VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

---

2. HÆFTE

SPORSKIFTER, DREJESKIVER, SKYDESKIVER, JORDARBEJDERS BEREGNING, BYGNINGER VEDRØRENDE VANDAFLEDNINGEN, TARIFER

MIDLERTIDIG UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIPT

KJØBENHAVN 1922

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

COPYRIGHT 1922 BY A. R. CHRISTENSEN, COPENHAGEN

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

---

2. HÆFTE

SPORSKIFTER, DREJESKIVER, SKYDESKIVER, JORDARBEJDERS BEREGNING, BYGNINGER VEDRØRENDE VANDAFLEDNINGEN, TARIFER

MIDLERTIDIG UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIPT

KJØBENHAVN 1922

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. (IVAR JANTZEN), KJØBENHAVN.

INDHOLDSFORTEGNELSE

A. Sporskifter.

Side

§ 1. Indledning 9
§ 2. Det simple Normalsporskifte 10
1. Den almindelige Anordning 10
2. Tungen 15
3. Hjærtestykke og Kontraskinner 40
§ 3. Det fjedrende Sporskifte 47
§ 4. Slæbesporskifte og Klatresporskifte 51
§ 5. Dobbeltsporskifter 51
1. Det symmetriske Dobbeltsporskifte 51
2. Det usymmetriske Dobbeltsporskifte 52
3. Det ensidige, sammentrukne Dobbeltsporskifte 52
§ 6. Tokurvesporskifter 52
§ 7. Sporkrydsninger 56
1. Retvinklet Sporkrydsning 56
2. Skæv Sporkrydsning 56
§ 8. Krydsningssporskiftet 58
1. Enkelt Krydsningssporskifte 58
2. Dobbelt Krydsningssporskifte 59
§ 9. Sammentrukne Sporskifter og Sporslyngninger 61
§ 10. Sporskifternes Udførelse 62
1. Sveller 62
2. Skinner 63
3. Frispormærker 63
§ 11. Sporforbindelser udført ved Hjælp af Normalsporskifter 66
1. Normalsporskifter indlagt i et retlinet Spor 66
2. Deling af et retlinet Spor i to parallele Spor 66
3. Forbindelse mellem to parallele Spor 67
4. Den lige Sporvifte 68
5. Den forkortede Sporvifte 71
6. Den krumme Sporvifte 72
7. Indlægning af et Sporskifte i en Kurve 76
a. Ved Kurvens Ende 76
b. Indenfor Kurven 78
§ 12. Beregning af Sporskifter 79
1. Indledning 79
2. Beregning af et simpelt Normalsporskifte 80
3. Beregning af Sporskifter i krumt Hovedspor 84
4. Beregning af Sporskifter i Sidespor 88

B. Drejeskiver.

Side

§ 13. 1. Indledning 93
2. Drejeskivers Størrelse 94
3. Drejeskivers Konstruktion 94
4. Indfatning og Fundering 96
5. Lokomotivdrejeskiver 97
a. De danske Statsbaners almindelige Lokomotivdrejeskiver 97
b. Leddede Drejeskiver 98
c. Ryomgaard—Gjerrild Banens 6,5 m Drejeskive 100
6. Vogndrejeskiver 101
7. Særlige Konstruktioner 103
8. Drejeskivers Anvendelse 104
9. Drejeskivers Anbringelse i Sporplanen 106
a. Ved Sammenføring af parallele Spor til en Drejeskive 106
b. Ved halvmaaneformede Remiser 107

C. Skydeskiver.

§ 14. 1. Indledning 109
2. Skydeskivers Størrelse og Konstruktion 110
a. Skydeskiver uden Grube 111
b. Skydeskiver i Grube 111

D. Jordberegning.

§ 15. Beregning af Jordværker med udpræget Længderetning 114
1. Beregning af Tværsnitsarealet 114
2. Den eksakte Værdi af Volumen mellem to Tværprofiler 116
3. Prismemetoden 117
4. Tværsnitstabel uden Sidehældning 120
§ 16. Grafisk Beregning af Jordværker med udpræget Længderetning 121
1. Bestemmelse af Tværsnitsarealet 121
2. Arealdiagrammet 123
3. Arealprofilet 130
§ 17. Beregning af det Jordareal, der skal eksproprieres til et Vej- eller Jernbaneanlæg . . 132
§ 18. Grøfter 136
1. Langs Paafyldninger 136
2. Langs Afgravninger 138
§ 19. Beregning af Skraaningsarealets Størrelse 138
§ 20. Grafisk Bestemmelse af Jordvolumen 139
§ 21. Bestemmelse af Flytteafstanden 141
1. Massekurven 141
2. Detailleret Beregning af Flytteudgiften 146
§ 22. Valget af Fordelingslinien 147
§ 23. Særlige Jordflytninger 150
§ 24 Afstemning af en Jordberegning 155
§ 25. Beregning af Flytteprisen ved Anvendelse af forskellige Redskaber til Jordflytning . . 157
1. Kastning og Trilning 157
2. Almindelige 4 hjulede Vogne og Automobiler 160
3. Jordtransport paa Jernspor 161
a. Med Haandkraft 161
b. Med Hestekraft 164
c. Med Lokomotiver 165
§ 26. Tillæg til Transportudgiften for stigende Vej 170

E. Bygninger vedrørende Vandafledningen.

Side

§ 27. 1. Stenkister 173
2. Rørledninger. 177

F. Tarifer.

§ 28. 1. Persontarifer 182
2. Godstarifer 185

A. Sporskifter.

§ 1. Indledning.

Ved Hjælp af *Sporskifter* kan enkelte Vogne og hele Tog, uden at standse, føres fra et Spor til et andet.

Drejeskiver og *Skydeskiver* tillader derimod kun Overføring af enkelte Vogne (eller Lokomotiver), og under denne maa Vognene holde stille paa Drejeskive eller Skydeskive.

Sporskifter kræver en lang, smal Plads, mens Drejeskiver og Skydeskiver bedre kan udnytte Pladsen paa tværs.

Krydser et Spor i Skinnehøjde et andet, uden at Overgang skal være mulig, fremkommer en *Sporkrydsning*.

Sporskifterne kan igen deles i *simple Sporskifter*, *Dobbeltsporskifter* og *Krydsningssporskifter*.

Ethvert Sporskifte bestaar af tre Dele: *Tungen*, *Hjærtestykket* og det mellem disse liggende *Spor*. Som Sporskiftets Begyndelsespunkt regnes i Almindelighed Skinnestødet lige foran Tungespidsen, og som dets Endepunkt Skinnestødet lige efter Hjærtestykket.

Skæringspunktet mellem Inderskinnernes Kørekanter kaldes den *matematiske Hjærtespids*. Vinklen mellem Hovedsporets og det afvigende Spors Midtlinier maales ved sin *tg*; Størrelsen af denne, (*Hældningen*) der i Danmark angives som en ægte Brøk, ligger mellem 1 : 6,5 og 1 : 15; andre Steder, f. Eks. i Frankrig angives dette Tal som Decimalbrøk.

Sporskiftets Hældning og geometriske Form afhænger af den tilladelige Værdi af Sporskiftekurvens Radius (Sporskiftekurven gaar fra Tungeroden til det retlinede Stykke foran Hjærtestykket), der som Regel ikke maa være mindre end 180 m. I Sidespor, der ikke passeres af hele Tog, kan Størrelsen af Radius sættes ned til 140 m, og i Spor, der kun skal benyttes af Lokomotiver med højst 4,5 m Akselafstand, kan man gaa ned til 100 m. I Sporskifter, der skal indgaa i Hovedspor, saaledes at Sporskiftekurverne skal passeres med stor Hastighed, skal Radius helst være 300—500 m, da Kørehastigheden paa saadanne Steder skal sættes ned afhængig af Størrelsen af Radius[1]). Paa Stationer, som Tog skal passere uden at standse, søger man

[1]) Om de herfor paa de danske Statsbaner gældende Bestemmelser, se A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning, Hæfte 1, 1921 S. 21.

derfor at føre Hovedsporene igennem saaledes, at der ikke kommer til at indgaa Sporskiftekurver i de gennemgaaende Hovedspor.

§ 2. Det simple Normalsporskifte.

1. Den almindelige Anordning.

Ved det simple Normalsporskifte føres et enkelt Spor ud fra et retlinet Stamspor enten ved Drejning til højre (Højresporskifte (Fig. 1)) eller ved Drejning til venstre (Venstresporskifte (Fig. 2)). Yderskinnen i Stamsporet og Inderskinnen i det afvigende Spor føres ubrudt igennem; begge de mellem dem liggende Skinner, af hvilke den ene hører til Stamsporet, den anden til det afvigende Spor ender i drejelige Tunger, der er koblede sammen og omstilles samtidig saaledes, at, naar den ene ligger an imod sin gennemgaaende Skinnestreng, vil den anden være fjærnet saa meget fra sin, at der bliver Plads til Styrekransene.

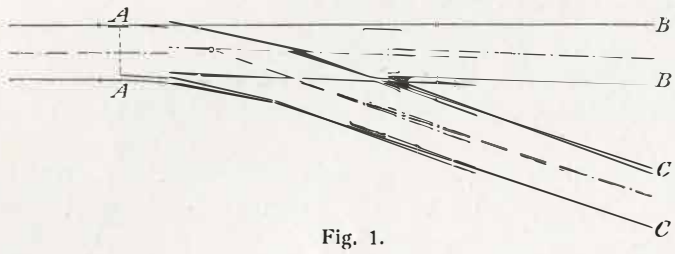


Fig. 1.

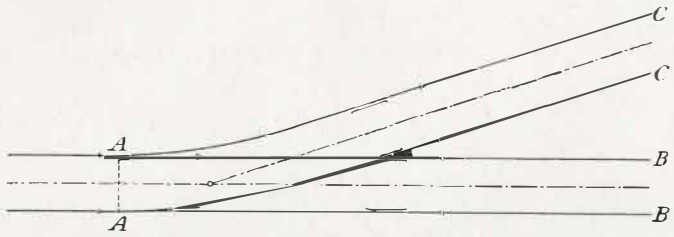


Fig. 2.

Tungerne udføres af Skinnestykker; man gjorde dem tidligere ofte ulige lange, og de danske Statsbaner gør det endnu, men paa alle Hoved- og Sidebaner anvendes nu som Regel kun lige lange Tunger. Tungerne er drejelige om det ene Endepunkt, der kaldes Tungeroden; deres andet Endepunkt kaldes Tungespidsen. Den ene Tunge hører til Stamsporet, den anden til det krumme Spor.

Tungesporskifter har den Fordel, at en Afsporing ikke indtræder, selv ikke naar et i Retning fra Tungeroden mod Tungespidsen kørende Tog træffer Sporskiftet i gal Stilling, fordi Sporskiftet i dette Tilfælde »skæres op« af Hjulenes Styrekranse.

Tungerne slaar ind under de faste Skinner; de er koblede sammen og kan drejes om Tungeroden ved en Trækindretning.

Tungespidserne skal slaa saa meget ud, at Hjulene ikke paa noget Sted kan røre ved Tungerne i aaben Stilling; ved Spidsen skal Afstanden mindst være 100 mm. Denne Sporrilles snævreste Sted er ved de danske Statsbaner 60 mm bredt.

Det afvigende Spors Krumning føres som Regel ikke igennem Hjærte-

stykket (Fig. 3), men foran den matematiske Hjærtespids indskydes et retlinet Stykke paa 2,5—3,0 m Længde. I Sporskifter med stejl Hældning gør man i den seneste Tid dog dette Stykke kortere, helt ned til 0,40 m, men dog ikke gerne mindre end 1,0 m. Ved at indskyde det korte, lige Stykke foran og bagved den matematiske Hjærtespids opnaar man at faa et mindre Antal og simplere Former og at lede Vognene sikkert og uden Stød forbi Hjærtestykket. Men der findes dog nu Sporskifter, hvor Kurven løber igennem Hjærtestykket.

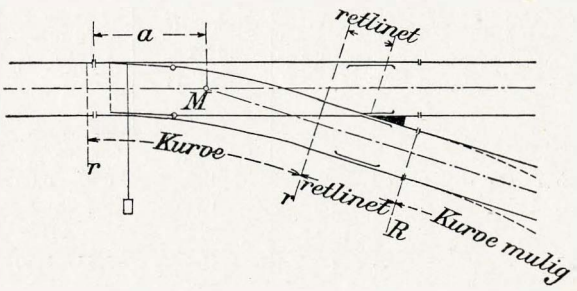


Fig. 3.

Den *matematiske Hjærtespids* er Skæringspunktet mellem Kørekanterne for indvendig Skinne i Stamsporet og udvendig Skinne i det afvigende Spor. Skinnestrengene maa her afbrydes, for at der kan blive Plads til Styrekransene. Men ved denne Afbrydelse fremkommer der et Stykke, hvor Styringen mangler, og der lægges derfor paa dette Sted langs de udvendige Skinner en Kontraskinne.

Stamsporet og det afvigende Spors Akser skærer hinanden under en Vinkel α, Sporskiftets Hældningsvinkel; ved Sporskiftets Hældning forstaas tg til denne Vinkel, og Værdien af denne tg vælges nu i Almindelighed til 1 : 9. Navnlig tidligere brugte man ofte en Værdi for $\operatorname{tg}\alpha = 1 : 10$ eller $\operatorname{tg}\alpha = 1 : 12$, men saadanne Sporskifter tager megen Plads og bruges maaske ikke saa meget mere. I Sidespor bruges ofte $\operatorname{tg}\alpha = 1 : 6{,}5$ eller $\operatorname{tg}\alpha = 1 : 7$.

Sporskifterne benævnes ofte efter Værdien af tg α, f. Eks. som Sporskifte 1 : 9.

Radius til det afvigende Spor (Sporskiftekurvens Radius) er for de danske Statsbaners Normalsporskifter som angivet i Tabel 1. Det vil ses, at den for Sporskifterne 1 : 6,5 er temmelig lille; et Sporskifte 1 : 7 giver i denne Henseende bedre Forhold.

I det krumme Spor anvendes som Regel ikke Overhøjde, dels fordi Kørehastigheden gennem Sporskifterne oftest er lille, dels for at gøre Konstruktionen lettere at udføre. Af denne sidste Grund anvendes heller ikke Skinnehældning. Derimod maa man i det krumme Spor paa Grund af den lille Kurveradius anvende Sporudvidelse, der tilvejebringes, ved at den indvendige Skinnestreng forskydes 10—15 mm ind imod Centrum, ved Sporskifter 1 : 6,5 indtil 25 mm.

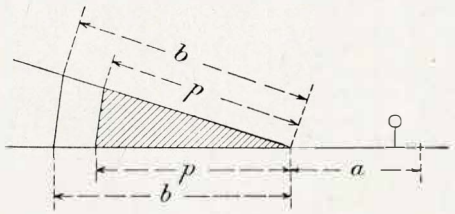


Fig. 4.

I Fig. 4 er vist den skematiske Fremstilling af et Højresporskifte.

Tabel 1. De danske Statsbaner: Normalsporskifter.

	Hældning	Sporskifte-kurvens Radius r	Tunge-længde [1]) t	Hovedmaal [2])		
				a	b	L
		m.	m.	m.	m.	m.
45 kg Overbygning	1 : 6,5	100	5,95—6,00	10,46	10,54	21,00
— - —	1 : 9	194	—	10,37	14,63	25,00
— - —	1 : 11	334	—	11,11	17,91	29,02
37 - —	1 : 6,5	104	5,45—5,50	10,15	12,85	23,00
— - —	1 : 9	203	—	10,35	16,65	27,00
— - —	1 : 10	279	—	10,75	18,25	29,00
— - —	1 : 12	438	—	10,65	21,35	32,00
32 - —	1 : 6,5	95	5,03	10,87	10,17	21,04
— - —	1 : 9	200		12,50	14,04	26,54
— - —	1 : 10	235		11,86	15,59	27,45
— - —	1 : 12	350		12,42	18,69	31,11
22,5 - —	1 : 6,5	95		8,40	10,81	19,21
— - —	1 : 9	200		8,59	15,18	23,77
— - —	1 : 10	270		9,01	16,60	25,61

De norske Statsbaner anvender for normal Sporvidde følgende normale Sporskifter (Tabel 2).

Tabel 2. De norske Statsbaner: Normalsporskifter.

Hæld-ning tg α	α	Sporskifte-kurvens Radius [3]) r	Tunge-længde t	Hovedmaal			Anm.
				a	b	L	
		m	mm	mm		mm	
1 : 7	8° 7′ 48,34″	125	5000	9785		22171	35 kg Skinne
						22175	30-25 kg -
1 : 8	7° 7′ 30″	165	—	9862		22751	35 - -
						22706	30-25 - -
1 : 9	6° 20′ 24,7″	190	—	9324		23816	35 - -
						23757	30-25 - -
1 : 10	5° 23′ 38.1″	230	—	9060		25796	35 - -
						26110	30-25 - -

[1]) Tungerne er ulige lange, idet Tungeroden i det lige Spor er forskudt 50 mm imod Tungespidsen.

[2]) a er Afstanden fra M (Fig. 3) til Stødet foran Tungespidsen, C Afstanden fra M til Stødet efter Hjertestykket, L = a + b Sporskiftets samlede Længde i Hovedsporet.

[3]) mellem Tungerod og Hjærtespids.

De svenske Statsbaner anvender de i Tabel 3 angivne Normalsporskifter.

Tabel 3. De svenske Statsbaner: Normalsporskifter.

Hjærte-stykke af	Skinnetype	r	tg α	t	a	b
		m		m	m	m
Skinner	1873	160	1 : 8	3,655	10,578	14,325
		180	1 : 9	—	10,059	15,955
	1878	160	1 : 8	3,655	10,291	13,720
		180	1 : 9	—	9,772	15,955
		215	1 : 9	5,700	12,061	15,955
		235	1 : 10	—	11,330	17,686
	1896	165	1 : 8	4,700	10,182	14,325
		210	1 : 9	5,900	11,541	17,475
		243	1 : 10	—	11,079	17,936
		300	1 : 12	—	9,900	21,630
		600	1 : 15	10,000	15,495	26,249
	1899	160	1 : 8	4,500	11,813	14,325
		180	1 : 9	—	11,123	16,892
		165	1 : 8	5.700	11,097	14,325
		210	1 : 9	—	11,123	16,892
		233	1 : 10	—	10,458	18,356
		300	1 : 12	—	9,512	21,630
			1 : 15	10,000		
Støbestaal	1873	160	1 : 8	3,655	10,578	12,855
		180	1 : 9	—	10,059	14,440
		200	1 : 10	—	9,553	16,006
	1878	180	1 : 9	3,655	9,772	14,440
		200	1 : 10	—	9,338	16,006
		215	1 : 9	5,700	12,061	14,440
		235	1 : 10	—	11,330	16,006
	1899	180	1 : 9	4,500	11,123	14,695
		200	1 : 10	—	10,660	16,336
		210	1 : 9	5,700	11,123	14,695
		233	1 : 10	—	10,458	16,336

Til Hjælp ved Beregninger kan benyttes de i Tabel 4 opførte Talværdier.

Tabel 4.

Hældning	α	sin α	cos α	tg α	$\sin\frac{\alpha}{2}$	$\cos\frac{\alpha}{2}$	$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$
1 : 7	8° 7′ 48″,34	0,141421	0,989950	0,142857	0.070889	0,997485	0,0710677
1 : 8	7° 7′ 30″	0,124034	0,992278	0,125000	0,0621373	0,998068	0,0622576
1 : 9	6° 30′ 24″,7	0,110431	0,993884	0,111111	0,0553004	0,998470	0,0553852
1 : 10	5° 42′ 38″,1	0,0995037	0,995037	0,100000	0,0498137	0,998759	0,0498756

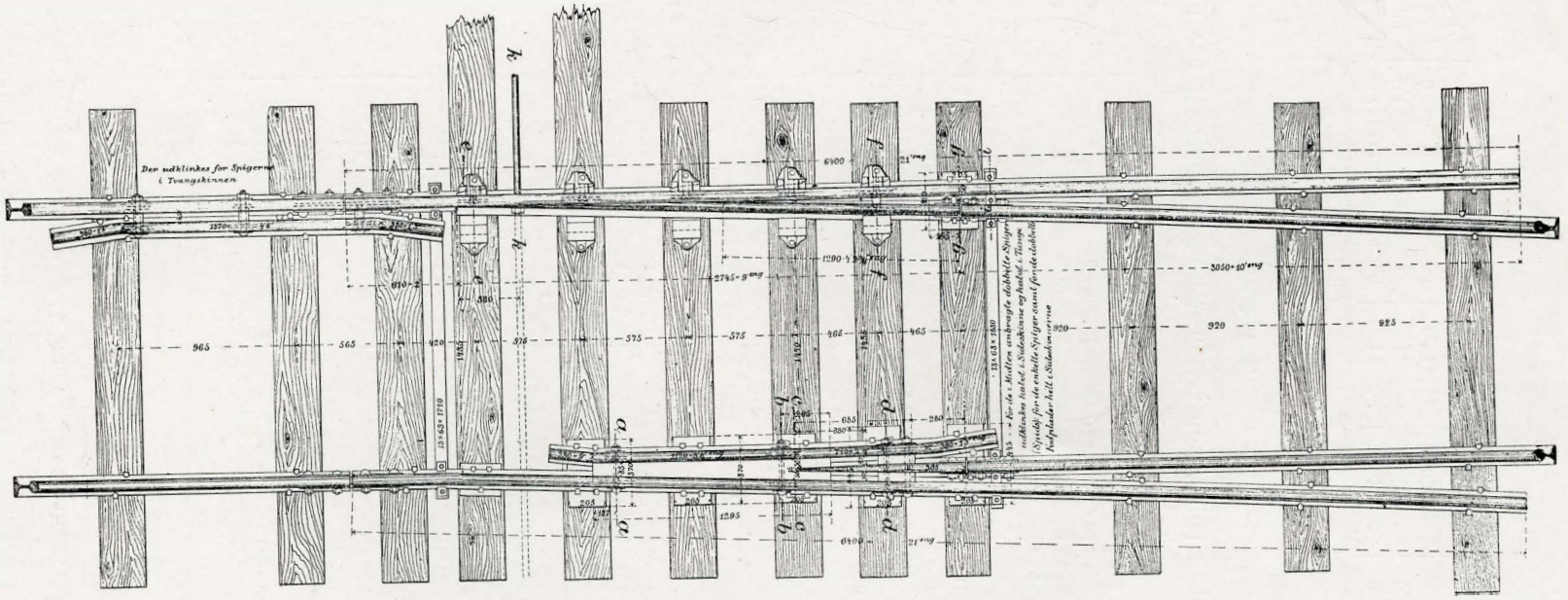


Fig. 5. De danske Statsbaner. 63 lbs Overbygning (1899). Entnnget Sporskifte.

2. Tungen.

Tungen skal formes saaledes, at Vognenes Kørsel gennem Sporskiftet kan foregaa roligt, uden Stød og fremfor alt sikkert. Tungerne skal slaa tæt ind til Yderskinnerne, da Vognene ellers kan blive ledet ind paa begge Spor; de maa ikke kunne bøjes og skal være tilstrækkelig stærke; ved Kørsel i Retning med Tungespidsen skal Hjulene med deres Styrekranse kunne skære Sporskifterne op, d. v. s. skyde Tungerne paa rigtig Plads, hvis de er stillede galt. Sporskifternes Omstilling skal kunne foregaa sikkert og med saa ringe Kraft som muligt.

De danske Statsbaners Normalsporskifter for Overbygning IV (37 kg) og V (45 kg) samt de nyere Sporskifter til Overbygning II (22,5 kg) har en lige Tunge i Stamsporet og en krum Tunge i det krumme Spors udvendige Skinnestreng [1]). I Sporskifterne til Overbygning III (32 kg) og i de ældre Sporskifter til Overbygning II (22,5 kg) er begge Tunger lige. I Krydsningssporskifter til Overbygning III (32 kg) anvendes dog krumme Tunger.

Da det praktisk er uigennemførligt at lægge den krumme Tunge nøjagtigt tangentialt til Yderskinnens Kørekant, hvilket vilde være ønskeligt af Hensyn til stødfri Kørsel, maa man lade Tungens Kørekant (udgaaende fra P i Fig. 6) skære Yderskinnen. Vinklen β, som man faar ved at trække Tangenten i Skæringspunktet δ mellem de to Kørekanter, kaldes Indfaldsvinklen. Den maa ikke være mindre end $\frac{1}{2}{}^0$ og kan for et Sporskifte 1 : 9 sættes til 40′.

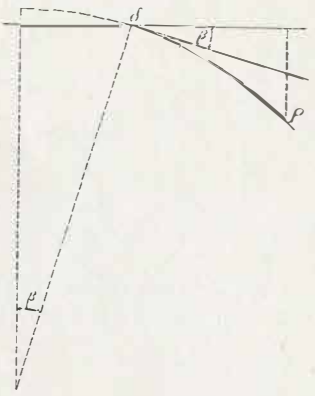


Fig. 8.

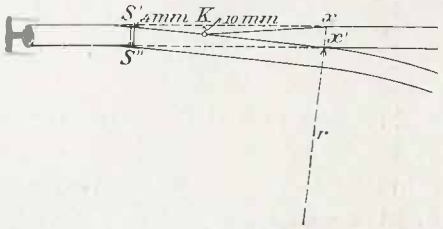


Fig. 7.

I England anvendes ofte lige Tunger i begge Spor; de har den Fordel, at de er nemmere at udføre og kræver et mindre Antal Former, men Indfaldsvinklen er større, saa Kørslen bliver ikke saa blød. Sporskiftets Længde bliver større, end hvor der anvendes krumme Tunger.

Den lige Tunge bøjes ved Spidsen et Stykke lig Sporudvidelsen, hvorved der fremkommer et Knæk ved Kørekanten i X (Fig. 7). Ved Sporskifte 1 : 9 er S′X omtrent 3 m, ved Sporskifte 1 : 10 omtrent 3,5 m. Den krumme Yderskinne gør man paa Stykket S′X′ retlinet, for at gøre Udførelsen lettere og Anslaget bedre.

Yderskinnerne er almindelige Skinner; Stødet i dem lægges omtrent 1 m foran Tungespidsen.

---

[1]) De danske Statsbaner har en ældre Form af Sporskifter med en kort fast Tunge og en bevægelig Tunge (Fig. 5).

Tungeprofilet gøres nu hatformet med bred Fod (Fig 8—9), saa Tungen kommer til at hvile godt, og Formen gør det muligt at give Tungeroden en heldig Form. Tungespidsen forstærkes, ved at Yderskinnens Hoved underskæres med Hældning 1 : 3, saa Tungen kommer til at gribe ind under Yderskinnen. Medens Yderskinnen beholder denne Underskæring vokser Tungeprofilet fra Spidsen henimod Roden, som vist Fig. 10 og Pl. 1. Afstanden fra Tungespidsen til det Punkt, hvori Tungen har sit fulde Tværsnit, er for de

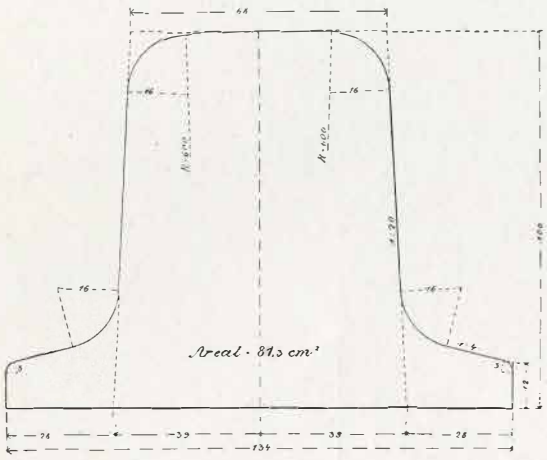


Fig. 8. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Fuldtungeskinne. Areal 81,3 cm².

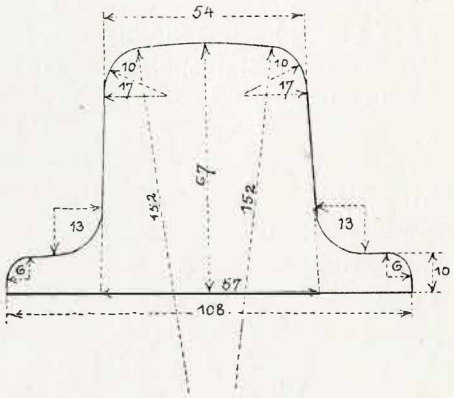


Fig. 9. De danske Statsbaner. 22,5 kg Overbygning. Fuldtungeskinne. Areal 41,7 cm².

danske Statsbaners 45 kg Skinner og Sporskifte 1 : 9 3,92 m ved den krumme og 3,5 m ved den lige Tunge.

For at gøre Tungespidsen kraftig, og formindske Udgifterne til Bearbejdning, bøjes Fuldtungeskinnen let paa det Sted, hvor den løber sammen med Yderskinnen, og høvles saa først af, men langs Kørekanten kun saa dybt som nødvendigt af Hensyn til Styrekransen (45—52 mm). Ved Indløbet i Sporskiftet leder Tungen ganske vist straks, men Yderskinnen bærer Hjulene, da den svage Tungespids er sænket ned under Skinnens Køreflade. Denne naar den først, naar Tungen er stærk nok — 30 mm bred (se Pl. 1).

Tungeprofilets Højde er mindre end Højden af den tilsvarende Vignolesskinne. Til de danske Statsbaners 45 kg Skinne, hvis Højde er 140 mm, svarer saaledes et Tungeprofil, der er 100 mm højt (Fig. 8). Af Hensyn til Forbindelsen mellem Tungen og den tilhørende Mellemskinne er det imidlertid nødvendigt, at Tungen ved Roden har samme Højde som Mellemskinnen. Dette blev tidligere gjort paa den Maade, at man til Undersiden af Tungeskinnen fastsvejsede en Hæl med plan Underflade (Fig. 11), saa Højden blev lige saa stor som Vignolesskinnens, hvorved man opnaar, at Tungerod, Mellem- og Yderskinne kan hvile paa en fælles Underlagsplade og Svelle, som ved et fast Stød. Da den paasvejsede Hæl ikke vil holde sig i Længden, er man nu gaaet over til at udføre Hælen ved Udpresning; efter Udpresningen udfræser

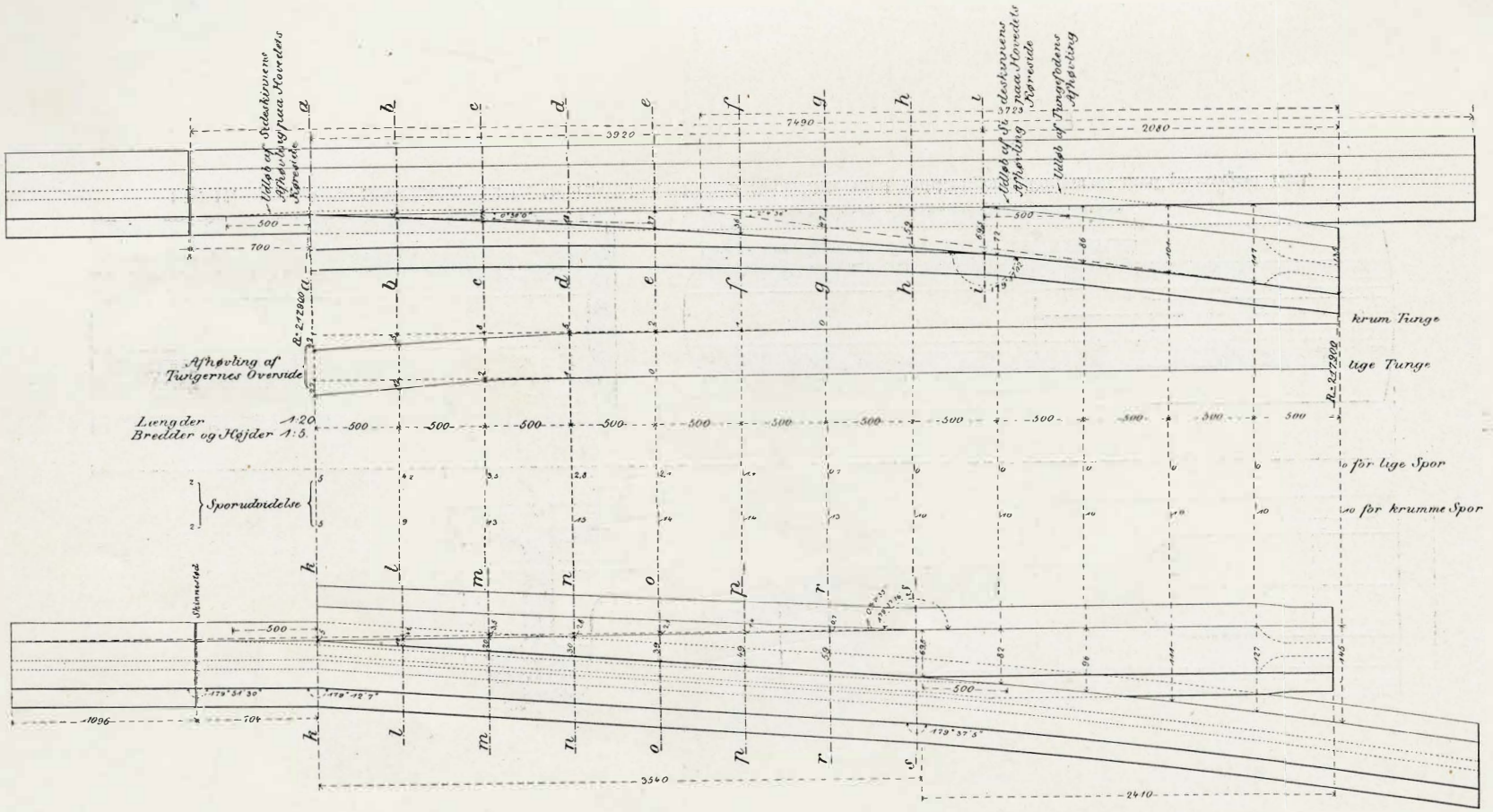


Fig. 10. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte.

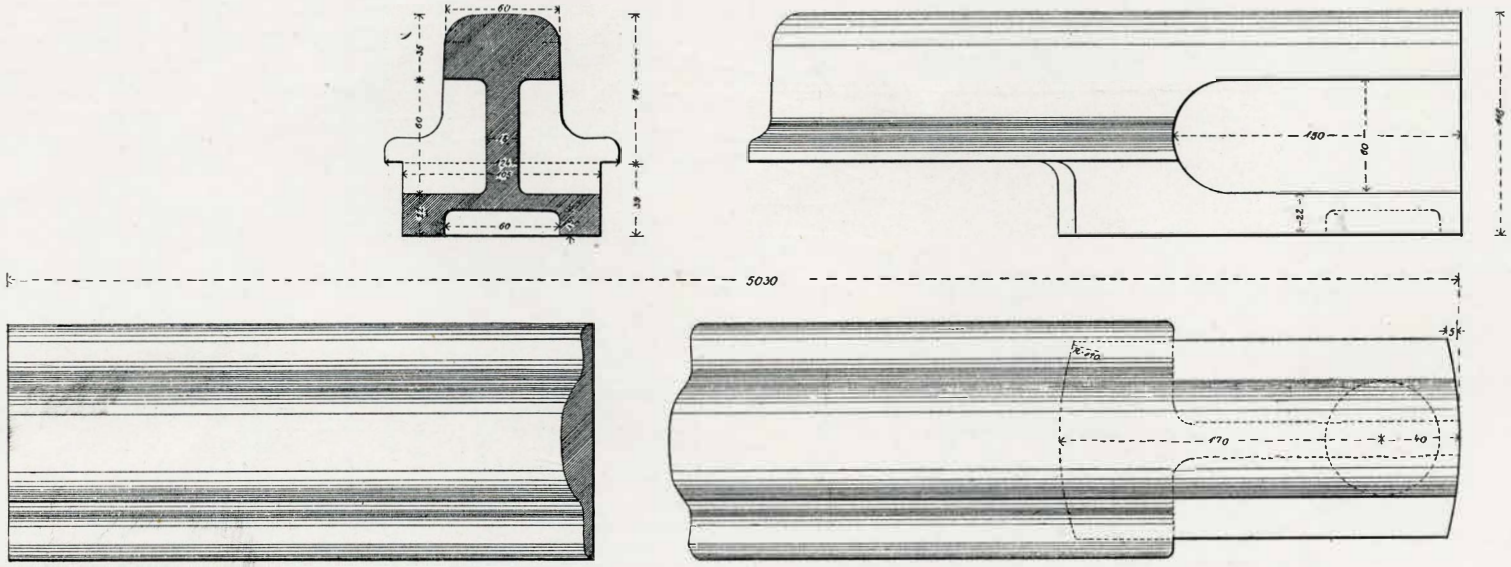


Fig. 11. De danske Statsbaner. 32 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Tungerod med paasvejset Hæl.

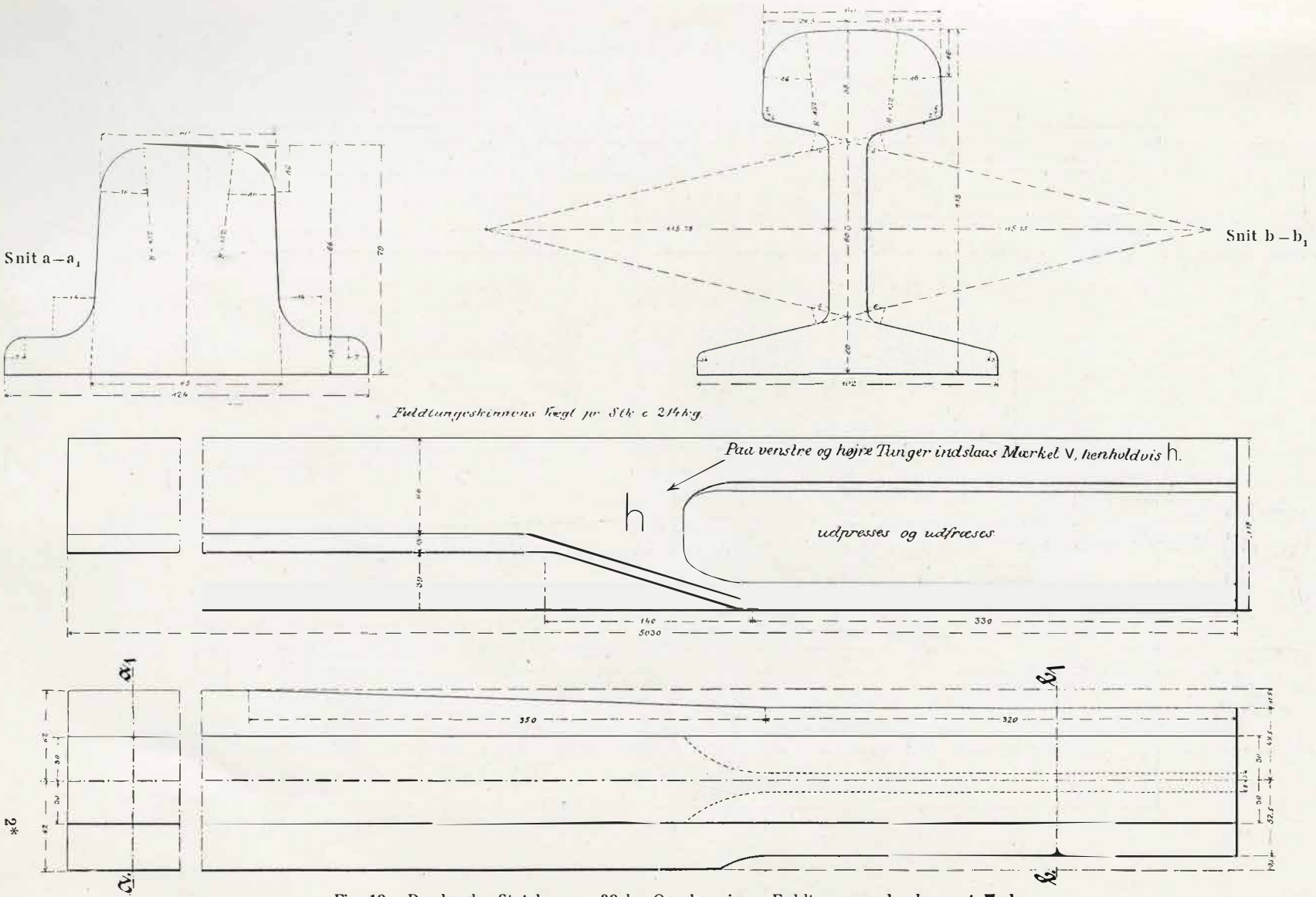


Fig. 12. De danske Statsbaner. 32 kg Overbygning. Fuldtunge med **udpresset Mæl.**

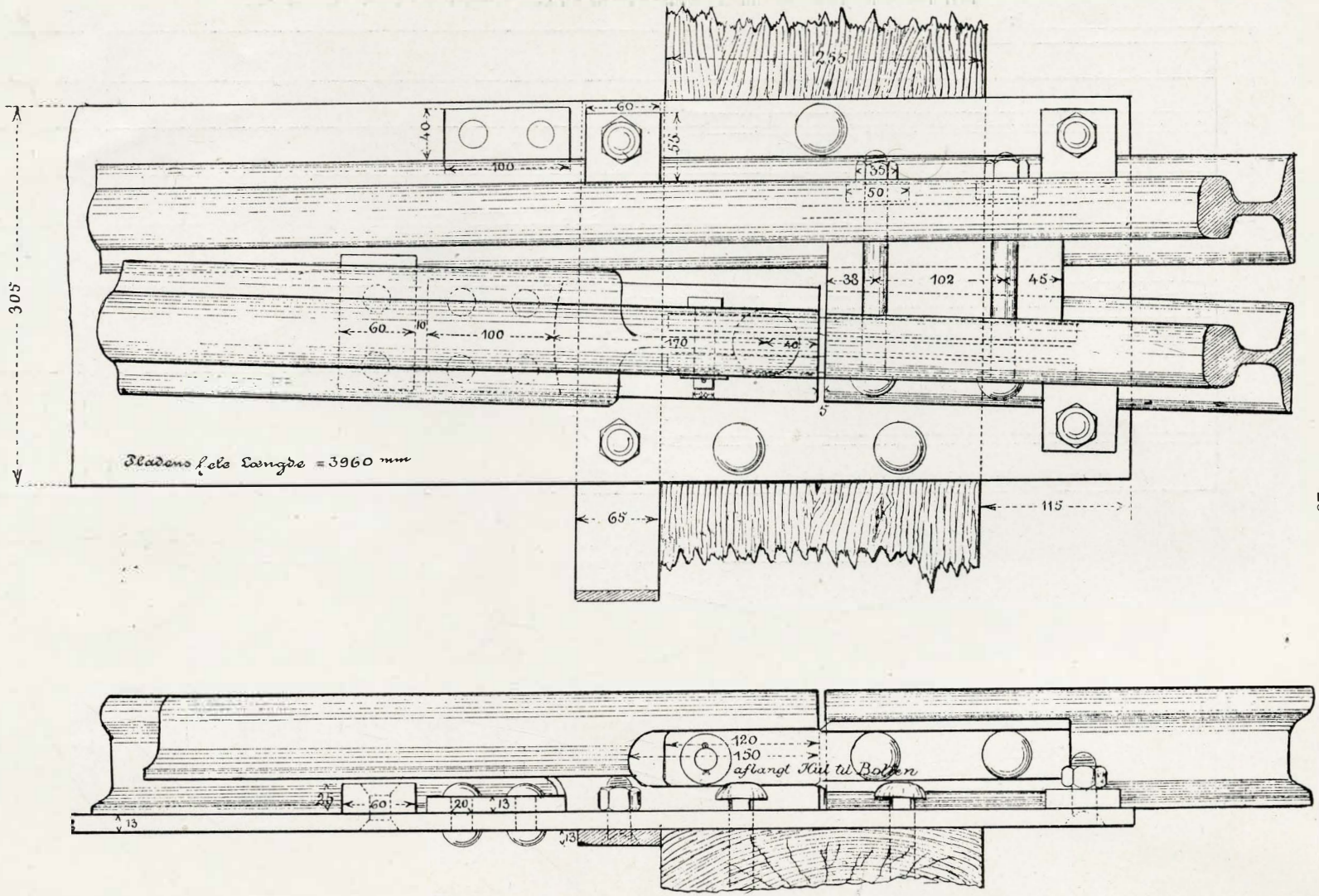


Fig. 13. De danske Statsbaner. 45 lbs Overbygning. Forbindelsen ved Tungeroden.

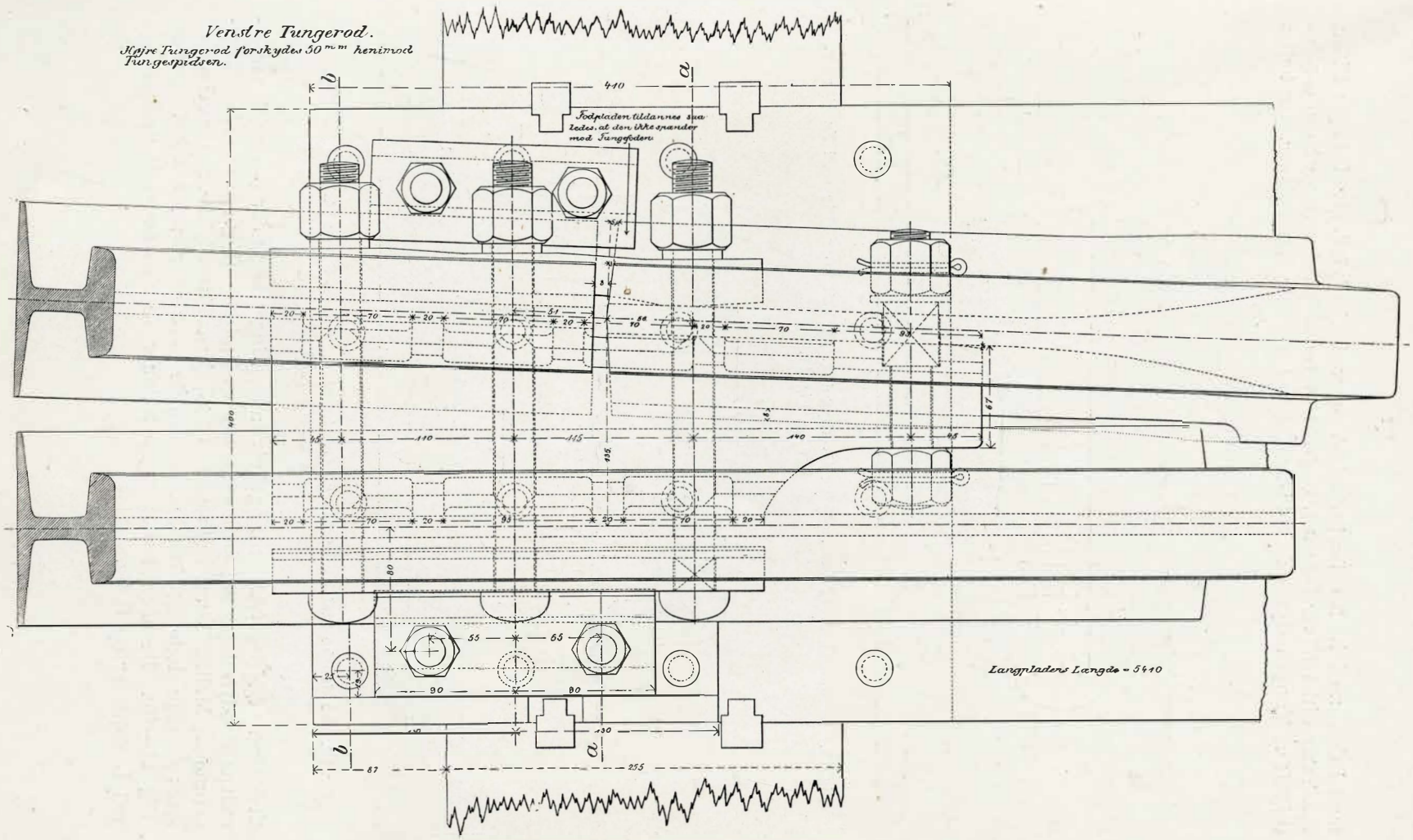


Fig. 14. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte. Forbindelsen ved venstre Tungerod.

man i den med Hælen forstærkede Tungerod Fordybninger i begge Sider, saa Tværsnittet bliver I-formet, omtrent svarende til det normale Skinneprofils (Fig. 12). Tungen styres da fuldstændig ved to flade Laskeplader, der boltes

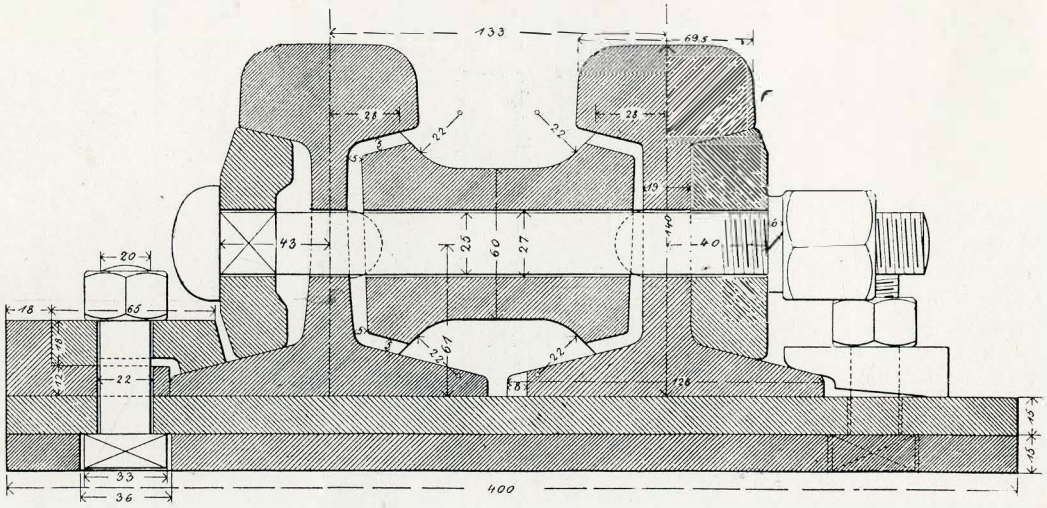


Fig. 15. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Snit a—a Fig. 14.

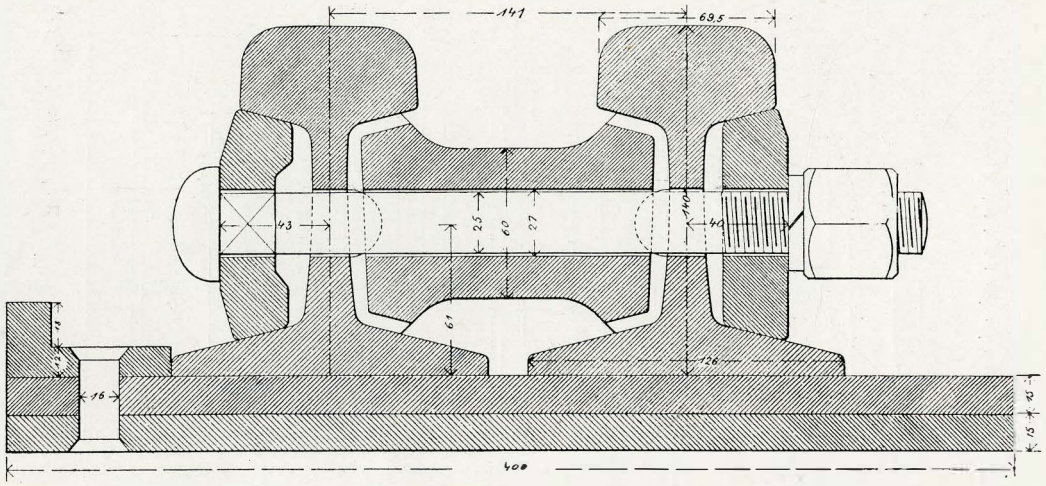


Fig. 16. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Snit b—b Fig. 14.

til Enden af Mellemskinnen, og hvis fremspringende Ender passer til Tungerodens Fordybninger og fastholdes ved en Splitbolt (Fig. 13). Mellem Yderskinne og Mellemskinne indlægges et Støbejerns Formstykke, og Laskeboltene føres gennem dette og Yderskinnen, saa de to Skinner spændes fast sammen (Fig 14—16). Desuden fæstes begge Skinner til den fælles Underlagsplade ved Klemplader og Bolte.

