paa selve Vejbanen. Ofte ser man, hvorledes efter et Regnskyl Vandpyt findes efter Vandpyt i Kørebanen, uden at der er Mulighed for, at Vandet kan slippe bort. Vandet udbløder Kørebanen, som derved bliver svag og lidet modstandsdygtig. Grunden til, at Vandet bliver staaende, er som Regel, at Vejen ligger lavere i Midten end ved Siderne. Hvor det er Tilfældet, bør der fyldes paa Vejen i Midten, eller der maa maaske skæres noget af den, men selv naar det er gjort kan der forekomme Ujævnheder i Kørebanen i Form af Spor, hvor Vandet bliver staaende. Dette Vand bør da afledes gennem Render. Ved at lægge Dræn ind i Vejen paa passende Steder og i rigtig indbyrdes Afstand, kan Vandet ved nogle Belægninger afledes, saa det ikke bliver staaende i Vejbanen. Saadanne Steder i Kørebanen maa nøje undersøges, for at man kan finde Grunden til, at Vandet bliver staaende, saa man paa mest effektiv Maade kan faa det afledet.

Det er klart, at hvis Vandet under Snesmeltning afledes paa formaalstjenlig Maade ved passende Grøftegravning, lettes Vejbanens Udtørring, og Vandets blødgørende Virkning paa Kørebanen formindskes. I Almindelighed gør man intet, efter at Vejen er pløjet, og Snevoldene faar Lov til at staa og hindre Vandet i at løbe af til Siderne. Ved at stikke Snevoldene igennem afledes Vandet fra Vejbanen til Gavn for dennes Bæreevne. Sne og Is bør under Snesmeltningen i saa høj Grad som muligt fjernes fra Kørebanen og det er en Erfaring, som man har gjort, at det har stor Betydning under Snesmeltningen at sørge for at Vandet kan komme væk fra Kørebanen.

Tørholdelsen af Kørebanens Overflade hænger for saa vidt nøje sammen med den Stand, hvori Banketter og Grøfter holdes, da Regnvandet kun kan komme bort fra Kørebanen, naar disse er i Orden. Naar Slam og Støv midlertidig oplægges paa Banketterne, bliver disse let højere; Grøfterne fyldes efterhaanden, og hertil medvirker Græsvæksten paa Skraaninger og Bund. Grøfterne maa derfor fra Tid til anden, som Regel een Gang om Aaret, oprenses.

Hvor Banketterne holdes noget højere end Kørebanen og er bevoksede med Græs, er Rensningen af Kørebanen noget vanskeligere. Der maa saa graves Tværrender igennem Banketterne i Afstande paa 10—15 m og i en Bredde paa 35 cm, og disse Render maa altid holdes aabne. Saadanne Banketter kan der næppe rejses nogen Indvending imod, naar de ikke er højere end 5—6 cm; de begrænser Kørebanen paa en Maade, der er bekvem for Køretøjerne; men hvor man ikke har Arbejdskraft til at holde dem vedlige, bør man undgaa dem.

Efter stærkt Snefald nøjes man paa Landet ofte med at pløje Sneen bort fra Midten af Kørebanen; paa Siderne bliver Sneen liggende, indtil den smelter. Sneplovene er i Almindelighed af Træ og arbejder i en Bredde paa ca. $3^1/_2$ m. I den nyeste Tid er man begyndt at tromle Sneen paa Kørebanen, hvorved man mener bedre at beskytte Vejen imod Frost.

Vedligeholdelsen af makadamiserede Veje kræver større Agtpaagivenhed end Vedligeholdelsen af Brolægning, fordi Slidet foregaar hurtigere, og fordi Vejen hurtigt bliver ufarbar, hvis den ikke holdes vedlige.

Skærvernes Modstand imod Knusning og Slid afhænger af deres Styrke og Haardhed. Slidet er forholdsvis lille og er aarligt kun faa cm eller Brøkdele af cm, efter Færdslens Størrelse og efter Stenens Art. En Knusning af Skærverne skulde egentlig ikke foregaa, men vil altid komme, hvor Kørebanen som Følge af mangelfuld Vedligeholdelse, eller fordi der er anvendt for grove Skærver, er blevet ujævn. Har der i en Kørebane dannet sig Hjulspor, eller er Oprundingen forsvundet, bliver Vandet staaende, Sammenhængen mellem Skærverne løsnes, enkelte Skærver, der er blevet slaaet løse af Hestehove eller Vognhjul, knuses. Og ogsaa i tørt Vejr giver Ujævnheder, især Kanterne af Hjulsporene, Anledning til, at fremstaaende Skærver rives løs og knuses.

Den regelmæssige Afslidning af Vejen generer ikke Færdslen; man mærker den næppe, saalænge endnu en Del af Dæklaget er tilbage; kun ved den formindskede Oprunding, og ved at der dannes flade Huller, giver den sig tilkende, navnlig i Midten af Vejen, hvor den største Del af Færdslen foregaar. Meget ødelæggende virker Hjulspor og Slaghuller, Kørselsmodstanden bliver større, Slidet vokser paa de afslidte Steder, og saa tilsidst kommer Bundlaget frem.

Skønt det regelmæssige Slid egentlig kun virker direkte generende ved Støvdannelsen, maa man dog før eller senere sørge for en Erstatning for det afslidte Skærvelag, fordi Dæklaget ellers lidt efter lidt forsvinder, og desto raskere, jo større Færdslen er, og jo blødere Materialet er. Den Ingeniør, der skal vedligeholde Vejen, har til Opgave at vedligeholde en Vejoverflade, der er jævn, og har den nødvendige Oprunding med et Materiale, der svarer til Færdslens Størrelse og med den mindste aarlige Udgift, og med passende Mellemrum skal han bringe Vejen tilbage til det fastsatte Normalprofil.

Der anvendes i Hovedsagen to forskellige Metoder ved Vedligeholdelse af makadamiserede Veje, »pletvis Udbedring« og »Nybelægning«.

Ved den pletvise Udbedring lægges der kun nye Skærver ud paa mindre, beskadigede Steder, som i Hjulspor, Slaghuller og flade Fordybninger, og det overlades saa til Vognene at komprimere disse Skærver. Man maa paase, at disse Reparationer fordeles saaledes paa Vejen, at Vognene ikke kan slippe uden om de udlagte Skærver, for at Komprimeringen ikke skal tage for lang Tid; det kan derfor ikke undgaas, at Færdslen generes ved denne Reparationsmetode. Selv om denne Reparationsmaade tilfredsstiller den Regel, at smaa Beskadigelser i Vejens Overflade straks skal repareres, kan man dog ikke ved den i Længden vedligeholde det fastsatte Normalprofil; Vejmændene maa udvise stor Opmærksomhed og Duelighed for at indrette disse Smaareparationer saaledes, at Vejoverfladen stadig bliver holdt jævn. Dette bliver desto vanskeligere, jo større Færdslen er, og til Slut bliver Udgifterne ved denne Metode større end ved Nybelægning. Den pletvise Udbedring er fuldtud berettiget, hvor det gælder om at reparere enkelte beskadigede Steder, hvorved man undgaar den skadelige Virkning, Køretøjerne har paa saadanne Steder, og ikke hindrer Vandafløbet. Den pletvise Udbedring maa derfor betegnes som forebyggende, da den standser begyndende Beskadigelser.

For Veje med ringe Færdsel passer den ganske godt, man kan ved den med ringe Udgift faa en god Kørebane, og Hovedreparationer, som en fuldstændig Fornyelse af Dæklaget, behøver man saa kun at udføre med lange Mellemrum. Jo mere befærdet en Vej er, og jo blødere det anvendte Stenmateriale er, desto min-

dre egnet er den pletvise Udbedring, og man kan ikke ved at anvende den helt undgaa at udlægge nye Dæklag med visse Tidsmellemrum.

Meget lidt befærdede Veje vedligeholdes i Almindelighed paa den Maade, at Vejene i længere Tid igennem eller mindst et helt Aar er overladt til sig selv, og saa udfører man de nødvendige Reparationer paa en Gang. Paa den Maade bliver det mange Steder nødvendigt at lægge nyt Dæglag, hvor man ved at gribe ind i Tide kunde have nøjedes med mindre Reparationer. Forbruget af Materiale bliver derved større. Men dog kan denne Vedligeholdelsesmetode forsvares paa Steder, hvor faste Vejmænd ikke kan finde Anvendelse, fordi de bliver for dyre.

Har der i en Vej dannet sig Slaghuller eller maaske Hjulspor, saaledes at Vejens Overflade er blevet ujævn, maa Skaden snarest muligt udbedres, fordi ethvert Hjul, der passerer Ujævnheden, frembringer Slag, der løsner Sammenhængen, saa Vejens Ødelæggelse fremmes. Det maa anbefales, at saadanne Udbedringer udføres paa den Maade, at man ophakker, renser og tjærer Hullet, forinden Stenmaterialet (smaa Skærver eller Singels) anbringes; man modvirker derved den Bortslyngning af det paaførte Materiale som Automobilhjulene foraarsager. Derimod maa det fraraades at overtjære det reparerede Sted og endnu mere fraraades at udføre Reparationerne med Tjærebeton. De reparerede Steder vilde nemlig derved blive mere holdbare end den tilstødende Makadamisering, og efterhaanden som Vejbanen slides, vilde disse mere holdbare Steder komme til at rage lidt op over Vejfladen og give Anledning til, at der fremkom Huller foran og bag de reparerede Steder.

Anvendelse af Tromling ved Nybygning af Veje har bidraget meget til at forbedre Vejene, men endnu mere er dette Tilfældet for Vejenes Vedligeholdelse, og man kan maaske sige, at Anvendelse af Tromling ved Vejvedligeholdelsen alene har været istand til at gøre Vejene tilstrækkelig modstandsdygtige overfor den nuværende Færdsel.

Det vil altid være meget vanskeligt at erstatte den jævne Afslidning af et Vejdæk ved lidt efter lidt at tilføre nyt Skærvemateriale, og den Tanke maa derfor ligge nær at lægge nyt Skærvemateriale paa i Vejens hele Bredde over en større Strækning; paa denne Maade kan man let udbedre Uregelmæssigheder i Vejens Overflade og i Oprundingen, alene ved paa disse Steder at tilføre flere Skærver. Men det er indlysende, at Komprimering af saadanne sammenhængende nye Dæklag alene ved Færdslens Hjælp ikke er mulig, og man maa derfor her anvende Tromling ligesom ved Nybygning. Fremgangsmaaden ved Nybelægning er derefter meget simpel. Vejen renses først omhyggeligt for al Snavs; derefter rives Kørebanen op enten ved Haandhakning eller ved Hjælp af Damptromlens Opriveapparat. Det ny udlagte Dæklag tromles saa paa almindelig Maade, og den Omstændighed, at Overfladen af den gamle Vej har været revet op, gør, at der kommer en nøje Forbindelse imellem det gamle og det nye Dæklag. Tykkelsen af det nye Dæklag maa ikke gerne være mindre end 6—8 cm, da tyndere Dæklag ikke kan tromles sammen med den gamle Makadamisering. Om man har naaet en fuldstændig Fastvalsning af det nye Dæklag viser sig i Reglen først, naar det nye Dæklag er omtrent afslidt; binder det ikke fuldstændig fast, vil der paa et givet Tidspunkt i Kørebanen fremkomme store Pletter med løse Skærver, der knuses under Vognhjulene, saa Slidet bliver uforholdsmæssigt stort.

Denne Mangel træder dog navnlig frem, hvor man ikke har foretaget en fuldstændig Ophakning eller Oprivning af den gamle Kørebane, saaledes som det i tidligere Tid ofte var Tilfældet, inden man anvendte Maskintromlens Opriveapparat. Da Haandhakning var dyr og et meget besværligt Arbejde, søgte man at indskrænke det ved blot at ophakke ca. 30 cm brede Strimler langs begge Kørebanens Rande, som saa yderligere med visse Mellemrum, svarende til Vejbanens Bredde, blev forbundet med ophakkede Strimler af samme Bredde. Tromlingen blev saa paabegyndt ved Randene, for at Skærverne her straks skulde binde fast

til Underlaget og ikke lade sig skyde ud til Siden ved Tromlingen af Midten, hvor det store Tromletryk efterhaanden skulde kile de nye Skærver ned i den gamle Vejbane.

Paa stærkt befærdede Veje med bred Kørebane udfører man gerne Nybelægningen paa den ene Halvdel ad Gangen, for at Vejen kan holdes aaben for Færdsel. Naar første Halvdel er tromlet saavidt, at Grusningen kan paabegyndes, lægges lidt Dækgrus paa, og Færdslen ledes ind over den, medens den anden Halvdel af Kørebanen nybelægges og tromles lige saa vidt. Den sidste Del af Tromlingen med Grusning og Vanding kan udføres paa normal Maade over hele Kørebanens Bredde, uden at der spærres for Færdslen. Paa smallere Kørebaner lægges Dæklaget straks over hele Bredden, men Vejen spærres ikke for Vogne, som er i Stand til at køre gennem de løse Skærver.

Det afhænger af Færdslens Størrelse, hvor ofte Nybelægning maa foretages. Er Vejen stærkt befærdet, maa den maaske have nyt Dæklag en Gang om Aaret, da et Slid paa 5—10 cm let kan forekomme. Er Færdslen fra 300—500 Heste om Dagen kan Turnus være fra 2—4 Aar; Vejen deles saa bedst efter sin Længde i et tilsvarende Antal Stykker, saa hvert Aar eet Stykke kan nybelægges, hvorved man bl. a. opnaar en mere regelmæssig Fordeling af Udgifterne til Vedligeholdelse af hele Vejnættet og gør Arbejdet overkommeligt for en mindre Arbejdsstyrke. For det enkelte Vejstykke koncentreres Vedligeholdelsesudgifterne paa de Aar, hvor det nybelægges; i de mellemliggende Perioder kræver det kun Udgifter til Renholdelse og Smaareparationer.

Den Tid, der er bedst egnet til Udlægning af nye Dæklag, er de vaade Perioder, og Efteraaret egner sig derfor bedst. Drejer det sig om store Arbejder, kan man dog ikke indrette disse helt efter Vejret, og Vejen maa saa vandes kunstigt, før det nye Dæklag lægges ud, ligesom den Vandmængde, der er nødvendig ved Tromlingen, maa tilføres. Udgifterne hertil er ikke ubetydelige, da Vandet ofte maa tilføres fra længere borte liggende Steder, og der er Eksempler paa, at Vandingen har kostet indtil 14 % af den samlede Pris for Tromlingen. Antallet af Tromleovergange opgives meget forskelligt, da Materialets Beskaffenhed, Skærvelagets Tykkelse og Tromlens Vægt har Indflydelse herpaa.

Oftest staar man sig ved at køre Vejmaterialerne ud paa Vejen om Vinteren og oplægge dem med passende Mellemrum, saa lange Transporter undgaas, saalænge Arbejdet staar paa.

Fordelen ved Nybelægning fremfor pletvis Udbedring er den, at Færdslen kun generes i den korte Tid, selve Arbejdet varer, men ellers er Vejen altid i fuldkommen farbar Tilstand, og endvidere bliver der næsten intet unødvendigt Materialforbrug. Lettest er det, hvis Færdselsforholdene tillader, at Færdslen paa Vejen aflyses i nogle Dage og vises hen til Parallelveje, hvilket navnlig vil være muligt i Byerne.

Af stor Betydning er Spørgsmaalet om, hvor stor den Afslidning kan være, som kan tillades, før det nye Dæklag lægges ud. Paa Veje med Paklag maa Slidet aldrig gaa saa langt, at Paklaget bliver synligt, og paa makadamiserede Veje uden Paklag maa Makadamiseringen endnu have en saa stor Tykkelse tilbage, at Vognene ikke kører den igennem. For Stenlagets almindelige Dimensioner kan derfor ca. 12 cm siges at være den største tilladelige Afslidning, men det er bedre kun at tillade en Afslidning paa 8—10 cm, især hvor der anvendes Paklag, for at der kan blive et Skærvelag paa 5 cm Tykkelse tilbage over Paklaget. Og dette Maal falder sammen med den ovenfor meddelte Angivelse af, at et nyt Dæklag af Hensyn til Forbindelsen med den gamle Makadamisering ikke gerne skulde være tyndere end 6—8 cm. Som Regel maa Reparationsarbejdet allerede udføres tidligere, fordi Slidet midt i Vejen er stærkere end ved Siderne, hvorved Vejens Oprunding gaar tabt, saa Vandet bliver staaende.

Skal det nye Lag være tykt, lægges det undertiden paa i to Gange, og hvert

Lag tromles for sig, og denne Fremgangsmaade anbefales af mange. Andre foretrækker at lægge det nye Lag paa under eet; Tromlingen varer derved længere.

Hovedfordelen ved Nybelægning fremfor pletvis Udbedring ligger i Tromlingen; man kan anvende ligesaa store Skærver til Vedligeholdelsen som ved Nylægningen, og man undgaar det store Materialspild ved Knusningen af Skærver, som skal banes af Vogne, og Kørebanen bliver mere fast.

Materialforbruget afhænger især af Færdslens Størrelse og af Reparationsmaterialets Beskaffenhed, men der kommer ogsaa andre Omstændigheder i Betragtning, og man kan ikke sætte Forbruget ligefrem proportionalt med Færdslens Størrelse. Man har i 1890-erne i Baden afholdt en Del Forsøg over Materialerne og søgt at beregne Værdital, der skulde kunne bruges til at finde de Mængder Materiale, der krævedes til Vedligeholdelse af makadamiserede Veje med forskellig Færdsel. En nøjagtig Overensstemmelse mellem de saaledes fundne Tal og Virkeligheden kan man ikke faa, men der er dog opstillet Grænseværdier med passende Spillerum, og som skulde kunne benyttes ved Overslagsberegninger for Veje med forskellig Færdselsmængde og for forskellige Stenarter. (Tabel).

Tabel.

Skærveforbrug for forskellige Færdselsgrader og Stenmaterialer.

Skærvemateriale	Den aarlige Skærvemængde til Vedligeholdelse i m^3 for 1 km, for Færdselsklasse og dagligt Antal Trækdyr						
	VII under 30	VI 30—50	V 50—100	IV 100—250	III 250—500	II 500—1000	I over 1000
Dolerit	6—12	12—16	16—22	22—32	32—42	42—60	60—114
Basalt	8—16	16—20	20—30	30—40	40 - 55	55—80	80—150
Porfyr	10—20	20—25	25—35	35—48	48 - 63	63—90	90—170
Gnejs	10—20	20—25	25—35	35—50	50—70	70—100	100—190
Granit I	8—16	16—20	20 - 28	28—40	40—55	55—75	75—145
» II	10 - 20	20—25	25 - 35	35 - 50	50 - 70	70—100	100—190
» III	15—30	30—35	35 - 50	50—70	70 - 95	95—140	140—260

I Almindelighed vil under ellers lige Forhold en stærkt befærdet Vej kræve mere Vedligeholdelsesmateriale pr. m^2 end en Gade med mellemstor Færdsel; men derimod behøver denne sidste forholdsvis mindre end en meget lidt befærdet Gade; det kan endda ske, at en Gade med ringe Færdsel, der ligger daarligt, pr. Længdeenhed bliver dyrere at vedligeholde end en mere befærdet Gade. Det vil næsten altid slaa til, at Vedligeholdelsesudgifterne vokser langsommere end Færdslen, fordi enkelte Vedligeholdelsesarbejder er uafhængige af Færdslen, idet Vejrforholdenes Indflydelse paa Vejen ogsaa gør sig gældende, selv hvor Færdslen er ringe.

Paa stærkt befærdede Veje kan ogsaa det modsatte blive Tilfældet. Navnlig er det ikke underligt, at Vedligeholdelsen af forholdsvis smalle Gader er dyrere end af bredere Gader med samme Færdsel. Færdslen samles sammen paa en og samme smalle Stribe, Hjulene følger samme Spor, og det er ikke altid muligt at komme til at udføre mindre Reparationer, Vejen kommer i Uorden, og Vedligeholdelsesudgifterne vokser derfor stærkt.

Der kommer desuden den Omstændighed i Betragtning, at Hovedveje især i Nærheden af store Byer kræves langt omhyggeligere vedligeholdt end mindre betydelige Veje. Det er derfor ikke rigtigt at lægge den aarlige Færdselsmængde til Grund for Beregning af et Vejbudget og de enkelte af dettes Posters Fordeling over de forskellige Veje, da de mest befærdede Veje derved som Regel kommer tilkort.

En rigtig Maalestok for den Mængde Materiale, der behøves, faar man kun

gennem Erfaringen, idet man hvert Aar bemærker, hvor meget Materiale der anvendes paa hver Vejstrækning; man tager saa Middeltallet for flere Aar, og maa ved denne Beregning passe, at Vejen har beholdt sin normale Tilstand igennem det til Grund for Beregningen lagte Tidsrum. Der tænkes her ikke alene paa Vejens Udseende, men ved at hugge Huller i Stenlaget maa man sikre sig, at Stenlagets rigtige Tykkelse virkelig er tilstede.

Hvor der anvendes Nybelægning, maa man altid sørge for, at der er en vis lille Mængde Materiale til Raadighed ude paa Vejen, saaledes at Reparation af mindre Beskadigelser altid kan udføres.

De Materialer, der anvendes til Vedligeholdelsesarbejdet, overtages i Almindelighed af Vejvæsenet efter Udmaaling; de raa Sten sættes tæt sammen i firkantede Bunker, medens Skærver og Grus opsættes i regelmæssige pyramideformede Bunker efter særlig Skabelon.

Denne Maalemetode er noget usikker, da den meget afhænger af den Maade, hvorpaa Stenene sættes op, og f. Eks. kan Skærver af forskellig Størrelse give meget store Forskelle. Nøjagtigere er det derfor at købe efter Vægt, og denne Metode finder vistnok mere og mere Anvendelse, især for Materiale, der købes ved de større Licitationer.

Materialernes Pris afhænger selvfølgelig af Stenenes Art og Beskaffenhed, men størst Indflydelse har Afstanden mellem Fremstillings- og Leveringssted, hvorfor Prisen for et og samme Materiale kan være meget forskellig.

Vejvedligeholdelsen kan ordnes paa forskellig Maade, enten ved at der anvendes Arbejdere i Dagløn, der ansættes og afskediges efter Behov; eller man kan anvende faste Vejmænd med fast Løn, der skal være paa Vejen hele Aaret igennem og besørge Vejens daglige Vedligeholdelse og alle de Arbejder, der hører hertil; og endelig kan man anvende Vejmænd, som kun udfører de mindre Reparationer og ved alle større Arbejder hjælpes af Arbejdere i Dagløn.

At vedligeholde Veje med ikke faste Arbejdere passer bedst for Sideveje med ringe Færdsel, hvor mangelfuld Vedligeholdelse har færre Mangler end paa stærkt befærdede Landeveje.

Vedligeholdelsesmetoden hænger nøje sammen hermed, naar den er indrettet saaledes, at man til visse Tider udfører de større Reparationer, og i Mellemrummene her imellem arbejder saa lidt som muligt paa Vejen.

Paa Landeveje maa det anbefales at anvende faste Vejmænd, der passer en forholdsvis lille Strækning hver, og som har Forstaaelse og Erfaring i Vedligeholdelse af Veje, og derfor er istand til at træde til, hvor det er nødvendigt. Den Ingeniør, der har med Vedligeholdelsen at gøre, bor ofte langt borte og kommer kun med lange Mellemrum paa de enkelte Vejstykker, saa han ikke kan tage sig rettidig af alle Arbejder, og saa maa Vejmanden paa egen Haand kunne træde til.

Størrelsen af den Vejstrækning, der tildeles den enkelte Vejmand afhænger af, hvilke Arbejder han skal udføre og af Vedligeholdelsesmetoden; nogle Steder skal Vejmændene udføre alle Arbejder, og saa kan selvfølgelig den Vejlængde, han skal passe, kun være kort, efter Færdslen Størrelse fra 1½—2½ km, men der kan Foraar og Efteraar komme Tider, hvor han alligevel maa have Hjælp. Man foretrækker derfor ofte kun at lade Vejmanden holde Vejen ren, udføre mindre Reparationer paa Kørebanen og vedligeholde Banketter og Skraaninger, og de øvrige Arbejder kun, hvis han faar Tid til det. Alt øvrigt Arbejde maa saa udføres af løst ansat Personale.

Vedligeholdelse af Skraaninger, Grøfter og Banketter samt af mindre Broer og Gennemløb, af Hegn og Plantninger koster kun en ringe Del af, hvad Vejens Vedligeholdelse ialt koster. Hovedarbejdet falder paa Grøfterne, der en Gang om Aaret maa renses op. Rækværker af Træ har kun en kort Varighed, og man anvender derfor mere Sikkerhedsrækværker af Sten, der kun kræver ringe Vedligeholdelse.

Træplantninger kræver i de første Aar megen Pasning, og hertil maa helst anvendes havekyndigt Personale. Jorden rundt omkring Træerne maa holdes løs, for at Regnvandet kan komme ned, Hække maa hvert Aar klippes, og visne Træer og Planter erstattes.

§ 13. Vejkassens Beregning.

Vejlegemet skal paa Overfladen, Planum, tildannes saaledes, at der fremkommer en Kasse, der kan optage Kørebanens Stenlag, og saa dyb, at Randen af Vejbanen netop kommer i Højde med den tilstødende Banket, enten uden Befæstelse paa Banketten, hvis den skal bruges til Materialoplag, eller med 10—12 cm Grusbefæstelse, hvis den skal bruges som Sommervej.

Undersiden af Vejkassen formes i Almindelighed saaledes, at Vejkassens Bund afrettes efter Planer med jævnt Fald fra Midten mod Randene, saa Stenlagets største Tykkelse fremkommer noget til Siden for Midten, hvor Slidet sædvanlig er større end i selve Midtlinien. Materialet fordeles iøvrigt saaledes, at Tykkelsen i Midten af Vejen bliver 2—2,5 cm større end ved Randene, hvor Slidet altid er mindre.

Fremgangsmaaden ved Fastsættelsen af Profilet oplyses iøvrigt bedst ved et Eksempel, hvortil vælges Profilet for en 8,25 m bred Vej med 5 m bred Kørebane, 2 m bred Sommervej og 1,25 m bred Rabat til Materialoplag.

Sidebanernes Tværfald vælges til 80 ‰, medens Kørebanens Oprunding fastsættes til 0,025 = 1 : 40 og Stenlagets Middeltykkelse til 23 cm. Kørebanen faar symmetrisk Profil, og da den ene Vejrabat er 0,75 m bredere end den anden, vil Grøftekanten der falde tilsvarende dybere.

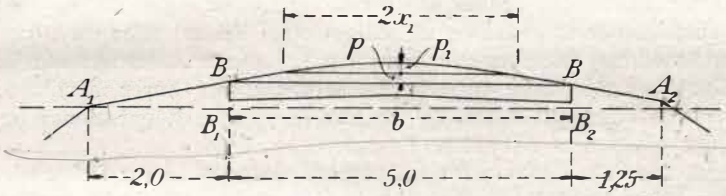


Fig. 79.

Koten ved laveste Grøftekant A_1 (Fig. 79) sættes til a = 10,000 m. Koterne til Kørebanens Rande bliver da

$$b = 10{,}000 + 0{,}08 \cdot 2{,}0 = 10{,}160 \text{ m}.$$

Koten til Midten af Kørebanen bliver

$$d = 10{,}160 + 0{,}025 \cdot 5 = 10{,}285 \text{ m}.$$

Koten til anden Grøftekant A_2 bliver

$$a_2 = 10{,}160 - 0{,}08 \cdot 1{,}25 = 10{,}060 \text{ m}.$$

Vejbanen formes efter en Parabel med tilhørende Tangenter med Fald 0,08 og Arealet af Kørebanens Tværprofil over den vandrette Linie gennem Randene er da

$$A'_1 = \tfrac{4}{3} p_1 x_1 + (p - p_1) \cdot (x_1 + \tfrac{1}{2} b) = \tfrac{4}{3} \cdot 0{,}015 \cdot 0{,}375 b^2 + 0.010 (0{,}375 + 0{,}500) b^2$$
$$= 0{,}0075 b^2 + 0{,}00875 b^2 = 0{,}01625 b^2 = 0{,}40625 \text{ m}^2.$$

Arealet af Trekanten B_1DB_2 er

$$A'_2 = 0{,}5b \cdot 0{,}025b = 0{,}0125b = 0{,}3125 \text{ m}^2.$$

Betegnes Stenlagets Tykkelse paa Midten ved x_1 og ved Randene ved x_2 bliver det samlede Tværsnitsareal

$$A = 0{,}5 (x_1 + x_2) b + 0{,}40625 - 0{,}3125$$
$$= 2{,}5 (x_1 + x_2) + 0{,}09375 = 5 \cdot 0{,}23 = 1{,}15,$$

idet Middeltykkelsen skal være 23 cm.

Altsaa $x_1 + x_2 = \dfrac{1{,}05625}{2{,}5} = 0{,}4225 = 2 \cdot x_2 + 0{,}0225$, idet Tykkelsen paa Midten vælges 2,25 cm større end ved Randen. Altsaa er

$$x_2 = 0{,}20$$
$$x_1 = 0{,}2225 = 0{,}223.$$

Koten til Vejkassens Bund bliver ved Randen af Kørebanen

$$c = 10{,}160 - 0{,}200 = 9{,}960 \text{ m}$$

og ved Midten

$$e = 10{,}285 - 0{,}223 = 10{,}062 \text{ m}.$$

Da Koterne er afrundet til hele mm, bliver Stenlagets Tykkelse lidt større end bestemt.

Det er en væsentlig Fordel, at den største Tykkelse og Bæreevne findes paa de Steder, som slides baade af Vogne, der kører midt paa Vejen, og af dem, der holder sig til den ene Halvdel af Kørebanen. Ved meget brede Kørebaner er det dog ikke heldigt at forme Vejkassens Bund efter to plane Flader, da Forskellen mellem mindste og største Tykkelse af Vejbanen saa bliver for stor, eller rettere, da Tykkelsen paa Midten saa bliver for lille i Forhold til største Tykkelse.

Den vandrette Linie gennem Vejbanens laveste Rand kan man betegne som Vejens teoretiske Planumslinie. Ved symmetriske Vejprofiler gaar Planumslinien gennem begge Grøftekanter, og den teoretiske Planumsbredde er da lige saa stor som den praktiske Bredde. Ved usymetriske Profiler bliver den teoretiske Planumsbredde lig med Summen af den virkelige Vejbredde og Differencen mellem Vejkanternes Koter multipliceret med Skraaningsanlæget, altsaa i Eksemplet

$$b'_1 = b_1 + (a_2 - a_1)\, a = 8{,}25 + 0{,}06 \cdot 1{,}5 = 8{,}34 \text{ m}$$

for Paafyldning og

$$b''_1 = 8{,}25 + 0{,}06 \cdot 1{,}25 = 8{,}325 \text{ m}.$$

for Afgravning.

Arealet over (eller under) den teoretiske Planumslinie bestemmes lettest som Differencen mellem de Arealer, der ligger over Linien med Kote 9 imellem Endepunkterne af den teoretiske Planumslinie beregnet henholdsvis for den virkelige Begrænsning af Jordlegemet og for Planumslinien.

Gaar man ud fra, at den 2 m brede Vejrabat har en 8 cm tyk Grusbelægning i en Bredde af 1,8 m, vil denne Belægning optage et Areal af $0{,}08 \cdot 1{,}8 = 0{,}144$ m².

Arealet begrænset af den virkelige Jordlinie bliver da for Paafyldning

$$A = 2 \cdot \tfrac{1}{2} \cdot (1 + 1{,}06) - 0{,}144 + 2{,}5 \cdot (0{,}960 + 1{,}062) + 1{,}25 \cdot \tfrac{1}{2} \cdot (1{,}16 + 1{,}06) + 0{,}09 \cdot \tfrac{1}{2} \cdot 2{,}06$$
$$= 2{,}16 - 0{,}144 + 5{,}055 + 1{,}3875 + 0{,}0927 = 8{,}5512 \text{ m}^2.$$

Arealet under Planumslinien

$$A' = 1 \cdot 8{,}34 = 8{,}34 \text{ m}^2.$$

Differencen $8{,}5512 - 8{,}34 = 0{,}2112$ m² = T skal altsaa adderes til det under Planumslinien liggende Tværsnitsareal af Vejlegemet i Paafyldning.

I Afgravninger formindskes Arealet T med Størrelsen

$$0{,}06 \cdot 0{,}06 \cdot (1{,}5 - 1{,}25) \cdot 0{,}5 = 0{,}03 \cdot 0{,}06 \cdot 0{,}25 = 0{,}00045 \text{ m}^2$$

til

$$T' = 0{,}2112 - 0{,}00045 = 0{,}21075 \text{ m}^2,$$

hvilket Areal skal trækkes fra det over Planumslinien liggende Udgravningsareal.

For at kunne bestemme Stenforbruget maa man vælge, om Kørebanen skal udføres som en Makadamisering af Skærver gennem hele Tykkelsen, eller om man vil udføre den med Fundament af Paklag og Dæklag af Skærver. Som Regel foretrækker man her i Landet Paklagskonstruktionen, da den er billigere; Paklaget kan ikke godt udføres med mindre Tykkelse end 10 cm, og da Skærvedæklaget mindst maa være 8 cm paa Midten, kan man ved en 5 m bred Kørebane med Oprunding 1 : 40 ikke godt bruge Pakiag, hvis Middeltykkelsen af hele Stenlaget skal være mindre end 19 cm. Dæklagets Tykkelse bliver da ved Randen 6 cm, paa Midten 8,3 cm og som Maksimum 10,16 cm.

I det valgte Eksempel med 23 cm Middeltykkelse kan Paklag anvendes, og dets Tykkelse vælges til 10 cm. Til 1 m Vej medgaar da $5 \cdot 1 \cdot 0{,}10 = 0{,}5$ m³ Paklagssten, idet man kan regne, at Stenene udsat i Paklaget fylder ligesaa meget, som de opsættes til Maaling, og at de i begge Tilfælde indeholder 60 pCt. fast Sten og 40 pCt. Mellemrum, som altsaa maa fyldes med Skærver og medregnes ved Bestemmelsen af Skærvemængden.

Hvis Paklagsstenene slaas af større Granitsten, der opsat til Maal indeholder 66 pCt. fast Stenmasse og 34 pCt. Mellemrum, vil man ved Slaaningen faa et Spild af Stenfliser paa ca. 6 pCt., der i løst Maal fylder $0{,}06 : 0{,}52 = 0{,}115$ m³ for hver m³ af Paklagets Volumen. Disse Stenfliser bruges til Pakning af Mellemrummene mellem de udsatte Paklagssten og vil da fylde $0{,}06 : 0{,}83 = 0{,}072$ m³ for hver m³ af Paklagets Volumen. De resterende Mellemrum $40 - 7{,}2 = 32{,}8$ pCt. af Paklagets Rumfang maa medregnes ved Bestemmelsen af Skærvemængden.

Et 5 m bredt Dæklag med 13 cm Middeltykkelse + 40 pCt. af det 10 cm tykke Dæklag har altsaa pr. løbende m Vej et Volumen $V_0 = 5 \cdot (0{,}13 + 0{,}04) = 1{,}357$ m³. Har man Stenfliser til Hjælp til Pakning af Bundlaget, faar man

$$V'_0 = 5 \cdot (0{,}13 + 0{,}0328) = 0{,}814 \text{ m}^3$$
$$V'_1 = 0{,}814 \cdot 0{,}83 : 0{,}52 = 1{,}299 \text{ m}^3.$$

Skal Skærverne slaas af Landsten, bliver det Rumfang Sten, som skal købes, henholdsvis

$$V_2 = 1{,}357 : 1{,}15 = 1{,}180\ m^3 \text{ eller } V'_2 = 1{,}299 : 1{,}15 = 1{,}130\ m^3.$$

Skal Skærverne derimod slaas af Søsten, bliver det Rumfang Sten, som skal købes, henholdsvis

$$V_3 = 1{,}357 : 1{,}26 = 1{,}077\ m^3 \text{ eller } V'_3 = 1{,}299 : 1{,}26 = 1{,}031\ m^3,$$

alt pr. løbende m Vej.

Under Tromlingen af Dæklaget er der Fare for, at Skærverne ved Randen af Kørebanen trykkes ud i Randen af Vejkassen og blandes med Jord.

Ude ved Siden i Grænsen mellem Rabat og Dæklag lader man Dæklaget forløbe ud over Rabatten, idet Vejkassen tildannes med en Skraaning paa 45°. Er Randtykkelsen af Dæklaget som her forudsat 10 cm, faar man derved en Forøgelse af dets Volumen paa 0,01 m^3, altsaa en Forøgelse af de løse Skærver paa $0{,}01 \cdot 0{,}83 : 0{,}52 = 0{,}016\ m^3$.

Til Udfyldning af Mellemrummene mellem Dæklagets Skærver skal anvendes en Grusmængde, der er 0,17 V_0 maalt i fastlejret Tilstand. Da Gruset ved Anskaffelsen maales i løst Maal, maa der tillægges ca. 25 pCt. for Komprimeringen, saa den samlede Grusmængde bliver

$$V_4 = 1{,}25 \cdot 0{,}17 V_0 = \text{ca. } 0{,}21 V_0,$$

altsaa i Eksemplet for den 5 m brede Kørebane

$$V_4 = 0{,}21 \cdot (0{,}85 + 0{,}01) = 0{,}181\ m^3 \text{ løbende m Vej.}$$

§ 14. Nomenklatur for de i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler.

Tjære, Beg, Jordolie, Bitumen og Asfalt er yderst sammensatte Stoffer, der er forbundne med Mineraler i større eller mindre Mængde. Der er endnu stor Usikkerhed i de Betegnelser man anvender, men i de forskellige Lande arbejdes der for at skabe en rationel Nomenklatur, og det er vistnok Tanken, at man i en ikke for fjærn Fremtid vil søge at sammenarbejde de forskellige Landes Nomenklaturer. Der findes saaledes en amerikansk Nomenklatur, (se Blanchard: American Highway Engineers' Handbook, New York 1919) en engelsk Nomenklatur (se British Standard Nomenclature of tars, pitches, bitumens and asphalt, when used for road purposes) og en fransk Nomenklatur (se P. Le Gavrian Les chaussées modernes, Paris 1922).

Dansk Ingeniørforenings tekniske Vejkomité har udarbejdet følgende Nomenklatur[1]) for de i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler:

1. Tjære og Tjæredestillationsprodukter.

Tjære (goudron — tar) er et i Almindelighed tyktflydende Stof, der fremstilles ved Destillation af Kul, Brunkul, Træ, Tørv. En Tilføjelse (Stenkul-, Brunkul-, Gasværks-, Højovns-, Koksovns- o. s. v.) føjes til Ordet »Tjære« for at angive Oprindelse eller Fremstillingsmaade.

A. Raa Tjære er Tjæren i den Tilstand, hvori den fremstilles.

B. Renset Tjære er »raa Tjære«, der er underkastet en vis Behandling (Centrifugering, Destillation eller lignende), hvorved det i Tjæren værende Indhold af Vand og lette Olier helt eller delvis er fjernet.

a. Centrifugering.

Centrifugeret Tjære. Selv efter længere Tids Lagring indeholder raa Tjære endnu vekslende Mængder Vand (Stenkulstjære Ammoniakvand); for at formindske dette Vandindhold centrifugerer man Tjæren.

---

[1]) Nomenklatur for de i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler, Kjøbenhavn 1924.

b. Destillation.

1. *Tjæredestillaterne* er olieagtige Stoffer, der ganske mangler de for Vejbygningen værdifulde sammenbindende Egenskaber; man skelner her mellem lette Olier, Mellemolier, tunge Olier og Antracenolier.

Som Eksempel paa en Inddeling kan nævnes:

Lette Olier af Stenkulstjære med Vægtfylde lavere end Vandets (under 0.980) og med Kogepunkt op til 170° C.

Mellemolier af Stenkulstjære med Vægtfylde omtrent som Vandets (mellem 0.980 og 1.030) og med Kogepunkt fra 170—230° C.

Tunge Olier af Stenkulstjære med Vægtfylde større end Vandets (mellem 1.030 og 1.080) og med Kogepunkt fra 230—270° C.

Antracenolier af Stenkulstjære med Vægtfylde ca. 1.1 og med Kogepunkt over 270° C.

Flere af disse Olier kan under Navnet »flux« finde Anvendelse til Indblanding i Bindemidler, der væsentlig stammer fra Tjære, og som i sig selv er for haarde, for at give disse en passende Konsistens.

2. *Destillationsresterne* fra Destillationen af Tjære kan være flydende, halvflydende eller faste, afhængig af den Grad, til hvilken Destillationen har været drevet. Destillationsresterne har sammenbindende Egenskaber og finder Anvendelse i Vejbygningen; man skelner her mellem raffineret Tjære, præpareret Tjære og Beg (Tjærebeg).

Raffineret Tjære (hidtil benævnet »destilleret« Tjære) er Tjære, hvorfra Vand og lette Olier, i visse Tilfælde ogsaa en Del af Mellemolierne, er fjernet ved Destillation.

Præpareret Tjære (régénéré — cut-back) er Tjære, hvoraf Vand, lette Olier, Mellemolier og eventuelt ogsaa tunge Olier er afdestillerede, og hvortil der er sat naftalinfattige Tjæreolier til Fremstilling af et Produkt af en bestemt Beskaffenhed.

Beg (Tjærebeg) (brai — pitch) er den faste eller halvfaste Rest, der bliver tilbage ved Afdampning eller Destillation af Tjære, idet Vand, lette Olier, Mellemolier, tunge Olier og Antracenolierne — de tunge Olier og Antracenolierne helt eller delvis — fjernes.

Til Ordet Beg bør føjes Navnet paa det Stof, der er brugt til Fremstillingen (f. Eks. Stenkulstjærebeg), og efter Tilstanden skelner man mellem

»Blød Beg«, der smelter ved omtrent 60° C.

»Halvblød Beg«, der smelter ved omtrent 80° C.

»Haard Beg«, der smelter ved omtrent 100° C.

»Meget haard Beg«, der smelter ved over 100° C.

Den Metode, der er benyttet til Bestemmelsen af Smeltetemperaturen, bør angives.

»*Frit Kulstof*« (carbon libre — free carbon) er et organisk Stof, der findes i Tjære og Beg, og som er uopløseligt i Benzol (Xylol); undertiden kaldes ogsaa det i Anilin eller Svovlkulstof uopløselige for frit Kulstof. Ved Angivelse af Mængden af frit Kulstof bør Opløsningsmidlet, eventuelt Analysemetoden, angives.

2. Jordolie og Jordoliedestillationsprodukter.

Jordolie (pétrole — petroleum) er naturligt forekommende flydende eller halvflydende Olier, som væsentlig bestaar af Kulbrinter. Den kan være mere eller mindre gennemsigtig og farvet, og Farven er som Regel lysere end Stenkulstjærens. I Jordolie er der en temmelig stor Mængde flygtige Stoffer, af hvilke man ved Destillation uddrager en hel Række saasom Benzin, Petroleum, Solarolie, Smøreolier.

Af Destillationsresten af visse Jordolier kan man udvinde Vaselin og Parafin (»parafinsk Jordolie«), medens Destillationsresten af andre Jordolier har stærkt sammenbindende Egenskaber og i kemisk Henseende ligner Bitumen. Saadanne Destillationsrester anvendes i Vejbygningen.

Navnet paa Jordoliens Oprindelsessted bør tilføjes (f. Eks. Texasolie).

1. *Destillaterne* fra Destillationen af Jordolie er som Regel Olier, der ganske mangler de for Vejbygningen værdifulde sammenbindende Egenskaber.

Disse Olier (huile — oil) er i Almindelighed flydende og kan være mere eller mindre gennemsigtige. De deles i forskellige Grupper efter deres Vægtfylde og efter den Mængde flygtige Stoffer, de indeholder. — Som Eksempel paa en Inddeling kan nævnes:

Gasolin med en Vægtfylde mellem 0.61 og 0.67 og med Kogepunkt mellem 10° og 70° C.

Benzin med Vægtfylde mellem 0.67 og 0.78 og med Kogepunkt mellem 50° og 200° C.

Petroleum med Vægtfylde mellem 0.78 og 0.82 og med Kogepunkt mellem 150° og 300° C.

Solarolie med Vægtfylde mellem 0.85 og 0.89 og med Kogepunkt over 300° C.

Smøreolier med Vægtfylde mellem 0.87 og 0.95 og Kogepunkt over 300° C.

Visse Jordoliesorter og Destillater deraf kan under Navnet »flux« finde Anvendelse til Indblanding i Bindemidler, der væsentlig stammer fra Jordolie, Bitumen eller Asfalt, og som i sig selv er for haarde, for at give disse en passende Konsistens.

2. *Destillationsresterne* fra Destillationen af Jordolie kan være flydende eller halvflydende, afhængig af den Grad, til hvilken Destillationen har været drevet, samt af Jordoliens Beskaffenhed. Af Destillationsrester kan nævnes Masut, raffineret Jordolie og Jordoliebeg.

Masut kaldes den Destillationsrest, som fremkommer, naar kun Vand, Benzin og Petroleum afdestilleres.

Raffineret Jordolie kaldes den Destillationsrest, som fremkommer, naar foruden Vand, Benzin og Petroleum tillige en Del af Solarolien og i visse Tilfælde en Del af Smøreolierne afdestilleres. Konsistensen er tyktflydende.

Jordoliebeg kaldes sædvanlig den Destillationsrest, som fremkommer, naar foruden Vand, Benzin og Petroleum ogsaa Solarolie og Smøreolier afdestilleres. Konsistensen er blød, halvfast eller fast.

3. Bitumen og Asfalt.

a. Bitumen.

Bitumen (bitume — bitumen) er den fælles Betegnelse for en Gruppe af organiske Stoffer, som findes i Naturen, og som har stærkt sammenbindende Egenskaber, der har Betydning i Vejbygningen. Bitumen er i Almindelighed fast eller halvfast, indeholder kun en ringe Mængde flygtige Stoffer og er fuldstændig opløselig i Svovlkulstof; den findes i Naturen enten i ren Tilstand eller med visse Indblandinger, som Vand og Mineralier, hvorfra den kan isoleres. Navnet Bitumen omfatter ikke Destillationsrester (Residium) fra Jordolier eller Kultjære.

Raabitumen er Bitumen i den Tilstand, hvori den udvindes i Naturen.

Renset Bitumen (Bitume epuré) er Bitumen, som har været opvarmet, hvorved Vandet og eventuelt en Del af de flygtige Stoffer og Mineralier, som Raabitumen kan indeholde, er blevet fjernet.

Renset Bitumen forhandles som Handelsbitumen (bitume commercial — commercial bitumen), der skal indeholde mindst 95 pCt. Bitumen efter Vægt.

For Handelsbitumen bør man opgive Art, Produktionssted og Bitumenindhold.

b. Asfalt.

Asfalt er naturlige eller kunstige Blandinger af Bitumen og mere eller mindre findelte mineralske Stoffer. Handelsmæssigt bør Navnet »Asfalt« kun anvendes for Blandinger, der indeholder under 95 pCt. ren Bitumen efter Vægt.

Af Asfaltarter kan nævnes:

Asfaltsten (asphalte en roches — asphalte), der er Kalksten eller Sandsten, som ad naturlig Vej er gennemtrængt med Bitumen.

Asfaltmastix (mastic d'asphalte — mastic asphalte), der er pulveriseret Asfaltsten, hvis Bitumenindhold er blevet forøget ved Tilsætning af Stoffer, der er rigere paa Bitumen, eller med Jordoliedestillationsrester (Masut, raffineret Jordolie eller Jordoliebeg.

»*Kulstofresten*« (carbone fixe — fixed carbon) er den organiske Del af den Rest, der faas, naar et organisk Bindemiddel forkokses i lukket Beholder med Udelukkelse af Luftens Ilt.

Tillæg.

Overfladebehandling (goudronnages des routes — surface treatment). Ved Overfladebehandling tilføres det organiske Bindemiddel ved Spredning over den færdige Vejoverflade. Ved Overfladebehandling dannes i Hovedsagen kun et Overtræk over Vejbefæstelsen, der beskytter den og hindrer Støvdannelsen. Er det Tjære, der anvendes hertil, bruges Betegnelsen »Overtjæring«.

Udfyldningsmetoden (methode de pénétration — penetration method). Ved Udfyldningsmetoden tilføres det organiske Bindemiddel ved Udgydning over det i Forvejen lagte og komprimerede Skærvelag, saaledes at dettes Hulrum fyldes med Bindemidlet.

Betegnelsen »Tjæremakadam«, »Begmakadam«, »Asfaltmakadam« o. s. v. anvendes, eftersom det er Tjære, Beg, Asfalt o. s. v., der benyttes til Udfyldningen.

Blandingsmetoden (méthode de melange — mixing method). Ved Blandingsmetoden blandes Stenmaterialet og Grusmaterialet med det organiske Bindemiddel før Udlægningen.

Betegnelsen »Tjærebeton«, »Tjæremørtel«, »Begbeton«, »Begmørtel«, »Asfaltbeton«, »Asfaltmørtel« o. s. v. anvendes, eftersom der til Blandingen er benyttet Tjære, Beg, Asfalt o. s. v.

§ 15. De i Vejbygningen anvendte organiske Bindemidler.

1. Stenkulstjære.

Stenkulstjære[1]) faas ved tør Destillation af Stenkul og er en sort tyk Blanding af flydende og faste Bestanddele, Kulbrinter og basiske, neutrale og sure Stoffer. Nogle Tjæresorter indeholder især lette Olier, andre tunge Olier og andre igen meget frit Kulstof og Vand.

Vægtfylden er ved 15 Gr. C. 1,1 à 1,25, som Regel 1,15 à 1,20.

Stenkulstjære fremstilles i Danmark paa Gasværkerne, men i Lande, hvor man anvender Koksovne faas ogsaa en væsentlig Mængde Stenkulstjære fra disse. I Gasværkerne ligger Stenkullene i tynde Lag i Retorterne, og Destillationen foregaar temmelig hurtigt.

Naar Gas og Damp forlader Retorten, gaar de til Pumpen, hvor de efterlader 50 til 60 pCt. af deres Tjære. De gaar derefter igennem en Række Kollektorer, hvor de afkøles til omtrent 100^0.

Den Tjære, der bliver tilbage, har Form som meget fine Draaber. Tjæren udskilles enten ved varm Kondensation eller ved kold.

Den Temperatur, ved hvilken Kullene dekomponeres, har en betydelig Indflydelse paa den fremstillede Tjæres Kvalitet og Mængde.

Naar Temperaturen er forholdsvis lav, danner der sig især Kulbrinter af Parafinrækken; foregaar Dekompositionen af Stenkullene ved høj Temperatur, forsvinder Parafinrækken omtrent helt, og Tjæren faar en hel anden molekulær Sammensæt-

[1]) P. Le Gavrian: Les chaussées modernes, Paris 1922.

ning, idet der dels dannes Dele, der er langt rigere paa Kulstof og dels Dele, der er rigere paa Brint.

Kullene giver helt forskellige Produkter, eftersom de først er bragt ind i Retorterne og derpaa langsomt opvarmede til Rødglødhede, eller Destillationen foregaar ved, at de bringes ind i en Retort, der i Forvejen er opvarmet til Rødglødhede.

Stenkul giver en Tjæremængde, der som Middel kan angives til 5 pCt. af deres Vægt.

For at udskille Tjærens Bestanddele, anvender man i Almindelighed brudt Destillation, og ved denne Metode har det været muligt at isolere største Delen af Tjærens Bestanddele, men Metoden har den Ulempe, at den høje Temperatur, som det er nødvendigt at anvende for at faa Antracenolie til at destillere fremkalder en Iltning, der foraarsager sekundære Virkninger mellem de tunge Olier.

Om Tjærens frie Kulstof skal endnu bemærkes, at et ringe Indhold heraf er Tegn paa, at Kullenes Forkoksning er rigtig udført; en Tjære, der indeholder for meget frit Kulstof, er vanskelig at destillere og giver en Beg med ringe bindende Evne.

De forskellige Slags Tjære. — De Tjæresorter,[1]) der især har Interesse for Vejbygningen, er Kultjære og karbureret Vandgastjære samt Koksovnstjære. Alle disse Tjæresorter ligner hinanden i Sammensætningen, men der er Forskelligheder i det relative Forhold, hvori de enkelte Dele indgaar i Tjæren, hvorved der fremkommer store Forskelligheder i de fysiske og kemiske Egenskaber; i Kulgastjære indgaar Ilt og Kvælstof altid i større Mængde; Vægtfylden ligger som Regel imellem 1,05 og 1,30 og lidt højere, og Viscositeten vokser i Almindelighed med Vægtfylden. De lettere Tjæresorter er tynde, olieagtige, brune Vædsker, medens de tungere Tjæresorter er mere tyktflydende sorte, klæbrige Vædsker. De har alle en temmelig ubehagelig Lugt, og Lugten af Kulgastjære kan som Regel kendes fra Lugten af Vandgastjære, ved at der i den er Phenol- og Karboldampe. Desuden indeholder raa Kultjære altid opløste Ammoniaksalte, der betegnes som Ammoniakvand, medens dette ikke er Tilfældet med Vandgastjære paa Grund af, at der her mangler kendelige Mængder af Kvælstof i den Olie, der er benyttet til Fremstillingen. Alle raa Tjærestoffer har variable Mængder af flygtige Kulbrinter, der fordamper i Luften. Naar Tjære er befriet for sit Vandindhold og de Urenheder, der opløses i Vand, indeholder mange af dem endnu kendelige Mængder af frit Kulstof i meget fint fordelt Tilstand. Dette er uopløseligt i Svovlkulstof og kan være fra faa Tiendedel Procent i Vandgastjære indtil 30 pCt. og derover i Tjære, fremstillet ved høj Temperatur. Da de er blevet fremstillet som Destillater, giver de ringe eller ingen Aske, naar de brændes. Raa Tjære indeholder sjældent over 10 pCt. Vand, medmindre der er et stort Procentindhold af frit Kulstof, i hvilket Tilfælde der kan være indtil 20 pCt. eller mere i Tjæren. De meget letflydende Kultjærer skilles lettere fra Vand og kan indeholde 1 pCt. eller mindre. De er kraftige Opløsningsmidler for alle bituminøse Stoffer, deri indbefattet Jordolie og Asfalt, men i Almindelighed og modsat Jordolie aftager deres Opløsningsevne noget, naar Vægtfylden vokser. Som Regel varierer deres Udvidelseskoefficient omvendt med Vægtfylden, men ligger imellem 0,000305 og 0,000375 pr. Grad C.

Gasværkskultjære er Tjære, fremstillet som Biprodukt ved Gasfremstillingen, og Hensigten ved Fremstillingen er at faa saa meget Gas som muligt ud af en vis Mængde Kul, og af denne Grund er Destillationstemperaturen meget høj. Da Gas, fremstillet ved høj Temperatur, mangler Lysevne, tilsættes der ofte karbureret Vandgas. Ved Gasfremstillingen fremstiller man derfor ofte baade Kultjære og Vandgastjære, der begge løber ud i samme Tjærebeholder, og naar det gøres, er den Tjære, som man faar frem, ikke Gasværkstjære, men en Blanding. Ved Gasfremstillingen benytter man 3 Slags Retorter, vandrette, skraa og lodrette. I Europa vokser Brugen af lodrette Retorter stærkt, især i England og Tyskland. Gasværkstjære, der er fremstillet i de forskellige Slags Retorter, har forskellige Egenskaber paa Grund af den forskellige Destillation. I Almindelighed indeholder Tjære fra skraa Retorter en mindre Procent af frit Kulstof end Tjære fra vandrette Retorter, og de lodrette Retorter frembringer Tjære, som i denne Retning mest ligner Koksovnstjære. Fig. 80, 81 og 82 viser det relative Forhold i Sammensætningen af typisk raa Gasværkstjære, fri for Vand, der er blevet fremstillet i vandrette, skraa og lodrette Retorter. I disse Diagrammer er Arealet under *a—a* Tjæreresten med 60° C. Smeltepunkt, fremstillet ved Afdestillering af den tilstrækkelige Mængde flygtige Stoffer. Det hvide Areal A forestiller de mættede Kulbrinter, der findes i Destillatet, som er upaavirkelige af koncentreret Svovlsyre. Arealet B fremstiller de ikke mættede Kulbrinter i Destillatet, og Arealet C de illede Kulbrinter eller Phenoler og Kresoler, der fjernes ved en Opløsning af kaustisk Soda. Arealet D viser Mængden af Beg, næsten udelukkende sammensat af umæt-

[1]) Blanchard: American Highway Engineers Handbook, New York 1919,

tede Kulbrinter, og Arealet E Mængden af frit Kulstof. Det vil ses, at alle de frie Kulstofmængder er viste i Destillationsresten, og at de derfor udgør en større Procentdel af Resten end af den raa Tjære. Man vil se, at Tjære fra vandrette og skraa Retorter har et større Procentindhold af frit Kulstof end Tjære fra lodrette Retorter. I alle Tilfælde er Procentindholdet af mættede Kulbrinter meget lille. Procentindholdet af Tjæresyre afhænger af Mængden af Ilt i de Kul, hvoraf Tjæren blev fremstillet, men afhænger ogsaa af Destillationstemperaturen, og udgør i alle Tilfælde en kendelig Mængde af Destillatet. Medens disse Diagrammer giver en almindelig Ide om den relative Karakter af de 3 vigtigste Typer af Gasværkstjære, maa man dog ikke glemme, at den nøjagtige Temperatur og øvrige Betingelser for Destillationen har en kendelig Indflydelse paa Tjære, fremstillet af nøjagtig samme Kul. Saaledes kan to Tjæresorter fremstillet af samme Kul og i samme Slags Retorter, men ved forskellig Temperatur være meget forskellige. Fra vandrette Gasværksretorter, hvor der fyres paa almindelig Maade, er Tjære, der indeholder mindre end 20 pCt. frit Kulstof, en Undtagelse snarere end Reglen.

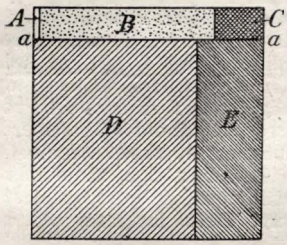


Fig. 80. Tjære fra vandrette Retorter.

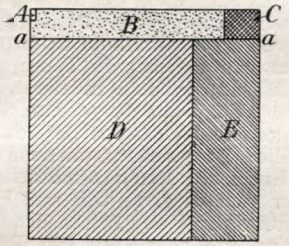


Fig. 81. Tjære fra skraa Retorter.

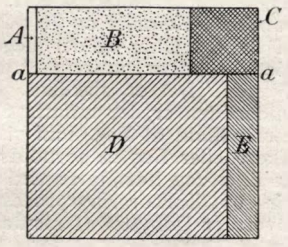


Fig. 82. Tjære fra lodrette Retorter.

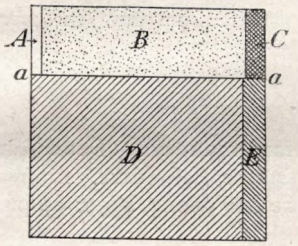


Fig. 83. Koksovnstjære.

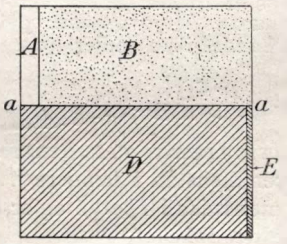


Fig. 84. Vandgastjære.

Arealet under *a*—*a* Destillationsresten.
A de mættede Kulbrinter i Destillatet,
B de ikke mættede Kulbrinter i Destillatet,
C de iltede Kulbrinter eller Phenoler og Kresoler,
D Indholdet af Beg,
E Mængden af frit Kulstof.

I tidligere Tid, da man ønskede Gas med stor Lysvirkning, og man ikke satte særlige Stoffer til for at opnaa dette, indeholdt Gasværkstjære i Almindelighed meget mindre frit Kulstof og havde en betydelig mindre Vægtfylde.

Koksovnstjære fremstilles ved Destillation af bituminøse Kul i Ovne eller Retorter, der først og fremmest er beregnede paa Fremstilling af store Mængder Koks. De Ovne, som er byggede til Fremstilling af Tjære og andre flygtige Dele af Kullene, kaldes Biprodukt-Koksovne. Der er mange forskellige Typer af Koksovne; Biprodukt-Koksovne er meget større end Gasværksretorter; mange af de moderne Ovne er over 12 m lange, 8 m brede og næsten 4 m høje, og kan rumme fra 12—16 ts Kul. Disse Ovne er byggede af ildfaste Sten. Paa Grund af de store Mængder Kul, der rummes i disse Ovne, foregaar Destillationsprocessen langsommere end ved Gasfremstillingen, og da Hovedfremstillingen er Koks, holdes Destillationstemperaturen sædvanligvis lavere end ved Gasfremstillingen. Dette faar som Følge, at den fremstillede Tjære kun indeholder en ringe Mængde frit Kulstof, og det angives, at Mængden for de forskellige Typer af Ovne som Middel kan ligge mellem 3 og 17 pCt.

Den typiske Karakteristik for en middel Koksovnstjære er vist i Diagrammet i Fig. 83. De paaskrevne Bogstaver har samme Betydning som i Diagrammerne for Gasværkskultjære i Fig. 80, 81 og 82. Ved Sammenligning med Fig. 80 vil man se, at Koksovnstjære i Almindelighed indeholder en noget mindre Procentmængde Begrest end de lodrette Gasværksretorters Tjære. Paa Grund af det meget lavere Procentindhold af frit Kulstof (Arealet E) indeholder Koksovnstjære i Virkeligheden en større Procent Beg end vist ved Arealet D. Da Begindholdet er den virkelige Bindeevne, er det klart, at en given Mængde raffineret Koksovnstjære vil strække længere som Bindemiddel end den samme

Mængde raffineret Gasværkstjære fra vandrette Retorter. De skraa og lodrette Retorttjærer i Fig. 81 og 82 ligner i denne Retning Koksovnstjæren. Man vil se, at Koksovnstjære ligesom Gasværkstjære kun indeholder en lille Mængde mættede Kulbrinter (Arealet A), men især er sammensat af ikke mættede Kulbrinter, fremstillede ved Arealet B. Ligesom Gasværkstjære indeholder de en kendelig Mængde Tjæresyre (Arealet C).

Vandgastjære er tynde, olieagtige Væsker med en Vægtfylde mellem 1,0 og 1,1. Den fremstilles i en Atmosfære, der er rig paa Brint, og det er sandsynligt, at Overskudet af Brint tildels er Skyld i nogle af de Forskelligheder, der er imellem Vandgastjære og Kultjære. En af disse Forskelligheder er den større Mængde af Methyl. Da de oprindelige Olier kun indeholder lidt eller intet Kvælstof og Ilt, mangler Kvælstof- og iltholdige Forbindelser næsten fuldstændig i Vandgastjære. Af samme Grund indeholder raa Vandgastjære ikke Ammoniakvand. Svovlholdige Stoffer kan findes i Vandgastjære, ligesom i Kultjære. Det relative Indhold af forskellige Dele i en typisk Vandgastjære er vist i Diagrammet i Fig. 84, som direkte kan sammenlignes med Fig. 81—83. Ved Sammenligning af Diagrammerne for Kultjære vil man se, at Procentindholdet af Tjære under Linjen aa er forholdsvist lavt, idet det kun naar op til 57 pCt. mod 87 pCt. ved Tjære fra vandrette Retorter og 70 pCt. ved Koksovnstjære. Dette skyldes det højere Procentindhold af flygtige Olier og det meget lavere Procentindhold af frit Kulstof. Det frie Kulstof (Arealet E) udgør omtrent 1 pCt. af den raffinerede Tjære og mindre end 1 pCt. af hele Tjæren. Det er sjældent, at raa Vandgastjære indeholder over 2 pCt. frit Kulstof, og undertiden er der mindre end 0,1 pCt. Dette betyder selvfølgelig, at der er et stort Procentindhold af Beg, som vist ved Arealet D, skønt det totale Procentindhold af raffineret Tjære eller Beg er forholdsvis lille. Mængden af mættede Kulbrinter er, skønt Arealet A er lille, dog lidt større end for Kultjære. Men i Almindelighed kan man sige, at jo mere virksom Karbureringsprocessen er med en given Olie ved Fremstillingen af Vandgas, desto lavere er Udbyttet af mættede Kulbrinter i den fremstillede Tjære. Dette forklares ved, at brudt Destillation af Olie vil give en forholdsvis høj Procent af kondensable mættede Kulbrinter, og fuldstændig Destillation kun lidt eller intet. Man vil se, at Arealet C, de iltede Kulbrinter, fuldstændig mangler i ovenstaaende Diagram. Dette er en af de fremtrædende Karakteristiker ved Vandgastjære, at Phenol, Kresol og Tjæresyre mangler. Vandgastjæredestillaterne er derfor næsten fuldstændig sammensatte af ikkemættede cycliske Kulbrinter.

Af *andre Tjæresorter* skal nævnes Højovnstjære og Oliegastjære, som dog ikke nærmere skal omtales, da de her i Landet ikke spiller nogen Rolle.

2. Olie og Beg.

Før Stenkulstjære destilleres befrir man den for Ammoniakvand. Dette kan gøres ved, at man lader Tjæren henstaa i længere Tid i større Beholdere. Ammoniakvandet, der er indblandet mekanisk i Tjæren og er lettere end denne, stiger op paa Overfladen, saa man kan lade det løbe af.

Undertiden driver man Afvandingen endnu videre enten ved Lufttørring eller ved Opvarmning.

Derefter udføres Destillationen af Tjæren, og dette gøres i Almindelighed saaledes:

Indtil 170°—200° destillerer Vanddamp og lette Olier, der især indeholder Benzin, Toluen og Xylen.

Mellem 200° og 240° C. destillerer de mellemtunge Olier, især Phenol, Kresol og Naftalin.

Mellem 240° og 270° C. destillerer de tunge Olier, der ogsaa kaldes Kreosotolier.

Over 270° destillerer Antracenolierne.

Omtr. ved 360° bliver den haarde Beg tilbage.

Man bruger ofte for alle Olier, der destillerer mellem 240° og 360° det fælles Navn »tunge Olier«.

Tunge Olier benyttes undertiden i Vejbygningen til at gøre Tjære flydende og haard Beg blød.

Under Navn af Kreosotolie anvendes de til Imprægnering af Klodser til Træbrolægning.

De tunge Olier har en lys grøngul Farve, der, naar de nogen Tid har været udsat for Luftens Paavirkning bliver mørke.

Beg indeholder de mindst flygtige Bestanddele af Tjæreolien som Antracen; des-

uden indeholder det frit Kulstof og visse andre Stoffer, der vanskelig kan defineres.

Man faar blød Beg, der bliver blød ved 40° og smelter ved 60°, naar man standser Tjæredestillationen, før Antracenen gaar over, eller sagt paa anden Maade, naar Destillatets Vægtfylde kommer op til 1,09.

Man faar haard Beg, der bliver blød ved 100° og smelter mellem 150° og 200°, naar Destillationen fortsættes, indtil Destillatets Vægtfylde bliver 1,12.

Imellem dem faar man halvhaard Beg, der bliver blød ved 60° og smelter ved 100°.

God Beg bestaar omtrent af 75 % Kulstof, 8 % Kulbrinter, 16,55 % Kulilter og 0,45 % Aske. Begs Vægtfylde er omtrent 1,3.

Oftest driver man Tjæredestillationen til 300°—360°, og man faar da haard Beg, som man ved en passende Tilsætning af tung Olie giver den Haardhed, som man ønsker.

Haard Beg er ved sædvanlig Temperatur et haardt Legeme, meget skørt og med sort muslet Brud, der minder om Jet.

Blød Beg er mere skinnende og mere sort end haard Beg, hvis Farve undertiden falder lidt i det graa.

Naar Beg er gjort blød ved Opvarmning, forbliver den temmelig længe plastisk; naar den bringes i Berøring med godt tørrede Sten har den en kendelig Vedhængning.

Det frie Kulstof, d. v. s. den sorte pulverformede Rest, der ligner Skorstenssod, og som bliver tilbage paa Filtret, naar man filtrerer Tjære eller Beg, opløst i Svovlkulstof, er ikke ren Kulstof, men en Blanding af Kulbrinter, meget rige paa Kulstof, der har dannet sig under Tjærens Destillation ved Varmens Virkning. Det er ikke flygtigt; derfor finder man det altid i Beg og i Resterne fra Tjæredestillationen.

3. Betingelser for Levering af Tjære og Beg til Vejbrug.

Saa sammensatte Stoffer, som Tjære og Beg kan selvfølgelig frembyde mangfoldige Forskelligheder; nogle af dem er egnede til Vejbrug, andre ikke.

Spørgsmaalet er endnu ikke helt undersøgt, men i Øjeblikket kan man vistnok gaa ud fra følgende for Tjære:

Der bør ikke være Vand i Tjære, da Tilstedeværelsen af Vand og især af Ammoniakvand formindsker Vedhængningen ved Sten. Det faar desuden Tjæren til at skumme, naar den opvarmes.

Tjæren maa ikke indeholde for mange lette Olier, der gør Tjæren blød i Solskin. Derimod bør den indeholde tilstrækkelig mange mellemtunge og tunge Olier, for at de tynde Lag, hvori den tørrer, ikke skal blive helt uelastiske.

Et stort Indhold af frit Kulstof formindsker Tjærens Vedhængning og Overtrækkets Uigennemtrængelighed; et lille Indhold fremmer Hærdningen.