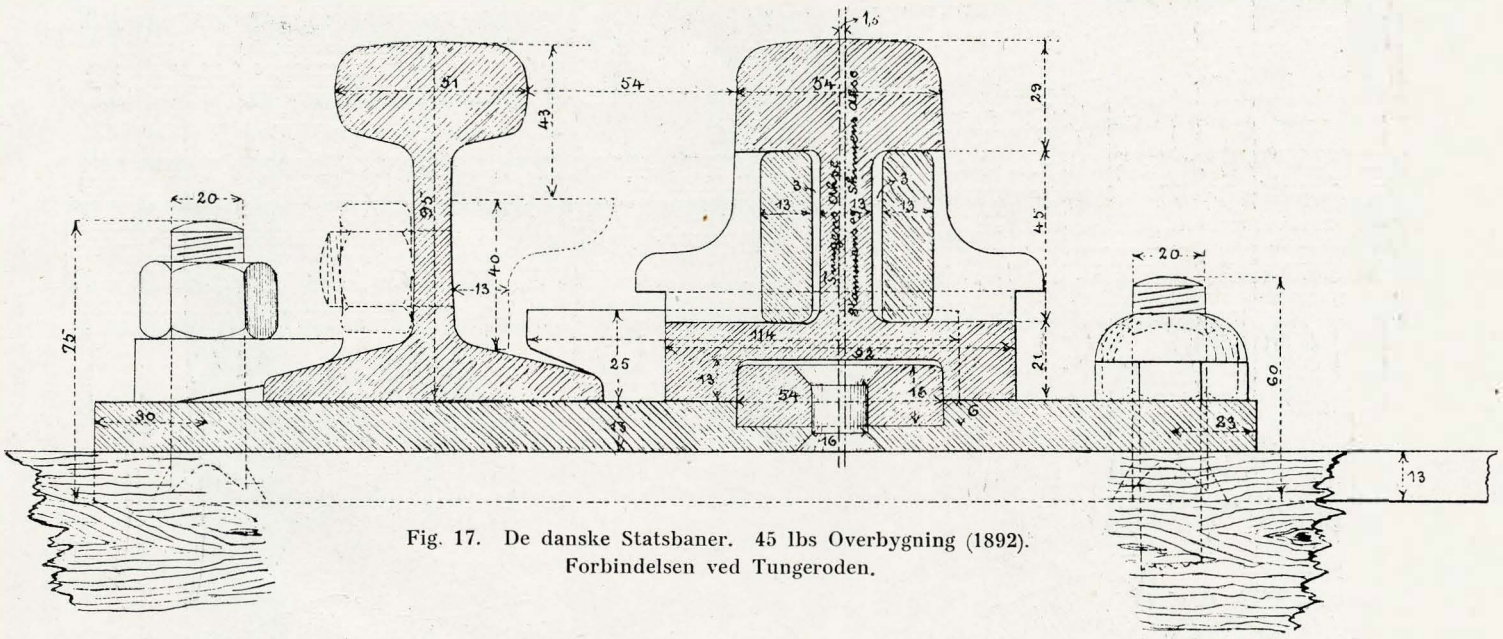


Fig. 17. De danske Statsbaner. 45 lbs Overbygning (1892).
Forbindelsen ved Tungeroden.

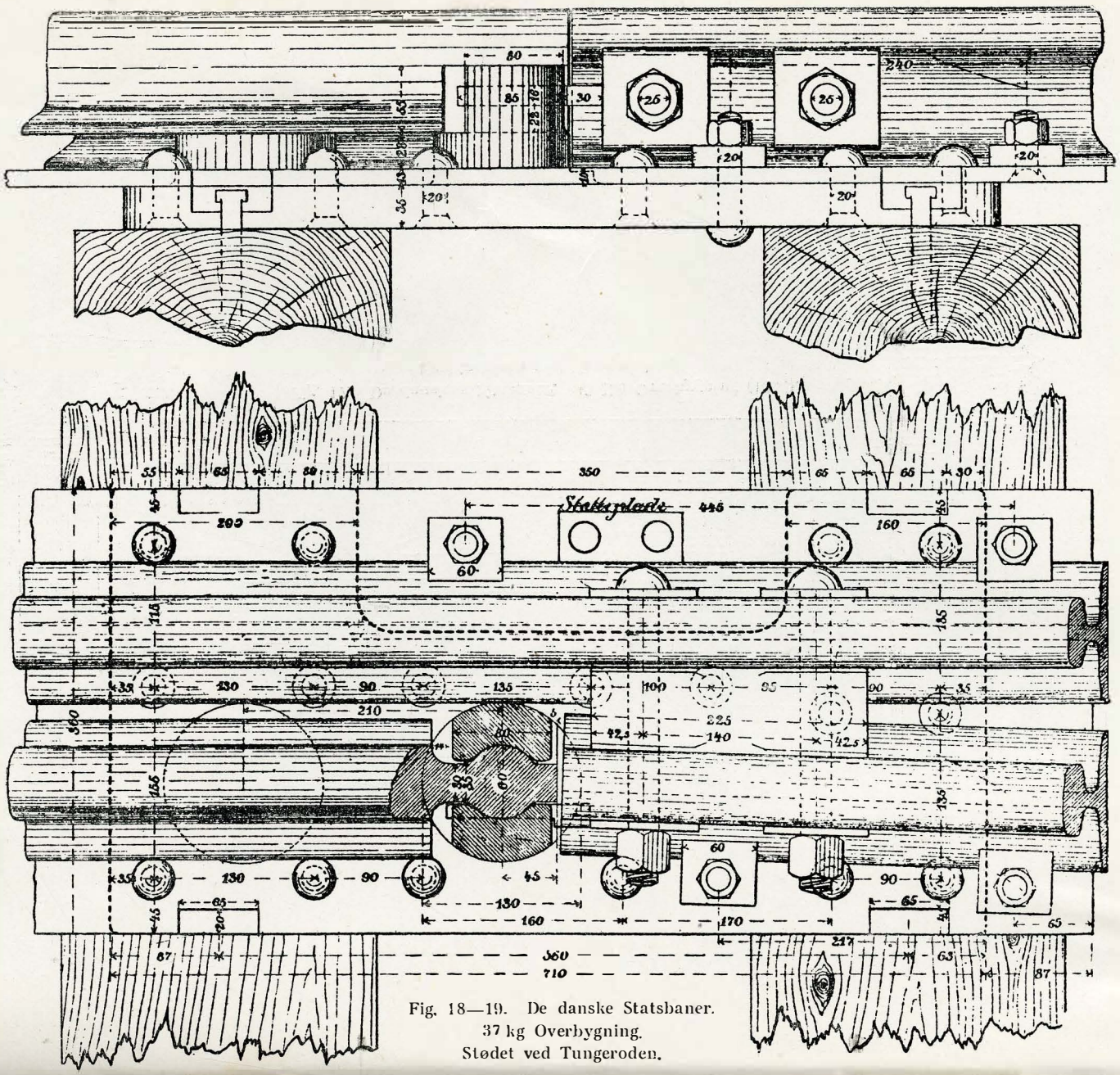


Fig. 18—19. De danske Statsbaner.
37 kg Overbygning.
Stødet ved Tungeroden.

Tungen er drejelig om Roden. Da Tungen paa dette Sted maa være sikret mod Forskydning baade til Siden og i sin Længderetning, og mod at blive løftet op, uden at Bevægeligheden og den gode Tilslutning til den næste Skinne lider, saa er dette Sted det vigtigste og det, der er vanskeligst at udforme.

Tungens Omdrejningspunkt kan udformes som en Omdrejningstap, som en Laskeforbindelse, og endelig kan Drejningen tilvejebringes ved at Tungerne gøres fjedrende.

En Omdrejningstap har man tidligere konstrueret ved til Underlagspladen at nitte en lille cirkulær Plade, der passer op i en udboret Fordybning i Tungerodens Hæl (Fig. 11 og 17); tillige er saa Hælens Forkant, henimod Tungespidsen, afdrejet cirkulært om Omdrejningsaksen og støttet mod en cirkulært udskaaren Plade, der nittes paa Underlagspladen, hvorved en vandret Længdeforskydning af Tungen forhindres (Fig. 13).

Man har endvidere udfræset Styretapper i Tungeroden og fastholdt den ved Bakker, som anbringes fra neden gennem Underlagspladen. Tappen udfræses i Tungeroden fra neden gennem lidt over Halvdelen af Tungeskinnens Højde, saa Tungen kan lægges lodret ned imellem Bakkerne, hvorpaa Forbindelsen sluttes ved Inddrivning fra Enden af Tungen af en Kile, hvis Kilegang er udarbejdet halvt i Styretappen og halvt i Bakkerne. Disse udgaar som Forlængelse af en lodret Cylinder, hvorpaa Tappen hviler, og som selv udgaar fra en tyk Underlagsplade og føres gennem et Hul i den sædvanlige tyndere Underlagsplade, hvortil baade Mellemskinne og Yderskinne er fæstet ved Klemplader og Bolte. Stødet ved Tungeroden er svævende; den særlige Underlagsplade naar fra Stødsvelle til Stødsvelle, og bærer en anden lodret

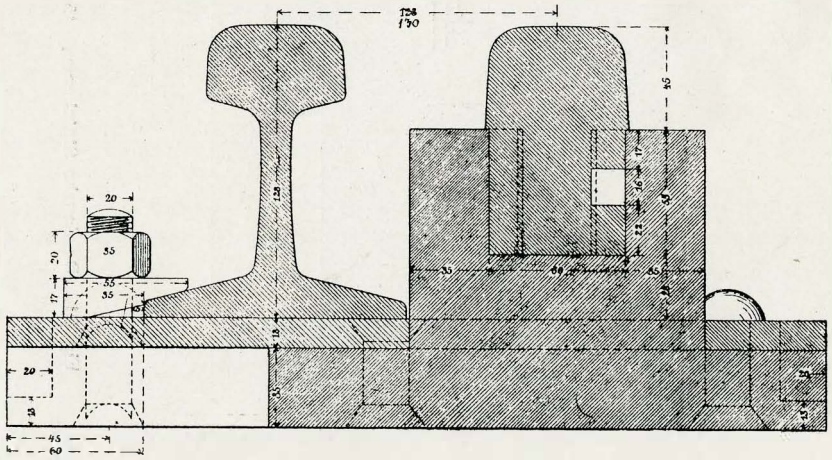


Fig. 20. De danske Statsbaner. 37 kg Overbygning. Forbindelsen ved Tungeroden.

Cylinder, som støtter Tungen over Svellemidten. Underlagspladen skal ved sin Stivhed erstatte Laskerne ved et almindeligt Skinnestød, og det er Forbindelsens svage Punkt, at dette kun delvis opnaas. Konstruktionen er blevet anvendt ved de danske Statsbaners 37 kg Spor (Fig. 18—20).

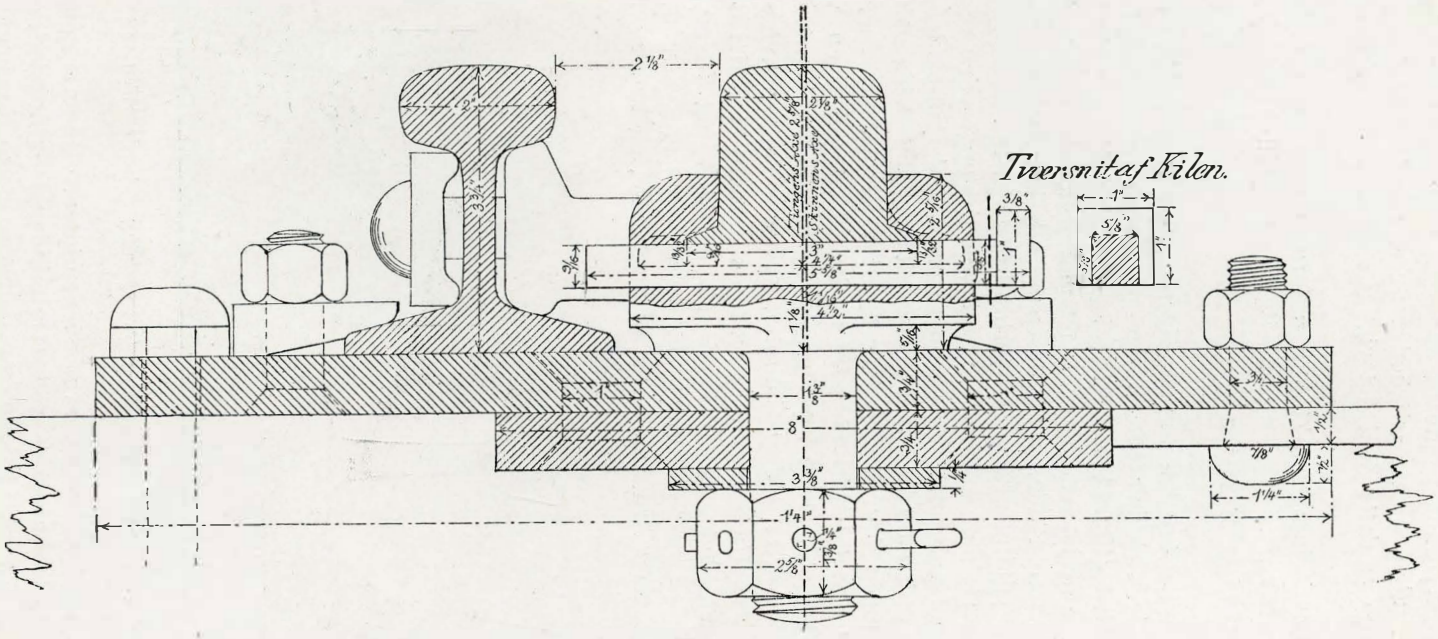


Fig. 21. De danske Statsbaner. 45 lbs Overbygning (1888). Forbindelsen ved Tungeroden.

Ved lette Overbygninger med Fuldtungeskinner af rektangulært Tværsnit har man tidligere udført Forbindelsen ved Tungeroden en Del simplere, saaledes at Omdrejningsaksen dannes af en lodret Skruebolt med nedadvendende Møttrik og opadvendende Hoved med to Kæber, der griber ind i udfræsede Riller paa Siderne af Tungeroden (Fig. 21). Kæberne skydes ind fra Enden, og Forbindelsen sluttes med en vandret Tværkile, som ligger halvt i Tungen og halvt i Omdrejningsboltens Hoved. Stødet maa være svævende, saa der mellem Stødsvellerne er Plads til den nedadvendende Møttrik; det forstærkes derfor med en tyk Underlagsplade, som naar over begge Stødsveller, og paa Grund af sin Tykkelse kan give god Styring for Omdrejningsbolten.

Drejestolen, hvor en saadan anvendes, bæres af en f. Eks. 35 mm tyk Smedejerns Plade, der naar over begge Stødsveller ved Tungerodsstødet — ofte bæres Drejestolen direkte af en Svelle — og nittes fast til den over det liggende Sporskifteplade. Drejestolen skrues fast til Grundpladen, saa den let kan udveksles, og svejses derfor ikke gerne.

Tappens Form giver ingen varig Sikkerhed mod Forskydning i Længderetningen, der indtræder, naar Trykfladen slides; dog kan man formindske den meget ved god Smøring.

Den simpleste Løsning af Omdrejningspunktets Konstruktion faas ved en Laskeforbindelse alene. Forbindelsen mellem Tunge og Skinne udføres da med Lasker, der af Hensyn til Tungens Bevægelighed er passende bearbejdede paa Indersiden. Tungens Bøjelighed virker i Almindelighed med. I Fig. 22—24 er vist en af de danske Statsbaner anvendt Konstruktion, i Fig. 25—26 en af danske Privatbaner anvendt Konstruktion,

I Fig. 27—28 er vist to Højre Sporskifters samlede Tungepartier, anvendt henholdsvis af de danske Statsbaner og af en dansk Privatbane (Ryomgaard — Gjerrild Banen).

Den tredie Konstruktion, det fjedrende Sporskifte, omtales nærmere i § 3.

Tunge og Yderskinne bæres af en fælles Grundplade (Langpladen) af Smedejern, der befæstes til Sporskiftetømmeret. Lægningen af Sporskifterne lettes betydeligt derved, fordi man saa kan udføre hele Samlingen paa Værkstedet.

Paa Grundpladen nittes Glideplader eller Glidestole af Flusjern eller Smedejern, der understøtter Tungerne i lodret Retning, og paa hvilke Tungerne hviler med Fodens fulde Bredde og glider ved Omstilling af Sporskiftet. Glidestolene har høvlede Glideflader, som krager ud over Yderskinnens Fod. Glidestolens Tykkelse er lig Højdeforskellen mellem Yderskinne og Tunge. Yderskinnen gøres fast paa Grundfladen med Klemskruer (Fig. 29).

Den fastsatte Sporvidde bevares foruden ved et kraftigt Tungeprofil og ved god Sikring af Tungeroden ved at man lader Yderskinnerne hjælpe med til at understøtte Tungen til Siden ved de til dem fastskruede Tungestøtter (Fig. 30).

I Fig. 31 er vist de ved Fastgørelsen af Sporskifter anvendte særlige Spiger.

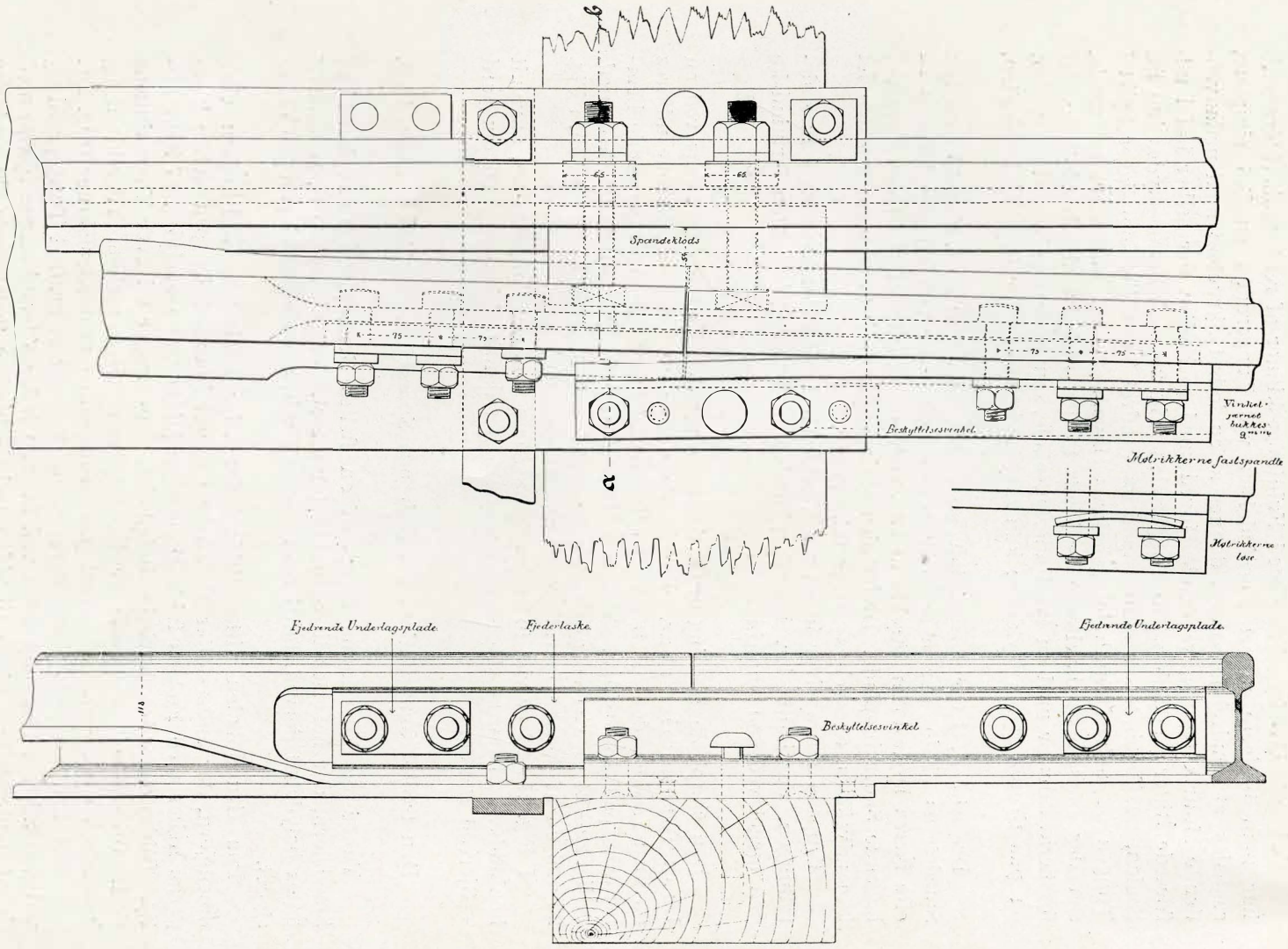


Fig. 22. De danske Statsbaner (1908). 32 kg Overbygning. Tunge med fjedrende Laskeforbindelser.

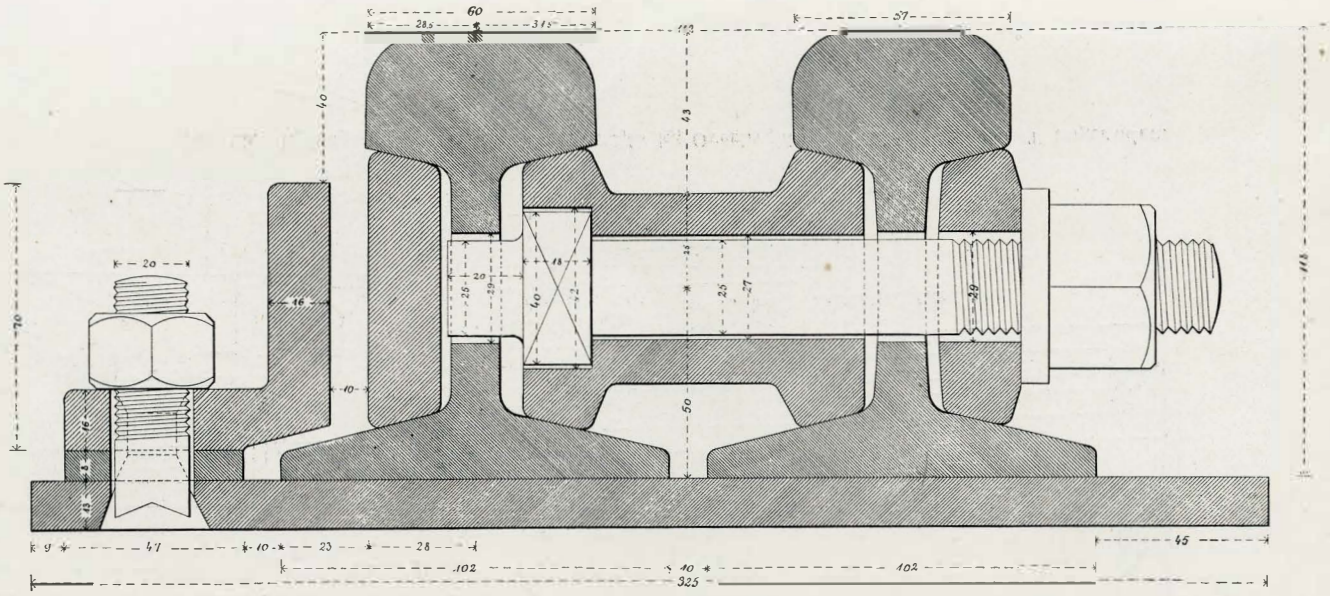


Fig. 23. De danske Statsbaner (1908). 32 kg Overbygning. Tunge med fjedrende Laskeforbindelser. Snit a—b (Fig. 22).

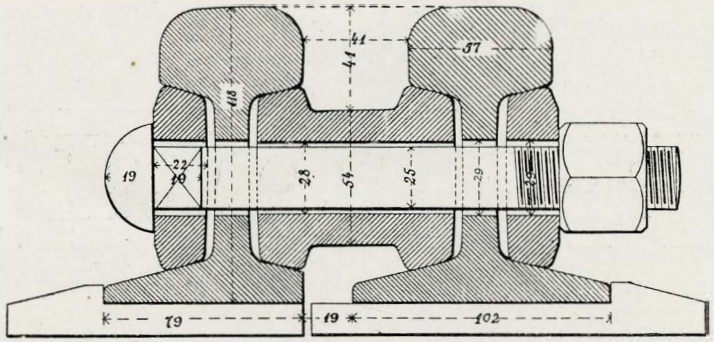


Fig. 24. De danske Statsbaner. 32 kg Overbygning. Spændeklods mellem Skinne og Tvangskinne.

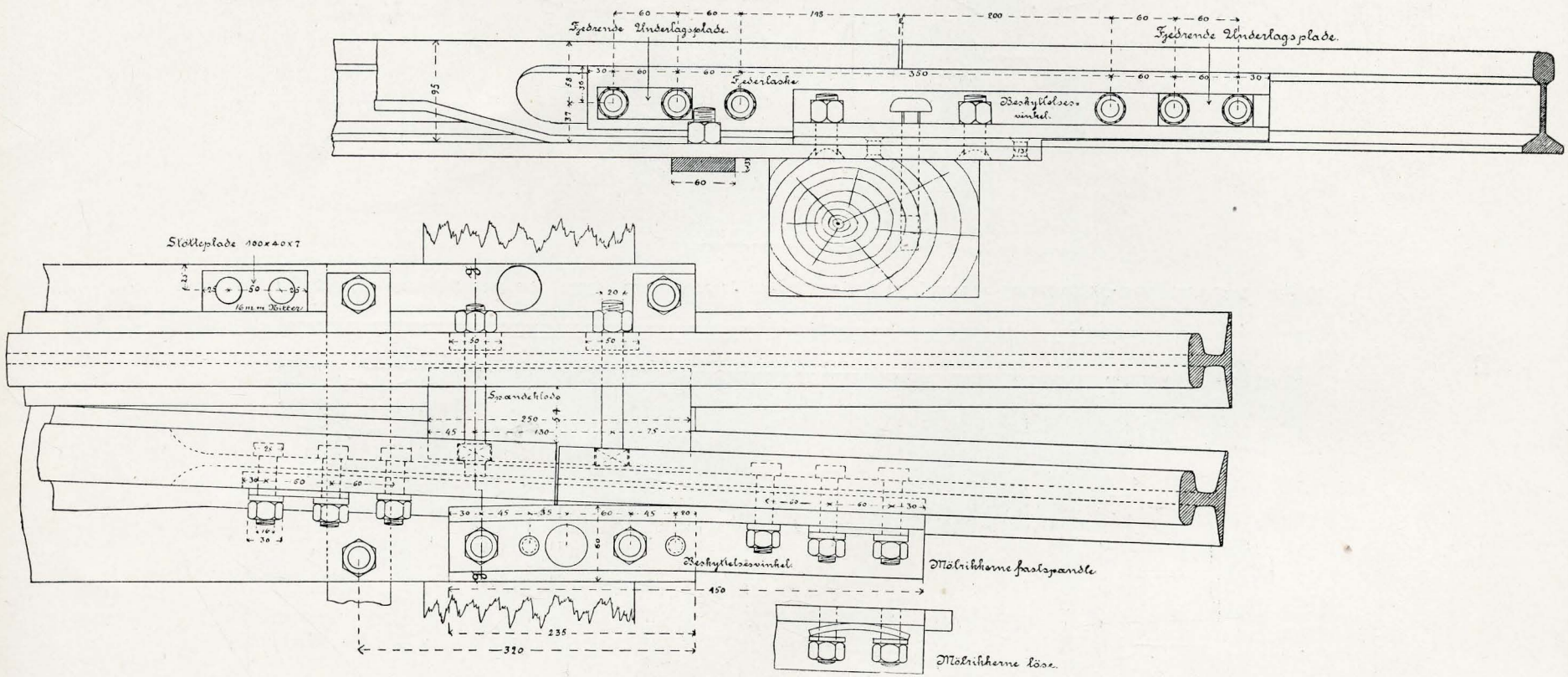


Fig. 25. Ryomgaard—Gjerrild Banen. 22,45 kg Overbygning. Forbindelse ved T unger oden.

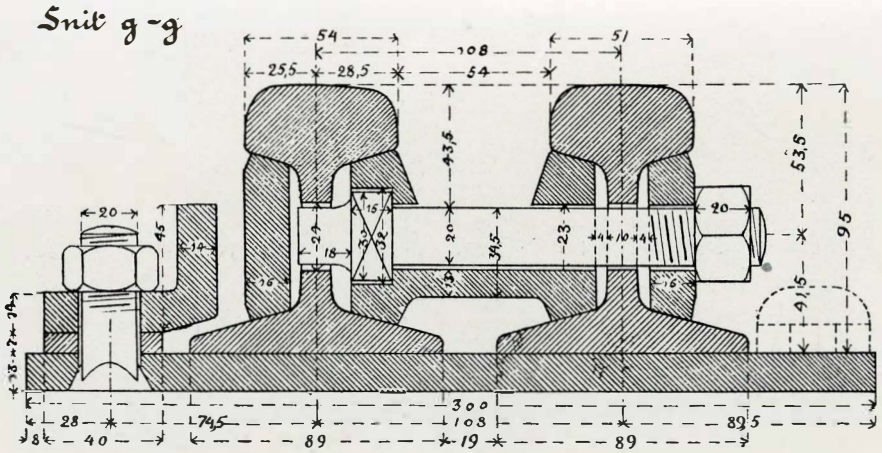


Fig. 26. Ryomgaard—Gjerrild Banen. 22,45 kg Overbygning Forbindelse ved Tungeroden. Snit g—g Fig. 25.

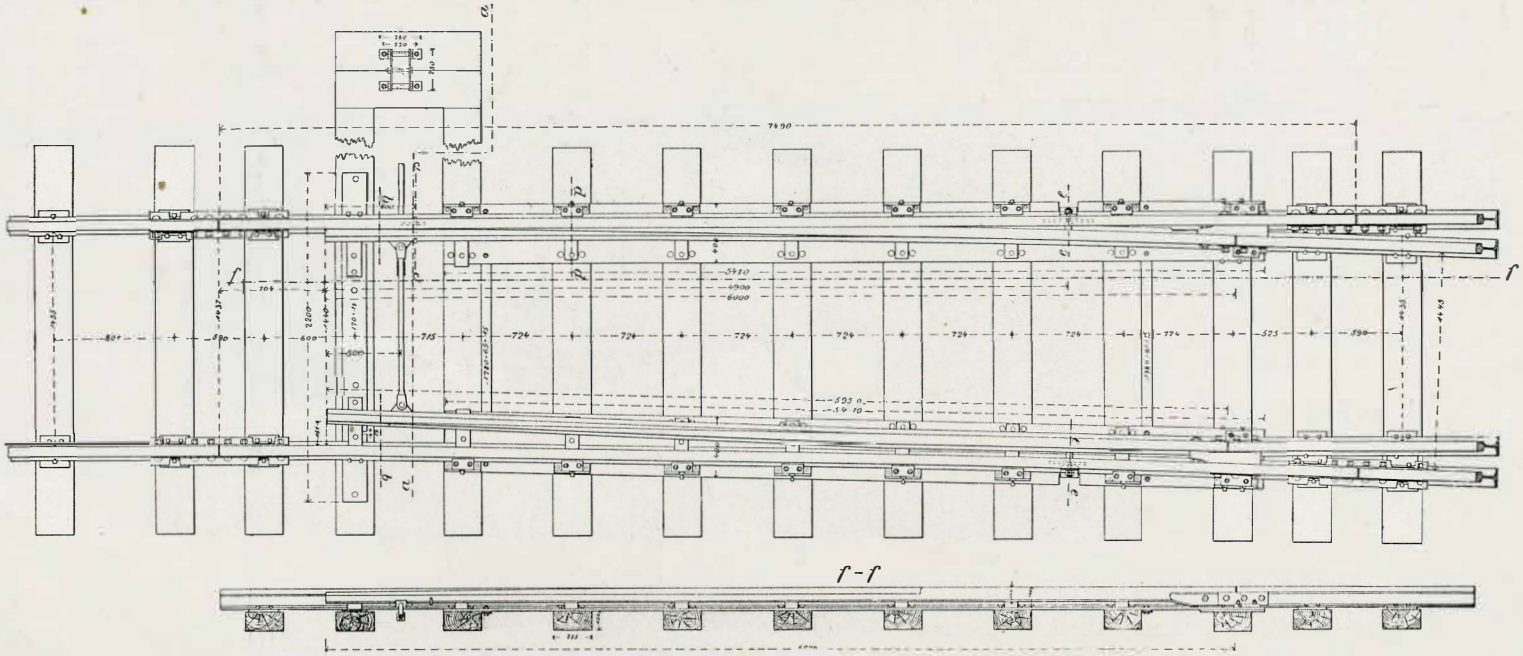


Fig. 27. De danske Statsbaner (1907). 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte.

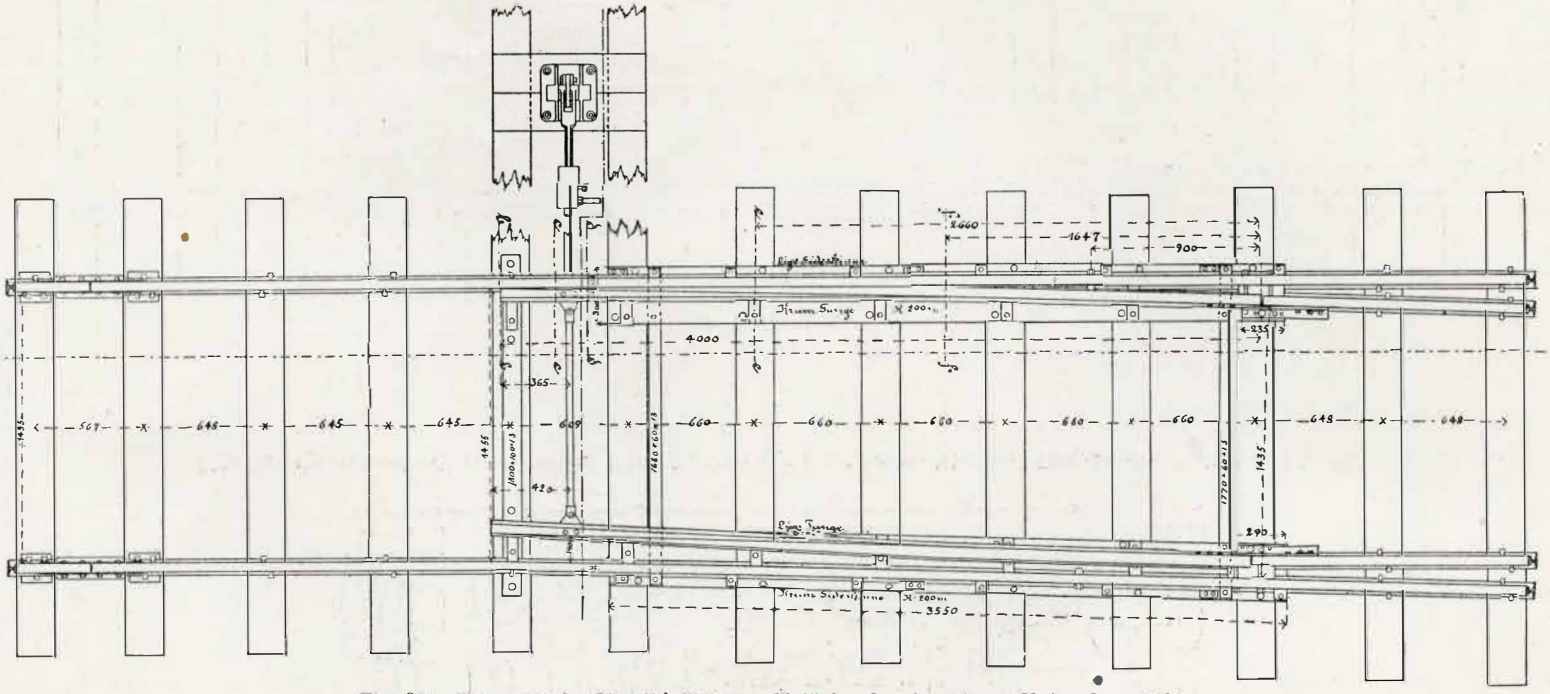


Fig. 28. Ryomgaard—Gjerrild Banen. 22,45 kg Overbygning. Højre Sporskifte.

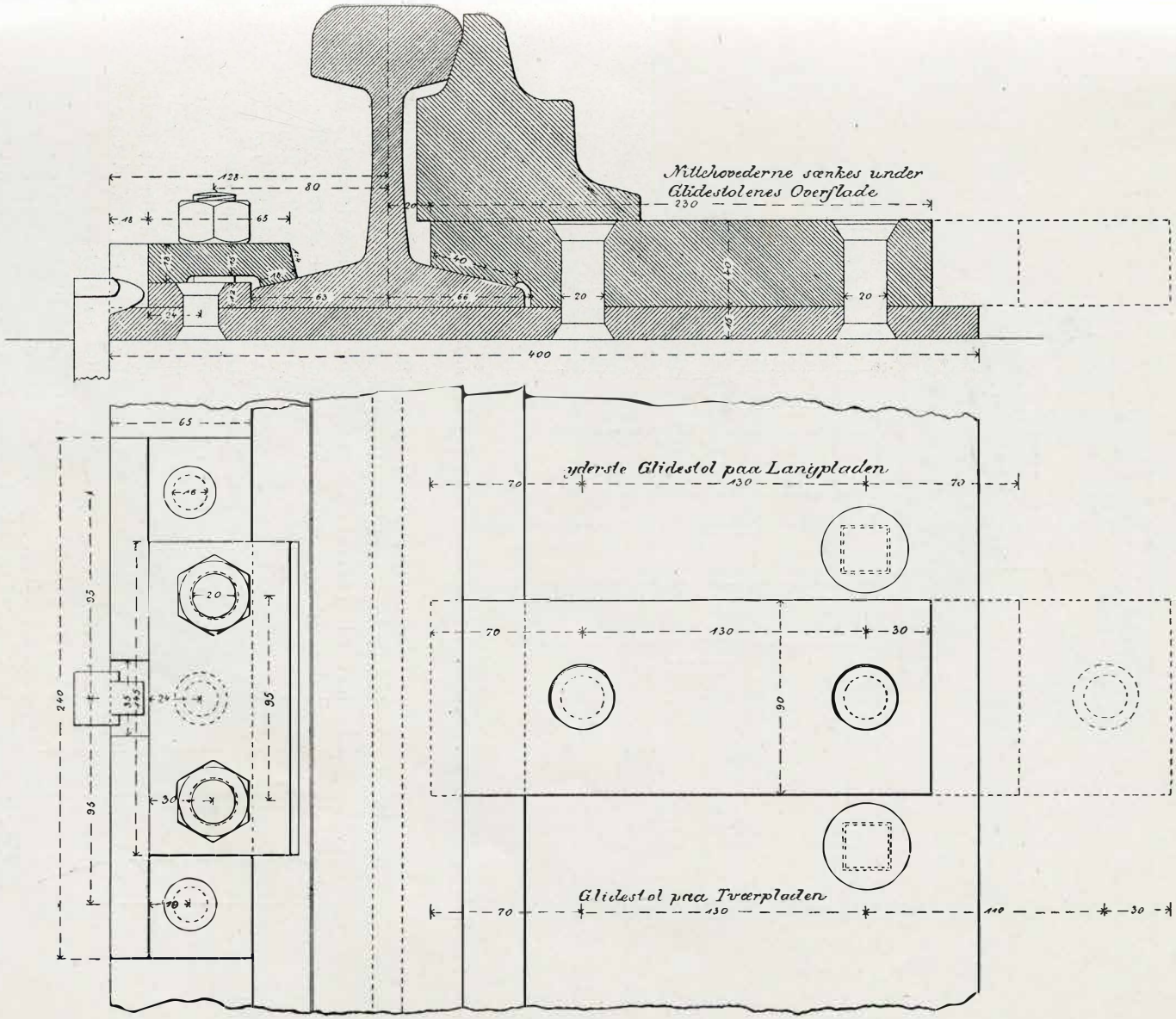


Fig. 29. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte.

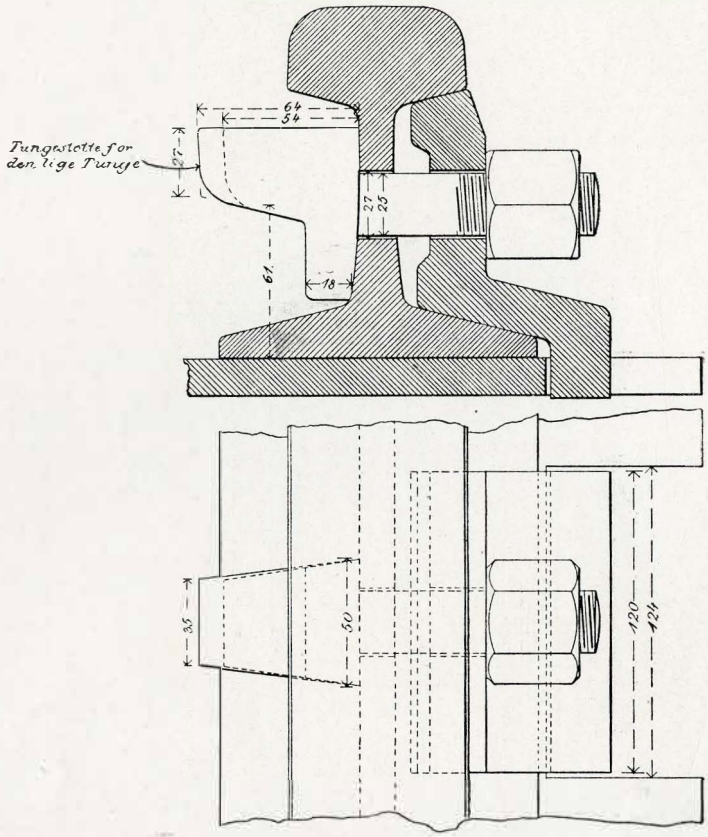


Fig. 30. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Tungestøtte.

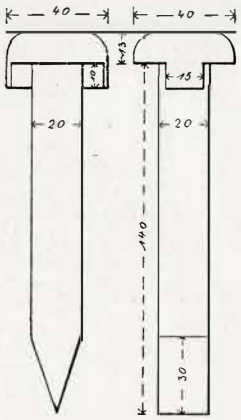


Fig. 31.
De danske Statsbaner.
45 kg Overbygning.
Enkelt Sporskifte med
Fuldtunger.
Rundhovedet Spiger.

Omstilling af et Sporskifte udføres ved en Skifteindretning, som ganske vist skal lade Tungen slutte fast til Yderskinnen, men dog maa være formet saaledes, at Sporskiftet kan skæres op af Styrekransene, hvis Tungen staar galt. Den bestaar af en Trækstang, der griber fat i Forbindelsesstangen mellem Tungespidserne og er forbundet med Sporskiftebukken (Fig. 32—33). Denne bærer en Kontravægt, der skal trykke Tungen fast imod Yderskinnen. Den kan slaa helt over, eller den kan slaa tilbage; i første Tilfælde gaar Kontravægten, naar Sporskiftet skæres op, over i en ny Endestilling, og Sporskiftet stilles om; slaar Kontravægten tilbage, falder den efter Opskæringen tilbage i sin gamle Stilling, Sporskiftet stilles altsaa ikke om, men hver ny Vognaksel maa igen skære Sporskiftet op, hvorved der fremkommer Stød, der er skadelige for Tungen. Sporskiftebukken opstilles udenfor det fri Profil paa to forlængede Stykker Sporskiftetømmer (Fig. 32 og 34).

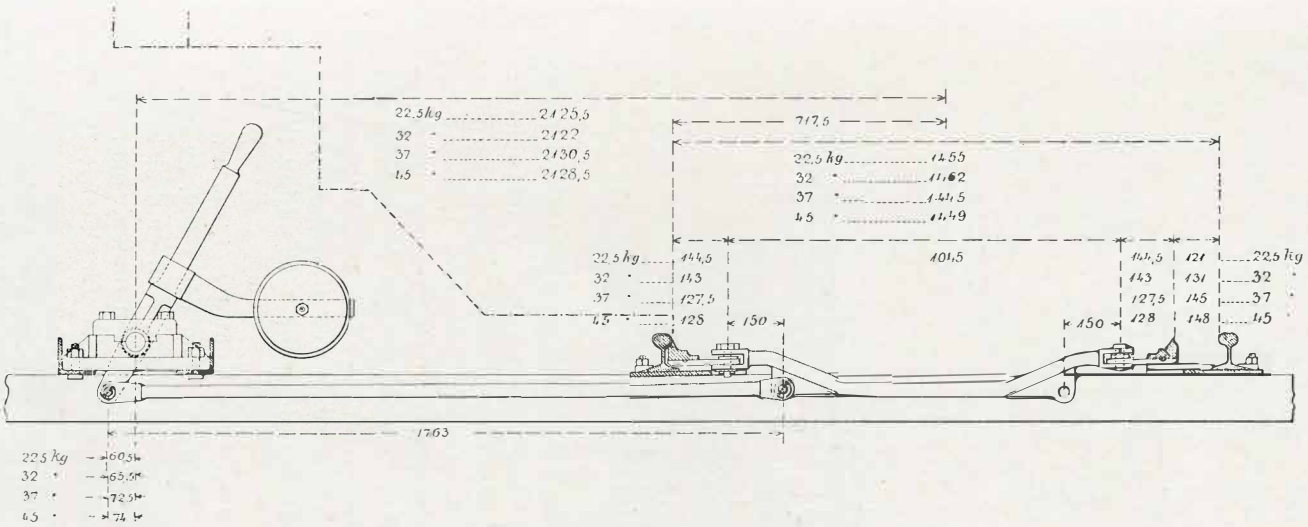


Fig. 32. De danske Statsbaner. Trækbuk og Trækstang.

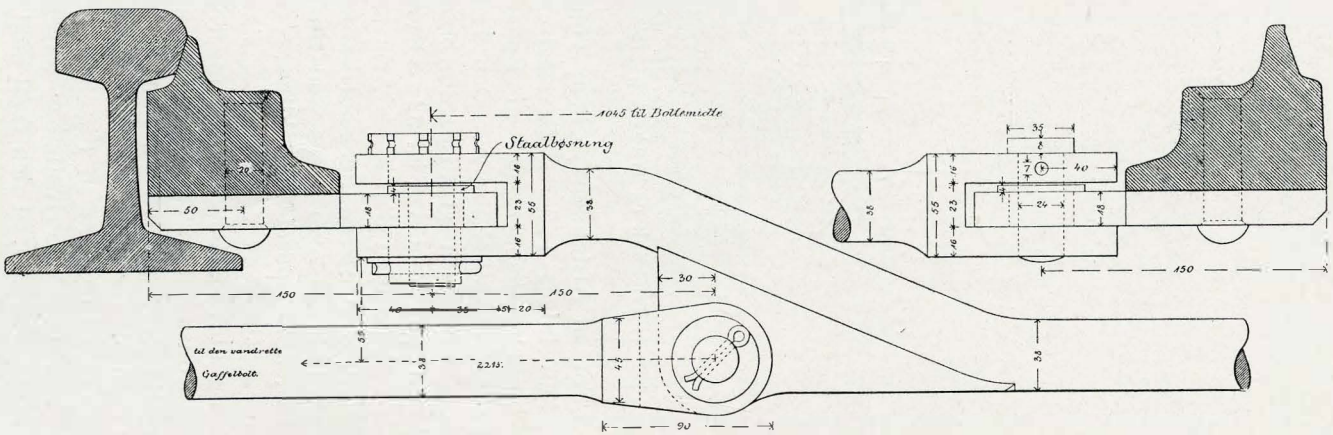


Fig. 33. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte. Forbindelsen mellem Tunger og Trækstang.

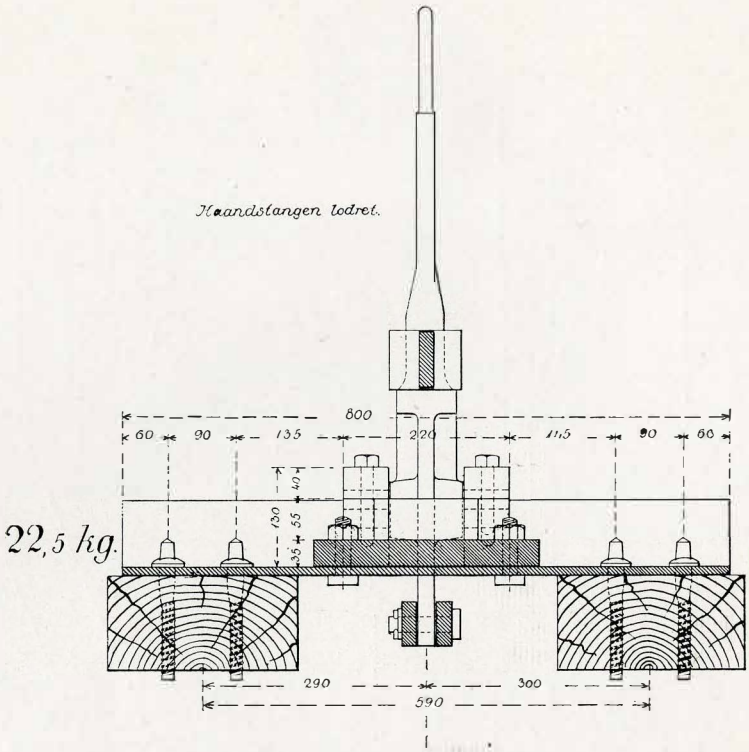


Fig. 34. De danske Statsbaner.
Trækbuk og Trækstang (Maalene gælder for 22,5 kg Overbygning.)

For at Afstanden mellem Tungerne kan nøjagtigt overholdes, og for at de kan følges i deres Bevægelse sammenkobler man dem ved to eller tre Forbindelsesstænger, der af Hensyn til Understopningen lægges op ad et Stykke Sporskiftetømmer. Den Trækstang, hvormed Tungerne bevæges, forbindes med den af disse Forbindelsesstænger, der ligger nærmest Tungespidsen paa den i Fig. 32—33 viste Maade. Trækstangen forbindes i den anden Ende med den korte Arm af en Vægtstang, der anbringes i Sporskiftebukken, hvis Sporskiftet skal kunne betjenes direkte ved Haandkraft. Vægtstangens lange Arm føres ved Haandkraft fra den ene Yderstilling til den anden, naar Sporet skal skiftes.

Vægtstangens Yderstillinger sikres ved en tung Kontravægt, der skal løftes, for at Vægtstangen og Tungerne kan bevæges. Paa den i Fig. 32 og 35 viste Konstruktion er Kontravægten fastgjort til en Arm, som er drejelig om Vægtstangen, saa den slaar over fra den ene Side til den anden, naar Sporet skiftes. Trækbuk og Trækstang skal altid være uden for det frie Profil, som det vil fremgaa af Fig. 32.

Paa danske Privatbaner anvendes en Vægtstang med fast Kontravægt, indrettet saaledes, at den først skal bevæges gennem en vis Vinkel fra Yderstillingen, inden den tager Trækstangen med. Kontravægten kan derfor sænkes temmelig dybt i Forhold til Omdrejningsbolten og vil kræve stor Kraft til sin Løftning. I Fig. 36 er vist en Sporskiftebuk, der f. Eks. er brugt paa

Ryomgaard—Gjerrild Banen. Den lange Arm skal drejes gennem ca. 180°, for at bevæge den korte gennem ca. 90°, og i begge Yderstillinger vil den lange Arm, der bærer Kontravægten, omtrent ligge vandret langs Jorden. Naar Sporskiftet har været skaaret op, vil Kontravægten ved denne Konstruktion

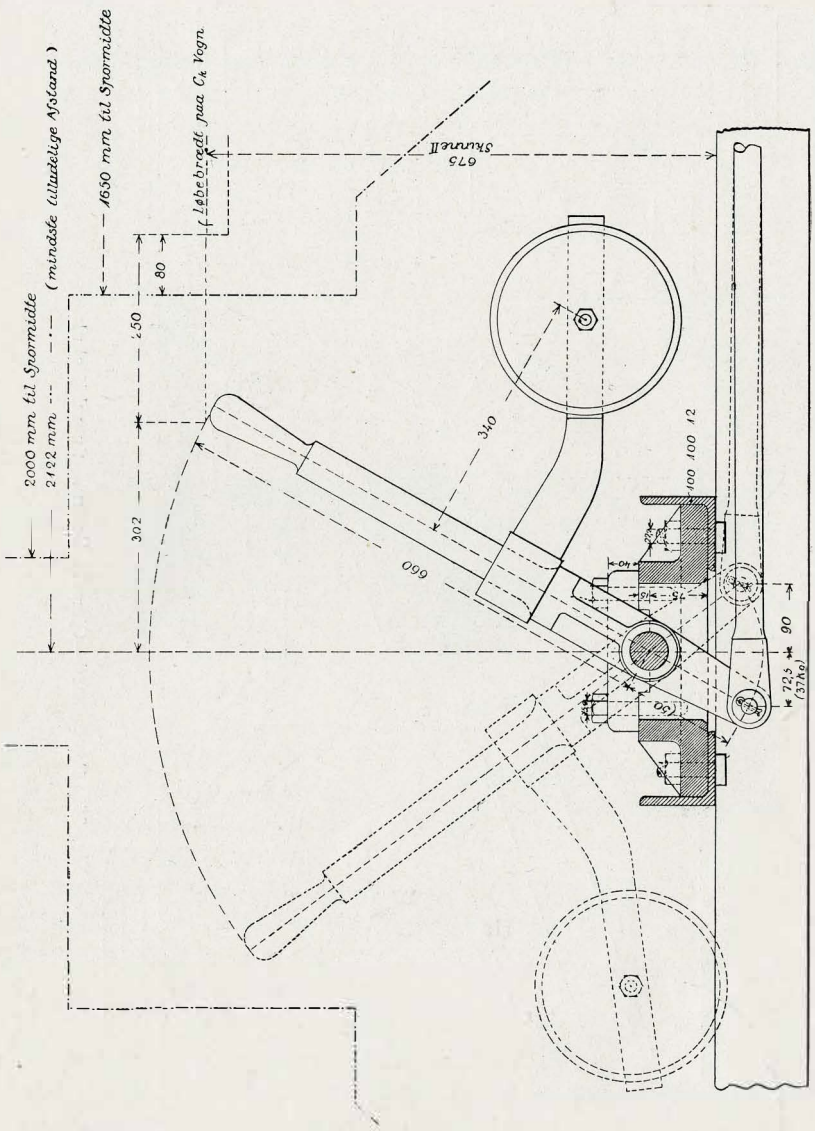


Fig. 35. De danske Statsbaner. Trækbuk og Trækstang.

føre Sporskiftet tilbage til dets Stilling, mens det ved den i Fig. 35 viste Sporskiftebuk stilles om.

De danske Statsbaner anvender til Krydsningssporskifter den i Fig. 36 viste Trækstol med fast Kontravægt. Vægtstangen skal her ligeledes bevæges en vis Vinkel fra Yderstillingen, inden den tager Trækstangen, der griber ind i det bueformede Udsnit, med. Vægtstangen er enarmet og ender forneden i

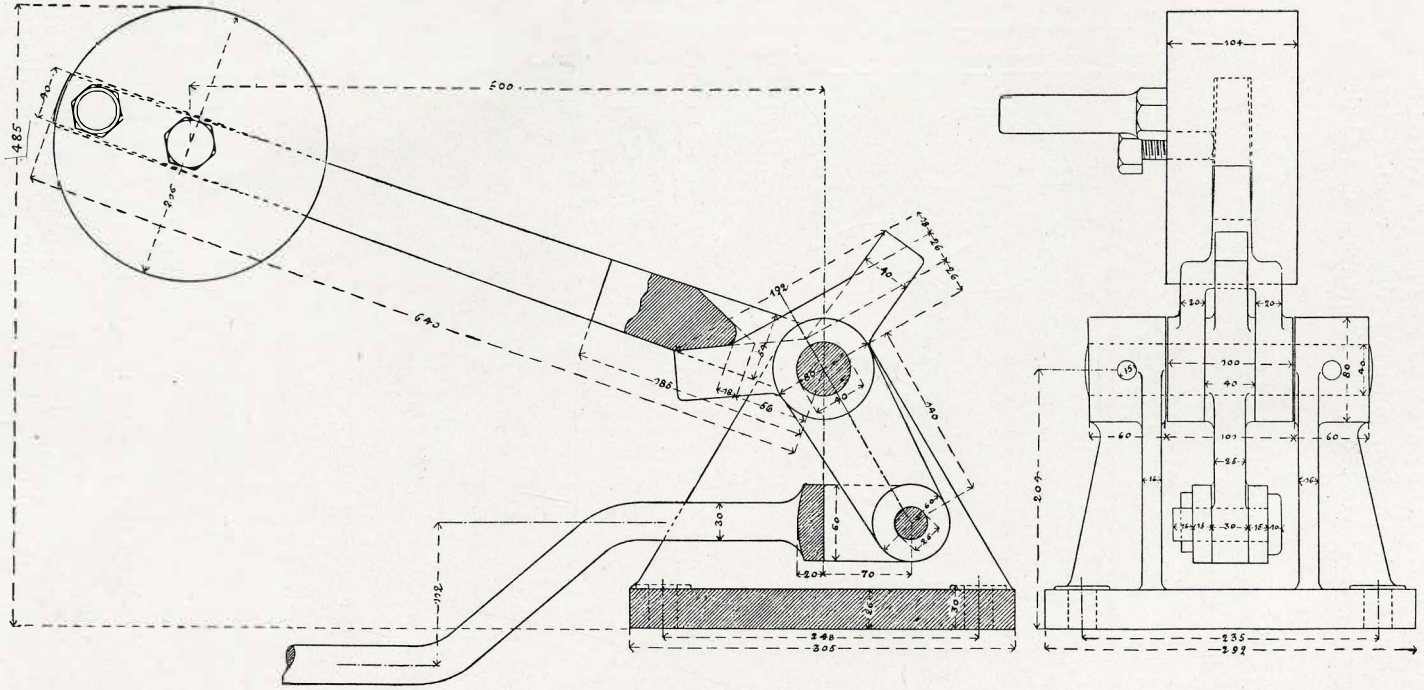


Fig. 36. Ryomgaard—Gjerrild Banen. Sporskiftebuk.

en pladeformet Udvidelse, som foruden at give Plads for det bueformede Udsnit, skal begrænse Vandringen ved at støde mod Bukkens Fodplade. Trækstangen ender som en Gaffel og fæstes ved en Bolt gennem Udsnittet, saa Vægtstangen maa drejes gennem den til Buen svarende Vinkel, inden Trækstangen forskydes.

Ved Signallygter gøres Sporskifterne kendelige paa Afstande indtil 300 m. Disse Lygter skal selvfølgelig ogsaa staa udenfor det frie Profil og anbringes bedst tæt over Skinneoverkant, fordi man derved bedst kan se, om Sporskifte og Lygte hører sammen. Lygterne er forbundne saaledes med Sporskiftebukken, at de drejer sig 90°, naar Sporskiftet stilles om, og saaledes viser forskelligt Signal, der er det samme Dag og Nat, og som i Mørke gøres kendeligt ved Lys inde i Lygten (Formsignal).

Paa engelske og franske Baner bruges om Dagen Formsignal, om Natten Farvesignal.

Omstilling af Sporskifterne sker enten paa Stedet eller fra særlige Centralapparater, der indgaar i Sikringsanlægene, og som som Regel opstilles i lukkede Signalhuse. I første Tilfælde kaldes Sporskifterne *pladsbetjente*, i sidste *centralbetjente*.

Ved de pladsbetjente Sporskifter sker Omstillingen paa Stedet ved Haanden. De to Sporskiftetunger er da forbundne som ovenfor omtalt. Er Sporskifterne centralbetjente, udelades den faste Mellemstang mellem Tungerne, der da er forbundne med hinanden gennem den Sikringsdel, hvorfra de bevæges.

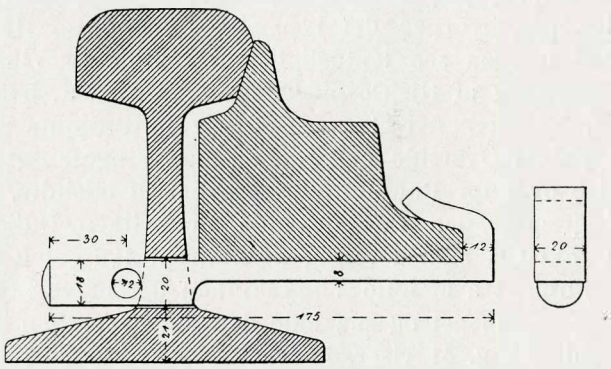


Fig. 37. De danske Statsbaner. 45 kg. Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Aflaasningsindretning.

Et Sporskiftes Aflaasning i en bestemt Stilling sker simplest ved Bolt og Hængelaas. Bolten findes omtrent ved Spidsen af den paagældende Tunge og er ført ud gennem en Aabning i Sideskinnen. Hængelaasen hæftes gennem et Hul i Bolten paa Sporskiftets Yderside. Bolten kan da ikke trækkes ud, og Sporskiftet altsaa ikke omstilles. Denne Laasebolt tillader dog altid nogen Bevægelse af Tungen (Fig. 37).

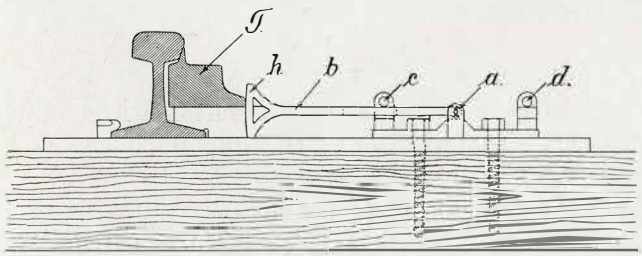


Fig. 38. Den stockflethske Laas.

En sikrere Aflaasning opnaas ved den saakaldte »stockflethske« Laas (Fig. 38), hvor en om Hængslet *a* drejelig Stang *b* med sit Hoved *h* fastholder Tungen *T* til Sideskinnen. I

denne Stilling kan Laasestangen *b* fastholdes ved en gennem Bøjlen *c* anbragt Hængelaas. I omlagt Stilling, Tungen fri, kan Stangen fastholdes gennem Bøjlen *d*.

Aflaasningen ved Centralaflaasningsanlægene skal ikke omtales her.

3. Hjærtestykke og Kontraskinner.

Som det ses i Fig. 39, maa Skinnerne for Kørselsretningerne $A_1 - B_1$ og $A_2 - B_2$ afbrydes af Hensyn til Hjulenes Styrekranse. Sporrillen mellem Hjærtestykke og Vingeskinne skal være $\varepsilon = 41$ mm bred; de afbrudte Stykker er $a_1 b_1$ og $a_2 b_2$. Hullets Størrelse ved Hjærtestykket afhænger foruden af ε af Hældningsvinklen α. Af rent praktiske Grunde kan man ikke bruge den rent matematiske Spids, saa en Afrunding af Spidsen er nødvendig Den matematiske Spids M har derfor kun regningsmæssig Betydning.

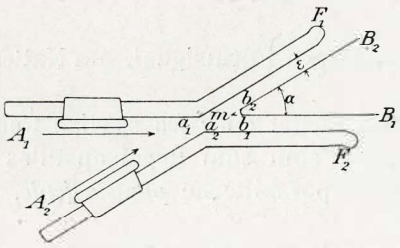


Fig. 39.

Af Hensyn til Kørselssikkerheden har man truffet forskellige Foranstaltninger ved Hjærtestykket. Vingeskinnerne skal sikre Hjulene mod Bevægelse til Siderne. Hjærtespidsen afskraas, da et Hjul, der løber ind mod den, paa Grund af Bandagens koniske Form vil sænkes ned i lodret Retning, hvorpaa det igen skal løftes op af Hjærtespidsen; denne Overgang bør foregaa saa lempeligt som muligt. Er Vingeskinnen vandret, kræves en Sænkning af Hjærtespidsen paa det Sted a, hvor den er i Stand til at fange Hjulet, med efterfølgende Stigning op til Skinnens Overflade. Eller hvis Hjærtestykkets Overside er vandret, maa Vingeskinnen løftes et tilsvarende Stykke lige over for Punktet a. Hensynet til udslidte, omtrent cylindriske Bandager begrænser den Længde, indenfor hvilken Udligning af Højdeforskellen bag Punktet a skal foregaa, til omtrent 100 cot α mm. Hensigtsmæssigt er det i Punktet a at løfte Vingeskinnen det halve Stykke og sænke Hjærtespidsen lige saa meget og saa lade den falde rask hen imod den matematiske Hjærtespids. Fig. 41 viser, hvorledes dette er gjort ved de danske Statsbaners 45 kg Skinner. Vingeskinnen stiger 3 mm paa de sidste 530 mm foran Hjærtespidsen og falder derefter 3 mm paa de følgende 200 mm; Hjærtespidsen stiger fra Spidsen 5,5 mm paa de første 40 mm, 2,5 paa de næste 60 mm og er derefter vandret.

I Fig. 47 er vist den tilsvarende Konstruktion for en 22,45 kg Overbygning.

Til Hjærtestykket hører Kontra- eller Vingeskinnerne, der ligger lige over for Hjærtespidsen i en Afstand af 41 mm fra den matematiske Hjærtespids; Afstanden udvides derefter til ca. 50 mm, og Skinnen ender med en ca. 25 cm lang Afbøjning til en Bredde af 95 mm (Fig. 40, 46, 50).

Ligeover for Hjærtestykkets Vingeskinner ligger langs Yderskinnerne Kontraskinner; de danske Statsbaner benytter hertil Vignolesskinner, mens man andre Steder som f. Eks. i Preussen bruger en Slags Vinkeljern, der kan naa

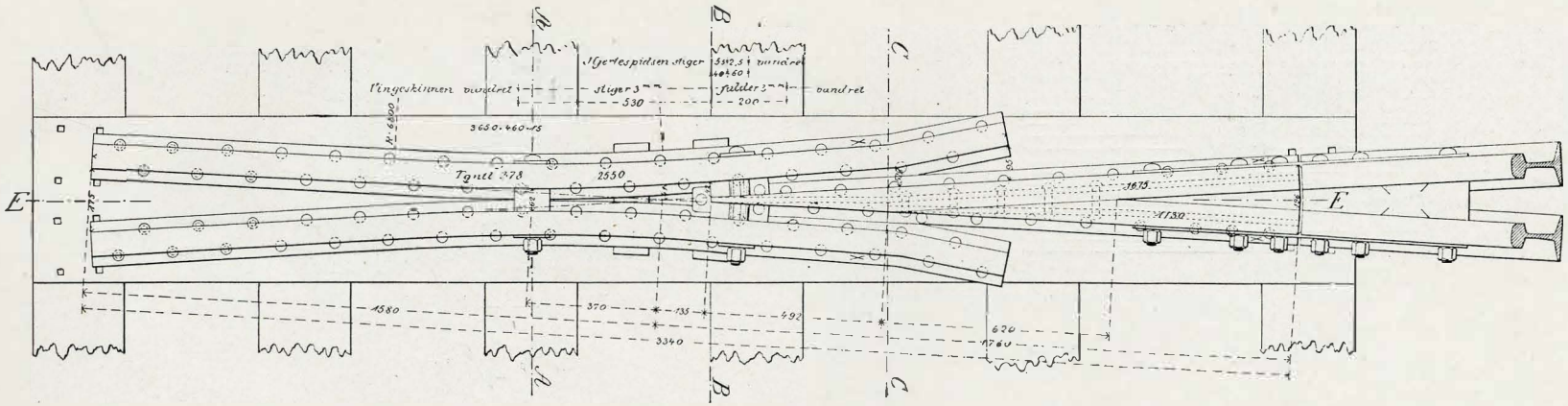


Fig. 40. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Krydsning 1 : 9.

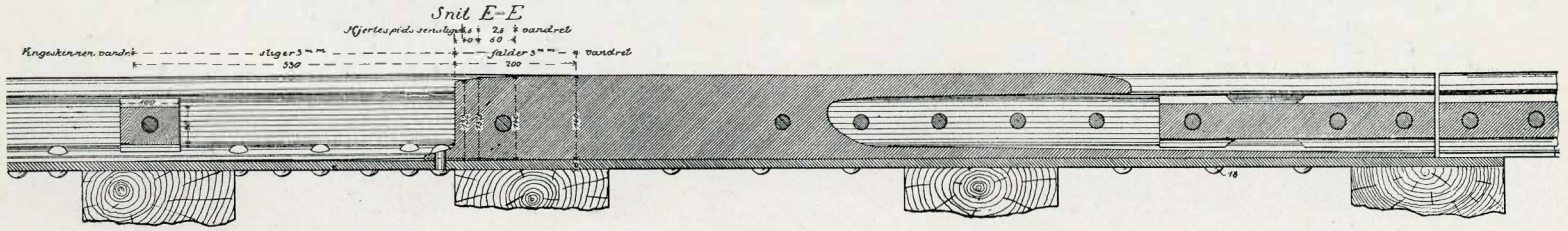
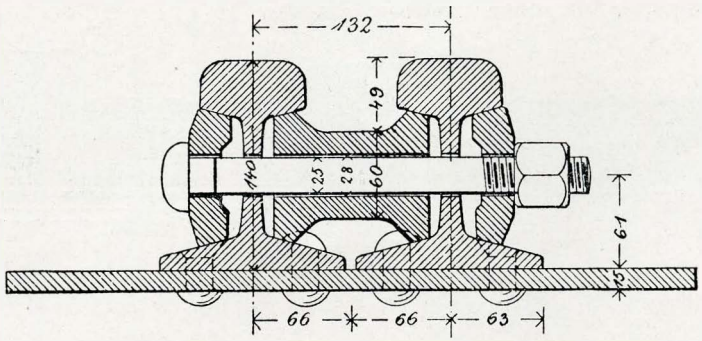
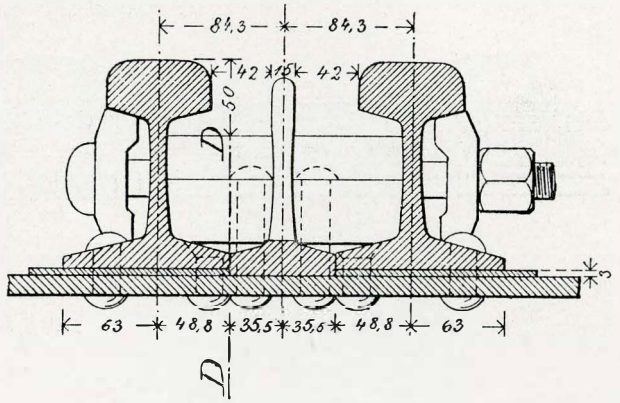


Fig. 41. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Krydsning 1 : 9.

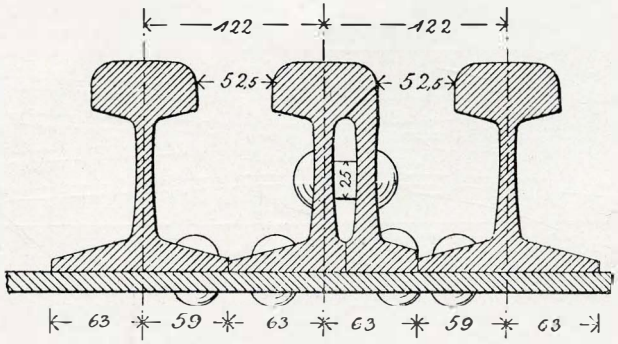
Snit A–A



Snit B–B



Snit C–C



Snit D–D

se Snit B.B

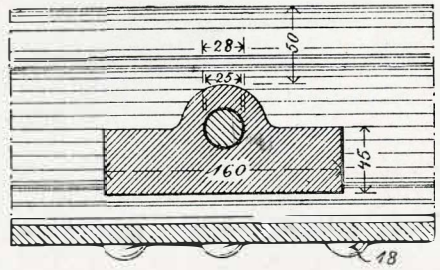


Fig. 42—45. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Krydsning 1 : 9. (Fig. 40).

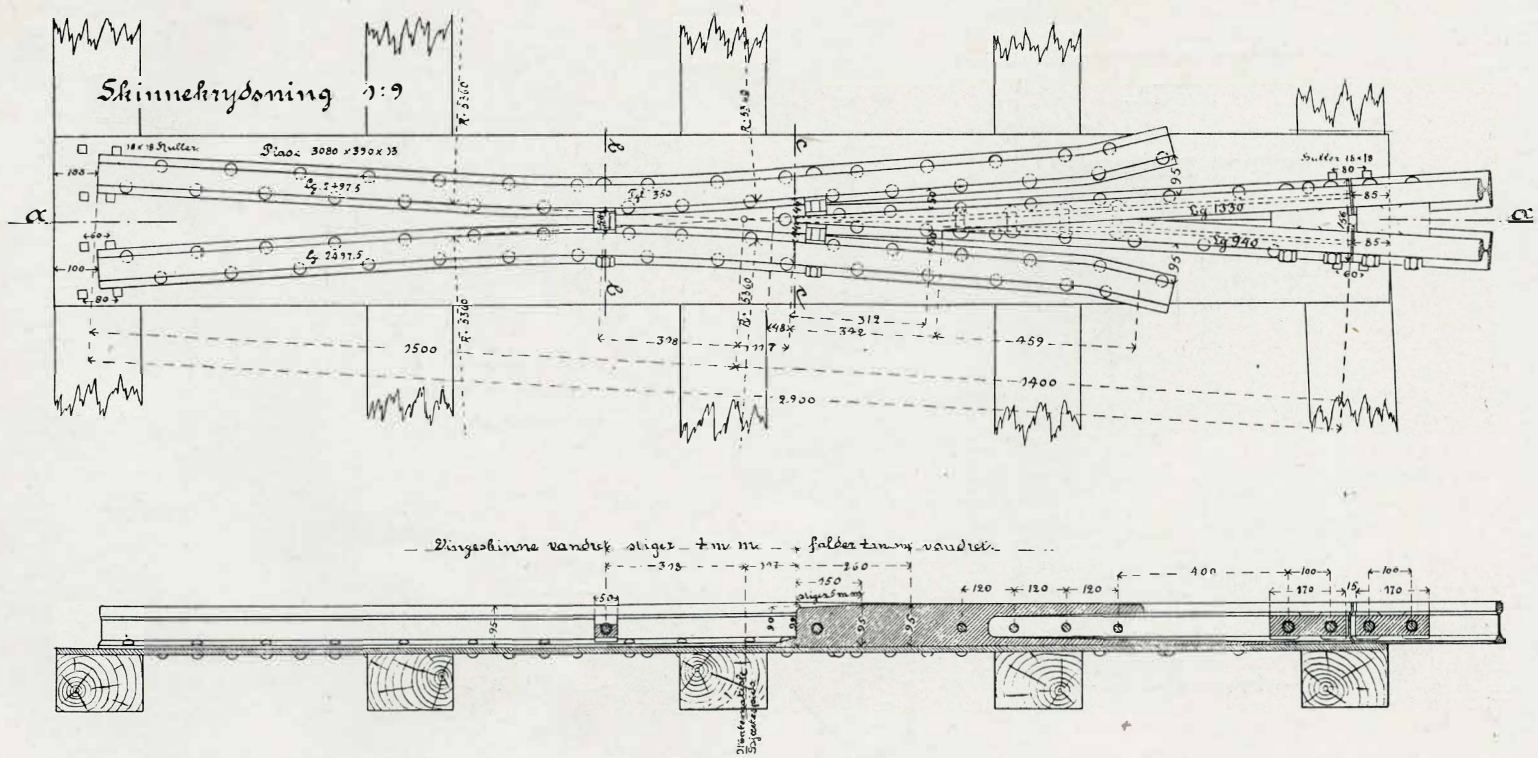


Fig. 46—47. Ryomgaard—Gjerrild Banen. 22,45 kg Overbygning. Skinnekrydsning 1 : 9.

højere op end Køreskinnerne. Kontraskinnerne forbindes fast med Yderskinnerne ved Mellemstykker med kraftige Skruebolte (Fig. 42—45, Fig. 48—49).

Snit b-b

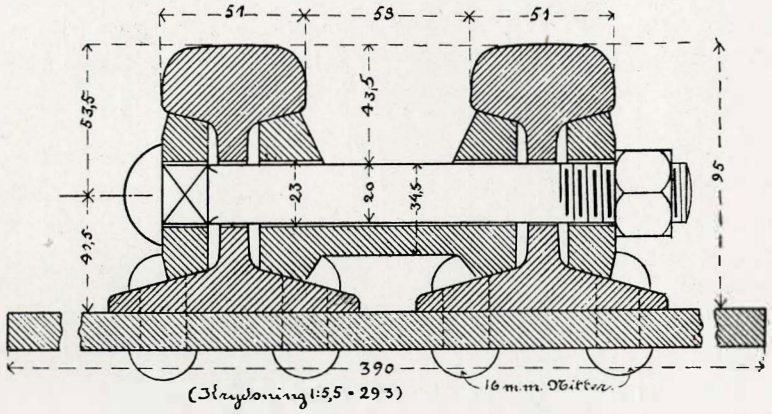


Fig. 48. Snit b—b. Fig. 46.

Af Fig. 50, der viser en Skinnekrydsninng 1 : 6,5, sammenlignet med Fig. 40, vil man se, hvorledes Længden af en Krydsning aftager, naar Hældningen vokser.

Snit c-c

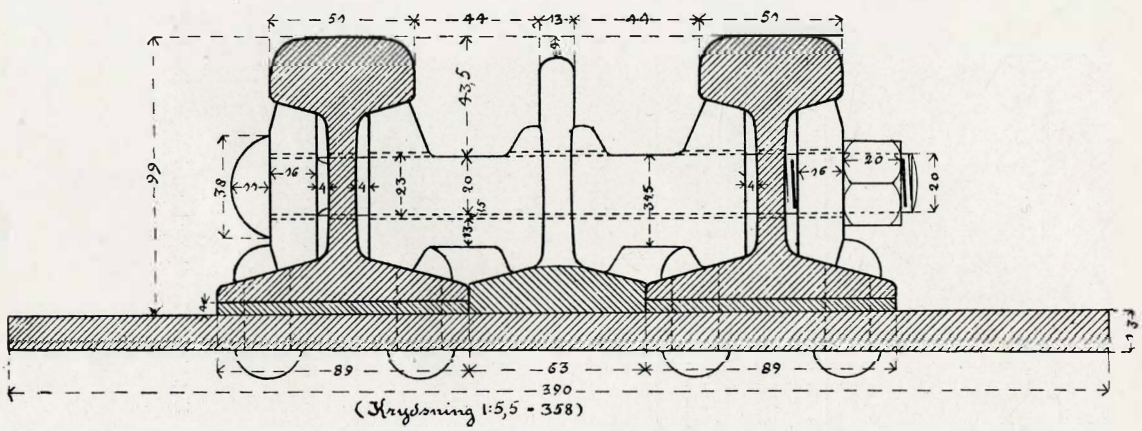


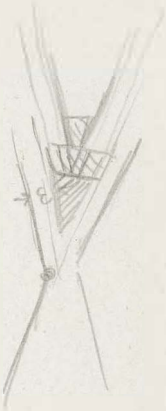
Fig. 49. Snit c—c. Fig. 46.

Hjærtestykkerne udføres paa forskellig Maade. Man har

1. *Støbte Hjærtestykker*, der tidligere altid blev udført af haardstøbt Støbejern, men nu som Regel af Flusstaal. De har mange Mangler. Kørslen paa dem er haard, de kræver fast Stød og særlige Lasker. Beskadiges en enkelt Del, maa hele Hjærtestykket udveksles. I Rillerne sætter Sten og Is sig let fast, hvilket er en Fare for Driften. Ofte blev Hjærtestykket bagtil forlænget

med en Kile, der gik ind imellem de to tilstødende Skinner, og gennem hvilken Laskebolten for Stødet blev ført.

Længden af det støbte Stykke foran Knæet maa være saa stor, at der mindst er Plads til en halv Laskelængde; mellem Knæet og den matematiske Hjærtespids kræves en Længde $\frac{\varepsilon}{\sin \alpha}$, og bag den matematiske Hjærtespids maa Længden være saa stor, at det ved Tilslutningen til Skinnerne ikke bliver nødvendigt at foretage en Afskraaning (eller i hvert Fald kun en meget ringe) af Skinnefødderne.



2. *Skinnehjærtestykker*, der enten kan udføres helt af Skinner (danske Statsbaner) eller kan være af Skinner med Spids af Flusstaal (Preussen). Skinnehjærtestykker med Flusstaals Spids har ikke de samme Mangler som støbte Hjærtestykker; de er billigere at vedligeholde, da de enkelte Dele kan udveksles. De anvendes nu udelukkende paa de preussiske Baner; de er mere modstandsdygtige end de helt af Skinner udførte Hjærtestykker, der dog i den nyeste Tid er blevet anvendt ved fjedrende Sporskifter, hvor de skal holde sig godt.

Dybden af Sporrillen ved Hjærtestykket er 50 mm. Med dette Maal er man sikker paa selv med største tilladte Afslidning at have den foreskrevne Dybde af Sporrillen paa 38 mm. Smaasten, Is og Sne, der kommer ned i Sporillen faar med denne Dybde ingen skadelig Virkning.

Ved Skinnehjærtestykker med Spids af Flusstaal, hvor Vingeskinnerne dannes som en direkte Forlængelse af Køreskinnerne, kan Stødene foran Hjærtespidsen lægges i større Afstand foran Hjærtespidsen.

Ved Hjærtestykker helt af Skinner kan ogsaa Stødet bag Hjærtestykket forlægges længere bort.

I et Hjærtestykke helt af Vignolesskinner kan Hjærtespidsen samles af et Skinnestykke paa ca. 2 m Længde og et andet lidt kortere (Fig. 51—55). Skinnernes Bøjning og Sammenhøvling i Krydsningen vil fremgaa heraf, idet Hensynet hele Tiden er, at Skinnehovedet, eller den Del af det, der er tilbage, skal være understøttet symmetrisk af Skinnekroppen. Samlingen mellem de to Skinnekroppe sker ved Nitning (Fig. 44).

I den nyeste Tid anvendes ogsaa *Hjærtestykker med bevægelige Vingeskinner* i Sporskifter, der skal passeres af Iltog i det lige Spor uden Nedsættelse af Hastigheden, og hvis krumme Spor kun benyttes lidt. Vingeskinnerne trykkes af Spiralfjedre imod Hjærtestykkets Spids, saaledes at Hullet foran Hjærtespidsen i Hovedsporet er lukket. En Vogn, der kører paa det afvigende Spor, trykker med Styrekransene den 5,25 m lange Vingeskinne til Side, idet denne drejer sig om Sammenlaskningen med den tilstødende Skinne.

Af de danske Statsbaners »Særlige Betingelser (1910) for Levering af Sporskifter, Krydsninger, Tvangskinner og Trækstole« skal anføres:

Svejsejern skal have en Brudgrænse af mindst 3500 kg/cm² og en Forlængelse af mindst 15 % paa 200 mm Maallængde.

Det kan anvendes til almindelige Bolte, Nitter, Spiger, Lapper paa Tungerne samt Forbindelsesstænger og Trækstænger.

Blødt Staal skal have en Brudgrænse mellem 3800 og 5000 kg/cm².

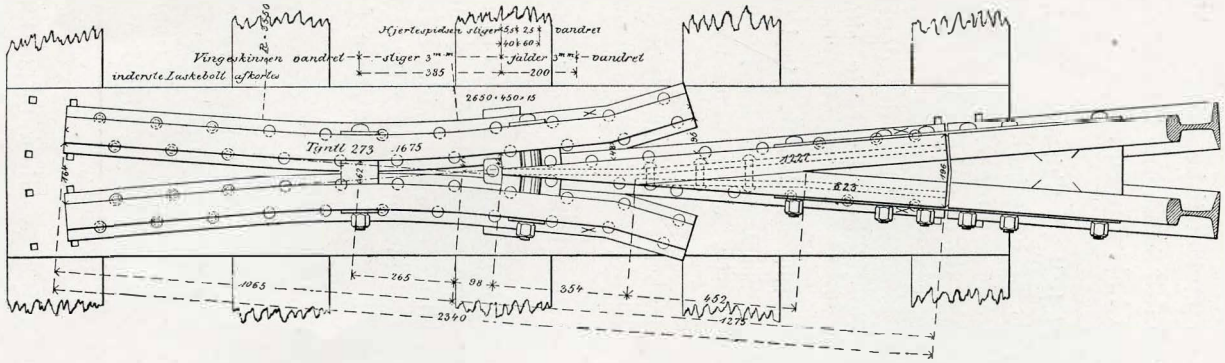


Fig. 50. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Skinnekrydsning 1 : 6.5

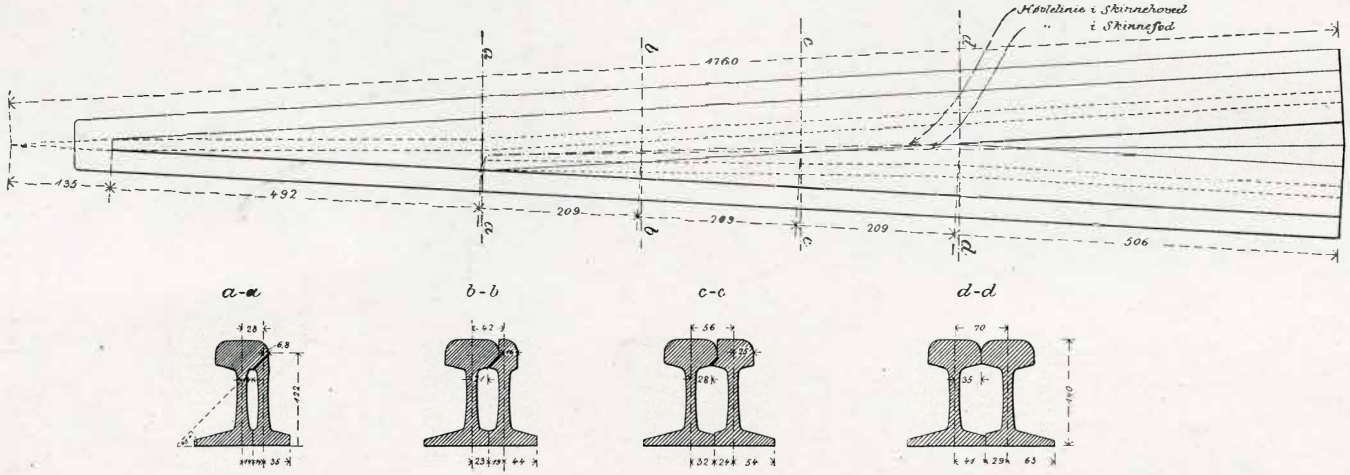


Fig. 51—55. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Skinnernes Sammenhøvling i Krydsning 1 : 9.
(Hjærtespidsens lange Skinne lægges om muligt i Hovedsporet).

Et i Staalets Fiberretning udtaget Prøvestykke, opvarmet til Kirsebærrødhede og derefter afkølet i Vand til 28° C., skal kunne lade sig bøje saaledes, at det danner en Sløjfe om en Dorn af Stykkets Tykkelse uden at vise Revner.

Plader skal i en Afstand af 15 mm fra Pladeranden med et Stempel, der har 20 mm² Tværsnit, kunne lokkes uden at rive ud.

Blødt Staal kan anvendes til alle Genstande, for hvilke intet andet er bestemt, samt tillige i Stedet for Svejsejern til de under dette Materiale omtalte Genstande.

Haardt Staal skal bruges til Bolte gennem Forbindelsesstængers og Trækstængers Gafler samt i de tilhørende Bøsninger.

Støbejern skal have en Brudgrænse af mindst 1200 kg/cm² og være fast og tæt uden Fejl, Ridser og Blærer. Det støbte Gods skal have en glat Overflade med fulde Hjørner og Kanter, og Brudfladen skal være finkornet og af graa Farve.

Støbejern kan anvendes til almindelige Spændeklodser i Sporskifter, Krydsninger og Tvangskinner — til dobbelte Sporskifters Glidestole og entungede Sporskifters Glidestole og Kiler — til Trækstole, Kasser til Vinkeltræk, Leje for Kobbelstænger og Ruller ved Krydsningssporskifter samt til Trækstolsmodvægte.

Støbestaal skal have en Brudgrænse mellem 5000 og 6000 kg/cm² og en Forlængelse af mindst 12 %.

Det skal anvendes i de særlige Spændeklodser ved Tunger med udpresset Tungerod, hvor Klodsen tjener til Befæstelse og Understøttelse for Tungeroden.

For Arbejdets Udførelse foreskrives bl. a.:

Hæleklodser skal svejses omhyggeligt til Tungerne, og Svejsningerne skal underkastes Slagprøve, forinden de godkendes.

Hæletapper til Fuldtungesporskifter skal tilvirkes af særlig fortrinligt Materiale.

Indklinkninger i Skinner maa ikke foretages med skarpt Indsnit, men ved Udskæring til et gennem Skinnen boret Hul.

Alle *Forbindelsesstænger* skal være smedede i eet Stykke uden Sammensvejsninger.

Samtlige *Splitter* skal være galvaniserede.

§ 3. Det fjedrende Sporskifte.

Ved Sporskifter med 5—6 m lange Tunger, drejelige om Rodenden har det altid været vanskeligt at udføre Forbindelsen mellem Tunge og Mellemskinne paa helt tilfredsstillende Maade, og selv om man nu dog har faaet fremstillet Tungerodsstød, der holder forholdsvis godt, saa er dette Stød dog et forholdsvis svagt Sted, der kun i ringe Grad kan overføre bøjende Momenter fra Tunge til Mellemskinne og omvendt paa Grund af den drejelige Tunge.

Ved det fjedrende Sporskifte har man søgt at undgaa dette ved at fastspænde Tungen ved Rodenden og gøre den saa lang, at Bøjningen kan tilvejebringes indenfor Elasticitetsgrænsen, uden at der hertil behøves en for stor Kraft. Tungerodsstødet kan da udføres paa samme Maade som ethvert andet Stød.

I Fig. 56—59 er vist en fjedrende Tunge til et Sporskifte 1 : 11 til de danske Statsbaners 45 kg Overbygning [1]). Tungestødet er et normalt svævende Stød; foran det er Tungen fastspændt til den bageste Halvdel af en ca. 2,5 m lang, valset Tungestol, der naar over 5 Sveller og ved Klemplader og Svelle-

[1]) Eigil Hansen: Fjedrende Sporskifter. Ingeniøren 1917, Side 507.

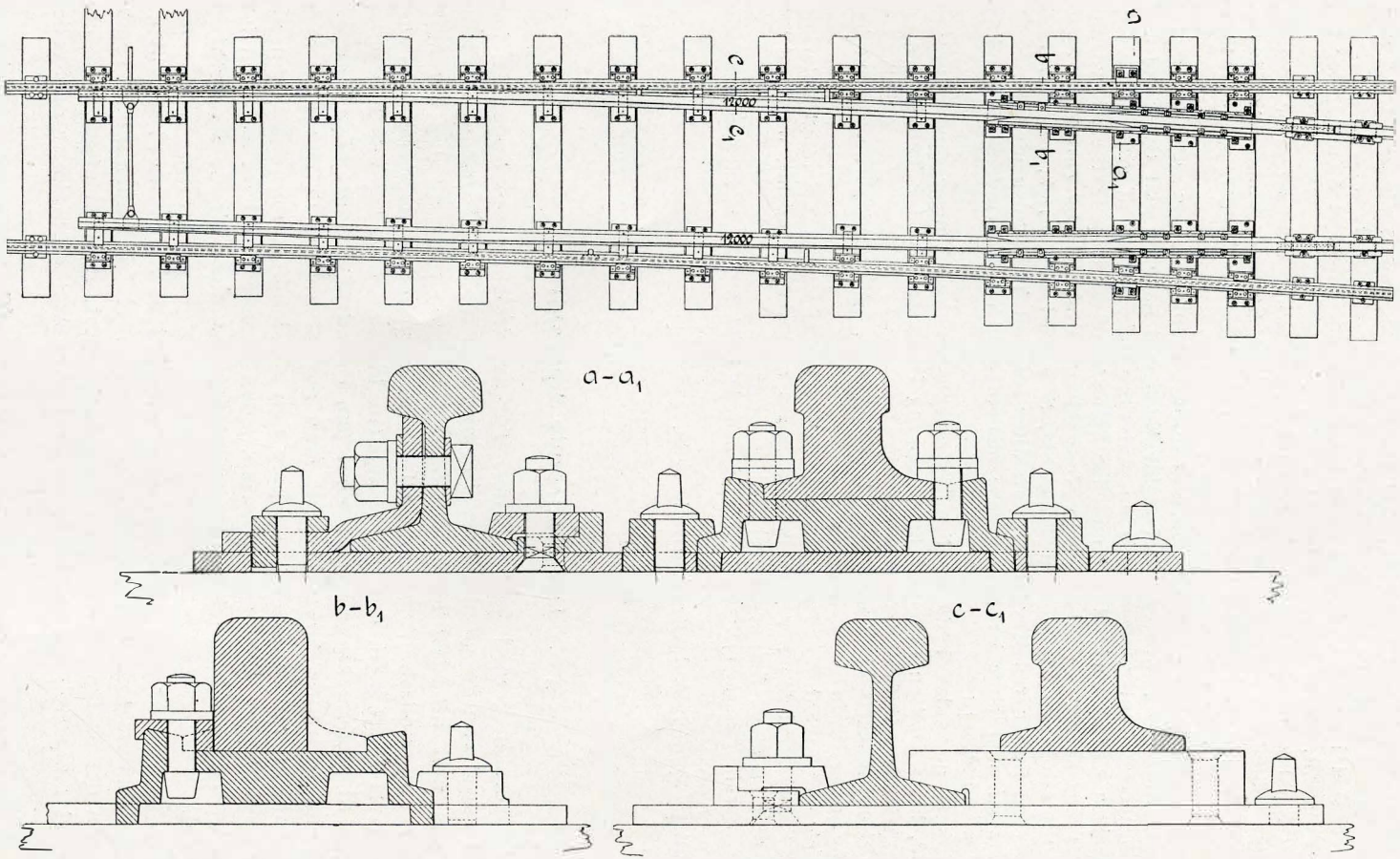


Fig. 56—59. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Sporskifte 1 : 11 med fjedrende Tunger.

skruer er fastholdt til Underlagsplader og Sveller. For at lette Tungens Bøjning er Fodens Fremspring bortfjærnet paa et ca. 1,3 m langt Stykke af den Del af Tungen, som hviler paa den forreste Halvdel af Tungestolen. Den forreste Del af Tungen hviler paa Glidestole ligesom ved almindelige Sporskifter. Glidestolene er fastnittede til hver sin Underlagsplade og ikke indbyrdes forbundne ved en Langplade som ved de danske Statsbaners andre Sporskifter. Men det er vistnok formaalstjenligt at bibeholde Langpladen, da der ellers maa anvendes særlig Omhu ved Understopningen af disse Sveller, da Glidestolene skal ligge nøjagtigt i samme Plan. I sin tilliggende Stilling støttes Tungen foruden af Sideskinnen af forskellige paa denne anbragte Tungestøtter.

I Snit a—a, er vist Tværsnit af Yderskinne og Tunge, hvor denne er fastspændt i Tungestolen. Tungestolen har en Fordybning af nøjagtig samme Bredde som Tungefoden, og Befæstelsen udføres ved særlig formede Klemplader, hvis Bolte griber halvt ind i Udboringer i Stolen og i Foden. For at Tungen ikke skal vandre i Forhold til Underlagspladerne, har Tungestolen paa Undersiden Tapper, der griber ind i Huller i Underlagspladerne. Desuden hindrer man Yderskinnen i at vandre i Forhold til Underlagspladen i Snit a—a, ved Hjælp af et til Skinnekroppen fastboltet, vinkelformet Stykke Fladjern, saa Tungens uforandrede Stilling i Forhold til Sideskinnen er sikret.

I Snit b—b, er vist et Tværsnit af Tungen, paa det Sted, hvor Fodens fremspringende Dele er fjærnede. Tungestolen har her et Par Spændeplader, som støtter Tungen i dens tilliggende Stilling.

Snit $c—c_1$ viser en af de sædvanlige Glidestole.

Foruden denne Form af fjedrende Sporskifter, der har vundet størst Udbredelse, har man ogsaa bygget fjedrende Sporskifter med Tunger paa sædvanlig Længde 6,5 m, hvor det ved Omstilling af Sporskiftet væsentlig er Mellemskinnen og ikke Fuldtungen, der bøjer sig. Fuldtungen er her ved Rodenden udpresset til samme Profil som Mellemskinnen, som den er forbundet med ved Vinkellasker. (Fig. 60—64.)

Sporskifter med fjedrende Tunger har en bedre Konstruktion end almindelige Sporskifter med drejelige Tunger, selv om disses Konstruktion maa anses for fyldestgørende i de fleste Tilfælde. Skal Tungeudslaget være stort, kan Fjederkraften volde visse Vanskeligheder, men denne Omstændighed betyder dog ikke nogen afgørende Mangel ved Sporskifter af denne Art.

Ved de almindelige Sporskifter med 5—6 m lange drejelige Tunger har man kun benyttet een Tungekonstruktion til hver Skinnetype, men ved fjedrende Sporskifter bruger man forskellige Tungelængder ved de forskellige Krydsningsforhold, 10 m ved 1 : 9 og 12 m ved 1 : 11, ligesom Tungens Radius er forskellig. Dette kræver, at man har flere forskellige Tungekonstruktioner til Raadighed, saa Administrationen af de fjedrende Tunger bliver vanskeligere og dyrere.

Det er derfor kun, hvor Fordringerne til Sporet er størst, altsaa i Hovedspor, med de sværeste Overbygninger, at der vil kunne være Grund til at anvende fjedrende Tunger.

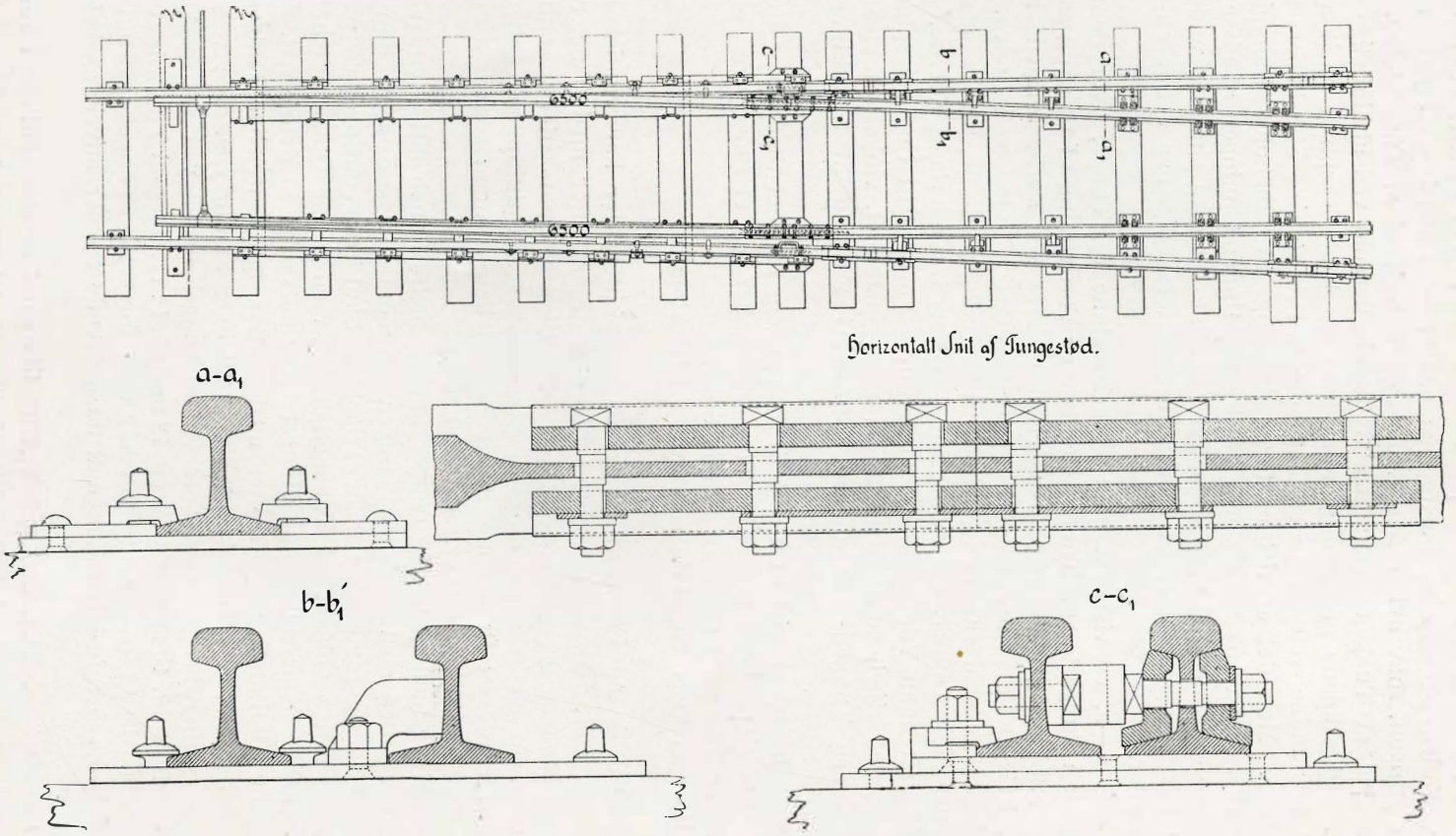


Fig. 60—64. De danske Statsbaner. 45 kg Overbygning. Sporskifte 1 : 11 med fjedrende Mellemskinner.

§ 4. Slæbesporskifte og Klatresporskifte.

Slæbesporskiftet er den simpleste Form for et Sporskifte. Tungerne er her erstattede af to Stykker Skinner, der er drejelige om A og A'. De er forbundne indbyrdes og med en Sporskiftebuk (Fig. 65) saaledes, at de kan lukke Hullet i Skinnerne i det ene eller andet Spor. Overgangen ved Skinnekrydsningen kan enten dannes af et almindeligt Hjærtestykke, eller ved at et Stykke af Skinnen er drejeligt om Hjærtespidsen.

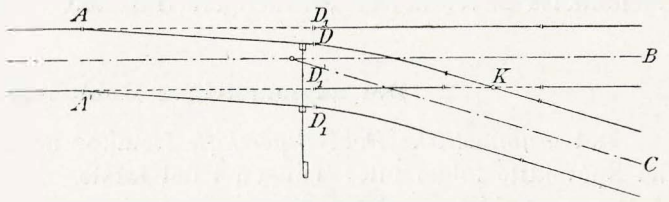


Fig. 65.

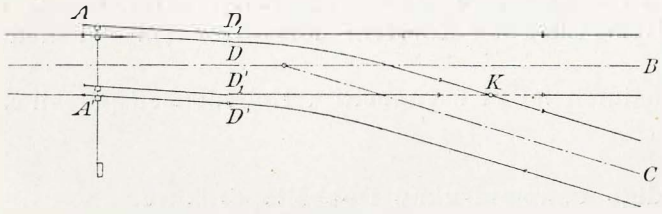


Fig. 66.

Tungeindretningen kan ogsaa bestaa af dobbelte forskydelige Skinner (Fig. 66) med Omdrejningspunkt ved D. Sporskiftebukken staar her ved A; Krydsningen kan udføres som i Fig. 65.

Begge Konstruktioner har den Mangel, at naar Sporskiftet staar galt, maa Vogne, der kommer fra B eller C, løbe af Sporet. Slæbesporskifter anvendes derfor meget sjældent og da vistnok kun i Jordtransportspor o. lgn.

Klatresporskifter er saaledes byggede, at de ikke kræver nogen Afbrydelse af det Hovedspor, hvori de indlægges. De anvendes især i Arbejdsspor i Stenbrud, Fabrikker m. m. Tilslutningen til Skinnerne i Hovedsporet faas ved en indvendig og en udvendig Tunge, der med deres Spidser ligger i Højde med Køreskinnen, og derefter stiger 40 mm, saa Styrekransen paa udvendigt Hjul løftes op over Hovedsporets Skinne.