Naftalin gør Tjære flydende. Men dette Stof fordamper meget let, derfor kan et Tjærelag, der tilsyneladende er meget plastisk, naar det udlægges, i Løbet af en vis Tid blive skørt. Hvis Tjærens Flyden især skyldes Tilstedeværelsen af ikke flygtige Olier, holder den sig meget længere, end hvis den skyldes et stort Indhold af Naftalin.

De Temperaturer, ved hvilke Beg bliver blød og smelter, har afgørende Betydning for dens Holdbarhed ved Vejarbejder. Det er af dens Haardhed og Elasticitet imellem de Temperaturer, som den er udsat for i Vejen, at dens heldige Anvendelse afhænger. Et stort Indhold af frit Kulstof i Beg er altid skadeligt.

For Levering af Tjære og Beg til Vejarbejder har Dansk Ingeniørforenings tekniske Vejkomité udsendt Leveringsbetingelser.

4. Bitumen, Asfalt og Jordolie.

De Kulbrinter, der findes i Naturen og som gaar under Betegnelserne Bitumen, Asfalt og Jordolie, er enten faste eller flydende. Der findes forskellige Teorier for disse Stoffers Oprindelse.

Efter den ene Teori skulde de naturlige Kulbrinter i Bitumen, Asfalt og Jordolie være dannede i Jordens Indre ved kemiske Indvirkninger paa mineralske Stoffer, hvorefter de er blevet ført op til Jordens Overflade ved vulkanske Kræfter.

Efter den anden Teori skulde Jordolie, Bitumen og Asfalt være dannet af Stenkul eller af Planter fra andre geologiske Perioder ved den stærke Varme i Jordens Indre, ved Trykket eller ved vulkanske Virkninger. Kulbrinterne skulde derefter ved Destillation eller ved vulkanske Begivenheder være blevet ført hen, hvor man nu finder dem.

Efter den 3die Teori, som man nu maaske er tilbøjelig til at foretrække, skulde Raaolie, Bitumen og Asfalt være dannet ad ren organisk Vej ved Dekomposition af Vandplanter. I Tidens Løb har Kulbrinterne, der imprægnerede disse Lag gennem Revner i Jorden kunnet komme frem til Overfladen langt fra det Sted, hvor de blev dannede.

Den egentlige Asfalt er i fast Form en tæt, sortglinsende eller sortebrun, begagtig Masse med muslet Brud, der, naar den gnides eller opvarmes udvikler en ejendommelig bituminøs Lugt. Ved en Temperatur mellem 20^0 og 40^0 bliver den plastisk, senere flydende og ved 230^0 C brænder den med stærkt osende Flamme. Asfalt opløses vanskeligt i Alkohol, let i fede Olier, Æther og Svovlkulstof. Dens Haardhed er omtrent 2, dens Vægtfylde 1,16.

Det fortælles, at Noah har brugt Bitumen, da han byggede Arken, det brugtes i Ægypten til Balsamering og anvendtes af Assyrerne og Romerne; en af de længst kendte Asfaltsorter er Judæas Bitumen, der findes i Kalkklipperne i Jordans Dal og ved det døde Hav; den mangler Smidighed og bruges derfor ikke til Vejbygning.

I Egnene ved den mexikanske Bugt, er der store Lejer af naturlig Asfalt. Det mest berømte af disse Lejer er Øen Trinidad. Hovedlejet er en omtrent cirkelrund Sø paa 40 ha Størrelse, hvis Overflade ligger 40 m over Havet. Det Produkt, man her udvinder, kaldes Trinidad Asfalt (Trinidad lake asphalt).

Mellem Søen og Kysten er der andre Findesteder, mer eller mindre dækkede af Jord, hvor Asfalten desuden er blandet med Jord; disse Findesteder er dannede ved Afløb fra Søen eller direkte fra de underjordiske Kilder. Den Asfalt, man her faar kaldes Trinidad land asphalt.

Der er boret indtil 40 m ned i Søen, og i hele denne Tykkelse har man meget nær fundet en ganske ensartet Asfalt. Bruddene, hvori man arbejder, fyldes af sig selv, idet Massen har en vis Plasticitet.

Trinidad-Sø-Asfalt, der er den, der foretrækkes, viser sig i raa Tilstand som en meget ensformig og lidet kompakt Blanding af Bitumen, fint Sand, Ler og Vand, idet Sammensætningen i Almindelighed er af ren Bitumen 39,3 %, Sand og Ler 30,5 %, Vand 29 % og mineralske Stoffer 1,2 %.

Naar Asfalten udsættes for Luftens Paavirkning, afgiver den en stor Del af sit Vandindhold; ved Opvarmning uddrives det helt.

De mineralske Stoffer er meget fintdelte og bestaar især af Kvarts og Lerjord; Kornenes store Finhed og deres fuldstændige Fordeling i Massen gør dem til et udmærket Fyldmateriale, og et saadant er man altid nødt til at blande i ren Bitumen, der skal anvendes til Vejbrug.

Asfalten raffineres ved Destillation og mister derved sit Vandindhold og bliver kompakt; den raffinerede Asfalt har muslet Brud og sort Farve; Vægtfylden er 1,40, den bliver blød ved 82^0 C. og smelter ved 88^0. Den indeholder 56,5 % ren Bitumen, 36 % mineralske Stoffer og 7,5 % organiske Stoffer, uopløselige i Svovlkulstof.

Foruden paa Trinidad findes der Asfaltlejer paa Bermuda, paa Maracaibo, paa Kuba og i de forenede Stater.

I Europa findes der Asfaltlejer ved Selenitza i Albanien.

De fleste Asfaltsten er Kalksten, imprægnerede med Bitumen. Et Asfaltleje bestaar ofte af flere Lag over hinanden med forskelligt Bitumenindhold. Dette Bitumenindhold kan endogsaa variere i samme Lag, saa man bliver nødt til at undersøge det udvundne Produkt.

De vigtigste Kalkasfaltlejer, der i Øjeblikket drives i Europa, er i Frankrig Seyssel og Lobsann, i Schweiz Val de Travers, i Italien Catania, Syrakus og Ragusa, i Tyskland Limmer og Vorwohle og i Grækenland Marathon.

Bitumenindholdet i de europæiske Lejer ligger imellem 6 og 15 %. Asfaltstenen har Farve som Chokolade, mere eller mindre mørk efter Bitumenmængden; naar den behandles med Svovlkulstof bliver den hvid og porøs.

Som Eksempel paa Asfaltens Sammensætning skal anføres følgende Tabel:

	Californien	Kuba	Mexiko	Trinidad	Venezuela
Bitumen	38—85 %	24—68 %	35—94 %	35—40 %	45—95 %
Uorganiske Stoffer	60— 8 -	73—26 -	55— 4 -	41—26 -	40— 2 -
Organiske Stoffer	1 -	2— 1 -	8— 2 -	10— 4 -	7— 1 -
Vand	2— 6 -	1— 5 -	2 -	14—30 -	8— 2 -
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Asfaltstenen forekommer som Regel i svagt hældende Lag af vekslende Tykkelse; den brydes i Stoller eller i aabne Brud, og efter at mindre værdifulde Stykker er frasorterede, slaas den itu i Knusemaskiner og males til Pulver i Møller eller paa anden Maade, der senere skal omtales. Stenens Brugbarhed til Vejbygning afhænger især af dens Finkornethed, af Art og Mængde af Bitumen, der findes i den, og af den Regelmæssighed og Fuldstændighed, med hvilken den er gennemtrukket af den bituminøse Masse. Der findes forskellige Metoder til at undersøge dens Godhed; dog kan til syvende og sidst kun mangeaarig Erfaring give et sikkert Kendskab til Materialets Anvendelighed.

Efter Durand Claye skal angives følgende Analyse:

Tabel 1.

	Val de Travers pCt.	Seyssel pCt.	Lobsann pCt.	Sicilien pCt.
Vand og andre ved 100° flygtige Bestanddele	0,50	1,90	3,40	0,80
Bitumen	10,10	8,00	11,90	8,85
Kulsur Kalk	87,95	89,55	69,00	87,50
Kvartssand	—	—	3,05	0,60
Lerjord og Jernoxyd	0,25	0,15	5,70	0,90
Svovl	—	—	5,00	—
Kulsur Magnesia	0,30	0,10	0,30	0,95
I Syre uopløselige Stoffer	0,45	0,10	—	—
Ikke bestemmelige Stoffer og Tab	0,45	0,20	0,20	0,40
	100 pCt.	100 pCt.	100 pCt.	100 pCt.

I. W. Howard angiver for amerikanske Asfaltsten:

Tabel 2.

	Californien pCt.	Indianerterritoriet pCt.	Texas pCt.	Utah pCt.	Kentucky pCt.
Bitumen	6,47—29,60	3,0 —12,30	3,11—11,65	6,34—36,28	4 —10.70
Kulsur Kalk	9,10	80,00	90,30— 0,03	8,02—29,52	—
Kvartssand	89,73—45,40	96,90— 4,43	88,32	82,87— 6,46	95,63—89,30
Lerjord	15,90	0,10— 1.11	6,0	27,74	—
Kulsur Magnesia	—	1,86	0,3	—	—
Forskelligt	3,80	0,30	0,29	2,77	0,37
	100 pCt.	100 pCt.	100 pCt.	100 pCt.	100 pCt.

Asfaltstenen er ikke smeltelig; opvarmer man den passende, falder den hen som et chokoladebrunt Pulver; ved Overhedning ved omtrent 150° C. uddrives Bitumen. For at smelte Asfaltstenen, maa man tilsætte Bitumen, og hertil egner enhver naturlig Asfalt sig. Som Regel bruger man hertil Trinidad- eller Kuba-asfalt, efter at denne har været underkastet en særlig Behandling; man forflygtiger nemlig Massen for at fordampe det i den værende Vand og for at faa Ler og andre jordagtige Tilsætninger til at bundfælde; og for at erstatte den Bitumen, der paa denne Maade fordamper, er det, at man tilsætter den nævnte Asfalt.

Som ovenfor omtalt var Asfalten allerede kendt i Oldtiden, men i Middelalderen gik den i Forglemmelse, indtil i 1711 en græsk Læge, Eirinis, der levede i Schweiz, fandt den i Val de Travers, men først i 1830-erne begyndte man at anvende den til Vejbygning, idet en Grev Sassenay, der havde købt Gruberne i Seyssel, fik lagt nogle Fortove i Paris og Lyon med Støbeasfalt.

5. Raaolie.

De flydende Kulbrinter — Raaolie — findes i Almindelighed i Sand. Nogle Raaolier er ikke sammenbindende og kan ikke gøres sammenbindende, og dette er f. Eks. Tilfældet med Raaolierne fra Rumænien, Galizien og Kaukasus.

Andre Raaolier er bituminøse, og man uddrager af dem Asfalt og Bitumen ved Destillation eller ved anden passende Behandling.

Saaledes findes der i Pechelbronn et Raaolieleje, hvoraf visse Lag er bituminøse; ved Vaskning med kogende Vand uddrager man en sejgtflydende mørkebrun Asfalt.

Men det er især i Nordamerika og Mexico, at der i de sidste halvthundrede Aar har udviklet sig en stor Jordolieindustri. De vigtigste Centrer findes i Canada, Californien, Texas, Pennsylvanien og i det nordligste og mellemste Mexico. I det store og hele er den amerikanske Jordolie desto mere bitumenholdig, jo længere man kommer mod Sydvest.

De bituminøse Jordolier fra Kalifornien, Texas og Mexico er i de senere Aar blevet en Hovedkilde for Fremstillingen af Asfalt og Bitumen til Vejbygning og gaar under forskellige Navne som Mexphalt, Texaco o. s. v.

Disse asfaltiske Stoffer udvindes af Jordolien ved Destillation eller ved Iltning (Blæsning).

De Stoffer, der fremkommer som Destillationsrest eller ved Iltning af Jordolie, bestaar næsten udelukkende af ren Bitumen, opløselig i Svovlkulstof (99—99,9 %).

6. Flux.

Asfalt og Bitumen anvendes sjældent, saaledes som de fremkommer paa Findestedet eller efter Raffinering. Deres Egenskaber er forskellige i varmt og koldt Klima, saa man i de fleste Tilfælde er nødt til at sætte et Flux til, hvis Mængde i hvert enkelt Tilfælde maa bestemmes.

Som Flux anvender man som Regel tunge Olier af Jordolien, der faas ved brudt Destillation af Jordolie, umiddelbart efter at de lette Olier er destillerede over.

I Europa bruger man ofte som Flux Skiferolie eller bituminøse Olier fra Pechelbronn.

7. Betingelser for Levering af Bitumen og Asfalt.

Som ovenfor omtalt skal Bitumen og Asfalt tilberedes paa forskellig Maade, bl. a. efter det Klima, i hvilket de skal bruges.

Man kan altsaa ikke opstille almindelige Betingelser, men man maa for hvert

enkelt Arbejde opstille sine Betingelser efter de Erfaringer, der er gjort paa Stedet ved lignende Arbejder.

U. S. A.'s Department of Agricultures Vejkontor har sammenstillet Resultaterne af en Række Forespørgsler til Producenter og Vejmyndigheder for derved at komme til Klarhed over, hvilke Betingelser disse Stoffer skal opfylde, for at man kan vente at faa et godt Resultat i et bestemt Klima; som Eksempel skal nævnes:

Bitumen og Asfalt af Jordolie fra Meixco, Texas og Kalifornien til Sandasfalt

		i den nordlige Del af U. S. A.		i den sydlige Del af U. S. A.
Vægtfylde ved 25° C.	mindst	1,020	mindst	1,020
Flammepunkt	»	175° C.	»	175° C.
Destillationspunkt		40°—60° C.		45°—65° C.
Haardhed ved 25° C (Dow)		50—60		40—50
Tab ved Ild ved 163° C. i 5 Timer	højest	1 %	højest	1 %
Destillationsrestens Haardhed ved 25° C.	mindst	30	mindst	25
Bitumen opløseligt i CS	»	99,5 %	»	99,5 %
Uopløselige organiske Bestanddele	højest	0,2 %	højest	0,2 %

§ 16. Prøvning af Tjære, Beg, Bitumen og Asfalt.

De Prøver og Forsøg, som man i Laboratoriet underkaster Tjære, Beg, Bitumen og Asfalt, der bruges til Vejarbejde,[1]) enten for at identificere dem eller for at bestemme deres Egenskaber, omfatter Prøver for

Tjære og Tjæreprodukter:

Vægtfylde.
Viscositet (for flydende Stoffer og for Stoffer, der i Varme let gøres flydende.)
Konsistens (for sejge eller halvfaste Stoffer, der vanskeligt underkastes Viscositetsprøven.)
Destillation.
Smeltepunkt (for Beg.)
Flammepunkt og Brændepunkt.
Opløselighed i Svovlkulstof.
Indhold af frit Kulstof.
Indhold af Naftalin.

Bitumen og Asfalt.

Vægtfylde.
Viscositet (for flydende Stoffer og for Stoffer, der i Varme let gøres flydende.)
Konsistens (for sejge eller halvfaste Stoffer, der vanskeligt underkastes Viscositetsprøven.)
Penetration (undtagen for flydende Stoffer eller for Stoffer, der er flydende ved alm. Temperatur).
Iltelighed.
Smidighed.
Flygtighed og Konsistens af Residuum.
Smeltepunkt (for faste eller halvfaste Stoffer ved alm. Temperatur).
Flammepunkt og Brændepunkt.
Indhold af Bitumen og af Stoffer, der er uopløselige i Svovlkulstof.
Indhold af Bitumen, der er opløselig, og af Bitumen, der er uopløselig i Naftaolie ved 88° B.
Indhold af Bitumen, der er uopløselig i Kulstoftetraklorid.
Indhold af fast Kulstof.

I Almindelighed forlanges følgende Prøver udført:

Det bituminøse Stof skal være homogent og ikke brænde, naar det opvarmes til 177° C. Vægtfylden ved 25° C skal ligge imellem 1,000 og 1,045. Smeltepunktet skal bestemmes ved Tærningmetoden eller ved Ring- og Kuglemetoden. Penetrationsmetoden anvendes som Regel til Asfalt, og Viscosimeter og Flydeprøve til blød Asfalt, Tjære og Jordolier. Temperaturen, ved hvilken Prøverne udføres, skal opgives.

Stoffets Flygtighed maales ved Tabet ved Destillation ved 163° C i 5 Timer, og det maa ikke være over 2 pCt. Penetration og Vægtfylde for Destillationsresten angives ogsaa.

[1]) P. Le Gavrian: Les chaussées modernes, Paris 1922. S. 84.

Opløseligheden maales enten ved Svovlkulstofprøven, idet den totale Mængde Bitumen, der er opløselig heri, ikke maa være mindre end 90—99 pCt.; der angives at Mængden af organisk Stof, der er uopløseligt, ikke er over pCt., og at Mængden af uopløseligt uorganisk Stof ligger imellem pCt. og pCt.

Opløseligheden kan desuden bestemmes ved Opløsning i Kulstoftetraklorid eller i Parafinnafta.

Mængden af fast Kulstof angives i Procent og Strækbarheden i Centimeter.

Ved de forskellige Prøver anvendes følgende Metoder.

Vægtfylde. — Vægtfylden bestemmes i Almindelighed ved 25° C. Maalingerne udføres paa sædvanlig Maade, ved Beaumé's Areometer, hvor det drejer sig om meget flydende Stoffer, som Oliер og visse Tjæresorter; ved Flaskemetoden og med Pyknometer ved flydende Stoffer, og ved Flaskemetoden eller Vægt for faste Stoffer.

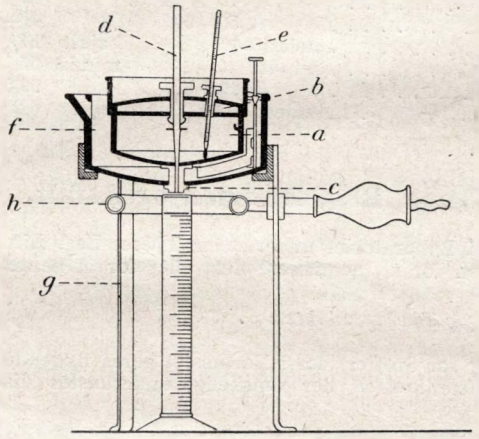


Fig. 85. Englers Viscosimeter.

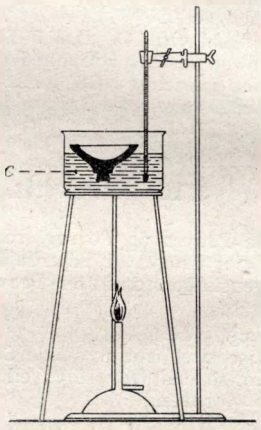


Fig. 86. »Flydeprøven«.

Viscositet. — Viscositeten af et flydende Stof maales, ved at man bestemmer dets Modstand imod at løbe gennem en Afløbningsaabning af en bestemt Størrelse og ved en given Temperatur og et givet Tryk, — og ved at sammenligne med Modstanden for Udløb af et lige saa stort Rumgang Vand.

Engler's Viscosimeter er det, der i Almindelighed bruges (Fig. 85). Det bestaar af en cylindrisk Kobberbeholder a, og paa denne sidder et Laag b, og i Bunden er der boret en Udløbsaabning med 2,9 mm Diameter. Denne Udløbningsaabning forlænges med et let konisk Rør c, der er 20 mm langt, og hvis indvendige Diameter er 2,9 mm foroven og 2,8 mm forneden. Udløbsaabningen og Røret c kan lukkes ved en bevægelig Stang d. — Den indvendige Væg i Beholderen a har nogle fremstaaende Spidser, der gør det muligt nøjagtigt at regulere Indholdet, saa man faar netop det Rumfang (240 cm^3), som skal undersøges. I Laaget er der 2 Huller, og igennem det ene af disse stikkes den omtalte Stopper d, igennem den anden et Termometer.

Apparatet er anbragt i et Kar f, fyldt med kogende Vand; Afløbsrøret c gaar igennem Bunden af dette Kar.

Naar Væsken er fyldt paa Viscosimeteret, giver man den den ønskede Temperatur t^0, og derefter løfter man Stopperen d. Vædsken løber saa ud gennem Afløbsaabningen og Røret c; den opsamles i et Maaleglas, og man skriver den Tid op, der er medgaaet til at et bestemt Rumfang, f. Eks. 100 cm^3, er løbet ud gennem Afløbsaabningen.

En Gang for alle har man, med samme Viscosimeter, bestemt den Tid 100 cm^3 Vand ved 25° C bruger for at løbe ud eller n_{25} Sekunder. Ved den specifike Viscositet ved t^0 forstaar man Forholdet

$$V_t = \frac{N_t}{n_{25}}.$$

I Almindelighed bestemmer man flydende og især meget flydende Stoffers Viscositet ved 25° og ved 100°. Lidet flydende Stoffers Viscositet bestemmes ved 50° og 100°. Den specifike Viscositet henføres altid til Vand ved 25° C.

Konsistensprøven. — Denne Prøve er især i Brug i Amerika for Stoffer, der er for faste til at de let kan undersøges paa Viscosimeteret, og den udføres ved Hjælp af et Apparat, der er konstrueret paa Materialprøvelaboratoriet i New York. Det bestaar af en

Skaal a af Aluminium, der i Bunden har en Udløbsaabning, der indvendig er skrueskaaret, og af en Kobberhals b, der er lidt kegleformet, og kan skrues op i Hullet i Skaalen (Fig. 86—88).

Man smelter saa en lille Mængde af Stoffet og fylder det i den omtalte Hals, saaledes at den bliver helt fyldt; derpaa anbringer man den saaledes fyldte Hals i 15 Min. i et Bad, der holder ved en Temperatur af 5° C.



Fig. 87—88.

Derpaa skrues Halsen ind i Bunden af Skaalen, og det hele anbringes i et Bad c, hvor Vandet i Forvejen er opvarmet, i Almindelighed til 50° C.; i Stedet for denne Temperatur kan bruges 32° C., hvis man skal undersøge mindre faste Stoffer, eller man kan anvende 100° C., hvor det drejer sig om Stoffer med højere Smeltepunkt. Skaalen flyder saaledes som angivet i Fig. 86, og derfra hidrører Forsøgets Navn »Flydeprøven«.

Det varme Bad gør den Prop af Stoffet, der sidder i Halsen, flydende, og Vandtrykket fra neden faar saa Vandet til at strømme op i Beholderen, som derved gaar tilbunds. Den Tid i Sekunder, som gaar imellem det Øjeblik, Skaalen anbringes i det varme Bad, og det Øjeblik, hvor den gaar tilbunds, giver et Maal for Konsistensen af det undersøgte Stof.

Denne Prøve er ogsaa paa en Maade en Prøve for Viscositeten, fordi den Tid, den varer, afhænger af den Tid, det tager for Stoffet at løbe igennem Flaskehalsen, men til Forskel fra det, der foregaar i Viscosimeteret er Temperaturen ved denne Prøve ikke konstant, men varierer kontinuerligt under hele Prøven.

Flydeprøven paavirkes mindre end Prøven med Viscosimeteret af Tilstedeværelsen af uvirksomme fintfordelte Stoffer, og Grunden hertil er, at Udløbsaabningen er større.

Penetrationsprøven. — Dette er en af de ældste Prøver og en af de Prøver, der mest almindeligt bruges til at bestemme Konsistensen af faste og halvfaste Stoffer.

Der findes et stort Antal Penetometre, som Dows Apparat, Materialprøve-Laboratoriet i New Yorks og Bowen's Apparater o. s. v.

De gaar alle ud fra samme Princip. En Naal med bestemt Tværsnit belastes med en kendt Vægt og føres ned imod den Prøve, der skal undersøges. — Naalen holdes tilbage ved en særlig Indretning, saa den ikke trænger længere ned, end man ønsker.

Ved at man sætter en Udløser i Virksomhed, bliver Naalen fri, saa den kan trænge ned i Prøven, og derpaa griber Udløseren igen Naalen efter en given Tids Forløb. Den Dybde, hvori Naalen er trængt ned, giver et Maal for Penetrationen ved Forsøgstemperaturen.

I *Dow's* Penetrometer (Fig. 89), der er det mest anvendte, er Naalen lodret. Den er 50,8 mm lang og har et cirkulært Tværsnit med 1,016 mm Diameter og ender i en 6,35 mm lang Spids. Dens totale Vægt er 100 Gram. Den Tid, i hvilken Naalen er fri og kan bore sig ned i Prøven, er 5 Sekunder, der maales ved et Pendul eller ved en Urmekanisme, der automatisk standser Naalen. Naalens lodrette Nedtrængning overføres til en Viser, der bevæger sig over en inddelt Skive, hvor hver Inddeling repræsenterer $^1/_{10}$ mm Nedtrængning.

Det Antal Inddelinger, som Viseren passerer hen over, giver et Maal for Penetrationen.

Prøven foretages i Almindelighed ved 25° C., idet Stoffet anbringes i Vand af denne Temperatur, men man kan selvfølgelig ogsaa udføre Prøverne ved forskellige Temperaturer, hvis man finder det nyttigt.

Det er af Betydning, at man udfører Forsøgene med Prøver, der altid har samme Form og Tykkelse. Derfor støber man ofte Stoffet ud i en cylindrisk Æske med flad Bund med 55 mm Diameter og 35 mm Højde.

Man bør med samme Stof udføre mindst 3 Prøver og derefter tage Middeltallet af Resultaterne.

Ved disse Maalinger bør Naalen være mindst 10 mm fra Siderne af den Æske, hvori Prøven er; der bør mindst være et Mellemrum paa 10 mm mellem de Steder, hvor man ved disse Prøver efter hinanden anvender Naalen.

Ved *Bowen's* Penetrometer er Naalen gjort fast til en inddelt Vægtstang, hvis Bevægelse overføres til en inddelt Urskive. Bowen's Inddeling, der er vilkaarlig, giver Tal, der omtrent ligger 20 Points højere end Dow's.

Iltelighedsgraden. — Bestemmelsen af Penetrationen giver et Middel til ligeledes at maale den større eller mindre Lethed, hvormed Bitumen og Asfalt iltes.

Man har lagt Mærke til, at ved høje Temperaturer, 200—300° C., iltes Bitumen hurtigt og bliver haard, i det mindste i de Dele af Overfladen, der er udsat for Luften (Blæsning).

Man bestemmer altsaa først paa Penetrometret den Dybde, hvori Naalen trænger ned ved 25° C. Og derefter, efter at Prøven i 5 Timer er blevet holdt ved en konstant

Temperatur paa 260°, og saa være ført tilbage til en Temperatur af 25° C., maaler man igen Penetrationen. — Iltelighedsgraden skønnes saa efter Differencen mellem de to Resultater.

Smidigheden. — Man maaler Smidigheden ved Hjælp af *Dow's* Maskine, hvori Princippet er følgende.

Prøven, der skal undersøges, har Form som en Slags Briket 3 · 1 · 2 cm og tages af 2 Kæber, af hvilke den ene er fast og den anden bevægelig. Den bevægelige Kæbe er monteret paa en Skrue, saa den jævnt kan fjernes fra den første Kæbe, og Bevægelsen foregaar hen over en Maalestok, inddelt i Centimeter og Millimeter.

Det hele er anbragt vandret i et Vandbad, hvis Temperatur man regulerer til 25° C., og Briketten ligger 30 Min. heri, inden Strækningen udføres.

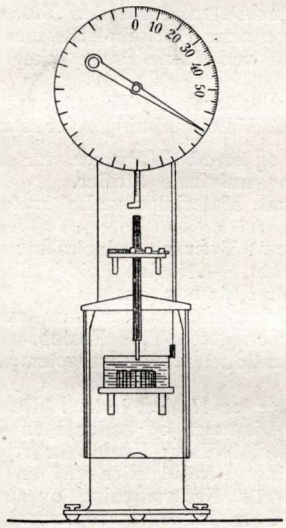


Fig. 89. Dows Penetrometer.

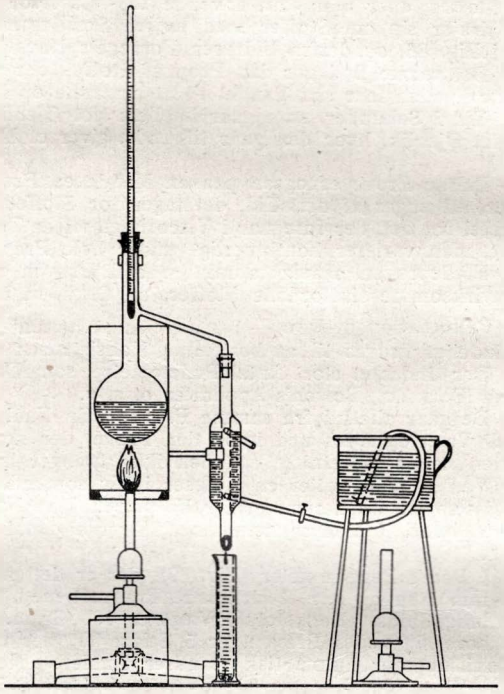


Fig. 90. Destillationsapparat.

Naar man bevæger Skruen jævnt med en Hastighed af 50 mm pr. Min. enten med Haanden eller hellere mekanisk, forlænges Briketten, bliver tyndere og brydes derefter itu. Man læser saa paa Maalestokken den Længde, som Prøven har naaet i Brudøjeblikket. Dette Tal i cm er et Maal for Smidigheden af det Stof, der prøves, ved den Temperatur, ved hvilken Forsøget er blevet udført.

Destillationsprøven. — Denne Prøve, der især udføres med Tjære, udføres paa følgende Maade, der anbefales af den amerikanske Materialprøveforening.

Prøven skal først befries for sit Vandindhold, hvis der er et saadant. For at gøre det, fylder man 500 cm³ i en Destillerkolbe af Kobber, der kan rumme 800 cm³, og man opvarmer Destillerkolben langsomt med en Rundbrænder med kort Flamme, idet man begynder foroven og efterhaanden gaar ned efter. Man samler Vandet og de lette Olier, der gaar over ved Destillationen, skiller Vandet fra og tilsætter igen de lette Olier til Tjæreprøven. 100 cm³ af den afvandede Prøve hældes i en Ballon (Engler) paa 200 cm³, hvori der er et Termometer og som staar i Forbindelse med en Kondensator, der selv er omgivet af en Varmtvandskasse, som man benytter under Forsøget for at undgaa, at der skal afsætte sig noget paa Kondensatorens Vægge (Fig. 90).

Ballonen opvarmes i Vandbad til voksende Temperaturer, idet Prøven foretages saaledes:

Destillationen begynder ved 100° C.

1ste	Interval	.....	100—170° C.
2det	—	.....	170—235° -
3die	—	.....	235—270° -
4de	—	.....	270—300° -

Man opsamler Destillationsprodukterne i Maaleglas, et for hvert Interval. Resultaterne af den brudte Destillation — Destillationsresten indbefattet — udtrykkes i pCt. efter Vægt og efter Volumen i Forhold til den Mængde af Stoffet, der er benyttet ved Forsøget.

Flygtighedsprøven. — Denne Prøve erstatter i Almindelighed for Bitumen og Asfalt Destillationsprøven.

Hensigten med Prøven er at maale Vægttabet ved Fordampning for en given Mængde af Stoffet, anbragt i en Beholder med bestemte Dimensioner, hvor der vedligeholdes en bestemt Temperatur i en given Tid. Ved den Metode, der fra 1916 anbefales af den amerikanske Materialprøveforening, anvendes en afvandet Prøve paa 50 Gram, anbragt i en cylindrisk Æske med 55 mm Diameter, der i 5 Timer holdes ved en Temperatur paa 163° C i en særlig Ovn.

Denne Ovn (Fig. 91—92) bestaar af en cylindrisk Beholder b, der staar i en anden Beholder d og opvarmes ved en Gasrundbrænder e.

En aftagelig Mellembund anbragt i omtrent $^1/_3$ af Højden og udført af en Metalplade med en Belægning af Asbest bærer de smaa Æsker, der indeholder de Materialer,

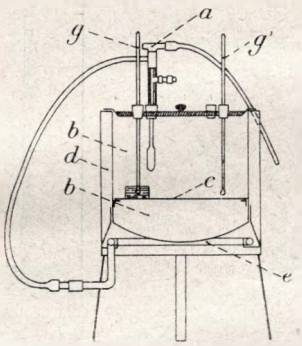


Fig. 91.

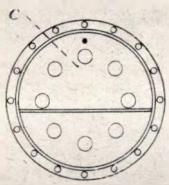


Fig. 92

der skal prøves. Denne Bund er gennemhullet, saa den varme Luft kan cirkulere imellem de to Dele af Beholderen. Denne er lukket med et Laag, i hvilket der er Aabninger for to Termometre g og g′ og en Regulatorhane a, der leder Gastilførslen til Brænderen. Laaget har endvidere Huller, gennem hvilke Gas og Dampe fra Fordampningen af Prøvestoffet kan slippe ud.

Af de to Termometre gaar det ene g′ blot ned i Luften, medens det andet g gaar ned i en lille Beholder med tung ikke flygtig Olie. Det er dette sidste, der giver den virkelige Temperatur, ved hvilken Prøven udføres; det første Termometer skal blot angive de Spring i Temperatur, som kan forekomme i den opvarmede Luft.

Apparatet opvarmes til de 163° C., førend de smaa Beholdere med Prøvestykket bringes paa Plads. De vejes før og efter Prøven; Vægtforskellen giver Indholdet af flygtige Dele, hvilket kaldes Tabet ved 163° C.

Man bestemmer derpaa Restens Konsistens paa Penetrometret, og det Tal, man derved faar, føjes næsten altid til Resultatet af Flygtighedsprøven.

Smeltepunkt og Blødhedspunkt. — Beg, Bitumen og Asfalt har ikke nogen bestemt kemisk Sammensætning, men er Blandinger af et stort Antal Stoffer og har derfor ikke noget nøjagtigt defineret Smeltepunkt. Et saadant Stof, der kan være haardt og skørt ved almindelig Temperatur, bliver, naar det opvarmes, mindre og mindre fast og bliver mere og mere blødt, indtil det til Slut bliver flydende, uden at man nøjagtigt kan sige ved hvilken Temperatur, det er gaaet over fra fast til flydende Form.

De Metoder, som man anvender for at bestemme Blødhedspunktet eller Smeltepunktet for Stoffer af denne Art er altsaa vilkaarlige og indbefatter en Definition af ren sædvanemæssig Art.

Man maa altsaa, naar man omtaler Smeltepunkt eller Blødhedspunkt for disse Stoffer samtidig nævne den Metode, der er anvendt ved Bestemmelsen, da Resultaterne for samme Stof kan variere betydeligt for de forskellige Metoder.

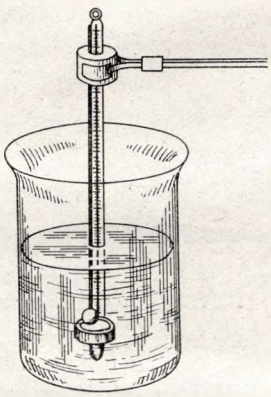
Metoden med Kuglen og Ringen. — Apparatet bestaar af en Kobberring med 15,875 mm indvendig Diameter, 2,385 mm tyk Væg og med 6,35 mm Højde, og en Staalkugle med 9,525 mm Diameter, der vejer omkring 3,50 Gram. Man fylder Ringen nøjagtigt med det Stof, der skal prøves og stryger det overskydende Materiale af med en varm Spatel og anbringer Ringen i et Glas med omtrent 400 cm³ Vand ved 5° C., saaledes at den ne-

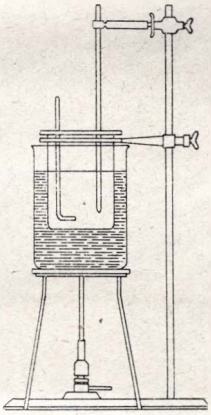
derste Del er nøjagtig 25,4 mm fra Bunden af Glasset. Kuglen lægges derefter midt i Ringen (Fig. 93).

Termometeret anbringes med sin Kolbe i Højde med Prøven og 12 mm fra den. Ved Temperaturer over 95° C bør man anvende Glycerin i Stedet for Vand. Materiale med højt Smeltepunkt er som Regel mindre følsomt overfor de almindelige Temperaturforandringer end Materiale med lavt Smeltepunkt; de er derfor mere tilfredsstillende til Forseglingslag eller som Bindemiddel end Materialer med lavt Smeltepunkt.

Man opvarmer derefter Vandet i Karret, saaledes at Temperaturen hæves regelmæssigt med 5° C i Minuttet. Stoffet i Ringen, der saaledes opvarmes, giver lidt efter lidt efter under Vægten af Kuglen. Den Temperatur, ved hvilken Kuglen falder ned paa Bunden og som man aflæser paa Termometret er Blødhedspunktet.

Terningmetoden (Fig. 94). Man smelter det Stof, der skal undersøges, i en Ske, indtil det er tilstrækkelig flydende. Det hældes saa ud i en kubisk Støbeform af Kobber, der er amalgameret med Kviksølv, og som er anbragt paa en amalgameret Kobber-





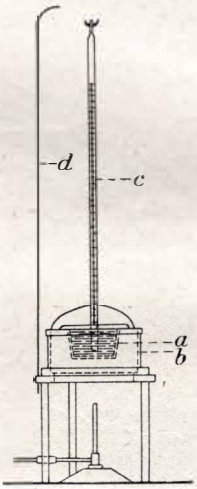


Fig. 93. Kugle og Ringprøven. Fig. 94. Terningprøven. Fig. 95.

plade. Det varme Materiale skal fuldstændig fylde Formen, og det overskydende stryges af med en Spatel. Efter at være afkølet til Værelsets Temperatur tages Terningen, der har 20 mm Sidelinie, ud af Støbeformen og gøres fast i en Traad Nr. 12, der bindes under rette Vinkler om Terningen, som hænges op ved Siden af et Termometer i et overdækket Glas med et Rumindhold af 400 cm^3, som anbringes i et Vandbad, eller, for høje Temperaturer i et Oliebad. Traaden skal gaa igennem Midtpunktet af 2 modstaaende Sider af Terningen, der hænges op med Underfladen 2,5 cm over Bunden af Glasskaalen. Vand- eller Oliebadet er en 800 cm^3 Glasskaal, der er anbragt saaledes, at det kan opvarmes fra neden. Glasskaalen, i hvilken Tærningen er hængt op, er et højt Glas uden ombøjet Rand; i Metallaaget er der 2 Aabninger; en Prop, hvorigennem Traaden gaar, er sat i det ene Hul og Termometret i det andet. Termometrets Beholder skal være i Højde med Terningen og i samme Afstand som den fra Glassets Side.

For at man kan aflæse paa Termometret er Hullet i Dækket gjort trekantet og dækket med et Glas, gennem hvilket man kan se Inddelingen paa Termometret. Aflæsning igennem dette Glas maa altid reguleres saaledes, at man kommer til at se paa Inddelingen under en konstant Vinkel.

Naar Prøvestykket er blevet anbragt i Apparatet, opvarmes Vædsken i det ydre Kar, saaledes at Termometret viser en Stigning paa 5° C. i Minuttet. Den Temperatur, ved hvilken det bituminøse Stof rører ved et Stykke Papir, der ligger paa Bunden af Glasset, regnes som Smeltepunktet. Ved Begyndelsen af dette Forsøg bør Temperaturen baade for Bitumen og Bad være saa nær som muligt 25° C.

Kraemer's Metode. — Man hælder 25 Gram af Stoffet i et Glasrør 6 mm i Diameter og hælder ovenpaa 5 Gram Kviksølv. Røret opvarmes derefter jævnt i et Vandbad. Den Temperatur, ved hvilken Kviksølvet gaar igennem Prøven og løber ned paa Bunden af Røret, er Smeltepunktet.

Flammepunkt og Forbrændingspunkt. — Flammepunktet er den laveste Temperatur, til hvilken et Stof maa opvarmes for at de Dampe, der straaler ud fra det, kan antændes, naar der nærmes en Flamme til det.

Forbrændingspunktet er den laveste Temperatur, til hvilken Stoffet maa opvarmes for at tænde, naar det kommer i Berøring med en Flamme.

Disse 2 Punkter er meget forskellige for de fleste Stoffer, undtagen for de Stoffer, der er meget flygtige.

Den aabne Beholders Metode. — Det Stof, der skal prøves, hældes i en Kobberskaal a paa 100 cm³ Størrelse, der er omgivet af en anden Beholder b. Et Termometer c er ophængt saaledes, at dets Beholder gaar ned i Stoffet uden at røre Bunden af Beholderen (Fig. 95).

Apparatet opvarmes jævnt 5° C. i Minuttet, og fra Tid til anden nærmer man Flammen paa en Brænder. Den Temperatur, ved hvilken der gaar Ild i Dampene, er Flammepunktet.

Naar man bliver ved at opvarme og nærmer Flammen til selve Stoffet, kommer der ogsaa et Punkt, hvor der gaar Ild i dette. Den Temperatur, ved hvilken dette sker, er Forbrændingspunktet.

Den lukkede Beholders Metode. — Hvis man lukker Beholderen med et Laag af Glas eller Metal, igennem hvilket Termometret kan sættes, og hvori der er et Hul, som Dampene kan slippe ud af, kan man udføre Forsøget med større Nøjagtighed og mindre Fare for at slikke Ild i hele Prøven. Luchaire's Apparat, der bruges i franske Laboratorier, er et Apparat af den lukkede Type.

Opløselighed i Svovlkulstof. — Bestemmelsen for asfaltiske Stoffer af de Dele, der er opløselige i Svovlkulstof, og af de uopløselige Dele (mineralske Stoffer, uopløselige organiske Stoffer eller frit Kulstof) er en af de vigtigste Prøver for disse Stoffer, naar man vil identificere dem eller finde deres karakteristiske Forhold.

Ved at behandle en vis Vægt af Stoffet med Svovlkulstof, der opløser, hvad man plejer at kalde Bitumen, og ved at filtrere Vædsken, faar man en Rest, som man vejer. Forskellen i Vægt giver Indholdet af ren Bitumen.

Resten er de uopløselige Dele (organiske og mineralske).

Resten udglødes og vejes. Denne Vægt er Indholdet af mineralske Stoffer, forudsat at Resten ikke indeholdt Kalk; i modsat Fald bestemmer man for sig ved kemisk Analyse den Mængde Kalk, der findes i Resten før Udglødningen. Endelig finder man som Forskellen Indholdet af uopløselige organiske Stoffer, hvad man i Almindelighed for disse Stoffer plejer at kalde »frit Kulstof«.

Undersøgelsesmaaden. Ved Filtration. — Man hælder et eller to Gram af det Stof, der skal undersøges, i en Flaske, der i Forvejen er vejet. Der hældes derefter 100 cm³ kemisk ren Svovlkulstof i, og dette gøres med smaa Mængder ad Gangen, idet man stadig ryster Flasken; derpaa propper man Flasken til og lader Vædsken staa i 15 Minutter.

Derefter hældes Opløsningen op paa et Asbestfilter e. Røret c fra Filteret fører ud til en Flaske a, i hvilken man kan frembringe et delvis tomt Rum ved Sugning (Fig. 96).

Naar Vædsken er passeret igennem Filteret, hælder man paa dette lidt ren Svovlkulstof for at vadske Filteret og for at opløse de Smaadele, der endnu ikke er blevet opløst.

Man frembringer derefter et delvis tomt Rum, indtil Filteret ikke mere lugter af Svovlkulstof.

Filteret tørres i en Ovn med varm Luft (ved 100° C.) i 20 Minutter, afkøles i et Tørreapparat og vejes.

Forskellen imellem denne Vægt og Vægten af Filteret før Prøven giver Indholdet af uopløselige Stoffer (mineralske og organiske).

Forskellen mellem dette Indhold og Prøvens oprindelige Vægt giver Indholdet af Bitumen.

Filteret opvarmes derefter til Rødglødhede, og man brænder derved de organiske Dele af de uopløselige Stoffer, og der bliver en Rest tilbage, der bestaar af de mineralske Dele, hvis Vægt man derefter bestemmer.

Naar det Stof, der skal undersøges, indeholder alt for mange mineralske Dele, til at man kan filtrere det paa et Asbestfilter (det er Tilfældet med Trinidadasfalt), bestemmer man direkte Indholdet ved at gløde et Gram af Stoffet paa et Platinfilter.

Ved Tørring. — Naar man vil bestemme Mængden af Bitumen i et Stykke af en Vejbelægning eller i en Asfaltsten med stort Indhold af mineralske Stoffer, anvender man i Almindelighed Tørring i en Centrifuge.

Der er forskellige Apparater af denne Slags, og her skal gives en kort Beskrivelse af Hubbard og Reeve's Apparat (Fig. 97).

En Kobberplade d er anbragt paa en lodret Akse A, og paa den lægges det Stof, der skal undersøges, og som i Forvejen er blevet noget opvarmet, saaledes at de enkelte Elementer, det er sammensat af, falder fra hinanden.

Over Pladen lægges et Laag e, i hvis øverste Del der er boret Huller, og Plade og Laag gøres fast til hinanden, men mellem dem lægges en rund Ring af Papir g, der dels skal tjene til at tætte Forbindelsen og dels være Filter. Det hele danner en lille Tørre-

maskine og anbringes i en cylindrisk Beholder af Plade b, hvis Bund ligger med Fald imod en Udløbsaabning c. Man hælder Svovlkulstof igennem de Huller, der er i den øverste Del af Laaget e. Man lader saa det hele staa i nogen Tid, sætter Aksen A i Rotation ved en lille Elektromotor a, som først giver den en ringe Hastighed, derpaa voksende indtil 1100 Omdrejninger i Minuttet.

Den Vædske, der findes i Tørreapparatet, gaar igennem Filteret og løber ud igennem Udløbsaabningen c, hvorefter man samler den op.

Man begynder denne Operation flere Gange, saa man fuldstændig faar tørret Prøvestykket. Dette tages derefter ud, tørres, og kan saa underkastes de andre Prøver, som skal anstilles med det.

Naar man vil studere den Bitumen, der er opsamlet ved Opløsning i Svovlkulstof,

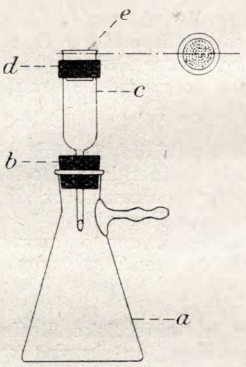


Fig. 96.

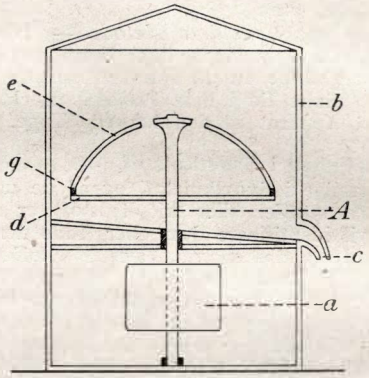


Fig. 97. Hubbard og Reeves Apparat.

lader man Opløsningen staa i flere Timer, hvorefter man hælder den om, og saa opvarmer den, indtil den faar en sirupagtig Konsistens.

Denne Rest tørres derpaa i en Time i en Ovn ved 100° C. Man faar derved den Bitumen, som man underkaster Prøverne for Penetration, Strækbarhed m. m.

Udvidelseskoefficienten. — Naar Bitumen undersøges[1]), gøres det ved en Normaltemperatur paa 25° C. Da et Materiale udvider sig, naar det opvarmes, bliver samtidig Vægtfylden mindre. Som Følge deraf er det muligt at beregne Udvidelseskoefficienten ved at maale Volumen ved forskellige Temperaturer.

Den flydende Bitumen hældes i et Dilatometer, som er kalibreret ved normal Temperatur, saaledes at man kender Indholdet, naar man hælder i til et eller andet Mærke paa den inddelte Hals. Dilatometeret med dets Indhold anbringes i en omhyggelig reguleret Ovn og opvarmes. Naar Temperaturen er ensformig, aflæses Mængden og sammenlignes med den oprindelige Mængde, idet man korrigerer for Glassets Udvidelseskoefficient, og Udvidelseskoefficienten for Bitumen kan da blive beregnet ved følgende Formel:

$$K = \frac{V' - V}{V(t' - t)},$$

hvor V er Volumen ved Normaltemperatur, V′ er Volumen ved den observerede Temperatur, t den normale Temperatur, t′ den observerede Temperatur.

Volumenmetoden kan med Held kun bruges for fast Bitumen; for halvfast Bitumen er Vægtfyldemetoden mere tilfredsstillende.

Vægtfylden af en given Mængde Bitumen bestemmes først ved et Pyknometer og Vægten af Vandindholdet i Pyknometret ved en ønsket høj Temperatur findes; en ny Vægtfyldebestemmelse for Materialet udføres ved denne høje Temperatur i Forhold til Vand ved samme Temperatur. Af den kendte Værdi af K for Vand, der er omtrent 0,0002 pr. Grad Celsius, bestemmes saa Vægtfylden af Materialet ved den høje Temperatur i Sammenligning med Vand ved normal Temperatur. Udvidelseskoefficienten bestemmes saa ved følgende Formel:

---

[1]) E. L. Leeming: Road Engineering, London 1924, S. 111.

Naar G er Vægtfylden ved normal Temperatur t, og G′ er Vægtfylden ved Temperaturen t′, er Formlen:

$$K = \frac{G - G'}{G'(t' - t)}.$$

Naar Bitumen købes efter Volumen, er den praktiske Værdi af Kendskabet til Udvidelseskoefficienten indlysende.

Opløselighed i Naftaolie (Parafinolie) ved 88° B. — De Kulbrinter, der er opløselige i Svovlkulstof, er kun delvis opløselige i Naftaolie.

Bestemmelsen af de Dele af et Kulbrinte, der er opløselige i Naftaolie ved 88° B, udføres i Almindelighed ved Filtration, som beskrevet ovenfor under Omtalen af Prøven for Opløselighed i Svovlkulstof.

Man henfører Indholdet af i Naftaolie ved 88° B opløseligt eller uopløseligt Bitumen, ikke til Vægten af den undersøgte Prøve, men til Vægten af ren Bitumen i Prøven.

Opløselighed i Kulstoftetraklorid. — Kulbrinter opløselige i Svovlkulstof er i Almindelighed ogsaa opløselige i Tetrakloridet, som er et næsten lige saa kraftigt Opløsningsmiddel.

Alligevel er der nogle Kulbrinter, der er uopløselige i Tetraklorid. Bestemmelsen udføres paa samme Maade som Bestemmelsen af de opløselige eller uopløselige Elementer i Svovlkulstof efter den ovenfor beskrevne Metode.

Frit Kulstof. — Dette findes omtalt under Omtalen af Opløselighed i Svovlkulstof.

Fast Kulstof. Ved Prøven opvarmes en given Vægt (1 gr) af Prøvestoffet i en Platindigel med tæt Laag. Diglen opvarmes til Rødglødhede, først langsomt, og derefter mere voldsomt, saaledes at de flygtige Dele brænder, hvorved der paa Bunden af Diglen bliver en Rest tilbage, som man vejer. Idet man aabner Diglen hælder den og brænder Resten i en Bunsenflamme, brænder den og der bliver Aske tilbage, som man vejer.

Forskellen mellem Vægten af den første Rest og Vægten af Asken er Indholdet af fast Kulstof.

Bestemmelsen af Mængden af fast Kulstof bruges især for at præcisere visse Produkters asfaltiske Karakter; Jordoliedestillationsprodukter har kun et meget ringe Indhold; faste Asfaltsorter kan derimod have indtil 15 pCt.

Naftalin. — *Foreløbig Metode*: For at bestemme Indholdet af Naftalin i en Olie krystalliserer man en vis Vægt af Olien ved 15° C. i 24 Timer, idet man sørger for at ryste hyppigt. Krystallerne tørres og trykkes imellem et Stykke Lærred og et Filtrerpapir, indtil de ikke mere bliver fedtede at føle paa. Krystallernes Vægt i Forhold til hele Prøvens Vægt giver Indholdet af Naftalin i Olien.

Hvis det en Tjære, der skal undersøges, begynder man at destillere en given Vægt og opsamler de Stoffer, som destillerer over under 300° C. Derpaa bærer man sig ad med dette Destillat, som ovenfor omtalt for Olie. Man henfører Vægten af Naftalinen til Vægten af den Tjæremængde, man har behandlet.

Mere nøjagtige Metoder. — Den beskrevne Metode giver Resultater, som i Almindelighed maa anses for tilstrækkelig nøjagtige for Tjære og Olie, der bruges ved Vejarbejde. Naar det er nødvendigt at faa en nøjagtigere Bestemmelse af Naftalinindholdet i en Tjære, bruger man i Laboratorierne mere nøjagtige Metoder, som f. Eks. Gensses Destillationsmetode, men disse Metoder er temmelig vanskelige, og der skal her kun gives nogle enkelte Oplysninger om denne ene.

Gensses Metode. — Man destillerer 500 Gram afvandet Tjære (Fig. 98) i en lille Kobberbeholder a; Dampene gaar først igennem et Renseapparat b, derpaa gennem et Køleapparat c med Vandcirkulation.

Man opsamler i et Rør, hvad der gaar over før 180 Grader (Vand og lette Olier). I dette Øjeblik begynder Naftalinen at destillere; og derfor, for at undgaa at den skal fortættes i Køleapparatet, erstatter man i dette den kolde Vandstrøm med en varm Vandstrøm. Naftalinen flyder og bliver fast i en konisk Kolbe d, som man har sat ind i Stedet for det Rør, hvori Vand og lette Olier er blevet fortættede.

Omkring 248° tager man den koniske Kolbe bort og erstatter den med et Maaleglas for at opsamle de Olier, der gaar over indtil 280°; Temperaturen drives ikke højere op.

Man faar altsaa

1) et vist Volumen Vand og lette Olier, der er gaaet over før 180°,
2) raa Naftalin i den lille koniske Kolbe d; dens Vægt kaldes p.
3) Olie, der indeholder Naftalin.

Man skiller Vandet fra de lette Olier og destillerer disse sidste over i en lille Ballon med Renseapparat indtil 210°; Vægten af Resten kaldes p′.

De Olier, der er gaaet over imellem 248° og 280° afkøler man ved at dyppe det Rør, hvori de er, i Is, for ved Afkøling at skille den Naftalin ud, som de indeholder. Man

komprimerer Naftalinen ved at drive en Tot Vat paa en lille Pumpestang af Jerntraad ned i Røret; derefter vejer man Røret, og faar saa yderligere en Mængde Naftalin p''.

Summen p + p' + p'' giver den totale Vægt af Naftalin i den undersøgte Tjæreprøve. Denne Vægt Naftalin henfører man til Tjærens Vægt.

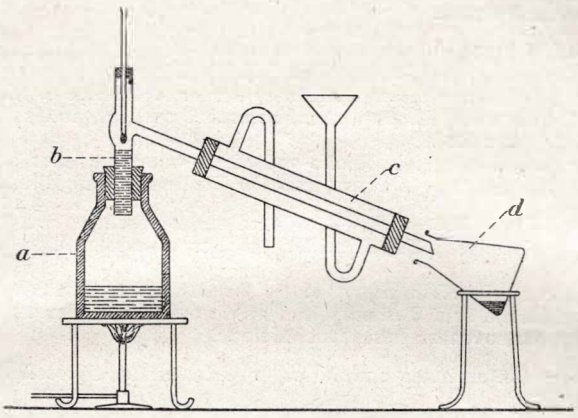


Fig. 98.

Undersøgelse af Prøvestykker af det færdige Vejdæk. — Anvendes bituminøse Bindemidler ved Bygning af Vejdæk, faar man i de forskellige Tilfælde meget forskellige Sammensætninger, enten ved at Bindemidlets Natur er forskelligt eller ved at Mængden af Bindemiddel er forskellig, eller ved Forskelligheden i det Vejmateriale, der ellers indgaar i Vejdækket, som Stenmaterialets Grovhed og Mængde.

Undersøgelsen af, hvorledes disse Vejdæks Sammensætning helst skal være, har givet Stødet til Udformning af en Række Laboratorieundersøgelser. Disse er endnu ikke blevet standardiserede, og hvert Laboratorium har sine Metoder. Nogle af de Forsøgsmetoder, der har mest Interesse, skal omtales her.

Man har undersøgt Indholdet af Bitumen, opløseligt i Svovlkulstof; den granulometriske Sammensætning, Vægtfyiden eller maaske Kompaktheden, d. v. s. den Mængde Materiale, der indgaar i en Volumenenhed af Vejdækket; Vandoptagelsen pr. Volumenenhed efter delvis Neddypning i Vand og derpaa efter fuldstændig Neddypning, alt ved en bestemt Temperatur og Tryk; Deformationen ved Opvarmning af Vejdæk med bituminøse Bindemidler; Modstanden imod Tryk paa Prøvestykker af Vejdæk af Mørtel og Beton med bituminøse Bindemidler ved bestemt Temperatur og ved langsomt voksende Belastning (Højdeformindskelsen i Brudøjeblikket og Prøvestykkets Udseende efter Forsøget); Modstanden mod Lokning af de samme Prøvestykker ved forskellig Temperatur, undersøgt ved Diameteren af de Huller, der frembringes af en Staalkugle under forskellig Belastning; Modstanden mod Slag, udtrykt ved Antallet af Slag af en Klods, der falder fra jævnt voksende Højde, og som kræves for at frembringe en begyndende Ødelæggelse og derefter en fuldstændig Ødelæggelse, stadig under Maaling af Højdeformindskelsen paa de forskellige Stadier af Forsøget og Prøvestykkets Udseende efter Bruddet; Tabet i Tykkelse ved Slid under bestemt definerede Forhold undersøgt paa Prismer af Beton med bituminøse Bindemidler, hvor Prismerne trykkes imod en roterende Skive.

Følgende Metoder er blevet anvendt:

Indholdet af Bitumen, opløseligt i Svovlkulstof.

Denne Bestemmelse udføres paa samme Maade som omtalt for selve Bindemidlerne, især ved Tørremetoden (Centrifuger).

Den granulometriske Sammensætning.

Man bestemmer den granulometriske Sammensætning af Skærver, Smaaskærver og Sand ved Hjælp af en Række af Sigter, og man angiver hver Kategori af Materialer ved en dobbelt Bestemmelse, som f. Eks. Volumen i pCt. af Sand, der passerer igennem en Sigte med n Masker og holdes tilbage paa en Sigte med n + K Masker o. s. v. De amerikanske Laboratoriesigter er følgende:

Den amerikanske Sigtebetegnelse	Antal Masker pr. cm²	Diameter af de tilsvarende Korn
No. 10	15	2,45 mm
- 20	60	1,20 -
- 30	140	0,83 -
- 40	250	0,63 -
- 50	390	0,48 -
- 80	990	0,28 -
- 100	1550	0,21 -
- 200	6200	0,10 -

Sigterne er udført af Metalnet med firkantede Masker med et Antal Inddelinger pr. Tomme, der svarer til Sigtens Nummer. De Diametre, der findes i tredie Kolonne, er Diameteren af Huller, som vilde give samme Størrelse af Materialet som Metalnettet.

Vægtfylden.

Denne bestemmes efter de almindeligt kendte Metoder.

Kompakthed og Vandoptagelse.

Man vejer Prøvestykket, hvis Vægt kan være P; derefter lader man det dyppe nogle Centimeter i Vand i ½ Time, hvorefter det dyppes fuldstændigt i en anden ½ Time man vejer det i Vand, hvor dets Vægt er p; derpaa tørrer man det, idet man passer, at der ikke falder noget af, og vejer det paany i Luften (Vægt P′).

Det tilsyneladende Volumen af Prøvestykket er P′—p; Vægten af den tilsyneladende Volumenenhed er $\frac{P}{P' - p}$ og Volumen af Vand absorberet af Enhed af Volumen er $\frac{P' - P}{P' - p}$; dette Volumen er udtrykt i cm³ pr. Liter.

Naar Kompaktheden er bestemt, er Vandoptagelsesevnen ogsaa bestemt, men afhænger af de Forhold, under hvilke man maaler den. I Stedet for at nøjes med at holde Prøvstykket 1 Time i Vand, kan man koge det i Vand, eller maaske anvende et luftfomt Rum under bestemt definerede Forhold.

Deformationer under Varmens Indflydelse.

Selv om man for et bituminøst Bindemiddel kan tale om et Smeltepunkt eller et Blødhedspunkt, saa er det meget vanskeligere at definere disse Udtryk for et saadant sammensat Legeme, der maaske deformeres i Varme eller falder fra hinanden. Det er disse Deformationer, som har Interesse.

Feret's Apparat bestaar af en let Vægtstang, der uden Gnidning kan drejes om en fast vandret Akse, der i ⅕ Afstand af sin Længde trykker paa det Prøvestykke, der skal undersøges, ved en Kniv og en afvejet Masse. Den frie Ende af Vægtstangen ender i en Spids og bevæger sig over en cirkulær Inddeling, der angiver, 5 Gange forstørret, Prøvestykkets Højdeformindskelse. Vægten af den afvejede Masse M vælges saaledes, at den og Vægtstangen ialt trykker paa Prøvestykket med en given Vægt f. Eks. 100 Gram.

Man kan udføre Forsøget ved at holde Apparatet ved en konstant Temperatur t⁰ og aflæse med regelmæssige Mellemrum Prøvestykkets Højdeformindskelse. Man kan saa optegne en Kurve, der viser Deformationen som Funktion af Tiden ved Temperaturen t⁰.

En anden Undersøgelsesmaade, der især bruges, naar Prøvestykket er mindre følsomt for Varme, bestaar i at anbringe Apparatet i en Beholder ved 15⁰ C., som man opvarmer saaledes, at Temperaturen vokser konstant med ½⁰ pr. Minut. Kurverne for Højdeformindskelsen som Funktion af Temperaturerne kan danne Grundlag for en Sammenligning mellem forskellige Prøvestykker. Sammentrykningen er progressiv og Prøvens Brud indtræffer altid langt under Smeltepunktet for det bituminøse Stof, der er brugt til Bindemiddel.

Trykprøven. Elasticiteten.

Bestemmelsen af Modstanden mod Tryk er især i Stand til at give Oplysning om Bindemidlets Vedhængning ved Stenmaterialet og om Prøvestykkets mere eller mindre heldige Sammensætning.

Prøven udføres paa Terninger med 50 cm² Sideflade (ca. 7 cm Sidelinie), som man knuser, saaledes at Trykket virker vinkelret paa Lagdelingen. Trykket maales i kg pr. cm².

Paa Grund af Temperaturens Indflydelse opbevarer man Terningerne i en Kælder ved en Temperatur paa omtrent 15° C., og man opskriver altid Temperaturen i det Øjeblik, Terningerne prøves.

Ved Forsøget maaler man omtrentlig Højdeformindskelsen af Terningen i det Øjeblik, Bruddet foregaar, hvorved man faar en omtrentlig Angivelse af Elasticiteten. Desuden skriver man op, om Bruddet foregaar jævnt eller pludseligt, og hvilke Forandringer, der er frembragt paa Prøvestykket, saasom mere eller mindre tydelige Revner, og om der er faldet Stykker ud. I Almindelighed foregaar Bruddet tvers gennem Prøvestykket og ligeⁱ godt igennem Stenmateriale og Bindemiddel.

Lokkeprøven.

Naar man vil prøve Modstanden i et Prøvestykke, der er taget op ude paa selve Vejen, faar man ikke de rigtige Tal frem; den Overflade, man kører paa, er ikke den samme som den underliggende Masse, idet baade Haardhed og Kompakthed er anderledes, og de omliggende Dele udøver deres Indflydelse paa Modstandsevnen.

Man faar mere oplysende Angivelser ved at maale Diameteren af den Fordybning, der frembringes i Prøvestykket af en Staalkugle med given Diameter, under en given Belastning. Det er blot nødvendigt, at den Overflade, der skal undersøges, er ren og tilstrækkelig plan, at Blandingen indeholder faa grove Korn, hvorved Resultatet vilde forrykkes, og at Prøvestykket, der hviler fast og sikkert, er tilstrækkelig stort baade i Højde (5 cm) og omkring det Sted, hvor Kuglen trykker.

Feret anvender en Kugle med 25 mm Diameter, der trykkes ned med forskellig Belastning. Det fremgaar af hans Forsøg, at Lokningsmodstanden, maalt paa denne Maade, angives ved et Tal, der er omtrent 4 Gange Modstanden mod Tryk.

Modstanden mod Slag.

Modstanden mod Slag maales ved at man tæller det Antal Slag, der skal til for at frembringe Revner, og det Antal Slag, der skal til for at bryde Sammenhængen i den Prøve, der undersøges. Man anvender i Almindelighed 3 Prøvestykker og tager Middeltallet. Den Temperatur, ved hvilken Prøven udføres, maa angives.

Page's Maskine bestaar af en lille Rambuk, hvor Klodsen vejer 2 kg, og hvor den udløses ved en særlig Mekanisme, der bestaar af en Kæde uden Ende og som er indrettet saaledes, at Klodsen falder fra voksende Højde.

Ved det første Slag er Faldhøjden 1 cm og vokser derefter med 1 cm for hvert Slag.

Prøvestykkerne er, hvor Stenmaterialet er fint, smaa Cylindre med 30 mm Diameter og 25 mm Højde. Ovenpaa Prøvestykket sættes en Metalhat, der er plan hvor den hviler paa Prøvestykket og er formet som en Kuglekalot, hvor Klodsen skal slaa.

Feret anvender for Prøvestykker, der indeholder Skærver, Terninger med 5 cm Sidelinie og en Faldklods paa 5 kg, der falder fra Højder, der vokser med 5 cm for hvert Slag, og hvor den første Faldhøjde er 5 cm.

Hvis Prøvestykket ikke gaar fuldstændig itu ved tyvende Slag, eller inden Faldhøjden bliver 1 m, udføres de følgende Slag med denne Faldhøjde.

Undtagen i de særlige Tilfælde, hvor Bindemidlet i kold Tilstand er mere eller mindre smidigt, foregaar Ødelæggelsen af Terningen altid lidt efter lidt. Feret har opstillet som typisk de 2 Grader af Ødelæggelsen:

Ødelæggelsen er begyndt, naar Vægttabet er 2 pCt.

Ødelæggelsen er fuldstændig, naar Vægttabet er 50 pCt.

Højdeformindskelsen maales for hver 10 Slag og er i Almindelighed meget lille, saalænge Prøvestykket ikke nærmer sig fuldstændig Ødelæggelse. Men for Prøvestykker af smidige Bindemidler er Højdeformindskelsen derimod betydelig, og ofte falder der i dette Tilfælde kun meget lidt af.

Slidforsøg og Afslidning.

De Prøvestykker, der skal undersøges, støbes i Prismer med Tværsnit 4,5 × 6,5 cm, med omtrent 10 cm Højde, og man sliber dem enten paa en plan Slibeflade (Dorry's Apparat) eller hellere paa en Støbejerns Cylinder med vandret Akse (Byen Paris's Model), over hvilken der stadig løber en Strøm af Vand og fint Sand. Prøvestykkerne belastes saaledes, at de imod Slibefladen udøver et Tryk paa 250 Gram pr. cm^2. Man maaler saa med $^1/_{20}$ mm Nøjagtighed Højdeformindskelsen efter 5 Rækker Omdrejninger à 500. Af det saaledes bestemte Middelslid finder man Slidet for en Vej paa 10000 m, og det tilsvarende Tal, udtrykt i cm, kaldes Slidkoefficienten.

Féret har vist, at tiltrods for den ulige Fordeling af Sten og Bindemiddel i Overfladen af Prismerne og i det indvendige af dem, synes Slidet ikke at variere regelmæssigt, eftersom man udfører Slidforsøg paa Overfladen af et Prisme eller i det Indre af det. Derimod er Slidet en lille Smule svagere i den Del af Prismet, der har ligget nederst i Støbeformen; man bør derfor altid sørge for at foretage Slidforsøget med denne Side af Prismet.

I Almindelighed slides Prøvestykker med bituminøse Bindemidler godt paa denne

Slibemaskine, uden at der rives Stykker løse, og man faar et Snit, der tydeligt viser Fordelingen af Sten og Bindemiddel.

Man kan ogsaa bestemme Slidet ved Gary's Sandblæsemaskine, der slynger et Normalsand under 4 Atmosfærers Tryk mod den Flade, der skal afslibes.

Prøvestykkerne, der er kubiske eller flade med 7 cm's Sidelinie, sandblæses i 2 Minutter og vejes før og efter. Tabet i Vægt er Maalet for Afslidningen.

En Undersøgelse af den sandblæste Overflade gør det desuden muligt at anstille Sammenligninger med Hensyn til Modstandsevnen hos Stenmateriale og Bindemiddel.

I nogle amerikanske Vejlaboratorier bestemmer man Indholdet af Bitumen i Asfaltmørtel paa følgende Maade:

Man udfører en Blanding med den Mængde Asfalt eller Bitumen, som man anser for den rette, og paa den glatte og varme Overflade lægger man et Ark Papir; hvis Blandingen er tilfredsstillende, skal Pletten vise store hvide Prikker (Spor af Sand), blandede med fine Prikker eller sorte Linier (Spor af Asfalt eller Bitumen). Dette Udseende skal være ensartet; hvis der viser sig store sorte Pletter uden hvide Prikker, er der for meget Bitumen; er der store hvide Pletter uden sorte Prikker er der for lidt.

§ 17. Overfladebehandling af makadamiserede Veje.

Overtjæring. — I 1901 begyndte Lægen Dr. *Guglielminetti* en Agitation for Overtjæring af Vejene, og det lykkedes ham at faa omfattende Forsøg i Gang i Nizza og Monte Carlo.