§ 5. Dobbeltsporskifter.

Et Dobbeltsporskifte (tresporet Sporskifte) fremkommer, naar der fra et lige gennemløbende Spor fragrenes to andre Spor ved simple Sporskifter, enten fra et og samme Sted paa Stamsporet, eller forskudt et kort Stykke i Forhold til hinanden i Stamsporets Retning.

1. Det symmetriske Dobbeltsporskifte.

Foregaar Forgreningen til de to Sider fra samme Sted, fremkommer det *symmetriske Dobbeltsporskifte* (Fig. 67), der foruden andre Mangler ogsaa har

den, at det er mindre driftssikkert. Der mangler nemlig Kontraskinner i Stamsporet for den retlinede Kørselsretning lige overfor Hjærtestykkerne; og da Tungerne ligger to og to sammen ved Siden af hinanden, maa de formes paa særlig Maade, de bliver svagere end i Normalsporskiftet, og deres Vedligeholdelse bliver derfor vanskeligere (Fig. 68).

2. Det usymmetriske Dobbeltsporskifte.

Det *usymmetriske Dobbeltsporskifte* fremkommer, naar Tungen i det andet Sporskifte følger efter Tungen i det første. Er her det første Sporskifte et Højresporskifte, er Dobbeltsporskiftet et *usymmetrisk Højredobbeltsporskifte*, ellers et *usymmetrisk Venstredobbeltsporskifte* (Fig. 69—70). Disse Dobbeltsporskifter anvendes med Hældning 1 : 9 og 1 : 10. Foruden de almindelige Tunger og to normale Hjærtestykker, kræves her endnu et tredie usymmetrisk Hjærtestykke i Midten med større Hældning. Kurveradius for de to Kurver er som i Normalsporskiftet, og Kurverne føres igennem det tredie Hjærtestykke.

I Fig. 71 er vist Signaturen for et usymmetrisk Højredobbeltsporskifte.

3. Det ensidige sammentrukne Dobbeltsporskifte.

Ligger Tungerne bag hinanden og grener begge Sporskifter til samme Side af Stamsporet, fremkommer det *ensidige, sammentrukne Dobbeltsporskifte*, der kan have to forskellige Former, eftersom de to Sidespor begge viger ud fra det lige Spor, eller det andet Sidespor viger ud fra det allerede afgrenede første Sidespor. Afgreningen kan foregaa enten til højre eller til venstre fra Stamsporet. I Fig. 72 er vist den anden af disse Former, og i Fig. 73 Signaturen for et saadant Dobbeltsporskifte.

§ 6. Tokurvesporskifter.

Et simpelt Sporskifte fremkommer ikke alene, hvor Stamsporet er retlinet, men ogsaa hvor det er krumt. For saadanne Sporskifter anvendes Betegnelsen *Kurvesporskifter;* krummer Sidesporet til samme Side som Hovedsporet, er Sporskiftet et *konkavt Kurvesporskifte*, og er Krumningen modsat, er Sporskiftet et *konvekst Kurvesporskifte* (Fig. 74) (se desuden § 12. 2.).

Er i det konvekse Kurvesporskifte de to Radier lige store, og Tungerne af ensartet symmetrisk Konstruktion, fremkommer det *symmetriske Kurvesporskifte.*

Tokurvesporskifter kan opfattes som Dobbeltsporskifter, hvor det retlinede Stamspor mangler. De anvendes ofte, hvor man skal lægge Sporskifter ind i et allerede eksisterende krumt Spor. I det konkave Kurvesporskifte kan Hovedsporet have en Radius paa 500 m, Sidesporet en Radius paa 170 m, og man kan til det anvende samme Tunger og Hjærtestykke, som i Normal

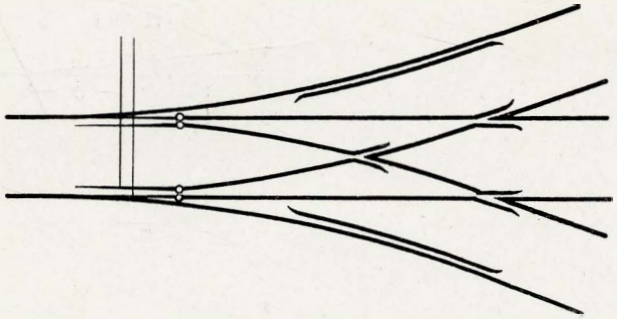


Fig. 67. Symmetrisk Dobbeltsporskifte.

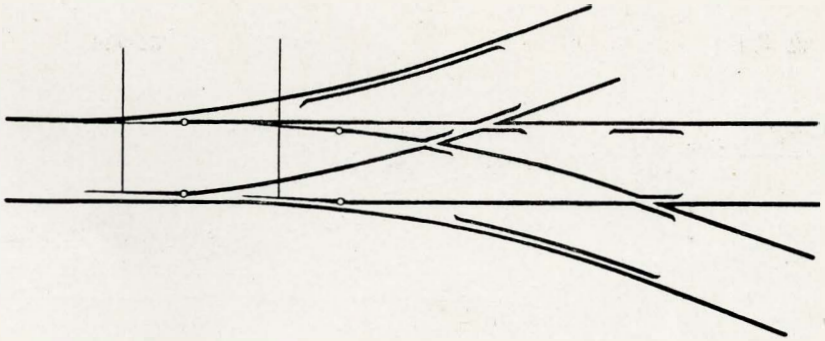


Fig. 69. Usymmetrisk Venstredobbeltsporskifte.

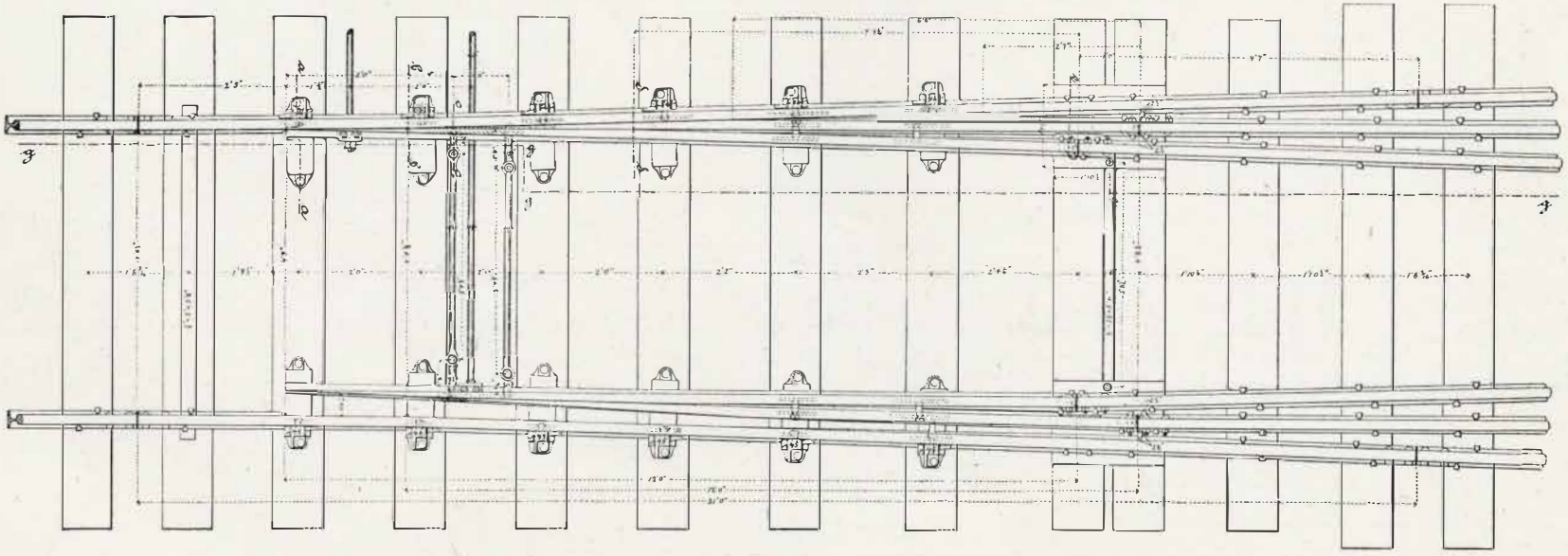


Fig. 68. De danske Statsbaner. 45 lbs Overbygning (1890). Dobbelt Sporskifte.

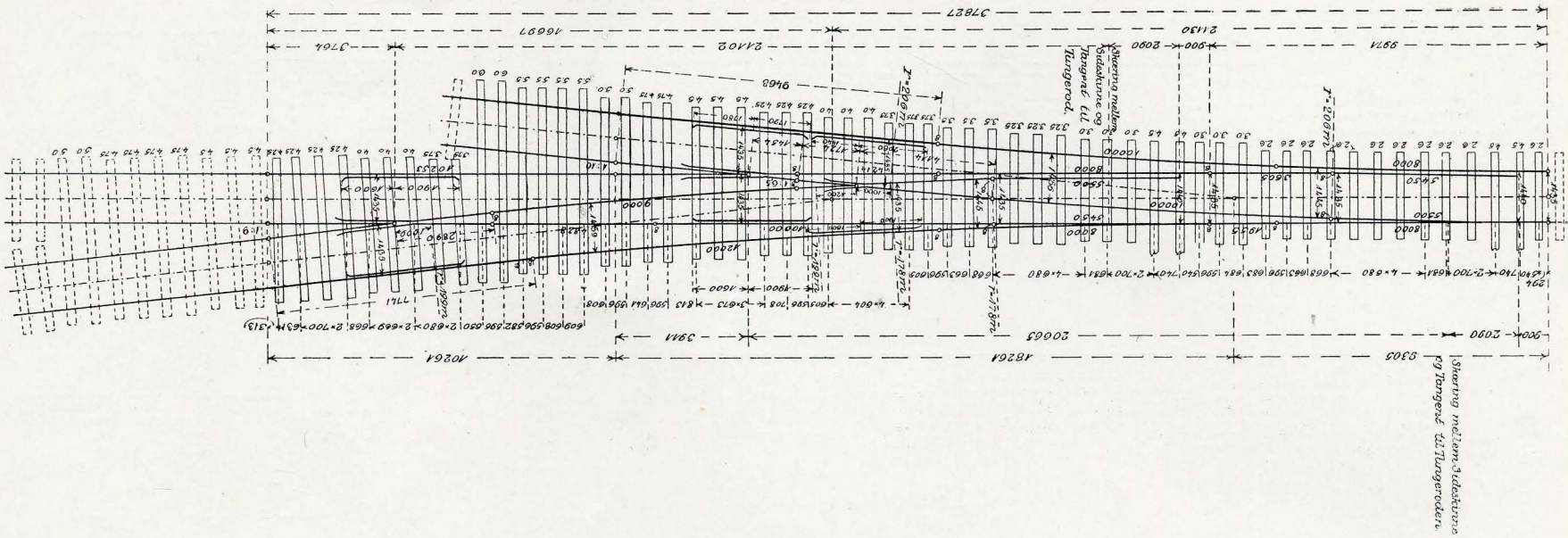


Fig. 70. De danske Statsbaner 1916. 37 kg Overbygning. Usymmetrisk Højredobbeltsporskifte (Forsatte Sporskifter). Plan.

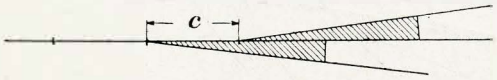


Fig. 71.

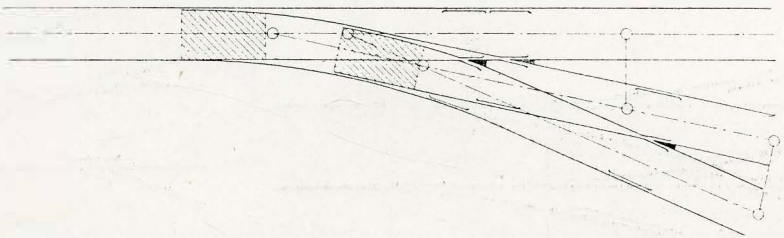


Fig. 72.

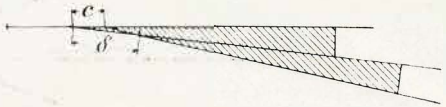


Fig. 73.

sporskifter med Hældning 1 : 10. Man kan ogsaa anvende Radier paa henholdsvis 750 m og 190 m, og 1000 m og 250 m. Disse Sporskifter giver Vognene en rolig og stødfri Kørsel, saa de ofte med Held kan anvendes til at forbedre de i Kurver liggende Indkørselsspor til Stationer, især hvis Krumningen føres igennem Tunge og Hjærtestykke men disse kan da ikke være de samme, som anvendes i det almindelige Normalsporskifte.

Det konvekse Kurvesporskifte kan have Hældning 1 : 9 eller 1 : 10. Tungen kan udføres som i et Normalsporskifte, men bagved den er Stamsporet krumt. Det symmetriske Kurvesporskifte kan have store Kurveradier, hvilket

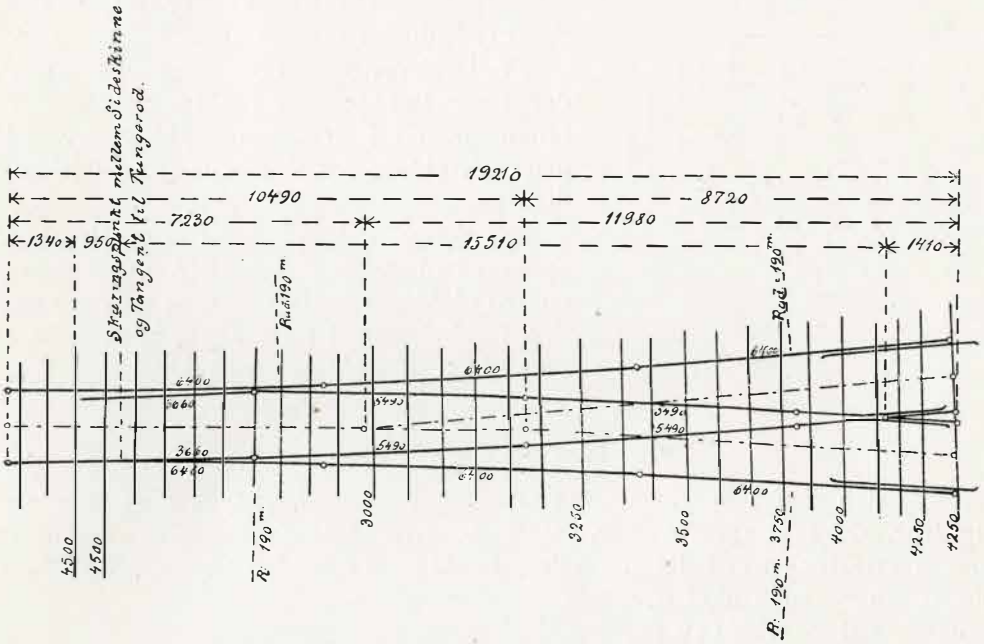


Fig. 74. De danske Statsbaner. 22,5 kg Overbygning. Konvekst Kurvesporskifte 1 : 6,5.

især er af Betydning ved Forgrening af Hovedspor, men Tungen maa da have en symmetrisk Bygning, forskellig fra den almindelige Tungekonstruktion.

Et Kurvesporskifte kan erstattes med et Normalsporskifte, idet der i den oprindelige Kurve indskydes et retlinet Sporstykke, hvori Normalsporskiftet indlægges.

Drejer Sidesporet til samme Side som Stamsporet, ind mod dettes Centrum, skal det retlinede Stykke mindst være saa langt som Normalsporskiftets Længde; drejer det til modsat Side, skal det retlinede Stykke være mindst 10 m længere i Hovedspor og mindst 6 m længere i Sidespor (Sporregler § 16).

Denne Erstatning for Kurvesporskiftet kræver temmelig store Forskydninger af Sporet, der ikke altid kan udføres, og er heller ikke heldig for Kørslen paa Sporet, saa det vistnok vil være rigtigere ikke at anvende denne Konstruktion, men hellere et egentligt Kurvesporskifte.

§ 7. Sporkrydsninger.

1. Retvinklet Sporkrydsning.

En Sporkrydsning fremkommer, hvor to Spor skærer hinanden; Overgang fra det ene Spor til det andet er udelukket, saa Krydsningen har ingen bevægelige Dele.

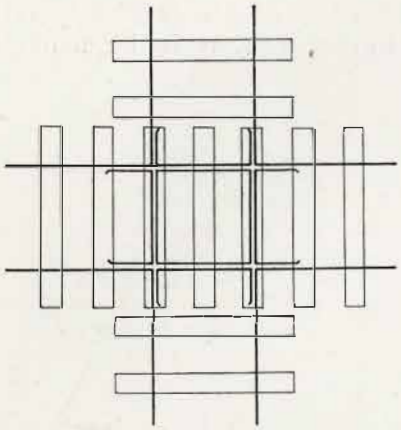


Fig. 75.

Hvis de to Spor skærer hinanden under en ret Vinkel, kaldes Sporkrydsningen retvinklet; hvor Vinklen ikke er ret, kaldes Sporkrydsningen skævvinklet.

Ved enhver Sporkrydsning fremkommer der i de Punkter, hvor Skinnerne skærer hinanden, ialt 4 Krydsningsstykker, der ved den retvinklede Sporkrydsning er fuldstændig ens.

Svellerne lægges under en retvinklet Sporkrydsning, som vist i Fig. 75. De fire ens Krydsninger udføres enten af Skinner, der forbindes med retvinklede Lasker, eller undertiden af støbte Formstykker.

2. Skæv Sporkrydsning.

Ved den skæve Sporkrydsning er af de 4 Krydsningsstykker de to spidsvinklede, de to stumpvinklede. De to spidsvinklede Krydsninger er ganske som Hjærtestykkerne i det normale Sporskifte, da der især anvendes Krydsninger under en Vinkel α, bestemt ved $\operatorname{tg} \alpha = 1 : 9$ à $1 : 10$. De stumpvinklede Krydsninger har derimod to Hjærtespidser (Fig. 76), der ligger lige overfor hinanden, hvorfor de kaldes dobbelte Hjærtestykker eller dobbelte Krydsninger.

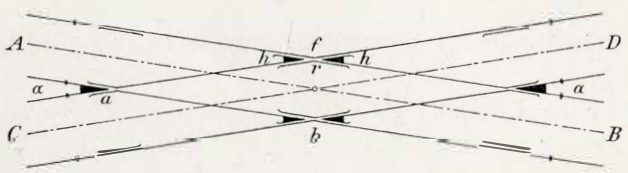


Fig. 76.

Det dobbelte Hjærtestykke bestaar af de to Hjærtespidser *h*, Køre- eller Vingeskinnen *f* og den overfor denne liggende Kontraskinne *r*. Men trods denne Kontraskinne er der ved disse Hjærtestykker Steder, hvor Hjulene ikke føres, saaledes som det vil fremgaa af følgende Betragtning i Forbindelse med Fig. 77—78.

Naar en Aksel med Hjulene *R* og *R'* ruller i Sporet A-A henimod det dobbelte Hjærtestykke, føres den indtil Punkt *C* (t. v. for *F* i Fig. 77) af den indtil dette Punkt ubrudte Kørekant paa sædvanlig Maade, og selv efter at venstre Skinnestreng er blevet afbrudt ved *C*, kan Akslen først forskydes til Siden, efter at Hjulene er rullet et Stykke *c* forbi *C*, hvor Længden *c* afhænger af Hjulenes

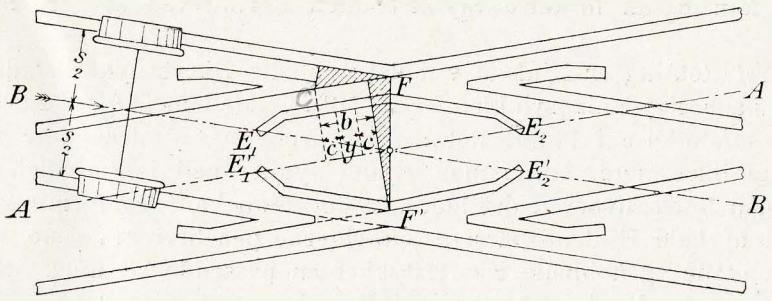


Fig. 77.

Størrelse og af Styrekransens Højde. Men fra da af mangler enhver Føring, indtil Styrekransen, eller den lodrette Inderflade af Hjulet R′ (i Figuren det underste) kommer i Berøring med Hjørnet F′ af Kontraskinnen E′1 F′ E′2; Akslen ligger da endnu Stykket c foran Punktet F′. Fra nu af føres begge Hjul af de to Kontraskinner, indtil Akslen er kommet Stykket c ud over Vinkelpunktet F, hvorpaa der igen kommer et lige saa stort Stykke y uden Føring.

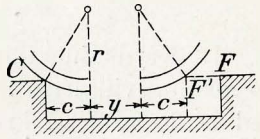


Fig. 78.

Paa disse Steder kan altsaa en Aksel ved et tilfældigt Sidestød komme ind paa det gale Spor og løbe af Sporet. Faren herfor er naturligvis desto større, jo længere det Stykke er, hvor Føringen mangler; dette Stykke maa derfor gøres saa kort som muligt..

Længden af Stykket uden Føring er desto større, jo fladere Krydsningen er. Først ved en Krydsningsvinkel paa over 9° føres Hjulene uafbrudt. Men da Krydsningsvinklen er 6° 20′ 25″ og 5° 42′ 38″ for Hældninger 1 : 9 og 1 : 10, saa er der altsaa ved disse Krydsninger, som især anvendes, et Stykke uden Føring.

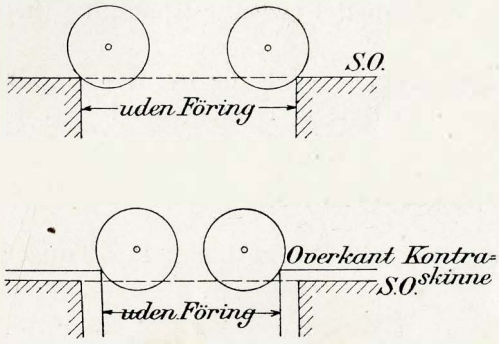


Fig. 79—80.

Stykket uden Føring kan gøres kortere, ved at Kontraskinnerne gøres højere (Fig. 79—80). De gøres i Danmark ca. 40 mm højere, saaledes at de selv med den største tilladte Afslidning af Skinnen dog ikke naar ind i det frie Profil. Men selv i dette Tilfælde har Sporrillen for en Hjuldiameter paa 80 cm dog endnu en Længde paa omtrent 280 mm ved Krydsninger 1 : 9 og paa omtrent 360 mm ved Krydsninger 1 : 10. Man bør derfor af Hensyn til Driftssikkerheden i Hovedspor kun anvende Krydsninger 1 : 9, og i Rangerspor Krydsninger 1 : 6,5, hvor Forholdet er endnu gunstigere, da Krydsningsvinklen her er omtrent de ovenfor omtalte 9°. Ved Rangerspor er dette ogsaa meget ønskeligt, da en Afsporing let kan finde Sted under Rangeringen, naar Krydsningsvinklen er mindre.

Man kan ogsaa forkorte Stykket uden Føring ved at gøre Sporrillen smallere.

I *lodret* Retning er Hjulene ved det dobbelte Hjærtestykke stadig understøttede, naar Krydsningsvinklen er $\leqq 56^1/_2{}^0$. Mellem $56^1/_2{}^0$ og 90^0 er en stadig Understøttelse i lodret Retning af den som Kontraskinne virkende Køreskinne ikke mere mulig, men Hjulet synker ned i Sporrillen og maa derefter igen løftes, hvorved det faar et Stød. Man kan dog formindske dette Stød ved at lade Hjulene passere Sporrillerne paa Styrekransene, idet man giver de enkelte og dobbelte Hjærtestykker en passende Stigning. Saadanne Krydsninger maa dog ikke anvendes i Hovedspor.

De dobbelte Hjærtestykker udføres i Danmark af Skinner.

Svellerne lægges vinkelret paa Halveringslinien til den spidse Vinkel i det simple Hjærtestykke.

§ 8. Krydsningssporskiftet.

Et Krydsningssporskifte (engelsk Sporskifte) fremkommer, naar man, hvis Krydsningsvinklens Størrelse tillader det, former en Sporkrydsning saaledes ved Indlægning af krumme Spor og normale Sporskiftetunger, at den kan passeres ikke blot i Retningerne AB og CD eller omvendt (Fig. 81) men ogsaa i Retningerne AD eller CB og omvendt, eller baade i Retningerne AD og CB. I første Tilfælde (AD *eller* CB) er det et enkelt Krydsningssporskifte, (halvt engelsk Sporskifte) i andet Tilfælde (AD *og* CB) et dobbelt Krydsningssporskifte (helt engelsk Sporskifte).



Fig. 81.

Til Bygning af Krydsningssporskifter anvendes dels de ovenfor omtalte Krydsnings- eller dobbelte Hjærtestykker, dels Dele af Normalsporskifter.

1. Enkelt Krydsningssporskifte.

Fig. 82 viser det enkelte Krydsningssporskifte. Det har 2 Par Tunger, et til et Venstresporskifte og et til et Højresporskifte, saa tre Kørselsretninger er mulige. Som Krydsningsforhold anvender de danske Statsbaner 1 : 9 og 1 : 10.

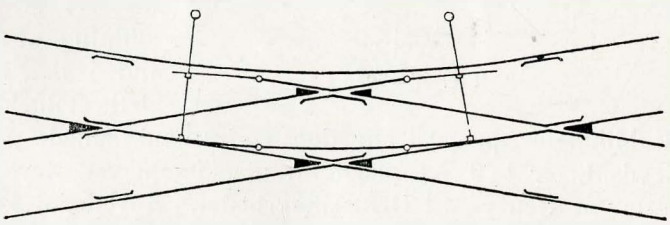


Fig. 82. Enkelt Krydsningssporskifte.

Det første maa anbefales.

I Fig. 83 er vist Signaturen for et enkelt Krydsningssporskifte.



Fig. 83.

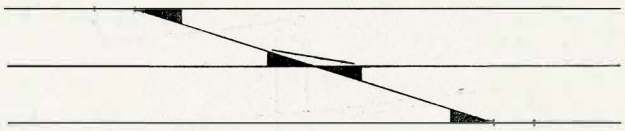


Fig. 84.

I Fig. 84 er vist et Skraaspor, der skærer tre parallele Spor, af hvilke det midterste er forbundet med Skraasporet ved et enkelt Krydsningssporskifte.

2. Dobbelt Krydsningssporskifte.

Dette dobbelte Krydsningssporskifte (Fig. 85 og Plan 2) har 4 Tungepar, to for Venstresporskifter, to for Højresporskifter, saa fire Kørselsretninger er

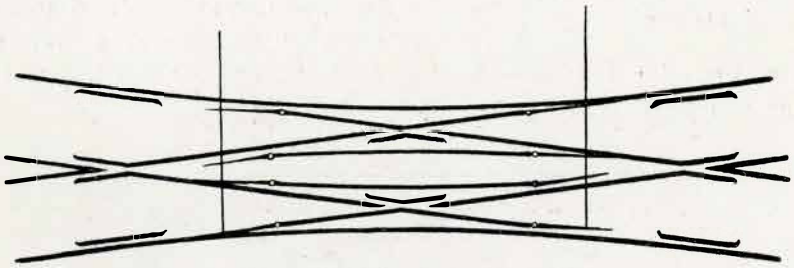


Fig. 85. Dobbelt Krydsningssporskifte.

mulige. Krydsningsforholdet er paa de danske Statsbaner 1:9 og 1:10, det første er det heldigste. Tungerne skal have den nødvendige Plads til at bevæge sig, og maa derfor først begynde paa det Sted, hvor Afstanden mellem de paagældende Skinner er 454 mm. Dette Maal bør ogsaa overholdes ved det enkelte Krydsningssporskifte, saaledes at dette til enhver Tid kan bygges om til et dobbelt Krydsningssporskifte.

Tungerne i det dobbelte Krydsningssporskifte kan som Regel stilles om ved een Sporskiftebuk, saa altsaa alle 4 Tungepar bevæges samtidig, og saaledes at enten de to lige eller de to krumme Skinnestrenge kan passeres. (Fig. 86—87).

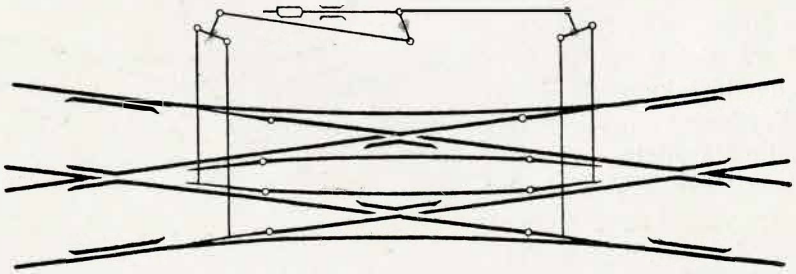


Fig. 86.

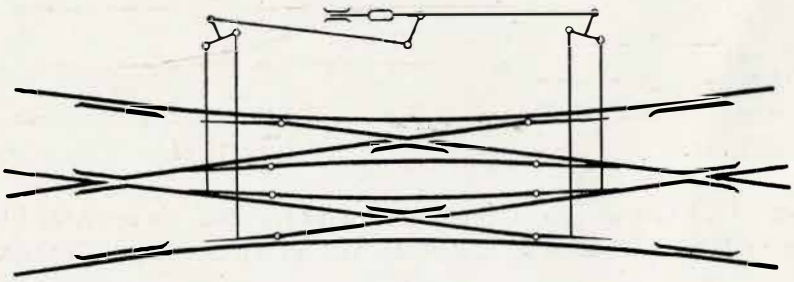


Fig. 87.

Fig. 88 er Signaturen for et dobbelt Krydsningssporskifte.

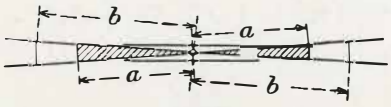


Fig. 88.

I Fig. 89—90 er vist Eksempler paa Anvendelsen af det dobbelte Krydsningssporskifte.

I den nyeste Tid er der i Preussen og Schweiz blevet anvendt et forkortet Krydsningssporskifte, der i Sammenligning med det almindelige Krydsningssporskifte har den Fordel, at det kræver mindre Plads.

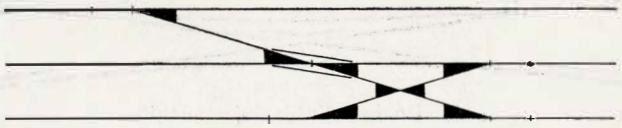


Fig. 89.



Fig. 90.

Hældningen er tg $\alpha = 1 : 5{,}5$ og Radius 180 m, Tungens Indfaldsvinkel er 72′. Det er blevet muligt at anvende disse Værdier af Hældning og Radius derved, at Kurven er blevet ført igennem Hjærtestykket (Fig. 91). Ved et almindeligt Krydsningssporskifte ligger Tungerne indenfor det Parallelogram, der dannes af de to skærende Spor. Vokser Krydsningsvinklen, forkortes dette Parallelogram; desuden bliver Kurven paa Grund af den større Vinkel længere, naar man beholder samme Radius, den vokser til begge Sider ud over Firkanten, og Tungerne kommer til at ligge udenfor Parallelogrammet (Fig. 92). Sporskiftet faar otte Afbrydelser i

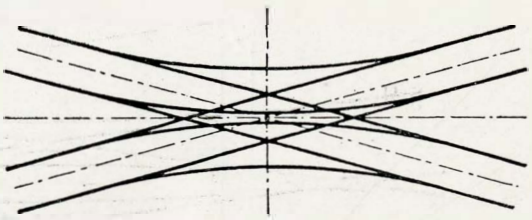


Fig. 91.

Skinnerne, seks Hjærtestykker og to Krydsninger. Tre og tre Hjærtestykker ligger dog saa nær sammen, at de kan forenes i et Stykke Staalstøbning. Trods de seks Hjærtestykker bliver dette Sporskifte simplere end det almindelige Krydsningssporskifte.

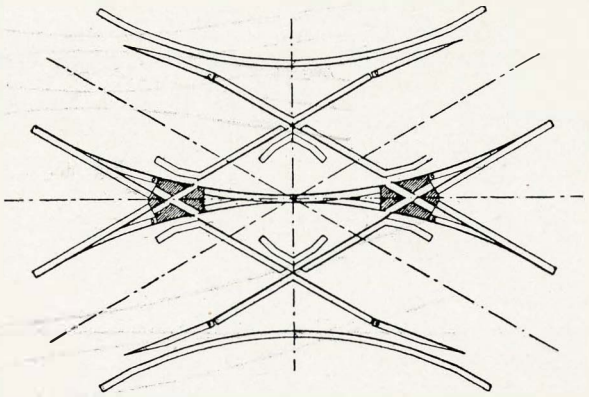


Fig. 92.

Den midt i Sporskiftet liggende Skinne er fælles for de to krumme Spor. Skinnerne kommer her saa nær til hinanden, at ikke begge Skinner kan føres igennem; for at formindske Slidet paa denne fælles Skinne lægger man en Kontraskinne ved den indvendige Skinne i det krumme Spor. Hvor de to Midteskinner løber sammen, fremkommer der et let Knæk af Størrelse som Tungens Indfaldsvinkel 72′, hvilket ikke volder nogen Ulempe ved Brugen.

Sporskiftet koster omtrent 12,5 % mere end et dobbelt Krydsningssporskifte 1 : 9 (Priser 1914). men medens dette kræver et Areal paa ca. 280 m², kræver det forkortede kun et Areal paa ca. 170 m².

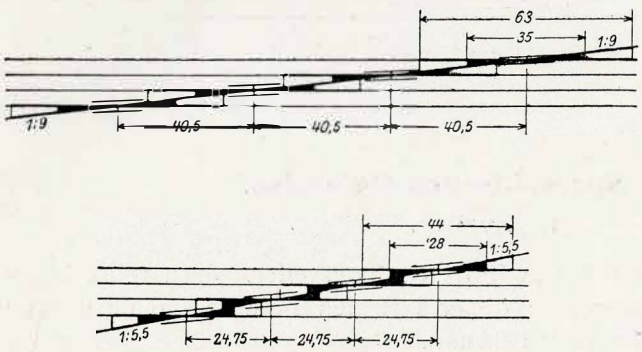


Fig. 93—94.

Fig. 93—94 viser, hvor meget et almindeligt og et forkortet Krydsningssporskifte fylder i et Skraaspor som Forbindelse mellem en Række parallele Spor. Det forkortede Krydsningssporskifte kan selvfølgelig ogsaa udføres som et halvt forkortet Krydsningssporskifte [1]).

§ 9. Sammentrukne Sporskifter og Sporslyngninger.

En *Sporslyngning* fremkommer, naar man ved et dobbelt Krydsningssporskifte udelader de to lige Spor (Fig. 95). Udelader man kun det ene lige Spor, faar man to *sammentrukne Sporskifter* (Fig. 96).

Den i Fig. 97 viste Sporslyngning kan f. Eks. anvendes paa dobbeltsporede Baner, paa Steder hvor Banen midlertidig maa drives enkeltsporet, hvor der skal udføres Broombygninger eller i lignende Tilfælde.

[1]) Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1922 S. 85.

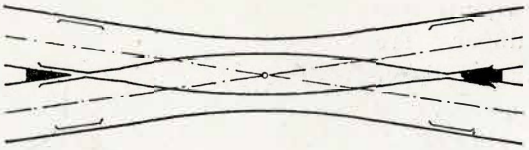


Fig. 95.

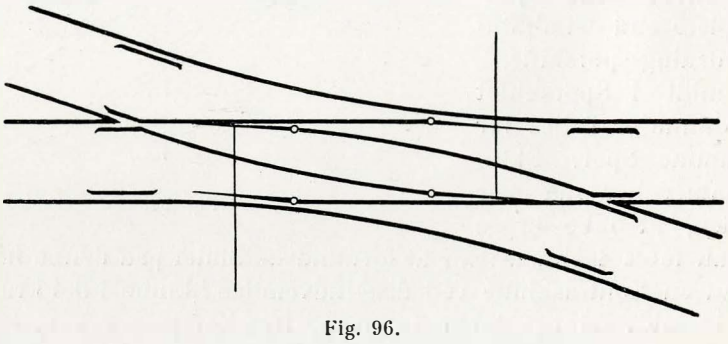


Fig. 96.

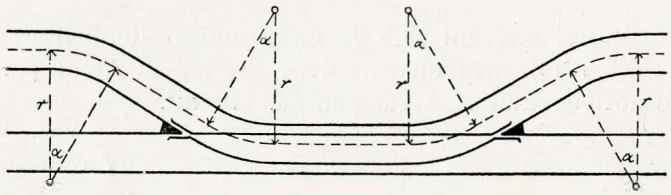


Fig. 97.

§ 10. Sporskifternes Udførelse.

1. Sveller.

Til Sporskifter anvendes baade Jern- og Træsveller. Jernsveller lægges lettere og hurtigere end Træsveller; de er i Reglen bredere end de normale Jernsveller (foroven 20 cm, forneden 28 cm).

Træsveller (Sporskiftetømmer) skal have en fuldkantet Hvileflade; paa Oversiden bør Bredden af Sporskiftetømmeret mindst være 20 cm. Det bedste Sporskiftetømmer skal anvendes ved Stødet, ved Tungespidsen, Tungeroden og ved Hjærtestykket. Længderne af Sporskiftetømmeret ligger mellem 3,0 m og 4,50 m med 25 cm Spring[1]).

Svellerne lægges i Almindelighed vinkelret paa Stamsporet, men fra Stødet foran Hjærtestykket (begyndende med begge Stødsveller) lægges Sporskiftetømmeret vinkelret paa Hjærtestykkets Halvveringslinie indtil det Punkt, hvor Afstanden mellem de to Spor er saa stor, at der kan lægges Sveller paa sædvanlig Maade. Der anvendes samme Befæstelsesmidler som ved alminde-

[1]) A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 1. Hæfte S. 90.

lige Sveller; ved Sporskiftetømmer anvendes lige Underlagsplader, ved Jernsveller falder de helt bort.

Forinden Sporskifter og Krydsninger indlægges, skal Overfladen af Sporskiftetømmeret og Svellerne rettes ind i Plan (Sporregler § 17).

I Fig. 98—99 er vist Eksempler paa Lægningen af Sporskiftetømmer under to af de danske Statsbaners Sporskifter for 22,5 kg Overbygning. I denne Forbindelse kan ogsaa henvises til Fig. 70 og 74.

2. Skinner.

Ved Skinnefordelingen maa man paase, at saa vidt muligt kun de normale Skinnelængder anvendes; Indpasningsstykker paa under 3 m Længde maa i hvert Fald ikke benyttes.

Bortset fra det faste Stød, der undertiden lægges ved Enden af Hjærtestykket, udføres alle Stød svævende, og Stødene i begge Spor lægges saa vidt muligt imellem de samme Stødsveller.

Efter de paa de danske Statsbaner gældende Bestemmelser indlægges bag Hjærtestykket en Indpasser, f. Eks. en Kurveskinne, for igen at bringe Stødene i begge Spor i Overensstemmelse, og derefter paabegyndes igen den regelmæssige Svelledeling uafhængigt for hvert af de to Spor. Med Undtagelse af ved Dobbeltsporskiftet kan et nyt Sporskifte først igen begynde ved Enden af Indpasseren; derimod kan en Kurve begynde straks bag Stødet ved Hjærtestykket.

Ved Afsætningen af Sporskiftet fastlægges først dets Midtpunkt M; derefter afsættes ved Hjælp af Maalet a Sporskiftets Begyndelsespunkt og derefter ved Hjælp af Maalet b Sporskiftets Endepunkt.

Derefter lægges Sporskiftetømmeret, idet Overfladen af dette og af Svellerne rettes ind i Plan, saa Hjærtestykket, derpaa de Stykker af Hovedsporet, der slutter sig hertil tilligemed Tungen, derefter Stykket af udvendig Skinnestreng med tilhørende Tunge. Saa gøres det hele færdigt ved Lægning af de øvrige Skinnestrenge, Kontraskinner, Sporskiftebuk og Frispormærker.

Hvor man anvender Hjærtestykker helt af Skinner, er de ikke symmetriske, idet selve Hjærtespidsen ligger helt i den ene Skinne; denne bør da indlægges i Stamsporet; man har i dette Tilfælde særlige højre og venstre Hjærtestykker.

3. Frispormærker.

Paa det Sted, hvor to sammenløbende Spor nærmer sig saa meget til hinanden, at Afstanden bliver

mellem to Hovedspor	4,000 m
mellem Hovedspor og Sidespor paa fri Bane	4,000 m
mellem Hovedspor og Sidespor paa en Station	3,600 m
mellem to Sidespor	3,250 m

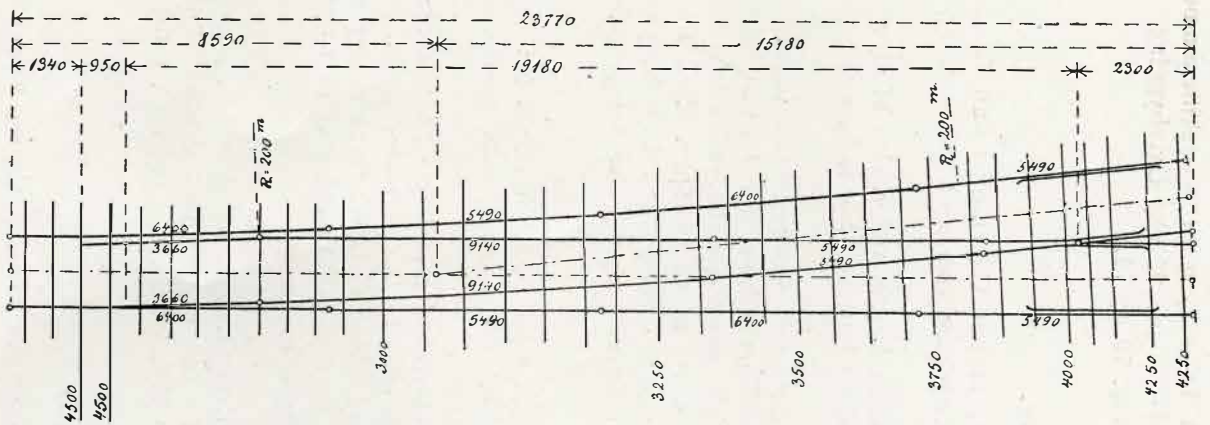


Fig. 98. De danske Statsbaner. 22,5 kg Overbygning. Sporskifte 1 : 9.

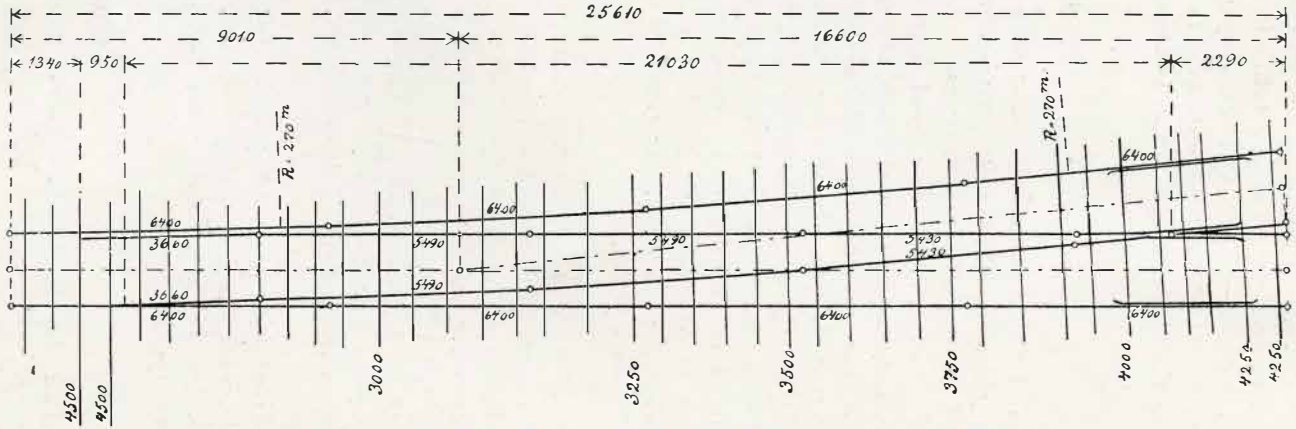


Fig. 99. De danske Statsbaner. 22,5 kg Overbygning. Sporskifte 1 : 10.

anbringes det saakaldte Frispormærke, der angiver, hvor langt en Vogn paa det ene Spor kan køres frem, uden at Vogne paa det andet Spor udsættes for Fare. Ved et Spors frie Længde forstaar man Afstanden mellem Frisporgrænserne.

Frispormærkerne opstilles saaledes, at de er saa lidt i Vejen for Færdselen som muligt; naar der ligger Sne paa Jorden, maa de ikke for let blive usynlige.

De danske Statsbaner anvender to Typer af Frispormærker. Den almindeligste er af Træ og er vist i Fig. 100. Den bestaar af en lav, aflang

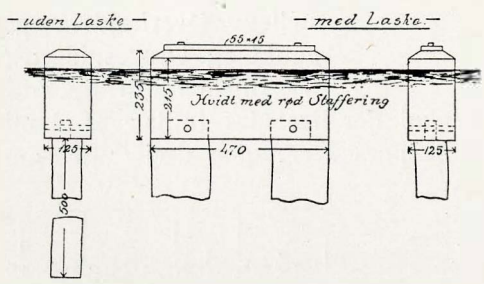


Fig. 100. De danske Statsbaner. Frispormærke af Træ.

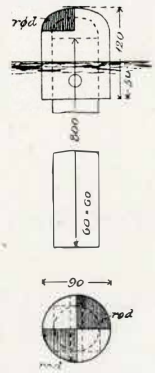


Fig. 101. De danske Statsbaner. Frispormærke af Porcellæn.

Træklods, der anbringes mellem de to Spor med Længderetningen paatværs eller paalangs af disse. Det første er det tydeligste, men da man i dette Tilfælde lettere snubler over den, vender man som Regel den smalle Ende fremefter. Træklodsen males rød og hvid.

Det nyeste Frispormærke dannes af en Træpløk med et Porcellænshoved, der er delt i fire Felter, to hvide og to røde (Fig. 101). Mærket anbringes mellem Sporene, tæt op til Skinnen og naar 5—10 cm op over Ballasten. Denne Form af Frispormærker rummer mindre Fare for Ulykker, men Porcellænsklokkerne slaas let itu, hvor der rangeres med Hest. Paa Grund af Anbringelsesmaaden kræves der det dobbelte Antal af den nye Model i Sammenligning med den ældre.

§ 11. Sporforbindelser udført ved Hjælp af Normalsporskifter.

1. Normalsporskifter indlagt i et retlinet Spor.

Naar et Sporskifte er indlagt saaledes i et retlinet Spor, der følger lige efter en Kurve, at Sporskiftet krummer til modsat Side, skal der mellem Kurvens Endepunkt og Tungespidsen være et retlinet Stykke paa mindst 6,0 m. Er der i Kurven anvendt Overgangskurve, maa Maalet 6,0 m være til Stede mellem Overhøjderampens Fodpunkt og Tungespidsen (Fig. 102).

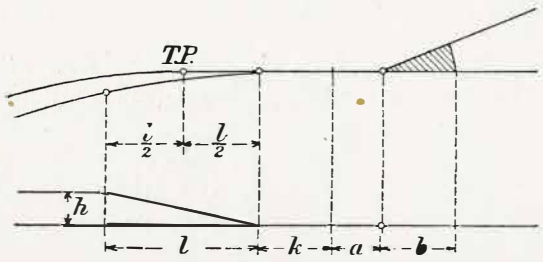


Fig. 102.

Imellem to Sporskifter, der drejer til modsat Side (Fig. 103) skal der ligeledes indlægges et mindst 6 m langt retlinet Stykke; mellem to Sporskifter, der drejer til samme Side,

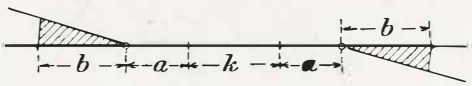


Fig. 103.

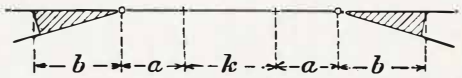


Fig. 104.

(Fig. 104) maa det anbefales. Ensrettede Sporskifter kan følge umiddelbart efter hinanden.

2. Deling af et retlinet Spor i to parallele Spor.

Til Deling af et retlinet Spor i to parallele Spor anvendes et Normalsporskifte, hvis forlængede krumme Streng med en passende Radius føres ind i det med Hovedsporet parallele Spor. (Fig. 105).

Kurven med Radius r begynder som Regel ikke lige bag Sporskiftet men først et Stykke u

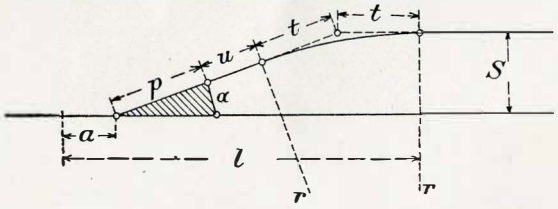


Fig. 105.

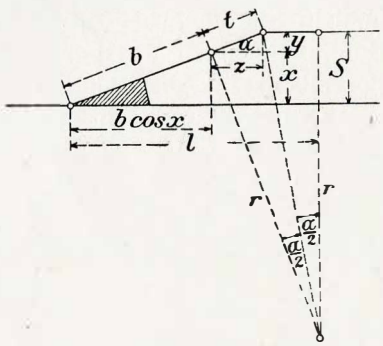


Fig. 106.

bag dette. Kravet om et lige Stykke paa mindst 6 m mellem Krumninger i modsat Retning skal være opfyldt.

Af Fig. 106 faas Sporafstanden

$$S = x + y$$

hvor

$$x = (p + u) \cdot \sin \alpha \,^{1})$$

$$y = t \sin \alpha = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \sin \alpha = r \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \cdot \sin \alpha = r (1 - \cos \alpha).$$

Man har altsaa

$$S = (p + u) \sin \alpha + r (1 - \cos \alpha), \qquad (1)$$

hvor p, u og α kan betragtes som givne. Hvilke af de andre Størrelser r og S, der er givne eller skal beregnes, afhænger af Omstændighederne.

Har man bestemt r, S og (p + u), faar man Konstruktionens hele Længde (Fig. 106)

$$l = (p + u) \cdot \cos \alpha + z + t,$$

hvor

$$z = t \cos \alpha = r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \alpha,$$

altsaa

$$l = (p + u) \cdot \cos \alpha + r \operatorname{tg} \cdot \frac{\alpha}{2} (1 + \cos \alpha) = (p + u) \cos \alpha + r \sin \alpha. \qquad (2)$$

3. Forbindelse mellem to parallele Spor.

Forbindelsen mellem to parallele Spor kan udføres ved et enkelt Skraaspor og to Normalsporskifter som vist i Fig. 107 hvor

$$l = S \cdot \cot \alpha$$

og

$$l_1 = l + 2a.$$

Man maa have, at $l > 2$ Gange Sporskifteelementet p.

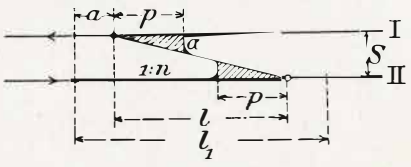


Fig. 107.

Eksempel.

For $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$ og S = 4,5 m faar man $l = 9 \cdot 4{,}5 = 40{,}5$ m og for Overbygning V, hvor a = 10,37 m, bliver $l_1 = 40{,}5 + 2 \cdot 10{,}37 = 61{,}24$ m.

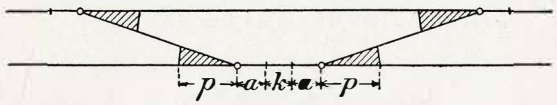


Fig. 108.

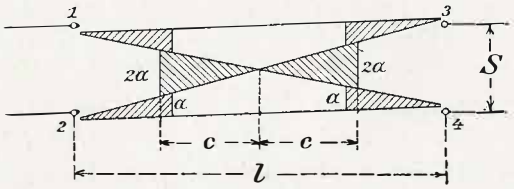


Fig. 109.

Forbindelsen mellem to parallele Spor kan udføres ved to Skraaspor som vist i Fig. 108—109. I Fig. 108 er det gjort ved to modsat rettede Skraaspor, i Fig. 109 er disse skudt ind i hinanden; Krydsningen mellem de to Spor har Hældningsvinkel 2α. Længden af Forbindelsen er

$$l = S \cdot \cot \alpha.$$

[1]) *b* (Fig. 106) er ikke Sporskifteelementet *b*, men = p + u.

Sporsystemer udført med Normalsporskifter skal udføres saaledes, at man med et vist Antal Normalsporskifter skal faa en saa stor nyttig Sporlængde som mulig. Anlæget skal være overskueligt, Kontrakurver skal saa vidt muligt undgaas. Antallet af Sporskifter, som skal passeres af Vognene skal være saa lille som muligt.

4. **Den lige Sporvifte.**

I den lige Sporvifte Fig. (110—111) har alle Sporskifter samme Hældningsvinkel, saa Sporene I, II, III o. s. v. (Fig. 111) bliver parallele. Anven-

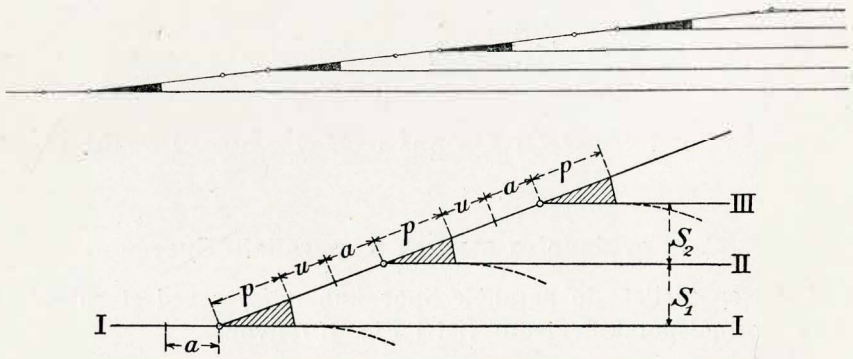


Fig. 110—111.

des Normalsporskifter, maa der mellem to efter hinanden følgende indlægges et retlinet Stykke *u*, saa Sporafstanden bliver

$$S = (p + u + a) \sin \alpha .$$

Eksempel: For Maalene a = 10,37 m p = 14,63 m $\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{9}$ og S = 4,5 m, finder man

$$u = \frac{S}{\sin \alpha} - (p + a) = \frac{4,5}{0,110431} - 25,0 = 40,75 - 25,0 = 15,75 \text{ m}.$$

Undertiden ligger Sporene bag Sporskifterne i Kurve som vist punkteret i Fig. 111. Man vil se, at den nyttige Sporlængde i Fig. 111 aftager meget hurtigt fra Spor til Spor. Ved Frispormærke angiver man som ovenfor omtalt det Punkt, hvortil Vogne kan rykke frem, uden at genere Vogne paa Nabosporet. Den Afstand d, hvori Frispormærkerne skal anbringes, faas for to Hovedspor paa følgende Maade (om Sporafstandene se ovenfor § 10 Punkt 3.) (Fig. 112).

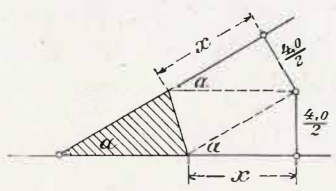


Fig. 112.

$$d = 2 \cot \frac{\alpha}{2}.$$

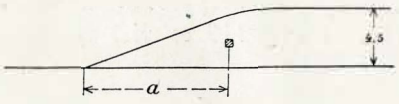


Fig. 113.

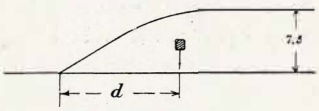


Fig. 114.

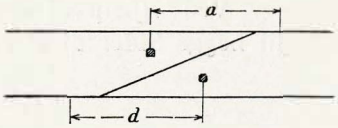


Fig. 115[1]).

Frispormærkets omtrentlige Beliggenhed efter de paa de danske Statsbaner anvendte Bestemmelser vil ses i Tabel 5.

Tabel 5. De danske Statsbaner; Frispormærkets omtrentlige Beliggenhed.

Krydsnings-forhold	Sporafstand paa Frispormærkets Plads	Efter Fig. 113 *a*	Efter Fig. 114—115 *d*
	m	m	m
1 : 6,5	4,00	27	25
	3,60	23	23
	3,25	21	21
1 : 9	4,00	39	36
	3,60	33	32
	3,25	29	29
1 : 10	4,00	44	40
	3,60	37	36
	3,25	33	33
1 : 11	4,00	49	44
	3,60	42	40
	3,25	37	36
1 : 12	4,00	55	48
	3,60	46	43
	3,25	41	39

Et Spor forkortes i Forhold til det foregaaende med Længden m (Fig. 116), hvor $m = (p + u + a) \cos \alpha$

I Fig. 117 er vist en lige Sporvifte udviklet fra et retlinet Hovedspor til den ene Side ved Hjælp af lutter venstre Normalsporskifter.

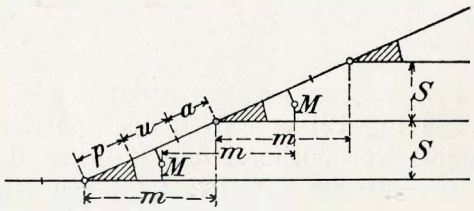


Fig. 116.



Fig. 117.

[1]) *d* skal maales fra Skraasporets Skæring med de parallele Spor.

Ved Hjælp af *Dobbeltsporskifter* kan man bygge en Dobbeltsporvifte ud til begge Sider af et retlinet Spor som vist i Fig. 118. I Fig. 119 er vist en

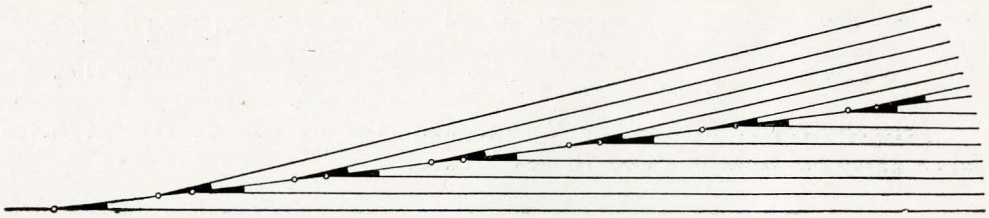


Fig. 118.

lige Sporvifte, fremstillet ved Hjælp af ensidige, sammentrukne Dobbeltsporskifter i Stedet for af almindelige Normalsporskifter. Den i Fig. 117 viste



Fig. 119.

lige Sporvifte faar ved Anvendelse af ensidige, sammentrukne Dobbeltsporskifter den i Fig. 120 viste dobbelte Form.



Fig. 120.

I Fig. 121 er vist en lige Sporvifte, hvor der i det skraa Spor er anvendt højre Normalsporskifter (kun er det første et venstre Normalsporskifte), mens alle de parallele Spor ved Hjælp af højre Normalsporskifter er delt igen i to Spor, saa Sporviften altsaa er gjort dobbelt.

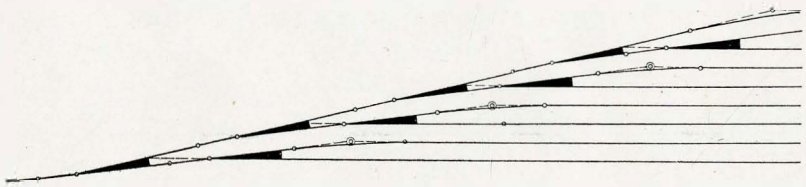


Fig. 121.

5. Den forkortede Sporvifte.

Længden af det skraa Stamspor kan indskrænkes, hvorved man opnaar, at den nyttige Længde af et System af Parallelspor med en given Længde mellem de yderste Sporskifter forøges ret betydeligt. Det skraa Stamspor føres ikke videre under Vinklen α med Hovedsporet, men ved Indlægning af en Cirkelbue bag det første Sporskifte med Centervinkel (β — α) forøger man det skraa Stamspors Vinkel med Hovedsporet til β (Fig 122) Forøgelsen (β — α) af Vinklen maa udføres saaledes, at der bliver Plads til Normalsporskiftets to Elementer *a* og *b* (*p*) Sættes Radius til den Cirkelbue, man indlægger, lig *r*, og begynder Cirkelbuen umiddelbart efter Sporskiftet, faar man af Fig. 122,

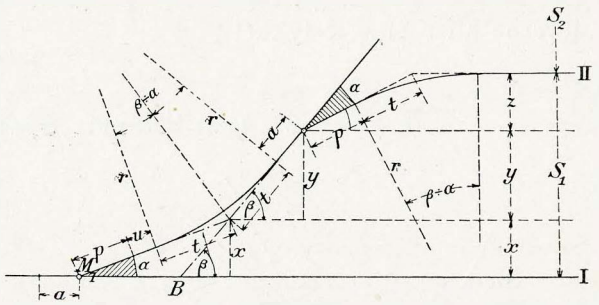


Fig. 122.

$$S_1 = (p + u + t)\sin\alpha + (t + a)\sin\beta + (p + t)\sin(\beta - \alpha). \qquad (1)$$

$$t = r\,\mathrm{tg}\,\tfrac{1}{2}(\beta - \alpha).$$

α, p og a er kendte, og ligeledes kan Sporafstanden S_1 betragtes som givet. Radius r bør vælges saa lille som muligt. For Vinklen β indsætter man forsøgsvis en Værdi og beregner saa $x = (p + u + t)\sin\alpha$ af Ligning (1). Det kan derefter ske, at Sporafstanden S_1 maa gøres større, for at man kan faa Plads nok til Konstruktionen.

Man kan føre det skraa Stamspor retlinet videre, eller man kan bag ved det andet Sporskifte gentage den her viste Fremgangsmaade.

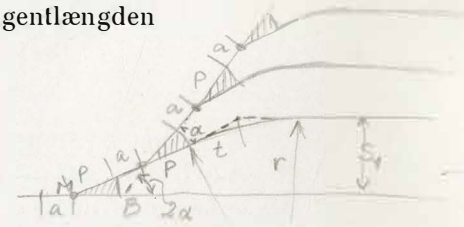
Det er en Mangel ved denne Sporvifte, at der i den indgaar en Kontrakurve.

Den forkortede Sporvifte kan ogsaa udføres saaledes, at de to første Sporskifter viger ud til samme Side (f. Eks. til venstre) mens alle de efterfølgende viger ud til modsat Side (her altsaa til højre). Det skraa Stamspor bliver derved drejet saa meget, at det danner Vinklen 2α med Hovedsporet. Alle Sporskifter lægges i umiddelbar Forlængelse af hinanden, og imellem hvert Hjærtestykke og det tilhørende Parallelspor indlægges en Kurve. Skal denne Kurve for andet Parallelspor have Radius r, har man Tangentlængden

$$t = r \cdot \mathrm{tg}\,\frac{\alpha}{2}.$$

Sporafstanden mellem 1. og 2. Spor er

$$S_1 = (a + 2p + t)\cdot\sin\alpha.$$



Eksempel.

For r = 200 m og for de samme Værdier som ovenfor a = 10,37 m, p = (b) = 14,63 m og $\mathrm{tg}\,\alpha = \frac{1}{9}$ finder man

$$t = 200 \cdot 0{,}0553852 = 11{,}08 \text{ m},$$
$$S_1 = (10{,}37 + 29{,}26 + 11{,}08) \cdot 0{,}110431 = 5{,}60 \text{ m}.$$

Denne Sporvifte passer derfor kun, naar man har Brug for rigelig stor Afstand mellem de to første Spor, hvilket ofte er Tilfældet; for de øvrige Spor er der som Regel ingen Vanskelighed ved at faa passende Radier for Kurverne efter Hjærtestykket.

6. Den krumme Sporvifte.

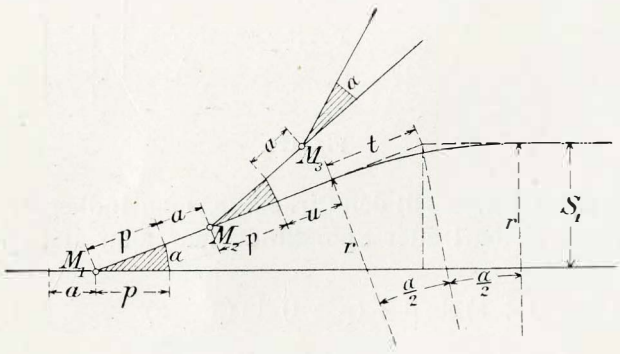


Fig. 123.

Indlægges der i Skraasporet kun Venstresporskifter (Højresporskifter), altsaa kun Sporskifter, der viger ud til samme Side, faar man en Sporforgrening, der tager endnu mindre Plads i Hovedsporets Retning (Fig. 123).

Forbindelsen mellem de afvigende Grene og Parallelsporene maa udføres ved Hjælp af Kurver. Efter Fig. 123 har man

$$S_1 = \left(a + 2p + u + r \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin \alpha.$$

Koordinaterne til Punkterne M_2 og M_3 o. s. v. bliver i Forhold til et Begyndelsespunkt i M_1 og X-Aksen i Spor I (Fig. 124)

for M_2

$$x_2 = (a + p) \cos \alpha, \quad y_2 = (a + p) \sin \alpha,$$

for M_3

$$x_3 = (a + p)(\cos \alpha + \cos 2\alpha),$$
$$y_3 = (a + p)(\sin \alpha + \sin 2\alpha).$$

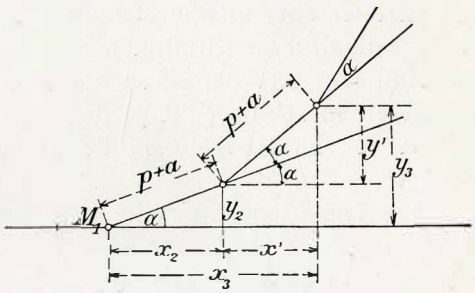


Fig 124.

For et Punkt M_n er

$$x_n = (a + p)[\cos \alpha + \cos 2\alpha + \cdots + \cos (n - 1)\alpha],$$
$$y_n = (a + p)[\sin \alpha + \sin 2\alpha + \cdots + \sin (n - 1)\alpha].$$

Den krumme Sporvifte kan udføres saaledes, at hvert fra Skraasporet udvigende af de parallele Spor igen deler sig i to ved et Højresporskifte. Afstanden mellem de to første Spor maa mindst være

$$S_1 = 2(a + p) \sin \alpha.$$

Eksempel.

For de samme Værdier som ovenfor a = 10,37 m, p = (b) = 14,63 m og tg α = $\frac{1}{9}$ faas

$$S_1 = 2 \cdot 25 \cdot 0{,}110431 = 5{,}52 \text{ m}.$$

Vil man ikke indskrænke sig til Anvendelse af Normalsporskifter, kan man konstruere en krum Sporvifte som vist i Fig. 125, hvori der desuden indgaar et vist Antal Dobbeltsporskifter.

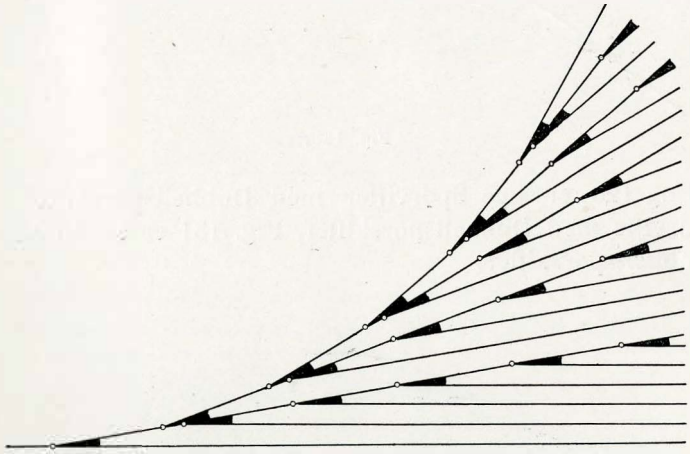


Fig. 125.

I Fig. 126 er vist en krum Sporvifte, hvor de enkelte Normalsporskifter er Sider i en Polygon, og i Fig. 127 den samme Sporvifte, dannet af Dobbeltsporskifter.

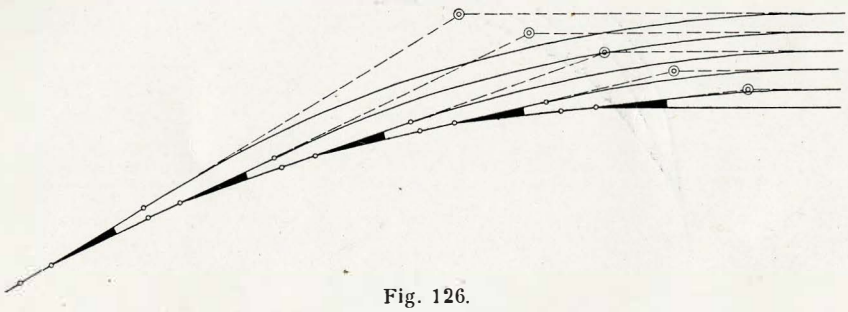


Fig. 126.

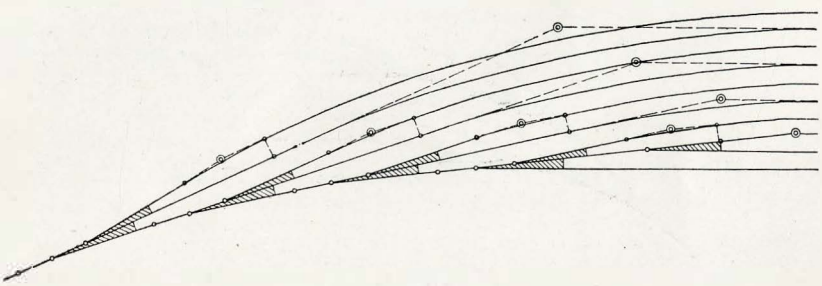


Fig. 127

I Fig. 128 er flere krumme Sporskifter forbundne ved en lige Sporvifte.

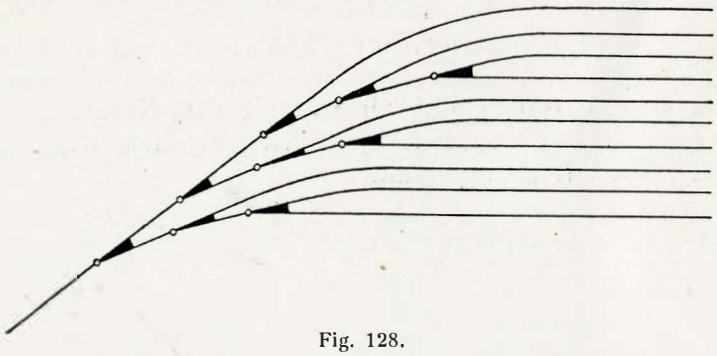


Fig. 128.

Fig. 129 og 120 er lige Sporvifter med Dobbeltsporskifter. Fig. 130 er en krum Sporvifte med Dobbeltsporskifter, Fig. 131 er en dobbelt lige Sporvifte med Dobbeltsporskifter.

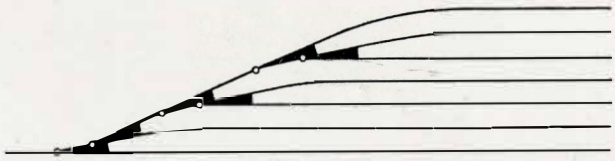


Fig. 129.

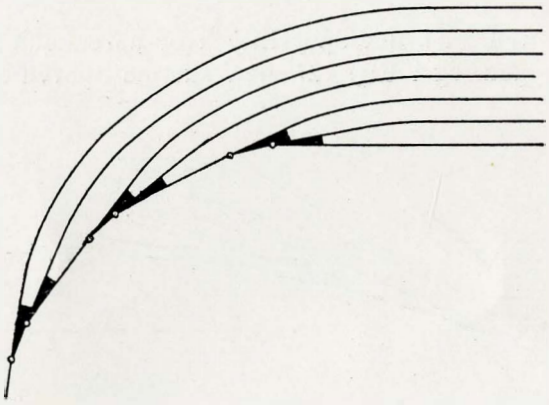


Fig. 130.

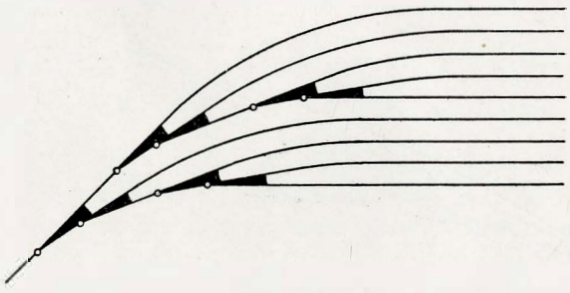


Fig. 131.

Sporskiftebundter fremkommer ved Sammensætning af forskellige af disse Sporvifter; i Fig. 132 er vist et saadant Bundt dannet ved almindelige Normalsporskifter, i Fig. 125 dannet ved Dobbeltsporskifter.

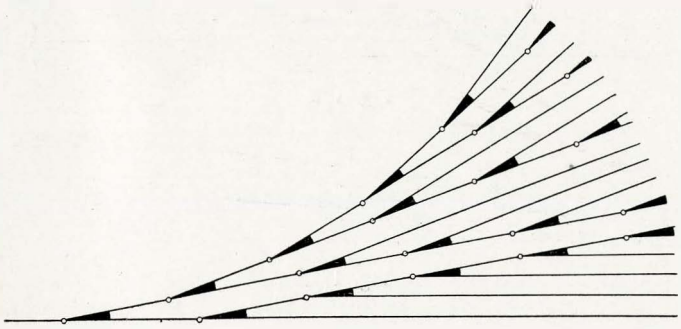


Fig. 132.

De ved Hjælp af de i det foregaaende omtalte Sporvifter dannede Systemer af parallele Spor forbindes ved begge Ender, og ofte lægges der imellem

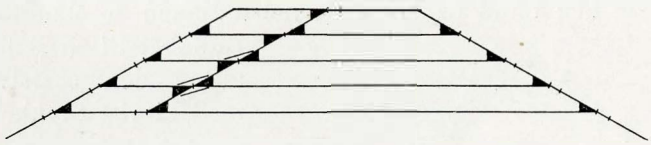


Fig. 133.

dem særlige Forbindelsesspor ind, saaledes som vist i det almindelige Eksempel i Fig. 133.

I Fig. 134 og 135 er vist en hensigtsmæssig Forbindelse mellem de gennemgaaende Hovedspor[1]) paa en dobbeltsporet Bane og Godstogsoverhalingsspor



Fig. 134.

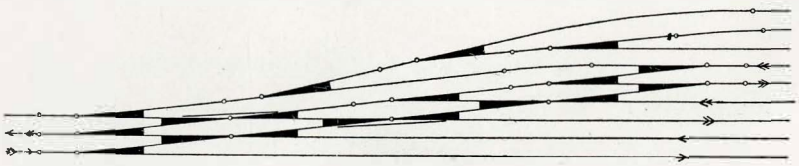


Fig. 135.

og Depotspor ved Hjælp af Normalsporskifter, Krydsninger og Krydsningssporskifter.

[1] Persontogenes Kørselsretning er vist ved enkelte Pile, Godstogenes ved dobbelte Pile.

Fig. 136 og 137 viser den tilsvarende Ordning paa en Station paa en enkeltsporet Bane.

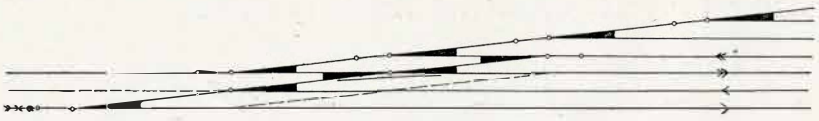


Fig. 136.



Fig. 137.

7. Indlægning af et Sporskifte i en Kurve.

a. Ved Kurvens Ende.

Naar Forgreningsstedet ligger nær nok ved Kurvens Endepunkt, forskyder man dette sidste hen imod fri Bane (Konstruktionen forekommer oftest ved Indløbet til en Station), forkorter altsaa den eksisterende Kurve med et vist Stykke; i Stedet for dette Kurvestykke indskydes en ret Linie, og fra denne fragrenes de ønskede Spor ved Hjælp af Normalsporskifter.

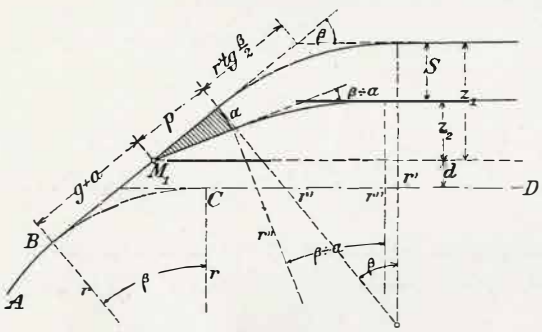


Fig. 138.

I Fig. 138 forkortes Kurvestykket ABC med Stykket BC, og Tangenten i B bliver det indskudte retlinede Spor. Skal der lægges flere Spor parallele med det oprindelige retlinede Spor CD, kan man bedst sætte Vinklen β lig Sporskiftets Hældningsvinkel α eller lig et Multiplum af denne. Idet der med g betegnes et retlinet Stykke mellem B og Sporskiftets Begyndelsespunkt, faar man

$$d = \left(g + a - r \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) \cdot \sin \beta. \tag{1}$$

Endvidere bliver

$$z_1 = \left(p + r' \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) \cdot \sin \beta, \tag{2}$$

$$z_2 = \left(p + r'' \operatorname{tg} \frac{\beta - \alpha}{2}\right) \sin (\beta - \alpha) \tag{3}$$

og Afstanden mellem de to Spor

$$S = z_1 - z_2. \tag{4}$$

S er afhængig af Radierne r′ og r″, men da S mindst skal have en vis Værdi, maa man tage Hensyn hertil ved Valget af r′ og r″.

For et givet S og et valgt r″ kan man ved Hjælp af de ovenfor angivne Ligninger finde r′ saaledes:

z_1 bestemt ved (2) indsættes i (4).

$$S = \left(p + r' \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) \sin\beta - z_2,$$

hvoraf

$$\frac{S + z_2}{\sin\beta} = p + r' \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$$

eller

$$r' = \left(\frac{S + z_2}{\sin\beta} - p\right) \cot \frac{\beta}{2}.$$

Har man valgt $\beta = \alpha$, bliver de ovennævnte Ligninger

$$d = \left(g + a - r \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\alpha,$$

$$z_1 = \left(b + r' \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \sin\alpha,$$

$$z_2 = 0,$$

$$S = z_1,$$

og endelig

$$r' = \left(\frac{S}{\sin\alpha} - p\right) \cot \frac{\alpha}{2}.$$

Bruges et Venstresporskifte i Stedet for et Højresporskifte (Fig. 139), bliver de tilsvarede Ligninger

$$d = \left(g + a - r \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) \sin\beta,$$

$$z_1 = \left(p + r' \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}\right) \sin\beta,$$

$$z_2 = \left(p + r'' \operatorname{tg} \frac{\beta+\alpha}{2}\right) \sin(\beta+\alpha),$$

$$S = = z_2 - z_1,$$

og for given Sporafstand S og valgt Værdi af r′

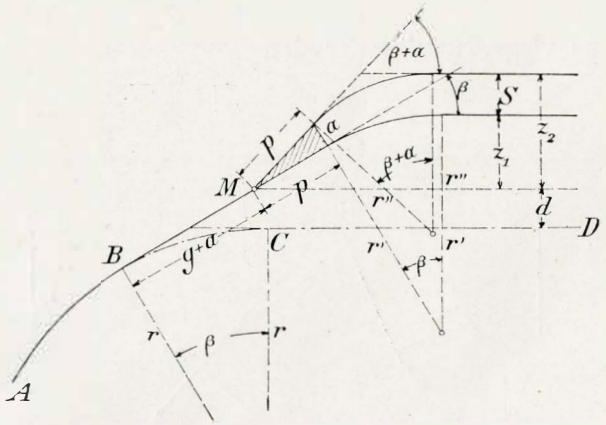


Fig. 139.

$$r'' = \left(\frac{S + z_1}{\sin(\beta + \alpha)} - p\right) \cot \frac{\beta + \alpha}{2}.$$

For $\beta = \alpha$ faas ingen lignende Simplifikation som ovenfor.

b. *Inden for Kurven.*

Skal der anvendes et Normalsporskifte, maa dette indlægges i et retlinet Sporstykke. Man erstatter derfor den oprindelige Kurve med to Kurvestykker med mindre Radius og et mellemliggende retlinet Spor (Fig. 140) og har

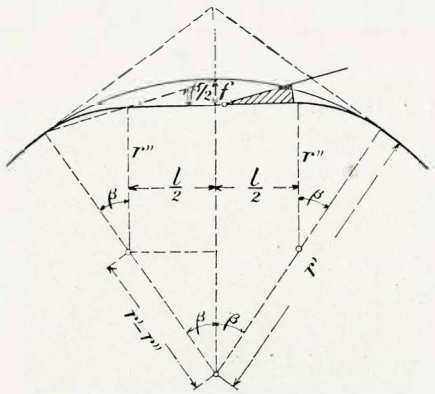


Fig. 140.

$$(r' - r'') \sin \beta = \frac{l}{2},$$

hvoraf

$$\sin \beta = \frac{l}{2\,(r' - r'')}.$$

Den nødvendige Kurvelængde er

$$l' = 2r' \operatorname{arc} \beta$$

og Pilhøjden

$$f = \frac{l}{2} \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}.$$

Indlægning af et lige Stykke i en given Kurve kræver en betydelig Længde; det er derfor bedst at undgaa Konstruktionen i Fig. 140. Det kan gøres ved (Fig. 141) at erstatte Kurven AB med Tangenterne i A og B, der skærer hinanden under Vinklen α og i M at indlægge et Normalsporskifte.

Muligheden for en saadan Konstruktion afhænger af Størrelsen af Radius r', der er bestemt ved

$$g + a = r' \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

idet man skal have

$$r' \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \gtrless g + a,$$

og i visse Tilfælde desuden

$$r' \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \gtrless p.$$

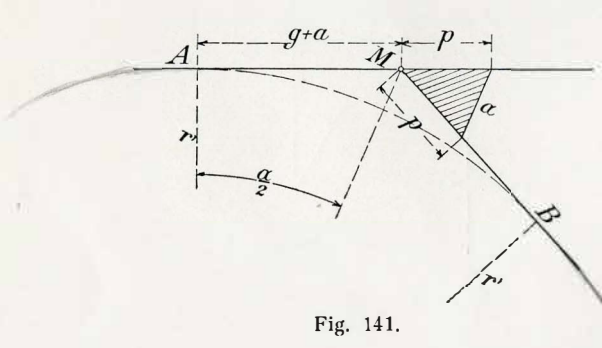


Fig. 141.

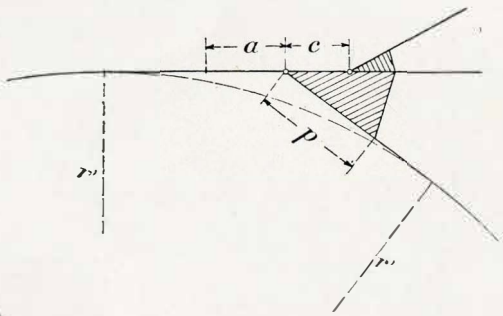


Fig. 142.

Indlægning af et Dobbeltsporskifte i Stedet for et Normalsporskifte kan udføres paa lignende Maade (Fig. 142). Ogsaa denne Konstruktion er kun mulig, hvis Radius r' tilfredsstiller lignende Ligninger.

Er Radius for lille, saa der ikke kan indlægges et Normalsporskifte eller et Dobbeltsporskifte, maa man anvende Konstruktionen i Fig. 140.

§ 12. Beregning af Sporskifter.

1. Indledning.

Ved alle Sporskifteberegninger er det hensigtsmæssigt at erstatte Skinnerne med deres Kørekanter og i Hovedsagen at henføre Beregningen til Sidesporets ydre Skinne. Ved Projektion af denne Skinnestreng paa Stamsporet faaes i de fleste Tilfælde let de til Beregningen nødvendige Ligninger.

Tungespidsens Indfaldsvinkel η (Vinklen mellem Tungespids og Yderskinne) skal af Hensyn til Tungens praktiske Forarbejdning mindst være $^1/_2{}^0$; det samme Hensyn paavirker ogsaa Størrelsen af Tungerodens Vinkel β; η skal være saa lille som muligt, for at Indkørslen i Sidesporet skal foregaa saa roligt som muligt, β skal være saa stor som muligt, fordi dette har en heldig Indflydelse paa den tilstødende Sporskiftekurve. Tungerne kan udføres paa tre forskellige Maader:

Lige Tunger.

Indfaldsvinklen og Tungerodens Vinkel er lige store (Fig. 143).

$$\sin\beta = \sin\eta = \frac{e}{z}; \quad e = \varepsilon_0 + K$$

K = Skinnehovedets Bredde.



Fig. 143.

Krumme Tunger,

(Fig. 144), hvis Krumning rører Stamsporet, og som ved Tungespidsen føres retlinet ind til Yderskinnen under Indfaldsvinklen η

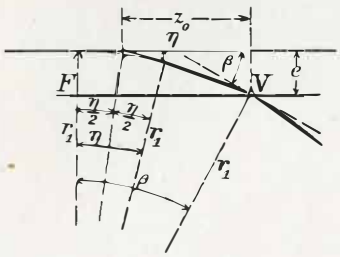


Fig. 144.

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{FV}{r_1 - e}$$

$$\operatorname{tg}\frac{\eta}{2} = \frac{FV - z_0}{r_1}$$

$$FV = \sqrt{e(2r_1 - e)}.$$

Indfaldsvinklen bliver betydelig mindre, Vinklen ved Tungeroden større end lige Tunger, men dette Forhold bliver endnu gunstigere ved

Krumme Tunger,

(Fig. 145), hvor Kurven skærer 7–20 mm over Stamsporet, og denne Konstruktion af krumme Tunger anvendes nu næsten udelukkende.

$$\gamma = \frac{\text{Buen SV}}{r_1} \cdot \frac{180^0}{\pi}$$

$$\text{Korden SV} = 2r_1 \sin\frac{\gamma}{2}$$

$$\sin\left(\eta + \frac{\gamma}{2}\right) = \frac{e}{\text{Korden SV}}$$

$$\beta = \eta + \gamma$$

$$\lambda = r_1 \sin\eta; \quad \gamma = r(1 - \cos\eta).$$

Heri skal indsættes

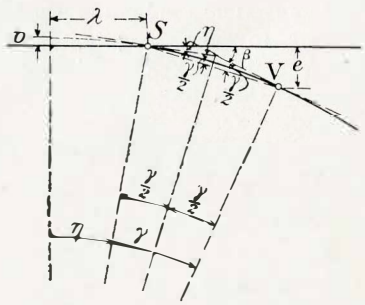


Fig. 145.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + K + i; \quad i = \sim \frac{2}{2r_1} - \frac{z}{r_1}\sqrt{2r_1(a - \varepsilon_0 - K)} + (a - \varepsilon_0 - K)$$

a = Tungens Udslag.

Undertiden gøres ogsaa her Tungen ved Spidsen retlinet som i Fig. 144.

2. Beregning af et simpelt Normalsporskifte[1]).

Konstruktionen af Tungeanordning og Krydsninger medfører saa godt som ingen Beregninger; disse Grundelementer skal i det følgende betragtes som givne En Beregning af det samlede Sporskifte vilde derimod, hvis den skulde gennemføres matematisk nøjagtigt. hvilket forøvrigt meget vel kan lade sig gøre, medføre et betydeligt Arbejde. En saadan eksakt Beregning er imidlertid unødvendig, idet man ikke vil kunne udstikke et Sporskifte i Marken med den dertil svarende Nøjagtighed. Ved Beregningen vil der derfor blive benyttet forskellige Tilnærmelser. Disse bestaar i det væsentlige deri, at man, idet Sporskiftets Vinkler alle er ret smaa Størrelser, sætter

$$\sin v = \operatorname{tg} v = v$$

og regner Kurvelængden lig Summen af Tangentlængderne. Denne sidste Tilnærmelse er indbefattet i Tilnærmelsen tg v = v. Kaldes Radius r og Tangentvinklen v, er Summen af Tangentlængderne nemlig $2r \operatorname{tg} \frac{v}{2}$, medens Kurvelængden er r·v. (Vinkler regnes her som i det følgende med rene Tal).

Ved Konstruktion af Sporplanen for en Station saavel som ved Udstikning af et Sporskifte er det bekvemt at benytte det saakaldte Sporskifteelement, hvorved forstaas det Liniesystem, der fremkommer, naar Spormidternes Retninger ved Stødene foran og bagved Sporskiftet forlænges til indbyrdes Skæring. Fig. 146—48 viser tre saadanne Elementer. Fig. 147 fremstiller et konkavt Kurvesporskifte (medkrummet Højre-Sporskifte), d. v. s. et Sporskifte, hvor de to Spor bøjer til samme Side. Bøjer Sporene til modsat Side har man et konvekst Kurvesporskifte (modkrummet Venstre-Sporskifte), hvis Element faar det i Fig. 146 viste Udseende. Endelig viser Fig. 148 et simpelt Højre-Sporskifte, hvor det ene Spor er retlinet. Et Element er fuldstændig bestemt ved Størrelserne a_1, a_2, b_1, b_2, α og φ.

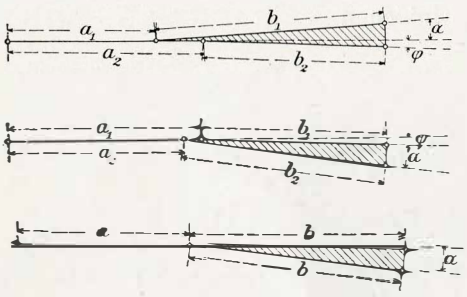


Fig. 146—148.

For bekvemt at kunne projektere et Sporanlæg maa man i Forvejen have bestemt en Del saadanne Elementer, svarende til Sporskifter saavel i lige som i krumme Hovedspor og i Sidespor, saaledes at man har et passende Udvalg af Sporskifter med forskellige Krumningsforhold at vælge imellem. Formaalet med den følgende Udvikling skal da være dette at vise, hvorledes man lettest beregner de til Bestemmelse af et saadant Sæt Elementer fornødne Størrelser samt endvidere alle de til Sporskiftets Afsætning i Marken fornødne Størrelser.

Ved Beregningen maa følgende Størrelser betragtes som givne:

s Sporvidden.

e Summen af Sporrillens og Skinnehovedets Bredde ved Tungeroden.

---

[1]) Eigil Hansen: Sporskifters Beregning. Ingeniøren 1912, S. 468 o. flg.

z Tungelængden.
ω Tungens Vinkel med Sideskinnen; ved krumme Tunger Vinklen mellem Sideskinnen og Tungens Tangent ved Roden.
p Afstanden fra Tungeroden til Stødet foran Tungespidsen.
α Krydsningsvinklen.
g Længden af det foran den matematiske Hjærtespids indskudte retlinede Stykke.
o Afstanden fra matematisk Hjærtespids til Stødet bag ved Krydsningen.

Ved Sporskifter med lige Tunger har man

$$\omega = \frac{e}{z}. \tag{1}$$

Er Tungen krum, vil den i Almindelighed være saaledes konstrueret, at den Cirkelbue, hvorefter den er bøjet, skærer Sideskinnen under en vis Vinkel β (Fig. 149). Kaldes Cirklens Radius ρ, har man med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$\omega - \beta = \frac{z}{\rho}$$

$$\frac{\omega + \beta}{2} = \frac{e}{z}$$

hvoraf findes

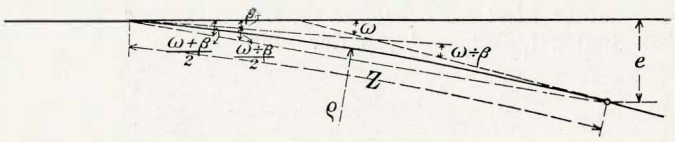


Fig. 149.

$$\omega = \frac{e}{z} + \frac{z}{2\rho}. \tag{2}$$

Det retlinede Stykke g valgtes tidligere 2 à 3 m langt. Senere har Erfaringen vist, at g uden Skade kan tages betydeligt mindre, maaske helt ned til 40 cm. I det følgende regnes g lig Afstanden fra Vingeskinnestødet til matematisk Hjærtespids. Endvidere antages, at Krydsningens to Vingeskinner er lige lange, saaledes at g altsaa er ens for begge Sporskiftets Mellemstrenge.

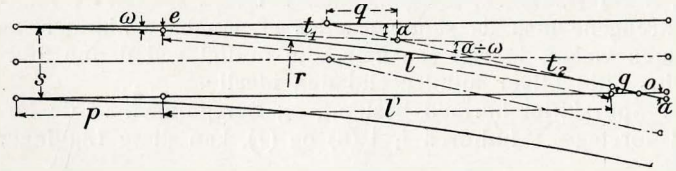


Fig. 150.

Et simpelt Normalsporskifte er vist i Fig. 150. Ved Projektion paa en Linie vinkelret paa Hovedsporets Retning faar man med Figurens Betegnelser

$$s - e = t_1\omega + (t_2 + g)\cdot\alpha. \tag{3}$$

Endvidere haves

$$l = t_1 + t_2. \tag{4}$$

Sporskiftekurven søges altid lagt med saa stor Radius som muligt. For $t_1 < t_2$ maa man derfor have Tangering ved Tungeroden. Radius er da bestemt ved

$$r = \frac{2t_1}{\alpha - \omega}. \tag{5}$$

For $t_1 > t_2$ haves Tangering ved Vingeskinnestødet, og man har

$$r = \frac{2t_2}{\alpha - \omega}. \tag{5a}$$

I disse Ligninger er Størrelserne t_1, t_2, l og r ubekendte. Da der haves tre Ligninger, maa den ene af de nævnte Størrelser altsaa vælges, hvorefter de andre kan bestemmes.

Løses (3) og (4) med Hensyn til t_1 og t_2, findes

$$t_1 = \frac{l \cdot \alpha - (s - e - g\alpha)}{\alpha - \omega} \tag{6}$$

$$t_2 = \frac{(s - e - g\alpha) - l \cdot \omega}{\alpha - \omega} \tag{7}$$

Det ses heraf, at t_1 vokser med l, og af (5), at det samme er Tilfældet med r, saa længe $t_1 < t_2$; t_2 aftager med l, og det samme gør r, naar $t_1 > t_2$. Heraf følger, at den største Værdi af r faas for $t_1 = t_2$. Denne Værdi kaldes *ideel Radius* og betegnes med r_i. Det er altsaa den størst mulige Radius, man overhovedet kan opnaa med den givne Krydsning og det givne Sporskifte. Den hertil svarende Værdi af l kaldes *ideel Kurvelængde* og betegnes med l_i.

Sættes $t_1 = t_2 = \frac{1}{2} l_i$ finder man

$$l_i = 2 \cdot \frac{s - e - g \cdot \alpha}{\alpha + \omega} \tag{8}$$

$$r_i = \frac{l_i}{\alpha - \omega} = 2 \frac{s - e - g \cdot \alpha}{(\alpha + \omega)(\alpha - \omega)}. \tag{9}$$

Mange Jernbaneadministrationer f. Eks. i Tyskland bliver staaende ved det herved bestemte Sporskifte. Mellemstrengene kan da ikke i Almindelighed sammensættes af gangbare Skinnelængder; man maa i hver Streng anvende en overskaaren Skinne. Da man som oftest ønsker, at det samlede Sporskiftes Længde skal være lig Længden af et Antal hele Skinner, for at Sporskiftet bekvemt kan indlægges hvor som helst i et Spor, indskyder man i dette Tilfælde bag ved Krydsningen et Par Skinnestumper, de saakaldte Passkinner.

Andre Steder, saaledes her i Danmark, undgaar man helst en saadan Overskæring af Skinnerne. Mellemstrengene maa da sammensættes af gangbare Skinner, og l bliver forskellig fra l_i, men vælges iøvrigt saa nær som muligt ved denne Størrelse. Heraf følger, at Radius altid bliver mindre end den ideelle.

Naar l er fastslaaet, er Sporskiftet hermed bestemt, og Beregningen af de forskellige Størrelser kan let foretages. Indføres l_i i (6) og (7), kan disse Ligninger skrives

$$t_1 = \frac{l}{2} + \frac{(\alpha + \omega)}{(\alpha - \omega)} \frac{(l - l_i)}{2} = \frac{l_i}{2} + \frac{\alpha}{\alpha - \omega} (l - l_i) \tag{10}$$

$$t_2 = \frac{l}{2} - \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega} \frac{l - l_i}{2} = \frac{l_i}{2} - \frac{\omega}{\alpha - \omega} (l - l_i). \tag{11}$$

For $l > l_i$ har man et saakaldet forlænget Sporskifte. Idet $t_1 > t_2$, haves altsaa Tangering ved Vingeskinnestødet, og Radius er bestemt ved

$$r = \frac{2t_2}{\alpha - \omega} = \frac{l_i}{\alpha - \omega} - \frac{2\omega}{(\alpha - \omega)^2} (l - l_i). \tag{12}$$

Mellem Tungeroden og Sporskiftekurven indskydes et retlinet Stykke

$$u = t_1 - t_2 = \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega} (l - l_i). \tag{13}$$

For $l < l_i$ haves et forkortet Sporskifte. Idet $t_1 < t_2$ har man i dette Tilfælde Tangering ved Tungeroden, og

$$r = \frac{2t_1}{\alpha - \omega} = \frac{l_i}{\alpha - \omega} - \frac{2\alpha}{(\alpha - \omega)^2}(l_i - l). \tag{12a}$$

Foran Krydsningen maa indskydes et retlinet Stykke

$$v = t_2 - t_1 = \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega}(l_i - l). \tag{13a}$$

Da $\alpha > \omega$, ses det, at Radius aftager forholdsvis hurtigere ved Forkortelse end ved Forlængelse af Sporskiftet.

Sporskiftets lige Mellemstreng bliver lidt kortere end den krumme. Forskellen kan udjævnes ved Anvendelse af en Kurveskinne, ved lidt Variation af Temperaturspillerummene[1]) eller ved begge Dele i Forening. Længdeforskellen d_0 kan findes saaledes:

Kaldes Længden af den lige Mellemstreng l', haves

$$l' = t_1 \cos\omega + (t_2 + g)\cos\alpha - g.$$

Idet nu

$$l = t_1 + t_2$$

faas

$$d_0 = l - l' = t_1(1 - \cos\omega) + (t_2 + g)(1 - \cos\alpha) = 2t_1 \sin^2\frac{\omega}{2} + 2(t_2 + g)\sin^2\frac{\alpha}{2}.$$

Med den sædvanlige Tilnærmelse faas nu

$$d_0 = t_1\frac{\omega^2}{2} + (t_2 + g)\frac{\alpha^2}{2}. \tag{14}$$

Elementet er vist i Fig. 148. Idet

$$q = \frac{e + t_1\omega}{\alpha} \tag{15}$$

har man med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$a = p + t_1 - q \tag{16}$$

$$b = o + g + t_2 + q = L - a, \tag{17}$$

hvor L er Sporskiftets samlede Længde.

Eksempel. Der ønskes beregnet et simpelt Sporskifte med Krydsning 1 : 10. Det antages, at de givne Størrelser har følgende Talværdier (De danske Statsbaners Normaler for 32 kg Spor):

$s = 1435$ mm, $e = 114$ mm, $z = 5030$ mm, $p = 6095$ mm, $\alpha = 0{,}1$, $g = 959$ mm, $o = 1200$ mm.

Man har da (idet Tungen er lige)

$$\omega = \frac{114}{5030} = 0{,}0227$$

$$l_i = 2\,\frac{1{,}435 - 0{,}114 - 0{,}1 \cdot 0{,}959}{0{,}1 + 0{,}0227} = 19{,}98 \text{ m}$$

[1]) Ved de danske Statsbaners 32 kg Spor f. Eks er Spillerummet normalt 7 mm, men kan ved de aflange Boltehuller forøges indtil 27 mm.

$$r_i = \frac{19{,}98}{0{,}1 - 0{,}0227} = 259 \text{ m.}$$

Den krumme Mellemstreng kan da passende sammensættes af en 7,32 m Skinne og to 6,40 m Skinner. Herved faas et forlænget Sporskifte med $l = 7{,}32 + 2 \cdot 6{,}40 = 20{,}12$ m, og $l - l_i = 0{,}14$ m. (10) og (12) giver nu

$$t_1 = \frac{20{,}12}{2} + \frac{0{,}1 + 0{,}0227}{0{,}1 - 0{,}0227} \cdot \frac{0{,}14}{2} = 10{,}06 + 0{,}11 = 10{,}17 \text{ m}$$

$$t_2 = 10{,}06 - 0{,}11 = 9{,}95 \text{ m}$$

$$r = \frac{2 \cdot 9{,}95}{0{,}1 - 0{,}0227} = 257 \text{ m}$$

$$u = t_1 - t_2 = 0{,}22 \text{ m.}$$

Endelig findes af (14) $d_0 = 58$ mm. I Stedet for den 7,32 m Skinne indskydes da i den lige Mellemstreng en Kurveskinne, som netop haves 7,26 m lang, hvorved Længdeforskellen udlignes.

Af (15) faas

$$q = \frac{0{,}114 + 10{,}17 \cdot 0{,}0227}{0{,}1} = 3{,}45 \text{ m.}$$

Man har da

$$a = 6{,}095 + 10{,}17 - 3{,}45 = 12{,}82 \text{ m}$$

$$b = 1{,}2 + 0{,}959 + 9{,}95 + 3{,}45 = 15{,}56 \text{ m.}$$

3. Beregning af Sporskifter i krumt Hovedspor.

Ved Indlægning af et Sporskifte i et krumt Hovedspor undergaar dette en Forandring, idet der ved Tunge og Krydsning maa indskydes retlinede Stykker. Længden af det første af disse Stykker maa mindst være lig Tungelængden, men sættes i Almindelighed lig Afstanden p fra Tungeroden til Stødet foran Tungespidsen, da det er heldigst at undgaa Bøjning af den Sideskinne, mod hvilken Tungen slaar an. Det andet retlinede Stykke maa mindst være lig Længden g + o af Krydsningen. Som oftest lægges de to Stykker som Tangenter til Hovedsporet, og imellem dem maa der da indskydes en Kurve med Radius R, som er mindre end Hovedsporets oprindelige Radius R_1. De to Stykker bliver da lige lange (se Fig. 151), og det er indlysende, at man for at faa R saa stor som muligt maa gøre de nævnte Stykker saa smaa som muligt; de sættes derfor lig p [1]). Da g + o ved de almindeligt forekommende Sporskifter altid er betydelig mindre end p, kunde der være Spørgsmaal om, hvor Hjærtespidsen rettelig bør lægges. Lægges den saaledes, at der foran Vingeskinnen bliver et retlinet Stykke U i Hovedsporet, har man

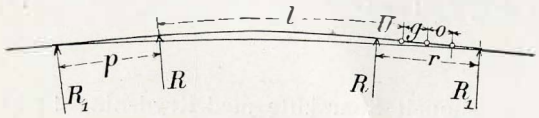


Fig 151.

$$R = R_1 \frac{l - U}{l - U + 2p} = \frac{R_1}{1 + \frac{2p}{l - U}},$$

hvor l er Længden af Mellemstrengen. For at faa R stor, maa man altsaa gøre l — U stor. Ligesom ved simple Sporskifter bestemmes Kurvelængden saaledes, at Sidesporets Sporskiftekurve faar den størst mulige Radius; l kan derfor i denne

[1]) I Fig. 151 er r = p.

Forbindelse betragtes som givet. Man maa altsaa sætte U = 0 for at faa R saa stor som muligt, og Udtrykket for R kan skrives

$$R = \frac{R_1}{1 + \frac{2p}{l}}. \tag{18}$$

Man kommer herved til en ret væsentlig Formindskelse af Hovedeporets Radius. Bedre Forhold vilde i saa Henseende kunne opnaas, saafremt Hovedsporet omformedes ogsaa uden for Sporskiftets Omraade; men da det kræver en betydelig Kastning af Sporet, gaar man i Reglen den ovenfor antydede Vej.