I de følgende Aar blev der anstillet et stort Antal Forsøg med Overtjæring, og Overtjæring maa nu betragtes som et af de almindeligste Midler til Vedligeholdelse af Veje med Automobiltrafik, naar denne ikke bliver for stærk, og Automobilerne ikke for tunge.

Arbejdet ved Overfladetjæring bestaar i en Forberedelse af Vejen, i en Forberedelse og Spredning af Tjæren og i visse Fuldendelsesarbejder.

For at en Vej skal være skikket til Overtjæring maa alt fjernes, som kan hindre, at Tjæren binder til Skærverne, d. v. s. alle organiske Stoffer, Støv og Fugtighed.

Man fjerner organiske Stoffer og Støv ved kraftig Fejning, der drives saa vidt, at man kan se Skærverne i Overfladen, for at Tjæren kan trænge ned og faa fat i Ujævnhederne i Skærverne.

Fejningen udføres bedst med Maskine, der gaar 3, 4 eller 5 Gange henover samme Sted, saa meget som det er nødvendigt. En brugt Kost er ofte bedre end en ny, hvis lange og bøjelige Børster giver en mindre virksom Fejning.

Efter at Maskinen har fejet, bør man feje Vejen over med en Haandkost med korte Børster.

Overtjæring holder ikke, naar den er udført paa en Vej, der ikke er tilstrækkelig tør, og man har heroverfor i Almindelighed intet andet Middel end at vælge en Tid, hvor Vejret er tørt.

Under ganske særlige Forhold kan man tørre Vejen med særlige Tørreapparater, men Metoden er meget kostbar.

Det er en Selvfølge, at man kun overtjærer en Vej, hvis Makadamisering er i god Stand, d. v. s. uden Huller, fast og uden svage Steder.

Tjæren leveres ude paa Vejen enten i gamle Petroleumstønder paa omtrent 200 Liter eller i Jerncylindre med større Rumindhold. Gamle Petroleumstønder er ret billige i Indkøb, men de bliver hurtigt utætte, saa Tjæren driver fra Tønderne, hvorved Vejfarende kan tilsøles, og Kluden, hvormed Spunsen er omviklet, let kommer ind i Tønden og derfra videre i Maskinen og Pumpen og bevirker Driftsforstyrrelser. Jerntønder er dyrere end Trætønder, men er mere holdbare og renlige og giver en mere sikker Drift. Jerntønderne maa helst være forsynede med dobbelt Spuns. Saa vidt muligt bør man oplægge Tjæretønderne saaledes, at Solen kan skinne paa dem straks om Morgenen.

Tjæren kan ogsaa samles paa visse Steder, der ligger godt for de Veje, der skal tjæres, og man kan da maaske opstille større Tjærebeholdere, hvorfra man

henter Tjæren i Tankvogne. Disse Tankvogne benyttes nu i mange Tilfælde ved Tjærens Spredning. Man kan regne, at disse Tankvogne har en Aktionsradius paa 10 à 15 km.

Naar Vejen er gjort i Stand, spredes saa Tjæren ved Haandarbejde eller med Maskiner. I begge Tilfælde bør man kun anvende den Mængde Tjære, der er nødvendig til at fylde Fugerne i Makadamiseringen og til at give Skærverne et tyndt Overtræk. Er Laget for tykt, tørrer Tjæren daarligt, og der dannes et Tæppe, hvor Hestesko og Vognhjul trykkes ned, og som har Tilbøjelighed til at springe fra.

Det opgives, at den Mængde Tjære, der skal anvendes pr. m^2, ligger mellem 1 og 2 kg, undertiden op til 2,5 kg, eftersom det er en ny Vej, der tjæres for første Gang, eller det er en Vej, der tidligere har været tjærebehandlet. Efter danske Opgivelser skulde der til første Gang Overtjæring medgaa af raa Tjære ca. 1,6 kg pr. m^2, af centrifugeret Tjære ca. 1,4 kg pr. m^2 og af Tarnac ca. 1,3 kg pr. m^2 og til anden Gang Overtjæring henholdsvis 1,5 kg, 1,05 kg og 1,3 kg pr. m^2.

Skærvematerialet har ogsaa Betydning for den Mængde Tjære, der anvendes, idet f. Eks. en Vej af Kalkstensskærver kræver mindre Tjære end en Vej af mindre sammenbindende Skærver.

Kold Overtjæring. — For at man ikke skal bruge for megen Tjære og for at lette Spredningen, anvender man Tjæren i flydende Tilstand.

Tjære kan gøres flydende ved Tilsætning af tunge Olier, og man har faaet gode Resultater ved efter Rumfang at tilsætte 10 % Olie til 90 % Tjære. Tjæren kan gøres flydende paa denne Maade enten paa selve Arbejdsstedet eller leveres færdig med denne Tilsætning. I sidste Tilfælde maa man af Hensyn til Blandingen rulle Tønderne noget, umiddelbart før de tømmes.

Da tung Tjæreolie er kostbar, er det fordelagtigere at gøre Tjæren flydende ved Opvarmning, men Tjære, gjort flydende ved tunge Olier, kan anvendes ved Smaareparationer af tjærede Vejoverflader.

Varm Overtjæring. — Tjæren varmes til en saa høj Temperatur som muligt, idet det blot skal undgaas, at den dekomponerer eller begynder at destillere, ved at de lette Olier i den fordamper. Har Tjæren været passende afvandet, kan den opvarmes til 110° C., men naar den indeholder noget Vand, hvad den som Regel gør, bør man kun opvarme den til 70—80° C., da Tjæren ellers skummer, koger over og sprøjter op af Beholderen.

Tjæren spredes saa jævnt som muligt over Vejen, og Arbejdet udføres nu næsten altid med Maskine; efter Spredningen bør Vejen haandfejes med Koste med lange Børster, saa Tjæren fordeles fuldstændigt over Vejoverfladen og ikke samler sig i Fordybningerne. Det er af stor Betydning, at der ingen Huller bliver i Tjærelaget, thi derved kan der trænge Fugtighed ned, saa Overtjæringen hurtigt ødelægges.

Af samme Grund skal den makadamiserede Vej overtjæres i fuld Bredde. Der viser sig nemlig meget snart et tydeligt Slid langs Skillelinien mellem den tjærede og ikke tjærede Del af Vejen, som bevirker, at Tjærelaget begynder at springe fra.

Hensynet til Færdslen gør det som Regel nødvendigt, at en Halvdel af Vejen overtjæres ad Gangen; man maa da blot sørge for, at Forbindelsen mellem de to Dele udføres omhyggeligt, og at Tjæren kommer til at binde alle Steder.

Efter at Tjæren er spredt ud over Vejen, burde den om Sommeren helst staa 2 eller 3 Dage for at tørre og hærdne, idet Olierne trænger ned i Vejen, og Tjærens faste Dele hærdner i Luften.

Af Hensyn til Færdslen kan dette dog ikke lade sig gøre. Man overpudrer da den friske Tjære 2 eller 3 Timer, efter at den er lagt ud,, d. v. s. efter at de mest flydende Olier har faaet Tid til at trænge ned i Skærvelaget, og efter at Tjæren er blevet kold.

Hvis man derimod kan vente stærk Regn, bør man straks strø Grus ud for at hindre, at den friske Tjære skal blive skyllet bort.

Naar den tjærede Overflade saa nogle Dage efter ikke har flere bløde Dele, fejer man den og fjerner derved den overskydende Grusmængde.

Til Grusningen kan man enten bruge Sand, Grus eller smaat Skærveaffald. Smaat Skærveaffald er især godt, naar Laget er nogenlunde tykt, saa der dannes et Tæppe af Skærver og Tjære, der beskytter Kørebanen. Men det er dyrt at bruge Skærveaffald.

Med Hensyn til den Grusmængde, der behøves, er det ret uvæsentligt, hvilken Art Tjære der bruges, og hvad enten man bruger Bakkegrus eller Skærveaffald, ligesom ogsaa om det er første eller anden Gang, der tjæres. Som Middelværdi kan man regne med et Forbrug af ca. 0,55 m^3 pr. 100 m^2 undtagen ved Tarnac, hvor der maa paaregnes 0,75 m^3 pr. 100 m^2.

Grusningen udføres her i Landet altid ved Haandspredning, men i Udlandet, hvor Tjæren spredes fra Tankvogne, er der bygget særlige Vogne til Grusspredning.

I enkelte Lande har Centralmyndighederne udsendt Anvisninger for, hvorledes Overtjæring skal udføres; dette er saaledes Tilfældet i England, hvor der gælder følgende:

Overtjæring af makadamiserede Veje.

1. Overtjæring kan med Fordel udføres enten paa en gammel Vej, der er i god Stand eller paa et nyt Vejdæk, efter at dette er tromlet færdigt og tørt, men Overtjæring bør aldrig udføres, før Vejen er fuldstændig tør.

Hvis der i Vejdækket er Huller, Fordybninger, Bølger eller andre Uregelmæssigheder, bør disse saa vidt muligt repareres, før Overtjæringen paabegyndes for at skabe en jævn Overflade.

2. Overtjæringen gaar hurtigere, naar der til den anvendes Maskiner, end naar den udføres ved Haandarbejde, og det maa derfor anbefales at bruge Maskiner. Haandarbejde kan imidlertid give gode Resultater, men Afgørelsen af, hvilken Metode man vil vælge, afhænger ogsaa af, om der kan skaffes tilstrækkelig øvet Arbejdskraft.

3. Hvis det paatænkes at overtjære et gammelt Vejdæk, maa det anbefales at benytte de første Maaneder i Aaret til at skrabe eller børste Vejen, naar det er vaadt Vejr, som Forberedelse til Overtjæringen, og især maa det anbefales at fjærne fra Vejen Snavs, der har sat sig fast i Kager.

4. Hvis Vejdækket er tyndt ved Siderne, men passende tykt paa Midten, bør man forstærke disse før Overtjæringen.

5. Lægges nyt Dæklag paa en Vej, der senere skal overtjæres, bør der til Udfyldning ikke bruges fint Materiale, men Smaaskærver.

6. Mens Overtjæringen udføres, bør den halve Vejbredde lukkes for Færdslen, eller, hvis det er muligt, den hele Bredde.

7. Vejen bør børstes og renses omhyggeligt, før den overtjæres. Vaad Børstning bør bruges nogen Tid i Forvejen og derefter tør Børstning, hvis Snavset har sat sig fast i Kager. Enhver Børstemetode kan bruges, der renser Vejen fuldstændigt, det bedste er først at børste med Maskine og derefter med en Haandkost.

8. Den Tjære, der bruges til Overtjæring, bør tilfredsstille Betingelserne for Tjære Nr. 1.

9. Tjæren opvarmes til Kogepunktet og bør anvendes saa varm som muligt, saa den flyder let. Tjæren bør opvarmes i en særlig dertil bygget Gryde, for at den ikke skal skumme, hvilket ellers vil ske, hvis Tjæren blot indeholder en ringe Mængde Vand. Den ønskede Temperatur vil i Almindelighed findes at ligge imellem 220 og 240° F.

10. For at Tjæren kan komme ud paa Vejen saa varm som muligt, maa det tilraades, hvis der anvendes Haandarbejde, at bruge bøjelige Rør til at føre Tjæren fra Gryden til Anvendelsesstedet. Hvis det ikke er muligt, vil man, hvor der anvendes Haandarbejde, passende kunne bruge 3 Gallons Kander, særligt indrettede hertil, forsynede med Tude, der fører direkte fra Bunden af Kanderne, og som ikke er mindre end 1½″ i Diameter ved Mundingen.

11. Straks efter Spredningen bør Tjæren børstes over for at sikre, at Laget bliver ensartet tykt.

12. Den nødvendige Tjæremængde vil variere efter Vejens Beskaffenhed, men i Almindelighed, hvis Vejen overtjæres første Gang, vil Tjæremængden passende kunne sættes til 1 Gallon til et Areal paa fra 5 til 7 □ yards.

13. Efter at Tjæren er børstet omhyggeligt ned i Vejen, spredes Smaaskærver, Grus, groft Sand eller andet lignende godt Materiale (frit for Støv), hvis Kornstørrelse ikke er

større, end at det kan gaa igennem en ⅜ inch kvadratisk Maske, straks ud over Tjærelaget, saa der dannes et tæt Lag, og hvorved man desuden hindrer, at Tjæren hænger ved Vognhjulene.

14. Man bør træffe saadanne Foranstaltninger, at man hindrer den flydende Tjære i at løbe i Kloaken.

15. Af Hensyn til Publikums Sikkerhed bør der træffes de hertil nødvendige Foranstaltninger.

Der bør opsættes Advarselstavler paa passende Steder, der med tydelige Bogstaver angiver:

Forsigtig.
Der overtjæres.
Det tilraades, at Cyclister gaar.

Det er især ønskeligt, at Advarselstavler sættes op, hvor andre Veje munder ud i eller krydser den Vej, der tjæres, paa saadanne Steder, at Automobilister og Cyklister kan vælge en anden Vej for at undgaa den Vej, hvor der tjæres.

16. Paa stærkt trafikerede Veje maa det tilraades at tjære endnu engang enten i hele Vejens Bredde eller kun de midterste 9 til 12 feet med 1 Gallon til et Areal paa fra 8 til 10 □ yards, omtrent 2 eller 3 Maaneder efter første Overtjæring.

17. Overtjæringen bør gentages hvert Aar paa alle betydelige Veje, og udføres saaledes som beskrevet for Veje med let Færdsel. Ved denne Overtjæring vil den Mængde Tjære, der skal anvendes, afhænge af den Udstrækning, hvori det tidligere Tjærelag er blevet afslidt som Følge af Færdslen og Vejret.

18. To eller flere Prøver af den Tjære, der er blevet brugt, bør fyldes i ½ Gallons Blikkander, der mærkes omhyggeligt med Stedet og den Vejlængde, hvorpaa Tjæren er blevet brugt. Vejdepartementet vil træffe Aftale med National Physical Laboratory om at udføre en Række kemiske og fysiske Forsøg med disse Prøver, for at man kan holde den anvendte Tjære under sagkyndig Kontrol.

19. I alle Tilfælde bør der føres omhyggelig Protokol over Vejoverfladens Tilstand Vinter og Sommer, baade før og efter Overtjæringen, over den anvendte Tjæres Kvalitet, den anvendte Tjæremængde, Vejret da Overtjæringen blev udført, den Tid der blev anvendt til selve Arbejdets Udførelse, den Tid, Arbejdet maatte standses som Følge af vaadt Vejr, Antallet af Folk, der var beskæftiget ved det, og endelig nøjagtig Redegørelse for Udgifterne til Arbejdsløn og Materiale.

20. Det anbefales Vejingeniørerne at lade Prøver af den Tjære, der leveres til dem, prøve af et anerkendt kemisk Laboratorium og faa Resultaterne opgivne i den fastsatte Standardform.

Anm. Disse almindelige Anvisninger bør ikke skræmme fra Brugen af særlige patenterede Stoffer, men man bør dog ikke anvende patenterede Stoffer, der indeholder mere Vand, Naftalin eller Phenol end fastsat for Tjære Nr. 1, medens Mængden af »frit Kulstof« plus et eventuelt »Fyld« (filler) ikke bør være større end hvad der er fastsat for »frit Kulstof«.

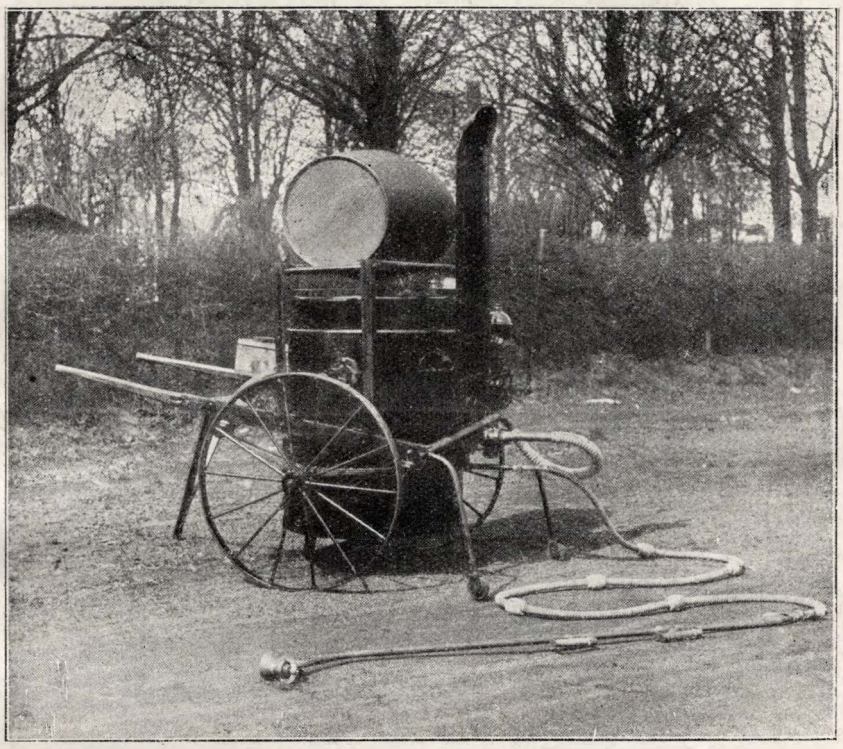
Maskiner til Overtjæring. — I Begyndelsen benyttede man til Opvarmning af Tjæren ude paa Arbejdsstederne Beholdere, der blev opvarmede ved Koksgryder. Forneden paa Beholderen sad en Hane, der blev brugt til at tappe den varme Tjære i Vandkander med flad Tud. Med disse Kander gik en Mand baglæns paa tværs af Vejen og vandede denne med Tjære, medens to Mand fejede Tjæren ud. Denne primitive Maade anvendes nu vistnok kun ved Smaareparationer.

Der gaar i Handelen en Del Typer af smaa Tjæregryder paa Hjul, der efter deres Størrelse trækkes af en Mand eller af en Hest. Som Regel kan disse Apparater ogsaa sprede Tjæren, hvorved man sparer Tid og formindsker Varmetabet.

De forskellige Tjærespredemaskiners Konstruktion er i Princippet den samme, idet de bestaar af en Tjærekoger, en Pumpe til at give Tjæren det fornødne Tryk samt Spredeanordningen. Til Kogningen kan anvendes almindeligt Brænde- eller Kulfyr, Oliefyr, eller ved store Maskiner Damp. Pumpen kan trækkes med Haanden, ved Hestekraft eller ved en lille Oliemotor. Spredeapparatet kan være af meget forskellig Konstruktion; som Regel bruges dog Sprededyser, hvor Tjæren i forstøvet Tilstand spredes efter en Kegleflade ud paa Vejen; men ogsaa andre Metoder anvendes, og man bruger saaledes undertiden mekanisk drevne Koste eller Gummiplader og i nyere Konstruktioner en roterende Jernramme, der slaar ned paa de fra Kogeren udstrømmende Tjærestraaler og derved findeler disse (Flappermaskinen).

Den lille Haandspredemaskine (Fig. 99—100) er den Tjærespreder, der bruges almindeligst her i Landet; den kan rumme 1 Td. Tjære eller ca. 220 kg og kan paa en Arbejdsdag normalt udsprede ca. 7 Td., hvorved der kan behandles 700—800 m^2 ikke tidligere behandlet Vej og ca. 1100—1200 m^2 tidligere overtjæret Vej. Ved hver Maskine er som Regel beskæftiget 3 Mand, der besørger Fejningen med Haandkraft, koger Tjæren, spreder denne og gruser efter Spredningen.

De hestetrukne Maskiner rummer i Almindelighed 4 Td. Tjære, trækkes af 2 Heste og betjenes af 3 Mand; de kan sædvanligt sprede 20—30 Td. Tjære om



Cliché Dansk Vejtidsskrift

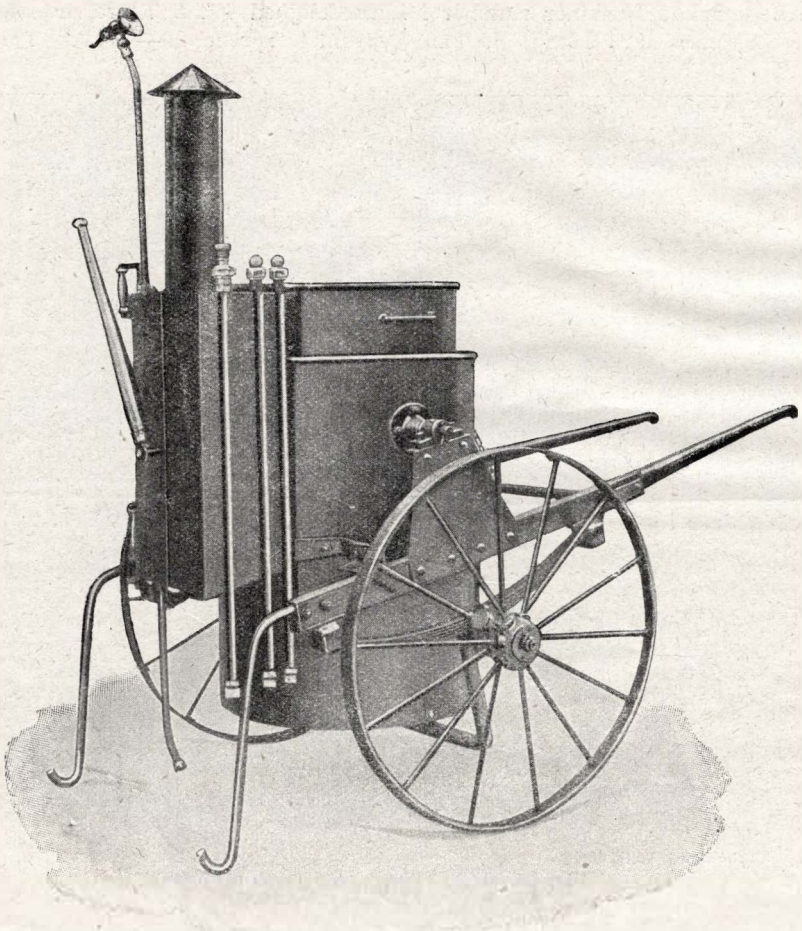
Fig. 99. Lille Haandspredemaskine.

Dagen og arbejder enten med automatisk Spredning (Fig. 101) eller med Haandspredning, og det sidste er vistnok at foretrække. Fejningen bør ved hestetrukne Maskiner udføres med Fejemaskiner, der med den her i Landet almindeligst anvendte Type kan feje ca. 2000 m^2 i Timen.

Af smaa Maskiner skal endvidere omtales en Maskine (Fig. 102), der fabrikeres af Vejle Motorfabrik. Maskinen har en to Takts Dania Raaoliemotor, som ved en særlig Kobling er sat i Forbindelse med en Tandhjulspumpe. Naar der fyres op under Kedlen og Motoren sættes i Gang, pumpes den varme Tjære fra Bunden op i den øverste Del af Kedlen, saa Tjæren ikke brænder paa Bunden. Naar Tjæren er varm, foregaar Udsprøjtningen ved Omstilling paa en 3 Gangs Hane. Udsprøjtningstrykket kan varieres op til 10 at; ved normalt Arbejde kan udsprøjtes en Tønde Tjære paa ca. 8 Min. eller behandles ca. 1000 m^2 Vej pr. Time. Tjæremaskinen trækkes af en Hest. Fabrikken bygger desuden en mindre, haanddreven Maskine (Fig. 103), der nærmest er beregnet til Reparation af Huller i Vejene.

Medens Haandmaskinerne mange Steder egner sig godt for Bebyggelser og

Arealer af begrænset Omfang, egner de hestetrukne Maskiner sig bedst for Vejstrækninger af stor Udstrækning og med ringe Bebyggelse, saaledes at Genen ved de store tjærede men ugrusede Arealer bliver mindre følelig, især hvor der langs Arealerne er Rabatter, hvor Færdslen kan krydse og Vogne holde stille uden at standse den øvrige Færdsel, men hertil kommer yderligere, at jo større Dagsarbej-



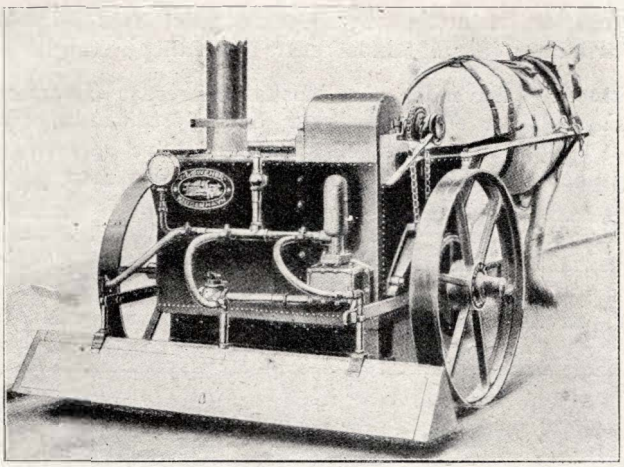
Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 100. Lille Haandspredemaskine.

det bliver, desto større bliver den Længde af Vejen, der forud maa forsynes med Oplag af Tjære og Grus, og hvor efter Arbejdets Udførelse de tomme Tønder endnu henligger.

Særligt af Hensyn til, at Tjæretønderne ofte er utætte, og at Regnvejrsdage, der standser Tjæringen, men ikke Tilførslen af Materialer forøger disse Gener, kan det ikke nægtes, at et stort Dagsarbejde kan medføre Ulemper, naar man arbejder med disse mindre Overtjæringsmaskiner. Dette har været Grunden til, at man herhjemme især har anskaffet smaa og let transportable Maskiner, saa Arbejdet har kunnet spredes og udføres over lange Strækninger samtidig.

Maalt i Areal kan de smaa Maskiner overtjære mellem 600 og 1000 m^2 om Dagen.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 101. Automatisk Tjærespreder for Hestetræk.

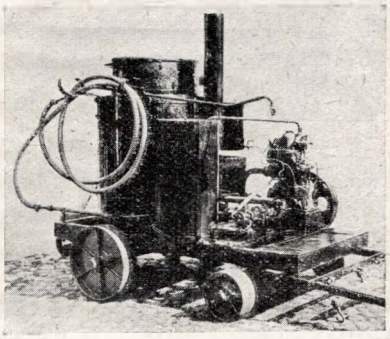


Fig. 102. Vejle Tjærespreder med motordreven Pumpe.

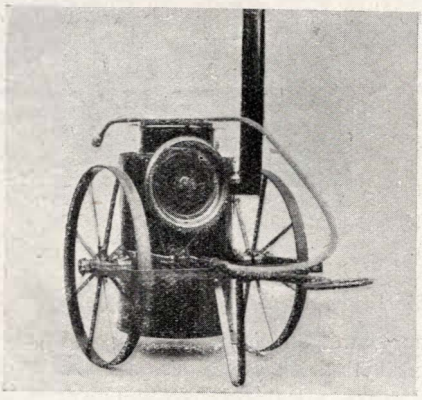


Fig. 103. Vejle Tjærespreder.

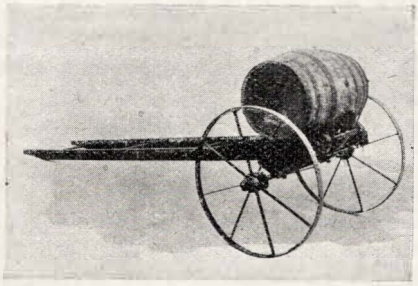


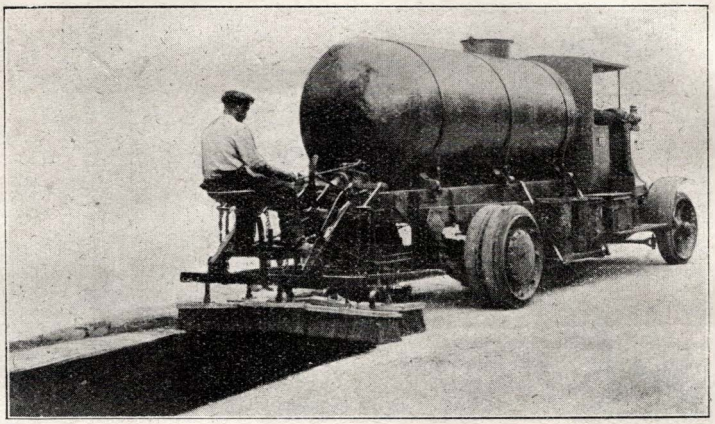
Fig. 104. Vogn til Transport af Tjæretønder.

I Udlandet er man vistnok i nogen Maade gaaet over til at anvende store Maskiner, og Udviklingen her i Landet gaar formentlig i samme Retning.

Store Maskiner. — Anvendes store Maskiner foregaar Opvarmningen af Tjæren enten paa Lagerpladser eller Gasværker, hvor Spredemaskinerne fyldes, eller paa Arbejdsstedet i særlige Maskiner, eller endelig i selve Spredemaskinerne.

Opvarmning paa Lagerpladser eller Gasværker er den mest praktiske og mest økonomiske. Den afvandede Tjære, der er opvarmet til 110° C. og transporteres i Tankautomobiler, der rummer indtil 5000 L., bevarer en tilstrækkelig høj Temperatur saa længe, at man kan transportere dem ud til en Afstand af 25—30 km fra Centralen.

Opvarmning paa Arbejdsstedet udføres af nogle i særlige Maskiner.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 105. Lassaillys Spredemaskine.

Hertil hører *Lassaillys* Gryder, der i Hovedsagen bestaar af

1. en Dampgenerator,
2. en cylindrisk Beholder, der staar i Forbindelse med Generatoren og hvori der er en Dampslange til Opvarmning af Tjæren,
3. et Kar under Beholderen, hvor den kolde Tjære, der maaske er leveret i Tønder, hældes ud.

Arbejdet bestaar af 3 Dele:

1. Der ledes Damp ind i Beholderen, derpaa afkøles denne ved at vandes udvendig med Vand; Dampen fortættes, og det tomme Rum, der dannes i Beholderen, gør, at den kolde Tjære trykkes op i den.
2. Dampen ledes ind i Dampslangen for at opvarme Tjæren.
3. Dampen ledes igen ind i Beholderen, som den nu trykker den varme Tjære ud af, og ud i Spredemaskinen.

Den store Type af denne Maskine kan behandle 2500—3000 kg i Timen, den lille 1000—1200 kg.

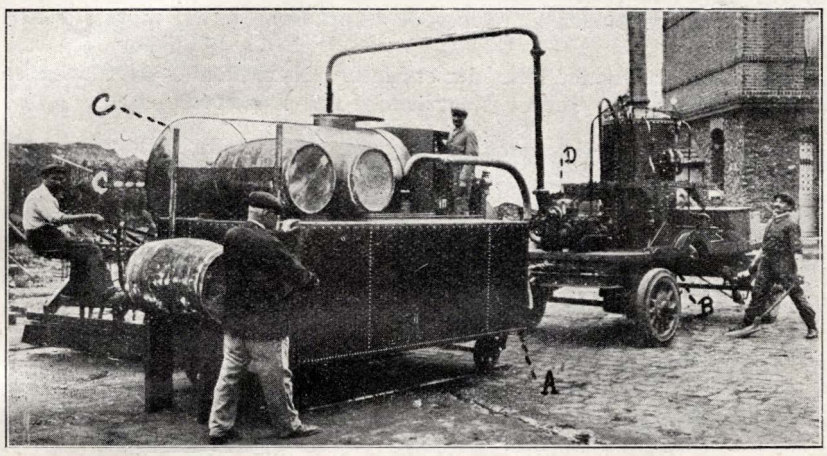
Lassaillys Maskine er vist i Fig. 105—107.

Spredemaskiner trækkes enten af Heste eller Automobiler; der findes to Typer.

Ved den første Type falder Tjæren ved sin egen Vægt ned paa Vejen og jævnes derefter ud med en Kost eller en Gummiskraber, der er gjort fast paa Maskinen (Fig. 108).

Ved den anden Type presses Tjæren under Tryk ned mod Vejen; det er da unødvendigt at anvende Kost eller Gummiskraber.

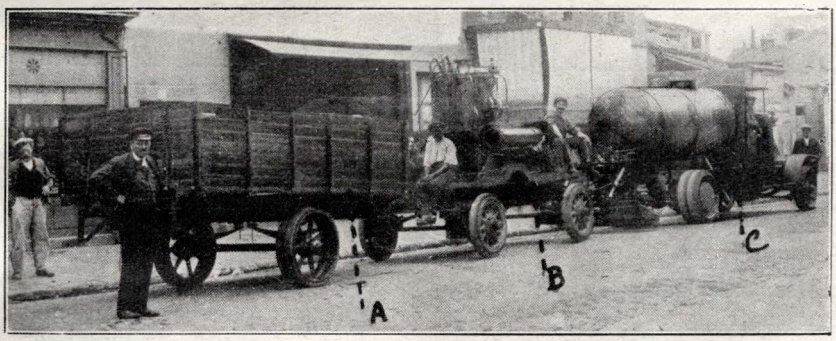
Den første Type er den simpleste: Koste og Skrabere spreder Tjæren og hjælper til at faa den ned i Vejen, naar de blot er rigtigt indstillede. Hvis denne Indstilling ikke er god, bliver Tjæren ikke ensformig fordelt, og det samme er Tilfældet, hvis Vejen ikke er godt renset.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 106. Lassaillys Opvarmningsapparat.

Trykmaskinerne slynger Tjæren med Kraft imod Vejen, findeler den og bøder derved paa en mindre god Rensning, faar Tjæren til at trænge ned i Vejen og fordeler den ensformig over denne. Derimod er Maskineriet noget sammensat, saa det kræver en vis Vedligeholdelse, og der kan indtræde Driftsforstyrrelser.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 107. Lassaillys samlede Arbejdstog.

De to Slags Maskiner anvendes omtrent lige meget; i Amerika bruger man dog især Trykmaskiner, fordi de ikke blot benyttes til Tjæring, men ogsaa til Asfaltolie, der som Regel er mindre flydende end Tjære.

I de første Dage efter Overtjæringen ser Vejen ikke særlig godt ud, især hvis der er faldet Regn; det sorte Overtræk, hvori Dækgruset er trykket ned, ser ud, som om det ikke vilde tørre, og som om det vilde blive ved at klæbe.

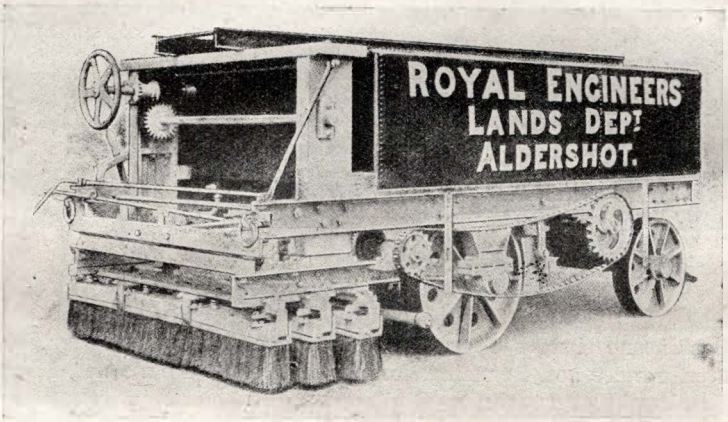
Dette kedelige Udseende forsvinder dog snart, naar blot Overtjæringen ikke er blevet udført for sent eller i Regnvejr. Efter nogle Dages Forløb bliver Skorpen

haard, en Del af Dækgruset kan fejes af, og i tørt Vejr ser den tjærede Overflade graalig ud, som asfalterede Fortove; efter Regn er Overfladen sort og skinnende.

I et Snit i en overtjæret Vej vil man paa Overfladen af Skærverne se en meget tynd Tjærehinde. I Mellemrummene mellem Skærverne danner Tjære og Grus et Fyldstof, der dækker Skærverne. Den mørke Farve aftager, jo længere man kommer ned; Nedtrængningen kan for godt udført Overtjæring spores til en Dybde af 4—5 cm.

Det er de mindst flydende Dele, der er blevet i Nærheden af Overfladen, medens de mere flydende, og især Olierne, naar længst ned i Skærvelaget.

Tjæren er i sig selv ikke modstandsdygtig: Tjærehindens Opgave er især at binde Smaadelene og danne en Slags let elastisk Mørtel.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 108. Tjærespreder med Koste.

Overtjæringens Værdi og Varighed vil især afhænge af det Tidspunkt, paa hvilket Overtjæringen er udført. Makadamiseringens Godhed, Vejens Beliggenhed, Færdslens Art og Størrelse og den Omhu, hvormed den tjærede Vej vedligeholdes.

Overtjæringen bør saaledes udføres i godt Vejr lige før eller i Løbet af Sommeren, naar Vejen er godt tør. Man bør aldrig overtjære en vaad Vej.

Vejen bør være i god Stand uden Huller og Svagheder. Hvis den ikke er ny, bør Hullerne først fyldes med smaa, godt komprimerede Skærver. Det maa meget anbefales at tjære en nybelagt Vej, men man maa vente, til den er fuldt komprimeret og godt tør.

Paa en fritliggende Vej, der tørrer let efter Regn, holder Overtjæring meget længere end paa en Vej, der ligger i Skygge eller paa fugtig Jordbund; tørt Klima bevarer Overtjæringen, men derfor kan Overtjæringen meget godt bruges i Egne, hvor det ofte regner. Hvis Grunden er god, og hvis Vejen luftes godt ud, har Regnen kun den Virkning, at den vasker Vejen, og det skader ikke Overtjæringen.

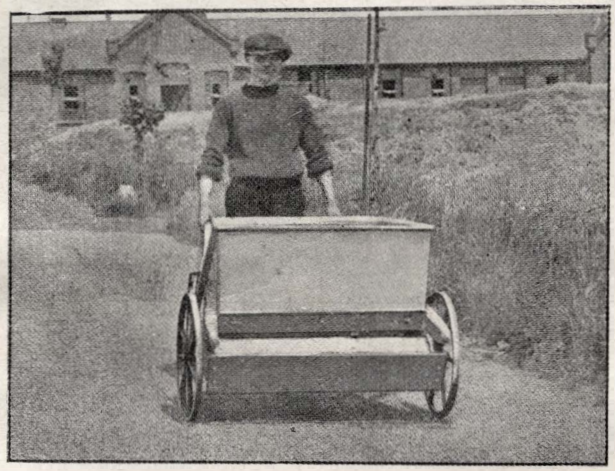
Overtjæring egner sig især for let Automobilfærdsel, men den kan saa godt taale selv en ret stor Færdsel af denne Art. Den beskytter ligeledes Skærvelaget mod Slid fra Lastautomobiler, men findes disse i stort Antal, slides Tjærelaget hurtigt af og løsner sig i Flager; især i den vaade Aarstid er Overtjæring under saadanne Forhold udsat for Ødelæggelse.

Overtjæringens Levetid forlænges, ved at man reparerer de Saar, den faar, saa snart de viser sig, og ved at man holder Vejen saa ren som muligt. Man maa straks tjære de Dele, hvor Tjæren slides af, og straks fylde de Huller eller Fordybninger, der fremkommer i Vejen. Denne Fyldning udfører man med smaat Mate-

riale, der stampes omhyggeligt og er blandet med Tjære, for at Forbindelsen kan blive fuldstændig. Dette Plaster paa Vejen maa flugte med dennes Overflade og overtjæres, og denne Overtjæring lader man gaa lidt ud over de tilgrænsende Vejdele.

Overtjæringen bør gentages hvert Aar paa stærkt befærdede Veje; paa mindre befærdede Veje kan der maaske være længere Tid imellem Overtjæringerne.

Det kan maaske endvidere være af Betydning, at Oprundingen ikke er for stor. Er Oprundingen for lille, tørrer Vejen vanskeligt, og Overtjæringen forgaar; er Oprundingen for stor vil Færdslen især foregaa i Midten, saa Tjæren her slides af, og Siderne af Vejen bliver desuden for glatte for Heste, Vogne og Cykler. En Oprunding paa 1 : 50 maa anses for passende.



Cliche H. Meisner-Jensen

Fig. 109. Grusspredemaskine; smaa Maskiner trækkes ved Haandkraft, større af Heste eller bygges som Automobiler.

Da Tjærelaget under visse Forhold kan blive glat, bør man ikke tjære længere Bakker, naar Stigningen er større end 50 ‰.

Overtjæringen holder længst, naar Skærverne er gode. Tjærehinden holder desuden bedre paa haarde Skærver end paa blødere Skærver.

Grusning udføres sædvanligt med Haandkraft, men man er ogsaa begyndt at anvende Maskiner hertil (Fig. 109); der findes Maskiner, indrettede til at koble bag et Lastautomobil, og som skal kunne gruse indtil 1 km Vej i 5—6 m Bredde i Timen. Til Grusningsmaskinerne maa man benytte tørt Grus, hvis man vil have den fulde Gavn af dem.

Vejtørremaskiner (Fig. 110—111) vil maaske komme en Del i Brug under vore ustadige Vejrforhold, men det vil især være ved Reparationer, de vil finde Anvendelse.

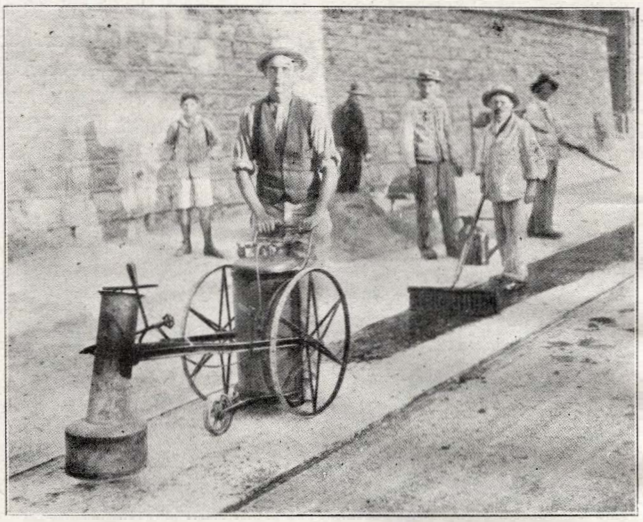
Overfladebehandling med Bitumen[1]**).** — Tjære er et Stof, som ikke er særligt holdbart, med Tiden bliver Tjære haard i Luften, den bliver skør, revner og knuses under Vognhjulene. Overfladetjæringen forgaar da paa denne Maade ret hurtigt, hvis man ikke nogenlunde hyppigt sørger for at forny den. Desuden kan man kun skaffe begrænsede Mængder af Tjære, og der vil uden Tvivl snart komme en Tid, hvor man ikke mere kan forøge de overtjærede Arealer af Mangel paa Tjære.

Af disse Grunde er man derfor begyndt at anvende Bitumen til Overfladebehandling af Vejene, og denne Bitumen anvendes enten varm eller kold.

Varm. — Passende præpareret Bitumen gøres flydende ved Opvarmning og spredes under Tryk over Makadamiseringen, der maa være tør og godt renset. Præ-

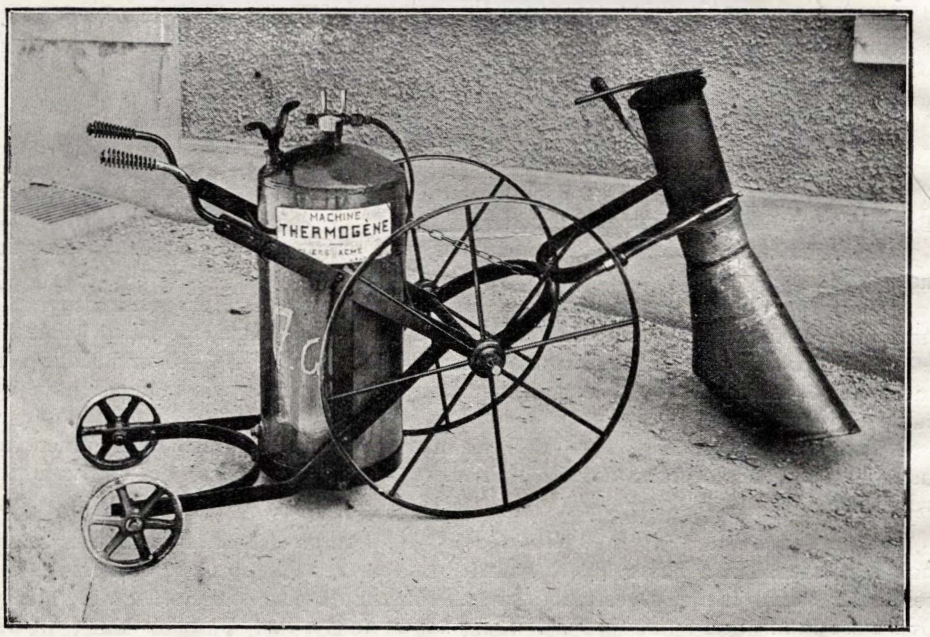
[1]) Dansk Vejtidsskrift 1925 S. 215.

pareringen udføres af Leverandørerne, og den paagældende Bitumen gaar under forskellige Navne (Spramex, Mexphalte, Texaco, Trinidadbitumen o. s. v.).



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 110. Vejtørremaskine med Oliefyr.



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 111. Petroleums Forvarmer, der anvendes, hvor hurtig Tørring af mindre Vejstrækninger er nødvendig for Tjærebehandling.

Før den udsprøjtede Bitumen bliver kold, overpudrer man med smaat Skærveaffald (Størrelse 5—15 mm), som trænger ned i Bindemidlet og med det danner et Slags Tæppe over Vejen.

Brugen af smaat Kalkstensaffald af god Kvalitet synes at være at foretrække for Brugen af Porfyr- eller siliciumholdigt Skærveaffald, hvis skarpe Kanter har Tilbøjelighed til at skære Bitumenlaget igennem.

Man kan udføre Arbejdet saaledes, at man med nogle Dages eller nogle Ugers Mellemrum foretager to Behandlinger, med 1,0—1,5 kg Bitumen hver Gang. Man faar paa denne Maade et meget modstandsdygtigt Overtræk.

Spredemaskiner anvendes ogsaa til Udspredning af Asfalt. Da Asfaltmassen skal have en Temperatur af mindst 150 Grader, kan almindelige Tjærespredemaskiner sædvanligt ikke anvendes direkte til Asfaltspredning, men maa bl. a. ændres saaledes, at Trykpumpen kan blive opvarmet, lige som ogsaa Tilførslen af den varme Asfalt fra Maskinen til Sprederen maa ske ved Slanger, der kan modstaa den høje Temperatur.

Kold. — Skal Bitumen anvendes kold, maa den emulsioneres, d. v. s. at den maa findeles meget stærkt og udrøres i Vand.

Der findes allerede et vist Antal Fremgangsmaader til at fremstille Emulsioner af denne Art, men de er iøvrigt temmelig vanskelige.

De Fabriker, der fremstiller dem, vaager omhyggeligt over Hemmeligheden ved Fremstillingen.

Man er for kort Tid siden bl. a. i Frankrig begyndt at anstille Forsøg med forskellige Emulsioner af denne Art, og man mener, at Forsøgene skal lykkes.

Hovedfordelen ved at anvende Emulsioner er, at de kan anvendes, selv om Vejen ikke er tør, og endda i Regnvejr.

Vandet i Emulsionen trænger ned i Vejen eller fordamper; den Bitumen, der var i Opløsningen, sætter sig fast i Mellemrummene mellem og paa Overfladen af Skærverne, og hvis man anvender 2—3 Vandinger efter hinanden, faar man et jævnt Tæppe, som man overpudrer med smaat Skærveaffald.

§ 18. Overfladebehandling af Veje med Vand og vandsugende Salte.

Vanding med rent Vand har længe været kendt; de Fremskridt der er gjort, hidrører udelukkende fra Forbedringer ved Vandvognene.

Man har nu Automobilvandvogne med indstillelige Brusere, der paa een Gang kan vande en Vej eller Gade med indtil 15 m Bredde.

Vandets støvdæmpende Virkning er kun kortvarig: Vejen bliver let støvet og da det især er om Sommeren, hvor der maaske er knapt med Vand, at Vanding er nødvendig, er ogsaa dette en Ulempe.

Vandsugende Salte kan anvendes til Støvdæmpning enten i vandig Opløsning eller udlagt tørt.

I første Tilfælde vandes Vejen med Opløsningen; Vandet fordamper, og Saltet bliver tilbage, idet det udkrystalliserer i Mellemrummene mellem Skærverne.

I andet Tilfælde spredes det findelte Salt over Vejen, Vognhjulene knuser det, og det trænger ned i Vejens Porer. De vandsugende Salte opsuger Fugtighed fra Luften og forsinker Fordampningen af det Vand, som Vejen indeholder eller som man tilfører ved passende Vanding.

Man har navnlig anvendt Kalciumklorid, der giver ganske gode Resultater, hvis Vejret bliver ved at være tørt, da stærk Regn skyller det udlagte Salt bort. Det opgives, at man, hvis Vejret bliver ved at være tørt, med 1 kg Kalciumklorid pr. m^2 af Vejens Overflade kan holde en Vej i god Stand og støvfri midt om Sommeren i 5 eller 6 Uger. Da Behandlingen stadig maa gentages, er Metoden dog dyr. Man kan maaske dog anvende den f. Eks. paa en Vej, der ikke er i tilstrækkelig god Stand til at overtjæres.

Magniumklorid giver lige saa gode Resultater som Kalciumklorid, men er dyrere.

Havvand indeholder forskellige Salte, og det er derfor ofte blevet benyttet til Vanding i Kystegne. Man bør da, før den regnfulde Vinterperiode begynder, fjerne de Saltskorper, der har afsat sig paa Vejoverfladen.

§ 19. Udfyldnings- og Blandingsmetoden.

Udfyldningsmetoden (methode de pénétration — penetration method). — Ved Udfyldningsmetoden tilføres det organiske Bindemiddel ved Udgydning over det i Forvejen lagte og komprimerede Skærvelag, saaledes at dettes Hulrum fyldes med Bindemidlet.

Eftersom det er Tjære, Beg, Asfalt o. s. v., der benyttes til Udfyldningen, bruger man Betegnelsen Tjæremakadam, Begmakadam, Asfaltmakadam o. s. v.

Blandingsmetoden (methode de melange — mixing method). — Ved Blandingsmetoden blandes Stenmaterialet og Grusmaterialet med det organiske Bindemiddel før Udlægningen.

Eftersom der til Blandingen er benyttet Tjære, Beg, Asfalt o. s. v. bruger man Betegnelsen Tjærebeton, Tjæremørtel, Begbeton, Begmørtel, Asfaltbeton, Asfaltmørtel o. s. v.

1. Udfyldningsmetoden.

Man har, iøvrigt uden større Held, prøvet at indbringe Tjære i et Skærvelag paa forskellige Tidspunkter af dets Komprimering.

Man har saaledes spredt Skærverne ud over et tykt Lag kold Tjære, der i Forvejen var udlagt paa det gamle Bundlag. Skærverne er derefter blevet tromlet uden Vanding, og ved Tromlingen skulde Tjæren stige op i Mellemrummene, men dette lykkes aldrig helt regelmæssigt.

Man har ligeledes hældt varm, flydende Tjære ud over et Skærvelag, der var halvt komprimeret ved tør Tromling, og derefter er Tromlingen gjort færdig. Vejen hærdnede daarligt og vedblev at være blød.

Endelig har man ved Slutningen af Tromlearbejdet (Tromlingen udført tørt, uden Grusning) hældt varm Tjære ud over Skærvelaget. Vejen fik en passende Haardhed, hvor Tjæren blev paa Overfladen, men en meget forskellig, hvor Tjæren var trængt dybere ned.

Det fremgaar heraf, at Veje, hvor man har søgt at bringe flydende Tjære ned i Skærvelaget ved simpel Vanding bliver ved med at være bløde, fordi Tjæren kun tørrer langsomt.

Man har søgt at fremskynde denne Hærdning ved at tilsætte hydraulisk Kalk eller Cement, men uden Virkning.

I Tyskland har man under Navn af »Kiton« anvendt en Blanding af 60 % kold Tjære, 30 % Vand og 10 % pulveriseret Ler; Blandingen vandes ud over Vejen og trænger ned imellem Skærverne, Vandet fordamper og Bindemidlet bliver tilbage. Metoden er ogsaa prøvet her i Landet, men Resultatet har ikke været tilfredsstillende.

I England foretrækker man i Reglen at bruge Beg passende »fluxet« ved Tilsætning af Tjære eller tung Tjæreolie. Arbejdet kaldes »pitchgrouting«.

Efter Road Boards Bestemmelser udføres Begmakadam enten i et Lag paa 7 cm Tykkelse eller i 2 Lag med en samlet Tykkelse paa 10—12 cm før Komprimeringen.

Udfyldningsmetoden har i England givet gode Resultater, hvor den er blevet anvendt af erfarne Ingeniører og vel øvede Arbejdere. Det organiske Bindemiddel Beg anvendes nemlig blandet med Sand, og Vanskeligheden ved Arbejdets Udførelse bestaar især i at fremstille og bevare den Konsistens, man vil have af denne Blanding og sørge for, at de to Materialer ikke skiller ad før Udlægningen.

Opnaar man ikke denne Homogenitet, vil visse Dele af Dæklaget blive meget rige paa Beg, andre fattige. Disse sidste mangler Elasticitet og Sammenhæng, medens de første, f. Eks. naar Solen skinner paa Vejen, bliver bløde, og den overskydende Beg kommer frem paa Overfladen.

Skærverne skal endvidere være absolut tørre, da Begen ellers ikke hænger ved. Hvis Skærverne derfor ikke er tørrede i Luften, maa de tørres kunstigt, og enhver Ufuldkommenhed i denne Tørring vil vise sig som et svagt Punkt i Vejen.

For at komme ud over den ovenfor omtalte Vanskelighed ved Tilberedningen af en Blanding af Beg og Sand af absolut konstant Sammensætning leverer nu visse Fabrikker helt færdige Bindemidler som Brød, der blot skal smeltes paa Arbejdsstedet før Anvendelsen.

Pix Road er et fransk Fabrikat (Lassailly); det indeholder Beg og visse døde Stoffer, som pulveriseret kulsur Kalk. Der bruges 35 kg pr. m².

Tarvia er en Blanding af Tjære og Beg, fabrikeret i Amerika; det anvendes enten til at hælde ud over en Makadamisering i et tyndt Lag (Tarvia B anvendes koldt, 1—1,5 L. pr. m²), eller det anvendes i et tykkere Lag, i hvilket der er indlagt Skærveaffald (Tarvia A, anvendes varmt, 2 L. pr. m²). Og endelig anvendes Tarvia X som Indlæg i selve Skærvelaget enten ved Udfyldnings- eller ved Blandingsmetoden. Naar Tarvia X anvendes til Udfyldning, spredes den opvarmede Tarvia over Skærverne med en Trykspreder i en Mængde af omtr. 6 L. pr. m². Overfladen dækkes med Skærveaffald, og der tromles stærkt. Derefter udlægges et Lag Tarvia (2 L. pr. m²), der overpudres med smaat Skærveaffald eller groft Sand, og man tromler igen, hvorved Vejen forsegles. Tarvia er blevet en Del anvendt her i Landet, men vil næppe finde videre Anvendelse i Fremtiden.

2. Blandingsmetoden.

Ved Blandingsmetoden kan man i Modsætning til ved Udfyldningsmetoden under Iagttagelse af elementære Forsigtighedsregler og ved Anvendelse af mekaniske Hjælpemidler faa en fuldstændig Forbindelse mellem Bindemiddel og Skærver og en ensartet Fordeling i Vejlaget. Ved Blandingsmetoden kan man fremstille en virkelig Beton med bituminøs Mørtel, hvis Sammensætning nøjagtigt kan afpasses.

Vejlaget af Skærver bygges af Skærver i forskellig Størrelse, i bestemt Blandingsforhold, for at Mellemrummene mellem Skærverne kan blive saa smaa som muligt. Skærverne blandes i Forvejen med Bindemidlet, hvorved de overtrækkes med en Hinde af dette, og de lægges ud i det Øjeblik, hvor Overtrækket har faaet den ønskede Konsistens; derefter komprimeres de ved let Tromling og danner et modstandsdygtigt og let elastisk Vejdække.

Dette Vejdække gøres færdigt, ved at man giver det et Overtræk, en Forsegling af Smaaskærver, der ligeledes blandes med Bindemidlet, udlægges og forbinder sig med det foran omtalte Lag, saaledes at det danner et fast Slidlag.

Arbejdet foregaar altsaa i to Dele, først blandes Materialerne, og derefter udlægges de.

Efter et fransk Cirkulære af 2. Maj 1921 anvendes følgende Skærveblanding.

Mindst 60 pCt. i Volumen af 50—60 mm Skærver.
30 pCt. i Volumen af 30—40 mm Skærver.
10 pCt. i Volumen af 10—20 mm Skærveaffald.

Skærverne skal være vel slaaede og godt sorterede. De ovntørres omhyggeligt og blandes derefter med varm Tjære i Specialmaskiner. Man kan enten blande hver Størrelse for sig med Tjære eller blande de forskellige Skærvestørrelser, før Tjæren sættes til. Der medgaar 60 kg Tjære til 1 m³ af denne Skærveblanding.

I begge Tilfælde blander man for sig nogle ekstra Smaaskærver og en vis Mængde Grus med Tjære.

Naar Skærverne er blandet med Tjære, lader man dem som oftest ligge i Bunke i nogle Uger og bruger dem saa koldt, naar Overtrækket næsten er blevet fast og blot lige klæber.

Tjærebetonlaget er højst 10 cm tykt og tromles med en middeltung Tromle (helst 8—10 ts), først forsigtigt, saaledes at Skærverne lægges paa Plads, derpaa kraftigere, men alligevel mindre end ved et almindeligt vandbundet Dæklag.

Man udlægger derpaa et Lag tjæret Skærveaffald, som man tromler kraftigt, saa det forbinder sig med Tjærebetonlaget. Derover spreder man et Lag tjæret Grus paa 5 mm Tykkelse, som man lader Tromlen gaa hen over for at forsegle Overfladen.

Tjærebetonlaget bør ligge nogle Dage, før Vejen aabnes for Færdslen. Efter 4 eller 5 Ugers Forløb overtjærer man i godt Vejr, spreder derover tjæret eller ikke tjæret Skærveaffald og lader Tromlen gaa en sidste Gang henover Vejen. Vejens Oprunding bør højest være 1 : 60.

Skærver, der er behandlet med Tjære, ligner Kul. Naar Overfladen er gjort

færdig, kommer Vejen hurtigt til at ligne Asfalt. Det er ofte vanskeligt straks at se, om en Vej er udført som Tjærebeton eller blot er overtjæret. Man kan dog ikke se den grove Skærvemosaik, der som Regel skinner igennem en almindelig Overtjæring.

Ligesom ved Overtjæring, men maaske i endnu højere Grad her, gælder det at Pasningen fra Dag til Dag forlænger Dæklagets Varighed.

Smaafejl og Smaahuller bør rettes straks, naar de viser sig. Vedligeholdelsen er meget let, naar den straks udføres. Man hugger det beskadigede Stykke af Dæklaget op og fylder igen med smaa Tjæreskærver. Disse Plastre stampes og overtjæres sammen med de nærmeste Dele af den gamle Overflade og hærdner hurtigt.

Reparationsskærverne (Smaaskærver og Skærveaffald) kan enten laves til forud og køres ud, hvor de skal bruges, eller de blandes med Tjære paa Arbejdsstedet i en lille transportabel Maskine.

Det engelske Transportministerium har udsendt følgende Anvisninger for Udførelse af Tjærebeton:

1. En Vej, der skal forsynes med Dæklag af Tjærebeton, bør have et Fundament af tilstrækkelig Styrke til at bære den Færdsel, der kommer paa Vejen.

2. Før et nyt Tjærebetonlag bliver udlagt, bør man undersøge, hvor stor en Tykkelse den gamle Befæstelse har, ved med omtrent 150 yards Mellemrum at grave Render paa tværs af Vejen fra Siderne og ind til Midten, og skiftevis fra de to Sider af Vejen.

3. Tjærebetonlagets Tykkelse bør efter at være tromlet ikke være mindre end 3″, men iøvrigt svare til Færdslens Krav. Skal Tykkelsen være større end 3″, bør Tjærebetonen lægges i to Lag.

4. Er Undergrunden haard, ikke udblødt ved Gennemsivning af Overfladerne, bør den totale Tykkelse af Vejlaget incl. Fundament, efter at det nye Dæklag er tromlet under almindelige Forhold ikke være mindre end 6″, med mindre Undergrunden er saa fast, at den kan træde i Stedet for et særligt Fundament, i hvilket Tilfælde Vejlagets samlede Tykkelse kan reduceres til 4″. Er Undergrunden derimod Ler eller andet eftergivende Materiale, bør den totale Tykkelse ikke være under 11″.

5. Den færdige Overflade bør have et Tværfald paa omtrent 1 : 32.

Hvis det gamle Vejlag ikke er tykt nok i Vejens Midte til at man kan faa dette Tværfald ved at lægge et nyt Dæklag paa af den ovenfor omtalte Tykkelse, bør man ikke røre det gamle Vejlag, men Tykkelsen af det nye Dæklag af Tjærebeton bør gøres saa meget større, saa dette Tværfald naas.

Hvis det gamle Vejlag er tilstrækkelig tykt, bør Reguleringen af Tværfaldet udføres ved Ophakning af Vejoverfladen og ved at flytte Vejmateriale fra Midten ud til Siderne af Vejen, før det nye Dæklag lægges ud. Det Materiale, der løsnes ved Ophakningen bør harpes, og alt Materiale, der er mindre end ½″, bør ikke benyttes.

6. Den nye Tjærebeton bør udføres af Skærver af bedste Kvalitet, af hvilke 60 % skal være 2″, 30 % skal være 1½″, 10 % fra ¾″ til ½″. Smaaskærver benyttes til under Tromlingen at fylde Mellemrummene mellem de større Skærver.

Benyttes et dobbelt Lag Tjærebeton, lægges det underste af 2″ Skærver og Slidlaget af 1½″ Skærver; 10 % fra ¾″ til ½″ Smaaskærver bruges til under Tromlingen at fylde Mellemrummene mellem de store Skærver.

7. Før Skærverne blandes med Tjæren, skal de tørres fuldstændigt.

8. Til Tjærebeton benyttes Tjære Nr. 2.

Tjæren opvarmes i en Gryde, der er bygget saaledes, at Tjæren ikke skummer, hvilket ellers uundgaaeligt vil ske, hvis Tjæren indeholder selv en ringe Mængde Vand.

Den passende Temperatur vil som Regel være mellem 260 og 280° F. eller mellem 124 og 138° C. i Gryden.

9. Den Mængde Tjære, der bruges til 1 Ton Skærver ligger mellem 9 og 12 Gallons, varierende efter Skærvernes Størrelse, Blandingsmetoden og andre Omstændigheder.

10. Efter at Tjærebetonen er blevet lagt ud og Overfladen reguleret, tromles den, saa den bliver jævn, men for megen Tromling bør undgaas.

Der kræves mindre Tromling end ved almindelig vandbunden Makadamisering.

En 10 ts Tromle er en passende Størrelse i de fleste Tilfælde, men gode Resultater kan naas med en 8 ts Tromle, naar man gør det sidste Arbejde med en 10 ts Tromle.

11. For at man skal faa det bedste Resultat ved Anvendelse af Tjærebeton, maa det tilraades at overtjære Overfladen, efter at Vejen har været aaben for Færdslen i nogle Uger; hertil bør ikke bruges mindre end 1 Gallon Tjære for 6 □ yards. Denne Tjære bør svare til Betingelserne for Tjære Nr. 2 og bør anvendes ved en Temperatur paa omtrent 270° F.

12. Smaaskærver, Grus, groft Sand eller andet godt Materiale, frit for Støv, der ikke er større end, at det kan passere ¼″ kvadratiske Masker, bør bruges til Overstrøning.

13. Det anbefales, at man lader Prøver af Tjæren undersøge af et anerkendt godt Laboratorium, og lader Resultaterne opføre i den fastsatte Standardform.

Anm. Disse almindelige Anvisninger bør ikke afholde Vejingeniørerne fra at bruge særlige patenterede Stoffer, men disse patenterede Stoffer bør ikke indholde mere Vand, Naftalin eller Phenol end angivet i Betingelserne for Tjære Nr. 2, medens Mængden af »frit Kulstof« i Forbindelse med et muligt tilstedeværende »Fyld« (filler) ikke bør være større end, hvad der er angivet for »frit Kulstof«.

Maskinerne. — Skærver, Smaaskærver, Skærveaffald og Grus skal tørres godt og fuldstændigt indhyldes i Tjære, men der maa ikke anvendes for meget Tjære.

Tørringen og Tjæringen blev i Begyndelsen udført paa mere tilfældig Maade som Haandarbejde. Nu anvendes altid Maskinarbejde.

De Maskiner, der anvendes, er Maskiner, der opvarmer Tjæren, Maskiner, der tørrer Skærverne, Blandemaskiner, Maskiner, der tørrer og blander, og som undertiden ogsaa opvarmer Tjæren.

Maskiner, der alene opvarmer Tjæren, er i Hovedsagen en Slags transportable Ildgryder, der kan opvarme omtrent 1 tn ad Gangen; de har dobbelt Væg, og Forbrændingsluften cirkulerer i Rummet mellem de to Vægge.

Maskiner, der tørrer Skærvemateriale, kan f. Eks. bestaa af en rektangulær Kasse af Pladejern, udforet med ildfaste Sten, med Tag af Støbejernsplader, der kan udskiftes og paa hvilke man lægger de Skærver, der skal tørres.

I andre Typer af Tørremaskiner tørres Skærverne paa Plader, der ligger over hinanden, hældende, saa Skærverne efter hinanden kan løbe fra den øverste til den nederste Plade.

Blandemaskiner, der blander de tørrede Skærver og den opvarmede Tjære, kan være af to Typer.

I den første Type hældes Skærver og Tjære i en cylindrisk eller konisk Tromle, der drejer om sin Akse, og som har indvendige Ribber. Materialerne blandes og ledes af Ribberne, saa de kommer ud ved Tromlens Munding; det er altsaa en Slags Betonblandemaskine og ligner disse meget.

I den anden Type Blandemaskine er Beholderen fast, men indvendig findes der een eller flere Aksler med Arme eller Blade, der blander Skærver og Tjære og driver dem mod Udgangsaabningen.

Kombinerede Tørre- og Blandemaskiner anvendes mest, thi man undgaar ved dem, at Varmen gaar til Spilde, og at Skærverne afkøles mellem Tørring og Tjæring.

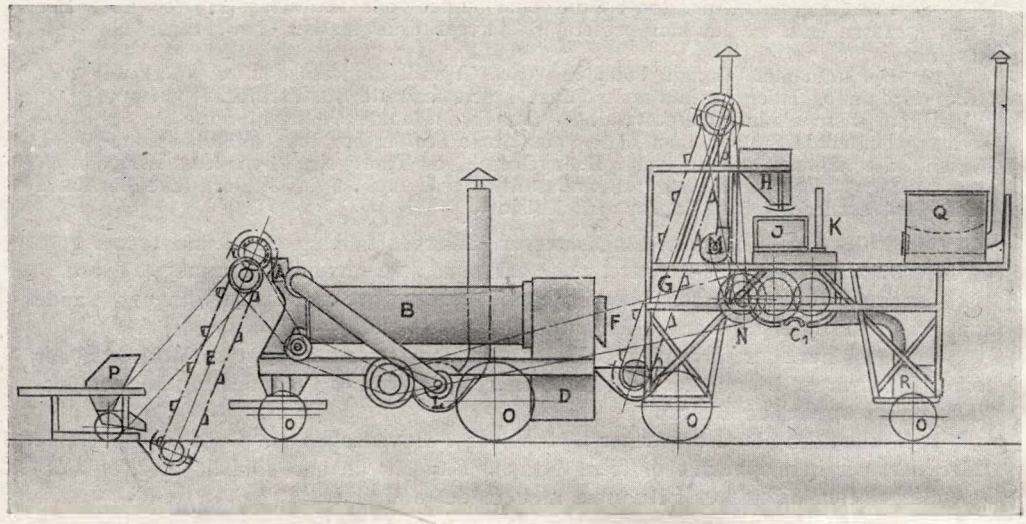
Deres bevægelige Dele drives af en Motor eller et Lokomobil, og de er en Slags transportable Fabrikker, hvis Produktion kan variere mellem 3 og 20 ts i Timen.

Man deler dem i Maskiner med kontinuerlig Tømning og med diskontinuerlig Tømning.