I Fig. 152 er vist et Sporskifte, der bøjer af ved Hovedsporets indvendige Side, et konkavt Kurvesporskifte. Hovedsporets Mellemstreng er ogsaa her kortere end Sidesporets; da Forskellen imidlertid er ringe, skal den foreløbig lades ude af Betragtning. Kaldes Længden af Mellemskinnen l, har man da

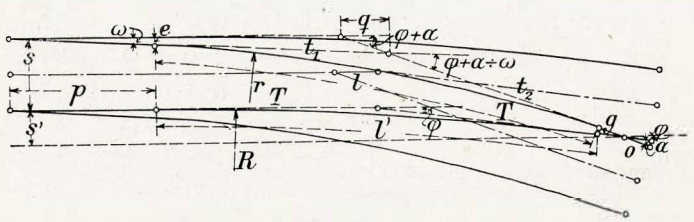


Fig. 152.

$$l = t_1 + t_2 = 2T = R \cdot \varphi. \tag{19}$$

Af Figuren ses, at t_1 og t_2 kan findes, idet man betragter Sporskiftet som et simpelt Sporskifte med Krydsningsforhold $\alpha + \varphi$ og Sporvidde $s + s'$, hvor

$$s' = (T + g)\varphi = \left(\frac{l}{2} + g\right) \cdot \varphi.$$

Ved Anvendelse af Formlerne (6) og (7) finder man da

$$t_1 = \frac{\frac{1}{2}l\varphi + l\alpha - (s - e - g\alpha)}{\varphi + \alpha - \omega} \tag{20}$$

$$t_2 = \frac{\frac{1}{2}l\varphi - l\omega + (s - e - g\alpha)}{\varphi + \alpha - \omega}. \tag{21}$$

Det kan bevises, at man for at faa saa stor en Radius som muligt i Sporskiftekurven ogsaa her bør sætte $t_1 = t_2$. Gøres dette, finder man

$$l_i = 2\frac{s - e - g \cdot \alpha}{\alpha + \omega}. \tag{22}$$

og

$$r_i = \frac{l_i}{\varphi + \alpha - \omega}, \tag{23}$$

hvor φ findes af

$$\varphi = \frac{l_i}{R}, \tag{24}$$

idet vi ved Beregningen vil betragte Hovedsporets ændrede Radius som given.

Dette er det samme Udtryk for l_i, som fandtes ved simple Sporskifter. Man har altsaa følgende Sætning:

Alle Sporskifter med samme Krydsning har samme ideelle Længde, hvad enten Hovedsporet er lige eller krumt.

Heraf følger, at Kurvesporskiftet kan gives samme Længde som det simple Sporskifte med samme Krydsning.

Af (23) og (24) findes

$$\frac{1}{r_i} - \frac{1}{R} = \frac{\varphi + \alpha - \omega}{l_i} - \frac{\varphi}{l_i} = \frac{\alpha - \omega}{l_i} = \frac{1}{r_i'}, \tag{25}$$

hvor r_i' er ideel Radius i det simple Sporskifte med samme Krydsning.

Ved at indføre l_i i (20) og (21) finder man

$$t_1 = \frac{l}{2} + \frac{\alpha + \omega}{\varphi + \alpha - \omega} \cdot \frac{l - l_i}{2} \tag{26}$$

$$t_2 = \frac{l}{2} + \frac{\alpha + \omega}{\varphi + \alpha - \omega} \cdot \frac{l - l_i}{2}, \tag{27}$$

hvor

$$\varphi = \frac{l}{R}. \tag{28}$$

Ved forlængede Sporskifter ($l > l_i$) haves $t_1 > t_2$ og

$$r = \frac{2t_2}{\varphi + \alpha - \omega} \tag{29}$$

samt

$$u = t_1 - t_2 = \frac{\alpha + \omega}{\varphi + \alpha - \omega}(l - l_i), \tag{30}$$

hvor u er det retlinede Stykke, man indskyder efter Tungen.

Ved forkortede Sporskifter ($l < l_i$) haves $t_1 < t_2$ og

$$r = \frac{2t_1}{\varphi + \alpha - \omega} \tag{29a}$$

samt

$$v = t_2 - t_1 = \frac{\alpha + \omega}{\varphi + \alpha - \omega}(l_i - l), \tag{30a}$$

hvor v er det retlinede Stykke, der indskydes foran Krydsningen.

Sluttelig skal der findes et Udtryk for Forskellen $d = l - l'$ mellem Længden af Mellemstrengene. Ved Projektion paa Hovedsporets oprindelige Retning faas

$$t_1 \cos\omega + (t_2 + g)\cos(\varphi + \alpha) - T - (T + g)\cos\varphi = 0.$$

Tillige haves

$$t_1 + t_2 - 2T = l - l' = d,$$

hvoraf ved Subtraktion findes

$$2t_1 \sin^2\frac{\omega}{2} + 2(t_2 + g)\sin^2\frac{\varphi + \alpha}{2} - 2(T + g)\sin^2\frac{\varphi}{2} = d$$

eller med sædvanlig Tilnærmelse

$$d = t_1\frac{\omega^2}{2} + (t_2 + g)\frac{(\varphi + \alpha)^2}{2} - (T + g)\frac{\varphi^2}{2}.$$

Indføres Udtrykkene for t_1, t_2 og T, faas efter Udregning

$$d = d_0 + \varphi d_1, \tag{31}$$

hvor

$$d_0 = (s - e)\frac{\alpha + \omega}{2} - (l + g)\frac{\alpha\omega}{2} \tag{32}$$

og

$$d_1 = l\frac{\alpha - \omega}{4} + \frac{s - e - g\alpha}{2}. \tag{33}$$

d_0 og d_1 er konstante, saa længe man har med den samme Krydsning at gøre. d_0 har samme Værdi som ved det simple Sporskifte, idet $\varphi = 0$ giver $d = d_0$. At Udtrykkene (14) og (32) er identiske, kunde iøvrigt let paavises.

For Elementet faar man ved Betragtning af Fig. 152 med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$a_1 = p + T \tag{34}$$

$$b_1 = o + g + T = L - a \tag{35}$$

og idet

$$q = \frac{e + t_1\omega}{\alpha + \varphi} \tag{36}$$

faas

$$a_2 = p + t_1 - q \tag{37}$$

$$b_2 = o + g + t_2 + q = L - a_2, \tag{38}$$

hvor L er Sporskiftets samlede Længde.

Eksempel.

Det i foregaende Eksempel behandlede Sporskifte skal indlægges i et krumt Hovedspor med Radius 800 m. Man faar

$$R = \frac{800}{1 + \frac{2 \cdot 6.095}{20{,}12}} = 498 \text{ m}$$

$$\varphi = \frac{20{,}12}{498} = 0{,}0404,$$

idet der i forrige Eksempel fandtes $l = 20{,}12$ m. Tillige fandtes $l - l_i = 0{,}14$ m hvorfor

$$t_1 = \frac{20{,}12}{2} + \frac{0{,}1 + 0{,}0227}{0{,}0404 + 0{,}1 - 0{,}0227} \cdot \frac{0{,}14}{2} = 10{,}06 + 0{,}07 = 10{,}13 \text{ m}$$

$$t_2 = 10{,}06 - 0{,}07 = 9{,}99 \text{ m}$$

$$r = \frac{2 \cdot 9{,}99}{0{,}0404 + 0{,}1 - 0{,}0227} = 170 \text{ m}$$

$$n = t_1 - t_2 = 0{,}14 \text{ m}.$$

Af (33) findes $d_1 = 997$ mm, tidligere fandtes $d_0 = 58$ mm, altsaa

$$d = 58 + 0{,}0404 \cdot 997 = 98 \text{ mm},$$

hvilket er 4 cm bedre end ved det simple Sporskifte. Disse 4 cm kan fordeles over Temperaturspillerummene.

For Elementet faas

$$a_1 = 6{,}095 + 10{,}06 = 16{,}16 \text{ m}$$

$$b_1 = 1{,}2 + 9{,}59 + 10{,}06 = 12{,}22 \text{ m}$$

$$q = \frac{0{,}114 + 10{,}13 \cdot 0{,}0227}{0{,}1 + 0{,}0404} = 2{,}45 \text{ m}$$

$$a_2 = 6{,}095 + 10{,}13 - 2{,}45 = 13{,}78 \text{ m}$$

$$b_2 = 1{,}2 + 0{,}959 + 9{,}99 + 2{,}45 = 14{,}60 \text{ m}.$$

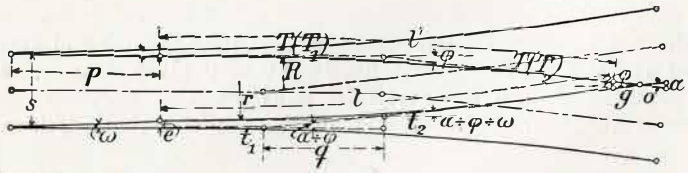


Fig. 153.

I Fig. 153 er vist et Sporskifte, der bøjer af ved Hovedsporets udvendige Side, et konvekst Kurvesporskifte. Det ses ved Betragtning af Figuren, at alle de tidligere udviklede Formler vedbliver at gælde, naar blot man i disse erstatter φ med — φ og R med — R. (Ogsaa her kan det bevises, at Sporskiftekurven bør lægges saa nær som muligt tangerende ved Tungerod og Vingeskinnestød). Da Sporskiftekurven ved disse Sporskifter faar mindre Radius end ved det tilsvarende simple Sporskifte, foretager man undertiden en Forkortning af Sporskiftet, hvorved der kan vindes nogle Meter nyttig Sporlængde.

4. Beregning af Sporskifter i Sidespor.

Ved de foregaaende Undersøgelser angaaende Kurvesporskifter er der navnlig tænkt paa Sporskifter i Stationernes Hovedspor. Da disse Sporskifter skal kunne befares af Tog med forholdsvis stor Hastighed, vil de i Almindelighed være karakteriserede ved, at den ene Radius er væsentlig større end den anden. Og da paa den anden Side Radius i det afvigende Spor ikke maa gaa ned under en vis lavere Grænse, er man ved disse Sporskifter afskaaret fra at bruge de største Krydsningsvinkler. Forholdet illustreres gennem nedenstaaende Tabel 6, hvor ideel Radius

Tabel 6.

Krydsning	1 : 6,5		1 : 9		1 : 10		1 : 12	
	R	r_i	R	r_i	R	r_i	R	r_i
	m	m	m	m	m	m	m	m
Konkave Kurvesporskifter	400	77	400	134	400	157	400	192
	600	83	600	151	600	181	600	229
	800	86	800	162	800	196	800	253
	1000	88	1000	169	1000	206	1000	270
Simple Sporskifter	∞	96	∞	203	∞	259	∞	370
Konvekse Kurvesporskifter	1000	106	1000	255	1000	349	1000	586
	800	109	800	272	800	384	800	688
							740	740
	600	114	600	307	600	456		
					518	518		
			406	406				
	400	126						
	200	185						
	192	192						

er beregnet for forskellige Sporskifter, idet de danske Statsbaners Normaler for 32 kg Spor er benyttede. Af de anførte Krydsningsforhold vil det i Hovedspor navnlig være 1 : 10 og 1 : 12 samt 1 : 9 i simple Sporskifter og konvekse Kurvesporskifter, der kommer til Anvendelse.

Ved Sporskifter i Sidespor er man ikke saaledes bundet til at skulle vælge den ene Radius stor. Da man endvidere kan nøjes med gennemgaaende mindre Radier, vil det navnlig være de store Krydsningsvinkler, som kommer til Anvendelse, da man herved opnaar kortere Sporskifter. Af de i Tabellen anførte Krydsningsforhold vil saaledes 1 : 9 samt 1 : 6,5 i konvekse Kurvesporskifter være passende for Sidespor. Iøvrigt er der ingen principiel Forskel paa Skifter i Hoved- og Sidespor, og man kan ved de sidste anvende den samme Beregningsmaade som ved de første.

Ofte gaar man dog frem paa en lidt anden Maade. Idet man er frit stillet i Valget af sine Radier, er der ikke nogen Grund til at lægge de retlinede Stykker u og v i det ene Spor fremfor i det andet. Man indskyder derfor ofte et saadant retlinet Stykke i begge Spor og gør disse retlinede Stykker lige store, hvorved tillige opnaas nogen Simplifikation af Beregningen, saaledes som det nedenfor skal vises.

Idet man ligesom tidligere ser bort fra Længdeforskellen d mellem de to Mellemstrenge, faar man ved Betragtning af Fig. 153 ved Projektion paa en Linie vinkelret paa Stamsporets Retning

$$t_1 \omega + (t_2 + g)(\alpha - \varphi - \omega) + (T_2 + g)\varphi = s - e. \tag{39}$$

Kaldes Længden af Mellemstrengen l haves

$$l = t_1 + t_2 = T_1 + T_2. \tag{40}$$

Idet de retlinede Stykker som nævnt tages lige store, har man

$$t_1 - t_2 = T_1 - T_2. \tag{41}$$

Af (40) og (41) faas $t_1 = T_1$ og $t_2 = T_2$. Ved Hjælp heraf kan (38) skrives

$$t_1\omega + t_2\alpha = s - e - g\alpha.$$

Heraf og af (40) finder man nu

$$T_1 = t_1 = \frac{l\alpha - (s - e - g\alpha)}{\alpha - \omega} \tag{42}$$

$$T_2 = t_2 = \frac{(s - e - g\alpha) - l\omega}{\alpha - \omega} \tag{43}$$

Endelig haves for $t_1 < t_2$

$$2T_1 = R\varphi = 2t_1 = r(\alpha - \varphi - \omega) \tag{44}$$

og for $t_1 > t_2$

$$2T_2 = R\varphi = 2t_2 = r(\alpha - \varphi - \omega). \tag{44a}$$

Som sædvanlig faas størst mulig Radius for Tangering ved Tungerod og Vingeskinnestød, altsaa ved den Længde, der er bestemt ved $t_1 = t_2$; man faar da

$$l_i = 2\,\frac{s - e - g\alpha}{\alpha + \omega} \tag{45}$$

og

$$r_i = \frac{l_i}{\alpha - \varphi - \omega}, \tag{46}$$

hvilke Udtryk er de samme som for simple Sporskifter. Ogsaa her er l_i uafhængig af φ.

Udtrykkene for t_1 og t_2 kan da skrives

$$t_1 = T_1 = \frac{l}{2} + \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega}\frac{l - l_i}{2} \tag{47}$$

$$t_2 = T_2 = \frac{l}{2} - \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega}\frac{l - l_i}{2}. \tag{48}$$

hvor l er lig Summen af et helt Antal Skinnelængder. Dette er de samme Udtryk, som fandtes for simple Sporskifter. t_1 og t_2 er her ganske uafhængige af φ.

For $l < l_i$ haves $t_1 < t_2$ og

$$\varphi = \frac{2t_1}{R} \tag{49}$$

$$r = \frac{2t_1}{\alpha - \varphi - \omega} \tag{50}$$

$$u = t_2 - t_1 = \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega}(l_i - l). \tag{51}$$

For $l > l_i$ haves $t_1 > t_2$ og

$$\varphi = \frac{2t_2}{R} \tag{49a}$$

$$r = \frac{2t_2}{\alpha - \varphi - \omega} \tag{50a}$$

$$v = t_1 - t_2 = \frac{\alpha + \omega}{\alpha - \omega}(l - l_i). \tag{51a}$$

Endvidere findes

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{R} = \frac{\alpha - \varphi - \omega}{2t_1} + \frac{\varphi}{2t_1} = \frac{\alpha - \omega}{2t_1}.$$

Denne Størrelse er altsaa konstant, og man har baade for ideelle, forlængede og forkortede Sporskifter

$$\frac{1}{r} + \frac{1}{R} = \frac{1}{r_0} \tag{52}$$

hvor r_0 er Radius i det simple Sporskifte med samme Krydsning.

For Differensen d mellem Længden af de to Mellemstrenge findes paa lignende Maade som tidligere

$$d = d_0 - d_1 \cdot \varphi, \tag{53}$$

hvor

$$d_0 = t_1 \frac{\omega^2}{2} + (t_2 + g)\frac{\alpha^2}{2} \tag{54}$$

og

$$d_1 = \alpha(t_2 + g). \tag{55}$$

d_0 har samme Størrelse som ved simple Sporskifter.

For Sporskifteelementet findes nu

$$a_1 = p + t_1 \tag{56}$$

$$b_1 = o + g + t_2 = L - a_1 \tag{57}$$

$$a_2 = a_1 - q \tag{58}$$

$$b_2 = b_1 + q, \tag{59}$$

hvor $$q = \frac{e + t_1\omega}{\alpha - \varphi}. \qquad (60)$$

Ofte har man Brug for et Sporskifte med lige store Radier. Af (52) faas da

$$r = 2r_0 = \frac{2t_1}{\varphi}\left(\text{eller} = \frac{2t_2}{\varphi}\right). \qquad (61)$$

Idet $\alpha - \varphi - \omega = \varphi$ faas

$$\varphi = \frac{\alpha - \omega}{2} \qquad (62)$$

(42), (43) (56) og (57) bliver uforandrede, medens man i (58) og (59) har

$$q = 2\frac{e + t_1\omega}{\alpha + \omega}. \qquad (63)$$

Eksempel.

Der ønskes beregnet et Sporskifte med Krydsning 1 : 6,5 og lige store Radier. Der gaas ud fra det samme Sporskifte som tidligere. For Krydsningen haves (De danske Statsbaners Normaler for 32 kg Spor)

$$g = 1379 \text{ mm}, \qquad o = 780 \text{ mm}, \qquad \alpha = 0{,}1538.$$

Man har nu

$$l_i = 2\,\frac{1{,}435 - 0{,}114 - 1.379 \cdot 0{,}1538}{0{,}0227 + 0{,}1538} = 12{,}57 \text{ m}.$$

Mellemstrengen sammensættes af to 6,40 m Skinner, altsaa

$$l = 12{,}80 \text{ m}, \qquad l - l_i = 0{,}23 \text{ m}.$$

Der faas da

$$t_1 = \frac{12{,}80}{2} + \frac{0{,}23}{2} \cdot \frac{0{,}1538 + 0{,}0227}{0{,}1538 - 0{,}0227} = 6{,}40 + 0{,}15 = 6{,}55 \text{ m}$$

$$t_1 = 6{,}40 - 0{,}15 = 6{,}25 \text{ m}$$

$$v = t_1 - t_2 = 0{,}30 \text{ m}$$

$$\varphi = \frac{0{,}1538 - 0{,}0227}{2} = 0{,}0656$$

$$r = \frac{2 \cdot 6{,}25}{0{,}0656} = 191 \text{ m}$$

$$a_1 = 6{,}095 + 6{,}55 = 12{,}65 \text{ m}$$

$$b_1 = 0{,}78 + 1{,}379 + 6{,}25 = 8.41 \text{ m}$$

$$q = 2\,\frac{0{,}114 + 6{,}55 \cdot 0{,}0227}{0{,}1538 + 0{,}0227} = 2{,}98 \text{ m}$$

$$a_2 = 12{,}65 - 2{,}98 = 9{,}67 \text{ m}$$

$$b_2 = 8{,}41 + 2{,}98 = 11{,}30 \text{ m}.$$

Forskellen mellem Mellemstrengene er uden Betydning.

Som tidligere nævnt bevirker Forskellen i Mellemstrengenes Længde, at man ofte maa anvende en Kurveskinne i den korteste Streng. Dette kan man undgaa ved at gøre den ene Vingeskinne i Krydsningen lidt længere end den anden. I

det under Sporskifter i krumt Hovedspor anførte Eksempel beregnedes Længdeforskellen til ca. 10 cm. og større vil den i Praksis næppe blive. Man kunde da passende gøre den ene Vingeskinne 5 cm længere end den anden og udligne Resten af Længdeforskellen, som kan variere mellem ca. + 5 cm og — 5 cm, paa Temperaturspillerummene.

I Beregningen medfører det, at Krydsningen har ulige lange Vingeskinner, ingen væsentlige Ændringer. Man kan nøjagtig nok lade g svare til den længste Vingeskinne; man maa saa blot huske at forøge det ved Formlen fundne l′ med Forskellen mellem Vingeskinnerne. Fremgangsmaaden er dog uheldig, da den kræver særlige Højre- og Venstrekrydsninger.

Bedre er det at gøre den ene Tunge lidt længere end den anden; dette kan saa meget desto bedre lade sig gøre som de nu almindeligt anvendte krumme Tunger alligevel kræver særlige Højre- og Venstresporskifter.

Hvad sluttelig Sporskiftets Udstikning paa Stationspladsen angaar, har man i Elementet, Vinkler, Tangentlængder og Radier de hertil fornødne Størrelser. Ofte har man ogsaa Brug for Afstanden fra Tangenternes Skæringspunkt til Kurven. Denne Afstand er med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$h = \frac{t^2}{2r}. \qquad (64)$$

B. Drejeskiver.

§ 13.

1. Indledning.

En Drejeskive bærer et Sporstykke, der er drejeligt omkring Midtpunktet af sin Længdeakse, saa en Vogn, der staar paa det, kan drejes en vilkaarlig Vinkel om sin lodrette Tyngdepunktsakse. En Drejeskive benyttes derfor enten til Overføring af enkelte Vogne (eller Lokomotiver) fra et Spor til et andet, hvor de to Spor skærer hinanden i Drejeskivens Centrum, eller den benyttes til Drejning gennem 180° (Vending) ligeledes af enkelte Vogne eller Lokomotiver, hvilket navnlig har Betydning for disse sidste.

I Sammenligning med Sporskifter har Drejeskiver den Fordel, at de kræver mindre Plads, men den Mangel, at de kun kan overføre en enkelt Vogn ad Gangen. Drejeskiver kræver den mindste Plads af de Midler, der haves til Forbindelse mellem parallele Spor, og Vognenes Vej bliver saa kort som mulig. Ved Anvendelse af Drejeskiver er det muligt at udnytte Arealer, som man ikke kan udnytte ved udelukkende Brug af Sporskifter, og ved Varehuse, Lokomotiv- og Vognremiser og Værksteder er Drejeskiver uundværlige, idet Sporene her skærer hinanden under meget forskellige Vinkler, og hurtig Overføring af de enkelte Vogne fra et Spor til et andet er nødvendig.

Drejeskiver maa ikke anvendes i Hovedspor, de er kun tilladte i disses stumpe Ender, idet de har den Mangel, at de kræver en Afbrydelse af Sporet.

Drejeskiver har den Mangel, at de er dyre i Anskaffelse og Vedligeholdelse, de er vanskelige at holde rene og at holde i Drift i Frost og Sne.

Man har Drejeskiver for *enkelte Aksler*, for *Vogne* og for *Lokomotiver*.

Drejeskiver for enkelte Aksler bruges kun i Værksteder.

Vogndrejeskiver bruges især til Rangering for at føre enkelte Vogne fra et Spor til et andet. De ligger derfor som Regel, især paa Godsstationer, i Spor ved Remiser, Ramper m. m. og i Læssespor.

Vogndrejeskiver har som Regel en Gruben fuldt overdækkende Skive med 2 Spor, der skærer hinanden under 90° (Korsdrejeskive) eller med 3 Spor, der skærer hinanden under 60° (Stjærnedrejeskive); Drejningsvinklen er henholdsvis 90° og 60°.

Vogndrejeskiver indlægges ofte i Spor, der fører til Enderamper, da det i mange Tilfælde er nødvendigt at foretage Aflæsningen (eller Læsningen) over en bestemt Ende af Vognen.

Lokomotivdrejeskiver benyttes især til at dreje Lokomotiver med særlig Tender; derimod behøver Tenderlokomotiver ikke at drejes, da disse Maskiner kører lige godt forlænds og baglænds. Lokomotivdrejeskiver hører derfor til ved Lokomotivremiser og paa Endestationer.

Lokomotivdrejeskiver bygges her i Landet kun med eet Spor, og Gruben overdækkes kun imellem de to Hoveddragere, der bærer dette; udvendigt langs Hoveddragerne lægges ofte Løbebroer for Personalet.

2. Drejeskivers Størrelse.

Drejeskivens Størrelse angives som Regel som Skivens Diameter, men undertiden bruges ogsaa en Angivelse ved Grubens Diameter eller ved Længden af Køreskinnerne paa Drejeskiven, maalt langs Kørekanten.

Den nyttige Længde af en Drejeskive skal være 80—100 cm større end Afstanden mellem de yderste Aksler paa de Lokomotiver eller Vogne, der skal bruge Drejeskiven, da det ikke er muligt at standse ganske nøjagtigt.

De fleste Godsvogne i Danmark, Norge, Sverige og Tyskland har en Akselafstand paa højst 4,5 m, saa de kræver en Drejeskive med en Diameter paa 5,5 m, mens længere to- og treakslede Godsvogne kræver Drejeskiver paa 7,5 til 9 m, mens man til Boggievogne maa anvende endnu større Drejeskiver.

Undtagelsesvis kan man dreje Boggievogne paa smaa Drejeskiver ved at dreje hver Boggie for sig, hvilket ganske vist kræver, at enkelte Dele som Kæder og Bremsestænger først løses.

Til Drejning af to- og treakslede Personvogne kræves 7,5—9 m Drejeskiver, til fire- og seksakslede 16—20 m Drejeskiver.

Lokomotivdrejeskivers Størrelse skal ikke alene bestemmes under Hensyn til største Akselafstand, men ogsaa saaledes at Lokomotivernes Tyngdepunkt kommer til at ligge over Omdrejningspunktet. Tyngdepunktet ligger ikke altid midt imellem de yderste Aksler, og dets Beliggenhed varierer med den Mængde Kul og Vand, Lokomotivet medfører, saa det er nødvendigt, at der er nogenlunde rigelig Plads.

Tenderlokomotiver kan nøjes med Drejeskiver med Diameter paa indtil 10 m.

Lokomotivdrejeskiver bygges nu her i Danmark med indtil 20 m Diameter.

En Drejeskive skal ligge saa langt fra Profilerne af Nabosporene og fra alle faste Genstande som Bygninger o. lign., at Drejningen kan foregaa uhindret; det nødvendige frie Rum begrænses derfor af en Cirkel med Radius lig Drejeskivens Radius + ca. 3,4 m, idet Lokomotivers og Vognes Overhæng kan sættes til omtrent 3,4 m.

3. Drejeskivers Konstruktion.

Det drejelige Sporstykke bæres af to Jerndragere, der er afstivede imod hinanden og kan drejes omkring en Midtetap, Kongestolen, der staar i en Grube. Grubens Diameter svarer til Drejeskivens, dens Dybde afhænger af Dragernes Konstruktionshøjde, der som Regel kan sættes til $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ af Drejeskivens Diameter. Grubens Bund lægges med Fald imod et Nedløb.

Drejeskiver bygges som Regel helt forsænkede; dog findes der ogsaa halvtforsænkede Konstruktioner, hvor Skinnerne bæres af Tværdragere, der hviler paa Foden af Hoveddragerne. Disse udføres enten som Pladejernsdragere eller som Gitterdragere; de kan konstrueres paa forskellig Maade. Man kan enten kun understøtte Dragerne ved deres frie Ender ved Hjul, Ruller eller Kugler mellem Dragerfod og Rullekrans (kun ved smaa Drejeskiver), eller Drejeskiverne bygges saaledes, at Vægten af den sværeste Vogn, der skal drejes, enten kun bæres af Kongestolen, eller dog for Størstedelens Vedkommende ($^2/_3$) af denne, og for den mindre Dels Vedkommende ($^1/_3$) af Understøtningerne ved Omkredsen. Den første af disse to Metoder anvendes næsten udelukkende ved Drejeskiver til svære Lokomotiver; Hjulene ved Omkredsen tjener kun til Styring og til Sikring af Drejeskivens vandrette Stilling for det Tilfælde, at Lokomotivet med sit Tyngdepunkt ikke staar nøjagtigt over Midtetappen. Ved Beregningen af Hoveddragerne maa man saa undersøge, hvor stor Dragerendernes Nedbøjning bliver og afpasse den saaledes, at den svarer til den Understøtningsmaade, man har valgt.

Dragerhøjden er konstant paa $^1/_5$—$^1/_3$ af Dragerlængden; den tilladelige Paavirkning for Hoveddragerne kan sættes til 700—900 kg/cm^2.

Ved alle større Drejeskiver bestaar Understøtningerne ved Enderne af Aksler rettede mod Centrum, med større Hjul (ved Vogndrejeskiver med Diameter 0,4—0,8 m, 0,07—0,1 m brede, ved Lokomotivdrejeskiver med Diameter 0,6—1,0 m, 0,12—0,13 m brede) og Midtetappen er saa højt indstillet, at Løbehjulene i belastet Tilstand lige netop bærer, men i ubelastet Tilstand svæver over Løbekransen — ved Lokomotivdrejeskiver omtrent 5—7 mm, for at Drejeskiven kan bevæge sig let, uden at Stødene ved Ind- og Udkørsel bliver for stærke.

Ved Vogndrejeskiver anvendes indtil 12 Hjul ved Omkredsen, idet Vogndrejeskiver under Drejningen hviler paa disse.

Løbekransen bestaar af Jernbaneskinner, der helst bør lægges paa Underlagsplader, som ved Stenskruer gøres fast til Underlaget. I ingen Stilling af Drejeskiven maa to Hjul samtidig staa paa Skinnestød i Løbekransen, og heller ikke maa i Drejeskivens Hovedstillinger et Løbehjul staa over et Skinnestød.

Imellem Skinnerne og ofte ogsaa udenfor Sporet paa særlige Konsoller lægges et Dæk af Træ eller Jern. Et Trædæk maa foretrækkes, da det hindrer, at Drejeskiven bøjer sig ved stærk Solbestraaling og saa vanskeligt kan drejes.

Smaa Drejeskiver sættes fast ved Klinker, der griber ned i Faller i Grubens Indfatning; ved større Drejeskiver bruges Rigler ved begge Ender af Sporet, der kan bevæges samtidig fra eet Sted og gaar ind i Rigelkasser i Indfatningen. Ofte er denne Rigelindretning saaledes forbundet med et Signal, at Kørslen først gives fri, efter at Drejeskiven er stillet fast og en eventuel Aflastningsindretning er gjort virksom.

De skadelige Virkninger af Stødene ved Ind- og Udkørsel søger man ved stærkt benyttede Drejeskiver at undgaa ved Aflastnings (Fastgørelses) Indret-

ninger som urunde Skiver (ved Vogndrejeskiver), ved Kiler, der trykkes ind ved Vægtstænger, eller ved lodrette Skruer. I enkelte Tilfælde har man ogsaa indrettet sig saaledes, at Midtetappen før hver Drejning løftes saa meget, at Drejeskiven, der ellers hviler fuldt paa Løbekransen, først derved faar den nødvendige Bevægelighed.

Mindre Drejeskiver, f. Eks. Vogndrejeskiver, drejes som Regel uden særlige Indretninger, ved at man trykker imod Vognene eller imod ofte 2,5 m lange Bomme, der stikkes ind i Bomholdere i Drejeskivens Periferi. Bommen gaar ud over Enden af Drejeskiven og naar 1,3 m op over Skinnetop. En Mand kan trykke med en Kraft paa 25—30 kg imod Bommen.

Større Lokomotivdrejeskiver drejes ofte ved en Haandsvingsaksel, eller naar Omstændighederne tillader det, f. Eks. naar Drejeskiven benyttes meget, ved hydraulisk Kraft, ved Trykluft eller især ved Elektricitet. Drejeskiven drejes som Regel med en Hastighed ved Omkredsen paa $0{,}07 \cdot r$ m pr. Sek., ofte sættes største Hastighed ved Omkredsen til 0,5 m pr. Sek.

Modstanden mod Drejeskivens Drejning afhænger af dens Konstruktion. Understøttes den baade ved Enderne og ved Midtetappen, hidrører Modstanden mod Bevægelsen dels fra Modstanden ved Midtetappen og dels fra Modstanden ved Løbehjulene (Tapfriktion og rullende Modstand). Da den Kraft, der drejer, virker ved Drejeskivens Omkreds, er Modstanden fra Løbehjulene af langt større Betydning end Modstanden ved Midtetappen. At sætte Drejeskiven i Gang kræver selvfølgelig større Kraft end at holde den i Bevægelse. Igangsætningsmodstanden er for de største Lokomotiver 120—140 kg, for lettere Lokomotiver 80—100 kg.

Udenom Drejeskiven lægges en Vej i Højde med Skinnetop for det Mandskab, der skal dreje Drejeskiven.

4. Indfatning og Fundering.

Løbekrans og Midtetap (Kongestol) maa hvile nøjagtigt og sikkert; de maa derfor understøbes omhyggeligt med Cement, og Fundamenterne føres ned til fast Bund.

Grubens Indfatning kan undertiden indskrænkes til en kort Mur langs de Dele, hvor Sporene er ført ind til Gruben, idet saa den øvrige Del af Indfatningen dannes af en Jordskraaning.

Ligeoverfor Spor, der ikke fortsættes paa den anden Side af Drejeskiven, lægges et kort Sporstykke.

Er Byggegrunden daarlig, eller bestaar den af Opfyldning, kan Trykket fra Løbekransen paa Grunden fordeles over et tilstrækkeligt stort Areal uden Anvendelse af dyb Fundering, ved at der under den lægges en tilstrækkelig bred Beton- eller Jernbetonplade. Mindre Vogndrejeskiver — indtil 6 m i Diameter — kan lægges i samme Tilfælde paa Smedejerns Fundamentplade paa et Lag Ballast.

Grubens Bund befæstes med Beton eller Brolægning, og Befæstelsen lægges af Hensyn til Afvandingen med Fald mod et Dybdepunkt.

Grubens Indfatning blev ogsaa ved større Vogn- og Lokomotivdrejeskiver tidligere som Regel udført af Murværk eller Beton. For bedre at bevare Grubens Form udfører man den nu ofte som en Støbejerns eller Svejsejerns Kappe, der er fastgjort paa det Fundament, der bærer Løbeskinnerne. For at bevare den cirkulære Form anbringer man undertiden Sporstænger imellem Kappen og Kongestolen.

5. Lokomotivdrejeskiver.

a. De danske Statsbaners almindelige Lokomotivdrejeskiver.

Som Eksempel paa en stor Lokomotivdrejeskive af den almindelige Type skal gives en Beskrivelse af de danske Statsbaners 20 m (Plan 3—5) og 17 m (Plan 6—7) Drejeskiver.

Dragerne i den 20 m Drejeskive er polygonale Pladejernsdragere (Plan 4) med lige Overdel; Dragerafstanden er 1,503 m, Dragerhøjden paa Midten ca. 1,4 m, ved Enderne 0,5 m. Ved lodrette Kropafstivninger med omtrent 0,9 m Afstand paa den midterste Del af Dragerne og omtrent 1,25 m Afstand paa de yderste Dele af Dragerne deles disse i et ulige Antal Fag, saaledes at der bliver et Midtefag, hvori Omdrejningstappen (Kongestolen) kan faa Plads. Mellem Kropafstivningerne er anbragt en Tværafstivning af Vinkeljern. Paa Ydersiderne af Dragerne sidder Konsoller, der bærer Løbebroer med Rækværker, saa en Mand kan gaa over Drejeskiven, naar Lokomotivet staar paa den. Skinnerne fæstes med Skruebolte og Klemplader til Dragerhovedet, idet Afstanden mellem Nitterækkerne er saa stor, at Skinnefoden kan faa Plads imellem dem. Mellem Skinnerne ligger Rilleplader (Plan 5).

Drejeskiven understøttes sædvanlig saaledes, at største Delen af Vægten bæres af Tappen, medens der ved begge Ender er anbragt Støttehjul. Drejeskivens Grube indesluttes af en Støbejerns Ring, der staar paa det samme cirkulære Betonfundament, som bærer den cirkulære Løbeskinne for Støttehjulene. Kongestolen staar paa sit særlige Betonfundament i Grubens Centrum. Grubens Bund ligger med Fald til en ringformet Rendesten med Nedløbsbrønd, hvorfra Regnvandet bortføres gennem en Rørledning. (Plan 3).

Plan 6—7 er vist Enkeltheder af de danske Statsbaners 17 m Lokomotivdrejeskive, der i Hovedsagen ganske ligner den 20 m Drejeskive. Plan 7 er saaledes vist den Konstruktion af Kongestolen, der anvendes paa Drejeskiver af den Type, der her omtales.

Tappen udføres som en hul Støbejerns Cylinder med nedadvendende Flange til dens Befæstelse ved Fundamentbolte, som faststøbes i Betonfundamentet; foroven bærer den en Pande for en lille Tap af Staal, hvortil Belastningen overføres gennem en Støbejerns Tværforbindelse, der boltes til Drejeskivens Dragere og omslutter Tappen som et Nav. Navet er ophængt ved 2 svære Bolte i en tyk Flusstaals Plade, i hvis Underflade er indsat den ovenfor omtalte Tap, som er afdrejet efter en Kugleflade, for at en lille Vipning af Drejeskiven ikke skal gøre Fortræd. Ved at spænde Ophængningsboltenes Møttrikker kan man afpasse Forholdet mellem Tappens og Støttehjulenes Belastning, saaledes at disse bærer en ganske ringe Del af

Vægten, naar Lokomotivet staar paa Drejeskiven, og Dragerne derfor bøjes, men slet intet, naar Skiven er tom. I Rillepladen, som dækker over Drejeskivens Midtefag, er udhugget et cirkulært Hul, der passer til Ophængningspladen; det dækkes med en presset Pladejerns Hætte, som kan fjærnes, naar man vil spænde Møttrikkerne.

Løbehjulene (Plan 4—6) udføres af Støbejern med plan Køreflade uden Styrekrans. Diameteren er 92 cm, Bredden af Køreladen 13 cm. I hver Ende af Drejeskiven anbringes to Løbehjul, et ved udvendig Side af hver Drager. Løbehjulsakslens Lejer bæres af Konsoller anbragt paa udvendig Side af Dragerne i Forlængelse af de to sidste Tværdragere nærmest Drejeskivens Ender. Løbehjulsakslen staar radialt til Ringskinnen i Hjulets Hvilepunkt. Af Hensyn til denne Anbringelse af disse Lejer maa de paagældende Tværafstivninger udføres særlig stærke, og de sædvanlige Vinkeljernskryds erstattes derfor her med en Pladejerns Drager.

Ringskinnen udføres af bøjede Vignolesskinner. Befæstelsen til Ringmurens Banket sker ved Stenskruer og Klemplader, som vist Plan 3, 4, 6.

For at Sporet paa Drejeskiven kan komme til at staa nøjagtigt ud for det tilsluttende Spor, aflaases Drejeskiven som vist Plan 5. Ved en Omlægning af en Haandstang føres samtidig i begge Ender af Drejeskiven en Kile ind i en Udskæring i det Vinkeljern, der er fastboltet ovenpaa Grubens Indfatning, og Forbindelsen løses ligeledes samtidig i begge Ender af Drejeskiven.

Drejeskiven drejes ved Haandkraft ved Tryk paa en Drejebom, der stikkes ind i en paa Drejeskiven anbragt Opstander (Plan 5) eller maaske ved, at der trykkes mod Lokomotivets Puffer. Naar Aflaasningsriglens Sider afskraas lidt, stilles der ikke saa store Fordringer til den Nøjagtighed, hvormed Skiven skal standses i en bestemt Stilling, fordi Riglen selv vil regulere Stillingen nøjagtigt, idet den skydes helt frem.

Lokomotivdrejeskiver bevæges nu som ovenfor nævnt ofte ved Elektricitet; men desuden bevæges den 20 m Drejeskive ogsaa ved de ovenfor omtalte Drejebomme, mens den 17 m Drejeskive som Regel ikke har Drejebom, men er indrettet til at bevæge ved et Drejespil.

b. Leddede Drejeskiver. [1])

Leddede Drejeskiver adskiller sig hovedsagelig fra den hidtil almindelig brugte Type derved, at Drejeskivens Hoveddragere ikke er gennemgaaende men overskaarne i Midten (over Kongestolen) og der forbundne med et Charnier.

De hidtil omtalte ældre Drejeskivers høje Hoveddragere fremkommer derved, at man tilstræber at gøre Hoveddragerne saa kraftige, at Nedbøjningen ved største Belastning bliver ubetydelig. Hoveddragerne beregnes, som om de kun er understøttede paa Midten, skønt man som Regel ogsaa lader Løbehjulene optage en Del af Belastningen. Skønt denne Understøtning i et enkelt Punkt giver den mindst mulige Bevægelsesmodstand under Drejeskivens

[1]) Ingeniøren 1920 S 209—211.

Drejning, kan denne Modstand dog navnlig ved store Drejeskiver blive ikke helt lille. Den søges da modvirket af Betjeningen, ved at Drejeskiven stadig skrues højere op paa Kongestolens Tap, men herved fremkommer der en Højdeforskel mellem Sporet paa Drejeskiven og de tilstødende Spor, saa Drejeskiven lider betydelig Overlast, hver Gang et Lokomotiv kører ind paa den. De Slag, Drejeskiven herved faar i sin Længderetning, frembringer ikke helt ubetydelige Bøjningspaavirkninger i Kongestolen, hvorved der ikke sjælden sker Brud i denne. Man har derfor ofte givet Afkald paa en Formindskelse af Bevægelsesmodstanden og straks indstillet Drejeskiven saa lavt, at alle Løbehjul, ogsaa i ubelastet Tilstand, hviler paa Løbekransen, saaledes at Drejeskiven understøttes i 5 Punkter i Stedet for kun i eet.

Den største Ulempe ved den hidtil anvendte Type af Lokomotivdrejeskiver er dog Tilvejebringelsen af den dybe Grube, 2 à 2,5 m, som de høje Dragere kræver, en Ulempe, der især bliver følelig, hvor Grundvandet staar højt.

Ved at indskyde et Charnier i Hoveddragerne over Kongestolen, saa hver Dragerhalvdel kan regnes simpelt understøttet ved Kongestol og Løbehjul, kan Dragerhøjden imidlertid formindskes meget væsentligt, saaledes at den største Ulempe — den meget dybe Grube — kan undgaas samtidig med, at Drejeskivens Vægt formindskes. Kongestolen skal da ikke mere beregnes for Vægten af hele Drejeskiven plus Lokomotivet, men kun for Halvdelen af denne Vægt, medens den anden Halvdel optages af de 4 Løbehjul.

Charnieret udføres enten som Boltecharnier eller som Pladecharnier; de af de danske Statsbaner benyttede leddede Drejeskiver har Boltecharnier.

Ved de leddede Drejeskiver er de tidligere anvendte nittede Pladejernsdragere erstattede med valsede Bjælker. Fundamentpladen er af Støbejern og optager i sin Overdel det bærende Kugleleje. Selve Bærehovedet er af Støbestaal og udformet som en Ring med I-formet Tværsnit, der med sin Underdel glider paa Kuglelejet. Paa den ud- og indvendige Side af selve Bærehovedet er anbragt Filt- og Pladeringe for at hindre Støv og Fugtighed i at trænge ind i Kuglelejet. Selve Staalakslen er lejret i det ringformede Bærehoved, og paa de udragende Ender af denne Staalaksel er Drejeskivens 4 Hoveddragere ophængt ved kraftige Støbestaals »Øjelejer«. Det er herved opnaaet, at Reaktionen fra Drejeskiven overføres lodret paa Kuglelejet. Dette har man ikke kunnet opnaa ved den ældre Form for Drejeskiver, hvorfor Forsøg med Indbygning af Kuglelejer i disse ikke har givet et tilfredsstillende Resultat.

Det indre Rum i Fundamentplade og Kugleleje udnyttes til Anbringelse af Strømtilførselsapparaterne for det elektriske Maskineri til Drejeskivens Bevægelse.

Foruden Lejet ved Kongestolen er ogsaa Løbehjulenes Lejer forsynede med Kuglelejer. Dette bliver muligt, fordi Løbehjulene, ogsaa naar Drejeskiven er ubelastet, hviler paa Løbekransen, saaledes at der ikke fremkommer Slag paa Løbehjulene, naar Lokomotivet kører ind paa Drejeskiven. Kuglelejerne ligger over Kørebanen og er altsaa let tilgængelige.

De Stød, der fremkommer i Drejeskivens Længderetning, naar Lokomo-

tivet kører ind paa Drejeskiven, optages af Hoveddragernes nedre Flange og overføres ved en kraftig, delt Føringsring til Kongestolens Sokkel og Fundament, uden at der fremkommer betydende Bøjningsspændinger. Denne Føringsring er ved Skruer forbundet med Dragernes nedre Flange paa begge Sider.

Ved de leddede Drejeskiver undgaas enhver Højdeindstilling af Drejeskiven, og Grubens Dybde bliver som omtalt væsentlig formindsket; en 20 m Drejeskive kræver en Dybde paa ca. 0,8 m paa det dybeste Sted og kun ca. 0,4 m ved Randen.

Tilvejebringelsen af Gruben samt Funderingen for Kransskinner og Kongestol bliver ret simpel ved leddede Drejeskiver. Vil man udnytte disses Upaavirkelighed overfor Forandringer i Understøtningspunkternes Højde, kan man helt undlade at fundere for Kransskinnen og nøjes med en, med et Sprængværk forstærket Jernsvelle som Underlag for Kransskinne og Tilslutningsspor.

Hvor særlige Forhold kræver den stærkest mulige Indskrænkning af Grubens Dybde, kan dette opnaas ved at udføre Drejeskivens Dragere som Tvillingdragere med forsænkede Køreskinner. Ved denne Ordning kommer Grubens Rand til at ligge kun ca. 0,25 m og dens Midte ca. 0,35—0,40 m under det tilstødende Terrain.

c. *Ryomgaard—Gjerrild Banens 6,5 m Drejeskive.*

Paa Ryomgaard—Gjerrild Banen (og en Del andre normalsporede danske Privatbaner) er anvendt den Plan 8—9 viste 6,5 m Drejeskive.

Dragerne er polygonale Pladejernsdragere med lige Overdel; Drageraftstanden er 1476 + 5 = 1481 mm, Dragerhøjden paa Midten 650 mm, ved Enderne 420 mm. De to Dragere er forbundne ved lodrette Kropafstivninger, der ved Enderne er udført som nittede Pladejernsdragere og ellers af Vinkeljernskryds.

Skinnerne fastgøres til Tværbjælker af U-Jern Nr. 16, der lægges med Hulheden nedad, og gøres saa lange, at de kan bære to Løbebroer med Rækværker, saa en Mand kan passere over Drejeskiven, mens Lokomotivet staar paa den. Mellemrummet mellem Skinnerne dækkes med Rilleplader.

Drejeskiven anbringes i en Grube, der indesluttes af en Ringmur med indvendig Banket, som bærer Støttehjulenes cirkulære Skinne. Tappen bæres af en Fundamentblok af Beton i Grubens Centrum. Bunden brolægges med Chaussébrosten og lægges med Fald til en ringformet Rendesten, fra hvis Dybdepunkt Vandet ledes gennem et Rør igennem Ringmuren.

Den øverste Del af Ringmuren er kun nødvendig paa de Steder, hvor Sporene føres ud paa Drejeskiven, og hvis denne blot benyttes til Vending af Lokomotiverne paa et Spor, kan man nøjes med to Piller med Fløjmure, medens Gruben iøvrigt begrænses af en Skraaning (Plan 8). Banketten med Skinnen for Støttehjulene maa føres helt rundt om Gruben.

Tappen udføres som en hul Støbejerns Cylinder med nedadvendende Flange til dens Befæstelse med Fundamentbolte, som faststøbes i Betonfundamentet; foroven bærer den en Pande for en lille Tap af Staal, hvortil Belastningen overføres gennem en Støbejerns Tværforbindelse, der boltes til

Drejeskivens Dragere og omslutter Tappen som et Nav. Plan 8 er Tværforbindelsen vist tværs paa Dragernes Længderetning i Tværsnit og fra oven. Navet er, som det ses, ophængt ved 6 svære Bolte i en tyk Støbejerns Plade, i hvis Underflade er indsat en Tap af Staal, som er afdrejet efter en Kugleflade, for at en lille Vipning af Drejeskiven ikke skal gøre Fortræd. Ved Ophængningsboltene kan man afpasse Forholdet mellem Tappens og Støttehjulenes Belastning. I Rillepladen er der over Tappen et cirkulært Hul dækket med en presset Pladejerns Hætte, som kan fjærnes, naar man vil spænde Møttrikkerne.

Støttehjulene (Plan 8) er af Støbejern med Nav, Eger og Hjulring med Køreflade uden Styrekrans. Diametren er 500 mm. I hver Ende af Drejeskiven anbringes to Støttehjul, et paa udvendig Side af hver Drager. Lejerne bæres af dobbelte Konsoller af Staalstøbegods, der med lodrette Flanger boltes fast til Dragerne. Flangerne danner en saadan Vinkel med Hjulaksen, at denne staar radialt til Ringskinnen i Hjulets Hvilepunkt. Da Hjultrykkene ved Konsollerne fjærnes temmelig langt fra Dragernes Plan og altsaa virker stærkt vridende paa dem, maa der imellem Dragerenderne anbringes en særlig stærk Tværafstivning.

Ringskinnen er udført af bøjede Vignolesskinner, der befæstes til Ringmuren med Stenskruer og Klemplader. (Plan 9).

For at fastholde Drejeskiven i den nøjagtige Stilling, er der paa Drejeskive og Mur anbragt to Stykker Vinkeljern i 30 mm indbyrdes Afstand, med de lodrette Flige imod hinanden. En Pal er anbragt drejelig om en Bolt gennem Vinkeljernenes lodrette Flige og kan ved at lægges ned mellem disse Flige sikre Drejeskivens rigtige Stilling. (Plan 9).

Drejeskiven drejes, ved at der trykkes mod Lokomotivets Puffer eller mod en Drejestang, der kan stikkes ind i en Sko, der fastboltes til Drejeskiven. (Plan 9).

6. **Vogndrejeskiver.**

Til Brug for almindelige Godsvogne kan Drejeskivens Diameter passende være 5,2 m, da Skiven saa kan benyttes for Vogne med Akselafstand indtil 4,7 m. En 5,2 m Vogndrejeskive, der kun skal bære et enkelt Spor, kan bygges i fuldstændig Lighed med Lokomotivdrejeskiver, idet man dog paa udvendig Side af Dragerne anbringer tre Vinkeljerns Konsoller af forskellig Længde, hvis Ender forbindes med en vandret cirkulær Skinne af fladt Jern, saaledes at der baade mellem Skinnerne og paa Konsollerne kan lægges Plankedæk, der afskæres efter en Cirkel og lukker Gruben fuldstændig.

Hvis Drejeskiven derimod skal bære to paa hinanden vinkelrette Spor, kan den udføres med Støbejerns Dragernæt, der samles af to Halvdele efter et Diametralsnit. Under hver Skinne ligger en Drager af usymmetrisk I formet Tværsnit og langs hver Halvdels Diameter en ⌐ formet Drager, hvis lodrette Flige tjener som Flanger til Skivens Samling med Skruebolte. Ved Periferien holdes Dragerne sammen med en Ringskinne, der ligeledes har I formet Tværsnit og ved Centrum forbindes med et Nav, dels ved de to

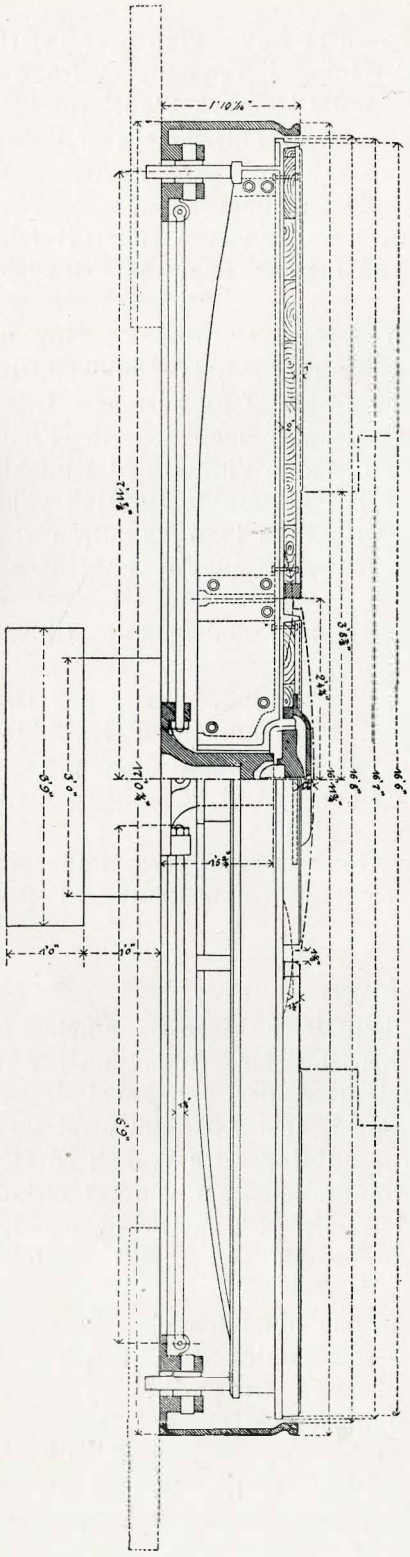


Fig. 154. De danske Statsbaner. 16½ Fod (eng.) Vogndrejeskive.