Ammanns Maskine med kontinuerlig Tømning arbejder paa følgende Maade:

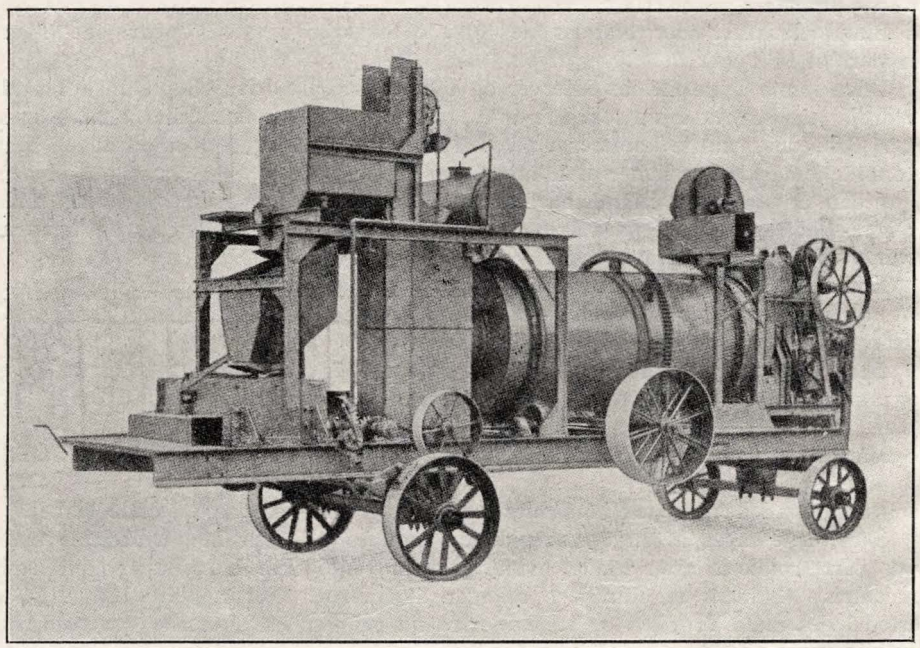
Skærverne tages af en Spandkæde og tømmes ud i en lang roterende cylindrisk Tørretromle af svær Plade, hvis Vægge indvendig har Lameller; en indvendig koncentrisk Cylinder af Rundjern optager Skærverne. Forbrændingsluften fra et Ildsted ledes ind i Tromlen og suges derfra ud gennem en Skorsten, hvorved Støv samtidig suges ud.

De varme og tørre Skærver gaar igennem et konisk Kammer til Blandekammeret, der er af Plade og delt i to Dele; i den første Del, hvori der ogsaa er en Rundjernscylinder, renses og gennemblæses Skærverne; Sandet falder ud gennem en Klapdør, som man en Gang imellem aabner. Den anden Del er det egentlige Blandekammer og har tre Rum, af hvilke der i de to første er et Tjærebad med Omrører, hvor Skærverne tjæres; i det tredie Rum er der en gennemhullet Plade, hvor Tjæren kan dryppe fra de tjærede Skærver. De færdigbehandlede Skærver kommer ud ved Enden af Tromlen.



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 112. Maskine (System Ammann) til Fremstilling af Asfaltbeton, med hævet Blander for direkte Fyldning i Lastvogne.

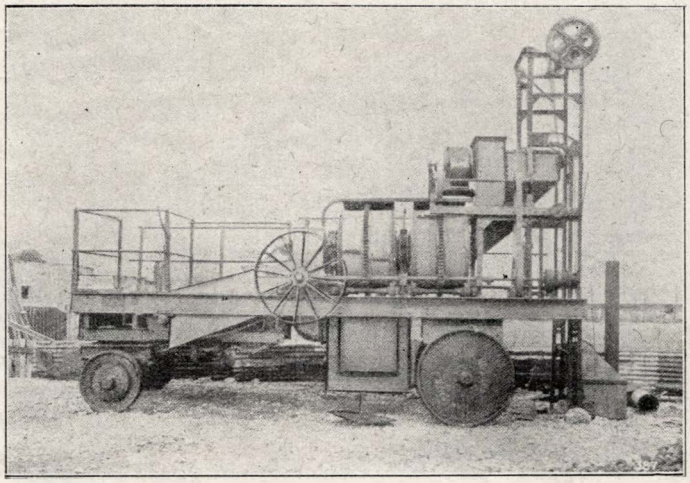


Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 113. Transportabel Asfaltbetonmaskine. System Ammann. Leveres transportabel for 1 m^3, 2 m^3 og 4m^3 Ydeevne pr. Time, samt i større stationære Typer. Maskinerne er byggede for kontinuerlig Drift og har Oliefyring. Alle Aksler løber i Kuglelejer.

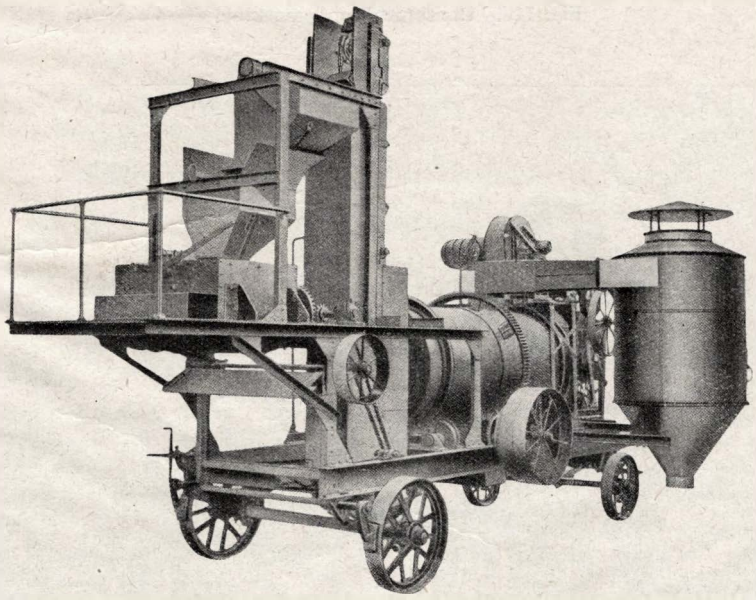
Tjæren opvarmes i en Beholder, der ligger over Fyret; den føres til Blandekammeret gennem et Rørsystem.

I Fig. 112—115 er vist Blandemaskiner af *Ammanns* Konstruktion; den mindste Type har en Vægt paa 5 ts og kan da let transporteres; den kan oparbejde ca. 25 m^3 overtjærede Skærver om Dagen, hvilket netop svarer til det Kvantum, som



Cliché Dansk Vejtidsskrift

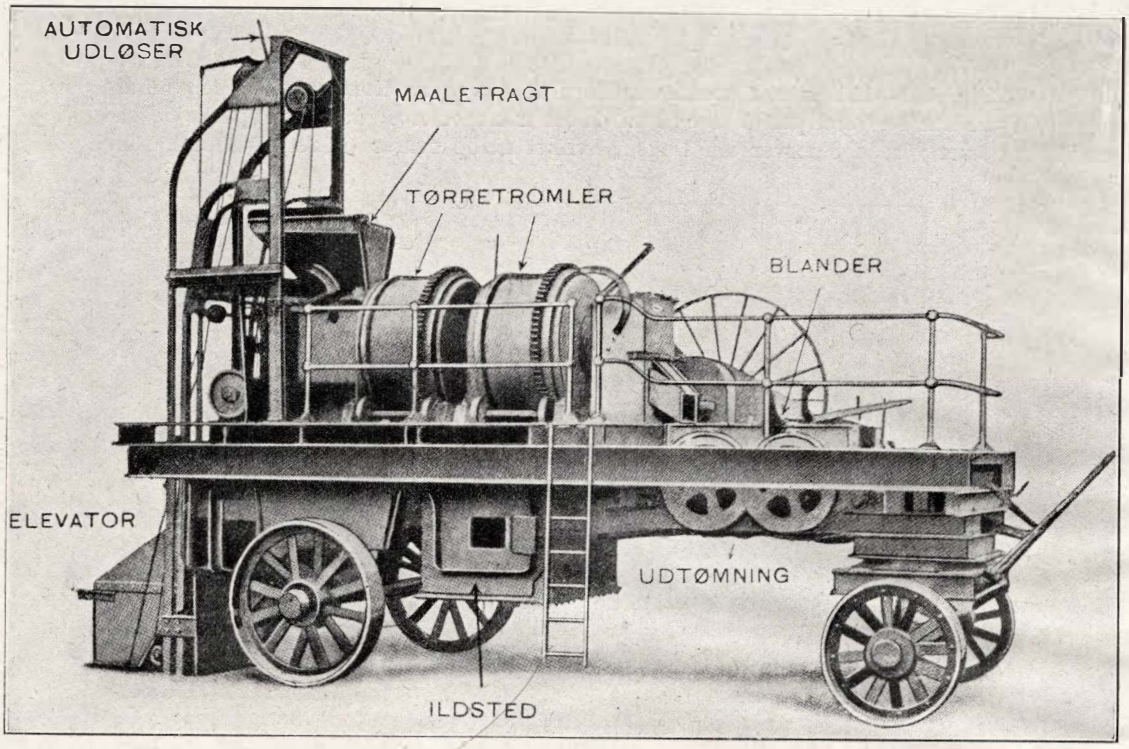
Fig. 114. Ammann Blandemaskine.



Cliché H. Meisner-Jensen

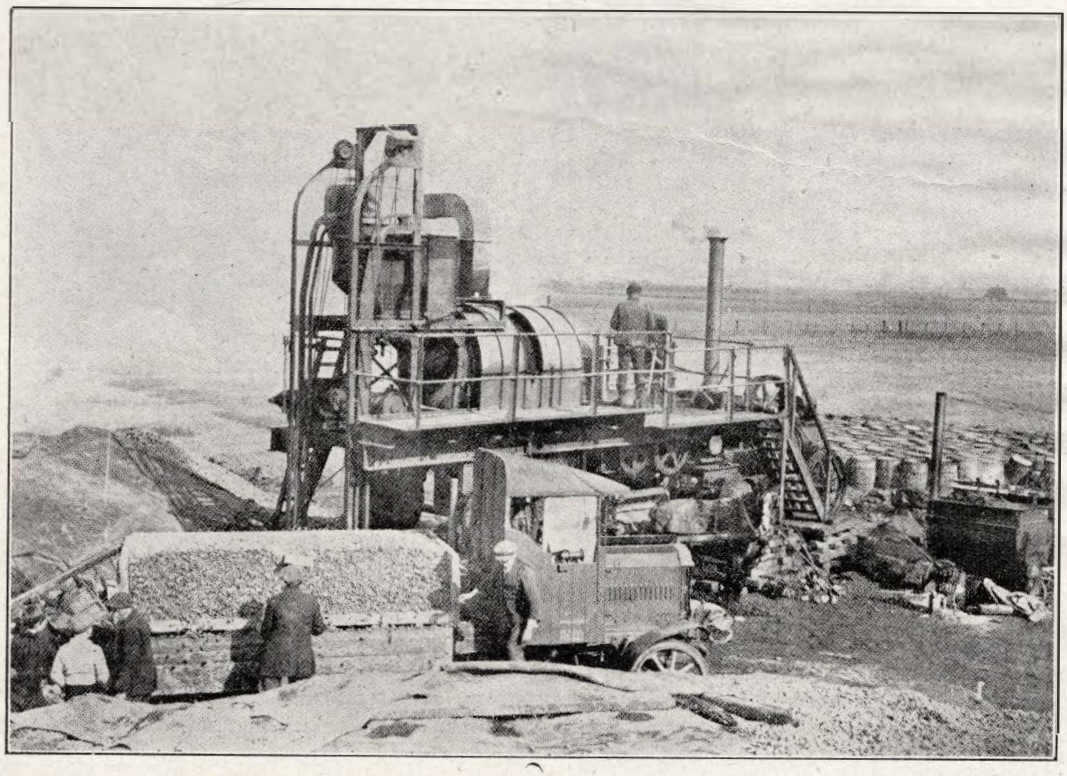
Fig. 115. Ammann Blandemaskine.

paa Landevejen kan behandles paa en Dag med en Maskintromle. Tørringen og Opvarmningen (til Tjærebeton 70—80°) sker i en roterende, lidt skraat stillet Jerntromle, gennem hvilken føres en varm Luftstrøm, der frembringes af en Oliebrænder. Fra Tromlen føres de varme Skærver gennem Elevator til en Maalekasse og



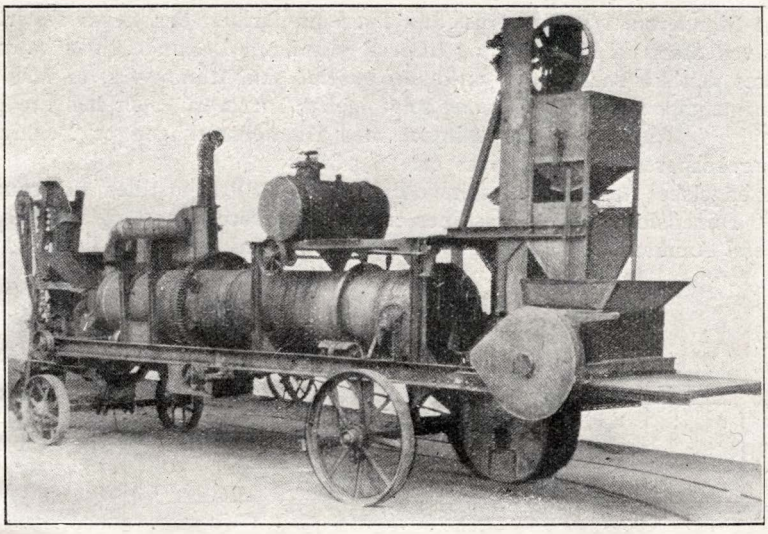
Cliché V. Løwener

Fig. 116. Ransome Blandemaskine.



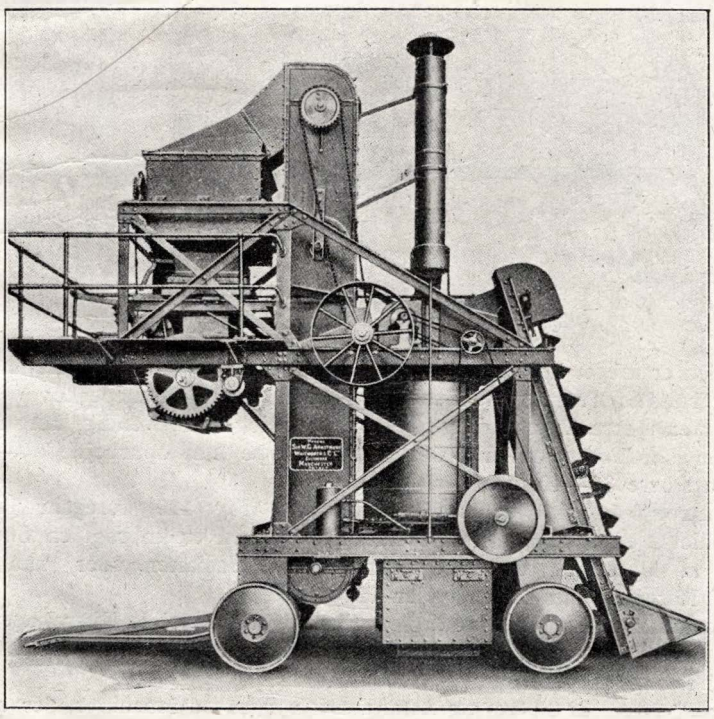
Cliché V. Løwener

Fig. 117. Ransome Blandemaskine.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 118. Ransome Blandemaskine.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 119. Armstrong & Whitworth Blandemaskine.

herfra til Blanderen, i hvilken tilsættes Tjærepræparatet, der koges i særlige Tjærekogere ved Siden af Maskinen og tilføres Blanderen i Spande. Ved større Maskiner tilføres den kogende Tjære automatisk. Det skal fremhæves, at Maskinen arbejder uafhængigt af Vejret, idet dog selvfølgeligt Tørringen tager længere Tid, naar der arbejdes i Regnvejr. Sammenlignet med Haandblandingen er Maskinblanding meget tjærebesparende, det angives ca. 25 pCt.

Den engelske Ransome Maskine (Fig. 116—118) fremstilles til transportable Anlæg i 2 Dimensioner; disse Maskiner er noget sværere bygget og som Følge heraf tungere end Ammann Maskinen. De adskiller sig fra Ammann Typen derved, at

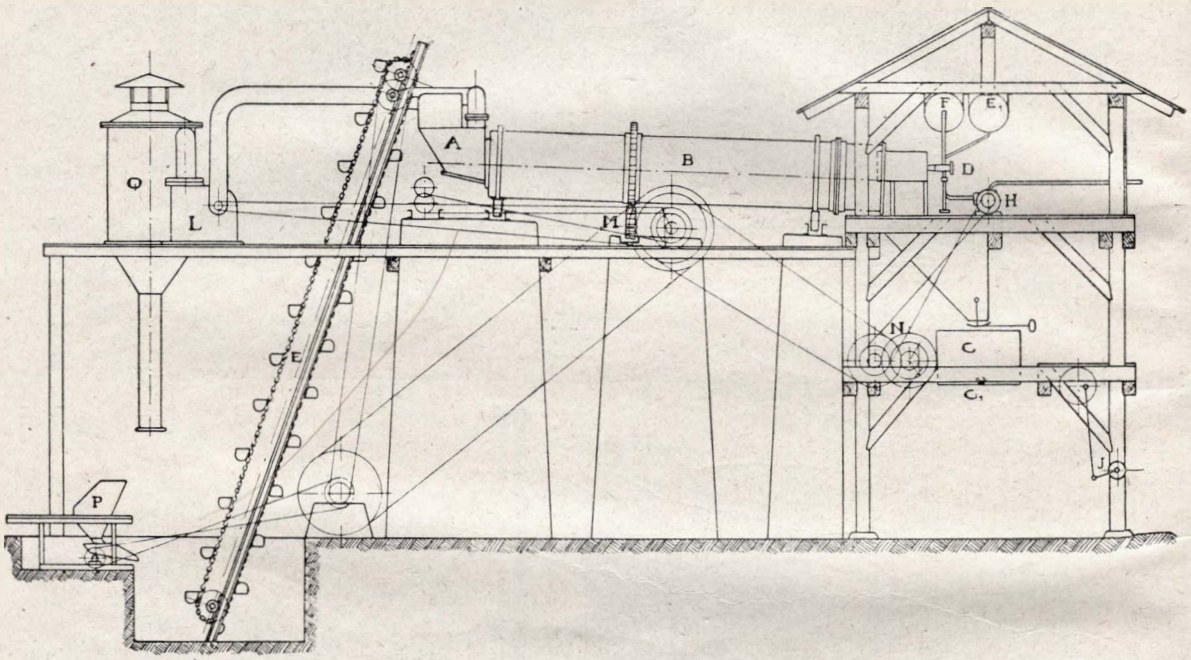


Fig. 120. Stationært Asfaltbetonmaskinanlæg.

Tørretromlen er meget kortere, men bredere og roterer om en vandret Aksel. Skærverne føre rundt i Tromlen ved særlige i denne anbragte Ledeskovle. Til Asfaltbeton, hvor en større Opvarmning af Stenmaterialet er nødvendig, konstrueres disse Maskiner med 2 Tørretromler.. Den mindre Type kan oparbejde 20—25 m^3 om Dagen, den større 30—40 m^3.

I Armstrong & Whitworths Blandemaskine (Fig. 119) foregaar Tørringen af Stenmaterialet i en opretstaaende Cylinder, i hvilken er anbragt en Sneglegang til Transport af Materialet under Opvarmningen. Maskinen, der kan oparbejde 20—30 m^3 Materiale om Dagen, vejer 12½ ts.

Til Opvarmning af Tjæreprodukterne bruges almindelige Tjærekogere, og hvor Beg eller Asfalt tilsættes Tjæren, bør denne forinden gøres flydende ved en Opvarmning i særlige Kogere.

Til Fremstilling af Tjære- og Asfaltbeton bygges nu Maskiner, der ofte har betydelig Størrelse, og ofte udføres som stationære Anlæg. Det er uøkonomisk og uheldigt at blande Tjærebeton ved Haandkraft, da man i hvert Fald for Landevejenes Vedkommende er henvist til at arbejde i fri Luft og derfor er ganske afhængig af Vejret, idet Blandingen maa udføres med tørre Skærver. Bliver kunstig Opvarmning ikke anvendt, vil Blandingsprocessen ogsaa blive uøkonomisk, da der i

saa Fald vil medgaa for meget overflødig Tjære. Asfaltprodukter kan overhovedet ikke anvendes uden forudgaaende Opvarmning af Stenmaterialet. Blandemaskinerne til Tjære- og Asfaltbeton tager da ogsaa især Sigte paa en praktisk Opvarmning af Stenmaterialet forinden Blandingen foretages med det varme Tjære- eller Asfaltprodukt, og i de nyere Konstruktioner er Opvarmning og Blanding kombinerede i en Maskine.

Om Maskinerne i Almindelighed gælder, at smaa Maskiner med Ydeevne fra 3 til 5 ts i Timen anvendes paa selve Arbejdsstedet og flyttes rundt efter det.

Middelstore Maskiner med Ydeevne fra 5 til 10 ts i Timen opstilles bedst paa en Plads, der ligger centralt for et vist Antal Arbejdssteder, og de tjærede Skærver køres saa i Lastautomobil til Anvendelsesstedet. Endelig opstilles de store Maskiner med Ydeevne over 10 ts i Timen fast paa Steder, hvor man vil tjære store Mængder af Skærver, som derfra kan forsendes langt med Lastautomobil og Jernbane eller Skib.

Naar Skærverne er blevet tjærede, bliver de i Reglen liggende i Bunke i nogen Tid, før de skal bruges. I denne Periode begynder der en Tørring og Hærdning af Tjæren, der giver det tynde Tjærelag en særlig Plasticitet, som holder sig længe, hvis Skærverne ligger beskyttede mod Luft og Vand.

Tjærebeton af Højovnsslagge. — I Nærheden af Højovnsanlægene har man længe benyttet Højovnsslagge til Bygning af Veje med forskelligt Held efter Slaggernes Kvalitet. Er Højovnsslaggen godt sorteret, gennemtrængt af Tjære, kan den, anvendt paa rigtig Maade, give faste homogene og stærke Veje. Naar Slaggen kommer ud af Højovnen, afkøles den til en bestemt Temperatur, og naar den er naaet, slaas den til Skærver af 60—65 mm Størrelse. Tjæringen foregaar, medens Skærverne endnu er varme helt igennem, hvorved Bindemidlet, naar Luften i Porerne afkøles, ligesom trækkes ind i disse, og Vedhængningen bliver meget inderlig; de varme Skærver er ogsaa fuldstændig fri for al Fugtighed.

Denne tjærede Højovnsslagge forsendes med Jernbane over hele England og er blevet meget anvendt under Navnet »Tarmac«.

§ 20. Skærvelag med Asfalt og Bitumen som Bindemiddel.

Naar man anvender Tjære og Beg som Bindemiddel i et Skærvelag er det for at hindre, at Skærverne slides ved at glide paa hinanden, og for at Massen skal blive fast og vandtæt. Men Tjære og Beg er i sig selv ret svage, og det er derfor Skærverne, der i disse Vejkonstruktioner skal yde den væsentligste Modstand mod Slid.

Anvender man derimod Asfalt og Bitumen, er ikke alene Skærvematerialet, men ogsaa Bindemidlet modstandsdygtigt, og Bindemidlet gør hele Massen sejg og elastisk. I de fleste bituminøse og asfaltiske Vejdæk bruges derfor smaa Skærver, og i nogle af dem, og det ikke de mindst værdifulde, bruges tilmed pulveriseret Stenmateriale.

De asfaltiske Vejbelægninger kan deles i to Dele:

1. De Vejbelægninger, der bestaar af et dødt Materiale som Skærver, Sand o. lign., der kunstigt er blandet med Bitumen eller Asfalt.
2. De Vejbelægninger, der som Hovedbestanddel indeholder Asfaltsten (som Regel Asfaltkalksten).

1. Asfaltiske Vejbelægninger af Skærver, Sand el. lign.

De døde Materialer (Skærver, Sand o. lign.) blandes med Asfalt, Bitumen eller bituminøse Olier, undertiden ved Udfyldningsmetoden, men som Regel ved Blandingsmetoden.

a. Udfyldningsmetoden.

Asfaltiske Vejbelægninger udføres efter Udfyldningsmetoden paa lignende Maade som de Vejbelægninger, der har Tjære eller Beg som Bindemiddel.

Bygning af asfaltiske Veje efter Udfyldningsmetoden er ikke almindelig i Europa, hvor Prisen for Asfalt og Bitumen er høj. Man foretrækker at benytte Blandingsmetoden, da man herved kan nøjes med at anvende meget mindre af Bindemidlet, og faar en mere virksom Kontrol med, at Vejdækket bliver homogent.

b. Blandingsmetoden.

De asfaltiske Vejbelægninger bestaar af et Stenmateriale, Skærver, Skærveaffald og Sand omhyggelig blandet og maalt, og som i varm Tilstand blandes med et Bindemiddel, smeltet Asfalt eller Bitumen, som oftest tilsat med et meget fint pulveriseret Stof, et dødt Fortyndelsesstof, der i Almindelighed kaldes »Mel« (paa engelsk »filler«, paa fransk »farine«).

Disse Vejbelægninger stammer fra U. S. A., hvor de har gennemgaaet en betydelig Udvikling og er blevet udført paa mange forskellige Maader. Under dette Arbejde har der fundet et meget nøje Samarbejde Sted imellem Staternes Vejvæsen og de polytekniske Læreanstalters Vejlaboratorier. Fra U. S. A. er de asfaltiske Vejbelægninger kommet til Europa, først til England, hvor de har vundet stor Udbredelse, og derefter til Frankrig, hvor man allerede for en halv Snes Aar siden har begyndt at anvende disse Konstruktioner. De asfaltiske Vejbelægninger udføres især efter amerikanske Opskrifter, og det er derfor dem, der skal omtales, idet det dog maa huskes, at Klima, Færdsel og Vejmateriale spiller en meget stor Rolle og derfor maa tages i Betragtning i hvert enkelt Tilfælde.

I 1920 var i New York 51 pCt. og i Washington 70 pCt. af alle Gadebelægninger udført af Sandasfalt.

En Vej med Dæklag af Asfaltbeton eller Asfaltmørtel har i Almindelighed

1. et Fundament af Cementbeton eller af Skærver eller af en gammel Makadamisering. Fundamentets Overflade skal reguleres parallelt med den færdige Vejoverflade og den skal være fuldstændig regelmæssig, d. v. s. hverken have Huller eller Pukler eller Ujævnheder.

   Fundamentet skal fordele Trykket over Undergrunden, og dets Godhed har afgørende Betydning for, at man naar et godt Resultat, thi Sætninger i Fundamentet ødelægger meget hurtigt det forholdsvis tynde asfaltiske Vejdæk.
2. Et Sliddæk af Asfaltbeton eller Asfaltmørtel.

Naar Sliddækket er af Asfaltmørtel (Sandasfalt), lægger man ofte mellem det og Fundamentet et Mellemlag, der skal give en vis elastisk Overføring af Trykket til Fundamentet. Naar Færdslen er stærk og tung, anser man det for nødvendigt eller ihvert Tilfælde for meget ønskeligt at anvende et saadant Mellemlag. Er Færdslen mindre tung, benytter man som Regel ikke dette Mellemlag, men nøjes med Sliddækket, som man saa giver en Tykkelse paa mindst 5 cm.

Sliddæk af Asfaltbeton og Asfaltmørtel. — Man skelner mellem 3 Klasser af Asfaltbeton: A, B og C.

Asfaltbeton A af een Størrelse Skærver.

Til Asfaltbeton A anvendes Skærver, der kan gaa gennem 3 cm cirkulære Huller, men ikke gennem 6 mm Huller. Man tillader, at mindst 25 pCt. af disse Skærver kan gaa gennem en Sigte med 20 mm Masker.

Det asfaltiske Bindemiddel skal (efter The Asphalt Association) have følgende Haardhed, maalt paa Penetrometret ved 25° C.

	Klima paa Anvendelsesstedet.		
Færdsel	koldt	tempereret	varmt
let	90—120	80—90	70—80
middel	80—90	80—90	70—80
stærk	80—90	70—80	70—80

Man regulerer Bindemidlets Mængde saaledes, at Betonen kommer til at indeholde 5—7 pCt. ren Bitumen, opløselig i Svovlkulstof.

Blandingen lægges varm ud paa Fundamentet i et jævnt Lag og tromles med en let Tromle, idet Tykkelsen af Laget, naar Arbejdet er færdigt, skal være omtrent 5 cm.

Det Betonlag, som man saaledes faar lagt ud, er ikke frit for Huller og ikke vandtæt; det maa derfor dækkes med et Forseglingslag, der fremstilles paa følgende Maade:

Man spreder varmt omtrent 2,5 L. pr. m^2 af det samme asfaltiske Bindemiddel og derover 6—10 mm Skærveaffald i et Lag, der lige er tilstrækkeligt til at optage Overskudet af Bitumen.

Asfaltbeton A er temmelig grovkornet og anvendes ikke meget i Europa, hvor de asfaltiske Bindemidlers høje Pris kræver, at man anvender Metoder, hvor Blandingsforholdene er mere nøjagtigt bestemt, hvor Udførelsen kan blive mere fuldstændig, og hvor Vejdækket kan holde længere.

Asfaltbeton B af Skærver og fint Sand.

Asfaltbeton B ligner Asfaltbeton A ved som denne at indeholde Skærver af en vis Størrelse, men er forskellig ved desuden at indeholde fint Materiale, der skal fylde Mellemrummene mellem Skærverne, og ved at der til det asfaltiske Bindemiddel er sat et »Mel«.

Skærverne har som i Asfaltbeton A en Størrelse fra 6—30 mm; det fine Materiale er tørt og rent Sand, helst kiselholdigt, hvis Korn ikke er større end 6 mm, medens de fineste Korn for største Delens Vedkommende (90 pCt.) holdes tilbage paa Sigte Nr. 200. Melet er et Pulver, og der anvendes som oftest omhyggeligt sigtet pulveriseret Kalk eller Portlandcement (mindst 65 pCt. skal gaa igennem Sigte Nr. 200, og intet maa blive tilbage paa Sigte Nr. 30).

Efter The Asphalt Association skal det asfaltiske Bindemiddel ved 25° C have følgende Haardhed:

	Klima paa Anvendelsesstedet.		
Færdsel	koldt	tempereret	varmt
let	70—80	70—80	60—70
middel	70—80	70—80	60—70
stærk	60—70	60—70	60—70

Mængden af Bindemidlet afpasses saaledes, at Betonen kommer til at indeholde 6—8 pC. ren Bitumen opløselig i Svovlkulstof.

Det Forhold, hvori de forskellige Bestanddele indgaar i Blandingen, er forskelligt i de forskellige Opskrifter. Som Eks. skal nævnes en i 1918 af *U. S. Office of Public Roads* udsendt Opskrift:

Skærver	45—60 %
Sand	30—45 -
Mel	3—5 -
Ren Bitumen (ialt efter Vægt)	5—8 -

Kornstørrelsen skal i disse Materialer være fordelt saaledes:

Skærver

gennem en Sigte med 25 mm Masker gaar mindst	95 %
— - - - 20 - — —	25—75 -
paa - - - 6 - — bliver —	85 -

Sand

gennem en Sigte med 6 mm Masker gaar	100 -
— - - Nr. 40 —	30—70 -
paa en Sigte - 200 bliver mindst	90 -

Mel

gennem en Sigte Nr. 30 gaar	100 -
— - - - 200 - mindst	65 -

Asfaltbeton B udføres varmt og lægges i et 5 cm tykt Lag paa et Fundament. Naar Overfladen er tromlet, skal den være fri for Huller og Fordybninger af kendelig Størrelse. Alligevel anbefales det at lægge et Forseglingslag for at gøre Vejdækket absolut vandtæt og for at beskytte Skærverne mod direkte Berøring med Hjulene. Denne Forsegling udføres som et tyndt Lag af det bituminøse Bindemiddel, der overstryges med 6—10 mm Skærveaffald i saa stor Mængde, at det kan absorbere Bindemidlet.

Asfaltbeton B har mange Tilhængere. Da Skærverne er forholdsvis store, skyldes dens indre Modstand for en stor Del den Omstændighed, at Skærverne er forkilede mellem hverandre.

Et Vejdæk af Asfaltbeton B er haardere og mindre bøjeligt end et Vejdæk af smaat Materiale (Asfaltbeton C og Asfaltmørtel); med samme Tykkelse modstaar det derfor bedre Deformation, i det Tilfælde Grunden giver efter. Paa den anden Side kan Tilstedeværelsen af heterogene Elementer af kendelig Størrelse begunstige Dannelsen af Revner enten mellem Skærver og Bindemiddel eller maaske endda tværs igennem Skærverne.

Asfaltbeton C af smaat Stenmateriale og Sand.

Asfaltbeton C indeholder Smaaskærver og er derfor en Beton, men den er væsentlig forskellig fra Asfaltbeton A og B derved, at Skærverne er mindre, og at Skærverne som Følge af deres smaa Dimensioner og den ringe Mængde, hvori de indgaar i Blandingen i Forhold til Sandet, ligesom svømmer i den Grød, der er dannet af Sand og Asfalt, og som bliver det, der egentlig slides paa.

Af disse Grunde skal Forholdet mellem de enkelte Stenstørrelser afpasses endnu omhyggeligere, og det asfaltiske Bindemiddel skal være haardere end i Asfaltbeton A og B.

Smaaskærvernes Størrelse skal ligge mellem 6 og 13 mm.

Det fine Materiale er Sand, hvis Kornstørrelse ikke maa være over 6 mm, medens den fineste Del af det i Hovedsagen (90 pCt.) bliver tilbage paa Sigte Nr. 200.

Melet er et Pulver af samme Art som omtalt ved Asfaltbeton B.

Det asfaltiske Bindemiddel skal (efter The Asphalt Association) ved 25° C. have følgende Haardhed:

	Klima paa Anvendelsesstedet.		
Færdsel	koldt	tempereret	varmt
svag	60—70	60—70	50—60
middel	60—70	60—70	50—60
stærk	50—60	50—60	50—60

Mængden af Bindemiddel reguleres saaledes, at Betonen indeholder 7—11 pCt ren Bitumen opløselig i Svovlkulstof.

Af de mest kendte Opskrifter skal nævnes den, der i U. S. A. bærer Navnet »*Topeka Blandingen*«, der er opstillet af U. S. Bureau of Public Roads 1918.

Stenstørrelse fra 6—14 mm	5—10 %
paa 6 mm højst bliver tilbage paa Sigte No. 10	11—25 »
gaar igennem Sigte No. 10 bliver tilbage paa Sigte No. 40	7—25 »
gaar igennem Sigte No. 40 bliver tilbage paa Sigte No. 80	11—36 »
gaar igennem Sigte No. 80 bliver tilbage paa Sigte No. 200	10—25 »
gaar igennem Sigte No. 200	5—11 »

Asfaltbeton C fabrikeres varm og udlægges paa et Fundament eller en gammel Vej undertiden med et Mellemlag (binder).

Udlægning og Tromling udføres som omtalt for Asfaltbeton B. Overfladen skal være jævn og uden Huller, saa det er unødvendigt at anvende særligt Forseg-

lingslag. Man gør i Reglen Asfaltbeton C færdig ved at overpudre Overfladen med Kalkmel eller Portlandcement.

I et Sliddæk af Asfaltmørtel (Sandasfalt) er Dæklaget udelukkende dannet af en Blanding af Asfalt og Sand, der er meget omhyggeligt sigtet, med Tilsætning af meget fint Mel.

Naar dette Sliddæk skal bære meget stærk Færdsel, lægges det som Regel paa et Mellemlag. I saa Tilfælde bliver hele Vejdækkets Tykkelse 7—8 cm, omtrent ligelig fordelt imellem de to Lag, idet det underste dog maaske bliver det tykkeste. Mellemlaget skal bøde paa uundgaaelige Ujævnheder i Fundamentet og forøge Vejbanens Elasticitet. Hvor man, som i Frankrig, udelader Mellemlaget, maa man regulere og jævne Fundamentets Overflade meget omhyggeligt, og Sliddækket faar da en Tykkelse paa 5 cm.

Mellemlaget udføres af Asfaltbeton af 6—25 mm, maaske 30 eller endda 40 mm Skærver og Sand i Forhold. 5 Dele Skærver og 2 Dele Sand.

Asfaltmængden reguleres saaledes, at Blandingen omtrent kommer til at indeholde 4,5—6 pCt. ren Bitumen.

Med Hensyn til Skærveblandingen er man langt mindre streng med Sorteringen af Skærverne til Mellemlaget end til Sliddækket; det anbefales dog, at man anvender følgende Forhold:

Skærver	større end 13 mm	15—65 %
—	mindre end 13 mm og som bliver tilbage paa Sigte No. 10	20—50 -
—	der gaar igennem Sigte No. 10	15—35 -

Sliddækket bygges alene af smaat Materiale, Sand og Mel blandet med Asfalt.

Sandet skal være rent, haardt, kornet, men Kornene maa ikke være for skarpkantede. Sammensætningen skal svare til en af nedenstaaende Opskrifter.

Melet er i Reglen fint Kalkpulver eller Portlandcement.

Asfaltbindemidlet skal efter The Asphalt Association ved 25° C have følgende Haardhed:

	Klima paa Anvendelsesstedet.		
Færdsel	koldt	tempereret	varmt
svag	50—60	50—60	40—50
middel	50—60	50—60	40—50
stærk	40—50	40—50	30—40

Blandingsforholdet (Sand, Mel og Bindemiddel) reguleres saaledes, at man faar

ren Bitumen	9,5—13,5 %
Mel	6 —20 -
Sand	Resten

U. S. Bureau of Public Roads angiver Sandets Kornstørrelse saaledes:

gaar igennem Sigte No.	10,	bliver tilbage paa Sigte No.	20	2—15 %							
- — — -	20	— — -	— -	30	5—15 -	}	12—55				
- — — -	30	— — -	— -	40	5—25 -						
- — — -	40	— — -	— -	50	5—30 -						
- — — -	50	— — -	— -	80	5—40 -						
- — — -	80	— — -	— -	100	6—20 -	}	20—40				
- — — -	100	— — -	— -	200	10—25 -						
- — — -	200	— — -	—		0—5 -						

Melets Sammensætning:

gaar igennem Sigte No.	30									100 %	
- — — -	200	mindst								66—78 -	

Sand og Asfaltbindemiddel opvarmes hver for sig; Melet sættes til, samtidig med at Blandingen foregaar. Blandingen udføres paa Maskine, lægges varm ud, og Laget reguleres meget omhyggeligt. Derpaa tromles med en let Tromle, og Overfladen pudres med Kalkpulver eller Portlandcement.

De særlige Sorter Asfaltbeton og Asfaltmørtel, der er blevet anvendt i Frankrig og vistnok i Hovedsagen ogsaa i England er:

Monolastic er Sandasfalt med eller uden Skærveaffald og bestaar af

Sand og Skærveaffald (Sand 62 %, 3—7 mm Skærveaffald, 15 %)	77 %
Mel	12 -
Asfaltisk Bindemiddel	11—12 -

Paa Veje, der ligger i stærkt Fald, har man anvendt en lidt anden Blanding

	1.	2.
Smaaskærver (10—30 mm)	41,75 %	30 %
Sand	41,75 -	50 -
Mel	8 -	10 -
Asfaltisk Bindemiddel	8,5 -	10 -
	100 %	100 %

Sammensætning No. 1 anbefales for Stigninger stærkere end 35 ‰. Sammensætning No. 2 for mindre Stigninger.

Det asfaltiske Bindemiddel stammer fra Destillation af meksikansk Jordolie, passende fluxet og kaldet »Mexphalte«, der indeholder 98,5 % ren Bitumen efter Vægt.

Bindemidlet har ved 25° C. en Haardhed paa omtr. 55 og en Strækkelighed paa 80.

Sandet har en Kornstørrelse svarende til de amerikanske Sigter No. 30 og No. 200; den største Del (69 %) gaar igennem en Sigte No. 50 og bliver tilbage paa Sigte No. 80.

Vejdæk *Trinidad* af Asfaltmørtel (Sandasfalt) bestaar af

Sand	80 %
Mel	6 -
Asfaltisk Bindemiddel	14 - (Minimum)

Det asfaltiske Bindemiddel er Trinidad Asfalt fluxet med Olier fra Petroleumsdestillationen, saaledes at Haardheden ved 25° C er 30—40. Mængden af ren Bitumen (opløselig i Svovlkulstof) i Bindemidlet er 67,5 % og i selve Asfaltmørtlen 10—11 %.

Vejdæk *Trinidad* af Asfaltbeton bestaar af:

25 mm Skærver højst	50 %
Sand	34 -
Mel	5 -
Asfaltisk Bindemiddel	11 -

Det asfaltiske Bindemiddel er fluxet Trinidad Asfalt med en Haardhed 40—50. Mængden af ren Bitumen, opløselig i Svovlkulstof, i Asfaltbetonen er omtr. 8 %.

Andre Opskrifter, som f. Eks. »Bitulithe« o. s. v., er dannede efter tilsvarende amerikanske Opskrifter og har ogsaa fundet nogen Anvendelse i Frankrig og England.

Asfaltbeton C og Asfaltmørtel er Grød af meget smaa Elementer; deres Modstandsevne beror især paa Kohæsionen mellem disse Elementer og paa Bindemidlets Elasticitet. Disse Vejdæk paavirkes mere end Vejdæk af Asfaltbeton A og B af smaa Deformationer i Underlaget, hvorfor det i visse Tilfælde kan være nødvendigt at lægge et Mellemlag over Fundamentet. Til Gengæld er de mere homogene og mindre udsatte for at revne ved Stød og Slag.

Asfaltbeton C ligner meget Asfaltmørtel; Indlæget af Smaaskærver (6—13 mm) skal især gøre Overfladen mindre glat og forøge Massens Tæthed.

Asfaltmørtel har den Fordel, at man i Egne, hvor gode Sten er dyre, men hvor Sand let kan faas, kan bruge Egnens Materiale uden at behøve andet udefra end Asfalt og Mel.

I de Opskrifter, der er gengivet ovenfor, vil man have bemærket, at der findes opført Maksimums- og Minimumsgrænser baade for Mængden af Skærver og Bitumen, og for Kornstørrelserne af Skærver og Sand. De nøjagtige Forhold maa i hvert enkelt Tilfælde bestemmes ved nogle Laboratorieundersøgelser med det særlige Materiale, man raader over.

Man skal opnaa ved disse Undersøgelser at gøre det totale tomme Rum mellem Skærver og Sandkorn saa lille som muligt, og at hvert enkelt tomt Rum nærmer sig

til Nul. Asfaltmængden maa ikke være større end Volumen af de tomme Rum, for at der ikke skal ske indre Bevægelser, hvis Asfalten bliver blød. Asfaltmængden maa heller ikke være mindre end det tomme Rum, thi Betonen bliver saa porøs, opsuger Vand, bliver haard og skør.

Dow har sammenlignet Asfaltmørtel med en Sandbred ved Ebbe og Flod. Naar Vandet er faldet og Sandet nøjagtigt indeholder den Mængde Vand, der skal til for at fylde Hulrummene, er det fast og kompakt. Ved Ebbe, naar Vandet i nogle Timer er fordampet, er Sandet ikke længere fast og giver efter for det mindste Tryk. Ved Højvande, naar Sandet er overmættet med Vand, er det bevægeligt som Flydesand.

Man foretrækker undertiden Vejdæk alene af Sten, hvis Kornstørrelse ikke naar op over 2 à 3 mm, men af økonomiske Grunde, af Hensyn til Styrken og for at undgaa Glathed, er det vistnok fordelagtigt at sætte Skærver til, saa der dannes en virkelig Beton.

Indtil en vis Grad afhænger det bedste Forhold mellem Mørtel og Skærver af Mørtlens Sammensætning; det synes, som om man opnaar størst Tæthed og mindst Vandoptagelse med 40 Dele Mørtel og 60 Dele Skærver efter Volumen eller i Forhold 1 : 2 efer Vægt. Men en saadan Blanding kræver en kraftig Komprimering; Betonen bliver federe og sikrere og lettere at anvende, hvis man anvender lige Vægtdele Mørtel og Skærver, d. v. s. formindsker Skærvemængden til 50 eller 40 pCt. efter Rumfanget.

Mørtlen skal være sammensat af Bindstof og fine mineralske Dele, blandede i et saadant Forhold, at der dannes en plastisk Masse, der let indhyller Skærverne, og efter at være afkølet skal Massen være lidet følsom overfor Temperaturvariationer og saa tæt som muligt.

Det bituminøse Bindstof er den dyreste Del af Blandingen, og Valget af de andre Materialer og af Blandingsforholdet bør træffes saaledes, at der bruges saa lidt Bindstof som muligt. Da Mængden desuden afhænger af Bindstoffets Art og Kvalitet, kan man ikke paa Forhaand opgive noget bestemt Blandingsforhold.

Det er nødvendigt, at der som dødt Stof tilsættes et meget findelt Mineral, der giver Fasthed og gør Vejdækket mindre følsomt overfor Temperaturvariationer. De fremmede Stoffer, der findes f. Eks. i Trinidad Asfalt i naturlig Tilstand, optræder paa samme Maade som Mel.

Melets Natur synes at være ligegyldig, men det er nødvendigt, at det er meget fint. Men de fine Partikler har en meget stor Overflade, saa der kræves en stor Mængde Bindstof til at indhylle dem. En plastisk Mørtel alene af mineralsk Støv og Bindstof vil derfor kræve meget Bindstof, og man bøder herpaa ved at tilsætte fine og middelfine Sandkorn.

Det bedste Blandingsforhold af Bindstof, Mel, fint og middelfint Sand afhænger især af Bindstoffet og af Melets Finhed og bør bestemmes ved Forsøg i hvert enkelt Tilfælde.

Arbejdets Udførelse. — Et Vejdæk af Asfaltbeton og Asfaltmørtel udføres paa lignende Maade som et Vejdæk af Tjærebeton. Arbejdet omfatter derfor Sortering og Blanding af Stenmaterialet, Tørring af Stenmaterialet, Smeltning af det asfaltiske Bindemiddel og endelig Blanding af Stenmateriale og Bindemiddel.

Det fastsatte Blandingsforhold skal overholdes ganske nøje, og Blandingen maa derfor udføres meget omhyggeligt og under nøje Kontrol. Skærvematerialet tørres og blandes med Bindstoffet paa Maskine. Disse Maskiner ligner dem, der anvendes ved Fremstilling af Tjærebeton, og er omtalt ovenfor.

Fremstillingen foregaar saaledes:

Sand og Skærver blandes omhyggeligt, og Blandingen tages af en Elevator og tømmes ud i Tørreapparatet, der i Reglen er en roterende Tromle, og i denne opvarmes Blandingen til mellem 120° og 170° C. Naar Stenmaterialet derefter for-

lader Tørretromlen, tømmes en bestemt Mængde ud i Blandeapparatet, hvor der tilsættes den bestemte Mængde Bindstof og Mel. Bindstoffet er i Forvejen opvarmet til mellem 150°—170° C., og det anbefales i Almindelighed, at man hverken for Skærver eller Bindstof gaar over 170° C. Bindstoffet afvejes paa en automatisk Vægt, der nøjagtigt vejer den Mængde, der skal blandes med Skærver.

Blandingen udføres mekanisk, og naar den er udført, falder Asfaltbetonen ned i et Lastautomobil, der kører den ud til Anvendelsesstedet, hvor den tømmes ud, ved at Lastautomobilet vipper.

Paa denne Maade kan man transportere 2—3 ts ad Gangen, og denne Mængde kan holde sig varm i meget lang Tid: det har vist sig, at man kan køre den 30 km og dog holde Temperaturen paa Aflæsningsstedet saa høj, at Asfaltbetonen kan anvendes, d. v. s. mindst 110°—120° C.

Det varme Materiale lægges ud paa Fundamentet og spredes med Skrabere, saa der dannes et ganske homogent og lige tykt Lag, der er 5—6 cm tykt før Tromlingen. For at man kan opnaa det, kræves, at Blandingen er udført meget omhyggeligt, og at Arbejderne er vant til Arbejdet og har et særligt Haandelag for det.

Det er nødvendigt, at Blandingen altid har samme Temperatur, naar den kommer til Arbejdsstedet, og at den lægges jævnt ud, saa de enkelte Læs kan binde sammen med de foregaaende, der derfor ikke maa være blevet for stærkt afkølet i Mellemtiden.

Naar man genoptager Arbejdet efter et Hvil, kan man skære Kanten ren, hvor Vejdækket allerede er afkølet og varme den med et varmt Jern. Undertiden hælder man smeltet Asfalt paa Fugen, men man risikerer saa at faa for meget Bindstof i denne, og dette er uheldigt.

Naar man er ved at ende Dagens Arbejde, kan man indlægge et fladt Tov i Vejdækket under Tromlingen, og naar man saa den næste Dag tager Tovet op, fremtræder Fugen ren og pæn; man opvarmer Siden af den og fortsætter Arbejdet.

Asfaltbetonen komprimeres ved Tromling, og dette er et vanskeligt Arbejde, der har stor Betydning for, om Vejdækket bliver godt. Det synes, som om lette 6—10 ts Tromler giver det bedste Resultat. Har man flere Tromler, tromler man først med den letteste og ender med den tungeste; men uden Hensyn til, hvad Tromlen vejer, er det af største Betydning, at der ikke i den plastiske Masse kommer noget Mærke, som senere Tromling ikke er i Stand til at jævne ud. Dette er Grunden til, at man til dette Arbejde som Regel foretrækker Tandemtromler med to Valser for Tromler med tre Valser.

Det er ogsaa af Betydning, at Tromlen kører langsomt og meget regelmæssigt, for at man kan undgaa Stød, der yderligere vilde fremhæve Mærkerne af Valserne i det plastiske Materiale; af den Grund foretrækkes ogsaa ofte Damptromler for Motortromler, der gaar mindre blødt.

Omkring Kloakdæksler o. lign. kan Komprimeringen ikke udføres tilfredsstillende ved Tromling, og det samme er delvis Tilfældet langs Fortovskanterne; disse Steder behandler man derfor som Regel ved Haandstampning før Tromlingen.

Det kan hænde, at Dele af Asfaltbetonen hænger fast ved Tromlevalserne, saa der rives Hul i Vejdækket. For at undgaa det, anbefaler man at holde Valserne yderst rene og ofte rense dem og at undgaa, at Tromlen kommer ud paa de Dele af Vejen, hvor der ikke er lagt Asfaltbeton; endelig skal det virke godt, hvis man engang imellem overstryger Valserne med et Fedtstof eller med Petroleum.

Naar Tromlearbejdet er færdigt, overpudrer man Vejen med Kalkmel og tromler derefter igen. Vejen maa først aabnes for Færdslen, naar Vejdækket er fuldstændig koldt.

For at støtte den udlagte Asfaltbeton under Tromlingen og for at undgaa, at Vejdækket i Varme skal blive plastisk og flyde ud til Siderne, anbringer man nu ofte en Kant af Sten eller Beton, mod hvilken Asfaltbetonen kan støtte. Disse Kantsten lader man staa paa et Fundament eller Betonplade paa 8—10 cm Tykkelse,

og dette Fundament eller denne Plade skal gaa 30—40 cm ned under det bituminøse Vejdæk. En saadan Forstærkning betragtes nu som næsten uundværlig.

Asfaltbeton er glat især i fint Regnvejr, ved Isslag o. l., selv om man ved Indblanding af Smaaskærver eller Skærveaffald har søgt at formindske denne Ulempe. Af Hensyn til denne Glathed plejer man at anvende en meget lille Oprunding 1 : 70—1 : 80, at give disse Veje ensidig Sidehældning i Kurver, ikke at anvende Asfaltbeton paa længere Bakker, hvis Stigning er større end 40 $^0/_{00}$ samt ved at holde Vejoverfladen saa ren som muligt.

Vedligeholdelse af Asfaltbetonveje. — Da Hovedfordelen ved Asfaltbeton er, at Vejoverfladen er ganske jævn, bør den mindste Beskadigelse repareres straks, naar den viser sig, og dette er ogsaa nødvendigt, da Asfaltbetonens Modstandsevne især hidrører fra Sammenhængen imellem de enkelte Vejelementer.

Smaafejl repareres ved, at Overfladen renses grundigt og oversmøres med det smeltede Asfaltbindemiddel, som derefter dækkes med smaat Skærveaffald eller Sand. Større Fejl repareres ved at man hugger det beskadigede Stykke op i hele Asfaltbetonlagets Tykkelse; Hullets Rande skal staa lodret, renses omhyggeligt og oversmøres med smeltet Bindstof; derefter fylder man Hullet med en Asfaltbeton af samme Art som oprindelig er brugt til Vejen, og som udlægges varm og stampes. Man skal sørge for, at Overfladen, der overstryges med et Bindstof udover Fugen og pudres med Kalkpulver, kommer til at flugte med de tilgrænsende Dele af Vejen.

2. Vejbelægninger af Asfaltsten.

a. Presset Asfalt.

Asfalt er blevet anvendt i det gamle Ægypten, i Babylon og i Assyrien, men først i 1838 blev det første Fortov af Støbeasfalt og i 1854 den første Kørebanebelægning af Stampeasfalt udført i Paris.

Asfaltstenen brydes i Blokke, der sorteres efter deres Indhold af ren Bitumen. Blokkene pulveriseres ved først at gaa igennem en almindelig Stenknuser og derefter igennem en Mølle med lodrette Stænger, der staar i forskellige Cylinderflader, som roterer skiftevis i hver sin Retning. Derefter sigtes Asfaltpulveret. Man kan f. Eks. forlange, at Sigtningen skal foregaa paa en Sigte, hvis Maskevidde højest er 2,5 mm; Pulveret maa ikke efterlade mere end 20 pCt. efter Vægt paa en Sigte med 200 Masker pr. cm^2. Asfaltpulveret skal efter Vægt indeholde mindst 6 pCt. og højest 13 pCt. ren Bitumen. Forsøgslegemer af 100 gr Asfaltpulver, komprimeret i en Cylinder med 20 cm^2 Tværsnit, skal ved en Temperatur mellem 110°—140° C. og ved et Tryk paa 500 kg pr. cm^2 mindst have en Vægtfylde 2, en Modstand mod Knusning paa 300 kg pr. cm^2 og en Slidkoefficient 10.

Asfaltpulveret bruges enten til Fremstilling af Stampeasfaltkørebaner eller til Fabrikation af Asfaltmastiks, Asfaltfliser og Asfaltbrosten.

Fremstillingen af Stampeasfalt hviler paa den Egenskab ved den pulveriserede Asfaltsten, at den kan sammenpresses til et fast Lag, der trods sin ringe Tykkelse paa kun nogle faa cm er særdeles modstandsdygtig imod Færdslen og Vejret. Ved Opvarmning til omkring Vandets Kogepunkt bliver Asfalten blød, og ved desto lavere Temperatur, jo rigere den er paa Bitumen; ved noget stærkere Varme falder den hen til et fint Pulver, som imidlertid senere, efter atter at være opvarmet til godt 100°, lader sig sammenpresse til Asfaltsten af samme Tæthed og Styrke som den naturlige Sten. Det har i saa Henseende ingen Betydning, om Pulveriseringen udføres ad mekanisk Vej i Stedet for ved Opvarmning, og i Praksis benyttes saa godt som udelukkende mekanisk Knusning, der ikke medfører Tab af Bitumen.

Til presset Asfalt eller, som det almindeligt kaldes, Comprimé-Asfalt, bruges Asfaltmelet direkte og skal blot varmes, og ved Blanding af forskellige Asfaltsorter, 2 eller 3, reguleres Bitumenindholdet til 10—12 pCt.

Det Asfaltpulver, der er fremstillet som ovenfor omtalt, opvarmes paa Fabrik i roterende Ovne. Disse bestaar af en Pladejerns Cylinder med vandret Aksel, der roterer inde i en anden fast Beholder. Forbrændingsluften fra Fyret passerer Mellemrummet mellem de to Vægge; den Vanddamp, der afgives af den opvarmede Asfalt, slipper ud af den indre Cylinder gennem to Huller ved dennes Akse.

I andre Konstruktioner er den roterende Ovn dannet af en lang svagthældende Cylinder. Forbrændingsluften ledes ind i den ved den ene Ende, gaar paa langs igennem den og slipper ud ved den anden Ende, idet den tager Vanddampen fra Asfalten med sig.

Asfaltpulveret opvarmes til 115°—140° C. saa længe, indtil det bliver helt frit for Vand. Derefter læsses det i Lastautomobiler, dækkede med et Tag eller Dække for at beskytte Pulveret mod Regn og mod for stærk Afkøling under Transporten til Arbejdsstedet, hvor det udlægges ved en Temperatur, der mindst maa være 105° C.

Pressede Asfaltkørebaner lægges altid paa Betonfundament. Betonlagets Tykkelse er i Reglen 20 cm, Blandingsforhold 1 : 6—1 : 9, i Kjøbenhavn 1 Cement plus 4 Grus plus 8 Skærver eller 1 Cement plus 8 Harpestensgrus og i Sporarealer 1 : 4 (i Paris anvendes en Blanding bestaaende af 1 m^3 Skærver, ½ m^3 Sand og 200 kg Portlandcement); Betonens Overflade afrettes nøjagtigt efter den fastsatte Oprunding, saaledes at der ikke i den bliver Ujævnheder af nogen Art, men den holdes ru, for at Asfaltlaget ikke skal glide.

Naar Fundamentet er hærdnet og godt tørt, udlægges det varme Asfaltpulver i tørt Vejr i en saadan Tykkelse, at Asfaltlaget efter Komprimeringen har en jævn Tykkelse paa 5 cm, hvilket omtrent svarer til 100 kg Pulver pr. m^2. Lægges den varme Asfaltmasse paa vaad Beton, fordamper Vandet, gennemtrænger Asfaltlaget og gør det porøst, medens det fugtige Asfaltpulver ikke kan stampes sammen til et tæt og sammenhængende Lag. I Regn bør man derfor ikke arbejde. Heraf følger, at Stampeasfaltkørebaner kun kan udføres i den gode Aarstid, og Reparationer, der absolut skal udføres Efteraar og Vinter, bør egentlig helst kun udføres provisorisk, eventuelt med Støbeasfalt.

Udlægningen kræver særlig duelige Arbejdere, thi det er af stor Betydning, at Laget overalt bliver lige tykt; er det for tykt et Sted, dannes der her en Bule, er det for tyndt, dannes der en Fordybning.

Derefter stampes Pulveret, først forsigtigt, saa med voksende Energi, med runde Støbejernsstampere 20 cm i Diameter, der er opvarmede til en passende Temperatur i transportable Ovne.

Den første Stampning følges af mindst 2 energiske Stampninger; hver af disse to Stampninger udføres saaledes, at man ved hvert Slag overdækker mindst Halvdelen af det foregaaende Slag, og saaledes at hver Mand, der stamper, ligeledes dækker mindst Halvdelen af, hvad den foregaaende Mand har stampet. Efter den sidste Stampning stryges Overfladen med et varmt Jern, der er let krummet og bygget hertil.

Man er i den seneste Tid begyndt at bruge pneumatiske Stampere.

Naar man er færdig med Stampningen, tromler man ofte med en lille Haandtromle, med en lille Damptromle eller med en let Motortromle med to Valser, hvis Vægt mindst er 40 kg pr. cm af Røringsfrembringeren.

Fremstillingen af Asfaltlaget foregaar i Striber paa tværs af Gaden. Tykkelsen af det færdige Asfaltlag er paa Kørebaner som Regel 4—6 cm, paa Fortove 2—2,5 cm. Det løse Lag Pulver maa have en Overhøjde paa ca. 50 pCt., hvilket svarer til den sædvanlige Udførelsesmaade og til den senere kommende Komprimering. Under Færdslens Indvirkning foregaar der nemlig en Komprimering, der let forveksles med et Slid. Man har fundet en Vægtfylde for lige lagt Stampeasfalt paa 2,05—2,10, og for Stampeasfalt, der har ligget flere Aar, paa 2,25—2,35. Naar Komprimeringen er færdig, sædvanlig efter 2—3 Aars Forløb, begynder Afslidningen af Overfladen, som for middelstærk Færdsel er blevet anslaaet til 1 mm

aarlig, for stærk Færdsel til 1,5 mm. At Hensyn til denne Formindskelse i Tykkelse giver man Asfaltlaget en passende Overhøjde i Forhold til Dæksler o. lign., der ligger i Kørebanen.

Asfalten bør lægges med særlig Omhu i Rendestenene; for at sikre Forbindelsen med Kantstenen kan man overstryge den lodrette Del af denne, der skal være i Berøring med Asfaltdækket, og et mindst 10 cm bredt Bælte af Fundamentet med varm Asfalt; desuden stampes Rendestenene særlig godt med en firkantet Stamper, og endelig lægges i 50 cm Bredde langs Kantstenen et Lag raffineret Asfalt, der glittes med varme Strygejern.

Gaden aabnes for Færdslen, saa snart Asfalten er blevet kold.

Den Omstændighed, at Asfaltlagets endelige Komprimering først naas ved Færdslen, kan forklare, at Asfalt holder sig mindre godt i svagt end i stærkt befærdede Gader; og hermed staar sikkert ogsaa i Forbindelse, at nylig lagt Asfalt saa hurtig som muligt skal aabnes for Færdslen for ikke at ødelægges.

Anvendes Asfalt med for stort Bitumenindhold, kan allerede almindelige Arbejdsvogne i varmt Vejr sætte Mærker i den, som dog i Tidens Løb igen udjævnes; om Sommeren mærkes det ogsaa, at Asfaltkørebaner taber i Haardhed.

Endelig skal nævnes, at den beskrevne Fremstillingsmaade aldrig giver en ganske ens Tæthed af Laget, idet de underste Dele ofte bliver meget lidt tætte, saa f. Eks. Vand, der siver ned langs Sporvejsskinnerne, opsuges af Asfalten. Af Hensyn til Slidet kunde man godt gøre Asfaltlaget tyndere, men det kan ikke lade sig gøre, da Afkølingen under Stampningen saa vilde foregaa for hurtigt.

Naar Asfaltpulveret udlægges, er det selvfølgelig nødvendigt at tage mindre Stykker for ad Gangen, og Pulveret udlægges da med skraanende Kant, og Randen komprimeres ikke, før det næste Bælte er udlagt, men holdes dækket med en Presenning, der baade skal hindre Afkøling og beskytte mod en tilfældig Regn. Asfaltering bør kun udføres i tørt Vejr, og man vil i Tilfælde af Regn navnlig blive udsat for, at Fugerne mellem de forskellige Bælter bliver svage og træder frem som Tværriller i Kørebanen, der hurtig vil trænge til Reparation.

Ved Uheld under Lægningen, f. Eks. paa Grund af Regn eller mangelfuld Komprimering, kan der fremkomme svage Steder, som hurtig ødelægges og giver Huller i Kørebanen. Reparationen af disse Huller maa helst udføres snarest muligt og er for saa vidt meget simpel.

Skal der repareres et temmelig dybt Hul, fjernes Asfalten i fuld Dybde ned til Fundamentet. Ophugningen bør udføres med Økse, eller med en lille elektrisk Rundsav; Pladen bør ikke hugges op med Hakker, før den er skaaret løs.

Ophugningen bør udføres efter rette Linier, der skærer hinanden under rette Vinkler, og saa vidt muligt efter Linier, der ligger skraat for Færdslen. Kanterne skæres lodrette og smøres med varm flydende Asfalt, hvorefter Hullet fyldes med varmt Asfaltpulver, der stampes.

Hvis Skaden kun er nogle faa mm dyb, behøver man ikke at hugge hele Laget op. Man lægger paa Stedet en varm Jernplade, og Varmen blødgør saa Asfalten, som man derefter kan fjerne i nødvendig Dybde; der lægges saa nyt varmt Pulver ud, og dette Pulver stampes.

Asfalt kan til Tider blive meget glat, saa Hestene let falder, og dette er især Tilfældet, naar den er halvvaad og snavset, da Overfladen saa bliver fedtet; derimod er Asfalt ikke glat, hverken naar den er tør, eller naar den er meget vaad og fuldstændig ren. Faren for at Hestene skal falde er størst, hvor de fra en tilstødende Brolægning kommer ind paa Asfalten, medens Vognen endnu er paa den mindre jævne Brolægning. Man plejer derfor at afslutte en asfalteret Gadestrækning med et Bælte af særlig god og jævn Brolægning.

b. Støbeasfalt.

Asfaltmastix faas ved Blanding og Kogning af forskelligt Asfaltpulver og en raffineret Asfalt, der er passende fluxet.

Blandingen og Kogningen udføres i cylindriske Gryder af Pladejern eller Støbejern, der er stillet op paa et muret Ildsted. Blandingen udføres ved Hjælp af en drejelig Aksel, der er forsynet med Arme; den Vanddamp, der i stor Mængde slipper ud ved Kogningen, gaar ud igennem en Skorsten.

I Gryden hælder man først 150 kg raffineret og fluxet Asfalt, der smelter ved 150° C.; derefter kommer man lidt efter lidt Asfaltpulver i, indtil man skønner, at Kogningen er færdig; Kogningen kan vare fra 3—12 Timer efter Asfaltens Herkomst.

I den færdige Mastix bør den totale Mængde Bitumen ligge mellem 12 pCt. og 18 pCt. efter Vægt. Mastixens Haardhed bør ved 15° C. være nærmest 0, ved 100° C. ligge mellem 30—120.

Den Mastix, der kommer ud af Gryden, støbes i Brød paa 25 kg. Asfaltmastix bruges især til Fortove, Fabriksgulve og nogle særlige Vejbelægninger. I Kjøbenhavn er Palægade og Vodroffsplads belagt med Støbeasfalt, der ogsaa ofte bruges langs Sporvejsskinnerne i Gader, der ellers er belagt med presset Asfalt. Presset Asfalt komprimeres især af Færdslen, og er Færdslen ikke tilstrækkelig stærk, bliver Belægningen porøs og lidet holdbar, og paa svagt befærdede Kørebaner, f. Eks. i Porte er Støbeasfalt derfor bedre egnet, ogsaa fordi den dæmper Lyden mere og er billigere.

Alle Belægninger, hvortil der anvendes Asfaltmastix, kaldes med det fælles Navn Støbeasfalt.

Støbeasfalt paa Fortove lægges paa et Betonfundament, der gøres 6—10 cm tykt og udføres i Blandingsforholdet 250 kg Portlandcement, 1 m^3 Skærver og ½ m^3 Sand.

Asfaltbrødene slaas itu og kastes i en Gryde, hvor man i Forvejen under Omrøring har smeltet en vis Mængde (omtr. 3 pCt. af Mastixens Vægt) af en udsøgt raffineret Asfalt.

I den smeltede Masse hældes fuldstændig tørt Sand eller Skærveaffald. I Kjøbenhavn anvendes et Blandingsforhold 100 : 60 : 4 (1 Mastix plus 0,6 Grus plus c. 0,04 raffineret Asfalt (Goudron)[1]). I Paris anvendes til Asfaltmørtel en Blanding paa 108 kg Asfaltmastix tilsat med raffineret Asfalt og højest 60 kg Sand og til Asfaltbeton ½ m^3 Asfaltmastix tilsat med raffineret Asfalt og 1 m^3 Skærveaffald.

Den Mængde Bitumen og ikke for haard Grus, der skal sættes til Mastixen, afhænger af dennes Bitumenindhold og af de klimatiske Forhold, og de ovenfor angivne Tal svarer til Forholdene her i Kjøbenhavn; Tallene maa vælges saaledes, at Asfaltlaget ikke bliver for blødt i Sommervarmen, og ikke for sprødt i Kulde, og i Almindelighed er den Mængde Sand, der skal tilsættes saa varierende, at Mængden kan variere fra 30—60 pCt. af den anvendte Asfaltmastix. Sand eller Grus tilsættes først i skovlfuldevis under stadig Omrøring, naar Smeltningen er færdig, og i Almindelighed tilsætter man først Halvdelen, og naar det rigtigt er gennemarbejdet tilsættes den anden Halvdel. Temperaturen ved Opvarmningen af Asfaltmastix og Goudron holdes som ved Tilberedning af Mastix paa 175—200°, og det er dels for at bøde paa den under Smeltningen fordampede Bitumen, dels af Hensyn til Grustilsætningen, at Bitumenmængden forøges med 6 pCt. Goudron. Grusen tilsættes først, naar Smeltningen er færdig, og efter Omrøring skal hvert Gruskorn være fuldstændig omgivet med Asfalt.

[1]) Den urene Trinidadasfalt gaar i Handelen under Navn af Trinidadasfalt eller blot Trinidad og benyttes til Udvinding af ren Bitumen ved langvarig Kogning, hvorved Vandet fordamper, og Leren bundfældes. Det saaledes rensede Produkt kaldes Trinidad Epuré eller blot Epuré.

Ved Smeltning af Epuré og Tilsætning af 15—20 pCt. Parafinolie eller Residuum fra Petroleumsraffineringen vindes et lettere smelteligt Stof, der kaldes Goudron og spiller en vigtig Rolle i Asfaltindustrien som Tilsætning til den naturlige Asfalt til Regulering af Bitumenindholdet.

Grusen skal være ensartet med Kornstørrelse fra 1—5 mm, og den maa hverken være vaad eller støvet; den renses ved Sigtning og Blæsning. Til Brug i Isoleringslag har Stoffet, hvoraf Gruskornene bestaar, næppe nogen Betydning; der kan sædvanligt Kvartsgrus være godt. Til Brug i Vejbefæstelser, hvor Grusen skal slides sammen med Asfalten, maa Kornene ikke være for haarde. Feldspatgrus har en passende Slidkoefficient og egner sig særdeles godt til Couléasfalt, medens Kvartskorn er for haarde, saa Asfalten holder sig ru af fremstaaende Korn, der saa pludselig kan rives løs og efterlade Smaahuller. Kvartsgrus vil derfor alene tjene til at opspæde den altfor fede Asfaltmasse og gøre den haardere, men kan ikke som Feldspatgrus tillige forøge dens Modstandsevne mod Slid.

Indholdet af ren Bitumen maa ikke være under 13 pCt.

Blandingen udføres enten paa Fabrik og transporteres saa varm (120°—150° C.) til Arbejdsstedet eller udføres paa dette i transportable Gryder.