Samlingsdragere, dels ved korte Diagonaldragere udgaaende fra Skæringspunkterne mellem Skinnedragerne. Ogsaa Navet er tvedelt, saaledes at hver Halvdel støbes i et med sin Del af Dragernættet.

Tappens Konstruktion (Fig. 154) kan være fuldstændig analog med Lokomotivdrejeskivernes, idet Navet ved 4 lodrette Bolte ophænges i en tyk Støbejerns Plade over Tappen, som bæres af en cylindrisk Støbejernsstol, der omsluttes af Drejeskivens Nav. Desuden støttes Skiven langs Periferien af 8 Hjul, hvis Lejer sidder fast paa Indfatningen om Gruben. Denne Indfatning kan udføres af Støbejern med L formet Tværsnit, saaledes at Tværsnittets lodrette Flig danner en ca. 60 cm høj cylindrisk Kappe om Gruben, medens den vandrette Flig bærer Støttehjulenes Lejer. Indfatningen samles af 8 Stk., et for hvert Støttehjul; fra hvert andet af disse Lejer føres Rundjerns Trækstænger ind til Tapstolen, saa at denne kan centreres nøjagtigt. Hvor de faste Skinner støder til Indfatningen, bærer denne paastøbte Knaster til Anlæg for Skinnerne.

Indfatningen hviler paa 16 radialt liggende Træsveller, der understoppes med Ballast, medens Tapstolen hviler paa en Granitsten paa et Betonfundament. Grubens Bund kan dækkes med Grus og afvandes ved et Dræn.

Skinnerne paa Skiven har rektangulært Tværsnit og fastboltes til Skinnedragerne med Bolte, hvis Hoveder forsænkes i Kørefladen. Ind mod Spormidten begrænses Sporrillerne af opstaaende Støbejerns Flige, der er støbte i et med Skinnedragerne og som tilligemed en lignende opstaaende Rand paa Ringskinnen danner Indfatning for et dobbelt Plankedæk, hvormed hele Drejeskiven dækkes.

I den ene Halveringslinie for de rette Vinkler mellem Spormidterne an-

bringes Overfald, hvormed Skiven kan fastholdes i sin Stiling; i den anden fastskrues Kulisser til Styring for en Vægtstang, hvormed Skiven kan drejes. I Dækket mellem det ene Spors Skinner udskæres et Hul med en Lem over som Adgang til Gruben.

7. Særlige Konstruktioner.

Drejeskiver er som tidligere omtalt enten enkeltsporede eller flersporede, hvilke sidste i den simpleste Form bygges enten som Korsdrejeskiver (Fig. 155) med to Spor der skærer hinanden under en Vinkel paa 90°, eller som Stjernedrejemaskiner (Fig. 156) med 3 Spor, der skærer hinanden under Vinkler paa 60°. I Fig. 157 er vist en Drejeskive med to Spor, der skærer hinanden under en spids Vinkel.

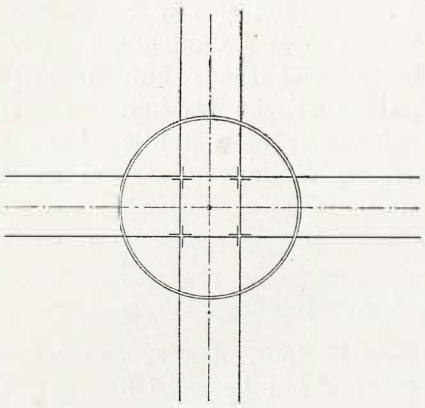


Fig. 155.

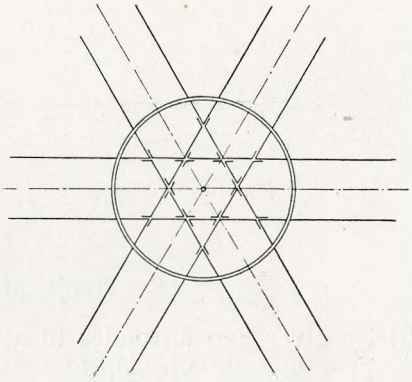


Fig. 156.

En enkeltsporet Drejeskive kan i Modsætning til flersporede Drejeskiver kun staa rigtigt for to lige over for hinanden liggende Tilslutningsspor, saa disse sidste frembyder mindre Fare for Driften, og den Vinkel som den enkeltsporede Drejeskive skal drejes bliver ofte større end den Vinkel, som den flersporede Drejeskive skal drejes, saa Driften af disse sidste bliver hurtigere og simplere. Flersporede Drejeskiver er dyrere at bygge og er udsat for stærke Stød paa Grund af Skinnekrydsningerne, og Bevægelsesmodstanden bliver som Regel større end ved enkeltsporede Drejeskiver.

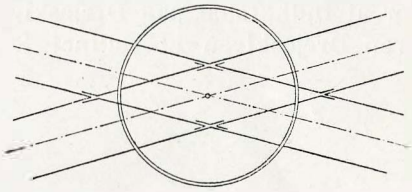


Fig. 157.

I Fig. 158 er vist en Drejeskive med parallele Spor, der kan bruges, naar Til- og Frakørselsspor ligger saa tæt ved hinanden, at man ikke kan anbringe normale Drejeskiver med tilstrækkelig stor Diameter. Segmentdrejeskiven (Fig. 159) har Omdrejningspunktet i Nærheden af Enden af en Spor-

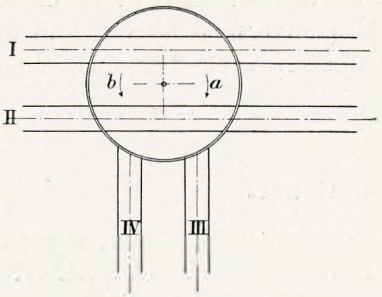


Fig 158.

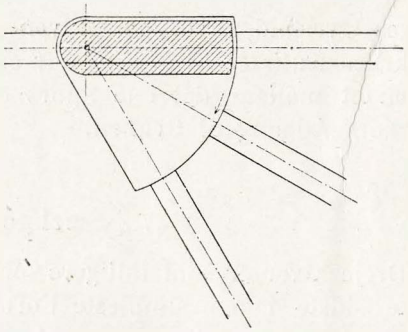


Fig. 159.

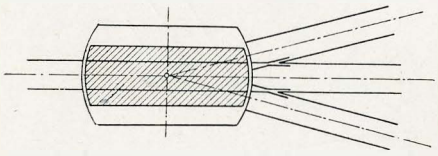


Fig. 160.

akse, Penduldrejeskiven (Fig. 160) har det ganske vist i Centrum, men f. Eks. af Mangel paa Plads kan Gruben ikke gøres cirkulær, saa der kan kun foretages en Drejning gennem en lille Vinkel. Disse tre Drejeskiver anvendes kun undtagelsesvis.

8. **Drejeskivers Anvendelse.**

Drejeskiver kan anvendes til at forbinde to Spor, der skærer hinanden under en vilkaarlig Vinkel, idet Omdrejningsaksen lægges i Sporenes Skæringspunkt (Fig. 161).

To Spor, der ikke skærer hinanden, kan forbindes ved to Drejeskiver, idet der mellem disse lægges et Hjælpespor III (Fig. 162). En lignende Konstruktion, der dog kun benytter een Drejeskive, men saa desuden et Sporskifte, er vist i Fig. 163.



Fig. 161.

Parallele Spor kan forbindes ved en Drejeskive som vist i Fig. 164—165. For at Indkørslen paa Drejeskiven kan foregaa uden Sidestød indskydes der foran Drejeskiven et retlinet Stykke A—B, hvis Længde mindst bør være

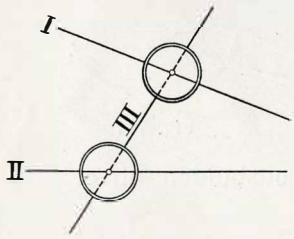


Fig. 162.

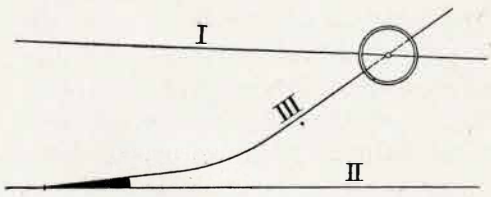


Fig. 163.

3 m og desuden ikke gerne mindre end den største Akselafstand paa de Lokomotiver (Vogne), der skal benytte Drejeskiven. Hvis endvidere Sporene

skærer hinanden i Nærheden af Drejeskivens Omkreds, maa ogsaa Skinnehjærtestykkerne ligge i det retlinede (radiale) Sporstykke.

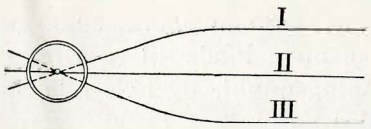


Fig. 164.

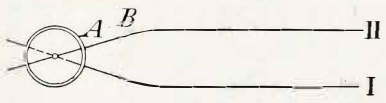


Fig. 165.

Hvor der er rigelig Plads, kan man i Stedet for Drejeskive benytte en af de i Fig. 166—167 viste Sporkonstruktioner; i Frankrig bruges saadanne Anlæg nu en Del.

I Danmark anvendes Drejeskiver i Hovedspor kun i stumpe Ender; man lægger dem heller ikke gerne i Sidespor paa andre Steder og benytter dem foruden til at dreje Lokomotiver og Vogne kun, hvor Sporskifter ikke kan anvendes, eller hvor der ikke er Plads til at anvende saadanne. Anvendelsen af Drejeskiver er da i det Hele taget begrænset.

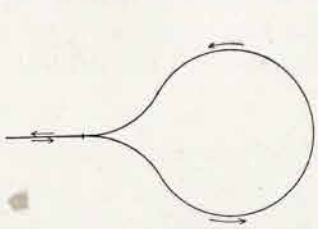


Fig. 166.

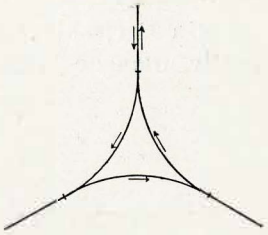


Fig. 167.

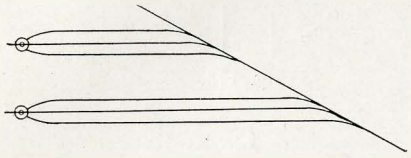


Fig. 168.

I Fig. 168 er vist, hvorledes Drejeskiver kan anvendes ved Læsseveje.

Fig. 169—170 viser, hvorledes Drejeskiver kan bruges som Forbindelse til Læssespor, der staar vinkelret paa Tilkørselssporene.

Navnlig i ældre Tid har man i Frankrig, England, Belgien, Italien m. fl. Lande i stor Udstrækning benyttet Drejeskiver ikke alene paa Godsbane-

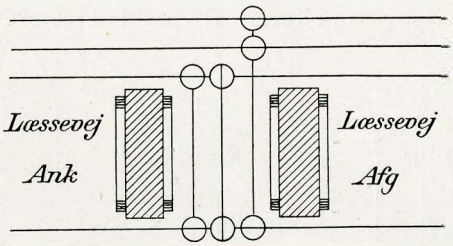


Fig. 169.

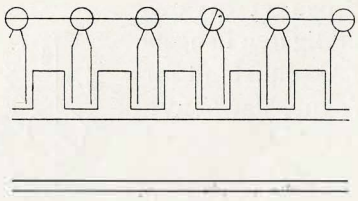


Fig. 170.

gaarde men ogsaa i Personbanegaardenes Hovedspor til Ind- og Udsætning af enkelte Vogne. Med den voksende Brug af lange 4- og 6-akslede Vogne er man dog begyndt at gaa bort herfra.

Ved Hjælp af Vogndrejeskiver kan man skaffe Forbindelse mellem en Række parallele Spor; disse overskæres med Tværspor under en ret Vinkel

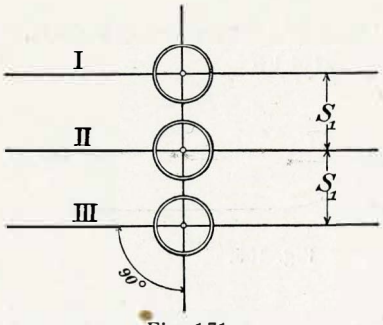


Fig. 171.

(Fig. 171) eller under en spids Vinkel (Fig. 172), og i Krydsningspunkterne lægges en Drejeskive. Da Drejeskivens Diameter er større end den normale Sporafstand, kan der i Reglen ikke blive Plads til en Drejeskive i hvert Krydsningspunkt, og hvis alle Sporene skal forbindes indbyrdes, bruger man derfor to Tværspor (Fig. 173), hvori Drejeskiverne anbringes vekselvis med mellemliggende korte Diagonalspor. Hvis Tværsporet lægges under 60° med Parallelsporene, vil der maaske kunne blive Plads til en Drejeskive for hver Krydsning (Fig. 172).

Da Drejeskiverne ikke kan anvendes, hvor der skal rangeres med Lokomotiv, maa de lægges paa Steder, hvor dette ikke er nødvendigt.

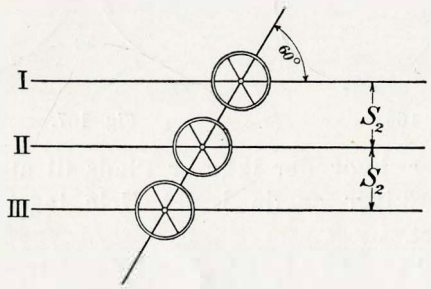


Fig. 172.

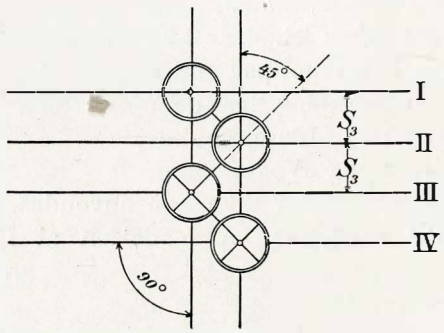


Fig. 173.

9. Drejeskivers Anbringelse i Sporplanen.

a. *Ved Sammenføring af parallelle Spor til en Drejeskive.*

Idet der enten kan være et lige eller et ulige Antal parallele Spor, der skal føres sammen til en og samme Drejeskive, vil man faa enten den i Fig. 174 eller i 175 viste Ordning; ethvert Spor maa foran Drejeskiven være retlinet paa et Stykke, der er lig den længste faste Akselafstand for de Vogne, der benytter Drejeskiven, og Hjærtestykker, der eventuelt skal indlægges ved Drejeskivens Omkreds, maa ligge i et retlinet Sporstykke. Maalt fra Centrum maa derfor det retlinede Stykke g være

$$g \geqq r + (3 \text{ à } 6)\,m$$

eller g maa bestemmes paa følgende Maade:

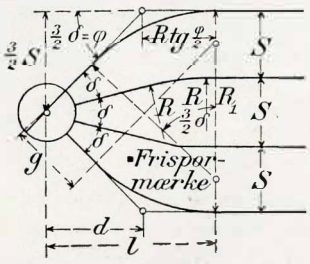


Fig. 174.

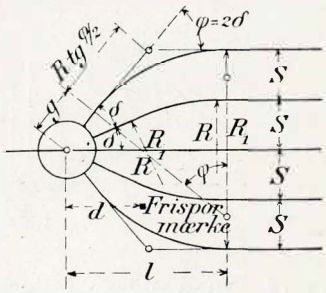


Fig. 175.

Man maa nemlig, naar der ikke maa fremkomme Skinnekrydsninger i de sammenløbende Spor have (Fig. 174—175).

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{s + 2a}{2g}$$



hvor δ er Vinklen mellem Sporene, s Sporvidden og a i det mindste Bredden af et Skinnehoved; man faar da med tilstrækkelig Nøjagtighed

$$g \geqq \frac{1,6}{\delta}$$

Sporafstanden S er som Regel 4,5 m, Radierne R og R_1 gøres i Almindelighed $\geqq 180$ m (hvis det kun er Vogne, der skal passere Sporene dog $\geqq 150$ m), og man søger endvidere ved Bestemmelsen af δ at undgaa Kontrakurve i Sporene.

b. *Ved halvmaaneformede Remiser.*

Naar Spor som i dette og i det ovenfor under a omtalte Tilfælde, skærer hinanden ved en Drejeskives Omkreds, maa Vinklen δ mellem Sporene være den samme, for at man kan bruge de samme Hjærtestykker alle Steder, og helst bør disse være af den sædvanlig brugte Type.

Maa der ikke fremkomme Skinnekrydsninger i de sammenløbende Spor, maa den mindste tilladelige Krydningsvinkel δ mellem to Nabospor ligesom ovenfor under *a* beregnes af

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{s + 2a}{2r}$$

Tillader man Skinnekrydsninger og som Følge deraf Hjærtestykker i Tilkørselssporene, kan der anvendes væsentlig mindre Krydsningsvinkler, hvis øvre og nedre Grænser kan beregnes af

$$\sin \frac{\delta}{2} = \frac{s - b}{2r}$$

og

$$\delta = \frac{c}{\pi r} \cdot 180^0$$

hvor b ved Sammenløbspunktet er Afstanden mellem Skinnehovedernes Inderkanter, og c er Afstanden mellem Skinnemidterne.

Den mindste tilladelige Værdi af Størrelsen a er Skinnehovedets halve Bredde. For denne Grænseværdi maa Enderne af de to Tilkørselsskinner tilskærpes i deres halve Bredde. Saadanne svækkede Skinnehoveder slides hurtig, og kan heller ikke fastgøres tilstrækkelig holdbart paa Grubens Indfatning. Af Hensyn til en Formindskelse af Vedligeholdelsesomkostningerne, bør man derfor gøre Maalene a og ogsaa b og c saa store, at Enderne af Tilførselsskinnerne overhovedet ikke behøver at svækkes, og saaledes at der mellem de usvækkede Skinnefødder endnu bliver tilstrækkelig Plads til Anbringelse af en Befæstelsesskrue.

Ved Valget af Størrelserne b og c maa endvidere iagttages, at der imellem Skinnehovederne maa være en Sporrille, der mindst er saa stor, som f. Eks. Sporrillen mellem Køreskinne og Kontraskinne ved Sporkrydsninger eller mellem Køreskinne og Vingeskinne paa et Hjærtestykke.

Enderne af Skinnehovederne paa Tilkørselssporene slides, selv om de lægges omhyggeligt, forholdsvis hurtigt p. G. af de uundgaaelige Slag og Stød. Fra Tid til anden maa Tilkørselsskinnerne derfor udveksles. Af samme Grund maatte ogsaa Hjærtestykker, der laa lige ved Grubens Kant hyppigt udveksles.

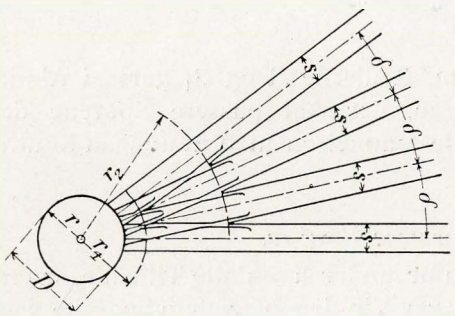


Fig. 176.

For at undgaa den gentagne Erstatning af de dyre Hjærtestykker, maa det derfor anbefales altid at indlægge et kort Skinnestykke imellem Hjærtestykket og Grubens Kant, hvis Længde passende kan gøres fra 0,5 til 1,0 m.

Er der et større Antal nær ved hinanden liggende Tilkørselsspor, kan der ogsaa forekomme flerdobbelte Skinnekrydsninger. Afhængighedsforholdet mellem Drejeskivens Diameter D og Vinklen δ mellem to Nabospor anskueliggøres bedst ved Fig. 176, af hvilken man for en bestemt Krydsningsvinkel kan finde de mulige Grænser for Drejeskivens Diameter ved at tillade enkelte eller flerdobbelte Skinnekrydsninger. De matematiske Hjærtespidser for første Skæring ligger, som det ses af Fig. 176 i en Cirkel med Diameter

$$2r_2 = \frac{s}{\sin\frac{\delta}{2}}$$

for anden og tredie Skæring derimod i Cirkler med Diameter

$$2r_1 = \frac{s}{\sin\delta}$$

og

$$2r_0 = \frac{s}{\sin\frac{3}{2}\delta}$$

For Drejeskiver med Radius $< r_0$ fremkommer saaledes tredobbelte Skinnekrydsninger, for Radius $< r_1$ eller $< r_2$ derimod kun dobbelte eller enkelte Krydsninger, og for en Diameter $> r_2$ slet ingen Krydsninger. Tredobbelte Krydsninger anvendes kun sjældent.

Ved Projekteringen af Straalesporene er som Regel Drejeskivens Diameter givet, medens Vinklen δ maa vælges efter Antallet af nødvendige Tilkørselsspor og under Hensyn til de lokale Forhold.

Anvender man mange Hjærtestykker, fordyres Lægning og Vedligeholdelse af Tilkørselssporene og desto mere, jo mere unormale og jo flere forskellige

Hjærtestykker, der kræves. Man vil derfor ikke alene formindske Antallet af Skinnekrydsninger saa meget som muligt, men ogsaa søge at give alle Tilkørselsspor samme Indløbsvinkel og vælge denne Vinkel saaledes, at de i normale Sporskifter og Krydsninger anvendte Hjærtestykker uden videre kan anvendes. Om Anvendeligheden af de normale Skinnekrydsninger findes de fornødne Anvisninger i Tabel 6.

Tabel 6. Grænseværdier for Diameteren af Drejeskiver ved Anvendelse af normale Hjærtestykkehældninger.

(for s = 1435 m, a = 195 mm, l = 1250 mm]

Hjærtestykkets Hældning	Tilkørsels sporenes Vinkel	Radius svarende til de matematiske Hjærtespidser		Drejeskivens Diameter i mm for ingen enkelt dobbelt Skinnekrydsning				
		$r_2 =$	$r_1 =$	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
$tg\,\delta$	δ	$\frac{s}{2\sin\frac{\delta}{2}}$	$\frac{s}{2\sin\delta}$	$\frac{s+2a}{\sin\frac{\delta}{2}}$	$\frac{s}{\sin\frac{\delta}{2}}-2l$	$\frac{s+2a}{\sin\delta}$	$\frac{s}{\sin\delta}-2l$	$\frac{s+2a}{\sin\frac{3}{2}\delta}$
$\frac{1}{12}$	4° 45′ 49″	17264	8640	>25000	>25000	19628	14780	13104
$\frac{1}{9}$	6° 20′ 25″	12975	6497	>25000	23449	14760	10494	9865
$\frac{1}{7}$	8° 7′ 48″	10122	5074	22994	17743	11526	— [1])	7716

[1]) l = 1250 mm er her ikke mulig, da D_{max} bliver mindre end D_{min}. l er Afstanden fra Grubens Kant til den teoretiske Hjærtespids.

C. Skydeskiver.

(D.S.B. kalder den „Skydebroer", men dette er ogsaa Betegnelsen for Broer, der ved Sideforskydning giver Plads f. l. Gennemsejling.)

§ 14.

1. Indledning.

Skydeskiver anvendes til at forbinde parallele Spor i Lokomotivremiser, Værksteder og i Opstillingsspor paa Stationer. (Fig 177).

Skydeskiver med Grube maa i Hovedspor kun anvendes i disses stumpe Ende; Gruben bør ikke være dybere end 0,5 m. Konstruktionen af selve Skydeskiven frembyder ingen Vanskeligheder, Sporet ligger paa den i samme Højde som de tilstødende Spor, der er derfor ingen Vanskelighed ved at føre selv tunge Lokomotiver og Vogne ud paa Skydeskiven, men den aabne Grube frembyder en vis Fare og Vanskelighed for Driften

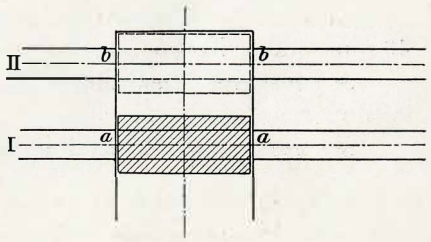


Fig. 177.

Skydeskiver uden Grube har, som Navnet siger, ingen aaben Grube. Konstruktionen af stærke Længdedragere er vanskelig og paa Grund af Højdeforskellen mellem Skinnerne paa Skydeskiven og i de tilstødende Spor — 45 til 80 mm — er Indkørslen paa Skyde-

skiven ikke helt let. Skydeskiver uden Grube passer derfor bedst til lette Vogne, især i Værksteder, og anvendes ikke til Lokomotiver.

I Vej- og Jernbanebygning, Hæfte 4 er vist et Eksempel paa, hvorledes Skydeskiver anvendes til Forbindelse mellem Sporene i store Lokomotivremiser.

Skydeskiver bevæges oftere end Drejeskiver ved mekanisk Kraft, og hertil anvendes Damp, Gasmotorer, hydraulisk Kraft, men mest Elektricitet. Den mekaniske Kraft har især Betydning, fordi Skydeskiverne skal gennemløbe lange Veje. Kørehastigheden er for Lokomotivskydeskiver ca. 0,5 m, for Vognskydeskiver ca. 1,0 m pr. Sek. Foruden Indretning til mekanisk Drift er der som Regel et Haandspil som Reserve paa Skydeskiven. Det er ofte hensigtsmæssigt at have en Indretning, ved Hjælp af hvilken man kan trække Vognene ind paa Skydeskiven og ud af denne.

Drivhjulene maa belastes saaledes, at Adhæsionsvægten er tilstrækkelig stor.

2. Skydeskivers Størrelse og Konstruktion.

Skydeskivers Længde er som Regel

for Godsvogne	4—5 m
for to- og treakslede Personvogne, Tenderlokomotiver, Lokomotiver uden Tender	7,5—12 m
for fireakslede Personvogne og Lokomotiver med Tender	14—20 m

Ved Skydeskiver i Grube maa Længden være 0,5 m større end Vognenes største Akselafstand.

Til Transport af særlig lange Vogne i Værksteder kan ogsaa anvendes to mindre Skydeskiver ved Siden af hinanden i en Afstand, hvis Størrelse afhænger af Afstanden mellem Boggierne.

Antallet af Løbeskinner, der ofte udføres som Dobbeltskinner paa Grund af disses større Sidestivhed, og for at Skinnestøderne kan forsættes, er 3—6 efter Skydeskivens Længde. Hjulene, hvis Diameter helst skal være 0,8—0,9 m, forsynes kun delvis med Styrekranse eller Midteribbe til Styring, for at Modstandene mod Bevægelse skal blive saa smaa som muligt.

Et Dæk helst af Rilleplader lægges ved Skydeskiver i Grube bedst ca. 40 mm under Skinnetop.

Skydeskiver fastholdes ligesom Drejeskiver ved Skudrigler i Hvilestillingerne.

Skydeskivernes Vægt i kg pr. m af Skivens Længde er omtrent

for lette Vogne	500— 600 kg
- alle Slags Vogne	900—1500 -
- Lokomotiver	1500—2000 -

Murværket skal ligesom ved Drejeskiver udføres med særlig Omhu. Løbeskinnerne maa ogsaa her lægges nøjagtigt og sikkert ved Hjælp af Underlagsplader, der understøbes omhyggeligt med Cementmørtel. Der maa lægges

særlig Vægt paa nøjagtig og holdbar Udførelse af Vangemurene, og er Gruben mere end 25 cm dyb, maa der mellem Sporene lægges Trin; de tilstødende Sporender skal understøttes omhyggeligt. Det er hensigtsmæssigt at sætte disse Understøtninger og Indfatningsmurene paa en gennemgaaende Betonplade. Indfatninger af Støbejern anvendes ikke.

Grubens Bund maa afvandes godt, og det samme maa være Tilfældet med mulige dybere Kanaler for Tværdragere i Skydeskiven. Bunden kan befæstes med Brolægning, Beton eller Asfalt.

a. Skydeskiver uden Grube.

Skydeskiver uden Grube bygges meget forskelligt. I Fig. 178—179 er vist en almindelig anvendt Konstruktion. Tværforbindelserne er simple Fladjern, paa hvilke Akslernes Lejer sidder; Længdedragerne er Vinkeljern, paa hvis vandrette Flige Hjulene kører op paa Styrekransene; (til Understøttelse for Hjulene anbringes desuden undertiden Træ- eller Jernklodser eller Fladjernsstykker). Skydeskivens Hjul kan være forholdsvis store (indtil 0,8 m Diameter) og sidder udenfor Sporet paa Skydeskiven; hvis dette, som det ofte er Tilfældet, ligger højere end Sporet udenfor Skydeskiven, er der fastgjort fjedrende Tunger til Længdevinkeljernene, der kan lægge sig ned paa Skinnerne udenfor Skydeskiven og derved danne en Rampe for Vogne, der skal til og fra Skydeskiven.

b. Skydeskiver i Grube.

Ved Skydeskiver i Grube kan Længde- og Tværdragere bygges af Profiljern, som vist i Fig. 180—181. Man ser ogsaa her, at Løbehjulenes Aksel gaar igennem hele Skivens Længde, hvorved deres Stilling vinkelret paa Løbeskinnerne, altsaa ogsaa Skivens regelmæssige Bevægelse synes bedre sikret, end hvis hvert Løbehjul har sin særlige Aksel. Undertiden har kun Midteskinnens Løbehjul Styrekranse og tilmed paa begge Sider. Men man ser ogsaa anvendt Løbehjul med eensidig Styrekrans; disse Hjul løber saa paa de ydre Skinnestrenge, for at Skiven ikke skal kunne forskydes til Siden.



De Dragere, der bærer Lejerne for Løbehjulene, føres som Regel igennem, medens Dragerne, der bærer Køreskinnerne er fastgjort til dem ved Vinkeljern; ved vandrette Kryds faar Konstruktionen den ønskede Stivhed. Skiven afdækkes med Rilleplader eller Træ.

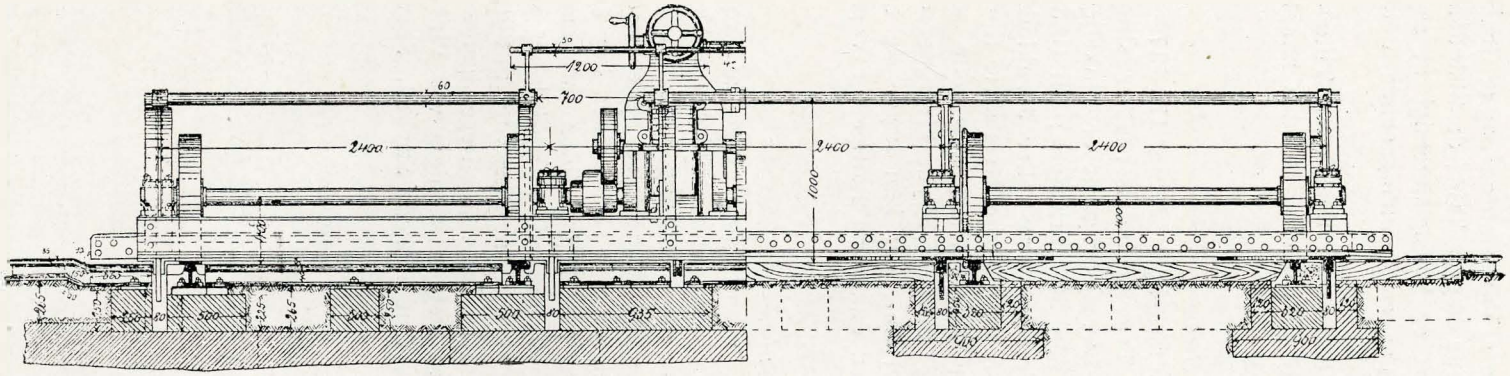


Fig. 178.

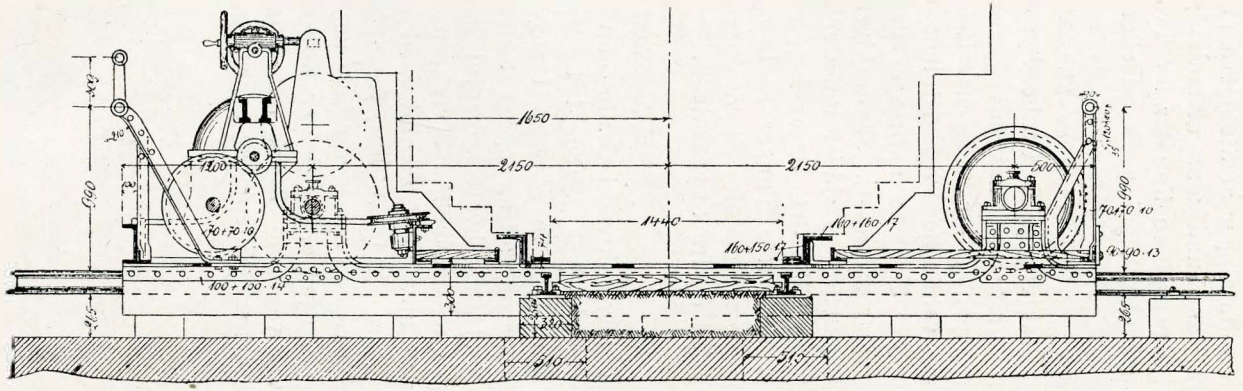


Fig. 179.

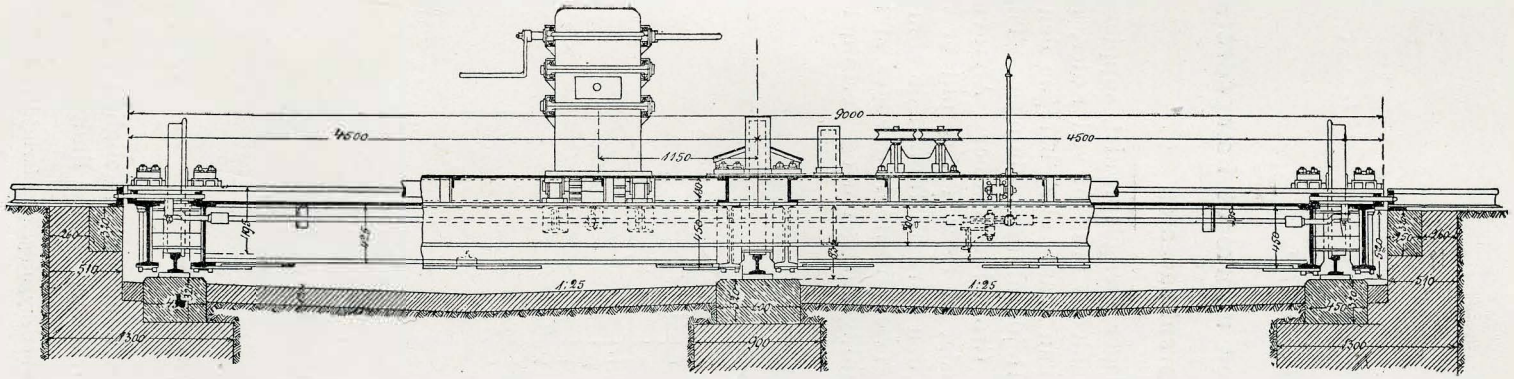


Fig. 180.

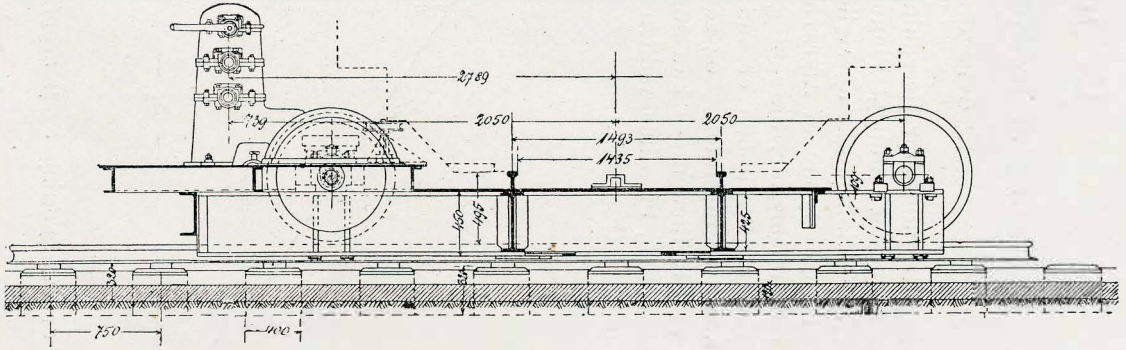


Fig. 181.

D. Jordberegning.

§ 15. Beregning af Jordværker med udpræget Længderetning[1]).

1. Beregning af Tværsnitsarealet.

Som Grundlag for Beregningen foreligger Længdeprofilet, suppleret med Tværprofiler, med indlagt Planumslinie, saaledes bestemt ved Koter, at man for hvert Stationspunkt og Mellempunkt kan maale eller beregne den teoretisk nøjagtige Dybde af Afgravninger og Højde af Paafyldninger. Tillige er givet Planumsbredde, Skraaningsanlæg og Grøftedimensioner i Afgravning.

Hvis Jordoverfladen er saa regelmæssig, at dens Tværprofil er retlinet med Knæk i Midtlinien — og saaledes vil den normalt fremtræde som Resultat af et Nivellement — kan Jordværkets Tværsnitsareal beregnes af Højden i Midtlinien h, Planumsbredden $2\,b$, Skraaningsanlægget a og Terrainets Sidehældning μ. (Fig. 182.)

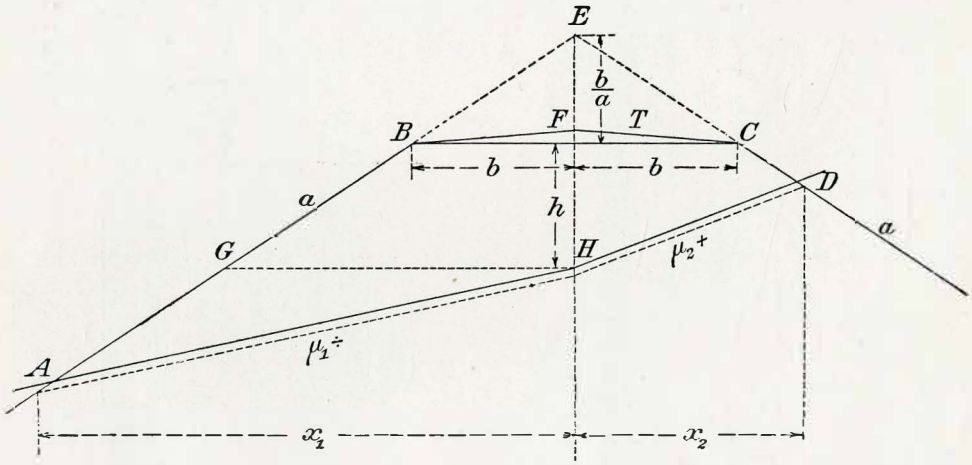


Fig. 182.

For *Paafyldning* og μ *negativ* er

$$\frac{x_1}{a} = \frac{b}{a} + h + \mu_1 x_1 + 0{,}05,$$

idet der paa Grund af de øverste Jordlags Sammentrykkelighed regnes med en Jordlinie liggende 0,05 m under den virkelige. Heraf findes

[1]) Alfred Lütken: Forelæsninger over Vej- og Jernbanebygning. Jordarbejde. 1898.

$$x_1 = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)\frac{a}{1 - \mu_1 \cdot a}.$$

Er μ *positiv* faas paa samme Maade

$$x_2 = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)\frac{a}{1 + \mu_2 \cdot a}.$$

Arealet af Firkanten ABFH er:
for μ_1 *negativ*

$$A_{P_1} = \frac{1}{2} \cdot x_1\left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right) - \frac{1}{2} \cdot b \cdot \frac{b}{a} + \frac{1}{2} T = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 - \mu_1 \cdot a)} - \frac{b^2}{2a} + \frac{1}{2} T. \quad (1)$$

Arealet af Firkanten DCFH er:
for μ_2 *positiv*

$$A_{P_2} = \frac{1}{2} x_2\left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right) - \frac{1}{2} \cdot b \cdot \frac{b}{a} + \frac{1}{2} T = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 + \mu_2 \cdot a)} - \frac{b^2}{2a} + \frac{1}{2} T. \quad (2)$$

Har Terrainet intet Knæk i Midtlinien d. v. s. $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, er Arealet af ABFCDH

$$A_P = A_{P_1} + A_{P_2} = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \cdot \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} - \frac{b^2}{a} + T. \quad (5)$$

Hvis Terrainet ikke har Sidehældning, er $\mu = 0$, og Tværsnitsarealet af hele Profilet er

$$A_{P(\mu=0)} = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \cdot a - \frac{b^2}{a} + T = 2b(h + 0{,}05) + a(h + 0{,}05)^2 + T, \quad (7)$$

hvilket umiddelbart ses at være rigtigt.

For et Profil i *Afgravning* skal man i Stedet for den nyttige Planumsbredde 2b regne med den ved Afgravningens Grøfter bestemte Bredde 2b, og desuden tillægge to Grøftearealer G.

De almindelige Udtryk bliver da:
for μ negativ

$$x_1 = \left(\frac{b_1}{a} + h + 0{,}05\right)\frac{a}{1 + \mu_1 a},$$

for μ positiv

$$x_2 = \left(\frac{b_1}{a} + h + 0{,}05\right)\frac{a}{1 - \mu_2 \cdot a},$$

for μ negativ

$$A_{a_1} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 + \mu_1 a)} - \frac{b_1^2}{2a} + G - \frac{1}{2} T, \quad (3)$$

for μ positiv

$$A_{a_2} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 - \mu_2 \cdot a)} - \frac{b_1^2}{2a} + G - \frac{1}{2} T. \quad (4)$$

Har Terrainet intet Knæk i Midtlinien d. v. s. $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, er Arealet af ABFCDH

$$A_a = A_{a_1} + A_{a_2} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} - \frac{b_1^2}{a} + 2G - T. \qquad (6)$$

Hvis Terrainet ikke har Sidehældning, er $\mu = 0$, og Tværsnitsarealet af hele Profilet er:

$$A_{a\,(\mu=0)} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \cdot a - \frac{b_1^2}{a} + 2G - T = 2b_1(h - 0{,}05) + a(h - 0{,}05)^2 + 2G - T, \qquad (8)$$

hvilket ogsaa umiddelbart kan ses at være rigtigt.

Er Jordoverfladen uregelmæssig, maa Profilarealet i Reglen bestemmes ved Maaling og Beregning af et optegnet Profil.

2. Den eksakte Værdi af Volumen mellem to Tværprofiler.

Det Jordvolumen, som ligger mellem to Tværprofiler i Afstanden l fra hinanden, kan udtrykkes ved

$$V = \int_0^l A \cdot dx.$$

Om man kan finde den eksakte Værdi af V, beror i første Linie paa, om A kan udtrykkes som en Funktion af x; sædvanlig kan dette kun gøres under visse Forudsætninger om Jordoverfladens Form, f. Eks., at den er plan, eller at den er en vindskæv Flade frembragt ved en ret Linies Glidning paa to Linier med forskellig Hældning under stadig Parallelisme med den lodrette Midteplan o. lign., en Forudsætning man i Reglen kan faa opfyldt tilstrækkelig nøjagtigt ved at gøre Profilafstanden lille. *h* kan saa udtrykkes ved x

$$h = h_1 + \frac{x}{l}(h_2 - h_1),$$

idet h_1 og h_2 er Højderne for $x = 0$ og $x = l$.

Hvis Overfladen er plan, maa μ være konstant; hvis den er vindskæv, og Sidehældningerne i de to Tværprofiler er μ_1 og μ_2, bestemmes μ ved

$$\frac{1}{\mu} = \frac{1}{\mu_1} + \frac{x}{l}\left(\frac{1}{\mu_2} - \frac{1}{\mu_1}\right).$$

For at undgaa unødvendig Vidtløftighed vil vi nøjes med at bestemme Volumen for en konstant Værdi af μ og for $\mu_1 = \mu_2 = \mu$, og skal altsaa i det almindelige Udtryk

$$A = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} - \frac{b^2}{a} + T$$

indsætte

$$h = h_1 + \frac{x}{l}(h_2 - h_1)$$

og derefter beregne, idet $h' = h + 0{,}05$

$$V_m = \int_0^l A \cdot dx = \int_0^l 2bh' \frac{1}{1-\mu^2 \cdot a^2} dx + \int_0^l h'^2 \frac{a}{1-\mu^2 \cdot a^2} \cdot dx$$
$$+ \int_0^l \frac{b^2}{a} \frac{\mu^2 \cdot a^2}{1-\mu^2 \cdot a^2} dx + \int_0^l T dx.$$

Indsættes Værdien for h', faas

$$\int_0^l bh' \frac{2}{1-\mu^2 \cdot a^2} \cdot dx = \frac{2b}{1-\mu^2 \cdot a^2} \int_0^l \left(h_1 + \frac{x}{l}(h_2 - h_1)\right) dx = \frac{2}{1-\mu^2 \cdot a^2} \frac{h_1+h_2}{2} \cdot b \cdot l,$$

$$\int_0^l h'^2 \frac{a}{1-\mu^2 \cdot a^2} \cdot dx = \frac{a}{1-\mu^2 \cdot a^2} \int_0^l \left(h_1^2 + \frac{2x}{l}(h_2 - h_1) h_1 + \frac{x^2}{l^2}(h_2 - h_1)^2\right) \cdot dx$$
$$= \frac{a}{1-\mu^2 \cdot a^2} \frac{h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2}{3} \cdot l,$$

$$\int_0^l \frac{b_2}{a} \frac{\mu^2 \cdot a^2}{1-\mu^2 \cdot a^2} dx = \frac{\mu^2 a}{1-\mu^2 \cdot a^2} \cdot b^2 \cdot l,$$

$$\int_0^l T dx = T \cdot l,$$

altsaa ialt

$$V_m = \frac{1}{1-\mu^2 \cdot a^2} \left((h_1 + h_2) b + \frac{h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2}{3} a + \mu^2 \cdot a \cdot b^2 + T\right) l,$$

h_1 og h_2 skal ved Beregningerne erstattes med $h_1 + 0{,}05$ og $h_2 + 0{,}05$.

For $\mu = 0$ d. v. s., at Jordoverfladen ikke har Sidehældning, faas

$$V_0 = \left((h_1 + h_2) \cdot b + \frac{h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2}{3} a + T\right) l.$$

Disse Udtryk er benyttede til Beregning af Tabeller, af hvilke de almindeligst forekommende er angivne af *Henz* og *Sørensen*.

3. **Prismemetoden.**

Det er imidlertid meget trættende at udføre Jordberegning ved Hjælp af Tabeller, der giver Volumen direkte som afhængig af to forskellige Højder; Fremgangsmaaden er lidet overskuelig, og det er vanskeligt at opdage mulige Fejl, og endelig kan Tabellerne slet ikke bruges, hvis Tværsnittene har en mere kompliceret Form, der er givet ved Tegning. Man foretrækker derfor i Reglen en Beregningsmetode, der er uafhængig af Tværsnittets Form og nemmere at bruge, selv om Resultatet bliver mindre nøjagtigt. Som Eksempel paa en saadan tilnærmet Beregning, der anvendes overordentlig meget, kan nævnes den saakaldte Prismemetode, hvor man regner Volumen af Jordværket

mellem to Profiler lige stort med Volumen af et Prisme af samme Længde, hvis Tværsnit er lig Middeltallet af de to Endetværsnit, altsaa

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \cdot l,$$

Hvor stor Fejl man derved begaar, beror baade paa Forskellen mellem Endetværsnittenes Arealer og paa deres Form. For almindelige Jordværker paa plant Terræn er det let at angive Fejlen ved Hjælp af Simpsons Formel, der giver eksakte Resultater, naar Udtrykket for Tværsnitsarealet ikke indeholder den løbende Koordinat i højere end 2. Potens, saaledes som Tilfældet er, naar $\frac{dh}{dx} = k$, da man i

$$A = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} - \frac{b^2}{a} + T$$

kan sætte

$$h = k_1 x + k_2$$

uden at faa højere end 2. Potens af x.

Ved A_1 og A_2 betegnes Endetværsnittene med Højder h_1 og h_2 og Afstand l, ved A′ betegnes Midtetværsnittet med Højde $\frac{h_1 + h_2}{2}$. Efter Simpsons Formel er nu

$$V = \frac{l}{6}(A_1 + 4A' + A_2),$$

hvor, idet der for $h + 0{,}05$ sættes h

$$A_1 = \left(\frac{b}{a} + h_1\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} - \frac{b^2}{a} + T = (2bh_1 + ah_1^2)\frac{1}{1 - \mu^2 a^2} + \frac{b^2 a\mu^2}{1 - \mu^2 a^2} + T,$$

$$A_2 = (2bh_2 + ah_2^2)\frac{1}{1 - \mu^2 \cdot a^2} + \frac{b^2 a\mu^2}{1 - \mu^2 \cdot a^2} + T,$$

$$A' = \left[b(h_1 + h_2) + a\frac{(h_1 + h_2)^2}{4}\right]\frac{1}{1 - \mu^2 a^2} + \frac{b^2 a\mu^2}{1 - \mu^2 \cdot a^2} + T,$$

der giver

$$V_m = \frac{l}{6}\left[2b(h_1 + h_2 + 2(h_1 + h_2)) + a(h_1^2 + h_2^2 + (h_1 + h_2))^2\right]\frac{1}{1 - \mu^2 \cdot a^2} + l\frac{b^2 \cdot a \cdot \mu^2}{1 - \mu^2 a^2} + lT$$

$$= l\left[2b\frac{3(h_1 + h_2)}{6} + a\frac{3(h_1^2 + h_2^2)}{6} - \frac{a}{6}(h_1 - h_2)^2\right]\frac{1}{1 - \mu^2 a^2} + l\frac{b^2 a\mu^2}{1 - \mu^2 a^2} + l \cdot T$$

$$= l\frac{A_1 + A_2}{2} - \frac{l}{6}\frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2}(h_1 - h_2)^2,$$

for $\mu = 0$ faas

$$V_0 = l\frac{A_1 + A_2}{2} - \frac{l \cdot a}{6}(h_1 - h_2)^2.$$

Ved at bruge Prismemetoden finder man altsaa et Volumen, der er

noget for stort, men Fejlen er kun lille, hvis Højdeforskellen mellem Profilerne ($h_1 - h_2$) ikke er for stor.