Asfaltlaget, der udlægges varmt paa Fundamentet, skal paa Fortove i færdig Tilstand være 15 mm tykt; Asfalten udlægges i Striber vinkelret paa Fortovskanten, spredes og rettes med Træspatler, saa Overfladen bliver uden Huller og Pukler. Hver Stribe forbindes omhyggeligt med den foregaaende.

Det færdige Asfaltlag overpudres let med fint og tørt Sand.

I Portindkørsler lægger man ofte efter hinanden to Lag Asfaltmørtel eller Asfaltbeton, hvor hvert Lag er 2 cm tykt. Fundamentet er her 15 cm tykt.

Ved Reparation af Støbeasfalt anvendes ofte Mastix fra gamle Støbeasfaltfortove. Den Mængde, hvori den gamle Støbeasfalt tør tilsættes, er f. Eks. saaledes: 110 kg ny Asfaltmastix, tilsat raffineret Asfalt, højst 60 kg Sand og højst 110 kg gammel Mastix.

Den totale Mængde ren Bitumen bør heller ikke i dette Tilfælde være mindre end 13 pCt. efter Vægt.

Skal Støbeasfalt repareres, skærer man det paagældende Stykke ud, renskærer Kanterne og udlægger varmt den nye Mastix blandet med Sand eller Skærveaffald, der reguleres med Træspatelen, saaledes at Overfladen ligger i Flugt med de tilgrænsende Deles. Der overpudres derefter let med fint og tørt Sand.

Kørebaner af Støbeasfalt kan udføres paa to forskellige Maader.

Efter den første Metode anvendes en Asfaltbeton af Skærver fra 1—4 cm og af Sand blandet med smeltet Mastix; denne Beton lægges i eet Lag ud paa Fundamentet, der kan være en gammel Makadamisering eller Cementbeton. Man har f. Eks. anvendt 1 Del Skærver i Størrelse fra 5—20 mm og 2 Dele Skærver i Størrelse 20—40 mm. Bindstoffet kan f. Eks. være 90 pCt. Asfaltmastix tilsat 10 pCt. raffineret Asfalt. Skærver og Bindstof blandes derefter, saaledes at 64 Liter Skærver blandes med 56 Liter Bindstof. Blandingen udlægges varm i 6—7 cm Tykkelse og tromles.

Efter den anden Metode anvendes en Asfaltmørtel af Smaaskærver og Sand med Mastix, der udstøbes paa et Asfaltlag eller en Bundarmering. Hertil hører Granitasfalt og armeret Asfalt. Granitasfalt bestaar nederst af et 4 cm tykt Lag Asfaltbeton af 3 cm Skærver og Sand blandet med Mastix. Paa dette Lag udlægges et 20—25 mm tykt Lag af indtil 6 mm Granitskærver med Mastix, og dette Lag stampes stærkt.

Armeret Asfalt er dannet af smaa Pyramider af haarde Sten (Granit), hvis Grundflade med Bitumen er klæbet paa et Stykke Pap. Denne Armatur laves paa Fabrik og lægges paa Betonfundamentet. Over den hælder man en Grød af Asfaltmastix, Granitaffald og Granitstøv af indtil 6 mm Størrelse. Overfladen stampes og pudres, før den fuldstændig afkøles, med fint Granitstøv. Armeringen er 4—6 cm tyk og det øverste Lag 10—15 mm tykt.

Til Gaardspladser, hvor der kun er ganske ringe Kørsel, er Støbeasfalt (Couléasfalt) blevet en Del anvendt; Lagtykkelsen er da gerne 25 mm paa 15 cm Betonfundament; navnlig i Gaarde, der er underbyggede med Kældere, anvendes denne Belægning meget.

En Tid lang var man kommen bort fra at anvende Støbeasfalt paa Kørebaner, men i den nyeste Tid er det bleven gjort navnlig med nogle særlige Former af den; dels den saakaldte Granulinasfalt, dels med en ungarsk Asfaltsort. Det er vistnok især i Gader med svagere Trafik, og ikke for stærk Solbestraaling, at Resultatet har været godt. Da Stampeasfalt ikke kan holde langs Sporvejsskinner, har man flere Steder omkring selve Skinnerne lagt en Stribe af Støbeasfalt, og enkelte Steder lægger man endda Støbeasfalt i hele Sporarealet og et lille Stykke udenfor den yderste Skinne.

Grunden til, at Stampeasfalt ikke kan slutte direkte til Skinnerne, er dels den, at Stampeasfalten slides hurtigere end Skinnestaalet, men dels og især, fordi der langs Skinnerne vil danne sig uregelmæssige Slidformer som Revner og Afbrækninger. Dette forklares ved de uundgaaelige Bevægelser, som Sporet udfører under Kørslen paa det i lodret Retning og til Siden, og derved at almindelige Vogne gerne kører i Sporet og ofte maa køre tværs over det, samt ved at der samler sig Overfladevand langs Skinnerne, som det er vanskeligt at forhindre i at sive ned i Gadebelægningen. Dertil kommer endnu de uheldige Virkninger af det Salt, der om Vinteren bruges til at tø Sporet op, og nogle af de Olier, der bruges ved Driften.

Man modarbejder denne skadelige Virkning ved at vælge kraftige Skinneprofiler, ved en passende Stødkonstruktion og ved en omhyggelig Lægning af Sporet paa det bærende Betonlag. Endelig maa man langs Skinnerne lægge særlig modstandsdygtigt Materiale og gøre, hvad man kan, for at hindre Vand i at sive ned langs Skinnerne.

Støbeasfalt er som nævnt blevet anvendt, men Resultatet har ikke været fuldt saa godt, som det der er naaet ved Anvendelse af Klodser af haardt australsk Træ, der er blevet stillet som Striber langs Skinnerne. I Kjøbenhavn støbes Skinnefoden under med Skærvebeton $1 : 2 : 2^1/_2$. Udveksling af Skinnerne er ikke let, da Skinnefoden gaar ned i Betonlaget; andre Steder har man gjort Træklodserne lige saa høje som Skinnerne, saa de kan staa paa samme Fundament, hvorved Udveksling af Skinnerne lettes. Nedsivning af Overfladevand modvirkes, ved at Rummet mellem Træklodser og Skinnekrop er fyldt med Cementmørtel 1 : 2, og ved at der omkring Skinnehovedet er lagt en Asfaltkomposition.

Man er begyndt i den nyeste Tid[1]) at anvende Asfaltmastix til Fremstilling af Vejdæk, enten i monolitisk Form, eller som Sten eller Plader, der er gjort færdige i Forvejen.

Man begyndte med at fremstille en Beton af Vejskærver, Sand og Asfaltmastix, og lagde denne Beton varm ud og komprimerede den med en Tromle.

Fremgangsmaaden er senere blevet videre udviklet under Navn af »Durasfalt«, »Asfaltporfyr« o. s. v., og man udfører nu saadanne Vejdæk, hvor Blandingen udføres af smaat Skærveaffald af haarde Sten (1—25 mm) og Asfaltmastix i omhyggeligt bestemt Forhold.

Mastix Brødene fremstilles i Forvejen paa en Fabrik, og ude paa Vejen skal man da kun smelte dem og blande dem med Skærverne i det bestemte Forhold. Blandingen lægges ud paa Fundamentet, og man regulerer Overfladen for Haanden med en Træspatel, idet man vil undgaa enhver Tromling, for at der ikke skal fremkomme Bølger. Stoffet er i sig selv tilstrækkelig tæt til ikke at behøve Tromling.

Endelig overpudrer man, før Vejen er blevet kold, med smaat Skærveaffald for at hindre Overfladen i at blive glat.

Asfaltbrosten, Asfaltblokke, Asfaltplader og lignende fremstilles af en Blanding af Mastix og smaa Sten, som man komprimerer hydraulisk i Forme.

Man sætter dem paa et Fundament (Beton eller en god Makadamisering) og spreder over Overfladen fint Sand til at fylde Fugerne, der iøvrigt holdes saa smaa

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1925 S. 219.

som muligt. Materialets Plasticitet bevirker, at Blokkene meget hurtigt smelter sammen.

Asfaltering af denne Art er hensigtmæssig i det Tilfælde, at der i en By ikke er Forretninger, der udfører Støbe- eller Stampeasfaltbelægninger, og de Asfaltbelægninger, der skal udføres, er af saa ringe Omfang, at det ikke kan betale sig at skaffe de nødvendige Maskiner og øvede Arbejdere. Eller de kan anvendes i store Byer i Gader med ringe Trafik, hvor Erfaringen har vist, at Stampeasfalten ikke bliver tilstrækkelig tæt og derfor holder mindre godt.

Navnlig i Amerika, hvor man ikke har saa gode Asfaltsten som i Europa har man søgt at finde Erstatningsmidler herfor for at kunne skaffe brugbare Vejmaterialer billigere end de naturlige Materialer. Det er disse Forsøg, der har givet Anledning til Opfindelsen af Asfaltbeton og Sandasfalt, der blev anvendt første Gang i Washington i 1877.

§ 21. **Betonveje**[1]).

Man har vistnok hidtil her i Europa haft den Anskuelse, at en Betonvej er for lidt elastisk til at holde til tung og stærk Færdsel.

Amerikanerne har imidlertid i de senere Aar i stor Maalestok og med afgjort Held bygget Betonveje, og Kanada, New Zealand og til en vis Grad England har fulgt dette Eksempel.

Man er enig om, at Betonveje baade har visse Fortrin og visse Mangler.

De vigtigste Fordele ved Betonveje er:

1) De kan taale større Hjultryk end almindelige Veje, da de paa en Maade virker som en Hvælving, og de er i Særdeleshed i Stand til at modstaa Stød.

2) De har en jævn Overflade, der yder meget ringe Modstand mod Kørsel og kun gør lidt Støj; paa Grund af den ringe Oprunding, der er nødvendig, kan Vognene blive i deres Færdselsbane.

3) De passer for Automobilkørsel, og efter manges Mening ogsaa for Hestekørsel. Automobilernes Benzinforbrug er mindre paa dem end paa andre Kørebaner, da Hjulene ikke trykker sig ned i Overfladen.

4) De er uigennemtrængelige for Vand og hygieiniske uden Støv om Sommeren og uden Snavs om Vinteren: Regn vadsker dem fuldstændigt og de tørrer hurtigt.

5) Vedligeholdelsesudgifterne er smaa, saa de, trods de høje Byggeudgifter, under Hensyn til deres lange Varighed, i hvert Fald i Amerika er billigere end andre Vejbelægninger.

6) Naar Betonveje er slidt af, kan de bruges som Fundament for asfaltiske Vejdæk.

7) Det er forholdsvis let at skaffe øvet Arbejdskraft til Bygning og Vedligeholdelse af Betonveje.

Men der er ogsaa Mangler ved Betonveje:

1) De mangler Elasticitet, især overfor Slag af tung Hestetrafik, og deres Slidfasthed for Staalringetrafik er ikke fuldt oplyst.

2) De deformeres ved Temperaturforandringer, og herved opstaar der Revner, selv om man ved Bygningen indlægger Dilatationsfuger.

3) Udseendet bliver mindre tiltalende, naar disse Revner har dannet sig.

4) De gør nogen Støj ved Hestetrafik.

5) Dilatationsfugerne danner Udgangspunktet for Betondækkets Ødelæggelse.

6) Reparationer er vanskeligere end ved andre Vejdæk.

7) Rendegravninger for Kloak, Vand, Gas og andre Ledninger er vanskelige at udføre i Betonveje.

---

[1]) Le Genie civil $^{22}/_{3}$ 1924. Dansk Vejtidsskrift 1924 S. 30. Ellert og Suenson: Betonveje. Kjøbenhavn 1924.

8) Hvis Vejens Rabatter kun er belagt med Jord, kan de blive kørt ned og blive lavere end Betonpladen, saa den effektive Vejbredde reduceres til Pladebredden.

9) Man kender ikke Betonvejes Holdbarhed, naar deres Udførelse er mindre fuldkommen end den amerikanske.

10) Betonveje skal have Tid til at hærdne, saa Færdslen midlertidigt i længere Tid maa ledes ad Omveje, eller der maa maaske træffes kostbare Foranstaltninger for at beskytte Betonen.

De amerikanske Betonveje er byggede af Cementbeton af Skærver, Sand og Cement, og Vognene kører direkte paa Betonen. Den amerikanske Teknik har varieret noget med Hensyn til Bygningen af dette Betonlag, om det skulde være i eet Lag eller i to, og hvilket Blandingsforhold, der skulde anvendes. Nu er man mest tilbøjelig til at anvende 1 Lag, og trods Klimaets Forskellighed i de forskellige Dele af U. S. A. er Resultaterne overalt tilfredsstillende, og Bygning af Betonveje vinder mere og mere Terræn. De første Betonveje blev bygget i 1892, og ved Udgangen af 1922 var der ialt i Staterne bygget et Areal paa 310,000,000 m^2; alene i 1922 blev der bygget 52,000,000 m^2.

Men Betonveje maa udføres meget omhyggeligt for at lykkes, og man har konstrueret et stort Antal Maskiner til at udmaale, blande, udlægge, stampe og regulere Betonen, for derved at formindske Risikoen til det mindst mulige.

Betonvejes Tværprofil kan udføres paa forskellig Maade:

1) Oversiden af Fundamentet kan have samme Oprunding som Betondækket, saa de 2 Oversider altsaa bliver parallele.

2) Fundamentet kan have en mindre Oprunding end Betondækket.

3) Oversiden af Jorden kan holdes retlinet, saa det blot er Betondækket, der faar Oprunding. Ligesom i den foregaaende Type er Tykkelsen af Betonlaget her større paa Midten end langs Randene.

4) Oversiden af Jorden er konkav, medens Oversiden af Betondækket holdes konveks.

5) Jordens Overflade er parallel med Betondækkets Overside med Undtagelse af Randene, hvor Tykkelsen er større (Fig. 121). Derved forøger man Vejdækkets Modstandsevne i de Punkter, hvor Fundamentet er svagest, og man faar en bedre Dræning mellem Jordens Overside og Betonpladens Underside.

Undergrunden maa behandles meget omhyggeligt; hvis den er vaad, maa den drænes, og Grøfterne maa være saa dybe, at Bunden ligger i en passende Dybde under Betonens Underside.

Betonpladen kan udføres i et Lag eller i to Lag; i sidste Tilfælde er Betonen i underste Lag udført af temmelig groft Materiale og af mager Mørtel, medens det øvedste Lag (Silddækket) er udført af fint Materiale og i fed Blanding.

Betondækket blev tidligere udført i to Lag, da man derved mente at kunne spare ved at anvende en tarveligere Beton til det underste Lag. Men det er vanskeligt at faa god Forbindelse mellem de to Lag, Temperaturforandringer virker forskelligt paa de to Lag, der er tilbøjelige til at skilles ad, og Bæreevnen af en Plade, der er støbt i eet Lag er større, end naar Pladen er støbt i to Lag. Har man gode Materialer, er det derfor nu Reglen, at Betonen støbes i eet Lag.

Pladens Tykkelse bestemmes ved:

1) De topografiske og klimatiske Forhold.

2) Vejens Bredde.

3) Den Omhu, hvormed Dræningen er udført.

4) De Forhold, under hvilke Cementens Hærdning foregaar, og især den Pasning, Vejen kan faa under Hærdningen.

5) Færdslens Art og Størrelse.

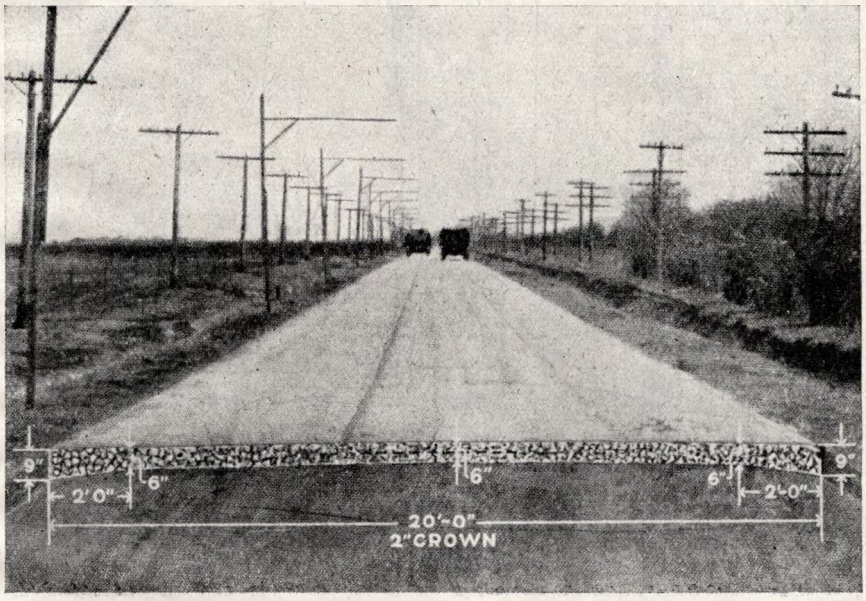
American Concrete Institute anbefaler følgende Tykkelser af Betonplader:

For Veje med let Trafik:

Bredde	Tykkelse ved Randene	Tykkelse i Midten
5 m	15 cm	20 cm
8 -	15 -	22 -
11 -	15 -	24 -

For Veje med svær Trafik:

Bredde	Tykkelse ved Randene	Tykkelse i Midten
6 m	20 cm	25 cm
9 -	20 -	28 -
12 -	20 -	30 -



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 121. Bates Prøvevej.

Ved Betonveje i to Lag gør man i Almindelighed det underste Lag 10—20 cm tykt og det øverste Lag 5—8 cm.

Oprundingen varierer, eftersom det er en Vej eller Gade. For en Vej kan Oprundingen være svag, lige tilstrækkelig til at sikre Vandafløbet. For en Gade maa Oprundingen være stor nok, til at man undgaar Oversvømmelser ved stærke Regnskyl. For Gader anvender man i Almindelighed en Oprunding 1 : 60—1 : 80 og paa Veje 1 : 100.

Beton anvendes dog ikke meget i Gader, da Maskinstampning her er vanskelig p. G. af de forskellige Gadebredder.

Betondæk maa helst langs Siderne støttes af en Kantsten eller en anden Indfatning. Indfatningen kan være uafhængig af Betonpladen og lægges før denne, men Amerikanerne foretrækker at bygge Indfatningen i eet med Betonpladen, hvorved man undgaar enhver Længdefuge i Rendestenen.

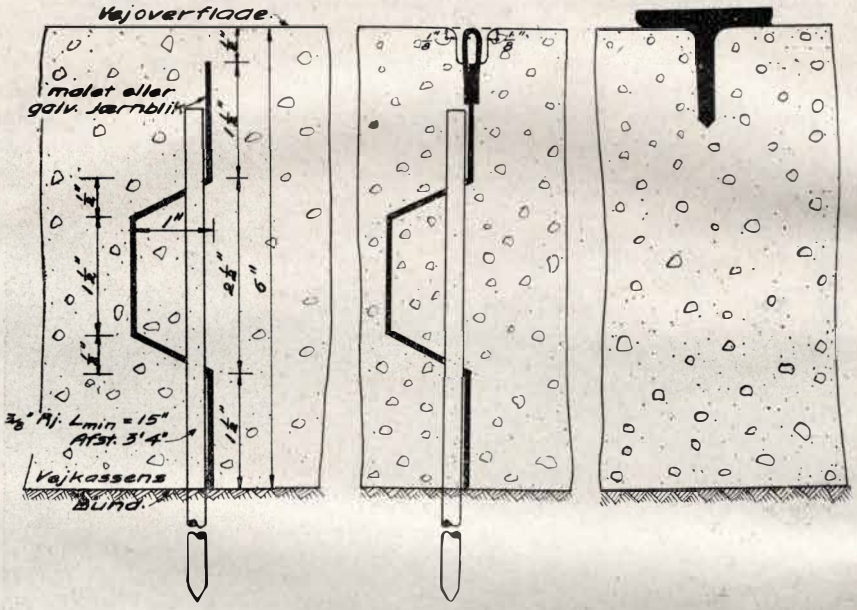
Mange Betonveje bygges nu med enten Længdefuge eller Tværfuger eller med begge Dele for at hindre Revnedannelse.

Særlige Maalinger har vist, at intet Punkt af Vejpladen til Stadighed hvilede

paa Jorden. Som Følge af Temperatur- og Fugtighedsvariationer vil Pladen arbejde og krumme sig opad eller nedad efter Forholdene. I stærkt Solskin hæver Toppen sig, saa Pladen kun kommer til at hvile langs Randene; naar Solen gaar ned, og Nattekøligheden kommer, vil Pladen krumme den omvendte Vej og alene hvile paa et Midtebælte. I denne Stilling knækker Pladen let i Midten, naar der køres paa den. Fugtighedsforandringer har lignende Virkninger.

Siden 1920 bruger man derfor mere og mere en Længdefuge i Midten, i hvert Fald naar Pladen er mere end 6 m bred; det har vist sig, at Længderevner ofte fremkommer i 4,8 m brede Plader, men sjældent i 3 m brede Plader.

En saadan Midtefuges Rande er ikke meget udsat for at blive kørt i Stykker,



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124.

da Hjulene sjældent løber langs Vejens Midtlinie; dette er derimod Tilfældet med Randene paa en tilfældig Revne, der danner sig i Sporlinien.

Midtefugen fremstilles enten ved, at man støber Pladens ene Halvdel først imod en Formplanke og senere støber den anden Halvdel imod den gamle Beton, eller ogsaa støber man Pladen i fuld Bredde, men indlægger 1,25—1,50 mm tykt Staalblik med det i Fig. 122 viste Tværsnit. Det gennemgaaende 12—19 mm tykke Betonlag over Blikket revner af sig selv efter en uregelmæssig Linie, som skjules af den hvide eller sorte Stribe, som males langs Vejens Midtlinie. Blikket gøres fast i Jorden med korte Stykker lodrette Rundjern, der drives gennem Huller i Blikket. Paa tværs af dette kan f. Eks. indlægges 1,2 m lange 12,5 mm Ribbejern med 1,5 m Akseafstand. De lægges midt i Vejen og skal forhindre dennes to Halvdele i at glide fra hinanden som Følge af Frost og Temperaturstigninger, naar Fugen er fyldt.

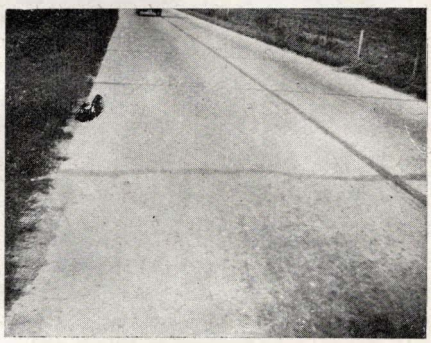
Revnen kan gøres lige, ved at man anbringer en Rytter ovenpaa Blikket (Fig. 123) og fjerner den, naar Betonen er halvstørknet, samtidigt med at Fugekanterne rundes med 3 mm Radius.

Man har ogsaa fremstillet Pladen uden Længdefuge og saa trykket et Vinkeljern, ca. 4 × 4 cm, ned i den (Fig. 124); derved frembragtes en Kærv, langs hvilken Pladen senere revnede af sig selv. Kanterne rundes derefter med et T-formet Trækkejern.

Tværfuger indlægges for at undgaa Svindrevner og Varmesprængninger.

For at undgaa uregelmæssige Svindrevner indlægger man mange lodrette Støbeskel, f. Eks. ved at der for hver 2,5—3 m lægges Tværplanker, hvorefter hvert andet af de saaledes fremkomne Rektangler udstøbes; efter Betonens Støbning fjernes Plankerne, og de resterende Rektangler støbes med de første som Begrænsning. I Amerika gaar imidlertid i Øjeblikket Tendensen i Retning af at støbe i eet Køre fra Morgen til Aften, og man lader saa Svindrevnerne komme, hvor de vil og ser bort fra Udseendet. Revnernes Antal synes ikke at blive større ved denne Fremgangsmaade, og man mener, at Revnerne ikke skader Vejen mere end Støbeskel. (Fig. 125).

Varmesprængninger indtræder, naar Betonen udvider sig i stærk Varme, maaske ledsaget af Regn. Varmesprængninger kan undgaas, hvis man indlægger Ekspansionsfuger fyldt med Asfaltfilt med passende Afstand. Saadanne Fuger kan vistnok undværes i Danmark; de har den Ulempe, at Fugekanterne beskadiges ved Kørslen.



Cliché Dansk Vejtidsskrift
Fig. 125. Vej i Wisconsin med tætliggende Tværrevner.

Alle Revner og Fuger fyldes med Asfalt, og hertil bruges naturlig eller kunstig Bitumen, som i varm Tilstand hældes ned i og ud over Fugen, saa denne dækkes med et 10 cm bredt Asfaltbælte, der derpaa drysses over med grøft, tørt Sand, den breder sig over Betonkanterne og beskytter disse mod at knuses, og den hindrer Vandindtrængning.

Betonen skal være af samme Kvalitet som Jernbeton, men fremstilles tørrere. Den skal være stærk, slidfast, frostfast og vandtæt. Blandingsforholdet er som ved Jernbeton eller med endnu mere Cement hyppigst 1 : 1½ : 3 à 1 : 2 : 4; ved Statsarbejder foreskrives i U. S. A. nu ofte 1 : 2 : 3½.

Cementen skal være Portlandcement af bedste Kvalitet; i særlige Tilfælde kan der maaske være Tale om at anvende hurtigbindende Cement.

Sandet er hyppigst vadsket Bakkesand. Sandet er det vigtigste Materiale næst efter Cementen og bør være af en saadan Beskaffenhed, at Mørtelens Styrke bliver saa stor som muligt; det bør højst indeholde 3 Vægtprocent Ler og lignende Stoffer. I Illinois forlanges følgende Finhedsgrad:

Gennem $^1/_4''$ Sigten skal passere	.....	95—100	%
— Sigte No. 20 —	.....	30—75	-
— - No. 50 —	.....	0—20	-
— - No. 100 —	.....	0—5	-

Er Sandet for fint, kan det medføre, at Overfladen af Vejpladen skaller af.

Stenene kan være Rullesten eller Skærver; de bør være frostfaste og ikke for bløde, men deres Kvalitet spiller ikke den Rolle, som Sandets. Betonen bør have stor Træk- og Bøjningsstyrke, og dette opnaas bedst ved Skærver. Der bør ikke være Lerklumper imellem Skærverne, da de efterlader Huller i Vejen.

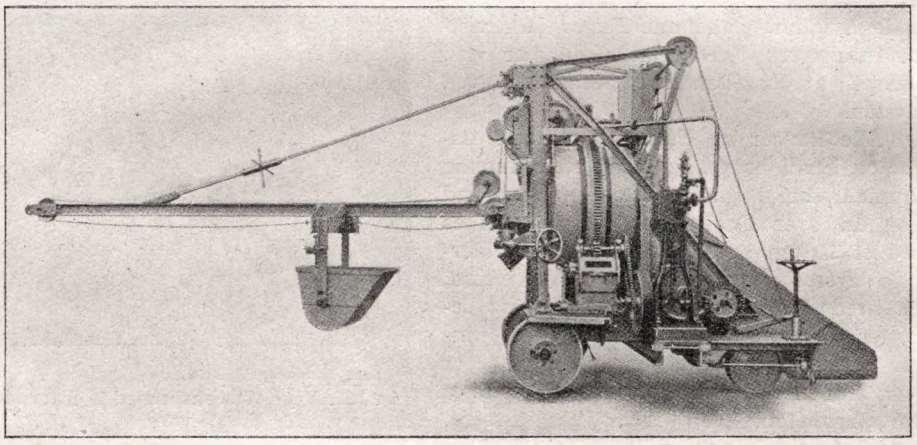
Skærvernes Maksimalstørrelse vokser med Pladetykkelsen og er $1^1/_2$—3″ maalt med kvadratiske Huller.

I Illinois foreskrives følgende:

Gennem	$2^1/_2''$	Sigten	skal	passere	100 %
—	$2''$	—	—	.....	95—100 -
—	$1''$	—	—	.....	30—75 -
—	$^1/_4''$	—	—	.....	0—5 -

Vandtilsætningen bør være saa ringe som muligt, naar Hensyn tages til, at Betonen skal kunne forarbejdes, d. v. s. 5—15 pCt. større end den Vandmængde, der giver Maksimum af Styrke. Brug af Stampemaskine tillader en Reduktion af Vandmængden. Denne maa aldrig være saa stor, at man faar et tykt Slamlag i Overfladen, da et saadant let skaller af.

Betonen bør altid blandes mekanisk i Blandemaskine, og da Forbrugsstedet



Cliché H. Meisner-Jensen

Fig. 126. Flyttelig Betonblandemaskine.

stadig flytter sig, har man Valget imellem at bruge en flyttelig Maskine, der flytter sig langs Vejaksen, efterhaanden som Arbejdet skrider frem, eller at bruge en stationær Maskine opstillet udenfor Vejarealet omgivet af Siloer og Kraner til at lette Arbejdet med Raastofferne; fra denne Blandemaskine køres Betonen da ud til Støbestedet.

Bruges en flyttelig Maskine, kan Raastofferne tilkøres paa 3 forskellige Maader.

Raastofferne kan tilkøres ad Jordvejen og oplægges paa denne i Bunker og fra disse trilles til Maskinen, men dette tillades sjældent, dels fordi Materialerne forurenes, dels fordi de tunge Motorvogne, som gerne bruges hertil, især komprimerer Vejens Midtestrimmel, hvorved Betonpladens Understøtning bliver uensartet.

Raastofferne kan oplægges udenfor Vejarealet for hver 150—300 m f. Eks. paa en Sidevej. Her aflæsser Lastvognene dem paa Jorden, en Dampskovl løfter dem op i en Sandsilo og en Stensilo, begge monterede paa en Vogn, og fra Siloernes Bundudløb tømmes de ud i Maalekasser, der staar paa smaa Motorvogne, som kører dem til Blandemaskinen ad Jordvejen.

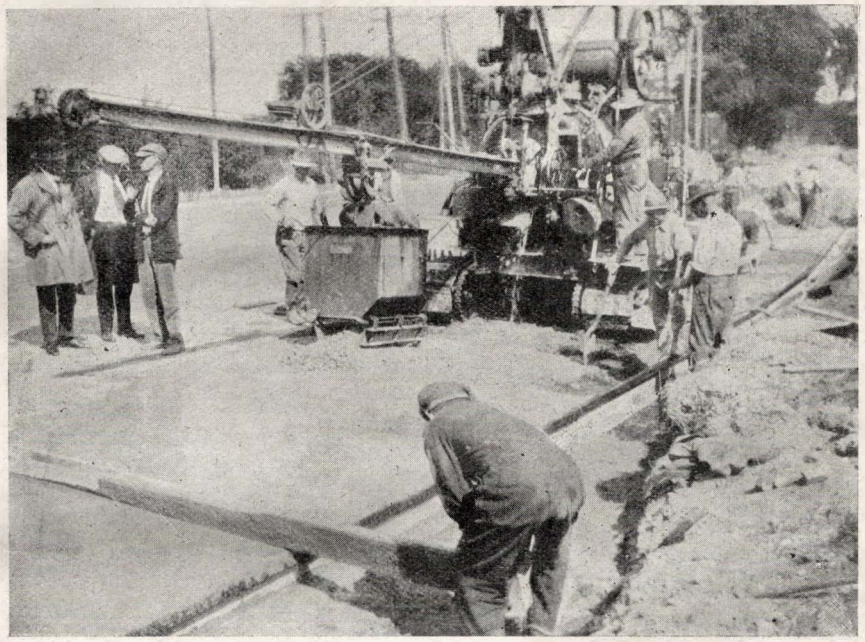
Raastofferne kan oplagres i store Siloer ved den ene Ende af Betonvejen, hvor Støbningen begynder. Her fyldes de over i Maalekasser, der staar paa Lastvogne, som kører ad Betonvejen, saa langt denne er aaben for Færdsel; naar dette Punkt er naaet, løftes Kasserne over paa Skinnevognene, der af et lille Motorlokomotiv trækkes langs Vejrabatten til Blandemaskinen.

De flyttelige Blandemaskiner (Fig. 126—127) er forsynet med en Udlæggerbom,

der kan fordele Betonen over Vejen. Maskinerne har som Regel Larvefødder, men til Brug i Byer bygges de ogsaa med Gummihjul og hurtigtkørende.

Jordbunden afrettes for Haanden eller med Maskine. Man plejer at tromle Bunden for at faa ensartet Fasthed, men hvis Entreprenøren lader sine Lastvogne køre der bagefter, er Tromlingens Nytte begrænset. Den fuldstændig nøjagtige Afretning naas bedst med en Skrabemaskine.

Langs Siderne begrænses Støbningen af Sideforme, der bør være af Jern, navnlig naar der bruges Stampemaskine, der kører paa dem; de presses i forskellige Former.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

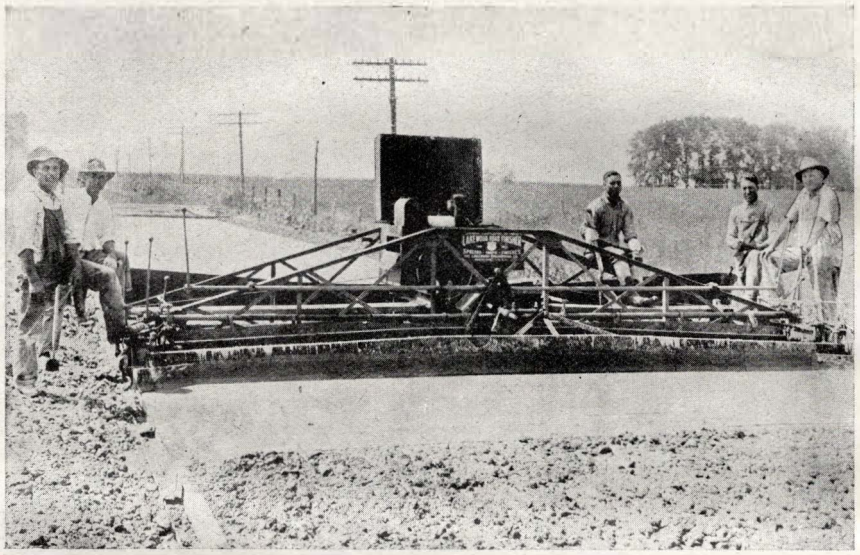
Fig. 127.

Naar Betonen er udlagt med nogen Overhøjde og nogenlunde jævnt fordelt med Skovl, skal den stampes sammen og bibringes den rette Oprunding, og begge Processer udføres med lange Planker, der spænder tværs over Vejen og ved hver Ende betjenes af en Arbejder, der staar udenfor Sideformen. Efter Plankerne anvendes en Tromle, der vejer 14—23 kg pr. m og som rulles tværs over Vejen og har et saa langt Skaft, at den kan betjenes fra Vejsiden. Tromlingen har til Formaal at sammenpresse og jævne Overfladen og især at fjerne Længdebølger og Tværgrater fra Stampningen.

Den fine Afretning udføres med en Haveslange af Kautsjuk eller med et 15—30 cm bredt Bælte imprægneret med Gummi. Bæltet har Træhaandtag i Enderne og bør være mindst 0,6 m længere, end Pladen er bred. Medens det hviler paa hele Betonoverfladen føres det tværs over denne med en savende Bevægelse, hvorved de sidste Ujævnheder fjernes.

Maskinstampning er langt at foretrække for Haandstampning. Mest brugt er Lakewood Maskinen (Fig. 128), der bestaar af en firhjulet Tværbro, der kører paa Sideformene, drives af en Benzinmotor og indeholder 3 arbejdende Led; Jævneren, Stamperen og Bæltet. Jævneren er en Planke paa Højkant med Oprunding som

den endelige Vejbane, men hævet 6 mm over denne. Den bevæger sig $\pm$ 5 cm paa tværs af Vejen og jævner den udlagte Beton. Stamperen er en tilsvarende Planke, der bevæger sig op og ned og bringer Betonen til at vibrere. Bæltet svarer til det, der bruges ved Haandarbejde. Naar Blandemaskinen har tømt Betonen ud i Vejkassen, fordeles den groft med Skovl, hvorefter Maskinen kører hen over den. Under første og anden Fremgang arbejder Jævner og Stamper, under Tilbagegangen kun Stamperen, under tredie Fremgang Stamper og Bælte, og dermed er Arbejdet endt. Fordelen ved at bruge Maskinen ligger dels i at der bruges en mindre Arbejdsstyrke, dels i at Betonen kan og skal være tørrere.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 128. Lakewood Maskinen.

Naar Betonen er støbt ud, bør den beskyttes mod Udtørring, saa snart det kan ske uden at beskadige Overfladen. Man kan straks spænde vaadt Sækkelærred ud paa plane eller bueformede Trærammer, der hviler paa Sideformene; har man ikke saadanne Trærammer, lægges Lærredet direkte paa Betonen, som da maa være saa tør, at Lærredet ikke giver Indtryk. Dagen efter, naar Betonen taaler at man gaar paa den, fjernes Lærredet og erstattes med et mindst 5 cm tykt Lag Jord eller mindst 10 cm tykt Lag Straa, der i de første 8—14 Dage vandes to Gange daglig og først fjernes efter 2—3 Ugers Forløb. En udmærket Fremgangsmaade er at bygge lave Jordvolde uden om Vejarealet, saa der dannes Damme, der fyldes med et 5—8 cm dybt Lag Vand. (Fig. 129).

Trafik paa Vejen tillades først, naar Betonen er 2—4 Uger gammel; er Vejret køligt, udskydes Tidspunktet undertiden yderligere 2 Uger.

Ved Reparationer hugges Hullets Sider lodrette til 5—8 cm Dybde, og den ny Beton holdes meget stiv og stampes meget grundigt. Kan Færdslen ikke standses, dækkes den friske Beton med Planker eller Jernplader og Jord. Mindre Huller fyldes med Asfalt, der ogsaa bruges til Overstrygning af afskallede Pletter.

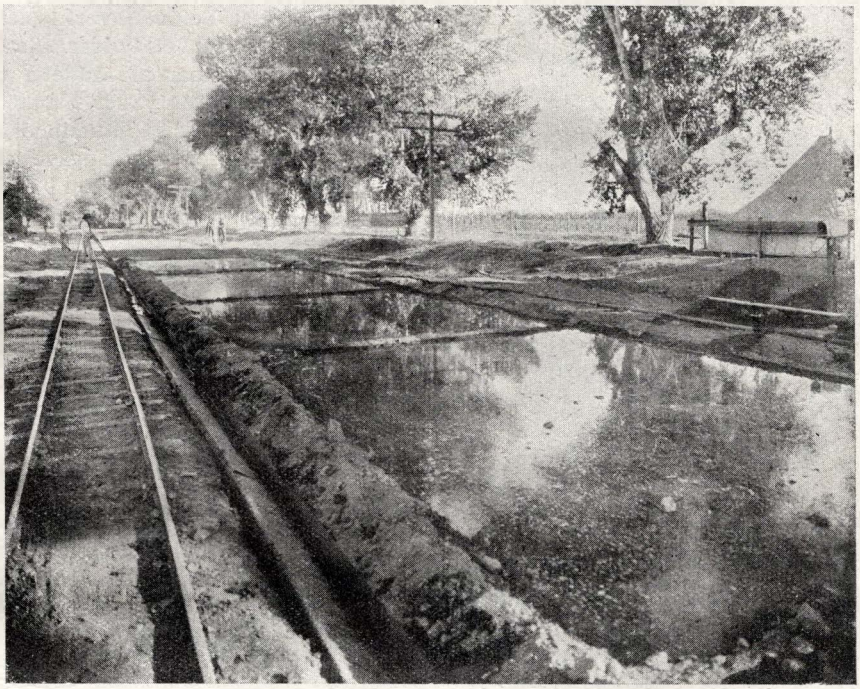
I Fig. 130 er gengivet en Model, der viser de forskellige Stadier af Arbejdet paa en Betonvej.

Armering af Pladerne bruges undertiden og undertiden ikke. En meget kraftig Armering vilde sikkert hindre Dannelsen af grove Revner, men som Regel bruges

kun en ret svag Armering, hvis Hovedvirkning er, at holde sammen paa den revnede Plade. Paa daarlig Bund er Armering almindelig.

Armeringen kan være jævnt fordelt eller lokal.

En almindelig Armering jævnt fordelt over Pladerne kan udføres med almindelige Armeringsjern eller med Pladegitter (Strækmetal) eller med »Wire Mesh«, som er et Traadnet med rektangulære Masker, hvis Traade er svejset sammen i Krydsningspunkterne.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 129.

I højere Grad end den jævnt fordelte Armering bruges lokal Armering, dels paa tværs af Midtefugen, dels som en Randarmering langs Vejpladens Rande.

Veje af armeret Beton er mere modstandsdygtige end Veje af almindelig Beton, men ogsaa dyrere: de bygges nu en Del i hvert Fald i England og U. S. A. paa Steder, hvor Vejene har stærk Færdsel.

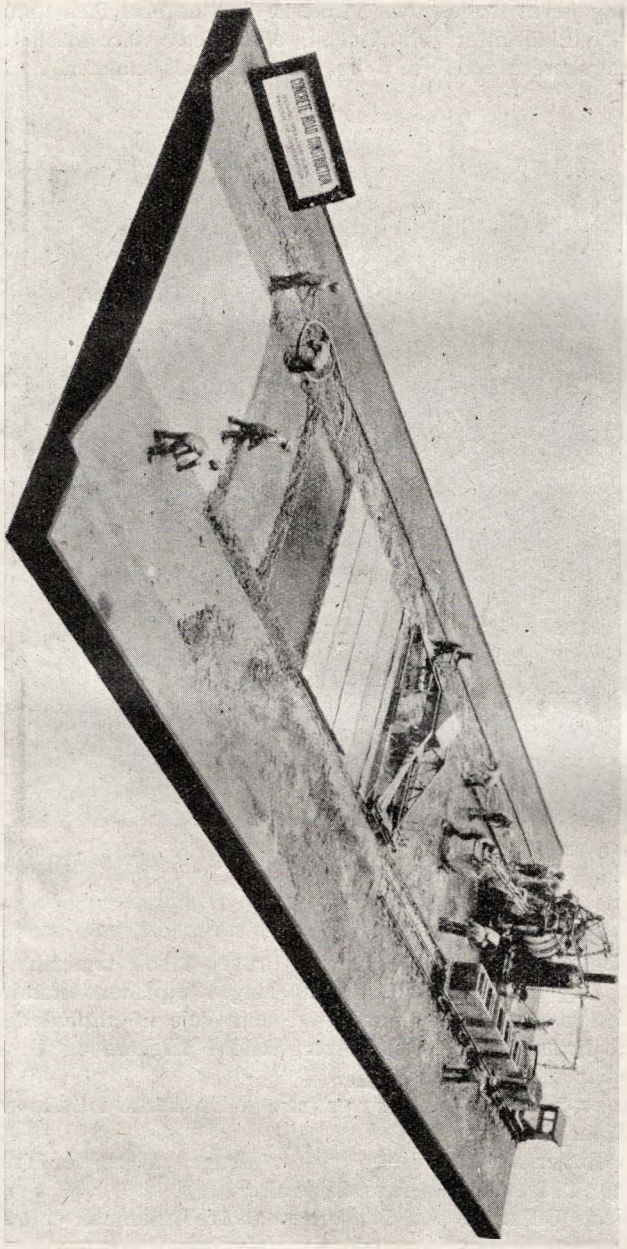
Armeringens Vægt ligger mellem 2 og 3 kg pr. m^2. I Dokkerne i London har man anvendt en Jernvægt paa 6—9 kg.

Armeringen leveres i Ruller og kan rettes ud før Brugen af en let Tromle, eller ved at man lader den gaa igennem to faste Trævalser.

Med Hensyn til Arbejdets Udførelse skal bemærkes, at Arbejdslønnen er mellem $^1/_3$ og $^1/_2$ af hele Prisen for en Betonvej, saa det er nødvendigt at organisere Arbejdet metodisk. Ved en af den amerikanske Portland Cement Association anvendt Arbejdsmaade er Arbejdsholdet paa 40 Mand, og med et saadant Hold kan der om Dagen udføres 70 m Vej i 6 m Bredde; med en Lakewoodmaskine kan Arbejdet blive dobbelt saa stort.

Overfladetjæring af Betonveje er et Spørgsmaal, der ikke er fuldt afgjort, da Tjæren undertiden binder daarligt. Man anvender ogsaa for at styrke Overfladen

Fluorsilicater af Zink og Magnesia, eller Natriumsilicat, idet man vander hermed 14 Dage efter, at Betonen er støbt, og i tørt Vejr.



Cliché Dansk Vejtidsskrift

Fig. 130.

Foruden de almindelige Betonveje har man anvendt forskellige Systemer især her i Europa.

Rhoubenite er en fed Beton, hvortil der er sat et Pulver, der bestaar af fintdelte smaa Træstykker blandet i en særlig bituminøs Masse, hvis Opgave er at give Betonen en vis Elasticitet og en større Tæthed. Denne Konstruktion anvendes i Belgien og i Omegnen af Paris.

Soliditit, der anvendes i Italien, er en Beton, hvor Cementen er rig paa Silicium og fattig paa Kalk; Skærverne er stærkt kvartsholdig Granit. Denne særlige Beton, der er meget modstandsdygtig, anvendes som Slidlag i en Tykkelse paa nogle cm, og lægges paa et Fundament af almindelig Beton.

Endelig er der en Vejbelægning Pontam af Støbejern og Cement, hvor der paa et Fundament af mager Beton lægges en støbt Armering 4 cm høj som vist i Fig. 131. Over denne Armering hældes en fed Beton, saa man faar en glat Overflade. Armeringsmængden pr. m² varierer efter Trafikens Størrelse. Denne Konstruktion er blevet prøvet i Paris og andre Steder i Frankrig.

Overfladen af en Betonvej prøves i England[1]) ved Kuglemetoden, der udføres ved, at man lægger en $^1/_2''$ Staalkugle i en $2' \times 2' \times {}^1/_4''$ Staalplade med Hul paa Betonoverfladen (Fig. 132), og derefter belaster Staalkuglen. Kuglen presses derved

[1]) E. L. Leeming: Road Engineering, London 1924, S. 158.

ned i Betonen og man skriver den Vægt op, der er nødvendig til at trykke Kuglen $^1/_4''$ ned i Betonen. Prøven er meget simpel og nyttig til at undersøge om Udførelsen har været tilfredsstillende eller ej, og om Overfladen er tilstrækkelig haard til at modstaa Færdslen.

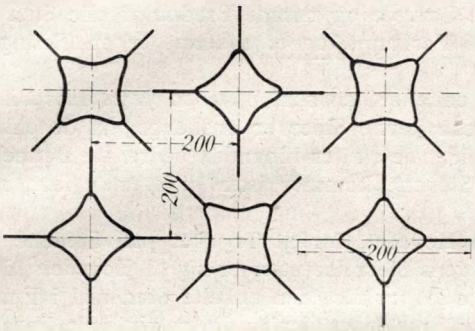


Fig. 131. Pontam.

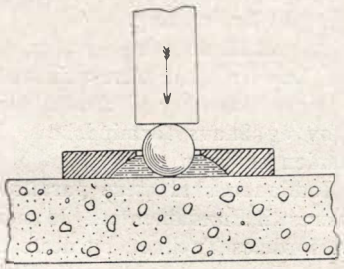


Fig. 132.

§ 22. Stenbrolægning.

Brolægning[1]) af naturlige Sten er den Befæstelsesmaade, der hyppigst anvendes i Gader i Byerne.

Paa Grund af sin Varighed er Brolægning forholdsvis billig, paa Grund af sin Ruhed er den driftssikker, men den giver meget Spektakel.

Middelhaarde Stenarter med Brudstyrke 600—1200 kg pr. cm² er bedst egnede, især de krystallinske Stenarter som Granit, Gnejs, Syenit, Diorit, Porfyr o. lgn., men desuden kan man bruge Kalksten, Sandsten og lignende Stenarter.

De bløde Stenarter som de fleste Sandsten og Kalksten slibes for hurtigt af, saa Brolægningen hyppigt maa fornyes, og disse Stenarter egner sig derfor ikke saa godt til Brolægning.

Meget haarde Stenarter som Basalt har ikke vist sig heldige til Brolægning. Kanterne slaas af ved Slagene fra Køretøjerne, saa Hovedet bliver rundt, og Brolægningen som Følge deraf mere ubehagelig at gaa og køre paa; den gør mere Larm og bliver desuden mere glat.

Den bedste Hovedform er den rektangulære; Stenene maa dog ikke gerne være for lange (ikke over 16—24 cm) for ikke at vælte ved stærk Belastning i den ene Ende.

Brostenene maa, for at den kugleformede Afrunding, der fremkommer ved Færdslen, eller i hvert Fald fremkom i Hestekøretøjernes Tid, skal blive saa lille som mulig, holdes smalle (8—15 cm); jo haardere Stenen er, desto smallere bør Brostenene være, for at Kugleformen skal blive saa lidt fremtrædende som muligt.

I stejle Gader har Brostenene en Tilbøjelighed til at vippe bagover under Virkning af den nedadgaaende Færdsel, saa Gaden bliver savformet, hvorved Hovedernes Rundslidning yderligere fremmes: dette vil gaa desto hurtigere, jo stejlere Gaden er, og jo bredere Stenene. Bredden af Stenene bør derfor aftage, maaske indtil 8 cm, naar Gadefaldet vokser.

Stenartens større eller mindre Haardhed er ogsaa bestemmende for Højden af Brostenene, da haardere Sten slides langsommere, og derfor taaler en mindre Højde (11—16 cm) end mindre haarde (indtil 20 cm). Dog maa Stenene i

[1]) Fremstillingen følger til Dels: Alfred Lütken: Vej- og Jernbanebygning, 2. Del, Kjøbenhavn 1898.

samme Gade være lige høje, fordi ellers de laveste lettere trykkes ned i Underlaget end de højeste.

Foruden efter Stenarten bedømmer man Brostens Godhed efter deres mer eller mindre regelmæssige Form, og efter deres mer eller mindre jævne Flader.

Jo regelmæssigere og jævnere de enkelte Sideflader er, desto smallere kan man holde Fugerne (under 12 mm). Samme Længde og samme Bredde af alle Sten gør det muligt at anvende et regelmæssigt Forbandt, og et saadant er en Betingelse for en god Brolægning.

En god Brolægning kræver, at de enkelte Sten skal have en jævn Hovedflade, for at Larmen skal blive mindre. Ogsaa jævne Sider er ønskelige, da de enkelte Sten derved kommer til at staa fastere, idet de støtter hinanden bedre, og Dannelsen af Støv og Snavs formindskes. Men Stenene kommer især til at staa fast, naar Rodfladen er jævn.

Rodfladen skal være parallel med Hovedet, for at Trykket paa Stenene kan overføres til Fundamentet. Jo mere Rodens Størrelse nærmer sig til Hovedets, desto bedre fordeles Trykket, og desto mindre let trykkes den enkelte Sten ned i Fundamentet. Den mest fuldkomne Form for Brosten er derfor det retvinklede Parallelepipedum.

Læsning og Aflæsning af Brosten maa foretages med Forsigtighed, for at Kanterne ikke skal blive slaaet af.

Stenbrolægning forbedres betydeligt, naar Fugerne støbes ud. Derved formindskes Dannelsen af Støv og Snavs, Nedtrængning af Vand og Snavs i Grunden forhindres, Ujævnhederne i Stenenes Kanter udjævnes, de enkelte Stens Plads bliver mere sikker, Udgifterne til Vedligeholdelse og Rengøring formindskes, og Holdbarheden forøges.

Det er absolut nødvendigt, at Fugerne støbes ud, naar Brolægningen staar paa et Betonfundament, fordi ellers Vand, der siver gennem Fugerne, bliver paa Betonen.

I Danmark anvendes Brosten af forskellig Kvalitet, dels de saakaldte engelsk behuggede Brosten, dels egentlige Kørebanesten af forskellig Kvalitet samt Fortovssten og Chaussebrosten.

Med Hensyn til Materialet forlanges i Kjøbenhavn, at det for alle Sten skal være god og stærk Granit, fri for Kløvninger, Rust og blødere Striber, og at alle Stenene skal være lige haarde. Hovedets Overflade, der skal være en retvinklet Firkant, skal være en jævn, velafpudset Plan uden Pukler og Fordybninger. Roden skal være parallel med og ligge lige under Hovedet.

For engelsk behugne Brosten (Betingelser for Levering af engelsk behugne Brosten (Berliner-Prismer med ekstra Behugning) til Kjøbenhavns Vej- og Kloakanlæg) forlanges desuden, at Hovedets Overflade skal have skarpe, fulde og retlinede Kanter med en Længde af 15—30 cm, og en Bredde af 12—14 cm; Højden skal være 15—16 cm. Rodens Areal skal mindst være $^4/_5$ af Hovedets. Alle Stenenes Sideflader skal være jævnt behugne, saaledes at de ikke hindrer Hovedernes Kanter i at berøre hinanden, naar Stenene anbringes med Hovederne i samme vandrette Plan.

Kjøbenhavns Vej- og Kloakanlæg regner kun de Sten, der i enhver Henseende opfylder samtlige disse Betingelser for 1. Sort engelsk behugne Brosten. De Sten, der med Hensyn til Bearbejdelsen i en enkelt Retning ikke opfylder dem, modtages som 2. Sort engelsk behugne Brosten under Forudsætning af, at Hovedernes Længder ikke er under 15 cm og ikke over 32 cm, at Hovedernes Bredder ikke er under 10 cm og ikke over 15 cm, at Stenenes Højder ikke er under 15 cm og ikke over 18 cm, samt at Rodens Areal ikke er mindre end $^2/_3$ af Hovedets Areal. Som 2. Sort Sten modtager man dog som Regel kun indtil 15 pCt. af en Levering.

For 1. Sort Kørebanesten (Betingelser for Levering af Brosten til Kjøbenhavns Vej- og Kloakanlæg af December 1915) skal Hovedet have en Længde af 15—25 cm og en Bredde af 10—15 cm. Højden skal være 18—20 cm, og Rodens Areal skal mindst være $^2/_3$ af Hovedets. Paa Sidefladerne maa der ikke findes Pukler, der hindrer, at Stenene stilles tæt sammen.

2. Sort Kørebanesten (Betingelser for Levering af Brosten til Kjøbenhavns Vej- og Kloakanlæg af December 1915) skal have et Hovede, hvis Længde er 13—26 cm, og hvis Bredde er 10—16 cm. Højden skal være 16—21 cm, og Rodens Areal mindst Halvdelen af Hovedets. Paa Sidefladerne maa ikke findes væsentlige Pukler.

Foruden disse Sten er i Dansk Ingeniørforenings Normer for Sten, Grus og Sand angivet:

1. Sort lave Brosten, der er ganske som 1. Sort Brosten, kun at Højden er 16—18 cm.

2. Sort lave Brosten, der er som 2. Sort Brosten, idet dog Højden er 14—18 cm, og Rodens Areal mindst ⅔ af Hovedets.

3. Sort Brosten, der skal have et kvadratisk eller rektangulært Hoved, hvis Overflade saa vel som Sidefladerne skal være nogenlunde jævn. Stenens Længde skal være 13—26 cm, Bredden 10—17 cm, Højden 15—21 cm og Rodens Areal mindst ⅓ af Hovedets.

Chaussebrosten, der er maskin- eller haandkløvede, væsentlig retvinklede Sten med jævnt udkløvede, gennemsnitlig ca. 80 cm^2 (65—100 cm^2) store Hoveder, en Højde af 9—10 cm og Sideflader, der tillader, at Stenene sættes tæt sammen. Sidelinierne i Hovedet maa til Bueforbandt variere fra 7—10 cm, ellers fra 8—10 cm.

Store Chaussebrosten, der i alle Maader svarer til ovenstaaende, dog at alle tre Sidelinier varierer enten fra 10—12 cm eller fra 12—14 cm.

For Fortovssten forlanger Kjøbenhavns Vej- og Kloakanlæg, at Hovedet skal være en retvinklet Firkant, helst et Kvadrat, med en Længde og Bredde af ca. 10 cm og med et Areal af højst 140 cm^2; Overfladen skal være jævn og uden Pukler eller Fordybninger. Højden skal være 10—13 cm. Rodens Areal kan være indtil ⅓ mindre end Hovedets Areal, og der maa ikke findes Pukler paa Sidefladerne.

Forbandtet kræver, at der ved Siderne af Kørebanen begyndes med Bindere, der er $1^1/_2$ Gang saa lange som de øvrige Sten. Stenene sorteres efter Bredden for at Fugerne kan gennemføres efter en nøjagtig ret Linie.

Stenene ordnes i retlinede Skifter med vekslende Stødfuger, hvilket man opnaar ved at lade hvert andet Skifte begynde med en Sten, der som ovenfor nævnt er $^1/_2$ eller $1^1/_2$ Gang den sædvanlige Længde. Skifterne stilles hyppigst vinkelret paa Gadens Længderetning, saa Færdslen foregaar paa tværs af de gennemløbende Rækkefuger.

Dog har man ogsaa anvendt en Skifteretning under 45° med Gadens Midtlinie og modsat for højre og venstre Side af Kørebanen, saa Skifterne mødes i Midten som retvinklede Spidser, der af Hensyn til Vandafledningen maa vende opad imod Gadens Længdefald, idet Vandet lettest finder Afløb i Rækkefugerne, hvis Fald fra Midten mod Randene maaske kan blive meget lille og for en Del af Fugen endog negativt, hvis Spidserne vendes nedad med Faldet. Ved at bruge skraa Skifter opnaar man, at Kørebanens Overflade bliver lidt jævnere, fordi den krumme Linie, der skal fremstilles som en Polygon af de enkelte Sten, bliver fladere end Snittet vinkelret paa Midtlinien; men det er en Ulempe, at man langs Randene af Kørebanen maa anvende skævvinklede Sten, der maa tildannes særligt for hvert Skifte. I Rendestenen stilles Skifterne i Revier og Forbundt vinkelrette paa Bundlinien, og naar Kørebanens Skifter stilles skraat, bliver Forbundtlinien altsaa fremhævet ved en gennemgaaende Fuge. Tidligere anvendte man en saadan gennemgaaende Fuge, selv om Kørebaneskifterne stod vinkelret paa Midtlinien, bl. a. fordi Rendestenen ofte blev brolagt med tarveligere Sten end Kørebanen, medens man nu som Regel lægger Rendestenenes Forbundt med Kørebanesten og gennemgaaende Skifter lige til Rendestensbunden, saa Forbundtlinien kun bruges ved Afsætningen af Højderne. Retvinklet Skiftegang er nu den almindeligste.

Ved Portindkørsler maa selve Indkørselsrampen brolægges med Kørebanesten, der lægges i Skifter parallelle med Bordurkanten, medens de vindskæve Overgangsflader til Rendestensrevieret kan lægges med tarveligere Sten ligesom selve Rendestenen og i Skifter vinkelrette paa Bordurkanten.

Bunden af en Rendesten efter det nyere Profil lægges sædvanlig af Kørebanesten som et enkelt Skifte parallelt mel Bordurkanten.

Ved Gadekrydsninger har man ofte anvendt skraatstillede Skifter, idet Krydsningen ved Midtlinierne deles i fire Felter, hvis Skifter føres parallelle med Diagonaler under 45°, saaledes at Vogne, der drejer om Hjørnerne, kører omtrent vinkelret paa Skifterne.

Ved Krydsning mellem Hoved- og Sidegader er den gennemgaaende Vognfærdsel tværs over Hovedgaden forholdsvis lille, og man vil da som Regel gennem

føre Hovedgadens Skifteretning over Krydsningen i Flugt med Rendestenenes Bundlinie eller Forbundtlinien, hvis man der holder en gennemgaaende Fuge.

Ved en Krydsning mellem 2 lige stærkt befærdede Gader kan hver Gades Skifteretning bibeholdes indtil Diagonalsnittene og enten føres helt ud over Hjørnetilsætningerne eller kun til Forlængelserne af Rendestenenes Bundlinier, medens Hjørnernes Skifter føres parallele med Diagonalsnittene, især hvis Hjørneafskæringen er nogenlunde stor.

Ved Ordning af Skifterne paa en Gadekrydsning kan man af Hensyn til Fodgængerne føre en enkelt eller dobbelt Fliserække over Tværgadens Kørebane: Brolægningens Skifter maa helst føres parallelt med Fliserne saavel imellem dem som et Par Skifter paa hver Side af dem. Hvis saadanne Fliserækker skal lægges over begge de skærende Gader, vil man som Regel holde disses Skifteretninger indtil Fliserækkerne og i den mellem disse indesluttede Firkant efter Omstændighederne anvende skraatliggende Skifter eller føre Hovedgadens Skifteretning igennem. Er Skæringen ikke retvinklet, maa man i Reglen føre to Skifteretninger sammen under en lille Vinkel, saa hvert Skifte egentlig skulde løbe ud i en slank Spids, som man imidlertid skærer af ved at slaa to Skifter sammen og lægge dem dels af bredere Sten, dels af almindelige Sten, der stilles vinkelret paa Skifteretningen, og hvis ene Ende afhugges skraat. Man undgaar derved at skulle bruge ganske tynde, kiledannede Sten, som daarligt vilde kunne taale Trykket af Vognhjulene. En saadan Sammenskæring af Skifter under en spids Vinkel kan ogsaa blive nødvendig i krumme Gader, hvis Skifteretning maa forandres i Spring.

Hvis Sporvejsskinner skal føres gennem brolagte Gader, gøres sædvanlig den Ændring i Skifternes Retning, at de altid imellem Skinnerne lægges vinkelret paa Sporets Midtlinie.

Paa større brolagte Pladser vil man ved Bestemmelsen af Skifteretningen dels tage Hensyn til de naturlige Færdselsretninger, for saa vidt de kan bestemmes, og dels til Vandafledningen, og derefter lægge Skifterne saaledes, at de dels følger det stærkeste Fald, dels danner Vinkler paa 90^0—45^0 med Hovedfærdselslinierne. Man vil derved maaske faa Pladsen delt i flere Felter med forskellige Skifteretninger.

Paa monumentale Pladser og i Gaarde lægges Brolægningen ofte i Mønster med forskelligt farvede Sten. Man kan som Regel let skaffe lysegraa, mørkegraa, sorte og rødlige Sten, hvis Farve vil gøre sig gældende, naar de samles i større Flader, og navnlig træder stærkt frem i Regnvejr. Sædvanlig vælger man simple geometriske Figurer, hvis Konturer bestemmer Skifteretningen; men man kan ogsaa opnaa en vis Virkning alene ved at variere Skifternes Retning. Hvis der skal foregaa Vognfærdsel over en saadan Plads, bør man saa vidt muligt lade Mønstrene respektere de naturlige Færdselslinier, da disse vil træde frem som Linier af glatslidte Sten, der ødelægger Totalvirkningen, naar de skærer ind over Mønsterfigurerne.

1. Brolægning paa Sandfundament.

Idet hver enkelt Brosten kan blive udsat for det største forekommende Hjultryk, vil dens Grundflade ikke være stor nok, til at almindelig Jord under alle Fugtighedsforhold kan taale Trykket uden at give efter, og man anbringer derfor under Stenene et Fundament, som kan fordele Trykket over en tilstrækkelig stor Flade. I de allerfleste Tilfælde vil dette Fundament for sædvanlig Brolægning bestaa af et Sandlag, hvis Tykkelse, maalt i komprimeret Tilstand, varierer efter Grundens Beskaffenhed. Paa særlig god Grund kan det være tyndt, 10—15 cm, i Almindelighed anvendes dog en Tykkelse paa 20—26 cm, men paa blød Bund maa Tykkelsen forøges til 40—50 cm. Den samlede Tykkelse af Brosten og Sandlag kan altsaa blive temmelig stor, og ved Omlægning af makadamiserede Veje med

Brolægning vil man derfor i Almindelighed blive nødt til at bortkøre en Del Jord, efter at først Makadamiseringen er hakket op og fjernet.

Sandet maa helst være nogenlunde groft og fuldstændigt frit for Sten og Urenheder, som Ler, Dynd, Tang o. lign. I Kjøbenhavn bruges meget groft Strandsand, det saakaldte Skælsand, inde i Landet mest Bakkesand. I Sammenligning med Pudsesand eller almindeligt Gulvsand er Brolæggersand groft, medens det derimod er fint i Sammenligning med godt Betongrus. Smaasten i Sandet vanskeliggør Fyldningen af Fugerne.

Et tykt Sandlag maa i sin nederste Halvdel komprimeres ved Tromling, Stampning og Vanding; skal Tykkelsen kun være 15—20 cm eller mindre, nøjes man med at tromle Grunden, for saa vidt det behøves, og udlægger saa Sandet løst, saa det fylder 8—10 cm mere end dets Tykkelse efter Komprimeringen. Stenene sættes i det løse Sand med en Overhøjde af 5—8 cm og stødes ned med Stempler, hvorved Sandet bliver sammentrykket og Fugerne mellem Stenenes Rodender delvis fyldte.

Stenenes Sætning sker for Haanden ved Hjælp af en Brolæggerhammer, en temmelig slank Hammer, der bagtil er forlænget som et fladt trekantet Blad og forsynet med Træskaft; den føres med een Haand. I Danmark sidder Brolæggerne ved Arbejdet paa en lav enbenet Stol; andre Steder staar de op og bruger da en mere langskaftet Hammer.

Med Bladet graves et passende Hul til Stenene i det løse Sand, idet man passer at trykke noget op om Roden af Stenene i det foregaaende Skifte; derved opnaar man, at den nederste Del af Fugen straks bliver fyldt med løst Sand. Stenen sættes ned og bankes i Leje med Hammerbanen.

Brolægningsarbejdet paa en Gade paabegyndes med Sætningen af de hugne Bordursten, der straks anbringes i den rette Højde paa et Sandlag og understoppes med Jernstænger og Stoppehakker, saa de faar et fuldstændig sikkert Leje. Derefter brolægges Rendestenen og saa Kørebanen, hvor man paabegynder Sætningen ved Randene og slutter Skifterne i Midten. Ved at trykke eller udvide Stødfugerne lidt vil man altid kunne slutte med en hel Sten. Højden markeres sædvanlig med Snore, der udspændes parallelt med Kørebanen.

Naar et længere Stykke af Brolægningen er sat, kan Stødningen paabegyndes; hertil benyttes Stempler, Een-Mands-Stempel og Fire-Mands Stempel (Brolæggerjomfruer), der udføres af Træ og Jern. Et Een Mands Stempel bestaar af et afdrejet Trælegeme, der forneden er cylindrisk, opefter lidt udsvejfet og tilspidset, og gerne ender i et lille Hoved, hvorigennem der stikkes et rundt Træskaft. Det er forsynet med Jernbeslag, dels Ringe, der forhindrer, at Træet flækker dels en tyk Sko, der giver Stemplet den nødvendige Vægt af ialt 30—35 kg. Skoen udføres nu som Regel af Støbestaal. Afstanden fra Haandtaget til Enden af Skoen er ca. 65 cm. Man har ogsaa udført Een Mands Stempler helt af Jern, blot med Haandtag af Træ.

Et Fire Mands Stempel er større og forsynet med Krydsarme samt et lille opadvendende Haandtag, hvormed Formanden styrer Slagene, men er iøvrigt bygget paa samme Maade. Skoen udføres helst af Støbestaal, da man saa bedre kan holde Diametren lille for en bestemt Vægt, hvorved det bliver lettere at paase, at Slaget kun rammer en enkelt Sten og ikke Hjørnerne af Nabostenene, der derved let kunde knækkes af. Noget hjælper det ogsaa i saa Henseende, at Skoens Underflade er lidt hvælvet. Vægten er sædvanlig ca. 90 kg, og Stemplet føres, som det ligger i Navnet, af fire Mand, af hvilke en som Formand styrer Stemplet og leder Stødningen.

Stødningen udføres Sten for Sten og Skifte for Skifte frem og tilbage mellem Kørebanens Rande i flere Overgange. Sædvanlig begynder man med en Overgang med Een Mands Stempel for straks at fæstne Stenene lidt, og støder derefter tre à fire Overgange med Fire Mands Stempel, den første med et Par temmelig lette Slag paa hver Sten, de følgende med flere og stærkere Slag, saaledes at Stenene

for hver Overgang synker 1—1,5 cm, og Sandlagets Komprimering skrider gradvis og regelmæssigt frem.

Mellem hver Overgang spredes Sand ud over Brolægningen, som man dels fejer, dels vander ned i Fugerne, men forinden Stødningen fortsættes, fejes Brolægningen atter ren, saa man kan se de enkelte Sten og træffe dem med Stemplet.

Naar Stødningen i det Hele taget er færdig, skal Brolægningen endnu eftergaas, for at enkelte fremspringende Sten kan blive stødt dybere ned, og Sten, der staar for lavt, løftede. og flækkede Sten erstattede med nye. Den derved nødvendige Stødning udføres ofte med Een Mands Stempel. fordi det er lettere at flytte end et Fire Mands Stempel.

Gaden kan derefter aabnes for Færdslen, men holdes ofte i den første Tid dækket med et tyndt Lag Grus til Efterfyldning af Fugerne under den forenede Virkning af Vognfærdsel og Regn. Naar Brolægningen har staaet en Vinter over, vil det i Reglen være nødvendigt at støde Kørebanen en Overgang med Fire Mands Stempel og løfte enkelte Sten, som har ladet sig køre ned. inden Brolægningen kan betragtes som endelig færdig.

Hvor der anvendes Rendestensrevier, som ikke normalt udsættes for Vognfærdslen, bruger man her sædvanlig mindre Overhøjde ved Stenenes Sætning end paa Kørebanen og alene Een Mands Stempel til Stødningen.

Da et Sandfundament ikke er absolut fast, vil Brolægningen ikke holde sig i uforandret god Stand under Indvirkning af Vognfærdslen. En tilfældig Uregelmæssighed i Komprimeringen vil bevirke, at Stenene pletvis lader sig køre ned. Bestemte Steder kan være særlig udsatte for Færdslen, f. Eks. de Sten, der grænser op til Sporvejsskinner, saa de trykkes ned, og der fremkommer Riller langs Skinnerne, rent bortset fra, at ogsaa Stenenes Overflade slides stærkere. Og endelig vil de for Kloakarbejder og andre Rørledningsarbejder udførte Rendegravninger virke i høj Grad ødelæggende paa Brolægningen og i længere Tid foranledige pletvise Reparationer. Men selv om alle saadanne Uregelmæssigheder kan undgaas, vil Færdslen dog i Tidens Løb forandre Stenenes Stilling, fordi et Sandfundament ikke er fast nok. Idet Hjulene ruller hen over Brolægningen, vil hver Fuge fremkalde et Stød mod den forreste Kant af den følgende Sten, og Følgen heraf bliver, dels at Stenene slides stærkere i den forreste Kant, og dels at de efterhaanden bankes ned, saa de lægger sig paa skraa imod Færdselsretningen. Da hver Færdselsretning i Almindelighed er henvist til sin Halvdel af Kørebanen, er denne Vældning af Brostenene meget let at iagttage, fordi den foregaar til modsat Side for højre og venstre Del. Jo mere aabne Fugerne holdes, desto mere skraat kan Stenene stille sig; om dette Forhold i Fremtiden vil blive det samme som hidtil, er maaske noget usikkert. idet det synes, som om Automobilerne med deres drevne Hjul virker paa en anden Maade paa Brolægningen end angivet i denne Beskrivelse, der især tager Sigte paa Hestekøretøjer.

Til 1 m² Brolægning med almindelige Brosten medgaar ca. 35 Stykker, og Vægten af de Brosten, der medgaar til 1 m² ligger imellem 400 og 450 kg; i Kjøbenhavn kan et Vognmandslæs rumme 6 m² Brosten. Et Vognmandslæs Sand er i Kjøbenhavn ca. 1,67 m³ og udenfor Kjøbenhavn 1.0—1,5 m³; det maa regnes. at Sandet i løst Maal fylder 33⅓ pCt. mere end komprimeret.

I 8 Timer sætter en Brolægger 32—39 m², og et Hold paa 4 Mand støder i samme Tid ca 75 m².

Vægten af hugne Kantsten er ca. 150 kg pr. m. og i Kjøbenhavn tager et Vognmandslæs ca. 18 m; en Brolægger sætter paa 8 Timer ca 40 m.

Vægten af udkløvede Kantsten er ca. 90 kg pr. m, og i Kjøbenhavn tager et Vognmandslæs ca. 30 m; en Brolægger sætter paa 8 Timer ca. 60 m.

Stenbrolægning forbedres betydeligt, naar Fugerne støbes ud. Derved formindskes Dannelsen af Støv og Snavs, Nedtrængning af Vand og Snavs i Grunden forhindres, Ujævnhederne i Stenenes Kanter udjævnes, de enkelte Stens Plads bliver

mere sikker, Udgiften til Vedligeholdelse og Rengøring formindskes, og Holdbarheden forøges.

Udstøbning af Fugerne er absolut nødvendig, naar Brolægningen staar paa et Fundament, der er uigennemtrængeligt for Vand, fordi ellers Vand, der siver gennem Fugerne, bliver staaende paa Fundamentet. Udstøbning skal derfor omtales nærmere under Brolægning paa Betonfundament.

Ved Reparation af en Brolægning brydes Stenene op med Jernstænger, det gamle Sandfundament løsnes ved Gravning, og lidt nyt Sand paaføres hvorefter Stenene sættes og stødes ganske som ved ny Brolægning, hvis der foregaar en hel Omlægning, medens man ved pletvise Udbedringer ofte støder Stenene næsten helt ned i første Omgang. Enkelte særlig rundslidte Sten og alle Sten, der er flækkede under Stødningen, bliver erstattede med nye Sten. Paa denne Maade kan Brolægningen blive omlagt flere Gange med de samme Sten, og først naar disses Kanter er blevet saaledes afslidt, at en jævn Brolægning ikke længere kan tilvejebringes af dem, maa en fuldstændig Ombrolægning finde Sted. I den seneste Tid har man i visse Tilfælde gjort det paa den Maade, at man har hugget de slidte Brosten om til Chaussebrosten, og det angives, at denne Metode skal være fordelagtig; det kan regnes, at man af 1 m² almindelige Brosten kan faa ca. 1,2 m² Chaussebrosten, og at ogsaa økonomisk denne Fremgangsmaade skal virke tilfredsstillende. Tidligere har man vistnok altid enten flyttet saadanne slidte Brosten hen i mindre befærdede Gader eller solgt dem til Anvendelse paa private Gaardspladser, og naar de saa ikke længere kunde anvendes som Kørebanesten, har man slaaet dem til Skærver.

2. Brolægning paa Skærve- og Betonfundament.

I Gader med meget stærk Færdsel kan de hyppige Reparationer af almindelig Brolægning paa Sandfundament blive generende, og man søger da at undgaa dem ved at bygge Fundamentet stærkere, af et Materiale, der lader sig komprimere fuldstændigt, inden Stenene anbringes. I det Hele taget maa det siges at være det vigtigste Krav, man maa stille til en moderne Kørebanebefæstelse, der skal taale Kørsel med svære Lastautomobiler, at Fundamentet er tilstrækkelig stærkt er dette ikke Tilfældet, vil det hurtigt vise sig umuligt at holde Kørebanebefæstelsen i Orden. Hvor der anvendes et saadant fast Fundament, stiger Fordringerne til Stenenes ensartede Højde, og man kan da kun til disse Fundamenter bruge Sten med engelsk Behugning.

Ved Brolægning paa Skærvefundament har man tidligere benyttet et 15—20 cm tykt Skærvelag, men denne Tykkelse er nu vistnok for lille, og i svært befærdede Gader vil man sikkert blive nødt til at anvende en Tykkelse paa maaske 25—30 cm. Naar Kassen er udgravet og tromlet i Bunden, udlægges og tromles Skærverne ganske som i en almindelig makadamiseret Kørebane, idet man dog udelader det sidste Lag af Dækgrus og dettes Fasttromling. Det tromlede Skærvelag skal have samme Oprunding 1 : 80 og være parallel med Overfladen af den færdige Brolægning. Over hele Fundamentet spredes et ca. 2 cm tykt Sandlag i løst Maal, og deri sættes Stenene med 1,5 cm Overhøjde og stødes med aabne Fuger. Tilsidst fyldes Fugerne, i Reglen med Cementmørtel af Blanding 1 : 1 eller 1 : 2. I Almindelighed bruges tyndflydende Mørtel, der hældes og fejes ned i Fugerne under stadig Omrøring, hvorved Stenene imidlertid overtrækkes med et tyndt Mørtellag, der ikke ser godt ud og først slides af i Løbet af et Par Aar. Vil man undgaa dette, f. Eks. hvor Brolægningen skal sættes i Mønster af forskelligt farvede Sten, kan man feje den tørre Blanding af Cement og Sand ned i Fugerne og derefter vande Brolægningen; den tørre Mørtel opsuger saa Vandet og hærdner.

Naar Mørtelen er hærdnet, stryges den glat med Fugejern; hvor Fugerne før Udstøbningen, som ved Brolægning paa Sandfundament, har været fyldt med Sand, udkradses de i omtrent halv Dybde med et knivagtigt Jern eller udsprøjtes med

Vand fra en Slange, skruet paa en Vandværksledning. Udstøbning har den Mangel, at Mørtelens Afbinding varer ca. 10 Dage, og i den Tid maa Brolægningen ikke aabnes for Færdslen; og Opbrydning af Brolægning er meget vanskelig og kan fordyres, ved at Mørtelen hænger saa fast paa Stenene, at en Del af Stenene ødelægges.

Goudron egner sig bedre til Anvendelse ved Udstøbning af Fugerne paa Grund af sin blivende Elasticitet. Udstøbningen kan da først udføres, naar Brolægningen er fuldstændig tør, helst i Solskin, for at Asfalten efter Afkølingen virkelig skal hæfte til Stenene. Goudronen hældes fra aaben Kande ud paa enkelte Steder, hvorfra den i sin varme og flydende Tilstand fordeler sig over Nabofugerne.

Ved Udførelsen af Skærvefundamentet er det ikke absolut nødvendigt at tage hele den paagældende Gadestrækning for under eet, men de enkelte Stykker maa overdække hinanden med Skraaninger, saa Skærverne i Stødfugerne kan tromles sammen. Derimod er det vanskeligt uden varig Skade for Brolægningen at foretage Rendegravninger igennem et Skærvefundament, fordi Skærverne over den smalle Rende ikke kan tromles ordentligt og i hvert Fald ikke tromles sammen med de tilstødende Dele af Fundamentet; derfor maa der sædvanlig foretages et gennemgaaende Eftersyn af alle Gadeledninger forud for Omlægningen, og selv om man ved Rendegravningen anvender nok saa stor Omhu ved Jordens Stampning, kan der let i Løbet af den første Tid foregaa smaa Sætninger, der væsentligst vil give sig tilkende derved, at Mørtelfugerne i Brolægningen revner, saa Stenene kommer til at staa løse. Saadanne sunkne eller løse Sten brydes op, der fyldes lidt nyt Sand under dem, hvorefter de sættes paa Plads, stødes og udstøbes paany. Det er heldigst, at nylig udstøbt Brolægning kan staa et Par Dage til Hærdning, inden den udsættes for Vognfærdsel.

I Stedet for Skærvefundament foretrækker man som Regel at anvende et Lag af Cementbeton, enten Skærvebeton, f. Eks. 1 : 5 : 9, eller Grusbeton 1 : 8, der udsløbes og stampes i et Lag, der tidligere i Almindelighed var 15—20 cm tykt, men nu ofte gøres 25—30 cm tykt af Hensyn til den svære Lastautomobilkørsel; før Betonlaget udstøbes, maa Vejkassen gives den rigtige Form, om fornødent komprimeres ved Tromling. Naar Betonlaget er hærdnet, kan Stenene sættes i et tyndt Lag af frisk Mørtel, og Fugerne udsløbes med Cementmørtel, hvorved man altsaa tilvejebringer et Parement for Fundamentet af Granitmurværk, der er meget holdbart, naar det udføres godt, men giver haard Kørsel og forplanter Rystelserne stærkt til Gadens Huse. Rystelserne kan formindskes noget, uden at Styrken svækkes væsentligt, naar man oven paa Betonfundamentet lægger et tyndt Sandlag og anbringer Stenene, saaledes som beskrevet for Skærvefundament. Derved bliver Udstøbningen af Fugerne særlig vigtig, da Betonfundamentet er fuldstændig vandtæt, og det derfor gælder om at forhindre, at der trænger Vand ned til Sandlaget.

Gennem et Betonfundament kan man endnu daarligere foretage Rendegravninger end gennem et Skærvefundament, og derfor er det almindeligt, at der foretages en fuldstændig Omlægning af Gadeledningerne, ved at disse lægges ind under Fortovet, før Kørebanen befæstes med en Belægning med et af disse Fundamenter.

Ved Anvendelsen af disse stærke Fundamenter og ved den omhyggelige Udstøbning af Fugerne opnaar man ikke blot en Formindskelse af Reparationsudgifterne, fordi Brostenene faar et fast og sikkert Leje, men man opnaar ogsaa den sanitære Fordel, at Brolægningen bliver fuldstændig vandtæt; dette kan f. Eks. have Betydning paa Torvepladser for Fiskehandel o. lgn., hvor man maa frygte for en Inficering af Grunden gennem Brolægningens Fuger; derfor har man paa saadanne Steder undertiden støbt Fugerne ud med Cementmørtel, selv om Brolægningen staar paa Sandfundament. Paa den anden Side kan der, hvor man anvender Betonfundament, opstaa Fare fra utætte Gasledninger derved, at Gassen, som ikke kan slippe bort gennem Brolægningen, trænger ind i Husene og giver Anledning til Forgiftning. Man har søgt at imødegaa denne Fare ved at ventilere Gasledningerne.

Til 1 m² Brolægning medgaar ca. 35 Sten, hvis Vægt er som Vægten af almindelige Brosten; Sandlagets Tykkelse er 3 cm. En Brolægger sætter i 8 Timer 32—39 m², og et Hold paa 3 Mand udgyder og retter i 8 Timer ca. 60 m². Cementens Blandingsforhold er 1 : 4 : 8 eller 1 : 8, idet man dog i Sporarealer bruger 1 : 4; ved Haandblanding kan et Hold paa 6 Mand paa 8 Timer blande til ca. 20 m² og et Hold paa 8 Mand ved Maskinblanding ca. 40 m².

3. Chaussébrolægning.

Chaussébrolægning er en Brolægning med omtrent 10 cm store kubiske Brosten paa et fast Fundament. Man formindsker ved denne Brolægning det indre Slid i Dæklaget, saa dette praktisk talt er Nul, idet der kun foregaar et Slid paa Overfladen.

Som Fundament kan anvendes en gammel Makadamisering, hvis den er tilstrækkelig stærk, og man regner, at den for at være det maa have en Tykkelse paa 20—25 cm. Som Fundament kan man ogsaa benytte et Betonlag med mindst 15 cm Tykkelse. Fundamentet maa under ingen Omstændigheder give efter for Færdslen, da der derved vilde fremkomme Fordybninger i Chaussébrolægningens Overflade, saa Kanterne paa Brostenene vilde blive slidt af og Brolægningen i kort Tid ødelagt.

Fundamentet kan prøves, ved at man lader Tromlen gaa hen over det, og naar det har vist sig stærkt nok, afjævnes det for at blive fuldstændig jævnt og glat, inden Brolægningen anbringes. Den gamle Vej oprives som Regel med Damptromlens Ophakkeapparat, hvorefter den udjævnes med 40 mm Skærver, og hele Vejen vandes, tromles og gruses, til den er fuldstændig fast og jævn.

Paa Makadamiseringen udlægges et 2—3 cm Underlag af Brolæggersand for Brostenene, men skal Vejen være vandtæt, maa Underlaget f. Eks. udføres som en Blanding af Tjære og skarpt Grus i et 2 cm tykt Lag.

Brostenene er terningformede og fremstilles nu fabriksmæssigt af Maskiner, der benytter sig af de i Graniten værende »Flæk«, der gør, at de kan brækkes ud i ganske regelmæssige Terninger.

Stenene sættes i Underlaget som almindelig Brolægning, idet man sørger for, at alle Overfladerne kommer til at ligge i samme Højde.

Skifteretningen kan være vinkelret paa Vejretningen, den kan være skraa under en Vinkel paa 45° med Vejens Midtlinie, og den kan være bueformet, hvorved der dannes et godt Forbandt i Brolægningen, og denne kan sættes uden Snor; det bueformede Forbandt tillader ogsaa Anvendelse af Sten, der ikke er nøjagtig lige store. (Fig. 133—134).

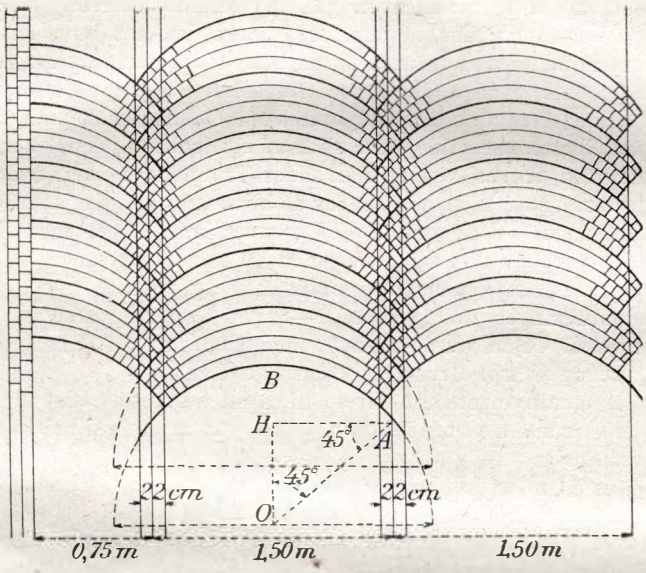
Hvis der anvendes Sand i Underlaget fyldes Fugerne som Regel ogsaa med Sand for at støtte Stenene i deres Stilling; en Del af denne Fyldning udføres af Brolæggerne, medens de sætter Stenene, men for at Udfyldningen skal blive fuldstændig, fejes Brolægningen, efter at være sat, over med Sand, som ved Vanding skylles ned mellem Stenene. Damptromlen gaar nu nogle Gange frem og tilbage for at komprimere Underlaget, idet der stadig vandes og udstrøs Sand, indtil alle Fuger er fuldstændig fyldt, og der desuden ligger et tyndt Lag Sand over Stenene. Vejen kan saa aabnes for Færdslen og er nogle Dage efter igen tør. Det overflødige Sand fejes bort, og Vejen har saa sit egentlige typiske Udseende.

For at undgaa at Færdslen vælter Chaussébrostenene, er det nødvendigt, at de sikres i deres Stilling, og det er af den Grund, at Damptromlen skal komprimere Sandlaget og Fugerne; men det er bedre endnu, naar Fugerne udgydes med Cement, Asfalt eller et asfaltlignende Stof, der samtidig gør Vejen vandtæt.

Chaussébrolægning har været anvendt i Danmark i noget over 20 Aar; ved Udgangen af 1901 var det chaussébrolagte Areal 532 m² og ved Udgangen af 1922 631.751 m². Helt almengyldige Regler for disse Dæklags antagelige Levealder under forskellige Forhold kan maaske ikke gives, da det endnu ikke er helt godtgjort, hvormeget man tør slide af Stenene i Højden. Det anføres dog, at det ældste Dæklag, der ligger ved Lundehussøen i Kjøbenhavns Amt. og hvortil der er benyttet 7—9 cm

Chaussébrosten, efter foretagne Maalinger af et Antal Sten er afslidt ca. 1,3 cm i Højden, og at Stenenes Højde nu ligger mellem 6—8 cm.

Chaussébrolægning bør kun anbringes paa en tilstrækkelig stærk og vel afdrænet 20 à 25 cm tyk Makadamisering, nøjagtig reguleret og med en Oprunding af 1 : 60. Til Indfatningsskifter anvendes i Reglen 12—14 cm Chaussébrosten; der er siden 1905 overalt anvendt Bueforbandt og i Reglen 8—10 cm Sten. Man kan paaregne, at 1 m^3 Grus dækker 11 m^2, og bortset fra Reguleringen, der under de forskellige Forhold falder højst forskelligt, og som i Reglen kan anslaas til 1 à 2 Kr. pr. m^2, kan selve Chaussébrolægningen inclusive Indfatningen omtrent sættes til 1,05 × Chaussébrostensprisen paa Arbejdsstedet plus 2,50 Gange Arbejdsprisen



Cliché P. Le Gavrian

Fig. 133.

pr. Time, og man kan paaregne, at der af øvede Brolæggere kan sættes 40 m^2 Bro pr. Brolæggerdag. Med en Chaussébrostenspris af 8,00 Kr. pr. m^2 og en Timeløn af 1,35 Kr. samt med en Bekostning af 1,30 Kr. pr. m^2 Regulering, giver dette en Pris af 13,00 Kr. pr. m^2 færdig Bro, hvortil saa kommer alle eventuelle Udgifter til samtidig Befæstelse af tilstødende Rabatter, Rendestenes eller Fortoves Omlægning m. m., hvorom ingen Regler kan gives.

Chaussébrolægning er her i Landet anvendt paa Steder, hvor man tidligere har maattet foretage Lagbelægninger hver 1—7 Aar, og hvor Færdslen andrager indtil 800 ts pr. m Kørebanebredde; efter hvad der foreligger, anslaas Varigheden til mindst 20—40 Aar efter Færdslens Art og Omfang, idet der iøvrigt henvises til nedenstaaende Tabel.

Man finder ofte den Anskuelse fremsat, at Chaussébrolægning ikke straks bør sættes paa en ny Makadamisering. Det siges at en Makadamisering først i Løbet af nogle Aar under Indvirkning af Regn, der efterhaanden skyller Snavs og Sand ned i Mellemrummene, bliver tæt nok, saa man ikke længere behøver at frygte for, at der skal komme uregelmæssige Sætninger.

Men det er ikke sikkert, at denne Anskuelse er rigtig; andre mener, at man straks bør sætte Chaussébrolægningen, selv om Makadamiseringen er ny, og det, der anføres som Motivering herfor, er:

— i den Tid, Makadamiseringen benyttes, maa alle Kloakdæksler, Nedløbs-

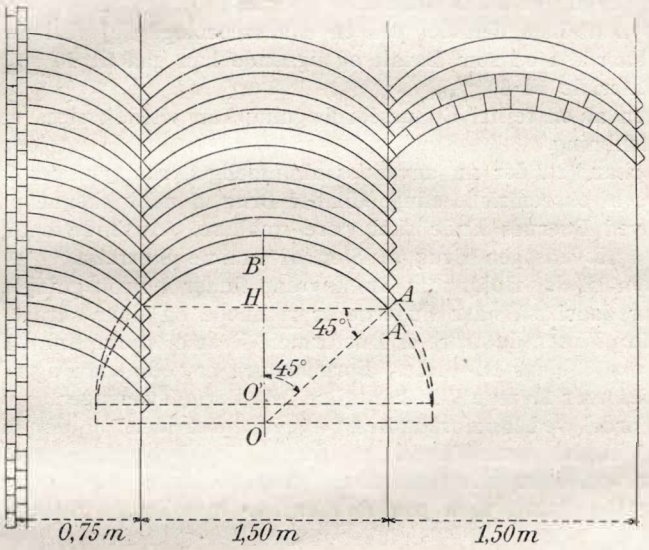
brønde m. m. være kortere, saa de maa forlænges, naar Chaussébrolægningen skal udføres.

— Da Makadamiseringens Overflade ligger dybt, kan der komme Vanskeligheder ved Tilslutningen til Rabatter, Rendestene og Fortovskanter.

— Makadamiseringen skal repareres, naar man efter nogle Aars Forløb vil sætte Chaussébrolægningen.

— Fordelene ved den ny Chaussébrolægning kommer først frem efter et Par Aars Forløb, og Manglerne i Overgangstiden er ret følelige.

— Det er ikke umuligt at udføre en Makadamisering saaledes, at der skulde være særlige Betænkeligheder ved straks at sætte Chaussébrolægningen.



Cliché P. Le Gavrian

Fig. 134.

Man har i enkelte Tilfælde sat Chaussébrolægningen alene paa et Sandfundament. Men denne Konstruktion er risikabel og lykkes kun i sjældne Undtagelsestilfælde.

For at de enkelte Sten ikke af Hjultrykkene skal blive stødt imod hinanden eller gnedet imod hinanden og derved slides, maa de ikke direkte berøre hinanden, men skal være skilt fra hinanden ved et elastisk Lag af Sand eller lignende. Af lignende Grunde maa Stenene ikke staa i et haardt uelastisk Underlag, men i et Sandlag; derved mildnes ogsaa Kørslen, saa den ikke bliver haard. Større Ujævnheder i Overfladen vilde foraarsage stærkere Stød fra Hjulene og dermed en hurtigere Ødelæggelse, større Fremspring i de øvrige Flader vilde kræve tykkere Underlag af Sand og bredere Fuger. Da Hjulenes Stød imod Stenenes Kanter vokser med Fugebredden, maa denne være saa lille som muligt, omtrent 3 mm, og Sidefladernes Jævnhed maa svare hertil. Paa samme Maade er det med Rodfladen. Jo tykkere Sandlaget er under Chaussébrostenene, desto lettere giver disse efter. Og for at muliggøre Anvendelse af et tyndt Sandlag og alligevel undgaa, at Chaussébrostenene kommer i Berøring med Makadamiseringen, maa Rodfladen være glat og især fri for kendelige Pukler. Sandlagets Tykkelse bør derfor højst være 2 cm og Forskellen imellem Rodfladens højeste og dybeste Punkt bør ikke være over 1 cm.

Vilde man vælge Stenenes Højde større end den vandrette Dimension, vilde Hju-

lenes Slag imod Kanterne virke kraftigere til at dreje Stenene bort fra den lodrette Stilling. Denne Mangel er større end den Fordel, der vilde være ved, at de højere Sten holder længere mod Slid.

For at undgaa, at Fugerne i Brolægningen skal blive for brede ved Slidet og for at muliggøre en saa stor Afslidning som muligt, maa Stenene ikke være for kileformede, og Rodfladen maa derfor i Størrelse kun afvige lidt fra Hovedet.

Kun ved Anvendelse af Spaltemaskiner kan man faa nøjagtig terningformede Sten, og man maa med Hensyn til Kravet til nøjagtig Form gaa saa vidt at forlange, at naar $^3/_4$ af Stenenes Højde er slidt af, maa Fugen ikke blive bredere end højst 15 mm. Dette Krav svarer til en Rodflade, der mindst er $^3/_4$ af Hovedet.

Granit og lignende Materiale samt forskellige Basaltsorter er forholdsvis lettest at spalte og egner sig godt for Spaltemaskinerne.

Med Hensyn til Længdefaldet paa en chaussébrolagt Vej skal nævnes, at man ved glatte og haarde Sten som Basalt og lignende kan gaa til 40 $^0/_{00}$ og ved mere ru og blødt Materiale til 60 $^0/_{00}$.

Afslidningen af en fejlfri Chaussébrolægning kan vistnok siges udelukkende at foregaa ved Afslibning.

Om Bueforbandtet, der nu anvendes almindeligst, skal anføres følgende:

Anvendelse af ekscentriske Ringe tillader Brug af udelukkende parallelopipediske Sten, der ved Buernes Ende skal være smallere. Anvendelse af koncentriske Ringe tillader i Hovedsagen Brug af Sten af samme Størrelse.

Med Hensyn til det Hold, som Trækdyrene finder i Brolægningens Fuger gælder, at de staar daarligst, naar Fugerne er retlinede og staar skraat i Forhold til Vejens Midtlinie. Væsentlig bedre er Bueformen, hvor et større Antal Fuger omtrent staar vinkelret paa Vejens Midtlinie. Fordelagtigst er retlinede Fuger vinkelret paa Vejens Midtlinie, hvor Dyrene kun kan glide i de korte Tværfuger.

Som en Fordel ved Bueforbandtet nævnes undertiden, at det virker som en Hvælving imod Hestehovenes Tryk, saaledes at Trykket ogsaa fordeler sig til de Sten, der ligger ved Siden af. Forskellen synes imidlertid paa vandret Vej at være uden væsentlig Betydning, men paa Bakker bør man lægge Buens Toppunkt op imod Faldet.

Hvis man stiller sig det Spørgsmaal, hvilken Del af Slidet paa en Makadamisering, der alene skyldes Afslibningen, vilde man vel nok anse $^1/_{15}$ som en ret høj Vurdering. Men dermed maa ikke uden videre være sagt, at Slidet paa en Chaussébrolægning, der som ovenfor nævnt kun foregaar ved Afslibning, i Almindelighed skulde være mindre end $^1/_{15}$ af Slidet paa en Makadamisering.

I Almindelighed anslaar man en Chaussébrolægnings Levetid til 20—40 Aar, men denne Anskuelse er vistnok ikke rigtig. Man tager ved denne Udtalelse ikke Hensyn til den Højde, som det er muligt at slide af Chaussébrostenene.

Funk[1]) har paa Grundlag af en Række tyske Slidmaalinger for Sten af Basalt opstillet følgende Formler til Beregning af Chaussébrolægnings Levetid.

Er a det specifike Slid i mm pr. 1000 ts Bruttofærdsel paa 1 m Kørebanebredde, i den aarlige Færdselsmængde, saa er Værdien af a bestemt ved

$$a = \frac{0{,}2}{\sqrt[3]{i^2}}.$$

Den størst mulige tilladelige Afslidning er efter tyske Anskuelser med bedste Udførelse og bedste Materiale, som ovenfor omtalt $^3/_4$ af Stenhøjden, altsaa ved 8—10 cm høje Sten mindst 6 cm. Med denne Afslidningshøjde vil Chaussébrolægningens Varighed i Aar være

$$n = \frac{300}{\sqrt[3]{i}}.$$

[1]) Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, S. 128. Zürich 1923.

Er Udførelsen mindre god, saa Afslidningen ikke kan være 6 cm, maa Varigheden blive tilsvarende mindre.

Regner man med en gennemsnitlig Vognvægt paa 1,5—2 ts, vil Varigheden af en Chaussebrolægning kunne opstilles i Tabel paa følgende Maade:

Antal Køretøjer daglig pr. m Kørebanebredde . . .	5	10	15	20	25	50	75	100	150	200	300	400	500	600
Færdsel pr. m Kørebanebredde i ts pr. Dag. . .	7,5	15	22,5	30	37,5	75	112,5	150	225	300	450	600	725	900
Varighed i Aar ved en tilladelig Afslidning 20 mm	58	45	40	36	33	27	23	21	18	17	15	13	12	11,5
40 mm	144	113	99	90	84	66	58	53	46	42	37	33	31	29
60 mm	216	170	149	135	126	100	87	79	69	63	55	50	46	43

Bliver den gennemsnitlige Vognvægt større end de angivne 1,5 til 2 ts, faar det vel betydelig Indflydelse paa Afslidningen af en Makadamisering, men bliver for Chaussébrolægning uden særlig Betydning, hvis da ikke Middelvægten forøges i betydelig Grad.

De forskellige Stenarters Anvendelighed til Chaussébrolægning er selvfølgelig forskellig. Brolægning af bedste Basaltsorter har vist sig mest holdbar. Men trods ringere Haardhed er god Granit og Gabbro paa Grund af deres større Sejghed omtrent lige saa god. Til mindre Hjultryk kan ogsaa anvendes de fleste Sandsten og de haardere Kalksten.

Da Chaussébrosten kun paavirkes til Tryk og Afslibning laa det nær at vurdere de forskellige Materialer efter deres Modstandsevne mod disse to Paavirkninger, men da Materialets Trykstyrke i Almindelighed kun beslaglægges i ringe Grad og næsten aldrig fuldstændig, idet Afslidningen næsten udelukkende foregaar ved Afslibning, vil man komme Virkeligheden nærmere ved kun at regne med Stenartens Modstandsevne mod Afslibning. Man vilde saa faa følgende Række:

bedste Granit 1,000 (daarlig Granit 0,757), bedste Porfyr 0,947 (daarlig Porfyr 0,784), Lerskifer 0,923, Hornblende 0,887, Gnejs 0,809, Syenit 0,771, Dolerit 0,771, Basalt 0,763, Diorit 0,639.

Disse Tal maa ikke forstaas saaledes, at de giver absolut sikre Værdier til Bedømmelse af de forskellige Stenarters Anvendelighed til Chaussébrolægning, men kan dog benyttes til en foreløbig Bedømmelse. Nøjagtige Talværdier kan først faas, naar der foreligger tilstrækkelig omfattende praktiske Forsøg, men saadanne findes i Øjeblikket kun i ganske beskedent Omfang.[1])

§ 23. Træbrolægning.

I London blev Træbrolægning første Gang anvendt 1838; Klodserne var 18 cm brede, 36 cm lange og 23 cm høje og blev lagt paa et Skærvelag; Resultatet var ikke godt; omkring 1870 begyndte man igen at anvende Træbrolægning, som nu blev sat paa et Plankegulv, men det var først, efter at man omkring 1875 havde begyndt at anvende et Underlag af Beton, at det lykkedes at finde en tilfredsstillende Konstruktion, og der er derefter navnlig i Byens Yderdistrikter blevet lagt store Mængder af Træbrolægning.

I Paris begyndte Forsøgene med Træbrolægning 1842, men det er især i Slutningen af forrige Aarhundrede, at Lægningen tog Fart. Man var klar over, at en skarp Sortering af Blokkene og omhyggelig Lægning var nødvendig, hvis man vilde opnaa et godt Resultat, og at det især kom an paa, at Træklodserne havde samme Modstandsevne mod Slid og blev stillet saaledes, at der ikke fremkom Fordybninger i Overfladen, hvor Vandet kunde samle sig. Man sørgede for en passende Højde

[1]) Se om Chaussébrolægning desuden: *H. Vespermann:* Das Kleinpflaster, Berlin 1915 og *Funk:* Das Kleinpflaster (Schweiz. Zeitschrift für Strassenwesen, Zürich 1923, S. 128). P. Le Gavrian: Les chaussées modernes, Paris 1922, S. 296.

af Klodserne, støbte Fugerne omhyggeligt ud og vedligeholdt Brolægningen godt, og det er da ogsaa lykkedes at fremstille en Træbrolægning, der selv med stærk Færdsel slides regelmæssigt.

Træbrolægningen staar paa et stærkt, bærende Betonlag, der nu i stærkt befærdede Gader gøres 25—30 cm tykt; Brolægningen danner selv et tæt, elastisk og larmdæmpende Slidlag. Betonlaget udføres paa lignende Maade som for Stenbrolægning og Asfalt, men det maa her afdækkes med et Mørtellag, som Træklodserne direkte kan sættes paa, og hvis Opgave ogsaa er at holde Grundvandet borte fra Træklodserne. Helt kan det vistnok ikke undgaas, at noget Vand fra Træbrolægningens Overflade naar ned til Fundamentet, og navnlig er dette Tilfældet i Rendestenen, især hvor der anvendes Skylning.

Træ har som Brolægningsmateriale den Fordel, at det er lyddæmpende, men paa den anden Side har det mange Mangler; det er uensartet, opsuger Fugtighed og forandrer sit Rumfang under Vejrets Indvirkning. Navnlig er Uensartetheden af Træet Træbrolægningens svageste Punkt og Grunden til, at saameget er mislykkedes, idet det er vanskeligt at faa tilstrækkelig mange ensartede Klodser, hvor det drejer sig om Lægning af større Arealer; det er nemlig ikke alene Forskellen mellem Splint og Kerne, men ogsaa det paagældende Træs Alder, Voksested o. s. v., der gør, at Træklodserne falder saa uensartet ud.

Med Hensyn til Valget af Træmateriale findes der endnu forskellige Meninger. I Paris og flere andre Steder anvender man bløde, harpiksholdige Træsorter; i Frankrig bruges især den franske Strandfyr fra Les Landes; andre Steder anvendes skandinavisk Fyr og Gran, der er vokset i et Klima, der giver langsom Vækst og derfor større Tæthed i Træmassen. Ved Siden af disse Træsorter anvendes amerikanske som Yellow-Pine, Pitch-Pine og Cypres. Her i Landet har man tidligere meget ofte anvendt svensk Fyr, i de senere Aar dansk Eg og de haarde australske Træsorter, altsaa i Modsætning til den franske Praksis, der nu gaar ud paa at anvende blødere Træsorter.

De fleste af de nævnte Naaletræer har en passende Elasticitet, Indholdet af Æggehvide i deres Safter er forholdsvis lille, og deres Harpiksindhold beskytter dem mod Forraadnelse; deres Evne til at optage Vand er ikke særlig stor, men derimod slides de temmelig hurtigt. De europæiske Løvtræer slides derimod ikke saa hurtigt; man har med Held prøvet Bøgetræ; bedre Resultater har man faaet med Eg, der dog har den Ulempe, at det bliver glat, og at der er stor Forskel mellem Kerne og Splint.

Foruden disse Træsorter har man i flere Aar som allerede berørt anvendt Klodser af haardt Træ fra tropiske Egne, især Eucalyptusarter som Tallow Wood, Black Butt, Yarrah og Karri fra Australien, rødt Gummitræ fra Amerika. Erfaringerne med disse Træsorter er forskellige; undertiden har de trods deres Tæthed vist større Tilbøjelighed til at opsuge Vand, ofte har de været tilbøjelige til at revne. Træbrolægningens Overflade bliver noget glattere med disse Træsorter, og de dæmper ikke Støjen saa godt. Slidet er selvfølgelig mindre end ved de bløde Træsorter, men da de kun er blevet anvendt her i Europa i ca. 20 Aar, kan man endnu ikke med Sikkerhed sige noget om deres Holdbarhed. I hvert Tilfælde er de en Del dyrere at anskaffe end de sædvanlige Klodser af blødt Træ.

Det er klart, at man maa ønske at anvende lutter Klodser af Kernetræ, men dette er ikke gennemførligt, saa man maa nøjes med at sørge for at faa Klodser, der er tilstrækkeligt ensartede.

Det er almindeligt at imprægnere Klodser af blødt Træ, selv hvor den mekaniske Afslidning foregaar temmelig hurtigt; til Imprægneringen anvendes forskellige Stoffer, som Regel Kreosot med et Karbolsyreindhold paa omtrent 15 pCt., fri for Tjære, fordi Tjære ved Solbestraaling kommer frem paa Overfladen og gør denne slibrig, gør Renholdelsen vanskelig, farver Træet mørkt og lugter ubehageligt. Man anvender ogsaa Rütgers Metode med en Opløsning af ren eller karbolsyreholdig Zinkklorid. Vædsken føres ind i Træet enten under et ringere Tryk, eller under højt

Tryk, efter at Safterne delvis er suget ud i luftfortyndet Rum, men man er nu enig om, at Træet ved den sidste Metode mister noget af sin Styrke. Kreosot kan især anbefales, fordi den ikke saa let vaskes ud af Regn.

De tætte australske Træsorter imprægneres ikke.

Træbrolægning byder Færdslen større Sikkerhed paa Grund af sin Ruhed, og det anbefales derfor ofte at bruge den i store Byer i stejle Dele af ellers asfalterede Gader (Nørregade og Vimmelskaftet i Kjøbenhavn), og i mindre Byer, hvor der især anvendes Stenbrolægning, i Gader foran Hospitaler, Skoler o. lign., hvor Gadebefæstelsen skal være lydløs. Haardt Træ kan anvendes paa Stigninger indtil 40 $^0/_{00}$, blødt paa indtil 50 $^0/_{00}$.

Klodsernes Dimensioner i Kjøbenhavn er for dansk Eg: Bredde 8 cm, Længde 13—16 cm, Højde 10 cm. For australsk Træ: Bredde 7,6 cm, Længde ca. 20 cm og Højde 10 cm.

Fundamentet udføres som for engelsk Brolægning paa Betonfundament; Fundamentet afrettes nøjagtigt paa Oversiden med et 1,5—2 cm tykt Lag Cementmørtel, 1 : 3, nøjagtigt parallelt med Træbrolægningens Overflade.

Man har tidligere anbefalet i tørt Vejr at lægge Klodserne nogen Tid i Vand og sætte dem, mens de er vaade, for saa vidt muligt at undgaa en senere Udbulning og Ødelæggelse af Brolægningen, naar der kommer Regn, men denne Metode anvendes vistnok som Regel ikke mere.

Træklodserne sættes umiddelbart paa Underlaget i Rækker vinkelret paa Gadens Midtlinie; Rendestenen udføres af 2—3 Skifter paa langs.

Ved Siden af Kantstenen lader man staa en 5 cm bred Aabning, der i ⅔ af Klodshøjden fyldes med Sand og i den øverste Trediedel med plastisk Ler, for at Træbrolægningen kan have tilstrækkeligt Spillerum, saa den ikke kaster sig eller forskyder Kantstenene.

Bliver Leren ved Udbulningen drevet ud, saa Fugen bliver smallere, erstattes een af Længderækkerne med en Række af halv Bredde, som saa igen tages ud, hvis Udbulningen fortsættes, idet der altid maa være en Lerfuge af 3—5 cm Bredde tilbage.

Sætningen af Træbrolægningen foregaar iøvrigt forskelligt, efter som der anvendes blødt eller haardt Træ. Klodser af blødt Træ sættes i Almindelighed med tætte Stødfuger, men med 5—8 mm brede Fuger imellem Skifterne, og dette sidste opnaar man ved at indlægge 2—4 cm høje og 5—8 mm brede Fugelister. Efter at Brolægningen er blevet lagt paa omtrent 10 m Længde af Gaden, og Skifterne er blevet rettede ind, og Klodserne drevet sammen, udstøbes Fugerne med Cementmørtel 1 : 2—1 : 3; for at Mørtlen fuldstændig skal udfylde alle Fuger, vandes den med en Bruse. Naar Cementmørtlen efter ca. 8 Dages Forløb er hærdnet, overstrøs Træbrolægningen med et tyndt Lag af skarpkantede 5—15 mm Smaaskærver eller Skærveaffald af Granit, Porfyr, Basalt eller anden haard Stenart eller med et Lag Perlegrus, og aabnes for Færdslen. Dette bliver gjort, for at Træbrolægningen skal blive mere holdbar, ved at Smaastenene køres ned i Træet. Denne Overstrøning maa gentages hvert Fjerdingaar; for at der ikke skal dannes Støv, naar Overstrøningen lige er foretaget, ved at Vognhjulene knuser Smaaskærverne, kan man vande, og efter at de er kørt ned i Træet, bør man vande og feje omhyggeligt mindst 2 Gange om Ugen.

Klodser af haardt Træ dypper man som Regel med en Side- og Endeflade i varm Goudron og stiller dem tæt ind til hinanden; Overfladen overbørstes med varm Goudron, hvorved Fugerne fyldes efter, og til Slut overstrøs med groft Sand eller Perlegrus.

Her i Kjøbenhavn dyppes Klodserne ved Hensætningen i flydende Beg, og Fugerne fyldes med samme Beg; Begen maa om fornødent opblandes med Tjære; til 1 m² medgaar ca. 8 kg Beg, og en Tømrer sætter daglig ca. 6 m² Træbrolægning. Man plejer her i Byen at overtjære Træbrolægningen een Gang om Aaret,

og dette skal være en meget nyttig Foranstaltning. Udvide-Fugerne langs Kantstenene fyldes her i Byen alene med udblødt Ler, og naar der anvendes svensk Træ, gør man dem 5 cm brede, og naar der anvendes en haard Træsort $2^1/_2$ cm.

Efter Krigen[1]) blev der bevilget 176.870.000 frs. til Reparation af Gaderne i Paris, og deraf skulde 45.000.000 bruges til Træbrolægning. For at finde ud af, hvorledes denne Træbrolægning bedst skulde udføres, sendte man i 1922 Ingeniører til London, for at de kunde sætte sig ind i, hvorledes Englænderne bærer sig ad med at fremstille deres udmærkede Træbrolægning. Chefen for Paris' Vejvæsen *L. Biette* har efter denne Studierejse offentliggjort de Resultater, han derved er kommet til, og af denne Offentliggørelse skal følgende Hovedpunkter nævnes:

De udmærkede Resultater, som man er naaet til i London hidrører mindre fra Træets Kvalitet end fra Valget af de Fremgangsmaader, der er blevet anvendt. Man bestemte sig derfor til i Fremtiden i Paris at anvende de engelske Metoder for Imprægnering af Træklodserne og for Udførelse af Træbrolægningen. Desuden blev man klar over, at man havde overdrevet Anvendelsen af Træbrolægning paa Gaderne i Paris, og man er da i disse Aar kommet ind paa at erstatte Træbrolægningen i et vist Antal ydre Hovedgader med Stenbrolægning, idet Træbrolægningen blev slidt meget hurtigt af de tunge Vogne, der kører her. Desuden har man erstattet Træbrolægningen med Comprimé Asfalt især i snævre Gader med ringe Fald, og som ligger daarligt for Adgang af Lys og Luft, saa Træbrolægningen ikke kunde tørre; Arealet af Træbrolægning gik herved fra 1. Januar 1921 til 1. Januar 1923 ned fra 2.493.000 til 2.447.000 m^2, og det er Meningen at fortsætte denne Reduktion.

Som tidligere anvender man næsten udelukkende Fyr fra Les Landes, hvis Pris er kendelig mindre end Prisen for svensk Fyr, og for at faa større Regelmæssighed i Træklodsernes Bredde har man formindsket Tolerancen i Planketykkelsen. Man tillod tidligere mindst 2 mm og højest 3 mm; nu er disse Tal reduceret til 1 og 2 mm paa den normale Planketykkelse af 80 mm. Desuden forlanger man, at Forskellen i Tykkelse i Snit i samme Planke ikke maa være større end 1 mm.

Imprægneringen af Træklodserne udføres ikke mere ved Kogning under Tryk, men efter den engelske Metode med lufttomt Rum og Tryk. Træklodserne køres ind i Autoclaven, der ikke er opvarmet; med en Luftpumpe frembringes i Autoclaven et delvis lufttomt Rum, saa Trykket falder mellem 10 og 20 pCt. af det atmosfæriske Tryk, og Træklodserne holdes under dette Tryk i omtrent et Kvarter. Naar denne Tid er gaaet, drives Kreosot under et Tryk paa 5—6 kg ind i Autoclaven; derefter opvarmer man til en Temperatur imellem 80^0 og 100^0, og holder Trykket i en halv Time. Den Mængde Imprægneringsvædske, der optages, omtrent 140 kg pr. m^3 er omtrent den samme som ved den tidligere Fremgangsmaade ved Kogning under Tryk, men Operationens Varighed er formindsket fra 3 Timer til $1\frac{1}{4}$ Time, hvilket i betydelig Grad har forøget Fabrikens Produktionsevne, saa det ikke har været nødvendigt at anskaffe nye kostbare Anlæg. Paa den anden Side gør den lavere Temperatur, der anvendes, det muligt for Træet at beholde sin Elasticitet, og man har lagt Mærke til, at de Revner og Deformationer, man fik ved den tidligere Metode, nu udebliver. Det er endelig muligt ved Anvendelse af særligt sammensatte Olier at fremkalde paa Overfladen af Træklodserne et beskyttende Lag, der forbedrer deres Tæthed og følgelig formindsker deres Paavirkelighed af skiftende Fugtighed og Tørhed, og man formindsker herved desuden Støvdannelsen.

Den Olieblanding, der i Øjeblikket anvendes, bestaar af 45 pCt. Kreosot, 45 pCt. lys tung Olie og 10 pCt. Gasværkstjære. Man har desuden forsøgsvis anvendt en Blanding, der forhandles af la Société des Bois et Antiseptiques, hvor Tjæren er erstattet af en patenteret Vædske, hvis Sammensætning er hemmelig.

Tekniken ved Imprægnering af Træbrolægning er endnu ikke helt fuldkommen, idet selv den nu anvendte Metode ikke imprægnerer Træet helt igennem, med mindre da Klodserne er meget spinkle. Og det er klart, at det er af største Betydning, at der finder en saadan fuldstændig Imprægnering Sted, saa Klodserne er helt beskyttede mod Raad. Der afholdes i Øjeblikket Forsøg med nye Metoder, der skulde gøre en saadan fuldstændig Imprægnering mulig, og det er muligt, at der i Løbet af kort Tid vil være naaet et Resultat.

Med Hensyn til Træbrolægningen Udførelse søger man baade at faa Fundamentet tilstrækkelig solidt og selve Brolægningen fuldstændig vandtæt.

Med Hensyn til Fundamentet er man blevet klar over, at den tidligere anvendte Tykkelse paa 15 cm er utilstrækkelig i Gader med tung og stærk Færdsel, og i London er man derfor gaaet op til en Tykkelse paa 33 cm i saadanne Gader. I Paris har man ikke villet gaa saa højt op, og har som almindelig Regel fastsat en Tykkelse pa 20 cm. Denne Tykkelse forøges til 25 cm i alle Gader med tung og stærk Færdsel og i alle Dele af Gader, hvor Trælbrolægningen er særlig udsat, som f. Eks. paa alle Holdepladser for Omnibusser.

[1]) L. Biette: La Technique actuelle du Pavage en bois à Paris, Paris 1924.

Desuden har man forøget Tykkelsen af det Pudslag, der skal regulere Fundamentets Overflade; den mindste Tykkelse er sat til 2 cm. For tynde Pudslag skaller af under Slagene fra Brolægningen, især naar denne holder op med at være vandtæt. Et mere radikalt Middel vilde være ikke at anvende et saadant Pudslag, der, hvorledes man end bærer sig ad, altid er et svagt Punkt ved Træbrolægning. Man vilde kunne faa en fuldstændig regelmæssig Overflade ved paa de øverste 5—6 cm af Fundamentet at anvende Grusbeton i Stedet for den almindelige Beton. Der er nylig blevet afholdt Forsøg herover, og de har indtil nu givet gode Resultater.

Der udføres desuden i Øjeblikket Forsøg med at indlægge en let Jernarmering i Fundamentet; det er blevet gjort for en Fundamenttykkelse af 15 cm, og Jernvægten har ligget imellem 2,5 og 4 kg pr. m^2.

Betonens Blandingsforhold er 250 kg Portland Cement til 1 m^3 Skærver og ½ m^3 Sand. Paa særlig udsatte Steder er Cementmængden forøget til 300 kg. Mørtelen til Puds er udført af 500 kg Cement til 1 m^3 fint Sand.

Man har desuden søgt at udføre Betonen bedre end tidligere, og man er gaaet over til at anvende Blandemaskiner, i hvert Fald hvor der paa en og samme Arbejdsplads skal anvendes over 200 m^3 Beton.

Desuden har man strængt overholdt den Tid, der var nødvendig til Betonens Hærdning, og i intet Tilfælde maa denne Tid være mindre end 10 Dage, naar der anvendes almindelig Portland Cement.

Den Langsomhed, hvormed Cementen hærder, er en betydelig Ulempe ved dens Anvendelse i Gader, og især er Pudslag, i den Tid de hærder, udsat for at blive traadt itu, til Trods for de Beskyttelsesforanstaltninger, der med stor Omhu træffes. Og desuden gør denne Hærdningstid det nødvendigt at gøre Arbejdspladserne større, saa Arbejdet kommer til at danne en større Hindring for Færdslen. Man har derfor i Paris fra 1922 anstillet Forsøg med forskellige Slags aluminiumholdig hurtigbindende Cement baade alene til Pudslag og til Fremstilling af hele Betonfundamentet. Med disse nye Cementsorter er det muligt at formindske Hærdningstiden fra 10 til 3 Dage, undertiden til 2, uden Skade for Resultatet. Desuden er der blevet anstillet Forsøg med forskellige helt nye Cementsorter med stor Modstandsevne, og hvis Pris kun er halv saa stor som de aluminiumholdige Cementsorters; med disse Cementsorter har man kunnet formindske Hærdningstiden til 5 Dage.

Med Hensyn til selve Træbrolægningen har man søgt at faa en nøjagtig Fyldning af Mellemrummene mellem Klodserne. Man kan desuden spørge, om det er bedst at sætte Klodserne helt tæt, og om det ikke vilde være at foretrække imellem Skifterne at have en ganske smal Fuge og paa denne Maade faa en bedre Forbindelse imellem Klodserne. For at klare dette Spørgsmaal har man i 1923 anstillet Forsøg med halvtætte Fuger, hvor disse tilvejebringes ved tynde Trælister eller Ruberoidlister paa 1 mm og 5—2 mm tykke.

Fyldning af Fugerne faas nu i Paris ved Hjælp af Beg, ligesom man gør i London; men ved Beg forstaar man i Virkeligheden en Blanding af Gasværksbeg og Antracenolie. Det bedste Blandingsforhold er blevet bestemt ved Forsøg, der er blevet udført med stor Omhu, og den Beg, som fremstilles paa Gasværkerne i Paris, har vist sig tilfredsstillende. Begen anvendes kogende, og i Anvendelsesøjeblikket maa Temperaturen ikke ligge under 250°. Den hældes ud paa Overfladen af Brolægningen og spredes med en Gummiskraber; Operationen udføres 2 Gange efter hinanden. Forbruget af Beg er omtrent 3 kg pr. m^2 for Brolægning med tætte Fuger og 6 kg ved halvtætte Fuger. 24 Timer efter at Begen er hældt ud, hældes en Portlandcementmørtel ud for at fylde de Huller, der endnu kan være mellem Træklodserne; denne Mørtel er blandet af 1000 kg Cement til 1 m^3 fint Sand.

Naar Udhældningen af Beg er foretaget under gode Forhold, i tørt Vejr, er Træbrolægningen fuldstændig vandtæt. Man ser saa ikke, at Træbrolægningen arbejder eller sprøjter som Følge af det Vand, der er trængt ned igennem daarlig fyldte Fuger. Hvad der saaledes er trængt ned under Brolægningen løsner den, og naar Vognene kører over slaar Træbrolægningen imod Fundamentet, som derved er udsat for hurtig at ødelægges. Det er klart, at det især er i Rendestenene, hvor Vandet samles, at denne Virkning frembringes. For at raade Bod herpaa, har man parallelt med Kantstenen og i en Afstand paa højst 25 cm lagt en Rende 6 cm bred og 6—7 cm dyb; denne Rende er forbundet med Kloaken, saa Vandet kan løbe bort. Selv om denne Gennemsivning er mindre sandsynlig ved den nye Belægningsmetode, bliver man dog ved at lægge disse Render, især i Gader med lille Længdefald. Som Regel sætter man over disse Render Træklodserne, først efter at de 1 for 1 er dyppet i Beg lige før Lægningen.

Man lægger stadig, og maaske i højere Grad end tidligere, et tyndt Gruslag ud over Overfladen og anvender hertil Porfyrgrus. Grusningen bevirker den endelige Fyldning af Fugerne og beskytter i kendelig Grad Brolægningen mod Slid.

Den Omhu, der anvendes ved Udførelse af Brolægningen, maa ogsaa anvendes ved den daglige Vedligeholdelse, og Træbrolægningen kan ikke undvære saadan omhyggelig Vedligeholdelse. Man var i Paris ved Smaareparationer kommet ind paa at anvende hurtige Fremgangsmaader, idet man blot satte Klodserne paa et Sandunderlag, men denne

Metode var ikke god, idet de saaledes udbedrede Steder meget hurtigt igen blev ødelagt. I Fremtiden vil derfor ogsaa mindre Reparationer blive udført med samme Omhu og paa samme Maade som hele Nybelægninger. I givet Tilfælde kan det blive nødvendigt ogsaa at forny Fundamentet. Selvfølgelig vil Anvendelse af hurtigbindende Cement blive Reglen ved saadanne Reparationsarbejder.

§ 24. Bygning af Gader.

Arbejdet ved Bygning af Gader i Byer foregaar i Almindelighed saaledes, at man først udfører den Opfyldning eller den Afgravning, hvorpaa Gaden skal ligge. Det er dog kun undtagelsesvis, Gader lægges i Afgravning. Opfyldningen udføres i Almindelighed først, efter at blød Bund er bortgravet, for at der ikke senere skal finde Sætninger Sted. Opfyldningen udføres bedst lagvis, og for yderligere at sikre sig, at Dæmningsjorden sætter sig fuldstændigt, begynder man gerne Opfyldningen i god Tid, og helst 2 Aar, før Gaden skal befæstes og bebygges. Som Dæmningsmateriale kan kun bruges Jord- og Nedbrydningsmateriale, der leveres gratis eller for en lille Betaling. Dagrenovation, baade Husaffald og Gadefejning, overhovedet alle Dyre- og Planterester bør ikke anvendes i Opfyldningen, dels for ikke at forurene den, dels ogsaa for at undgaa Sætninger i Gadebefæstelsen som Følge af, at disse Stoffer i Tidens Løb raadner.

Ved Udførelsen af Opfyldningen fremstilles det fremtidige Tværprofil kun ganske raat. Man nøjes med at sørge for, at der er den nødvendige Mængde Jord til Stede, saa Fortovene kan fyldes op med den Jord, der udgraves for at fremstille Kassen for Kørebanebefæstelsen.

Opfyldningens Højde og Gadens Retning og Bredde angives ved Pæle.

Selve Arbejdet ved Fremstillingen af Kørebanebefæstelsen udføres derefter paa den Maade, at man først sætter Kantstenene mellem Kørebane og Fortove, hvorved Gadens Retning, Højde og Fald fastlægges paa Stedet; derefter udføres Kassen for Kørebanen, og Underlag og Befæstelse anbringes; og endelig kan til Slut Fortovsbefæstelsen udføres.

Om Underlaget eller Fundamentet for Befæstelsen skal fremsættes nogle almindelige Bemærkninger. Dets Opgave er at fordele det Tryk, som Færdslen udøver paa Gadebefæstelsen, over et passende Areal af Jordens Overside, svarende til Jordens Bæreevne; jo tungere og stærkere Færdslen derfor er, desto tykkere og fastere maa Underlaget da være; og i samme Retning virker en svag Gadebefæstelse, idet der til en vis Grad kan bødes paa dennes Mangler ved et svært Fundament; og det er ogsaa ganske naturligt, at jo mere eftergivende eller svag Grunden er, desto tykkere og mere bæredygtigt maa Underlaget være, ogsaa i Overensstemmelse med den almindelige Antagelse, at Trykket fordeles ned igennem Underlaget efter en Omdrejningskegle, hvis halve Toppunktsvinkel er 45^0.

Som Materiale for Underlaget kan anvendes Sand, Grus, Singels, Paklag, Makadamisering, Beton, gammel Brolægning o. s. v. I Overensstemmelse med det ovenfor sagte kan Underlaget være svagest paa Fortove og Cyklestier, hvor Tykkelsen maaske kan gaa helt ned til 5—10 cm, medens Tykkelsen paa svært befærdede Kørebaner kan blive 30 cm eller mere.

Kantsten. — Kantsten benyttes til at skille de forskellige Trafikarter i en Gade og da især til at skille mellem Kørebane og Fortove, der løftes noget i Forhold til den tilgrænsende Del af Kørebanen, for at der kan dannes en bedre Beskyttelse for Fodgængerne. Undertiden fremhæves Skillelinien ved en Række Træer, og dette er maaske navnlig Tilfældet mellem Ride- og Cyklestier og Spadsereveje.

Kantstenenes Højde er som Regel saa stor, at de naar fra Overkant af Fortov til Underkant af Kørebanens Fundament; der anvendes dog ogsaa lavere Kantsten, der da i mange Tilfælde stilles paa et særligt Fundament af Murværk eller Beton.

Som Materiale for Kantsten egner sig bedst middelhaarde, krystallinske Stenarter, der baade kan taale Stød fra Paakørsel og ikke slides glatte af den gaaende Færdsel, d. v. s. at der anvendes Granit, Gnejs, Syenit, Porfyr, Basalt o. lgn.

Enkelte Steder anvendes meget høje (40—50 cm), 10—20 cm tykke Kantsten, der imidlertid har den Mangel, at de, naar Færdslen er stærk, kan komme til at hælde forover.

I den simpleste Form er Kantstenene raat udkløvede; det forlanges da som Regel, at Højden mindst skal være 30 cm, Tykkelsen 10—13 cm og Længden ikke under 50 cm. Roden skal være væsentlig parallel med Hovedet og have et Areal, der mindst er ⅔ af Hovedets Areal. Kantstenene skal endvidere være vel afpudsede paa Hovederne og de tilstødende Kanter af Sidefladerne; de skal være udkløvede i Vinkel mindst i Stenens halve Dybde, saa de kan slutte tæt sammen. I Byer anvendes udkløvede Kantsten, dog som Regel kun i Yderdistrikter paa makadamiserede Veje.

Ved det ældre kjøbenhavnske Gadeprofil har man som Bordursten benyttet ca. 35 cm brede Sten, der skulde være mindst 1 m lange og 20 cm dybe, have en jævn og plan pighugget Overflade og være hugget retvinklet paa Endefladerne og Forkanten i en Dybde af mindst 9 cm, i Bagkanten ca. 3 cm. Til Gadekrydsninger leveres særlige Sten til Fortovshjørner, efter som disse er afskaarne under 45° (eller ved skæve Krydsninger under en anden Vinkel) eller er afrundede. I sidste Tilfælde skal Bordurstenenes Sider hugges efter cirkulære Cylinderflader, saavel den konvekse Forside til sædvanlig Dybde som den konkave Bagside i den øverste Kant. Endefladerne hugges efter radiære Snit.

Da det gamle Profil næppe vil finde Anvendelse mere i nye Gader, er det nu navnlig de hugne Granitkantsten, der benyttes her i Kjøbenhavn; Fig. 59 viser et Tværprofil af Kantsten af denne Type.

For Levering af disse Kantsten gælder følgende Betingelser med Hensyn til Materiale, Form og Behugning: (se desuden S. 96).

Kantstenene skal være af god, stærk og fintkornet Granit.

Stenene skal leveres nøjagtigt efter det optegnede Profil og de dette paaskrevne Maal. Stenenes Bredde forneden skal være mindst 18 cm. Ingen Sten maa være under 0,8 m lang.

Stenene skal renhugges paa de Flader, der paa Profiltegningen er skraverede. De renhugne Flader skal være pikhuggede og fri for Huller og Vindskævhed. Endefladerne skal være renhugne efter Vinkel og Stok i en Dybde af mindst 7,5 cm; den utilhugne Flade nedenfor disse 7,5 cm maa, for at Fugen mellem Stenene kan blive saa lille som mulig, paa intet Punkt springe frem foran den øverste, renhugne Del af Endefladerne. De utilhugne Sideflader maa paa de Steder, hvor der paa Profiltegningen er trukket stiplede Linier, ikke springe frem for disse. Paa de Steder, hvor to renhugne Flader støder sammen i en Kant, skal denne være skarp og ren. Stenene maa ikke have afstødte Hjørner, og Rundingen mellem Overflade og Forflade maa udføres omhyggeligt.

Afskraaningen af den 13 cm høje synlige Forflade foretages af Hensyn til Vognhjulenes Styrt, for at Hjulfælgene ikke skal slibe paa Kantstenene.

Enkelte Steder anvender man lavere Kantsten med en Højde af 25—30 cm; de maa da sættes paa et muret Fundament, f. Eks. 3—4 Skifter højt, i en Tykkelse af $1^1/_2$—2 Sten, eller paa et Betonfundament, hvis Bredde kan være 40—50 cm, og Højden 30—40 cm; bag Kantstenen kan Fundamentet føres op til 10—15 cm under Fortovets Overflade, for at Kantstenen kan faa et fuldstændig fast Leje.

Kantstenene sættes i Grus, idet der i Almindelighed forlanges en Tykkelse af 10 cm under Roden, og Grusen fæstnes ved Understopning.

Ved Gadehjørner kræver Afrundingen af Fortovene særlige krumme Kantsten. Disses Endeflader hugges efter Radius; deres Længde maales langs den længste Kant, de udføres efter forskellige Radier, idet Fortovenes Afrundingsradier kan være ret forskellige, fra 2—3 m og opad.

Kløvede Kantsten er altid lige; krumme Afslutninger kan da kun fremstilles som en brækket Linie, og hertil benyttes kortere Stykker.

§ 25. Vognenes Virkning paa Vejbanen.

Man har allerede fra gammel Tid været opmærksom paa, at et Hjuls Tryk paa en Vej ikke bør være for stort[1]) og det har derfor altid været fastsat i gældende Reglementer, hvor stor Vægten af et Køretøj maatte være. I gamle Dage var det tilstrækkeligt at fastsætte, hvor stort et Antal Heste man maatte spænde for en Vogn. I den franske Code de la Route af 27. Maj 1921 har man indført den Bestemmelse, at »et Hjuls Tryk mod en Vej ikke maa være større end 150 kg pr. cm af Fælgens Bredde, idet Bredden maales som den Bredde, hvori en ny Fælg (massiv eller Luftgummiring) rører en haard Vej under normale Forhold«.

Tilsvarende danske Bestemmelser findes i en af Justitsministeriet af 28. August 1922 udstedt Bekendtgørelse, idet det dog heri for Luftgummiringe er forlangt, at Bredden maales udvendig paa Dækket af den oppumpede Ring.

I den nyeste schweitziske Automobillov for Kanton Wallis er fra 31. Decbr. 1924 al Kørsel med Lastautomobiler og Paahængsvogne med massive Gummiringe forbudt og lignende Bestemmelser er ved at blive indført i andre Lande, da det har vist sig umuligt at holde Vejene i Orden, hvor Kørsel med massive Gummiringe er tilladt.

Ved Hjælp af disse eller lignende Indskrænkninger, kan man undgaa, at det lodrette Hjultryk overbelaster Vejene, men hvor man anvender mekanisk drevne Vogne, kommer der andre Momenter til, hvorved der frembringes tangentielle Kræfter og Stød af ganske forskellig Natur.

Automobilmotorens Arbejde overføres gennem Akslen og Differentialet til Drivhjulene, der derved drejes rundt og faar Automobilet til at bevæge sig.

Resultanten R af de Kræfter, der virker i Røringspunktet mellem et Drivhjul og Vejen kan opløses i 2 Komposanter, den ene N vinkelret paa Vejen, den anden T parallel med Vejen.

Hvis Vejen er omtrent vandret, er den lodrette Komposant lig med Hjulets Vægt og denne er for en given Vogn og Belastning konstant. Den tangentielle Kraft T har derimod meget forskellige Værdier efter Motorens Styrke, efter Kørehastigheden og især efter Variationerne i Hastigheden, efter Vejens Beskaffenhed, efter Hjulringenes Art, efter Luftmodstanden o. s. v. Det er denne tangentielle Kraft, der faar Vognen til at bevæge sig fremad, idet den fra Vejen møder en lige saa stor og modsat rettet Modstand. Den virker som en Klo, der griber fat i Vejens Ujævnheder, for derved at skyde Vognen frem, saa den lige som søger at skille de enkelte Vejelementer ad, ved at kaste dem bagud.

Kører saaledes et Personautomobil paa Luftringe[2]), der vejer 1500 kg, med jævn Hastighed 55 km i Timen paa god, tør, makadamiseret Vej, er den tangentielle Kraft T ved Hjulets Omkreds 6 kg, men skal Hastigheden forøges med $3^1/_2$ km i et Sekund, skal denne Kraft forøges til 85 kg. Og er det et Lastautomobil med massive Gummiringe, der vejer 6 ts og kører 30 km i Timen, er den tangentielle Kraft T paa samme Maade paa vandret Vej 25 kg, men naar Hastigheden skal forøges med $3^1/_2$ km i et Sekund derimod 333 kg.

Disse Tal viser, at den tangentielle Kraft ved Hjulets Omkreds er lille, naar man kører med jævn Hastighed paa vandret Vej, og at den vokser meget stærkt, naar Hastigheden skal forøges. Selv smaa Forandringer i den jævne, normale Kørsel forøger pludselig den ødelæggende Virkning paa Vejen.

En *Vejoverflade* faar ofte et *bølgeformigt Udseende* med Bølgerne vinkelret paa Vejen. Fænomenet ses meget tydeligt, naar Automobilernes Lys om Natten skinner frem over Vejen.

---

[1]) A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning III, S. 52.
[2]) Le Gavrian: Les Chaussées modernes, Paris 1922.

Disse Bølger har som oftest et regelmæssigt Udseende, med en nogenlunde konstant Afstand, saa man faar det Indtryk, at det er visse periodiske Kræfter, der har fremkaldt dem.

Man forveksler let disse Bølger med de Fordybninger og Pukler med mere eller mindre regelmæssig Afstand, som i det lange Løb fremkommer i enhver Vej, selv om den ikke er bølgeformig, naar den er ny.

Man er klar over, at disse Bølger er en Grundfejl, der bevirker, at den Vej, hvori de findes, hurtigt ødelægges.

Der er fremsat mange Teorier for, hvorledes disse Bølger fremkommer, men der findes ingen endnu, der er fuldt tilfredsstillende.

Englænderen Oberst Crompton mener, at Bølgerne især skyldes Automobilernes hurtige Kørsel; hans Anskuelse kan maaske udtrykkes saaledes:

Dengang alle Vogne blev trukket af Heste, var Kørehastigheden meget ringe, og Hjulene rullede kontinuerligt paa Vejen. Med de store Hastigheder, som baade tunge og lette Automobiler nu kører med, hopper Hjulene og rører kun med visse Mellemrum ved Vejen. De Slag, der derved fremkommer, følger sandsynligvis visse periodiske Love, der afhænger af Vognenes Konstruktion. Denne periodiske Virkning er størst paa Veje, paa hvilke der kører en stor Mængde Vogne af samme Type, som det er Tilfældet ved en Omnibuslinie eller en Ruteautomobillinie, hvor man ofte har konstateret Bølger i 40—60 cm Afstand med Fordybninger paa 1 cm; dette Forhold skal nærmere omtales nedenfor.

Paa lignende Maade forklarer man paa almindelige makadamiserede Veje, hvor der kører mange Automobiler, Dannelsen af ligesom en Slags Perlerækker af Huller i omtrent samme indbyrdes Afstand.

Men for at denne periodiske Virkning skal begynde, maa der oprindeligt i Vejen være en Pukkel eller en Fordybning, som kan sætte Automobilet i Svingninger. Denne Hindring kan stamme fra en Ufuldkommenhed ved Vejens Bygning eller fra en tilfældig Beskadigelse af Vejen.

Regelmæssigt udseende Bølger dannes efter al Sandsynlighed, naar Vejen bygges. Man ser det meget tydeligt paa visse plastiske Vejbelægninger, straks naar de er færdige, og naar man ser godt efter, vil man ogsaa se dem paa almindelige vandtromlede Skærvelag. De synes tilbøjelige til at komme frem i alle Vejbelægninger, der fremstilles ved, at et tungt Køretøj (en Tromle) føres hen over det udlagte Vejmateriale.

Naar nemlig en Tromle ruller hen over et Vejdæk, hvis Form kan forandres, skyder denne Tromle Materialet foran sig og frembringer foran den forreste Valse en Slags Vold; naar denne Vold har naaet en vis Størrelse og Fasthed, løftes Valsen op paa den, og den flades ud mere eller mindre. Naar det er sket, gentages Fænomenet, og man vil kunne forstaa, at Periodens Længde afhænger af Vejbelægningens Art og Tromlens Bygning. Selv om Volden er blevet gjort fuldstændig plan og flad, er der dog i Vejdækket blevet dannet et Tværbaand, der er fastere og tættere end Nabodelene, og selv om de derfor ikke straks ses, vil de maaske dog komme frem senere, naar Vejen er blevet slidt.

Denne Volddannelse er velkendt, og man ved ogsaa, at naar man tromler baglæns, d. v. s. med Tromlens Drivhjul forrest, formindsker man Volddannelsen; dette forklares ved, at Drivhjulene virker forfra og bagud og ikke som Løbehjulene bagfra og fremefter, hvorved Volden dannes. Denne Omstændighed kan man benytte sig af, hvis man altid kan tromle i samme Retning, i hvert Fald ved Tromlingens Begyndelse. Hvis den Vej, der skal tromles, ligger paa en Bakke, bør man tromle opad med Drivhjulene forrest og køre nedad med Løbehjulene forrest.

Hvor der anvendes plastiske Vejbelægninger, og især saadanne, der udlægges varmt, kan Bølgedannelsen begunstiges af visse Omstændigheder, som ikke viser sig ved Fremstilling af almindelige Skærvebaner; saaledes spiller Sammensætningen af Massen en vigtig Rolle; den Temperatur, ved hvilken den asfaltiske Blanding

lægges ud paa Vejen, maa ikke være for lav, da der saa dannes Klumper, og endelig maa man sørge for at opvarme Værktøjet tilstrækkeligt for at kunne udjævne de Klumper, der maaske allerede har dannet sig. Er Laget for tykt, bliver Komprimeringen ikke jævn.

Fjedrenes Rolle er den at tillade Variationer i Afstanden mellem Hjulene, der er i Berøring med Vejen og den i Fjedrene ophængte Del af Vognen, hvorved Stød og Slag afbødes og udjævnes.

Fjedrene har altsaa en heldig Indflydelse ikke blot paa de kørendes Bekvemmelighed men ogsaa for Vejens Levedygtighed.

Hvis en Vogn ikke har Fjedre, slaar den med hele sin Vægt mod Vejen, naar den støder paa en Forhøjning eller falder i et Hul. Hvis den derimod har Fjedre, virker den i første Øjeblik kun med den Vægt, der hidrører fra den ikke affjedrede Del (Hjul, Aksel og Fjedre).

Fjedrenes Bøjning forsinker den Virkning, der hidrører fra den affjedrede Del og forhindrer denne i at virke sammen med den ikke affjedrede Del. Det er derfor af Betydning, at den ikke affjedrede Del er let.

Men hvis Fjedren ved Passage over en Pukkel absorberer Stødet, spændes den først og strækkes derefter og kaster Vognen nedefra opefter. Vognen falder derefter ned igen med hele sin Vægt paa Fjedren, som igen bøjer sig, igen reagerer o. s. v. Disse Svingninger faar desto mere Betydning, jo mere bøjelige Fjedrene er.

Under disse Svingninger er Akslerne skiftevis belastede og aflastede, og disse Forandringer i Vægten giver tilsvarende Forandringer i de lodrette og de vandrette Kræfter, der virker paa Vejen.

Naar først Forakslen og derefter Bagakslen er kørt hen over samme Ujævnhed, giver dette Anledning til et vist Spil af de to Fjedersystemer, der ser ud som en Slags Galop, og som ogsaa bidrager til skiftevis at belaste og aflaste Akslen.

Disse Svingninger foregaar i Perioder, der afhænger af Vognenes Konstruktion, og er som alle periodiske Fænomener underkastede en vis Ressonans, d. v. s. en Forstærkning, der kan blive ret betydelig, hvis der, før de første Svingninger er holdt op, begynder en ny Række, der virker i samme Retning. Man har ofte givet disse periodiske Svingninger Skyld for de flade Huller med samme indbyrdes Afstand, som altid fremkommer i makadamiserede Veje med stærk Automobiltrafik.

Man har søgt at dæmpe Fjedrenes Svingninger først og fremmest ved Friktionen mellem de enkelte Lameller.

Da Svingningerne imidlertid kun dæmpes ufuldstændigt ved Lamellernes indbyrdes Friktion, har man søgt at dæmpe dem ved særlige Dæmpere.

Disse Dæmpere bestaar enten af faste Legemer, der glider imod hinanden, eller af en Vædske, der drives gennem en Udstrømnings-Aabning. Det er især, naar Vognene er tomme, at de lider ved Stødene.

Der er to Hovedgrunde[1]) til, at Veje ødelægges ved Bølgedannelse, nemlig dels den Omstændighed, at Automobilernes Baghjul drives, og dels Anvendelsen af massive Gummiringe.

Bølgedannelse foregaar paa næsten alle Veje med tung Motorfærdsel. Der er en eller to Undtagelser, Granitbrolægning paa Betonfundament og Betonveje. For Betonveje ligger Grunden i Overfladens Jævnhed og i, at der kun er faa Revner, saaledes at Modstanden imod Kørsel bliver jævn. Det er en Kendsgerning, at Fasthedеn og den øjeblikkelige Værdi af Trækkraften har afgørende Betydning for, om en Bølgedannelse skal begynde; jo mindre Modstanden mod Kørsel er, desmindre Udsigt er der til, at en Bølgedannelse skal begynde.

Den Kraft, der er nødvendig til at trække en Vogn, er proportional med dennes Vægt; det er fordelagtigt at anvende store Hjul, tynde Akseltappe og velkonstruerede Hjulnav; det maa saa blive Vejingeniørens Opgave at formindske Vejens Modstand mod Vognens Bevægelse.

[1]) E. L. Leeming: Road Engineering, London 1924, S. 180.

Efter *T. Blackwood Murray* kræver en Vogn følgende *Trækkraft* i kg pr. tn af Vognvægten:

paa	Asfaltkørebane	18 kg
-	god Brolægning	22 -
-	haard og tør Tjærebeton	29 -
-	ren Træbrolægning	31 -
-	alm. Makadamisering	54 -

Trækmodstanden er altsaa 3 Gange saa stor paa middelmaadig Makadamisering som paa god Asfaltkørebane.

Den amerikanske Professor *J. B. Davidson* opgiver:

paa	Betonvej	12,42 kg
-	Asfaltbeton	22,1 -
-	alm. Makadamisering	27,9 -
-	Topekabeton	30,8 -

Efter tyske Opgivelser er Trækmodstanden paa Chaussébrolægning 20 kg pr. tn.

I 1918 har den amerikanske »Portland Cement Association« ladet udføre Forsøg over, hvor lang Vej et 2 ts Lastautomobil kunde køre med et Brændselsforbrug paa 1 Liter Benzin. Resultatet var:

Paa	Jordvej	2,00 km
-	god Grusvej	3,35 -
-	god Asfaltbetonvej	3,37 -
-	god Klinkervej	4,00 -
-	Cementbetonvej	4,20 -

Da Udgiften til Trækkraft maa variere paa samme Maade, vil man forstaa, hvilken økonomisk Betydning det har, at man vælger en passende Vejbefæstelse og omhyggeligt sørger for at holde den vedlige.

André Michelin har offentliggjort nogle Forsøg, han har holdt paa Route Nationale No. 190, af hvilken en Del har faaet Vejdæk af Asfaltbeton (Monolastic), medens Resten endnu har almindelig Makadamisering. Han fandt, at Benzinforbruget gik ned med 25 pCt., naar han fra Makadamiseringen kom ind paa Asfaltbetonen. Michelin har paa Grundlag heraf regnet ud, at man skulde kunne spare 130,000 Frs. pr. km pr. Aar paa en Vej, hvor der daglig passerer 1000 Vogne, naar man erstatter den almindelige Makadamisering med et Asfaltbetondæk. Selv om Michelins Tal vistnok er for stort, viser det dog, at et godt Vejdæk i betydelig Grad formindsker Udgifterne til Benzin, Olie, Slid paa Vogne o. s. v.

Chefen for Bureau of Public Roads i Washington Mac Donald har beregnet, at man paa en Betonvej, der kostede 40,000 Dollars pr. mile at bygge, vilde kunne forrente med 5 pCt. og afdrage i 11 Aar denne Byggesum alene ved den Sum, der blev sparet til Benzin.

Nu aftager Trafikintensiteten meget stærkt, naar man kommer længere bort fra Byerne. I Sverige har man saaledes gjort op, at der i Danderyddistriktet er en aarlig Vejtrafik paa c. 12,3 Millioner Tonkm, men deraf falder 10 Millioner paa en kun 2 svenske Mil lang Vejstrækning. Formindskede man blot her Driftsudgifterne med 5 Øre pr. Tonkm, vilde den aarlige Besparelse i Driftsudgifter blive c. 500,000 Kr., og denne Sum forrenter og afskriver en stor Anlægsudgift.

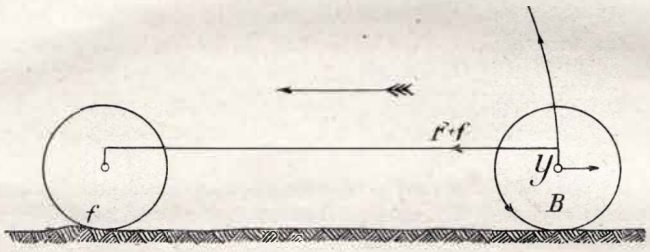
Der blev i 1922 til Danmark indført for 23 Mill. Kr. Benzin og for 7 Mill. Kr. Motordæk. Da vi ikke har sikre Undersøgelser over Forbrugets Variation paa forskellig Vejbelægning og endnu ikke har haft rationelle Færdselstællinger, kan der ikke opgives noget bestemt om, hvor meget der kunde spares i denne Sum, hvis vi havde de gunstigste nye Vejbelægninger. Efter Opgivelser fra andre Lande er der nogen Sandsynlighed for, at der for 75 pCt. af Kørslen skulde kunne spares 25 pCt. eller vel ialt c. 6 Mill. Kr. om Aaret.

Trækmodstanden paa samme Vej varierer med de klimatiske Forhold og den Type Ringe, der er paa Hjulet. Det kan ske, at en Vej med høj Trækværdi i vaadt eller varmt Vejr kan have en meget lavere Værdi, naar Vejret er koldt og tørt. Denne Omstændighed viser, at Udsigterne til Bølgedannelse under visse Forhold

er meget smaa ogsaa paa en anden Klasses Vej. Medens Bølgedannelsen paa forskellige Vejoverflader er mere eller mindre den samme, kan den Maade, paa hvilken den fremkommer, variere betydeligt. Men før dette omtales, er det nødvendigt at undersøge den særlige Virkning af, at det er Bagsakslen, der drives i de moderne Automobiler.

Drivkraften i Baghjulene i Vejoverfladen virker tangentielt til Hjulene og vandret kun i det Tilfælde, Vejoverfladen yder en jævn og konstant Modstand imod Bevægelsen, og i saadenne Tilfælde skulde der ikke komme Svingninger i Automobilerne. I Praksis sker dette sjældent; det kan ske f. Eks. ved lav Hastighed paa en god Vej eller paa en Vej med Betonfundament eller paa en egentlig Betonvej. Vi maa imidlertid antage, at paa Veje, hvor Ødelæggelsen er begyndt, sker det ikke, og at der ved den første Begyndelse af Bølgedannelsen er en eller anden Svaghed eller Hindring, der giver Anledning til den.

Man vil som Regel have lagt Mærke til, at Bølgerne undertiden dannes i smaa



Cliché Leeming

Fig. 135. Automobilets Forhjul slaar mod en Hindring.

Grupper i Nærheden af et svagt Sted eller et særlig haardt Sted i Vejoverfladen, og at visse Dele af Vejen paa retlinede Stykker praktisk set er fri for Bølgedannelse.

I Fig. 135 er vist Virkningen af Automobilets Svingninger. Drivkraften i Hjul B overføres igennem Chassiet som en Kraft F, der skal overvinde Modstanden imod Forhjulene. En pludselig Vækst af denne Modstand, f. Eks. med f, bevirker, at Kraften F ogsaa vokser, og Svingkraftmomentet bliver $(F + f) \cdot y$. Bagakslen svinger derfor om Foraksen, og denne Svingning bevirker et periodisk Slid ved Drivhjulene, der giver Anledning til Bølgedannelse.

I denne Forbindelse har det Interesse at se, at mange Lastmotorvogne har sat Luftringe paa Forhjulene men ikke paa Baghjulene, hvorved man har opnaaet, at Virkningen af et Slag paa Forhjulene er blevet tilsvarende reduceret.

De tangentielle Kræfter ved Hjulets Omkreds er meget større og derfor mere ødelæggende, naar Vejen er ujævn med Huller og Pukler, saa Hjulene drejer sig uregelmæssigt.

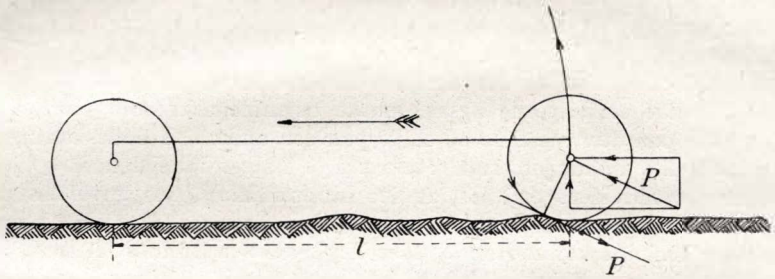
Træffer Drivhjulene saaledes f. Eks. en fremspringende Sten, giver de den et kraftigt Slag i Bevægelsesretningen. Naar Hjulet derefter efter Slaget passerer over Hindringen, støder den tangentielle Kraft ved Hjulets Omkreds, der er rettet i modsat Retning, Stenen tilbage. En fremspringende Sten rokkes derved skiftevis frem og tilbage, bliver løs og saa kastet bagud. Derved dannes der et Hul, og dettes Kanter bliver de nye Ujævnheder, imod hvilke de samme Kræfter derefter kommer til at virke.

Hvis Stenen eller Hindringen er højere end Ringens eftergivende Evne, hopper Hjulet paa Vejen. Motoren bevirker nu, at Hjulet drejer hurtigere end ellers, og naar det igen naar Vejen, sker der en Glidning og dermed en kraftig ødelæggende Virkning paa Vejen. Dette Forhold er bl. a. medvirkende til, at massive Gummiringe er mere ødelæggende for Vejene end Luftgummiringe.

Det er i den variable Modstand ved Drivhjulene, at Hovedaarsagen til Vej-

ødelæggelsen ligger. Man kan antage, at Drivhjulet slaar imod en Ujævnhed, der enten kan være et fladt Hul eller et Fremspring; i samme Øjeblik skifter Tangentialkraften i Berøringspunktet Retning fra at være vandret, som vist i Fig. 136, saaledes at Kraften, der driver Hjulet frem, nu er dels vandret og dels lodret, og dette giver sig Udtryk i, at den dels faar en vandret og dels en lodret Komposant. Den lodrette Komposant, der afhænger af Højden af Fremspringet eller Dybden af Hullet i Vejen, er den Kraft, til hvilken man maa lægge Reaktionen fra Fjedrenes Sammenpresning for at faa hele Virkningen paa Bagakslen.

Resultatet er, at der virker en stærk opadrettet Kraft paa Bagfjedrene og i mindre Grad paa selve Vognen, saa Baghjulene kan slippe Vejen i hvert Fald til en vis Grad og tillade, at et eller begge Hjul løber, indtil de igen naar Jorden paa Grund af Vognens Vægt og Fjedrenes Reaktion. Vejoverfladen skal nu modstaa to Paavirkninger, en omtrent lodret, der skyldes Vægten, og en tangentiel Kraft, der



Cliché Leeming

Fig. 136. Automobilets Baghjul slaar mod en Hindring.

skyldes Drivvirkningen. Den sidste Kraft har den Virkning, at den flytter det fine Materiale i Vejens Overflade bagud.

Formen af de saaledes dannede Bølger afhænger af, hvor de ligger paa Vejen, om de ligger ud til Siden eller i den midterste Del af Vejen. Bølger midt i Vejen er mere regelmæssige i Form og ofte mindre fremtrædende end de Bølger, der dannes ved Siderne af Vejen, hvor Hjulene kun kører i een Retning. Formen af de sidste er forskellig, fordi Hjulene slaar blot paa den ene Side af Bølgen, og som Følge heraf aflægges det afslidte Materiale udelukkende paa den ene Side af Bølgen.

Formen af disse Bølger er som vist i Fig. 137, der er taget nær Kanten af en Vej og i en Kurve. Forskellen i Hældningen paa de to Sider af Bølgen er meget fremtrædende.

Den særlige Bølgeform, som kommer frem, hvor der kører Automobiler, hvis Baghjul drives, kan man i Praksis faa frem ved at køre et Automobil hen over en Hindring og optegne Svingningerne, og derefter gøre det samme med samme Hastighed, men saaledes at Automobilet løber frit uden at drives. Svingningerne og deres Varighed i dette sidste Tilfælde er meget mindre, end naar Hjulene drives.

Et andet Punkt af Interesse er Akselafstandens Indflydelse ved Automobiler, hvis Baghjul drives. Det er længe blevet iagttaget, at Vogne med stor Akselafstand løber roligere end Vogne med kort Akselafstand. Forklaringen herpaa vil fremgaa af Fig. 136, hvor den lodrette Komposant drejer omkring Forakslen med Akselafstanden som Momentarm *l*. Man antager, at Virkningen af den periodiske Opadbevægelse ved Bagakslen varierer omvendt som Akselafstanden i tredie Potens. Det er sikkert, at der er en stor Forskel paa en daarlig Vej imellem den Maade, hvorpaa en Vogn med lang Akselafstand og en Vogn med kort Akselafstand opfører sig.

Hvor mange Vogne af samme Type og med samme Akselafstand løber paa samme Vej, er den ødelæggende Virkning meget større, fordi hvert af dem svinger paa samme Maade, og Bølgedannelsen fremskyndes derved stærkt. Man burde

derfor indrette Motoromnibusser, der løber paa samme Linie, saaledes at de bygges forskelligt og især faar forskellig Akselafstand. Standardisering af saadanne Vogne er lidet ønskelig.

Hjulenes Glidning. — Ved Hjulenes *Glidning* forstaas den Glidning, der foregaar, samtidig med at de drejer rundt. Denne Glidning fremkommer, naar den tangentielle Kraft ved Hjulets Omkreds bliver større end den Friktion, som foregaar imellem Hjulet og Vejen. Der finder Glidning Sted, naar Vejen er særlig glat, eller naar Motoren udvikler en for stærk Kraft, f. Eks. naar man starter for voldsomt eller lader Motoren løbe afsted.

Hidtil er det kun Virkningen af Drivhjulene, der er tænkt paa. Der er imidlertid ogsaa en betydelig Virkning paa Vejen, naar Køretøjet bremses, og Hovedaarsagen hertil er den skrabende eller glidende Virkning af Hjulene i det Punkt, hvori de rører Vejen. Vejmaterialets Tendens til at krybe fremad forøges ved Friktionen ved Bremsning, idet Virkningen er den, at der dannes en Bølge, som Vognen tilsidst hopper over, hvorefter Processen gentager sig. Paa en fast og haard Overflade i et tørt Vejr er Bremsevirkningen nogenlunde lille, men ikke desto mindre frembringer pludselig Anvendelse af Bremsen en alvorlig Virkning paa en hvilken som helst Vejoverflade og bør derfor i Almindelighed undgaas.

I dette Tilfælde er Bølgerne ogsaa ganske usymmetriske som vist i Fig. 137. Bølgerne er flade paa den ene Side og stejle paa den anden. I Gadeskæringer, hvor Færdslen gaar i alle Retninger, kan regelmæssige Bølger ikke dannes.

Der skal her endvidere omtales, at det Differentiale[1]), der anvendes paa moderne Automobiler gør det muligt, at det ene Hjul bremser eller glider mere end det andet; dette Tilfælde kan indtræde, naar Trykket eller Bremsevirkningen ikke er den samme paa de to Baghjul, saaledes som det kan ske i Kurver, hvor Sidehældningen ikke er den rigtige.

Naar Vejens Oprunding er ringe, er Reaktionen vinkelret paa Vognens Bevægelsesretning uden Betydning, hvis Vognen er bygget rigtigt.

Reaktionen vinkelret paa Vognens Bevægelsesretning bliver derimod temmelig stor, naar Vejen har stor Oprundning og naar Vejen i Kurver ikke er bygget med ensidig Sidehældning. I Kurver, der er bygget med Oprundning paa sædvanlig Maade, kan Vejen lide stærk Skade ved denne Paavirkning.

Denne Reaktion paa tværs af Vejen er rettet tangentielt til Vejen ganske som den ovenfor omtalte Kraft T, og er for Slidet paa Vejen lige saa skadelig som denne og af samme Grund.

Der er ofte iagttaget Slid paa Bakker som Følge af Drivhjulenes Glidning, hvor der ikke har været noget paa de fladere Dele af samme Vej. Grundene hertil kan være forskellige. Ved Kørsel opad Bakke er Farten stor ved Foden af Bakken, og Drivkraften i Vejoverfladen er større end ellers; Bremsevirkningen ved Kørsel nedad Bakke kan ogsaa bevirke et kraftigt Slid paa Vejoverfladen. Virkningen heraf er, at Vejoverfladen forandres og slides forholdsvis hurtigt paa disse Steder. Vejmaterialets Bevægelsesretning er i begge Tilfælde rettet nedad Bakken, og Bølgedannelsen foregaar hurtigt. Som nævnt ovenfor foregaar Bølgedannelsen især ved Foden og ikke ved Toppen af Bakken; hvor Vejen er brolagt, viser Virkningen sig ved, at Brostenene vælter.

Det er tidligere blevet omtalt, at der i Kurver, hvor der ingen ensidig Sidehældning er, vil foregaa et stærkt Slid i Vejoverfladen; den Maade, hvorpaa denne Bølgedannelse finder Sted, har særlig Interesse. Naar et Automobil kører igennem en Kurve, forøges Trykket paa Yderhjulene og formindskes Trykket paa Inderhjulene. For Forhjulenes Vedkommende har dette Forhold ikke megen Betydning, men for Baghjulene faar de stor Betydning, fordi det er dem, der drives. Formindskelsen af Trykket paaa Inderhjulet vil gøre, at det slipper, og paa Grund

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1924, S. 159.

af Differentialet vil det have Mulighed for at tage Fart. En Tværsvingning af Vognen, der dels skyldes Hjulenes Omdrejning og dels maaske en Ujævnhed i Vejen begynder, og Inderhjulet vil skiftevis hvile paa Vejen og svæve over den, hvorved Bølgedannelsen vil blive fremskyndet.

Og desuden vil Forøgelsen af Trykket paa Yderhjulet i Forbindelse med den variable Drivkraft, der hidrører fra Inderhjulets skiftende Forbindelse med Vejen, hjælpe til ved Bølgedannelsen.

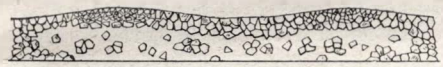
Bølgedannelsen i Kurver vil helt eller delvis kunne undgaas, hvor der anvendes ensidig Sidehældning, eller hvor der i Kurver anvendes Betonfundament eller paa Betonveje.

I Kurver kan det ske, at hvis et Hjul trækker haardt, medens det andet Hjul



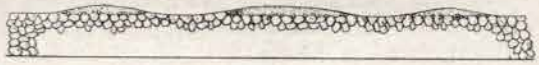
Cliché Leeming

Fig. 137.



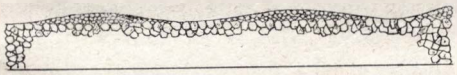
Cliché Leeming

Fig. 138.



Cliché Leeming

Fig. 139.



Cliché Leeming

Fig. 140



Cliché Leeming

Fig 141.

paa samme Aksel løber frit, og Vognen er ved at dreje, at Trækket bliver ensidigt og ikke centralt virkende, hvorved den bageste Del af Vognen faar en Tendens til at glide til Siden. Af lignende Grunde vil pludselig Bremsning bevirke, at Vognen opfører sig paa samme Maade. Det er ikke rigtigt at bremse i et Øjeblik, hvor Vognen forandrer Retning; Forhjulene bør altid køre ligeud i det Øjeblik, der bremses.

Ved almindelige makadamiserede Veje er Modstanden ved Kørsel forholdsvis stor, og man maa derfor vente, at der under svær Trafik maa finde nogen Forandring Sted af Vejoverfladen. Vejret har mere Virkning paa en saadan Vej end paa Veje med anden Belægning. Stadigt, tørt Vejr bevirker, at Bindematerialet skilles fra Skærverne blæses bort som Støv, og naar det er sket, foregaar der en saadan Bevægelse af Skærverne, at der dannes Tværbølger af de mindre, medens de grovere Skærver bliver nede i Bølgedalene. Det er klart, at der ikke i makadamiserede Veje kan finde saadanne Bevægelser af større Omfang Sted, uden at Vejen ødelægges. Fig. 138 viser et typisk Snit i en bølgeformet makadamiseret Vej.

Overtjæring af en makadamiseret Vej vil for en Tid hindre, at der dannes Bølger, da den holder Vand ude og tildels hindrer Bevægelser i Overfladen.

Bølgedannelse i Tjærebetonveje fremkommer, ved at det fine Tjærelag i Overside af Vejen bevæger sig frem og tilbage som Bølger, medens Bundlaget af større Materiale blottes i Hullerne. Dette kan bevises ved at drive smaa Jernstænger ned i Vejen med en Afstand maalt i Vejens Længde paa fra 45 til 60 cm.

Det vil saa vise sig, at nogle af Stængerne kommer til at staa i Bølgedalene, andre i Bølgetoppene: de første vil blive blottede og de andre begravede af det fine

Tjæredæklag, der danner Bølgerne. Det er en Kendsgerning, at Automobiler, hvis Baghjul drives, og som har massive Gummiringe, driver det tjærede Dæklag frem og tilbage, saaledes at der dannes Bølger, samtidig med at der slides ned til de underliggende Lag i Vejen. Den Maade, hvorpaa Tjærebetonveje slides, er vist i Fig. 139.

Ved tjærebehandlede Veje er det af største Betydning, at Skærveaffald eller Sand anvendes sparsomt, og at Overtrækket holdes saa tyndt som muligt, for at de Bølger, der dannes, skal faa saa lille Bølgehøjde som muligt. Hvor der periodisk behandles med Tjære og Smaaskærver, saaledes at der bliver en Opsamling af fint Materiale som vist i Fig. 140, hvorved der dannes Bølger, kan denne Bølgedannelse faa et meget faretruende Omfang.

Hvis Færdslen foregaar i bestemte Linier, fordi Vejens Bredde er begrænset og Antallet af Vogne for stort, kan Bølgedannelse foregaa baade efter Længde og Tværretning. Især er dette Tilfældet, naar der er for meget fint Materiale, og Vejret er varmt, naar alle Hjul løber paa samme Sted, saaledes at Materialet presses op til Bølger. En anden Faktor, der influerer paa denne Omforandring af Vejoverfladen, er den Omstændighed, at Overflademateriale ligesom kryber fra Midten af Vejen ud imod Siderne, hvorved Tykkelsen her bliver større end inde paa Midten. Men selvfølgelig har Bølgerne midt paa Vejen ikke samme Udsigt til at blive generende som Bølgerne ude langs Siderne af Vejen.

Midlet mod Bølgedannelse paa Veje af denne Art er selvfølgelig at fjerne Grunden til den, det vil sige at fjerne det overskydende fine Materiale. I Almindelighed vil man finde, at det grove Materiale holder sig godt, og at man kan undgaa Bølgerne ved at rive det fine Materiale op og fjerne det. Denne Metode bør dog kun anvendes, hvor Bølgerne er veludviklede, fordi det ofte sker, at Bølgedannelsen foregaar indtil et vist Punkt og derefter holder op. Paa den anden Side er hele Vejen i Fare for at blive ødelagt, hvis særlig fremtrædende Bølger faar Lov til at blive liggende.

Som almindelig Regel kan det siges, at Asfaltveje er mindre tilbøjelige til at danne Bølger end Tjærebetonveje, og dette hidrører især fra, at Asfalt er mere elastisk end Tjære. Desuden anvendes der større Omhu og mere ensartet Materiale, naar der anvendes Asfalt, fordi dette Materiale er kostbarere end Tjære. Asfaltveje ødelægges omtrent paa samme Maade som Tjærebetonveje, ved at det fine Materiale kommer i Bevægelse og danner Bølger. Men denne Bevægelse er forholdsvis lille, da Asfaltens Bindekraft og Elasticitet sætter sig imod den.

Med Hensyn til Sandasfalt, der er lagt paa et Betonfundament, er Bølgedannelsen forskellig fra Bølgedannelsen paa andre Veje saaledes som vist i Fig. 141. I dette Tilfælde har Bundlaget en fast Overflade, som ikke har nogen Forbindelse med Bølgerne i Dæklaget, og Asfalten selv lægger sig i Bølger paa tværs ved en Krybning. I Virkeligheden er Forholdet ganske analogt med Forholdet ved Valsning af en varm Panserplade, hvorved der ogsaa dannes Bølger, dog med mindre Bølgelængde; og medens en Panserplade valses mellem 2 Valser, tromles Asfalten kun paa den ene Side. Jernringe paa Hjulene virker især ødelæggende, ved at de faar Asfalten til at krybe, og massive Gummiringe forstærker hurtigt denne Virkning. Krybningen ligner det, der sker, naar en makadamiseret Vej tromles, idet Asfalten skubbes fremad foran Tromlehjulene, saa der dannes en lille Vold tværs paa Vejen, og denne Proces gentages over hele Vejen, idet Tromlen løftes op over Volden, naar denne har naaet en vis Størrelse. Der er en Grænse for Dybden af de Bølger, der kan dannes i et 5 cm tykt Lag Sandasfalt, og det er ligeledes sikkert, at Sandasfalten vil binde saa meget sammen, at Laget ikke straks vil briste; men naar Slidlaget engang brydes igennem, vil Vandet arbejde sig ind imellem Asfalten og Betonfundamentet, og Vejen vil da hurtigt blive ødelagt.

Under Hensyn til den lave Trækmodstand paa Sandasfalt vil Ødelæggelsen af Vejen gaa forholdsvis langsomt; en af de Grunde, der bidrager til Bølgedannelse

ved disse Veje, er Mangel paa Ensartethed i Blandingen, naar den lægges ud, og man maa ikke glemme, at Uensartethed i Asfaltens Blanding vil give en varierende Trækmodstand, som omvendt vil bevirke, at der dannes Bølger.

Mindre egnet Sand, blød Asfaltmørtel, for meget Bitumen, ujævn Tykkelse af Laget, Kloakdæksler i Vejen o. l. vil give Anledning til Bølgedannelse i disse Veje.

Spørgsmaalet kan ikke behandles helt til Ende, uden at der tages Hensyn til Vognkonstruktionen, og dette skal derfor gøres nedenfor.

Ogsaa i brolagte Gader kan der blive Tale om en Bølgedannelse, men det er en Kendsgerning, at denne Bølgedannelse er langt mindre fremtrædende i brolagte Gader end ved makadamiserede Veje. Brolægningen kan enten staa paa et ikke stift og eftergivende Fundament eller paa et stift og ikke eftergivende.

Til de første hører Granitbrolægning paa forskellige Fundamenter som Sand eller Skærvemakadamisering; Virkningen af Færdslen paa et saadant Fundament, der er i Stand til at blive trykket sammen, er den, at Brostenene skubbes fremefter og væltes bagud. Fundamentet danner Bølger som Følge af Brostenenes Bevægelse, idet de to Dele maa følges ad.

Væltningen af Brostenene, der især fremkommer paa Grund af Motorvognenes Drivhjul, forstærker Odelæggelsen, fordi Drivkraften ikke er ens paa hele Vejen.

For en Træbrolægning fremkommer Bølgerne lettere, hvis Træklodserne staar paa et Mellemlag og ikke direkte paa Betonen.

Under lige Forhold vil smaa Brosten lettere bringes ud af Stilling og med større Regelmæssighed end store Brosten; de større Brosten har nemlig større Højde og derfor større Modstandskraft end de smaa Brosten.

Derimod er Granitbrolægning paa Betonfundament maaske den bedste Brolægning af alle, hvis man skal have en bølgefri Overflade. Spørgsmaalet om et fjedrende Lag imellem Brostenene og Betonen har stor Betydning; det er ønskeligt, at Tykkelsen af dette Lag ikke er mere end 2—3 cm, da Brostenene bliver tilbøjelige til at vælte og komme ud af Stilling, naar Tykkelsen bliver større. Trækmodstanden paa en Vej af denne Art er lav. Kubiske Brosten paa 8 eller 10 cm, lagt tæt sammen paa et Betonfundament, danner en udmærket Brolægning og har selvfølgelig den Fordel, at de er billigere som Følge af, at de med samme Vægt dækker et større Areal end højere Brosten.

Om Ødelæggelsen af Betonveje har man mere begrænsede Erfaringer, da Konstruktionen endnu er ny. Men det synes, som om den tilfredsstiller et af de første Krav, der maa stilles, for at man kan undgaa Bølgedannelse, idet den har en fast jævn Overflade og derfor en lille Trækmodstand. Det synes sandsynligt, at Tværfuger vil være en Kilde til Svaghed, hvorfra der maaske vil fremgaa en Tilbøjelighed til Bølgedannelse, med mindre disse Fuger lægges paa skraa over Vejen. Meget vil i saa Tilfælde afhænge af den Omhu, hvormed Betonvejen er blevet udført.

Jernbandager anvendes nu kun paa Hestekøretøjer. Paa lette Vogne skader de kun lidt, men naar den ikke affjedrede Vægt er stor, giver de en voldsom Reaktion ved det mindste Stød, saa Vejmaterialet knuses.

I nyere Love er det derfor forbudt at anvende Jernbandager for Automobiler, hvilket maa anses som en meget heldig Foranstaltning baade for Automobilerne og for Vejene. Den danske Automobillov af 1921 indeholder en saadan Bestemmelse.

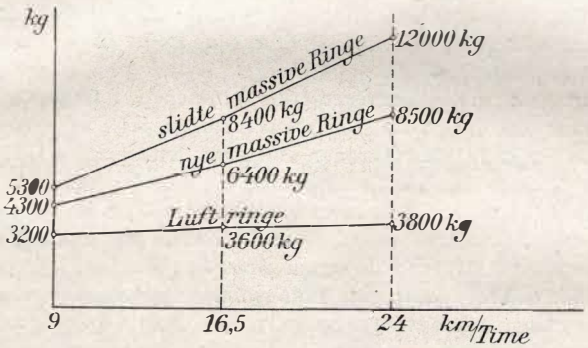
De *elastiske Hjulbandager* ophæver de smaa Ujævnheder i Vejen og de Stød og Svingninger, de foraarsager; de forøger Hjulenes Vedhængning ved Vejen og gør deres Rulning mere kontinuerlig. Dette faar især Betydning for hurtigtkørende Vogne.

Der er i U. S. A. afholdt en Række Forsøg, der tydeligt viser de forskellige Hjulbandagers forskellige elastiske Evne. Et Lastautomobil, der vejede 7,5 ts, havde Belastningen saaledes fordelt, at hvert Baghjul bar 3200 kg hvoraf 780 kg ikke var affjedret. Dette Lastautomobil gav man efterhaanden Luftringe, derefter nye 6,25 cm tykke massive Gummiringe og endelig slidte 2,5 cm tykke massive Ringe.

Man maalte det Stød, der fremkom ved forskellige Hastigheder ved Baghjulene ved Passagen over en ensartet Ujævnhed, der var 5 cm høj. Resultatet er vist i Fig. 142, hvor Stødets Størrelse er afsat som Ordinat, Hastigheden som Abscisse. Naar Hastigheden vokser, vokser Virkningen af Stødet meget lidt ved Luftringe, men meget betydeligt ved massive Ringe og da især, naar disse er slidte.

Man har søgt at forklare en Luftgummirings Slid paa en Vej, der bl. a. viser sig ved, at Vejen støver, paa følgende Maade:

Det er ikke helt rigtigt, saaledes som man tidligere ofte har sagt, at Luftringe suger Smaadelene ud af Vejen, idet der ikke dannes noget Rum imellem Vejen og Luftringen, naar denne flades ud paa Vejoverfladen. Ringen slipper ikke i den midterste Del af Berøringsfladen, men kun langs Kanterne. Det er kun bag Hjulet ved dettes Afløb fra Vejen, at der kan dannes et partielt lufttomt Rum og ikke



Cliché P. Le Gavrian

Fig. 142.

mellem Ringen og Vejen. Luften, der findes paa begge Sider af Hjulet, styrter ind i det saaledes frembragte tomme Rum for at fylde det og river derved Sand og Smaasten med sig. Naar Gummien saa slipper Vejen og faar sin oprindelige Form igen, kastes de Smaadele, der er revet løs fra Vejen, bagud; nu frembringer et hurtigtkørende Automobil en stærk Blæst imellem Vejen og Automobilets Underdel, og denne Blæst spiller en stor Rolle for Rejsningen af Støvet. De løse Dele, der allerede er sat i Bevægelse af Kræfterne ved Hjulets Omkreds, slynges af denne Blæst bagud og til Siderne

Det er paa denne Maade, man kan forklare det Fænomen, der viser sig paa Veje med stor Automobiltrafik, at den midterste Del af Vejen blæses fri for Støv, og at dette samler sig ved Siderne og i Grøfterne.

Spørgsmaalet om Automobilringenes Materiale[1]) har meget stor Betydning ved en Undersøgelse af, hvad der skal gøres for at formindske Ødelæggelsen af Vejene. Den Skade, der gøres af Automobiler med Jernringe, er vanskelig at vurdere, men hvor saadanne Ringe overhovedet maa bruges, har man ment, at en Begrænsning af Hastigheden til 5 km i Timen skulde begrænse Ødelæggelsen. Ved lille Hastighed er et Automobils Svingninger kendeligt forskellige fra Svingningerne ved større Hastighed.

Det er allerede tidligere omtalt, at Automobiler med massive Gummiringe i betydelig Grad bidrager til at ødelægge Vejene. Ødelæggelsen afhænger af, hvormeget Ringen er slidt, og jo mere Gummi, der er slidt af, altsaa jo tyndere Ringen er, desto større er Slidet. Desuden kan Gummien have mistet sin fjedrende Evne, og det stærke Tryk paa den virker i saa Henseende til at formindske Fjedringen, idet Gummien herved bliver stærkt komprimeret.

---

[1]) Leeming: Road Engineering, London 1924, S. 201.

I denne Forbindelse kan det ikke stærkt nok anbefales at anvende Luftringe, og der er mange Automobilejere, som har indset, at det ogsaa for dem er økonomisk at gøre dette.

Den uaffjedrede Vægt af et Automobil med Jernringe eller massive Gummiringe kan defineres som den Del, der ligger imellem Hovedfjedrene og Vejen. Størrelsen af denne Vægt og dens Forhold til Vognens totale Vægt er en variabel Størrelse. Den afhænger af 1) Vogntypen, 2) Ringenes Art (massive Gummiringe eller Jernringe), 3) Læssets Plads i Forhold til Akslerne, 4) om Vognen er læsset eller uden Læs.

Det anvendte Antal Vogntyper er nu saa stort, at man ikke nærmere kan omtale de enkelte Typer her. Jernringe giver ikke nogen Reduktion af den uaffjedrede Vægt, medens de massive Gummiringe til en vis Grad virker fjedrende og derved formindsker den uaffjedrede Del, men hvor meget afhænger af, om Ringene er slidt eller ej. Læssets Plads paavirker Vægten paa Akslerne og dette virker ind paa den Fjedring, der er i selve Ringene, men der kan ogsaa derved ske en Forøgelse af den uaffjedrede Vægt, idet Hovedfjedrene flades ud, saa de næsten ophører at virke; hvis Automobilet er uden Læs, er det muligt, at Fjedrene er utilstrækkeligt følsomme, saa Resultatet bliver, at de ikke kan lade selve Vognen fjedre, hvorved Vægten af den maa lægges til Vægten under Fjedrene. Man har ofte iagttaget, at en Vej ødelægges mere af en Vogn uden Læs end af en Vogn med Læs. Dette ligger altsaa deri, at en Vogn uden Læs har en større Procent af uaffjedret Vægt, og Middelhastigheden for en saadan Vogn er ogsaa større.

Man føres derfor ind paa, at den bedste Ordning af Fjedringen vil være at have en Hjulbeklædning, der kan virke som Fjedre for hele Vognen. Der er gjort forskellige Opfindelser for fjedrende Hjul, men ingen kan maale sig i Virkning med Luftringe.

Resultaterne af de af Bureau of Public Roads i Washington afholdte Forsøg over forskellige Hjulringes Virkning paa Vejene er, at Anvendelse af Luftringe vil skaane Vejene og formindske Vedligeholdelsesudgifterne mere end nogen anden tænkelig Reform, og man kan vist nok desuden sige, at Luftringenes Bidrag til Bølgedannelse praktisk set kan lades ude af Betragtning. Hovedgrunden hertil er, at Luftpuden giver en fuldstændig Fjedring i det Punkt, hvor Ringen rører Vejen, og Virkningen af den uaffjedrede Vægt er reduceret til 0. Med Hensyn til baghjulsdrevne Vogne kan man sige, at Luftringe i høj Grad bidrager til at forhindre Bølgedannelse og til at reducere Virkningen af Slaget fra Baghjulene mod Bølger, der allerede er dannede. Der er ringe Tvivl om, at Vogne med faste Ringe omtrent gør al den Skade, der gøres imod Vejene, og at Vogne med Luftringe vistnok er forholdsvis ufarlige for de moderne Vejdæk.

Luftringenes Dimensioner og Lufttrykket i dem maa være Genstand for megen Opmærksomhed. En stor Luftring vil give bedre Resultater end en lille, da den er i Stand til i højere Grad at mildne Virkningen paa Vognens Fjedre.

En anden Fordel ved Anvendelse af Overstørrelse af Luftringe er det forøgede Antal km, som man kan køre med en given Mængde Benzin, og deraf følger naturligvis, at Slidet paa Vejen reduceres i samme Forhold.

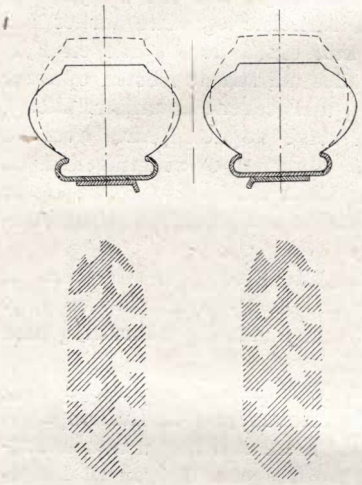
Med Hensyn til Lufttrykket i Ringen er der en Middelværdi, der samtidig giver en passende Bekvemmelighed og mindste Slid paa Ringen. Lavt Lufttryk giver den største fjedrende Virkning og gør mindst Skade paa Vejen, men det er ikke heldigt for Ringens Levetid, og Vognen staar ikke sikkert paa Vejen under disse Omstændigheder. Der er sket mange Ulykker ved at for bløde Ringe er gledet ud, og det sikreste er, at Ringene er passende haardt pumpet. Det nøjagtige Lufttryk kan bestemmes ved en Trykmaaler, der forbindes med den indre Luft i Ringen.

Anvendelse af Luftringe paa Forhjulene alene paa Lastautomobiler er et Skridt i den rigtige Retning. Man er i Almindelighed enig om, at Luftringe forøger Motorens Levetid ved at Svingningerne formindskes. Der sker desuden mere, idet

man paa denne Maade næsten fuldstændig undgaar Svingninger af Bagakslerne som Følge af at Forhjulene slaar imod en Forhindring eller et Hul.

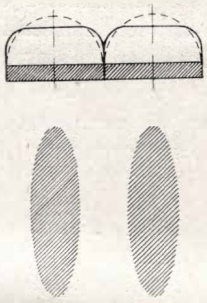
Men selvfølgelig er der nogle Mangler ved Anvendelse af Luftgummiringe paa tunge Lastmotorvogne: de kræver omhyggeligt Tilsyn, og der er altid Mulighed for, at de kan punktere, hvorved man kan faa Forsinkelser.

Yderligere Sammenligning mellem Virkemaaden af Luftringe og massive Ringe paa en Vejoverflade kan faas ved Henvisning til Fig. 143—144, der viser nogle Ringe, der blev brugt af Michelin i 1922 ved nogle Forsøg i Frankrig. For de dobbelte massive Ringe er Berøringsfladen med Vejen for Automobilet med Læs vist ved det skraverede Areal, der for hver Ring er 16,12 eng. Kvadrattommer; dette Areal er ikke underkastet samme Tryk overalt, og i Spidserne vil Trykket



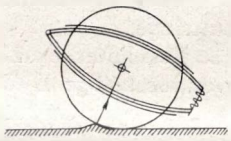
Cliché Leeming

Fig. 143.



Cliché Leeming

Fig. 144.



Cliché Leeming

Fig. 145.

praktisk talt være 0. Største Tryk vil være midt i Arealet, og fra dette Punkt vil Trykkets Størrelse aftage i de forskellige Retninger ud imod Omkredsen.

Et vigtigt Punkt i denne Forbindelse er, at Gummiens elastiske Egenskab formindskes meget stærkt, naar den er under Tryk: som Følge deraf er Gummiens Elasticitetskoefficient mindst, hvor Trykket er størst.

Luftgummiringen er fuldstændig forskellig herfra; Berøringsarealet for en Luftgummiring under samme Læs er 37,82 eng. Kvadrattommer, og det Areal, der dækkes, men hvor der ikke finder Berøring Sted paa Grund af Ringenes særlige Form, der skyldes Hensynet til Glidningen, er 7,75 eng. Kvadrattommer. I dette Tilfælde er Trykkets Størrelse praktisk talt ensformigt over det hele.

Hvis det største Tryk pr. Arealenhed er P, er det i den massive Gummiring det dobbelte af Middeltrykket, saaledes at Værdien bliver

$$P = \frac{2W}{16{,}12}$$

og for Luftgummiringen

$$P = \frac{W}{37{,}82}$$

Forholdet imellem de 2 Værdier er som 4,5 til 1.

Det er derfor ikke vanskeligt at se den store Fordel, der er ved at bruge Luftgummiringe i Stedet for massive Gummiringe.

Affjedring af Vognene er et Spørgsmaal, som Vejingeniørerne tidligere har

skænket meget ringe Opmærksomhed med det Resultat, at Vejene er blevet unødvendigt ødelagt. At indrette en Affjedring saaledes, at den passer til alle Forhold for Hastighed, Læs o. s. v., er ikke muligt, men der er visse Forbedringer, som kan udføres, som vil reducere Virkningen af Slagene imod en Ujævnhed i Vejoverfladen. Lige indtil nu er Bladfjedrene ved de fleste Vogne blevet anbragt vandret, hvorved de er i Stand til kun at optage lodrette Stød. Dette er ikke tilstrækkelidt for daarlige Veje, thi naar et Hjul slaar imod Kanten af en Bølge eller et Hul, fremkommer der en vandret Kraft, der skal lægges til den lodrette. Værdien af dette vandrette Slag afhænger især af Vognens Hastighed. Hvis derfor Fjedrenes Hældningsvinkel er en saadan, at den kan optage Resultanten af de 2 virkende Kræfter, den lodrette og den vandrette, vil Vejen og Vognen skaanes mest. En omtrentlig Ide om den Hældningsvinkel, der er nødvendig, kan man faa ved f. Eks. at undersøge Forholdene for en Hastighed af 45 km i Timen (Fig. 145).

Et andet vigtigt Spørgsmaal i Forbindelse med Spørgsmaalet om Fjedrene er Spørgsmaalet om Smøring af dem. I de fleste Tilfælde er Fjedrene ubeskyttede og udsat for Vejr og Vind, hvorved de kan ruste, saa Friktionen bliver større, og dette kan bidrage til at forøge Vægten af den uaffjedrede Del.

For at undgaa dette bør man smøre alle Bladfjedre med visse Mellemrum, og Fjedrene bør dækkes for at holde Snavs ude og for at holde paa Smørelsen. Der er mange udmærkede Indretninger i Handelen til at iværksætte denne Smøring.

Det er blevet vist, at stor Akselafstand bevirker, at en Vogn løber mere jævnt paa Vejen. Af denne Grund vil en forskellig Akselafstand for Vogne, der løber paa samme Vej, have en heldig Virkning paa Vejen i Sammenligning med Virkningen af Vogne med samme Akselafstand. Der er selvfølgelig en Grænse for Størrelsen af denne Akselafstand; en Vogn med stor Akselafstand kræver stor Plads til at vende, og den kan daarligt vende paa en snæver Vej, fordi Baghjulene i saa Fald vil hænge stærkt ind i Kurven. Størrelsen af en Motorvogns Overhæng bagud bestemmer den Del af Vægten, som kommer til at hvile paa Bagakslen. Den kan derved forøge Svingningerne af Bagvægten i alvorlig Grad. Den Del af Vægten, der ligger paa Bagakslen, søger at løfte Forakslen i Vejret, og det vilde derfor synes bedre at have Tyngdepunktet for Læsset saa langt fremme foran Bagakslen som muligt. Et langt Overhæng er en stor Fare, i Tilfælde af at Baghjulene skrider.

Som ligeledes omtalt ovenfor er det meget tvivlsomt, om Anvendelse af Differentiale er lige saa godt for Vejen som for Vognen; det er ikke altid godt for Vognen, fordi det kan ske, at kun eet Hjul trækker eller bremser, en Omstændighed, der kan bevirke, at Vognen skrider. Hvor Hjulene drives uden Differentiale, maa begge Hjul trække eller bremse med samme Hastighed, og den eneste Ulempe fremkommer i Kurver. Med en Vogn med stor Akselafstand vil Udeladelse af Differentialet ikke betyde nogen alvorlig Ulempe hverken for Ringene eller for Vejen. Mange Væddeløbsautomobilister foretrækker en Aksel uden Differentiale, fordi der derved ikke tabes nogen Kraft, ved at et Hjul slipper Vejen.

En høj Beliggenhed af Tyngdepunktet bør altid undgaas, baade naar Vognen er læsset, og naar den er tom. En lav Beliggenhed af Tyngdepunktet giver roligere Kørsel og bidrager først og fremmest til sikrere Kørsel.

Det, der tidligere er sagt om den ødelæggende Virkning af baghjulsdrevne Automobiler, fører naturligt til den Slutning, at en anden Driftsform maaske var mindre skadelig. 4 Hjuls drevne Vogne synes at frembyde mange Fordele i Forhold til de baghjulsdrevne. Den Kraft, der virker paa Drivhjulene, reduceres mindst 50 pCt., og Vognen dels trækkes af Forhjulene og dels skydes af Baghjulene. Dette bortelimineres næsten fuldstændigt Drejningen om Bagakslen, der er vist i Fig. 136, og den dermed følgende Tendens til at danne Bølger i Vejen. I alle Tilfælde er Hjulenes Slid paa Vejen langt mindre end ved de baghjulsdrevne Vogne, og Besparelsen i Benzin og Vejslid maa være betydelig.

Uheldigvis er der visse mekaniske Vanskeligheder ved Bygning af firehjuls-

drevne Vogne. Overføring af Drivkraften til Styrehjulene paa Forakslen er ikke nær saa simpel som til Hjulene paa Bagakslen.

Et udmærket Eksempel paa Fordeling af Trækkraften over 2 Aksler har man i de nye 3 akslede Vogne, hvor de 2 bageste Aksler trækker.

Scammells 6 hjulede Vogn trækker kun med Midteaksen, og Bagenden af Vognen er blot hængt paa og virker som Paahængsvogn.

Som almindelig Regel kan siges, at det er mere økonomisk at køre med Paahængsvogn end uden. Det er da i alle Tilfælde fordelagtigt at anvende en fjedrende Trækstang imellem Automobilet og Paahængsvognen for at faa Trækket saa nær som muligt konstant, ogsaa naar Vejen er daarlig. En saadan fjedrende Forbindelse formindsker Virkningen af Trækket baade paa Automobilet selv og paa Paahængsvognen og paa det Læs de fører, og desuden formindsker det Ødelæggelsen af Vejen.

§ 26. Gangstier, Fortove, Cyklestier, Ridestier, Sommerveje m. m.

Gangstier. — Hvis der skal sørges godt for Fodgængerne, er det nødvendigt at bygge Gangstierne som ophøjede Gangstier, der ud imod Vejen begrænses af Kantsten og ligger 12—15 cm højere end Vejen. Gør man ikke Gangstien ophøjet, skal Vandafledningen fra Kørebanen foregaa ud over Gangstien, og dette vil altid være en betydelig Ulempe for den gaaende Færdsel.

For at Gangstier under alle Vejrforhold skal kunne holdes tørre og faste, er det nødvendigt, at der anbringes en Befæstelse paa dem; der stilles ikke store Fordringer til dennes Bæreevne, og man kan derfor nøjes med et temmelig tyndt Lag, hvis vigtigste Egenskaber skal være, at det lader sig træde sammen til en fast og jævn Overflade, og at det ikke udblødes af Regn. Almindeligt Sand og Grus tilfredsstiller disse Fordringer i forskellig Grad efter deres Kvalitet. Selv fint Sand vilde være tilstrækkelig porøst og vandsugende, saa Gangstien kunde taale en Del Regn uden at synes vaad; men hvis Sandet bliver levende, naar det ved vedholdende Regn mættes med Vand, er det for fint og kan ikke anvendes. Grus lader sig ikke udbløde, men skal man kunne nøjes med et nogenlunde tyndt Lag, maa Kornstørrelsen ikke være for lille, da Grusen saa vil trykkes ned i Undergrunden. naar denne bliver opblødt af Regn. For at kunne banes fast, saa Overfladen i tørt Vejr ikke bliver sandet, maa Grusen være skarp, og for at Gangstien skal blive jævn, maa den være nogenlunde fin. Man faar derfor det bedste Resultat ved at dele Gangstibefæstelsen i 2 Lag, et nogenlunde grovkornet Bundlag, der selv i vandmættet Tilstand har fornøden Bæreevne, og et mere finkornet Dæklag, der kan give en jævn Overflade.

Bundlaget kan f. Eks. bygges af almindelige Skærver, der er slaaet nogenlunde fint, saa de ikke danner fremspringende Toppe i Gangstien, naar Dæklaget bliver afslidt. Granitskærver bruges dog sjældent, da de er for kostbare, Murstensskærver anvendes undertiden, hvor man kan faa dem, men det almindeligste Materiale er dog Nøddesten. Bundlagets Tykkelse er som Regel ca. 8 cm. Det kan lægges uden Indfatninger, men er der Tale om en ophøjet Gangsti, vil Kantstenen danne Indfatning mod Kørebanen. Ud mod Grøften lader man gerne staa en Strimmel paa ca. 30 cm Bredde, som ikke faar Bundlag, men kun Dæklag. Bundlaget lægges altsaa i saa Fald i udgravet Kasse. Laget tromles, men man vil kunne nøjes med en let Tromle, der kan trækkes af en Hest eller ved Haandkraft; i de seneste Aar er der dog ogsaa bygget lette Motortromler til Brug paa Gangstier.

Over Bundlaget udlægges et 3—5 cm tykt Lag af finere Dækgrus, hvori Oprundingen (1 : 25—1 : 40) tilvejebringes, hvis Gangstien skal afvandes til begge Sider; har den derimod ensidigt Fald (1 : 15—1 : 20), lægges Bundlaget med samme Fald. Strandgrus er ikke godt til Dæklag, da det bliver løst i tørt Vejr. Grus med

Kornstørrelse som Ærter er mest passende, og jo skarpere det er, desto renere kan det være, og desto bedre bliver Gangstien. Det fine Affald fra Skærvemaskinerne er et fortræffeligt Dæklagsmateriale; skarpt naturligt Grus er imidlertid ogsaa et godt Materiale; et ringe Lerindhold, som sædvanlig findes i Bakkegrus, kan bøde noget paa en Mangel paa Skarphed ved at lette Fastbaningen og gøre den holdbar i tørt Vejr; men Gangstien bliver let fedtet og slibrig i Regn.

Det er heldigt, men ikke absolut nødvendigt, at give Gangstien et Par Overgange med en let Tromle, hvorefter man kan overlade den fuldstændige Fastbaning til Færdslen.

Vedligeholdelsen af en Grusgangsti bestaar alene i en delvis Fornyelse af Dæklaget een Gang om Aaret, hvorved dets Tykkelse bringes op til den oprindelige; det nye Gruslag udlægges i Reglen temmelig tidligt om Foraaret, naar Frosten er af Jorden.

Naar Kravene til Gangstiens uforandret gode Tilstand under alle Vejrforhold ikke stilles saa højt, kan man nøjes med et 8—10 cm tykt Lag af uharpet Grus, der dog ikke maa indeholde ret store Sten. Et passende ensartet og skarpt Materiale kan imidlertid uden Harpning og uden Adskillelse mellem Bund- og Dæklag give saa gode og holdbare Gangstier som det overhovedet er muligt at faa.

Til Bundlag kan anvendes harpet og knust Kulslagge, hvor der er Lejlighed til at faa det billigt. Hvor den gaaende Færdsel i Nærheden af Byer er stor, giver man som Regel Gangstierne bedre Belægninger som f. Eks. Fliser eller Tjærebeton.

Imod Kørebanen skal en ophøjet Gangsti helst indfattes af Kantsten. I Stedet for saadanne ser man dog undertiden, hvor Færdslen ikke er videre stor, anvendt Græstørv paa Fladen, men det er en Selvfølge, at en saadan Indfatning ikke er meget modstandsdygtig. Paa private Veje eller paa Veje i offentlige Anlæg, der er underkastede stadigt Tilsyn, kan Indfatningen udføres af almindelige Brosten paa Fladen, hvor det rektangulære Hoved danne Forsiden. Er denne blot regelmæssig, kan det iøvrigt være tarvelige Brosten.

Paa almindelige offentlige Veje maa Kantstenene være sværere, da de her let kan blive udsat for Overlast. Kløvede Granitkantsten, 10 cm tykke og 30 cm dybe, der sættes i et Gruslag og understoppes, vil i Reglen staa tilstrækkelig sikkert, saa de ikke vælter eller trykkes ned, selv om de træffes af et Vognhjul, og saa heller ikke Frosten kan bringe videre Forstyrrelser i deres regelmæssige Stilling.

Hvor Gangstien skal afsluttes, f. Eks. ved Vejskæringer, stilles Kantstenene som Regel efter en Cirkelbue med temmelig lille Radius, maaske lig Gangstiens Bredde. Bruges kløvede Kantsten, tildannes der ikke særlige Sten til disse Afslutninger; man udsøger blot nogenlunde korte Sten, der kan stilles i en brækket Linie uden at give for skarpe Knæk, medens det ellers er en Fordel, at Kantstenene er lange.

Paa private Veje har man undertiden anvendt Kantsten, støbt af stærk Grusbeton, men saadanne Kantsten er ikke meget modstandsdygtige mod Paakørsel.

Hvis Vandafledningen skal foregaa gennem den ophøjede Gangsti til Grøften, maa der med Mellemrum, afpassede efter Vejens Længdefald, indlægges Rørledninger tværs under Gangstien. Man har dertil benyttet almindelige 3″ Drænrør, men det er vanskeligt at holde dem i Orden; saltglasserede Mufferør maa i Almindelighed foretrækkes trods den højere Pris. Rørdiameteren bør helst ikke være mindre end 4″, undertiden bruges dog 3″ Rør, og Ledningen lægges retliniet og med temmelig stærkt Fald. Mufferne maa helst vendes op imod Faldet, ligesom ved Kloakledninger; ved Indløbet fra Kantstenene er det imidlertid ikke saa let at faa Plads til Muffen, og hvis Ledningens Længde netop passer til et helt Antal Rør, vil man maaske af den Grund foretrække at lægge dem med omvendte Muffer. Det er uundgaaeligt, at der efterhaanden skylles Grus ned i Rørene, saa Ledningerne maa ofte efterses og renses.

Rørene indlægges i Fugen mellem to Kantsten, der hugges saaledes, at de slutter saa tæt som muligt omkring Rørvæggene, da en større Utæthed let vil med-

føre, at Gangstiens Grus af Regnen skylles ud gennem Fugen, saa Røret blottes. Den Ende af Rørledningen, som vender mod Grøften, kan i Reglen lades ubeskyttet, men dog er det heldigt at pakke med Sten lige omkring Mundingen.

I Parkanlæg spiller Gangstier en stor Rolle, og der stilles store Fordringer til dem. De bygges sædvanlig med Bundlag af Skærver eller Nøddesten og Dæklag af skarpt Grus. Da de i Reglen ligger indesluttede af Græskanter, kan det være vanskeligt at skaffe god Vandafledning, hvor der ikke findes underjordiske Ledninger. Hvor en saadan Grusgangsti har stærkt Længdefald, vil Grusen meget let blive skyllet bort under stærk Regn, hvis der ikke langs een eller begge Sider lægges en brolagt Rendesten, hvor Vandet kan samle sig og løbe af uden at gøre Skade.

Fortove. — Fortovsbefæstelsen skal være saaledes, at man kan gaa bekvemt paa den uden for hurtigt at blive træt, saa den altsaa ikke maa være ujævn og ikke for haard.

En meget haard Befæstelse slibes med Tiden glat, saa den især om Vinteren bliver farlig for Fodgængere. Heller ikke for blødt Materiale kan anvendes, da der slides Fordybninger i det, som i Regn fyldes med Vand og saaledes generer Færdslen.

Regnvandet skal saa hurtigt som muligt løbe fra Fortovet til Rendestenen dels af Hensyn til Fodgængerne, dels ogsaa for at undgaa, at det siver ned i Grunden, hvor det om Vinteren fryser, saa Fortovsbefæstelsen kan blive ødelagt.

Denne Fordring tilfredsstilles bedst af en fuldstændig vandtæt Befæstelse som et Beton- eller Asfaltlag eller en Brolægning med udstøbte Fuger. En saadan vandtæt Befæstelse kan dog ikke uden videre anvendes, da det kan ske, at der siver Lysgas ud af Gasrørenes Samlinger, og hvis denne Gas ikke kan slippe ud gennem Befæstelsen, er der Fare for, at den trænger ind i Kælderne. Dette kan især blive Tilfældet, naar ikke alene Fortovene, men ogsaa Kørebanen har en saadan tæt Befæstelse. Vil man derfor have en tæt Fortovsbefæstelse, bør man enten lade en 0,5—1,0 m bred Stribe langs Kantstenen ligge med en ikke for tæt Befæstelse som f. Eks. Mosaikbrolægning eller ventilere Gasledningen.

En sammenhængende tæt Fortovsbefæstelse vanskeliggør og fordyrer ogsaa de Opgravninger, som Reparation af de under Fortovet liggende Ledninger og Udførelsen af Stikledninger til Ejendommene kræver. Opbrydningen tager mere Tid og Arbejde, da Betonen er haard, det gamle Materiale kan ikke benyttes ved Reparation af Betonunderlaget, og Betonens langsomme Hærdning gør, at Arbejdet tager lang Tid.

Disse Grunde taler ogsaa imod at anvende Beton som Underlag for Fliser og Cementmørtel til Udstøbning af Fuger. Cementmørtel bør heller ikke anvendes til Udstøbning af Fuger, fordi Fliserne saa let ved Opbrydningen ødelægges, og i hvert Fald maa de renses, før de igen lægges paa Plads.

Fortovsmakadamisering anvendes paa Spadsereveje og som foreløbig Befæstelse paa Fortove i endnu tyndt befolkede Yderdistrikter; den er behagelig at gaa paa, men dog ikke fast nok og i Regnvejr ikke tør nok til at kunne anvendes paa stærkt befærdede Fortove.

Som Fundament benyttes et 10—13 cm tykt Lag af Granit — eller Murstensskærver eller Nøddesten, der stampes og tromles sammen under stadig Vanding. Til Dæklaget anvendes Materiale med en Kornstørrelse paa 2—4 mm, der ligeledes skal tromles sammen, og Tykkelsen af Dæklaget er i Almindelighed 3—5 cm. Grusen maa fra Tid til anden løsnes paa de afslidte Steder, og nyt Materiale tilføres og tromles.

En saadan Fortovsmakadamisering kan overtjæres, hvorved dens Holdbarhed forøges.

Brolægning paa Sandfundament er vel endnu de fleste Steder den almindeligste Belægning paa Fortove. Den udføres med de ovenfor S. 97 omtalte Fortovsbrosten, der sættes i almindeligt Sandfundament, hvis Tykkelse i løst Maal er 10—15

cm, med en Overhøjde paa 4—5 cm og Stenene stødes alene med Enmandsstempel i flere Overgange.

Skifteretningen holdes sædvanlig vinkelret paa Bordurkanten. Ved brudte Hjørner lægges Skifterne ligeledes vinkelret paa Bordurkanten, og Sammenskæringen af de forskellige Skifteretninger følger da sædvanlig en brækket Linie fra Hjørnet af Bordurstenen til Hushjørnet, saaledes at de smaa trekantede Sten, hvormed Skifterne maa afsluttes, falder inde i Fortovsfladen og hverken ud mod Bordurstenen eller mod Hussoklen. Ved runde Hjørner følger Skifteretningen paa Hjørnet ligeledes sædvanlig Halveringslinien for Vinklen mellem Gaderne, men her kan det ikke undgaas, at Stenene maa hugges ved Skifterne mod Bordursten og Sokkel. Sammenskæringen af Skifteretningerne udføres paa lignende Maade som ved skraat afskaarne Hjørner, men det har selvfølgelig ingen virkelig Betydning, at det sker netop paa en bestemt Maade.

Brolægning kan anvendes over hele Fortovets Bredde fra Bordursten til Huslinie, naar man bruger godt tildannede Sten, saa Overfladen ikke bliver mere ujævn, end at det er behageligt i glat Føre. Ofte bliver dog en Del af Bredden belagt med et Materiale, som er behageligere at gaa paa end Brolægning, som Fliser, Støbeasfalt, Asfaltbeton, Tjærebeton eller lignende.

Da den sædvanlige Fortovsbrolægning ikke er stærk nok til at taale Vognfærdsel, maa man ved Portindkørsler erstatte den med Brolægning af sædvanlige Kørebanesten, der sættes i Skifter parallele med Bordurkanten og stødes med Firmandsstempel som andre Kørebaner. Det samme gælder om de andre svagere Fortovsbelægninger, men de sædvanlige hugne Granitbordursten kan fortsættes tværs over Portindkørslerne, og det samme gælder om Fortovsbelægninger af tykke hugne Granitfliser.

Fortovsbrolægning paa Sandfundament er gennemtrængelig for Vand og tørrer derfor hurtigt efter Regn. Den holder godt og kan ved Opgravninger let tages op og let retableres.

Mosaikbrolægning anvendes meget paa Fortove; den udføres med Smaasten med uregelmæssige Sideflader, der dog skal være jævne med et Tværmaal paa 4—5 cm eller 6—8 cm. Stenene sættes som Mosaik i et 5—10 cm tykt Sandlag og stødes ned. Undertiden sættes Stenene i et Slags Bueforbandt; der indvendes imod dette, at Fugerne mellem Stenene derved bliver noget bredere.

Anvender man forskelligt farvede Sten, opnaar man, at Mosaikbrolægningen faar et livligere Udseende. Mosaikbrolægning har den Fordel, at den er billig, og at den let lader Lysgas slippe igennem.

Klinker lægges i Sand, sjældent i Kalkmørtel og danner en jævn og nogenlunde holdbar Fortovsbrolægning. Ved at anvende et passende Mønster kan man give Klinkerbrolægning et ganske tiltalende Udseende.

Fliser af naturligt eller kunstigt Materiale er meget yndede som Fortovsbelægning, da de, hvis de lægges omhyggeligt og understoppes, giver en jævn Flade, der er behvem at gaa paa. Man anvender baade naturlige Sten og kunstige Fliser.

Af naturlige Sten har man navnlig anvendt Kalksten, Sandsten, Glimmerskifer og Granit. De tre førstnævnte Stenarter forekommer ofte med naturlig Lagdeling og kan derfor give forholdsvis billige Fliser. Af Kalksten er dog de fleste for os tilgængelige Varieteter, som f. Eks. Kinnekulla- og Ølandssten, mindre godt egnede, fordi de altfor hurtigt slides glatte og bliver farlige i Sneføre. Haard Sandsten kan give gode Fliser, der i Reglen maa hugges paa Overfladen, og ligeledes Glimmerskifer, hvor man sædvanlig bruger en naturlig Kløveflade, saa Flisen knap bliver saa jævn som en huggen Sten.

Størrelsen af disse Fliser vil rette sig efter Stenenes Aflejringsforhold og i Almindelighed ligge mellem 45 × 45 cm og 45 × 60 cm. De mindste Fliser er sædvanlig de billigste.

I Kjøbenhavn er anvendt en Del Fliser af Granit paa 30 cm i Kvadrat og paa

60 cm i Kvadrat. De har plan, pikhugget Overflade og afpudsede Kanter. Tykkelsen er ca. 15 cm. Da Granit er stærkt mod Slid, holder Fliserne sig længe passende ru, og Belægningen kan fortsættes tværs over Portindkørsler, naar man blot ved Riller deler Overfladen i mindre Felter omtrent af sædvanlig Brostensstørrelse, for at ikke Hestene skal glide ud. Granitfliser lægges som Regel over hele Bredden af Fortovet.

Af Hensyn til Prisen bearbejdes kun Flisernes Overside og Kanter, saa Lejefladen i Almindelighed er mer eller mindre afrundet. Ved Lægningen maa de derfor omhyggeligt understoppes. Alle Fortovsfliser lægges paa Sandfundament, som i Hovedsagen afrettes og komprimeres ved Stampning, før Fliserne anbringes: øverst lægges et tyndt løst Sandlag, hvori man med Forsigtighed trykker og støder Flisen i Leje.

Fliser af naturlige Sten fortrænges dog paa Grund af deres Kostbarhed mere og mere af Fliser af kunstigt Materiale.

Af kunstige Fliser har man i Kjøbenhavn især anvendt Betonfliser, hvis Format er 62,5 × 80 × 7,2 cm. De støbes mod en glatsleben Sten inden for en Jernramme af Højde lig Flisens Tykkelse, saaledes at Flisens Overflade vender nedad i Formen. Man kan anvende almindelig Beton af 10 mm Granitskærver i Blandingsforhold 1 : 2 : 4, men man maa da helst i Bunden af Formen lægge et 2 cm tykt Lag af ren Mørtel 1 : 2, der kan danne Slidlag. Støber man nemlig Flisen i hele Tykkelsen med Skærver, vil disse snart komme til at staa frem som spidse Toppe, der er ubehagelige at gaa paa, fordi Granitskærver er haardere og slides langsommere end Cementmørtel.

Mørtel af almindelig Kvartssand slides paa den Maade, at Kvartskornene efterhaanden rives løse, saa Overfladen holder sig nogenlunde ru, men Slidet kan baade foregaa ujævnt og temmelig hurtigt.

Man faar langt bedre Betonfliser naar man støber dem af Cement og bornholmsk Grus i Blandingsforhold 1 : 2 (altsaa uden Kvartssand), fordi Feldspatkornene har omtrent samme Slidkoefficient som Cementen, saa Flisen holder sig meget jævn uden dog at blive glat i Sneføre.

Betonfliser kan anvendes over hele Fortovets Bredde, men sædvanlig nøjes man med en eller to Rækker, altsaa en Bredde af 62,5 og 80 cm eller 125 og 160 cm, medens Resten af Fortovet brolægges. Bruger man to Rækker Fliser, lægges de sædvanlig i Forbandt, og man maa altsaa begynde og slutte den ene Række med en halv Flise. Man kan enten støbe Fliser i halv Størrelse eller knække dem efter forsigtigt at have hugget en Rille paa begge Sider og Kanter med en spids Hammer.

Ved afskaarne Hjørner bliver Flisebelægningen smukkest, naar man hugger Fliserne sammen efter Halveringslinien for Vinklen mellem de sammenstødende Retninger. Ved afrundede Hjørner belægges enten Hjørnet i hele Fortovets Bredde med Fliser i Rækker vinkelrette paa Halveringslinien for Vinklen mellem Gadeflugterne, eller man lægger to å fire Rækker Fliser parallelt med denne Halveringslinie og lader de retliniede Fliserækker i begge Fortove forløbe mod dem.

Betonfliser lægges paa Sandfundament, som afrettes og komprimeres ved Stampning, før Fliserne anbringes: øverst lægges et tyndt løst Sandlag, hvori man med Forsigtighed trykker og støder Flisen i Leje.

Af andre kunstige Fliser gaar forskellige Sorter almindeligt i Handelen, især Lerfliser af specielle Sorter Ler, der kan brændes meget haarde. Fliserne er sædvanlig kvadratiske med 15—25 cm Sidelinie. Tykkelsen er 5—8 cm. Begge Sideflader er i Reglen pressede i Reliefmønstre, for at Belægningen ikke skal blive for glat.

Lerfliser er meget forskellige i Kvalitet, hvilket antagelig hidrører fra deres større eller mindre Sintring ved Brændingen; navnlig slibes mange Sorter med Tiden glatte, og desuden løsner de sig især i Frostvejr let fra Fundamentet.

Denne sidste Mangel er en Følge af, at deres Tykkelse som Regel er ringe i

Forhold til Størrelsen; af denne Grund bør Tykkelsen aldrig være mindre end 5 cm; man anvender nemlig, foruden de her nævnte, ogsaa forskellige ca. 2,5 cm tykke farvede Gulvfliser.

5 cm tykke Lerfliser kan lægges paa et fast Sandfundament; tyndere Fliser bør lægges i Cementmørtel paa et Betonfundament.

Ved Brug af Fliser kan man ved god Lægning fremstille Fortove, der i Jævnhed og godt Udseende fuldt ud kan maale sig med Fortove med sammenhængende Fortovsbelægning. Prisen vil ganske vist i Almindelighed stille sig betydelig højere for Flisebelægning. Fliser bliver ikke saa fedtede og glatte i halvvaadt Føre, og man kan let kombinere dem med Brolægning, der har sine Fortrin i meget glat Føre, medens f. Eks. Støbeasfalt sædvanlig lægges over hele Fortovets Bredde, dels fordi den skal hvile paa et Betonfundament, og dels fordi den helst maa indfattes med hugne Sten. I Gader, hvor der er anvendt Kørebanebelægning paa Skærve- eller Betonfundament, har Fliser endvidere det væsentlige Fortrin fremfor Asfalt, at de ligesaa godt som Brolægning tillader Rendegravninger, saaledes at man godt kan have Gadeledninger liggende under flisebelagte Fortove.

En sammenhængende Fortovsbelægning uden Fuger er meget behagelig for Fodgængere, men har som omtalt visse Mangler, naar Fortovet skal graves op, og for Gasledningernes Ventilation.

Som sammenhængende Fortovsbelægning kan anvendes Støbeasfalt, der er omtalt tidligere, og Tjærebeton, Asfaltbeton, Cementbeton m. m.

Tjærebeton er væsentlig billigere end Støbeasfalt; den har lignende Fortrin, er ganske vist ikke saa holdbar men er særdeles anvendelig for svagere Færdsel. Overfladen er glattere end Overfladen af almindelige Grusgangstier, den er fri for løse Smaasten, blødere at træde paa og uigennemtrængelig for Vand, saa den ikke opblødes og bliver snavset i stærk Regn. I fin Regn og Taage vil Tjærebeton let blive fedtet af Snavs, der slæbes ind fra den tilstødende Kørebane eller fra tilstødende Jordarealer.

Selve Laget af Tjærebeton har i Reglen kun en Tykkelse af 8 cm, og det maa derfor hvile paa et Fundament, der kan udføres som et 5 cm tykt Lag af faststampet og tromlet groft Grus eller Skærver. Da Dæklaget er vandtæt, stilles der ikke saa store Fordringer til Bundlaget, og er Undergrunden tør, kan man f. Eks. anvende Murstensskærver som Fundament.

Som Indfatning kan bruges hugne Bordursten eller Fortovsbrolægning, men hvor Tjærebeton anvendes sammen med almindelig Grusgangsti, udføres Indfatningerne sædvanlig af tjærede Mursten, der sættes paa Højkant med Længden vandret. Inden for disse udgraves en Kasse, hvori Bundlaget stampes fast, saa der bliver Plads til de 8 cm Tjærebeton.

Som Raamateriale kan anvendes skarpt naturligt Grus, men Affaldet fra Maskinslaaning af Granitskærver giver et i alle Henseender bedre Produkt, der bør foretrækkes, hvor det kan skaffes. Tjærebeton af Skærveaffald faar ikke blot en glattere og jævnere Overflade, der slides langsommere, men det bliver ogsaa mindre blødt i Varme end Tjærebeton af naturligt Grus, hvilket hidrører fra, at de skarpkantede Smaaskærver forkiles fastere mellem hinanden.

Grusen eller Skærveaffaldet sorteres i tre Numre f. Eks. $^1/_2$″, $^1/_4$″ og $^1/_{16}$″ Skærver, der benyttes hver i sin Trediedel af Betonlaget, de groveste underst og de fineste øverst.

Tjæren koges i en aaben Gryde, for at en Del af de flygtige Olier kan fordampe, som ellers vilde gøre Tjærebetonen meget blød i stærk Varme, og derefter blandes den med Grusen, der i Forvejen maa være fuldstændig tør og helst opvarmes, for at Tjæren lettere kan flyde ud paa Overfladen af de enkelte Korn. Blandingen maa foretages saa omhyggeligt, at alle Gruskorn faar et Overtræk af Tjære, og Massen skal derefter helst henligge i nogen Tid, før den bruges, saa Tjæren kun

er lidt klæbrig (Fremgangsmaaden er altsaa ganske den samme som den, der følges ved Fremstilling af Kørebaner af Tjærebeton).

Ovenpaa Bundlaget udlægges først et Lag af $2^1/_2$ cm Tykkelse af de største Skærver, derover $2^1/_2$ cm af Mellemfinheden og øverst $2^1/_2$ cm af det fineste Grus som Slidlag: hvert Lag komprimeres for sig ved Stampning med en Jernstøder og Tromling med en Støbejerns Haandtromle. Tilsidst spredes over Slidlaget et tyndt Lag af det fineste Skærveaffald eller skarpt Grus uden Tjære, og dette tørre Grus vil af Færdslen snart blive presset ned i den frisklagte Tjærebeton, saa Overfladen hurtigt bliver fuldstændig glat og ren. Tjærebetonfortove kan kun udføres i fuldstændig tørt Vejr, hvis Resultatet skal blive tilfredsstillende.

Tjærebeton holder sig meget glat og jævn under Færdslen, naar Slidet blot ikke gaar ud over det øverste fine Lag, hvad man lettest opnaar ved en aarlig delvis Fornyelse af Slidlaget. Dette udfører man ved at overstryge Belægningen med varm Tjære og derefter dække den med fint Grus eller Skærveaffald.

Hvis der fremkommer større Huller i Overfladen, udføres Reparationen ved fuldstændig Ophakning og Ombygning af Laget gennem hele dets Tykkelse fra Fundamentet. Det samme gælder, hvis der fremkommer Revner, fordi Grunden synker f. Eks. efter Rendegravninger. Tjærebetonen maa fuldstændig ophakkes omkring Revnerne og i de sunkne Dele, Fundamentet gøres tykkere, hvis en virkelig Synkning er foregaaet, og derefter kan Betonen udlægges paany. Ved saadanne Reparationer kan indtil Halvdelen af Laget lægges af den gamle opbrudte Tjærebeton, efter at den er slaaet i Stykker; dette Lag udlignes saa med frisk Tjærebeton af Mellemfinheden, og øverst lægges et Slidlag af det fineste Nummer som ved Nybygning. Den nye Beton maa udlægges med lidt større Tykkelse end den gamle, der i Tidens Løb er blevet komprimeret ved Færdslen udover det, man kan naa ved Stampning og Tromling, og Belægningens regelmæssige Udseende vil derfor gaa tabt i den første Tid efter Udførelsen af saadanne Reparationer. Hvis der ikke indtræder yderligere Forstyrrelser, vil Forskellen dog efterhaanden tabe sig og helt forsvinde efter næste aarlige Overtjæring og Grusning. Tjærebeton maa regnes blandt de Belægninger, der forholdsvis godt kan taale Rendegravninger.

Asfaltbeton lægges paa Fortove paa lignende Maade som omtalt for Kørebaner, kun kan Tykkelsen gøres noget mindre, og 3 cm benyttes i Almindelighed.

Cyklestier. — Cyklekørsel kræver en saa vidt muligt jævn og fugefri Kørebane. Det mest fuldkomne i denne Retning er Asfalt, Asfaltbeton og Tjærebeton. En ret godt egnet og tillige billig Befæstelse for Cyklestier er en god fasttromlet Gangstimakadamisering, der yderligere vil blive banet af Cyklehjulene; kun maa Fodgængere helst holdes borte. Overtjæring kan bidrage væsentlig til at forbedre Værdien af en saadan Makadamisering.

I Kjøbenhavn er Cyklestierne byggede saaledes, at der underst ligger et 6—8 cm tykt Lag af Singels, Murstensskærver, Slagger eller lignende Materiale og derover et Lag Grus; saadanne Cyklestier bliver let bløde i den vaade Aarstid og støvede i den tørre. Grusningen maa udføres hvert Aar, og det er en Ulempe, at der i Grusen kan være skarpe Stykker, der skærer Gummiringene itu.

Disse Cyklestier tjærebehandles paa følgende Maade. Alle Huller i Overfladen fyldes med Grus, saa Overfladen bliver fuldstændig jævn, hvorefter man lader Færdslen gaa hen over den, til den er fuldstændig fastbanet. Det endnu løse Grus fejes da omhyggeligt bort, for at Overfladen skal blive fuldstændig jævn, og Tjæren paaføres derefter i et saa tyndt Lag som muligt.

Tjæringen udføres paa sædvanlig Maade, og efter den strøs straks ud over Overfladen renset Affald fra Skærvemaskinen, og naar dette er gjort, kan Cyklestien aabnes for Færdslen.

To Maaneder efter den første Overtjæring udføres en ny Tjæring og Overpudring, og Cyklestien er da helt færdig. Hvor der er meget stærk Færdsel paa

Cyklestierne, maa Tjæring og Overstrøning gentages hvert Aar; hvor Færdslen er svagere hvert andet eller hvert tredie Aar.

Til første Overtjæring kan regnes at medgaa 1,6 Liter pr. m², til anden 0,8 Liter og til de følgende 0,55 Liter; til Overstrøning medgaar hver Gang 4,5 Liter pr. m², men hvis man ikke ønskede at aabne for Færdslen straks efter Overstrøningen, kunde denne Mængde gøres betydelig mindre.

Dobbelte Cyklestier har man delt efter Færdselsretninger ved en 5 cm bred gul Steg igennem Midten; den males med Oliefarve og maa fornyes hver Sommer.

Hvor Cyklestier skærer brolagte Portindkørsler, har man udført Brolægningens Skiftegang under 45° med Cyklestiens Retning. Indkørslen til Cyklestierne foregaar ved Gadehjørnerne og lige over for Tværgader, hvor disse munder ud i Gaden.

De særlige Cyklestier bør gøres saa brede, at to Cyklister kan passere forbi hinanden. Ved enkelte Cyklestier forstaas Cyklestier med Plads til to Rækker Cyklister i samme Retning; dobbelte Cyklestier kan optage 4 Rækker Cyklister, to i hver Retning. Det er mindre heldigt at have Cyklestier til tre Rækker Cyklister eller til mere end fire Rækker.

I Gader, hvor Cyklestien ikke lægges i et særligt Midteparti, lægges den som Regel langs Fortovet, og baade for Cyklister og for den øvrige Færdsel er det bedst at lægge een enkelt Cyklesti langs hvert Fortov. Færdslen foregaar da altid i modsat Retning paa hver af disse Cyklestier. Denne Ordning maa foretrækkes for en dobbelt Cyklesti langs det ene Fortov, fordi det bliver vanskeligt for Fodgængere at passere tværs over den, hvis Færdslen paa den er stor.

Bredden af en Cyklesti bestemmes paa følgende Maade:

1. Bredden af en Cyklist er 0,70 m, og er mindste Afstand mellem to Cyklister 0,30 m, bliver Afstanden mellem Midteplanerne af to Cyklister ..... 1,00 m
2. Afstanden fra Cyklestiens Kant til Cyklens Midteplan ..... 0,30 -
3. Afstanden fra enkelte faste Genstande, Træer, Lygtepæle o. s. v. til Cyklens Midteplan 0,50
4. Afstanden fra lange faste Genstande, Mure, Hegn o. s. v. til Cyklens Midteplan 0,65

Lægger man disse Tal til Grund, vil Bredden variere mellem 1,60 m og 2,15 m for enkelte og mellem 3,60 og 4,15 m for dobbelte Cyklestier. Plantes nye Træer langs en Cyklesti, maa man selvfølgelig huske, at Træerne med Aarene bliver tykkere.

Særlige Cyklestier er i Kjøbenhavn blevet lagt i de fleste nye Gader, der er bredere end 22 m, og i enkelte smallere. I enkelte Gader er der paa Forbundtet indrettet 0,60—0,80 m brede Cyklestriber for en enkelt Række Cyklister; Befæstelsen er de almindelige Brosten, hvor kun Sandfugerne er erstattede med Fuger fyldt med Asfalt. Denne Ordning er ikke heldig, fordi Cyklestriberne spærres af Vogne, der holder ved Fortovet, og af de sammenfejede Bunker af Gadesnavs; de Ramper, der ligger i Rendestenen ud for Portindkørsler, er ikke heldige for disse Cyklestriber.

Cyklestier lægges ligesom Fortove i Almindelighed 10—15 cm over Kørebanen. Ved hver Skæring med en Gade maa Cyklestien ad en kort Rampe (5 pCt.) sænkes ned i Højde med Kørebanen. Ligger Cyklestien mellem Kørebane og Fortov, hæves den 5—10 cm over Kørebanen, og Fortovet kommer igen til at ligge 5 cm over den. Skilles Cyklesti og Fortov ved en Trærække, er det ikke nødvendigt, at der lægges et Trin imellem dem.

Ude paa Landet udføres Cyklestier som Regel paa lignende Maade som Gangstier.

Ridestier. — Den nødvendige Bredde af en Ridesti er for 1 Rytter 3 m, for 2 Ryttere 5 m.

Ridestier bør ikke lægges ved den bebyggede Side af en Gade, fordi deres bløde Overflade for meget vilde genere Færdslen mellem Husene og en paa Gaden holdende Vogn. De hører derfor hjemme enten paa en Midterabat eller i eensidig

bebyggede Gader paa den ubebyggede Side. Trangen til Ridestier findes især i store Byer og i Byer med Garnison. Man plejer at nøjes med at lægge dem i enkelte Radial- og Ringgader, og for at de skal pynte i disse, plantes der som Regel Træer langs dem.

Ridestier befæstes med et mindst 30 cm tykt Lag af løst Sand. Sandet maa være rent og skarpt, for at der ikke skal dannes for meget Støv, og for at Vandet i Regnvejr hurtigt skal trække bort. En Ridesti maa en Gang om Aaret hakkes op og graves op, da den efterhaanden bliver banet fast sammen, og af Hensyn til Hestene er det af Betydning at holde den saa blød som muligt. Man har søgt at opnaa dette ved som Belægning at anvende en Blanding af Grus og Garvebark og har derved faaet en Bane, der holder sig blød og behagelig for Hestene i tørt Vejr, men som i stærk Regn kan blive temmelig sumpet.

Ridestien kan skilles fra Kørebanen med Kantsten. Fortove og Spadsereveje lægges ofte noget højere end Ridestier og begrænses mod dem ved Kantsten eller blot ved en Trærække.

Sommerveje. — Sommerveje faar her i Landet som Regel kun en Befæstelse af 10—12 cm Grus; i den nyeste Tid er man dog paa stærkt befærdede Landeveje, hvor Bredden af den makadamiserede Kørebane kun er 5—5,5 m, begyndt at befæste Banketterne med en almindelig Makadamisering, for at det kan være muligt for Vogne, i hvert Fald med det ene Hjul at komme ud paa Banketten.

Overkørsler. — Over Grøfterne skal anbringes Overkørsler fra Vejen til de tilstødende Ejendomme, saaledes at Grøftevandet har frit Gennemløb. Bredden af en Overkørsel er sædvanlig ca. 2,5 m.

Tidligere byggedes Overkørsler ikke sjældent som Træbroer, men af Hensyn til Vedligeholdelsen forlanges de nu altid byggede af Sten med Jordfyld.

Gennemløbet under en Overkørsel udføres i Egne, der er rige paa Sten, i Almindelighed som Stenkister af et Tværmaal lig Grøftens Bundbredde, ofte 45 cm, medens Højden mange Gange trykkes til 30 cm, for at der kan blive Plads i den 60 cm dybe Grøft til Overliggerne og lidt Jordfyld, uden at Overkørslen bliver højere end Vejkanten. Stenkisten udføres som almindelig Stenkiste, men i hvert Fald tidligere blev den sjældent muret i Mørtel; hvis man ikke vil nøjes med saadanne løst opsatte Kister, vil man de fleste Steder billigere kunne anvende Rørledninger.

Rørene, der benyttes til Gennemløb under Overkørsler, er i Almindelighed saltglasserede Mufferør med fra 6—18″ Diameter efter Grøftens Vandføring. Om man som mindste tilladte Dimension vil nøjes med 6″ Rør eller forlange 9″ Rør bliver nærmest en Skønssag, idet det nærmest er Hensynet til Oprensningen, der skulde gøre, at man ikke gik længere ned end til 9″. Større glasserede Rør end 18″ bør ikke benyttes, da saa store Rør er tilbøjelige til at knække.

Rørenes Ender beskyttes ved Frontmure, der helst maa opmures af kløvede Sten i Cementmørtel; dog ser man ofte Frontmure af tørt Cyklopmurværk, og nu anvendes en Del Frontmure af Beton støbt paa Stedet eller af Formsten af Beton. Det kan ikke anbefales at lade Rørenderne være ubeskyttede.

Hvor Materialoplagene flyttes fra Vejrabatten ud paa særlige Oplagspladser over Grøfterne, faar de i Almindelighed Form som en almindelig Overkørsel med Rørledning, Frontmure og Jordfyld, hvor Vejen ligger i Terrænhøjde eller Afgravning. Den nyttige Bredde af Materialpladsen kan derved blive ca. 2 m, medens Længden parallelt med Vejen ofte gøres ret betydelig, f. Eks. 10—20 m.

Hvor Skærveslaaningen foregaar paa særlige Stenpladser, kan Oplagspladserne langs Vejen gøres korte og lægges i stor Afstand, indtil 100 m, fra hinanden; skal Stenene leveres og slaas langs Vejen, maa baade Længden og Antallet af Oplagspladserne forøges, saa der kan blive Plads til den Stenmængde, der medgaar til en Nybelægning

§ 27. Træplantning m. m.

Paa Veje paa Landet. — Træplantninger har dels til Opgave at indhegne en Vej og dels at gøre Vejen kendelig om Natten og ved Snelæg; dels skal de give Skygge, og endelig er de ofte plantet alene af Skønhedshensyn.

Det er en Mangel ved Træplantninger, at de forhaler Vejens Udtørring, og det er nødvendigt at passe paa, at Grenene ikke hænger ned og generer Færdslen paa Vejen[1]).

Hvor der plantes Træer langs Vejene[2]), bliver der som Regel Tale om at plante to Trærækker; ved almindelige Veje plantes de uden for Kørebanen, men dog inden for Grøfterne. Er Vejen delt i Færdselsstriber, maa man anbringe Træerne i Skillelinierne mellem de forskellige Striber. Findes der Kørebane, Cyklesti og Gangsti, bør man anbringe Træerne mellem Cyklesti og Gangsti frem for mellem Kørebane og Cyklesti for ikke at forringe Oversigten.

Er der kun Kørebane og Gangsti, sætter man Træerne ud paa den indre Grøftekant; men iøvrigt maa man tage Hensyn til, om der er Bebyggelse, Haver eller Mark langs Vejen.

Træer, der staar langs Kørebanen, er i særlig Grad udsat for Paakørsel, og ogsaa dette taler for at anbringe Træerne saa langt fra Kørebanen som muligt.

Er Vejen smal, maa man overveje, om det ikke er bedst at nøjes med en enkelt Trærække; der er i dette Tilfælde ingen Grund til at være bange for saaledes at anbringe Træer kun langs den ene Side af Vejen.

Træerne kan plantes i Forbandt eller parvis. Alléindtrykket forstærkes, naar Træerne anbringes to og to lige overfor hinanden, men er Vejen smal, maa man af Hensyn til Kronens frie Udfoldelse forsætte dem. Da Træerne imidlertid til at begynde med vokser bedst, naar de staar parvis, kan man vente med at tynde ud, til de har naaet en vis Størrelse, der afhænger af Træets Art og Vejens Bredde, Læforhold o. s. v. I Kurver bør man sikkert tynde stærkere ud i den Trærække, der staar nærmest Centrum af Hensyn til den frie Oversigt.

Gaar Vejen i Retning Nord-Syd er det muligt, at begge Trærækker kan udvikles ens; gaar Vejen i Retning Øst-Vest, og der er bar Mark langs Vejen, faar man en solbegunstiget Række Træer i søndre Vejside og en solfattig Trærække i nordre Side, men hvis Vejen er meget bred og Træerne sættes i Forbandt, er det muligt, at der ikke vil blive nogen Forskel mellem de to Trærækker.

Er der bebygget, eller er der Haver tæt op til søndre Vejside, kan det meget vel forsvares kun at sætte een Række Træer, der da plantes i nordre Vejside.

Kanadisk Poppel blev meget anvendt tidligere, men den er ikke saa smuk som Pyramidepoppel og Graapoppel; Pyramidepoppel bliver dog let topskør, og Graapoppel kan gøre megen Skade paa tilstødende Marker, idet den har et vidt forgrenet Rodnet og sætter mange Rodskud. Sølvpoppel er vanskelig at anvende, da Grenene knækker for let i Storm.

Paa slet Jordbund og under barske Vindforhold kan man anvende Elm og Seljerøn. Paa bedre Jord og under bedre Læforhold desuden Røn, Ahorn, Hestekastanie og Lind. Hvor en Vej fører gennem Skov, og hvor der er gode Læforhold og godt Lys, kan man anvende Birk, der er et smukt Vejtræ.

I Udlandet anvendes Frugttræer en Del. Det kunde maaske ogsaa lade sig gøre her i Landet, hvis man brugte Sorter, der først bærer Frugt, naar de er blevet temmelig gamle.

Er Jorden for daarlig for Løvtræer, kan man plante Hvidgran, helst uden for Vejgrøften af Hensyn til de udragende Grene. Granerne maa dog ikke plantes for tæt, for at der ikke skal dannes Snedriver paa Vejen.

---

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1924, S. 186.
[2]) V. Malling: Lidt om Vejtræer (Dansk Vejtidsskrift 1925, S. 85).

Man maa paa korte Vejstrækninger kun bruge een Træsort, man maa saaledes ikke anvende een Art i den ene Side og en anden i den anden Side; det virker uskønt, og Træerne trives bedre, naar der kun er een Art.

Stammen bør holdes fri for Grene, der dels direkte generer, dels hindrer Oversigten, og endelig er det af Betydning for en god Kronedannelse; man kan fremskynde den naturlige Stammerensning ved at afskære de lavere Grene.

Kronen maa udtyndes efter faa Aars Forløb, da Vindfladen ellers bliver for stor, saa Træet er udsat for at knække; man bør ikke afkorte Grenene, da dette fremskynder Dannelsen af tæt Krone, altsaa virker lige imod Hensigten. Beskæringen udføres bedst lige efter Løvfaldet om Efteraaret.

Hegn. — Langs høje Dæmninger eller særlig dybe Grøfter anbringes Rækværk eller Afvisere; man kan hertil bruge Træer, men maa i hvert Fald midlertidig skaffe Afvisere, til Træerne bliver store nok. Rækværkerne kan udføres af Træ og bestaa af Stolper, der gøres fast i et nedgravet Kryds. med Hammer og Løsholter imellem, eller af Sten, enten udkløvet af Granit eller støbt af Beton og forbundne med en Haandlist af Rundjern eller Rør, der fæstes i Øskner, som faststøbes i Stenen. Undertiden nøjes man ogsaa med enkelte Afvisersten, ca. 1 m høje over Jorden og i 2—2,5 m Afstand fra hinanden. Trærækværker holdes ofte hvidmalede, Stenene kalkede, for at det skal være lettere at se dem i Mørke.

Paa Bjergveje anvendes ofte massive Mure langs Vejens Dalside, da Faren for Nedstyrtning er stor, og Stenmaterialet til Gengæld er billigt.

Vejene benyttes meget almindeligt til Opstilling af Telegraf- og Telefonlinier. Stængerne bør saa vidt muligt stilles paa Vejalenen.

Som almindelig Regel gælder, at Vejene ikke er indhegnede. I mange Egne er det ganske vist Skik, at der findes Hegn langs Vejene, men disse Hegn er private og vedkommer for saa vidt ikke Vejvæsenet. De offentlige Veje her i Landet har ikke Hegnspligt, derimod har de vistnok Hegnsret, saa Vejvæsenet, hvor Forholdene gør Anbringelse af Hegn ønskelig for Vejens Skyld, kan tvinge den paagældende Lodsejer til at deltage halvt i Bekostningen ved Anbringelsen af lovligt Hegn, selvfølgelig mod selv for Fremtiden at paatage sig Hegnspligten for vedkommende Vejstrækning.

Ved Anlæg af nye Veje kan en Lodsejer, hvis Mark gennemskæres af Vejen, enten gøre Fordring paa, at Vejen frahegnes, eller faa tilkendt sig Erstatning for den forøgede Ufred paa Ejendommen.

For Lodsejerne er det forbudt at holde løsgaaende, uvane Kreaturer paa uindhegnet Mark langs offentlig Vej.

Med Vejvæsenets Hegnsret følger dets Ret til at fordre et bestaaende Hegn, som ikke tilfredsstiller Hegnslovens Normer for lovligt Hegn, ombyttet med lovligt Hegn. Det, som i denne Sammenhæng især har Interesse for Vejvæsenet, er dets Ret til at skride ind mod særlig høje Hegn, der f. Eks. kan hemme Vejens Udtørring, og mod Anvendelse af Hegnsplanter, der kan skade Vejen eller dens Grøfter. Det kan saaledes ifølge den endnu gældende Del af Forordningen af 13. December 1793 forlanges, at Stengærder og Jordvolde ikke maa være højere end 5—6 Fod over Vejen, undtagen om Haver og Gaardspladser. Med Hensyn til private Plantninger langs Vejene har Vejvæsenet Ret til at fordre Grene, som hænger ud over Vejens Areal, borthugne af vedkommende Ejer, eller kan selv lade det gøre.

Om iøvrigt tæt Plantning, som levende Hegn, kan gøre Vejen Skade, f. Eks, under Snelæg ved at samle Sne paa Vejen, beror paa Forholdene. Hvor Markerne er stærkt gennemskaarne af levende Hegn, vil Blæsten dæmpes, og Snefygningen kun være ringe, saa Hegnene i det Hele taget virker gunstigt; men hvor der alene findes levende Hegn langs Vejene, men udenfor vidtstrakte, aabne og flade Marker, vil Snefygningen blive stærk, og Hegnet bevirke, at der samler sig særlig megen Sne paa Vejen. Da Snekastningen jo imidlertid ikke paahviler Vejvæsenet, vil dette

næppe modsætte sig Plantning af levende Hegn langs Vejene, saa meget mindre som de i Reglen af Skønhedshensyn maa betragtes som en Fordel. I den tørre Sommertid medfører Hegnene en Del Gene for de Vejfarende, navnlig ved at holde paa Støvet, som snarest til Gavn for Vejen, ikke saa let føres bort af Vinden.

Træplantninger i Gader. — De Træsorter, der egner sig bedst til Plantning i Gader, er:

Elm i god, ikke for fugtig Jord;

Platan i god, ikke for tør Jord. Den beskadiges i de unge Aar let af Frost, Stammen bør derfor om Vinteren bindes til;

Hestekastanie kræver svær, fugtig Jord. I tør Jord mister den tidlig Bladene; den passer bedst i Alleer, ikke saa godt i Gader; de nedfaldende Kastanier er ikke heldige i Gader;

Sølvahorn kræver ingen særlig Jord, men en luftig Plads. Da dens Krone i Begyndelsen vokser hurtigt, maa den ofte beskæres;

Poppel og Ask kan ikke anbefales. Poplens lange Rødder er uheldige for Rørledninger, og Asken er udsat for Insektangreb;

Lind kan vokse i al ikke for mager Jord;

Rødkastanie kræver ingen særlige Betingelser;

Rødtjørn stiller heller ikke særlige Fordringer til Jorden; efter Blomstringen bør den beskæres noget.

Træerne plantes i Gaderne i en Alder af 20—25 Aar. Stammens Højde indtil Kronen skal være 2,5—3,0 m, Stammens Tværmaal, 1 m over Jorden, skal mindst være 12 cm, hellere 15—20 cm. I nye Gader i Yderdistrikter nøjes man ofte af Hensyn til Prisen med at plante 5aarige Træer, som saa, naar Gaderne er helt bebyggede, vil have naaet den ønskede Størrelse.

Hvert Træ kræver Udgravning af et Plantehul paa mindst 2 m^2, i meget haard, vandstandsende eller daarlig Grund paa 4 m^2, med en Dybde paa 0,75—1,0 m; dette Hul fyldes med god Muldjord, blandet med noget Sand.

I Bunden af denne Grube sættes en 4—5 m lang, 10 cm tyk Stang som Støtte for det nyplantede Træ. Denne Stang bør dog kun naa til Kronen for ikke at skamskænde Træet. Til Opbindingen anvendes Kokusbaand umiddelbart under Kronen og paa et Sted 50 cm lavere. Til Beskyttelse faar de unge Træer om sig en Afviser af Fletværk, Traad eller Rundjern, eller Træstænger.

Hvert Træ kræver, for at Jorden kan faa Vand og blive ventileret, et ubefæstet Areal paa mindst 1 m, hellere 1,5 m Bredde, og et Areal paa 2—4 m^2, som, hvis det ikke er græsbevokset, oftere maa hakkes op og løsnes. Overfladen af dette Areal bør ligge noget under den omliggende Brolægning. Er Færdslen stærk og Fortovsbredden lille, bør det dækkes med en aftagelig Rist af Træ eller Jern.

For at man lettere kan komme til at vande Jorden omkring Træerne, anbringes der ofte Drænrør lodret ned gennem Plantehullet, der foroven lukkes med Blikkapsler og af og til fyldes med Vand.

For at Regnvand fra Rendestenen kan løbe ned i Plantehullet, lægger man undertiden foran hvert Træ en Kantsten med en 20 cm bred og 6 cm høj Slidse, som med Mellemrum maa renses for det Snavs, der samler sig i den.

Træernes største Fjende er den Lysgas, der næsten altid, ganske vist i ringe Mængde strømmer ud af Gasledningernes Muffer. Er der Gas i Jorden, vil Træet straks gaa ud, og efter at Gasledningen er tættet og Gassen er trukket bort, bør man lade gaa omtrent et Aar, inden man planter.

Sikrest beskytter man Træerne mod Lysgas ved at holde dem i god Afstand fra Gasledningerne, og mindre end 3 m bør denne Afstand ikke være. Ofte kan man dog ikke faa en saa stor Afstand, og man kan da sætte en Mur mellem Træer og Gasledning, eller udføre en særlig Ventilation af Muffene.

§ 28. Vejenes Afmærkning.

I Forordningen af 13. December 1793 var det foreskrevet, at Landevejene skulde forsynes med Hel-, Halv-, og Kvart-Milesten af hugget Granit eller Marmor og af forskellig Størrelse efter deres Betydning. Paa de gamle Kongeveje bestod Helmilestenene af en slank Keglestub paa en firkantet Sokkel med Kongens Navnetræk og Miletallet indhugget. Halv- og Kvart-Milestenene var lignende mindre Sten, anbragt paa Vejalenen.

Bestemmelsen gælder ikke mere, men overholdes stadig i Praksis paa Landevejene. Nu er Milestenene erstattet af Kilometersten med forskellig Udstyrelse for at fremhæve de særlige Tal i Talrækken som 10, 20, 30 o. s. v. Foruden Mile- og Kilometersten anbringes i Reglen Nummersten, mest af Hensyn til Vejenes Administration; det er mindre Sten 30—45 cm høje, enten udkløvede eller med glat hugget Forflade og med indhugget Nummer. I begge Tilfælde holdes Stenene hvidmalede med sorte eller røde Tal. Afstanden mellem de gamle Nummersten var sædvanlig 100 Favne, saa Milen deltes i 40 Dele, men i enkelte Amter var Afstanden 200 Favne. Stenene sættes i Reglen paa højre Side af Vejen regnet fra Udgangspunktet for Inddelingen. De fleste Sognekommuner har fulgt Eksemplet fra Landevejene og anbragt Nummersten langs Bivejene for lettere at have Orden paa Vedligeholdelsen.



Fig. 146. Vejvisersten.

Generalstaben har tidligere ofte benyttet disse Nummersten som Nivellementsfikspunkter, men da Stenene sjældent staar mere end ca. 50 cm i Jorden og altsaa er udsatte for at løftes af Frosten, har de kun meget ringe Værdi som Fikspunkter, og bruges næppe heller mere ved de nyere Nivellementer.

Den gamle Vejforordnings Bestemmelser om Anbringelse af Vejvisere ved Vejskæringer er ligeledes nu ophævede, men overholdes de fleste Steder i Praksis saavel paa Amtsvejene som paa Sognevejene. Enkelte Steder benyttes hugne Granitsten med paamalede Navne, men i Almindelighed udføres Vejviserne af Støbejern eller Træ og bestaar af en lodret Søjle, ca. 2,5 m høj, med en vandret Arm for hver Vej til Navnet paa det Sted, hvorhen Vejen nærmest fører. Det er en Fordel, at der er god Plads til Navnet, saa dette kan males tydeligt, og saaledes at der maaske ogsaa kan paamales Afstanden til det paagældende Sted.

Vejviserne anbringes i Reglen paa Rabatten tæt ved Grøftekanten, og man sætter gærne nogle Afvisersten omkring dem for at hindre Paakørsel af Vogne.

De ældre Vejvisere, der bestaar af en høj Træstolpe med Arme, hvorpaa Bynavn, eventuelt vedføjet Kilometerafstand, er paamalet, har den Mangel, at de om Natten ikke kan belyses af Motorkøretøjernes Lygter.

Den i Fig. 146 viste Vejvisersten[1]) skulde i den Retning være bedre; den maaler 140 cm fra Jordens Overflade til øverste Spids. Sidefladens Bredde er 38 cm forneden, 32 cm foroven. Der er som Farver anvendt hvide Bogstaver paa blaa Bund, altsaa de samme Farver, som er foreskrevet anvendt paa de internationale Vejtavler i Henhold til Konventionen af 1919, og som er Resultatet af en lang Række Forsøg.

---

[1]) Dansk Vejtidsskrift 1924, S. 185.

§ 29. Opstandere, Indbygninger m. m.

Opstandere m. m. — Alle Opstandere paa offentlige Gader og Veje faar ligesom Træer deres Plads paa de ophøjede Fortove eller paa særlige Refuger, for at de ikke skal blive paakørt og beskadiget af Vognene.

De hyppigst anvendte Opstandere af mindre Dimensioner, som Lygter, Master for elektrisk Belysning, Sporvejsmaster, Brandhaner, Opstandere ved Sporvejsstoppesteder, Brandalarmer o. lgn. sættes ca. 50 cm bag Fortovskanten, for at de ikke skal kunne naas af Vognene og for ikke at genere Færdslen paa Fortovet for meget.

Gaslygter, der pr. Time bruger 150—200 Liter Gas, stilles i en indbyrdes Afstand af 25—30 m. Er Kørebanens Bredde mindre end 15 m, forsættes Lygterne paa de to Sider af Gaden ofte for hinanden; i bredere Gader kan de stilles lige over for hinanden. Lygtens Højde over Gaden er 3,3—4,0 m.

Afstanden mellem elektriske Buelamper er 40—60 m, Højden ca. 8 m.

Afstanden mellem Sporvejsmaster er paa lige Strækninger 35—40 m, i Kurver noget mindre efter Kurveradiens Størrelse; Højden er 5—6 m.

I smalle Gader med smalle Fortove anbringes Gaslygter og Buelamper paa Husene, Buelamperne ligesom Køretraaden for elektriske Sporveje i Spændtraade, der gøres fast paa Husene.

Større Genstande som Plakatsøjler, Normalure, Kiosker o. lign. opstilles paa de Fortovstunger, der dannes ved Gadekrydsninger, eller paa særlige Refuger, eller, i Gader med Trærækker, mellem to Træer.

Næsten udelukkende paa Refuger anbringes store Kandelabre. Hvis Monumenter ikke er omgivet af større Haveanlæg, maa de løftes op over Gaden for at være beskyttede mod Paakørsel.

Refuger maa formes saaledes, at der tages Hensyn til den Færdsel, der foregaar omkring dem. De begrænses derfor ofte ikke af rette Linier, men af krumme, afpassede efter Færdslen.

Indbygninger. — Alle Indbygninger i Gadeoverfladen som Afdækninger for Gennemløbs- og Nedløbsbrønde for Kloaken, Brønde for Svagstrømskabler, Kabelkamre for Stærkstrømskabler, alle Afdækninger for Haner og Skydere til Gas- og Vandledninger bør formes saaledes, at de let passer ind i alle Arter af Vej- og Gadebefæstelse, og at deres Overflade er saaledes, at Færdslen ikke vanskeliggøres.

Formen af Afdækningerne bør helst være firkantet, aldrig rund eller oval, for at Sten- og Træbrolægning og Fliser, uden at skulle hugges skraat af, kan sættes op imod dem.

Den nederste Kant af Afdækningen bør endvidere kun springe lidt frem for den øverste, for at man kan undgaa en for stærk Underskæring af Stenene. Højden af Afdækningerne bør helst være noget større end Brostenene, men noget mindre end Afstanden mellem Gadens Overflade og Oversiden af den faste Jord, altsaa 18—20 cm, for at den noget udragende underste Kant af Afdækningen kan komme til at ligge i Sandfundamentet, saa den ikke hindrer, at Brolægningen udføres paa regelmæssig Maade, og saaledes, at det ved Omlægning af Afdækningen ikke bliver nødvendigt at bryde Fundamentet for Brolægningen op.

I Træbrolægning med 10—13 cm høje Klodser og Asfaltering med et 5 cm tykt Asfaltlag kan det ikke undgaas, at Afdækningen bliver indstøbt i Betonfundamentet, og i Chausséebrolægning med 8—10 cm høje Sten naar Afdækningen ligeledes ned i Fundamentet.

Paa Fortove er Befæstelsens Tykkelse mindre, men da Paavirkningen ogsaa er mindre, kan Afdækningens Højde være mindre (ca. 10 cm), men en større Højde er ikke til Hinder for Udførelsen af Befæstelsen, fordi et fast Fundament som Regel

ikke anvendes; kun hvor der anvendes Asfalt, kan man ikke undgaa at støbe Afdækningen ind i Fundamentets Beton.

Overfladen af Afdækningerne, der næsten altid er af Støbejern, maa være saa ru, at Hestehovene kan faa fat, og at Mennesker og Dyr ikke glider.

Større Afdækninger kan man ved Ribber dele i mindre Flader, der enten udkiles med Træklodser eller udstøbes med Asfalt.

Mindre Afdækninger er som Regel helt af Støbejern, og Overfladen rilles, for at de ikke skal være for glatte.

En særlig Art af Afdækninger er Nedløbene for Regnvand til Gadekloaken. De afdækkes enten med en Rist i Rendestenen eller faar et Sideindløb under Kantstenen og indbygges i saa Fald i Fortovet og afdækkes tæt fra oven, eller man anvender en Forening af Rist og Sideindløb.

§ 30. Gadernes Renholdelse samt Fjernelsen af Sne og Is.

Gadernes Renholdelse. — Støv og Snavs i Gaderne fremkommer fra Slidet paa Gadebefæstelsen, fra Jorddele, som blæser ind fra ubefæstede Arealer, fra Snavs, der slæbes ind med Vogne, Dyr og Mennesker, fra hvad der spildes fra Vognene og fra Affaldet fra Heste, Hunde m. m.

Mængden af Støv og Snavs i Gaderne afhænger især af Færdslens Størrelse, af Befæstelsesmaterialets Godhed og af dets Fugers Antal, Bredde og Fyldmateriale. Mængden tiltager i Almindelighed i Rækkefølgen Asfalt, Træbrolægning, Stenbrolægning med udstøbte Fuger, Stenbrolægning uden udstøbte Fuger og Makadamisering. Det virksomste Middel til at formindske Støvgenen og Gadefejningen er derfor en Gadebefæstelse, der slides saa lidt som muligt og har saa faa Fuger som muligt.

Gadernes Renholdelse bestaar dels i Bekæmpning af det af Vind og Færdsel ophvirvlede Støv og dels i Fjernelse af Gadesnavset.

Det almindelige Middel til at binde Støvet er Vanding med Vand. Paa varme Sommerdage har dette dog kun en kortvarig Virkning, saa det hyppigt maa gentages, og dette i Forbindelse med det høje Vandforbrug gør, at det ikke er nogen billig Metode.

De nu mest brugte Vandvogne er bygget som Automobiler (Fig. 147—150) og har ved den bageste Ende eller mellem For- og Baghjulene eller foran Forhjulene en eller to cylindriske Brusere, af hvilke Vandet straaler ud vinkelret paa Kørselsretningen. Bruserne kan af Føreren indstilles paa fin, mellem og stærk Vanding, og desuden som Regel ogsaa paa enhver Vandingsbredde, som Regel indtil 15 m.

For at formindske Vandforbruget har man i den nyeste Tid anvendt særlige støvbindende Midler. Hertil hører Anvendelse af i Vand opløselige Olier, der blandes med Vandingsvandet, der danner et tyndt Overtræk, som binder Støvet i flere Uger (Dr. Erslevs Tjærepræparat).

Kalilud binder Støvet derved, at de i det indeholdte Salte, Clormagnesium og Magnesiumklorid, tiltrækker Vand fra Luften og holder Gadeoverfladen fugtig; Virkningen varer dog ikke længe, og Regn vasker Stoffet ud.

Binding af Støvet er selvfølgelig ikke tilstrækkeligt; det stadig nyt dannede Støv maa med regelmæssige Mellemrum fjernes.

Den offentlige Gaderengøring omfatter i mange Byer kun Kørebanen og Spadsere- og Cyklestier midt i Gaden, mens Fortovene renholdes af de paagældende Husejere. Andre Steder saaledes som i Kjøbenhavn, paahviler Renholdelsen af baade Fortov og Kørebane Husejerne.

Hovedrengøringen udføres, hvor Færdslen er stærk, især i store Byer, om Natten; den fuldstændiggøres ved en Rensning 1—2 Gange om Dagen. Gader med ringe Færdsel kan rengøres om Dagen, bedst i de tidlige Morgentimer.

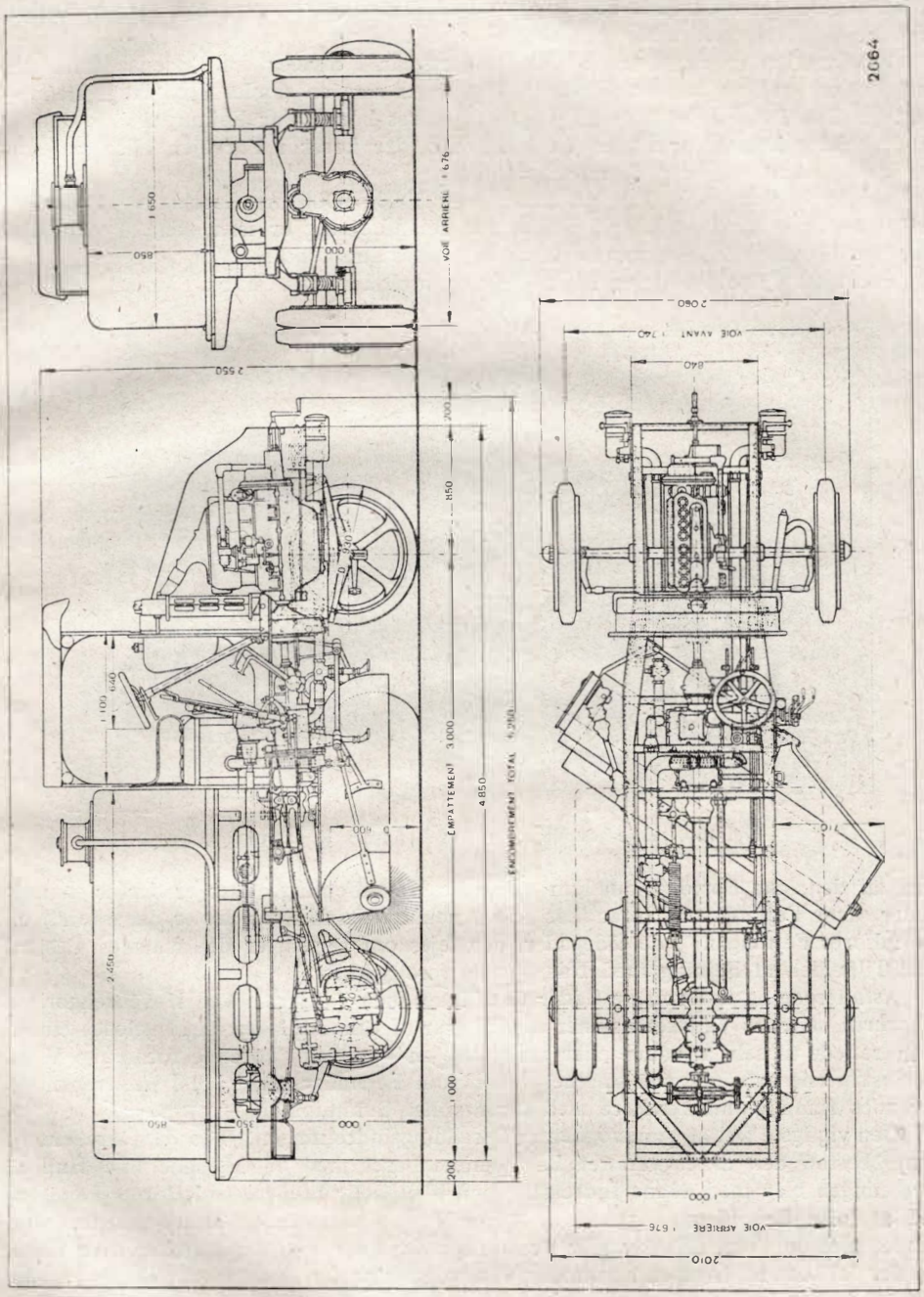


Fig. 147—149. Feje- og Vandvogn af Renaults Konstruktion. Vandingsbredde indtil 15 m.

Til Rengøring af stenbrolagte og makadamiserede Gader og Veje kan benyttes Fejemaskiner med Heste- eller Automobildrift og Haandkoste af Piasava. Fejemaskiner (Fig. 147—150) bærer en under 45° stillet Børstevalse af Piasava, som fra Kuskesædet kan sænkes ned paa Gadens Overflade og drejes rundt af Vognhjulene ved Tandhjuls- eller Kædeoverføring, og lægger det sammenfejede af i en Vold langs den ene Side. Nyere Fejemaskiner har Børstevalsen omstillelig fra Kuske-

sædet, saa det sammenfejede kan lægges af til højre eller venstre, saa enhver Kørsel uden Fejning kan undgaas.

Fejebredden er ca. 2 m. Fejningen foregaar i Striber fra Gadens Midte ud mod Siderne, saa det sammenfejede til Slut ligger som en samlet Vold langs Rendestenene. Det kan herfra læsses i Vogne og køres bort. Før Fejningen bør Gaden vandes; dette kan udføres med en Vandvogn, der kører i Forvejen eller ved en paa Fejemaskinen anbragt Vandeindretning.

Med en Fejemaskine kan pr. Time fejes 5000—9000 m² Kørebane. Fordelen ved at anvende Maskinfejning i Stedet for Haandfejning er især den, at Arbejdet gaar hurtigere, nogen Besparelse medfører det vistnok ikke.

Paa ujævn Brolægning er Maskinfejning ufuldkommen, stærk Færdsel kan ge-

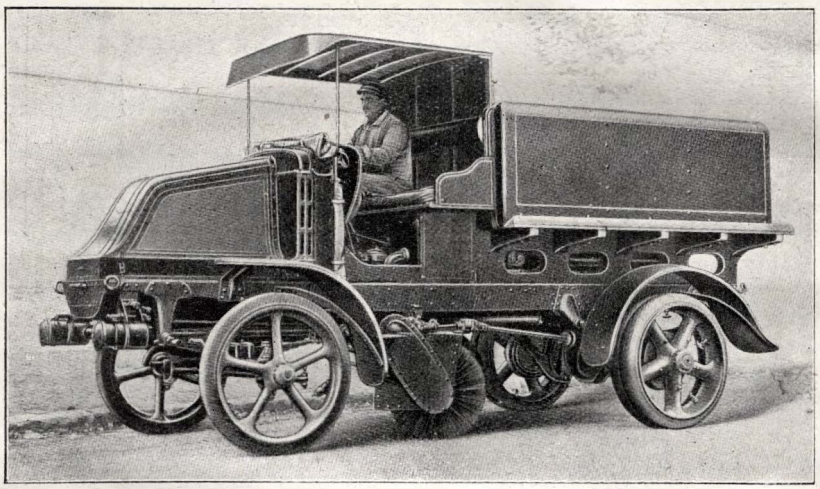


Fig. 150. Feje- og Vandvogn af Renaults Konstruktion.

nere af den, paa Fortove kan kun anvendes Haandfejning. Der er derfor mange Steder, hvor Fejning med Haandkoste foretrækkes, ogsaa hvor det er det offentlige, der udfører Fejningen; i de Sidegader, der fejes om Dagen, er det saaledes næsten altid Tilfældet, at Fejning med Haandkoste foretrækkes.

Asfalterede og træbrolagte Gader fejes ikke, men vadskes. Ved Hovedrengøring kan hertil benyttes Vadskemaskiner med Valser af Gummiplader, der ligeledes enten er indrettede til selv at vande eller maa have en Vandvogn kørende foran sig. Vadskemaskinerne arbejder paa samme Maade som Fejemaskinerne. Til Efterrensning anvendes Haandgummiskrabere med skraatstillet Gummiplade.

Den vigtigste Del af Vandvognen er Spredningsindretningen. Paa de ældre Vandvogne bestod den af et vandret Rør, gennemboret med en Mængde fine Huller. Spredningen blev med denne Indretning kun ubetydelig bredere end Rørets Længde. Ved at løfte Beholderen og ved at anvende den patenterede Miller-Spreder kan Vandet med en Vogn af sædvanlig Bredde spredes over 6 m Bredde eller over mere end det dobbelte af, hvad en almindelig Vandvogn formaar. Paa Automobilvandvogne forøges denne Bredde yderligere, ved at Spredningen forstærkes ved Motoren. Paa hver større hestetrukken Vandvogn sættes to Spredere, en ved hver Side af Vognens bageste Ende. Princippet for Spredere er det, at Hullerne for Vandets Udstrømning gives forskellige Retning fra vandret til lodret, samt desuden formes saaledes, at Udstrømningshastigheden bliver den størst mulige. Det støbte »Spredehus« giver man derfor en krum Yderflade, og Hullerne gøres koniske med mindste Diameter

paa Spredehusets Yderside. Inden i dette findes et Par Ledeskinner for at give en jævn Fordeling af Vandet over hele den gennemborede Yderflade.

Fjernelsen af Sne og Is. — Til at fjerne Sne fra Kørebanen kan foruden Haandfejning benyttes Sneplove med skraatstillede Skovlblade, der skyder Sneen til Side.

Sneen kan i Byen kastes i Kloakerne i særlige Snebrønde, hvor det varme Kloakvand hurtigt smelter den, i offentlige Vandløb eller køres til særlige Oplagspladser. For at undgaa at Kloakerne stoppes til maa man sørge for, at den nedkastede Snemængde staar i et passende Forhold til Vandmængden i Kloaken, men som Regel sprøjtes Sneen ind med Vandværksvand i Kloaken. Pumper og Rensningsanlæg maa beskyttes, ved at Sne ikke indenfor en Afstand af 350—700 m maa kastes i Kloaken, og paa samme Maade bør der ikke indenfor 100—200 m fra dykkede Ledninger nedkastes Sne. Med Sneen medføres noget Snavs, men da dette formentlig i Gennemsnit kun er 3 pCt., er offentlige Vandløb kun i ringe Grad udsat for Forurening, ved at der kastes Sne i dem.

Ved Isslag og i Frost bør Fortovene bestrøs med Sand eller Aske, hvilket vistnok overalt paahviler Husejerne. I Parker, paa Midtepromenader o. lign. bør det dog gøres af det offentlige. For at muliggøre Sporvejskørsel i Sne strøs Salt i Skinnerne fra særlige Saltvogne. Den derved dannede Saltopløsning angriber Støvlesaalerne.

Enkelte Steder har man med Held benyttet særlige Indretninger til Smeltning af Sneen.

Udgifterne til Fjernelse af Sneen fra Gaderne er forholdsvis meget betydelige.

§ 32. Vejenes Bestyrelse i Danmark.

Da Vejbygningen i sidste Halvdel af det 18. Aarhundrede (fra 1764) blev organiseret her i Landet af franske Ingeniører, oprettedes et militært Vejkorps til at lede Arbejdet. Landevejene deltes i Hovedlandevejene, der sorterede under Staten, d. v. s. under Vejkorpset, og de mindre Landeveje, der hørte under Amtskommunerne. Vejkorpset blev opløst omkring 1830 og dets Arbejde overdraget til Ingeniørkorpset, indtil Vejloven af 21. Juni 1867 gjorde al Vejbestyrelse til et kommunalt Anliggende. Samtidig bortfaldt Forskellen mellem Hovedlandeveje og mindre Landeveje, idet begge Klasser som Landeveje henlagdes under Amtsraadenes Bestyrelse, ligesom de offentlige Biveje blev underlagt de paagældende Sogneraad.

Herefter vil enhver Vejstrækning være Landevej, naar den findes opført paa den i Øjeblikket gældende Fortegnelse over Landeveje og Landevejsgader, som paa Forslag af Amtsraadene udfærdiges af Ministeriet for offentlige Arbejder. Dette Ministerium har den øverste Myndighed i alle Sager vedrørende Landevejene, og Forandringer i den bestaaende Tilstand kan ikke udføres uden dets Samtykke. Ministeriet fører ved en Overvejinspektør, der direkte er underlagt Ministeriet, Kontrol med, at Amtsraadene opfylder deres Forpligtelse til at holde Vejene i tilbørlig Stand. Overvejinspektøren berejser aarlig saa vidt muligt samtlige Amters Landevejsstrækninger og afgiver Rapport til Ministeriet, som derefter henstiller til Amtsraadene at foretage saadanne Forandringer, som anses for hensigtsmæssige, og eventuelt kan paalægge dem at rette graverende Mangler.

Saalænge Amtsraadet opfylder sin almindelige Forpligtelse, har det alene Initiativet til Forandringer, f. Eks. Anlæg af nye Veje, Nedlæggelse af ældre Veje, der eventuelt kan gaa over i Bivejenes Klasse, eller Optagelse af en Bivej i Landevejsfortegnelsen. Amtsraadet administrerer Vejene ved en Vejinspektør med to eller flere Vejassistenter og en Stab af fast ansatte Vejmænd til Udførelse af de daglige Vedligeholdelsesarbejder. Amtsraadet vælger et Vejudvalg blandt sine Medlemmer til Behandling af Vejsagerne, men den endelige Afgørelse sker i det samlede Amtsraad.

Klager over Vejbestyrelsen fra Private stiles til Ministeriet for offentlige Arbejder, naar de drejer sig om Vejenes Forhold overfor Offentligheden, men bringes for Domstolene, hvis de gaar ud paa en formentlig Krænkelse af den Enkeltes private Ret.

Bivejene sorterer under Sognekommuner og Købstadkommuner. De kommunale Bestyrelser udarbejder en Fortegnelse over samtlige i Kommunen værende offentlige Biveje, og denne Fortegnelse approberes af Amtsraadet for Sognekommunernes, af Amtmanden for Købstadkommunernes Vedkommende, og er saa Norm for, hvilke Veje der betragtes som offentlige Biveje. Fortegnelsen skal indeholde alle offentlige Veje, som ikke er Landeveje, og revideres hvert femte Aar i December Maaned.

Det hænder ofte, at der er Fejl i Bivejsfortegnelsen, idet der enten kan være glemt Veje, som i Virkeligheden er offentlige, eller der kan i Kommunen findes Veje, som oprindelig har været private, men efterhaanden ved Hævd er blevet tilgængelige, og benyttes af alle og enhver. Naar Sogneraad og Amtsraad (Byraad og Amtmand) er enige om en saadan Vejs Optagelse paa Bivejsfortegnelsen, kan Optagelse ske naar som helst; i modsat Fald maa det vente til den regelmæssige Revision af Fortegnelsen.

En Beslutning af Amtsraadet om en eksisterende Vejs Optagelse paa Bivejsfortegnelsen er bindende for Sogneraadet og kan ikke bringes for Domstolene; men Amtsraadet er uberettiget til at foreskrive Optagelse af Veje, der bevisligt er private; eventuelle Stridspunkter mellem Amtsraad og Sogneraad afgøres af Ministeriet for offentlige Arbejder.

Derimod kan en privat Lodsejer, der mener at have udelukkende Ret til Benyttelse og eventuelt til Nedlæggelse af en Vej, som af Autoriteterne optages paa Bivejsfortegnelsen, indbringe Sagen for Domstolene ved Sagsanlæg med vedkommende Amtsraad eller Amtmand, der har approberet Optagelsen.

Til stærkt befærdede Vejes Vedligeholdelse og til særlige Arbejder paa Biveje kan Sogneraadene faa Tilskud af Amtsfonden, og Bivejene deles i Henhold dertil i flere Klasser paa Fortegnelsen.

Til første Klasse A henføres de Veje, hvortil Amtsfonden yder varige Tilskud, saavel til Grundforbedring som til Vedligeholdelsen i en Aarrække; selve Vedligeholdelsesarbejdet kan udføres af Sogneraadet eller være henlagt direkte under Amtsvejvæsnet.

Til første Klasse B henføres de vigtigste Biveje, der vedligeholdes særlig omhyggeligt, men hvortil Udgiften bæres alene af Sognekommunen. Til særlig vanskelige Arbejder, som Afgravning af en Bakke eller Bygning af en Bro, kan dog faas Tilskud af Amtsfonden efter Bevilling for hvert enkelt Tilfælde.

Til anden Klasse henføres indgrøftede Veje af mindre Betydning, medens tredie Klasse kun indeholder Veje, der ikke er indgrøftede. Ogsaa til Veje af anden og tredie Klasse kan Amtsfonden under særlige Omstændigheder give Tilskud.

Ved Motorloven af 6. Maj 1921 er det yderligere blevet muligt for Amtsraadene i højere Grad end hidtil at stille Penge til Raadighed for Sognekommunerne til Udførelse af særlige Vejarbejder under Amternes Tilsyn.

Forskellige Strækninger af samme Vej kan godt henføres til forskellige Klasser paa Fortegnelsen.

Nye Biveje kan anlægges efter Sogneraadets Initiativ med Amtsraadets Samtykke. En Vej, der er anlagt af Amtsraadet, kan ikke kræves overtaget af Sogneraadet til Vedligeholdelse som Bivej, medmindre den først har været optaget paa Landevejsfortegnelsen, og derefter med Ministeriets Samtykke er nedlagt som Landevej for at gaa over i Bivejenes Klasse.

En Adgangsvej til en Jernbanestation, der er anlagt af Banen, kan ikke fodres overtaget af Kommunen som offentlig Bivej, uagtet den er aaben for offentlig Færdsel. Forholdet maa ordnes ved mindelig Overenskomst, der ofte gaar ud paa, at Kommunen overtager selve Vejen, medens Banen beholder Stationspladsen eller dog en Del af den. Det vil i Almindelighed være i Kommunens egen Interesse at

overtage Stationsvejen straks ved Banens Bygning, dels fordi den saa lettest opnaar den bedst mulige Vejforbindelse til Stationen, dels fordi den bliver Herre over senere Vejanlæg i Forbindelse med Stationsvejen, og Lodsejerne faar Facaderet til denne, hvilket ofte kan faa stor Betydning med Hensyn til Bebyggelsen af Arealerne nærmest Stationen.

Som Regel kan offentlige Biveje kun nedlægges med Amtsraadets Samtykke forsaavidt der ikke inden den foreskrevne Aarsfrist fremkommer Indsigelse fra private Lodsejere, og denne godkendes af Ministeriet. Et Aar efter Bekendtgørelsen om, at Vejen agtes nedlagt, bliver denne Beslutning endelig vedtaget, men Vejen maa da endnu et Aar henligge som offentlig, og i denne Tid kan Lodsejerne gøre Paastand paa, at Vejen bevares som Privatvej, fordi den har særlig Interesse for deres Ejendomme; og denne Paastand maa eventuelt bevises overfor en Landvæsenskommission. Vejen kan derefter enten blive bevaret som Privatvej, muligvis med indskrænket Bredde, eller den kan blive helt nedlagt, og Arealet bortsolgt. Det tilbydes først de tilstødende Lodsejere for en rimelig Pris, og vil disse ikke have Arealet, kan det sælges til hvem som helst.

Ved Baneanlæg er der tillagt Besigtigelses- og Ekspropriationskommissionen en vidtgaaende Myndighed med Hensyn til Forandringer i bestaaende Vejforhold og Disposition over eventuelt nedlagte Vejstrækninger.

I Sognekommunerne behandles Vejsager gerne foreløbig af et bestemt Medlem af Sogneraadet, medens dette som Regel ikke holder nogen teknisk uddannet Hjælp. Hvor teknisk Assistance er uundværlig, præsteres den gerne af vedkommende Amtsraad gennem Vejinspektøren.

Arbejderne ved Bivejenes Vedligeholdelse udføres enten efter Licitation eller ved lejede Folk eller ved Naturalarbejde af Hartkornsbrugerne. Licitation er nu vistnok det almindeligste for større Arbejder som Grundforbedring af en gammel Vej eller Nybygning. Mindre Vedligeholdelsesarbejder, Grøfteoprensning o. lign. udføres ofte ved lejede Folk, selv om der ellers i Hovedsagen bruges Naturalarbejde, f. Eks. til Kørsel af Sten og Grus, da der kun sjældent ansættes faste Vejmænd ved Bivejene.

Tilsynet med Bivejene udføres af Amtet, i Reglen ved Vejinspektøren, der selv eller ved sine Assistenter berejser Bivejene een Gang om Aaret og aflægger Rapport til Amtsraadet om deres Tilstand.

I Købstadkommunerne behandles Vejsagerne først af Byraadets Vejudvalg, og nu har selv de fleste mindre Byer til Assistance for Byraadet en fast Stadsingeniør. Arbejdet udføres enten efter Licitation eller ved lejede Folk, og Naturalarbejde kendes ikke i Købstadkommunerne.

Alle offentlige Gangstier, der findes i en Kommune, sorterer under Kommunalbestyrelsen, som udarbejder en Fortegnelse over dem, der gælder for 3 Aar. Stier, der ikke er optagne paa Fortegnelsen, kan Ejeren eller Brugeren af Jorden aflægge. Til Kirke, Skole og Tinghus kan Sogneraadet udlægge nye offentlige Stier mod en aarlig Afgift til vedkommende Lodsejer, saalænge Stien findes opført paa Gangstifortegnelsen.

16
144

2550.

128 150 175
11

30 1155.
145
2850

Ved Udarbejdelsen er benyttet:

Baker: A treatise on roads and pavements, New York 1914.
Betänkande angående regelbunden automobiltrafik samt angående maskinell vägtrafik i de nordliga länen, Stockholm 1923.
Alfred Birk: Der Wegebau, Leipzig und Wien 1919.
Blanchard: American highway engineers handbook, New York 1919.
Blanchard and *Drowne:* Highway engineering, New York 1911.
— Text-book on highway engineering, New York 1914.
H. Percy Boulnois: Modern roads, London 1919.
S. Ellert og E. Suenson: Betonveje, Kjøbenhavn 1924.
P. Le Gavrian: Les chaussées modernes, Paris 1922.
Gürschner und *Benzel:* Der städtische Tiefbau, Leipzig und Berlin 1915.
Handbibliotek für Bauingenieure, Städtebau, Berlin 1921.
Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Erster Teil, Vierter Band, Leipzig 1912.
H. Heude: Cours de routes et voies ferrées sur chaussées, Paris 1912.
Hubbard. Dust preventives and road binders, New York 1910.
C. T. Jørgensen: Praktisk Veiledning i Veies Bygning og Vedligeholdelse, Kjøbenhavn 1865.
E. L. Leeming: Road engineering, London 1924.
F. Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906.
Alfred Lütken: Forelæsninger over Vej- og Jernbanebygning, Kjøbenhavn 1898.
M'Adam: Remarks on the present system of road making, London 1820.
Morrison: Highway engineering, New York 1908.
C. Richardson: The modern asphalt pavement, New York 1914.
F. P. Spalding: A text-book on roads and pavements, New York 1912.
I. C. V. Steenstrup: Leitfaden zur Anlage und Unterhaltung d. Landstrassen, Kopenhagen 1843.
G. W. Tillson: Street pavements and paving materials, New York 1912.
H. Vespermann: Das Kleinpflaster, Berlin 1915.

Annales des Ponts et Chaussées, Paris.
Bulletin de l'Association internationale permanente des Congrès de la Route, Paris.
Dansk Vejtidsskrift, Kjøbenhavn.
Engineering News Record, New York.
Le Génie Civil, Paris.
L'Industrie des Voies Ferrées et des Transports Automobiles, Paris.
Ingeniøren, Kjøbenhavn.
Meddelelser fra Veidirektøren, Kristiania.
Public Roads, Washington.

Roads and Road Construction, London.
Svenska Vägföreningens Tidskrift (Handlingar), Stockholm.
Teknisk Tidsskrift, Stockholm.
Teknisk Ukeblad, Kristiania.

Rapporter fra de internationale Vejkongresser.
Dansk Ingeniørforenings tekniske Vejkomités Skrifter.
British Standard Specifications.
m. m.

A. Christensen

Vej- og
Jernb.
bygning

Veje og Gader

5