Er saaledes $a = 1{,}5$, $l = 20$ m, $h_1 - h_2 = 0{,}6$ m, bliver Fejlen

$$\frac{20 \cdot 1{,}5}{6} \cdot 0{,}6^2 = 1{,}8 \text{ m}^3.$$

Indskyder man et Mellemprofil og beregner Volumen som

$$V = \frac{l}{2} \frac{A_1 + A'}{2} + \frac{l}{2} \frac{A' + A_2}{2}$$

bestemmes Fejlen paa hver Del af $a = 1{,}5$, $l = 10$ m, $h_1 - h_2 = 0{,}3$ m som

$$f = \frac{10 \cdot 1{,}5}{6} \cdot 0{,}3^2 = 0{,}25 \text{ m}^3.$$

For hele Volumen bliver Fejlen altsaa 0,50 m³. Og hvis man ved Indskydelsen af flere Mellemprofiler kan reducere Højdeforskellen mellem dem to og to til 0,1 m, bliver den totale Fejl paa 20 m kun

$$f = 6 \frac{\frac{20}{6} \cdot 1{,}5}{6} 0{,}1^2 = 0{,}05 \text{ m}^3.$$

Er Højdeforskellen $h_1 - h_2$ ikke 0,6 m men f. Eks. 6,0 m bliver Fejlen uden Anvendelse af Mellemprofil forøget fra 1,8 m³ til

$$f = \frac{20 \cdot 1{,}5}{6} \cdot 6{,}0^2 = 180 \text{ m}^3,$$

og hvis der indskydes eet Mellemprofil

$$f = 2 \frac{10 \cdot 1{,}5}{6} \cdot 3{,}0^2 = 45 \text{ m}^3.$$

Hvis man i Stedet for at bruge Middeltallet mellem Endetværsnittene vilde beregne Volumen som et Prisme af Tværsnit lig Midtesnittet A', vilde man faa et Volumen

$$V' = l A' = l \left(\left(\frac{b}{a} + \frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} - \frac{b^2}{a} + T \right),$$

idet der regnes, at Terrainet intet Knæk har i Midtlinien.

Udvikles dette Udtryk og indføres det S. 118 fundne V_m, findes

$$V' = V_m - \frac{l}{12} \frac{a}{1 - \mu^2 \cdot a^2} (h_1 - h_2)^2 = l \frac{A_1 + A_2}{2} - \frac{l}{4} \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} (h_1 - h_2)^2.$$

Det fundne Volumen bliver altsaa mindre end den virkelige Værdi V_m, men Fejlen er kun halvt saa stor som ved Brug af Endetværsnittene.

Jordberegning efter Prismemetoden med Benyttelse af Tværsnitsarealerne i Stationspunkter og nivellerede Mellempunkter er den almindeligst anvendte Fremgangsmaade; den giver Jordvolumen med tilstrækkelig Nøjagtighed fra Station til Station, og da de fundne Rumfang er lidt for store, holder man sig gennemgaaende paa den sikre Side.

4. Tværsnitstabel uden Sidehældning.

Til Bestemmelsen af Tværsnitsarealerne paa Terrain uden Sidehældning — eller ved de foreløbige Beregninger, hvor man i Almindelighed ikke behøver at tage Hensyn til Sidehældningen — kan man med Fordel benytte en Volumentabel, der beregnes for den givne Planumsbredde og det givne Skraaningsanlæg. Beregningen af Tabellen lettes derved, at for en Række Arealer med konstant Højdeforskel er Differensen af 2. Orden konstant.

Af Udtrykkene for Volumen ovenfor (f. Eks. V′ S. 119), ses, at dette kan skrives paa Formen

$$V_h = V' = l\,((2bh + ah^2) + T).$$

Af	faas	$\Delta_1 V$	$\Delta_2 V$
V_h	$= l\,(2bh + ah^2 + T)$		
$V_{h+\Delta h}$	$= l\,[2bh+2b\Delta h+ah^2+2ah\Delta h+ a\Delta^2 h+T]$	$l\,[2b\Delta h+2ah\Delta h+ a\Delta^2 h]$	
$V_{h+2\Delta h}$	$= l\,[2bh+4b\Delta h+ah^2+4ah\Delta h+4a\Delta^2 h+T]$	$l\,[2b\Delta h+2ah\Delta h+3a\Delta^2 h]$	$2la\cdot\Delta^2 h$
$V_{h+3\Delta h}$	$= l\,[2bh+6b\Delta h+ah^2+6ah\Delta h+9a\Delta^2 h+T]$	$l\,[2b\Delta h+2ah\Delta h+5a\Delta^2 h]$	$2la\cdot\Delta^2 h$

o. s. v.

Eksempel.

En letbygget, enkeltsporet Jernbane har en Planumsbredde $2b = 4{,}4$ m, et Skraaningsanlæg $a = 1{,}5$, Grøfter med Tværsnitsareal G, med Bundbredde 30 cm og Dybde under Terrainet 30 cm; der tages Hensyn til de øverste Jordlags Sammentrykkelighed ved Korrektionen 0,05 for Værdien h og til Jordens blivende Udvidelse ved Korrektionen $\frac{98}{100}$. Volumen V_P i Paafyldning er da for en Stationsafstand $l = 20$ m

$$V_P = \tfrac{98}{100}\,20\,(2b\,(h + 0{,}05) + a\,(h + 0{,}05)^2 + T) - 20\cdot 2G,$$

hvor

$$2G = 2\,(0{,}3\cdot 0{,}25 + 1{,}5\cdot 0{,}25^2) = 0{,}3375\ \text{m}^2$$
$$T = 0{,}05\cdot b$$

eller

$$V_P = 19{,}6\,[2b\,(h + 0{,}05) + 1{,}5\,(h + 0{,}05)^2 + 0{,}05\cdot b] - 6{,}75.$$

Da Planumsbredden forøges med 0,50 m, naar h passerer Værdierne 2,5—5,0—7,5 o. s. v., bliver for $0 < h < 2{,}5$ m

$$V_P = 86{,}24\,(h + 0{,}05) + 29{,}4\,(h + 0{,}05)^2 - 4{,}594.$$

Volumen ønskes beregnet for $0 < h < 1{,}0$ m, for $\Delta h = 0{,}1$ m ved Hjælp af de konstante Differensers Metode.

h	$\Delta_2 V$	$\Delta_1 V$	V
0			—0,2085
0,1		9,2120	9,0035
0,2	0,588	9,8000	18,8035
0,3	0,588	10,3880	29,1915
0,4	0,588	10,9760	40,1675
0,5	0,588	11,5640	51,7315
0,6	0,588	12,1520	63,8835
0,7	0,588	12,7400	76,6235
0,8	0,588	13,3280	89,9515
0,9	0,588	13,9160	103,8675
1,0	0,588	14,5040	118,3715

Naar Tabellen beregnes af Differenserne, og sidste Værdi af Volumen stemmer med direkte Beregning, er alle Tallene rigtige.

En Tværsnitstabel kan ikke blot være nyttig ved nye Anlæg, men f. Eks. ogsaa til Beregning af Jordarbejdet ved en Aaregulering, hvor det gamle Aaprofil indesluttes helt af det nye, ved Udvidelse af en gammel Vej o. s. v.

For en Aaregulering kan da f. Eks. hele Jordberegningen opstilles tabellarisk, som vist i nedenstaaende Eksempel.

St.	Gamle Løb			Ny Bundbredde 6,0 m Anlæg 1,5				
	Bredde foroven Bredde forneden m	Middel-bredde m	Dybde m	Ny Dybde under Terrainet	Tværsnit af nyt Løb Tværsnit af gl. Løb m^2	Tværsnit af Udgravning m^2	Stations længde m	Rumfang m^3
8	9,70 5,20	7,45	1,80	2,50	24,38 13,41	10.97	20	219,4
10	10,30 5,10	7,70	1,91	2,59	25,60 14,71	10,89	20	217,8

Hvis det gamle Aaløb har saa uregelmæssige Profiler, at de ikke kan angives tilstrækkelig nøjagtigt ved Dybde og Middelbredde, maa de tegnes op og de nye Profiler indlægges i rigtig Beliggenhed. Det samme er Tilfældet, hvor det er en gammel Vej, der skal udvides, men her bliver man vistnok altid nødt til at foretage denne Optegning.

§ 16. Grafisk Beregning af Jordværker med udpræget Længderetning.

1. Bestemmelse af Tværsnitsarealet.

Som ovenfor vist kan man, især i Terrain uden Sidehældning, eller hvor man, som ved foreløbige Beregninger, kan se bort fra Sidehældningen, udføre Jordberegningerne udelukkende ved Regning, og det gøres da som Regel ved Hjælp af forud beregnede Tabeller.

Har Terrainet Sidehældning, og skal der ved Beregningen tages Hensyn til denne Sidehældning, bliver den direkte Beregning mere besværlig, og man foretrækker da ofte at udføre Beregningen grafisk. Denne grafiske Bestemmelse af Jordmængderne udføres paa Grundlag af Prismemetoden og kræver derfor først en Bestemmelse af Jordværkets Tværsnitsarealer i Stationspunkter og Mellempunkter. Tværsnitsarealer afsættes som Ordinater i en Arealkurve i samme Maalestoksforhold for Afgravninger og Paafyldninger, og denne Arealkurve danner Grundlaget for Bestemmelsen af Jordmængderne i de forskellige Intervaller og dermed for Optegningen af den saakaldte Massekurve, ved Hjælp af hvilken Jordmængdernes Fordeling og Flytteafstande grafisk kan fremstilles.

Ved Bestemmelsen af Tværsnitsarealet af et Profil af Jordværket i Paafyldning forudsættes det, at dette Profil er som vist Fig. 182, saa den til venstre og den til højre for Midtlinien liggende Del maa behandles hver for sig. De to Dele er beregnede og fundne S. 115 idet der m. H. t. de brugte Betegnelser henvises til § 15.

for μ_1 negativ

$$A_{P_1} = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2\,(1 - \mu_1 a)} - \frac{b^2}{2a} + \tfrac{1}{2}\,T, \tag{1}$$

for μ_2 positiv

$$A_{P_2} = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2\,(1 + \mu_2 \cdot a)} - \frac{b^2}{a} + \tfrac{1}{2}\,T. \tag{2}$$

For et Profil i Afgravning er de tilsvarende Udtryk fundne S. 115 til

for μ negativ

$$A_{a_1} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2\,(1 + \mu_1 a)} - \frac{b_1^2}{2a} + G - \tfrac{1}{2}\,T, \tag{3}$$

for μ positiv

$$A_{a_2} = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2\,(1 - \mu_2 a)} - \frac{b_1^2}{2a} + G - \tfrac{1}{2}\,T. \tag{4}$$

Jordværket er nu i Almindelighed givet ved et Længdeprofil, hvori man har optegnet den lodrette Midteplans Skæring med Terrainet (Terrainlinien) og med Jordværkets Planum (Planumslinien). Ved Maaling paa Længdeprofilet kan man derfor finde Jordværkets Paafyldningshøjde eller Udgravningsdybde i Midtlinien, og Opgaven er da den ved Hjælp af et Diagram at omsætte denne Højde til en Længde, der repræsenterer Jordværkets Tværsnitsareal i det paagældende Punkt. Dette Diagram konstrueres ved Hjælp af de ovenfor anførte Formler (1)—(4). for Terrain, hvor Sidehældningen $\mu \geqq 50{}^0/_{00}$ og hvor Forskellen $\mu_1 - \mu_2 > 10{}^0/_{00}$, idet Maalingen paa Diagrammet i dette Tilfælde maa udføres for højre og venstre Side af Tværprofilet hver for sig.

Er Sidehældningen μ vel større end $50{}^0/_{00}$ men $\mu_1 - \mu_2 < 10{}^0/_{00}$, kan Maalingen udføres under eet for hele Profilet, og det Diagram, der i dette Tilfælde skal benyttes, faas ved Hjælp af de S. 115—116 fundne Formler.

Paafyldning

$$A_P = \left(\frac{b}{a} + h + 0{,}05\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} - \frac{b^2}{a} + T, \tag{5}$$

Afgravning

$$A_a = \left(\frac{b_1}{a} + h - 0{,}05\right)^2 \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} - \frac{b_1^2}{a} + 2G - T. \tag{6}$$

Hvis Sidehældningen μ er mindre end $50\,{}^0/_{00}$, tages der intet Hensyn til den, og Konstruktionen af Arealdiagrammet kan da udføres efter de ligeledes S. 115—116 fundne Formler.

Paafyldning

$$A_P = 2b\,(h + 0{,}05) + a\,(h + 0{,}05)^2 + T, \tag{7}$$

Afgravning

$$A_a = 2b_1\,(h - 0{,}05) + a\,(h - 0{,}05)^2 + 2\,G - T. \tag{8}$$

2. Arealdiagrammet.

A. *Konstruktion af Arealdiagrammet for* $\mu \geqq 50\,‰$ og $\mu_1 - \mu_2 > 10\,‰$.

Formlerne (1)—(4) benyttes. (Fig. 183).

Man tegner i et retvinklet Koordinatsystem Parablen $x = h_1^2$ og trækker parallelt med Abscisseaksen rette Linier $y = \frac{b}{a} + 0{,}05$ for Paafyldning og $y = \frac{b_1}{a} - 0{,}05$ for Afgravning.

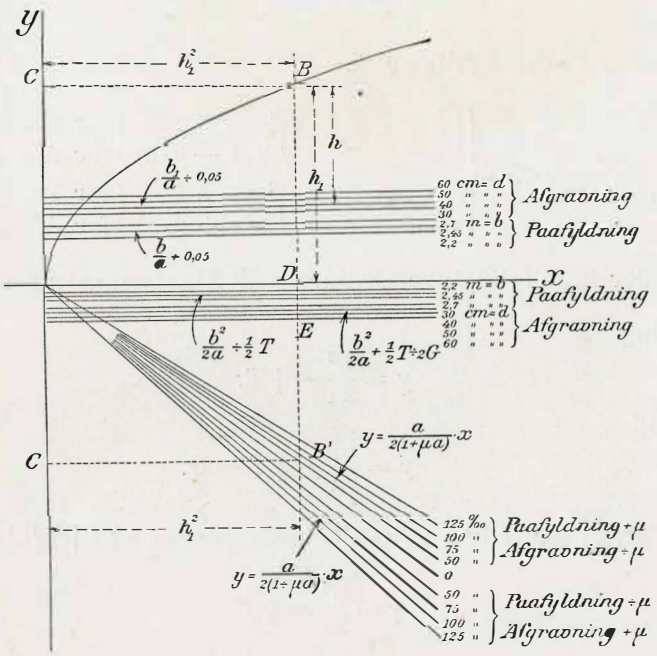


Fig. 183.

Med h i Passeren taget ved Maal paa Længdeprofilet opsøges Punktet B i Parablen, hvis Højde over Linierne

$$y = \frac{b}{a} + 0{,}05$$

og

$$y = \frac{b_1}{a} - 0{,}05$$

er lig h og over Abscisseaksen, altsaa lig

for Paafyldning

$$h_1 = \frac{b}{a} + h + 0{,}05$$

eller for Afgravning

$$h_1 = \frac{b_1}{a} + h - 0{,}05.$$

Da er $$BC = h_1^2.$$

Gennem O trækkes rette Linier med Ligning

$$y = k \cdot x$$

for den Række Værdier af μ, som man har Brug for (af praktiske Grunde med nedadrettet positiv Ordinatretning), og med Passeraabningen BC opsøges det Punkt B′ i den til den givne Sidehældning svarende Skraalinie, som har Abscisse

$$C'B' = CB.$$

Dette Punkts Ordinat B′D er da

$$B'D = y = \frac{a}{2(1 \pm \mu \cdot a)} \cdot x = \begin{cases} \left(\frac{b}{a} + h \pm 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 - \mu \cdot a)} & \begin{cases} \text{for Paafyldning} & \mu - \\ \text{for Afgravning} & \mu + \end{cases} \\ \left(\frac{b}{a} + h \pm 0{,}05\right)^2 \frac{a}{2(1 + \mu \cdot a)} & \begin{cases} \text{for Paafyldning} & \mu + \\ \text{for Afgravning} & \mu - \end{cases} \end{cases}$$

Man maaler imidlertid ikke Ordinaten til Abscisseaksen men til Linierne

for Paafyldning

$$y = \frac{b^2}{2a} - \tfrac{1}{2} T,$$

for Afgravning

$$y = \frac{b_1^2}{2a} + \tfrac{1}{2} T - G.$$

Maalestokkene for Ordinaterne til Skraalinierne og til Linierne

$$y = \frac{b^2}{2a} - \tfrac{1}{2} T$$

og

$$y = \frac{b_1^2}{2a} + \tfrac{1}{2} T - G$$

maa selvfølgelig være den samme som den Arealmaalestok, der bruges, hvor man ikke har Sidehældning, og det er bekvemmest tillige at bruge den som Abscissemaalestok for Parablen (altsaa for Længderne h_1^2) og for Skraalinierne.

Værdien af Konstanterne er, idet a=1,5, (Tabel 8):

Tabel 8.

μ ‰ =	0	50	75	100	125	150
$\frac{a}{2(1 + \mu \cdot a)}$	0,75	0,698	0,674	0,652	0,632	0,612
$\frac{a}{2(1 - \mu \cdot a)}$	0,75	0,811	0,845	0,882	0,923	0,968

Eksempel:

For en letbygget enkeltsporet Jernbane med Planumsbredde 4,4 m, hvis Planum afrygges med 5 cm Overhøjde, og hvor der anvendes en Grøftebundsbredde paa 30 cm findes (Tabel 9—10):

Tabel 9.

Paafyldning	b	$\frac{b}{a} + 0{,}05$	$\frac{b^2}{2a} - \frac{1}{2}T$
	m	m	m²
for $h < 2{,}5\,(1 + 1{,}5\,\mu) + 2{,}20\,\mu$	2,20	1,516....	1,5583
$h < 5{,}0\,(1 + 1{,}5\,\mu) + 2{,}45\,\mu$	2,45	1,683....	1,9396
$h < 7{,}5\,(1 + 1{,}5\,\mu) + 2{,}70\,\mu$	2,70	1,850....	2,3625
$h < 10{,}0\,(1 + 1{,}5\,\mu) + 2{,}95\,\mu$	2,95	2,016....	2,8271

Afgravning:

Tabel 10.

Grøftedybde	b_1	G	$\frac{b_1}{a} - 0{,}05$	$\frac{b_1^2}{2a} - G + \frac{1}{2}T$
m	m	m²	m	m²
0,30	3,4	0,225	2,2166....	3,6833....
0,40	3,7	0,360	2,4166....	4,2583....
0,50	4,0	0,525	2,6166....	4,8633....
0,60	4,3	0,720	2,8166....	5,4983....
0,70	4,6	0,945	3,0166....	6,1633....
0,80	4,9	1,200	3,2166....	6,8583....
0,90	5,2	1,485	3,4166....	7,5833....
1,00	5,5	1,800	3,6166....	8,3383....

$\frac{1}{2}T = 0{,}055\ m^2$

B. Konstruktion af Arealdiagrammet for $\mu > 50\,{}^0/_{00}$ og $\mu_1 - \mu_2 < 10\,{}^0/_{00}$.

Formlerne (5) og (6) benyttes. (Fig. 184).

Man tegner som ovenfor under A. ligeledes i et retvinklet Koordinatsystem Parablen $x = h_1^2$ og trækker parallelt med Abscisseaksen de rette Linier $y = \frac{b}{a} + 0{,}05$ for Paafyldning og $y = \frac{b_1}{a} - 0{,}05$ for Afgravning.

Med h i Passeren taget ved Maal paa Længdeprofilet opsøges Punktet B i Parablen, hvis Højde over Linierne

$$y = \frac{b}{a} + 0{,}05$$

og

$$y = \frac{b_1}{a} - 0{,}05$$

er lig h og over Abscisseaksen altsaa lig

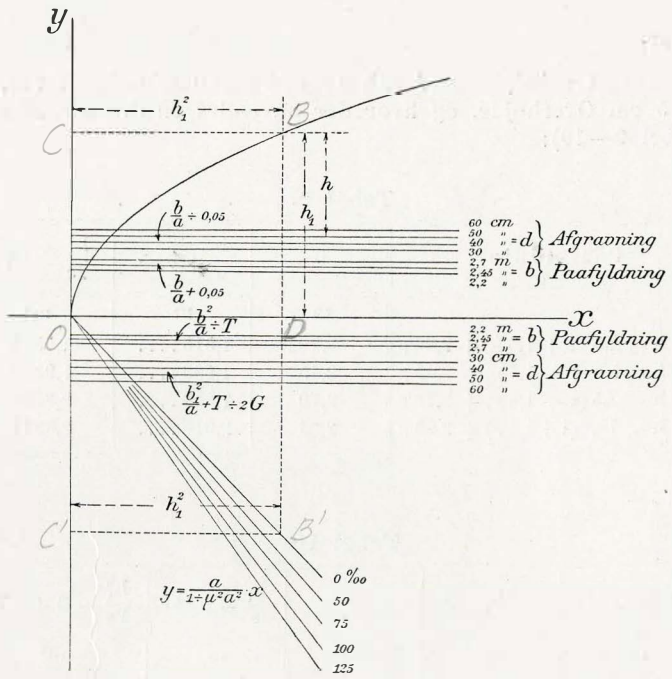


Fig. 184.

for Paafyldning

$$h_1 = \frac{b}{a} + h + 0{,}05$$

for Afgravning

$$h_1 = \frac{b_1}{a} + h - 0{,}05.$$

Da er

$$BC = h_1^2.$$

Gennem O trækkes rette Linier med Ligning

$$y = k \cdot x$$

for den Række Værdier af μ, som man har Brug for (af praktiske Grunde med nedadrettet positiv Ordinatretning), og med Passeraabningen BC opsøges det Punkt B' i den til den givne Sidehælding svarende Skraalinie, som har Abscisse

$$C'B' = CB.$$

Dette Punkts Ordinat B'D er da

$$B'D = y = \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} \cdot x = \frac{a}{1 - \mu^2 a^2} \left(\frac{b}{a} + h \pm 0{,}05 \right)^2.$$

Man maaler imidlertid ikke Ordinaten til Abscisseaksen men til Linierne

for Paafyldning $\quad y = \frac{b^2}{a} - T$

for Afgravning $\quad y = \frac{b_1^2}{a} + T - 2G.$

Om Maalestokken for Ordinaterne til Skraalinierne og til Linierne

$$y = \frac{b^2}{a} - T$$

og

$$y = \frac{b_1^2}{a} + T - 2G$$

gælder det samme som ovenfor blev sagt under A.

Som det vil fremgaa af hele Udviklingen, omsættes Arealet i Tilfælde B ved en enkelt Benyttelse af Diagrammet, mens man i Tilfælde A for hvert Tværprofil maa benytte Diagrammet to Gange.

Værdien af Konstanterne er, idet a = 1,5, (Tabel 11),

Tabel 11.

μ ‰	0	50	75	100	125	150
$\frac{a}{1-\mu^2 a^2}$	1,500	1.501	1,519	1,535	1,555	1,580

Eksempel:

For samme Baneprofil som i det foregaaende Eksempel findes.

Tabel 12.

Paafyldning	b	$\frac{b}{a} + 0{,}05$	$\frac{b^2}{a} - T$
	m	m	m²
for $h < 2{,}5\ (1 + 1{,}5\ \mu) + 2{,}20\ \mu$	2,20	1,5166	3,117
$h < 5{,}0\ (1 + 1{,}5\ \mu) + 2{,}45\ \mu$	2,45	1,6833	3,879
$h < 7{,}5\ (1 + 1{,}5\ \mu) + 2{,}70\ \mu$	2.70	1,8500	4,725
$h < 10{,}0\ (1 + 1{,}5\ \mu) + 2{,}95\ \mu$	2,95	2,0166	5,654

Afgravning.

Tabel 13.

Grøftedybde	b_1	G	$\frac{b_1}{a} - 0{,}05$	$\frac{b_1^2}{a} - 2G + T$
m	m	m²	m	m²
0,30	3,4	0,225	2,2166	7,3666 ....
0,40	3,7	0,360	2,4166	8,5166 ....
0,50	4,0	0,525	2,6166	9,1266 ....
0,60	4,3	0,720	2,8166	10,9966 ....
0,70	4,6	0,945	3,0166	12,3266 ....
0,80	4,9	1,200	3,2166	13,7166 ....
0,90	5,2	1,485	3,4166	15,1666 ....
1,00	5,5	1,800	3,6166	16,5266 ....

$T = 0{,}11\ m^2$.

C. *Konstruktion af Arealdiagrammet for $\mu < 50\%$.*

Formlerne (7) og (8) benyttes. (Fig. 185).

Man tegner ligesom under A og B i et retvinklet Koordinatsystem Parablen $x = a\,(h \pm 0{,}05)^2 = a \cdot h_1^2$, der er fælles for Afgravning og Paafyldning.

Parablen har Toppunkt i Punktet (0, 0) og vandret Akse; den tegnes for X Aksen positiv til højre. Udtrykket angiver den Del af Profilets Tværsnitsareal, der ligger under eller over Skraaningerne. h tages som Maal paa

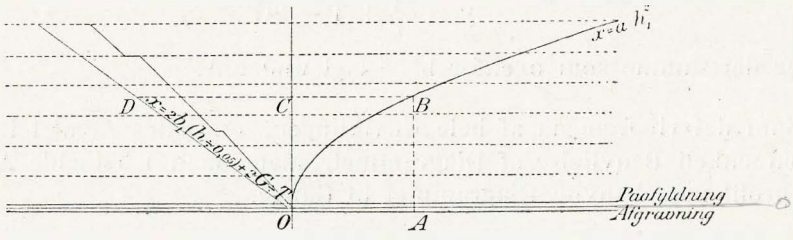


Fig. 185.

Længdeprofilet, og med dette Maal i Passeren opsøger man det Punkt B af Parablen, der ligger i denne Afstand h = AB maalt i Y Aksens Retning fra en Linie, der er trukket parallelt med X Aksen i 0,05 m Afstand over eller under denne for henholdsvis Paafyldning og Afgravning. Det tilsvarende Areal er da CB.

Afgravning.

Kurven

$$x = 2b_1 (h - 0{,}05) + 2G - T$$

er en ret Linie gennem Punktet ((2G — T), 0,05) og tegnes for X Aksen regnet positiv til venstre. Ved højre Side af Ligningen er angivet den over Planum liggende Jordmængde, Grøftejorden og Jorden hidrørende fra Planums Afrygning. Tværprofilets fulde Areal faar man da ved til det ovenfor maalte Areal CB at lægge Stykket CD, saa hele Arealet altsaa bliver BD.

Da Grøftedybden kan variere, maa man tegne et System af Skraalinier OD op; man kan f. Eks. tegne op for forskellige Grøftedybder med 10 cm Spring, altsaa for Dybder paa 0,3 —0,4—0,5—0,6 m o. s. v. og saa for mellemliggende Dybder interpolere ved Maaling imellem to af disse Skraalinier.

Eksempel.

For den i de foregaaende Eksempler omtalte Jernbane faas for Grøftedybder fra 0,3 —1,0 m følgende Værdier af Konstanterne (Tabel 14).

Tabel 14.

Grøftedybde	2 G	2 G ÷ T	2 b_1	X = 2 b_1 (h ÷ 0,05) + 2 G ÷ T
m	m²	m²	m	
0,3	0,45	0,34	6,8	= 6,8 (h — 0,05) + 0,34
0,4	0,72	0,61	7,4	= 7,4 (h — 0,05) + 0,61
0,5	1,05	0,94	8,0	= 8,0 (h — 0,05) + 0,94
0,6	1,44	1,33	8,6	= 8,6 (h — 0,05) + 1,33
0,7	1,89	1,78	9,2	= 9,2 (h — 0,05) + 1,78
0,8	2,40	2,29	9,8	= 9,8 (h — 0,05) + 2,29
0,9	2,97	2,86	10,4	= 10,4 (h — 0,05) + 2,86
1,0	3,60	3,49	11,0	= 11,0 (h — 0,05) + 3,49

Paafyldning.

Kurven

$$x = 2b\,(h + 0{,}05) + T$$

er en ret Linie gennem Punktet (T, — 0,05) og tegnes ligesom ovenfor for X Aksen regnet positiv til venstre. Ved højre Side af Ligningen er angivet den under Planum liggende Jordmængde og Jorden hidrørende fra Planums Afrygning. Maalingen udføres som ovenfor under *Afgravning* omtalt, men Punktet D skal nu selvfølgelig ligge paa den til *Paafyldning* svarende Skraalinie.

Denne Skraalinie bliver ikke en enkelt Linie, men den faar vandrette Spring svarende til Planumsbreddens Variation med Paafyldningshøjden.

Eksempel.

For samme Jernbane som ovenfor faas følgende Værdier af Konstanterne (Tabel 15).

Tabel 15.

	2b	$X = 2b\,(h + 0{,}05) + T$
	m	
$0 < h < 2{,}5$ m	4,4	$= 4{,}4\,(h + 0{,}05) + 0{,}1100$
$2{,}5$ m $< h < 5{,}0$ m	4,9	$= 4{,}9\,(h + 0{,}05) + 0{,}1225$
$5{,}0$ m $< h < 7{,}5$ m	5,4	$= 5{,}4\,(h + 0{,}05) + 0{,}1350$
$7{,}5$ m $< h < 10{,}0$ m	5,9	$= 5{,}9\,(h + 0{,}05) + 0{,}1475$

For alle Diagrammer gælder den almindelige Bemærkning, at Linierne for Paafyldning og Afgravning indtegnes i samme Profildiagram; men for at man nemt kan holde dem ude fra hinanden, er det almindeligt, at man skygger sammenhørende Linier med samme Farve, f. Eks. med gult for Paafyldninger og graat for Afgravninger. Det maa foretrækkes at anvende fine sorte Linier med Farveskygge fremfor at bruge farvede Linier, der maatte være nogenlunde tykke, for at Farven kunde træde tilstrækkelig frem til at værge mod Fejltagelser og saa ikke vilde give skarpe Maal.

Til Hjælp ved Maalingen af Abscisserne indtegnes paa Diagrammet for Terrain uden Sidehældning vandrette Linier med f. Eks. 0,25 m Afstand, af hvilke hver 4. trækkes lidt tykkere for Oversigtens Skyld.

Maalestoksforholdet for Profildiagrammets Ordinater skal være det samme som for Længdeprofilets Højder, altsaa i Almindelighed 1 : 100 eller 1 : 200, eftersom Afgravningsdybder og Paafyldningshøjder er smaa eller store.

Maalestoksforholdet for Abscisserne bør vælges saaledes, at Skraalinier og Parabler ikke faar altfor spidse Skæringer med vandrette Linier for de Værdier af h, man skal benytte. For Højdemaalestok 1 : 100 og $h_{max} < 2{,}5$ m kan man f. Eks. vælge 1 cm = 5 m², for $h_{max} < 6$ m kan man vælge 1 cm = 10 m². For Højdemaalestok 1 : 200 bør man i Reglen ogsaa formindske Arealmaalestokken til 1 cm = 20 m², for at Parablen ikke skal blive altfor flad.

Hvis Sidehældningen er stor og Højden saa lille — $h < b\,\mu$ — at Terrainlinien skærer Planum, saa der bliver Afgravning og Paafyldning i samme Profil — Grøfterne langs Paafyldninger medregnes ikke, da de lettest behand-

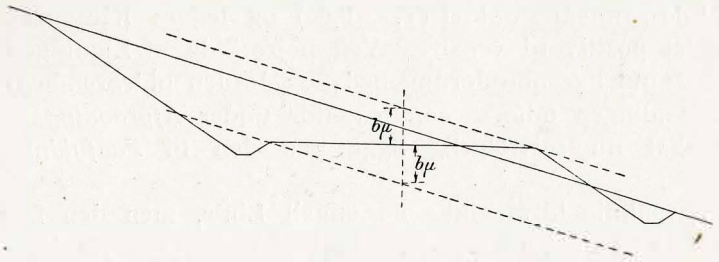


Fig. 186.

les for sig selv -- saa kan Profildiagrammet ikke benyttes, fordi det vilde give Differensen mellem Afgravning og Paafyldning, medens man skal bruge Arealerne hver for sig. Profilet maa altsaa udtegnes, og Arealerne maales.

3. **Arealprofilet.**

De som Længder fundne Tværsnitsarealer afsættes som Ordinater til et Arealprofil, Afgravningsarealerne opad og Paafyldningsarealerne nedad, regnet fra en Grundlinie, der kan være vandret, men hellere maa tegnes parallelt med Længdeprofilets Planumslinie, altsaa med de rigtige Stigninger, fordi man senere faar Brug for disse Stigninger til Bedømmelse af den heldigste Jordfordeling og Bestemmelse af Transportudgiften. Naar Arealkurvens Ordinater er lig Profilarealerne, vil Arealet mellem Kurven og Grundlinien være lig Jordvolumen, beregnet efter Prismemetoden. Arealprofilet giver altsaa et Billede af Jordmasserne, som baade kan benyttes til at finde deres Størrelse udtrykt i m^3 og til en anskuelig Oversigt over deres Fordeling.

Hvis man i samme Profil har baade Afgravning og Paafyldning, afsættes begge Arealerne for sig henholdsvis over og under Grundlinien, og det mindste trækkes derefter fra det største, saaledes at Differensen kommer til at ligge ved Planum. Denne Differens angiver Tværsnitsarealet af den Jordmængde, der skal transporteres efter Længden, medens det dobbelt afsatte Stykke af Ordinaten angiver Arealet af den Jordmængde, som skal flyttes tværs paa Linien.

Ved Overgangen fra Afgravning til Paafyldning i Terrain uden Sidehældning, vil Skæringspunktet mellem Længdeprofilets Terrainlinie og Planumslinie angive det Profil, hvor Paafyldningen begynder, og hvor der ikke vil være anden Afgravning end de to Grøftearealer; altsaa bliver Afgravningsordinaten 2 G, Paafyldningsordinaten 0 (Fig. 187). I næste Profil inde i Dæmningen vil Profildiagrammet give Paafyldningsordinaten A, men desuden har man Afgravningsarealet 2 G, der afsættes særlig opad og trækkes fra A som vist i Fig. 187.

Tabel 16. Tværsnitsareal i m² for Grøfter langs Dæmninger.

Normal Grøftedybde 0,30 m under laveste Terrainkant. — δ_d er Fordybningen udover 0,30 m. —
Tabellen angiver Tværsnitsarealet for en enkelt Grøft.

Negativ Sidehældning (Fald) fra $\mu = -0{,}200$ til $\mu = -0{,}020$. Positiv Sidehældning (Stigning) fra $\mu = 0{,}020$ til $\mu = 0{,}200$.

δ_d	d	— 0,200	— 0,180	— 0,160	— 0,140	— 0,120	— 0,100	— 0,080	— 0,060	— 0,040	— 0,020	0,000	0,020	0,040	0,060	0,080	0,100	0,120	0,140	0,160	0,180	0,200	d	δ_d
0,00	0,30	0,553	0,496	0,443	0,394	0,349	0,307	0,268	0,231	0,197	0,165	0,135	0,165	0,197	0,231	0,268	0,307	0,349	0,394	0,443	0,496	0,553	0,30	0,00
0,10	0,40	0,697	0,638	0,583	0,532	0,484	0,441	0,399	0,360	0,323	0,288	0,255	0,297	0,341	0,389	0,439	0,493	0,551	0,614	0,681	0,754	0,834	0,40	0,10
0,20	0,50	0,857	0,798	0,742	0,690	0,640	0,597	0,554	0,514	0,476	0,440	0,405	0,460	0,519	0,582	0,648	0,720	0,797	0,880	0,969	1,065	1,170	0,50	0,20
0,30	0,60	1,034	0,974	0,919	0,868	0,816	0,775	0,732	0,693	0,655	0,619	0,585	0,656	0,731	0,810	0,896	0,987	1,085	1,191	1,305	1,428	1,562	0,60	0,30
0,40	0,70	1,227	1,168	1,115	1,065	0,014	0,975	0,934	0,896	0,861	0,827	0,795	0,883	0,976	1,075	1,182	1,295	1,417	1,549	1,690	1,844	2,010	0,70	0,40
0,50	0,80	1,436	1,380	1,328	1,281	1,232	1,797	1,160	1,125	1,093	1,063	1,035	1,142	1,255	1,376	1,505	1,644	1,792	1,952	2,124	2,311	2,514	0,80	0,50
0,60	0,90	1,661	1,608	1,561	1,517	1,471	1,442	1,409	1,379	1,352	1,327	1,305	1,433	1,568	1,713	1,868	2,033	2,210	2,402	2,608	2,831	3,073	0,90	0,60
0,70	1,00	1,902	1,854	1,811	1,773	1,731	1,709	1,682	1,658	1,638	1,620	1,605	1,755	1,915	2,086	2,268	2,463	2,672	2,897	3,140	3,403	3,688	1,00	0,70
0,80	1,10	2,159	2,117	2,080	2,048	2,012	1,997	1,978	1,962	1,950	1,941	1,935	2,110	2,296	2,494	2,706	2,933	3,176	3,438	3,721	4,027	4,359	1,10	0,80
0,90	1,20	2,432	2,397	2,368	2,343	2,313	2,309	2,298	2,291	2,288	2,290	2,295	2,496	2,711	2,939	3,183	3,444	3,724	4,026	4,351	4,703	5,085	1,20	0,90
1,00	1,30	2,722	2,685	2,674	2,658	2,636	2,642	2,641	2,645	2,654	2,667	2,685	2,915	3,159	3,419	3,698	3,996	4,315	4,659	5,030	5,431	5,867	1,30	1,00
1,10	1,40	3,028	3,010	2,998	2,992	2,975	2,997	3,008	3,024	3,046	3,073	3,105	3,365	3,641	3,936	4,250	4,587	4,949	5,338	5,758	6,212	6,705	1,40	1,10
1,20	1,50	3,350	3,342	3,340	3,346	3,343	3,375	3,399	3,429	3,464	3,507	3,555	3,847	4,157	4,488	4,842	5,220	5,626	6,063	6,534	7,045	7,599	1,50	1,20
1,30	1,60	3,688	3,691	3,701	3,719	3,728	3,775	3,813	3,858	3,910	3,969	4,035	4,361	4,707	5,076	5,471	5,893	6,346	6,834	7,360	7,930	8,548	1,60	1,30
1,40	1,70	4,042	4,057	4,081	4,112	4,134	4,197	4,250	4,312	4,381	4,459	4,545	4,906	5,291	5,701	6,138	6,607	7,110	7,651	8,235	8,867	9,553	1,70	1,40
1,50	1,80	4,412	4,441	4,478	4,524	4,561	4,641	4,712	4,791	4,880	4,978	5,085	5,484	5,908	6,361	6,844	7,362	7,917	8,514	9,159	9,856	10,614	1,80	1,50
1,60	1,90	4,799	4,842	4,894	4,956	5,009	5,107	5,197	5,296	5,405	5,524	5,655	6,093	6,560	7,057	7,588	8,157	8,767	9,423	10,131	10,898	11,730	1,90	1,60
1,70	2,00	5,202	5,260	5,329	5,408	5,477	5,596	5,705	5,825	5,956	6,099	6,255	6,735	7,245	7,789	8,370	8,992	9,660	10,378	11,153	11,992	12,902	2,00	1,70

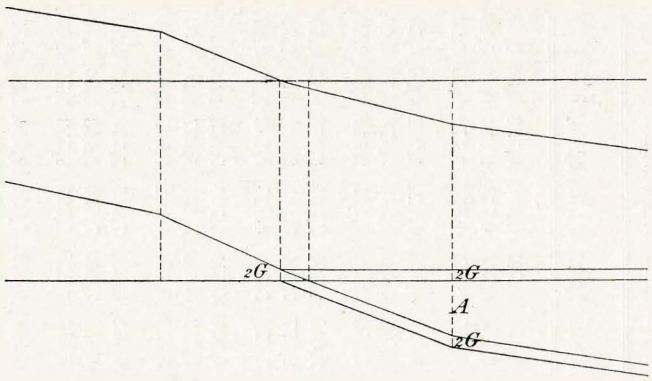


Fig. 187.

Hvis Terrainet har Sidehældning, vil Paafyldningen begynde i det Punkt a (Fig. 188), hvor Afgravningsdybden maalt i Midtlinien er $h = b\mu$, og Afgravningen — bortset fra de to Grøftearealer — vil holde op i det Punkt b,

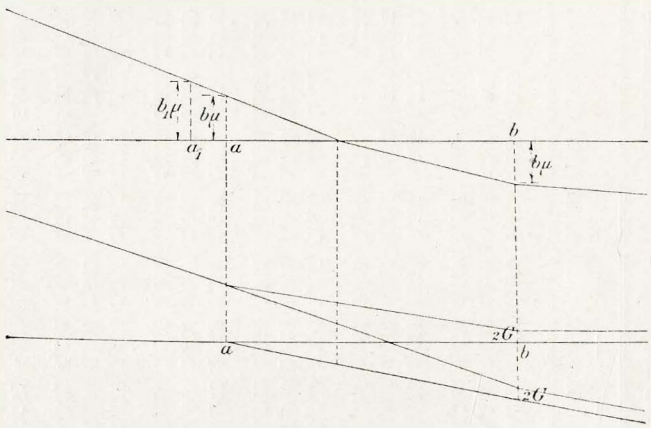


Fig. 188.

hvor Paafyldningshøjden maalt i Midtlinien er $h = b\mu$, og hvor Afgravningsordinaten i Arealprofilet altsaa maa være 2 G. Profildiagrammet for Sidehældning kan dog for Afgravning ikke bruges længere end til Punkt a_1, hvor $h = b_1\mu$ og paa Overgangsstykket a_1b maa man altsaa bruge tegnede Profiler.

§ 17. Beregning af det Jordareal, der skal eksproprieres til et Vej- eller Jernbaneanlæg.

Ved Projektering af et Vej- eller Jernbaneanlæg er det ofte nødvendigt at beregne, hvor stort et Areal, der medgaar til Anlægget; dette er saaledes nødvendigt, hvis man ønsker at bestemme, hvor stor Udgiften til Arealerhvervelse bliver, eller hvis man vil undersøge Virkningen af en Parallelforskydning af Planum paa Jordmassernes Størrelse.

Beregningen udføres paa den Maade, at man i Stationspunkter og Mellempunkter beregner det paagældende Jordværks Bredde, og idet man kender Afstanden mellem de saaledes beregnede Bredder, kan Arealet mellem to og to saadanne Punkter let bestemmes og dermed det samlede Areal.

Beregningen former sig simplest, hvis Terrainet ikke har Sidehældning, og da man ved foreløbige Beregninger som Regel gaar ud fra, at dette er Tilfældet, skal der her først ved et Eksempel angives, hvorledes man i saa Tilfælde bærer sig ad.

Eksempel.

For den ovenfor i Eksempler behandlede letbyggede, enkeltsporede Jernbane med Planumsbredde 4,4 m bestemmes Arealerne for en Stationsafstand paa 20 m i

Afgravning.

$$A_a = 20\,(4{,}4n + 2\cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n\,(2\cdot 1{,}2 + 2\cdot 0{,}60)) = 160n + \sum_0^n h.$$

Paafyldning.

$0 < h < 2{,}5$ m

$$A_P = 20\,(4{,}4n + 2\cdot 1{,}5\cdot \sum_0^n h + n\cdot 2\cdot 2{,}4) = 184n + 60\sum_0^n h$$

$2{,}5$ m $< h < 5{,}0$ m

$$A_P = 20\,(4{,}9n + 2\cdot 1{,}5\cdot \sum_0^n h + n\cdot 2\cdot 2{,}4) = 194n + 60\sum_0^n h$$

$5{,}0$ m $< h < 7{,}5$ m

$$A_P = 20\,(5{,}4n + 2\cdot 1{,}5\cdot \sum_0^n h + n\cdot 2\cdot 2{,}4) = 204n + 60\sum_0^n h$$

o. s. v.

n er her Antal af Stationslængder, h er de aflæste Højder; der er ikke taget Hensyn til eventuelle Fordybningsgrøfter, idet der er regnet med en konstant Grøftedybde 0,30 m. Da det ved en foreløbig Liniebestemmelse er uden Betydning at kende de paagældende Arealers Fordeling, udføres Beregningen ved Indsættelse af n og Σh for Afgravning for sig og Paafyldning for sig.

Er Planumsbredden en anden f. Eks. paa Stationspladser eller for andre Tværprofiler af Veje eller Baner, maa selvfølgelig den paagældende Planumsbredde indføres i Formlerne. Er saaledes paa en Station Planumsbredden 40 m faar man

Afgravning

$$A_a = 20\,[40n + 2\cdot 1{,}5\sum_0^n h + n\,(2\cdot 1{,}2 + 2\cdot 0{,}60)] = 872n + 60\sum_0^n h$$

Paafyldning.

$$A_P = 20\,[40n + 2\cdot 1{,}5\sum_0^n h + n\cdot 2\cdot 2{,}4] = 896n + 60\sum_0^n h.$$

Har Terrainet derimod Sidehældning, og man ønsker at regne med denne Sidehældning, bliver Beregningen noget mere vidtløftig; den skal i det følgende vises, idet der for Simpelheds Skyld regnes med det samme Eksempel som ovenfor. Terrainets Sidehældning μ er tænkt angivet som Decimalbrøk og indføres i Formlerne med sin numeriske Værdi.

Afgravning.

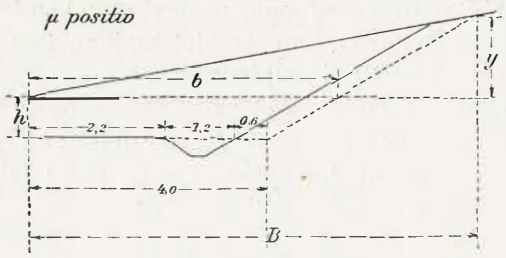


Fig. 189.

I Fig. 189 er

$$B = b + 1{,}5\,y \qquad y = \mu \cdot B$$

$$B = b + 1{,}5\,\mu \cdot B; \qquad B = \frac{b}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$b = 4{,}0 + 1{,}5 \cdot h$$

$$\underline{B = \frac{4{,}0 + 1{,}5h}{1 - 1{,}5\mu}}. \qquad (1)$$

For $h \geqq 4{,}0\mu$ (Fig. 190)

$$b = 4{,}0 + 1{,}5 \cdot h \qquad y = \mu \cdot B$$

$$B = b - 1{,}5y = 4{,}0 + 1{,}5\,h - 1{,}5\,\mu \cdot B$$

$$\underline{B = \frac{4{,}0 + 1{,}5 \cdot h}{1 + 1{,}5\mu}} \qquad (2)$$

μ negativ

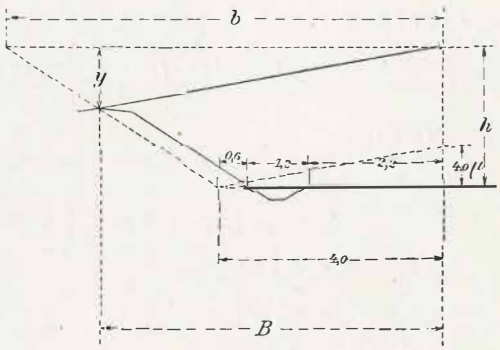


Fig. 190.

$4{,}0\mu > h > 2{,}2\mu$ (Fig. 191)

$$B = \frac{h + y}{\mu} = 2{,}2 + 1{,}5\,y + 1{,}8 = 4{,}0 + 1{,}5y$$

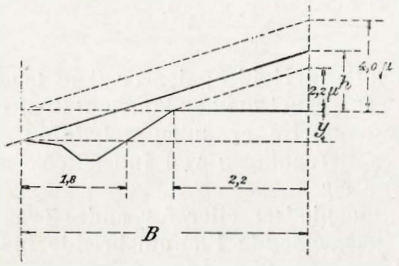


Fig. 191.

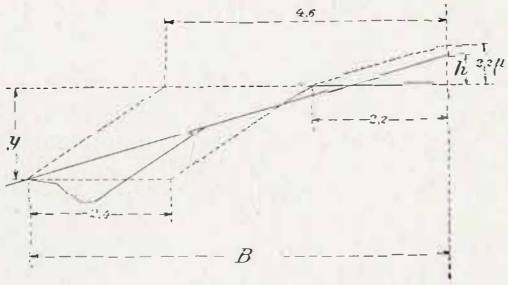


Fig. 192.

$$h + y = 4{,}0\mu + 1{,}5\mu \cdot y$$

$$y = \frac{4{,}0\mu - h}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$B = 4{,}0 + 1{,}5y = 4{,}0 + 1{,}5 \cdot \frac{4{,}0\mu - h}{1 - 1{,}5\mu} = \underline{\frac{4{,}0 - 1{,}5h}{1 - 1{,}5\mu}}. \qquad (3)$$

$2{,}2\mu > h > 0$ (Fig. 192)

$$B = \frac{h + y}{\mu} = 4{,}6 + 1{,}5y$$

$$h + y = 4{,}6\mu + 1{,}5\mu \cdot y; \qquad y = \frac{4{,}6\mu - h}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$B = 4{,}6 + 1{,}5\,\frac{4{,}6\mu - h}{1 - 1{,}5\mu} = \underline{\frac{4{,}6 - 1{,}5h}{1 - 1{,}5\mu}}. \qquad (4)$$

Paafyldning.

$h > 2{,}2\mu$ (Fig. 193)

$$b + 1{,}5y = B_0 = \frac{h - y}{\mu}$$

$$h - y = \mu \cdot b + 1{,}5\mu \cdot y$$

$$y = \frac{h - \mu \cdot b}{1 + 1{,}5\mu} \qquad (5a)$$

$$B_0 = b + \frac{1{,}5 \cdot h - 1{,}5\mu \cdot b}{1 + 1{,}5\mu} = \frac{b + 1{,}5h}{1 + 1{,}5\mu}$$

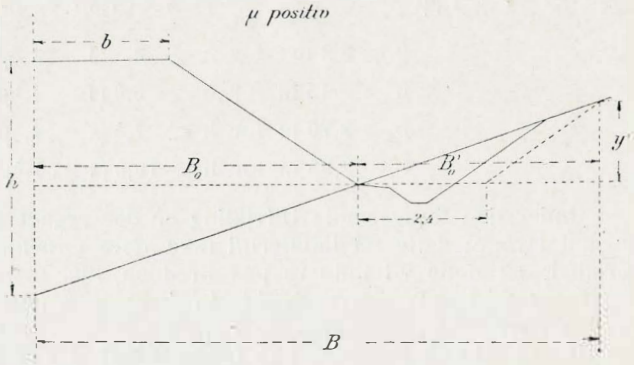


Fig. 193.

$$B'_0 \mu = (2{,}4 + 1{,}5y')\mu = y'; \quad y' = \frac{2{,}4 \cdot \mu}{1 - 1{,}5\mu}; \quad B'_0 = \frac{y'}{\mu} = \frac{2{,}4}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$B = B_0 + B'_0 = \frac{b + 1{,}5 \cdot h}{1 + 1{,}5\mu} + \frac{2{,}4}{1 - 1{,}5\mu} \qquad (5)$$

$b = 2{,}2$ for $h < 2{,}5\,(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}2\mu$

$b = 2{,}45$ for $h < 5{,}0\,(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}45\mu$

$b = 2{,}70$ for $h < 7{,}5\,(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}70\mu$

$b = 2{,}95$ for $h < 1{,}00\,(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}95\mu$

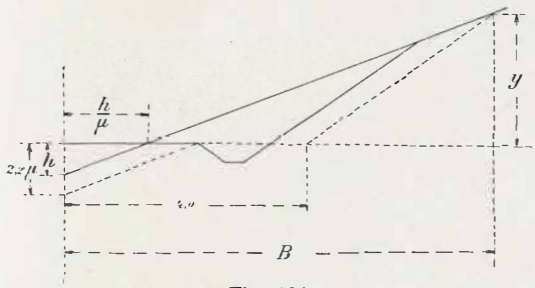


Fig. 194.

μ positiv $h < 2{,}2\mu$ (Fig. 194).

$$B = 4{,}0 + 1{,}5y$$

$$\left(4{,}0 - \frac{h}{\mu} + 1{,}5y\right)\mu = y;$$

$$y = \frac{4{,}0\mu - h}{1 - 1{,}5 \cdot \mu}$$

$$\left.\begin{aligned} B &= 4{,}0 + \frac{1{,}5 \cdot 4{,}0\mu - 1{,}5 \cdot h}{1 - 1{,}5\mu} \\ &= \underline{\frac{4{,}0 - 1{,}5 \cdot h}{1 - 1{,}5\mu}} \end{aligned}\right\} \qquad (6)$$

μ negativ (Fig. 195).

$$B_0 = b + 1{,}5 \cdot y = \frac{y - h}{\mu}$$

$$y - h = b \cdot \mu + 1{,}5\mu \cdot y$$

$$y = \frac{h + \mu \cdot b}{1 - 1.5 \cdot \mu} \qquad (7a)$$

$$B_0 = b + \frac{1{,}5 \cdot h + 1{,}5\mu \cdot b}{1 - 1{,}5\mu} = \frac{b + 1{,}5 \cdot h}{1 - 1{,}5\mu}$$

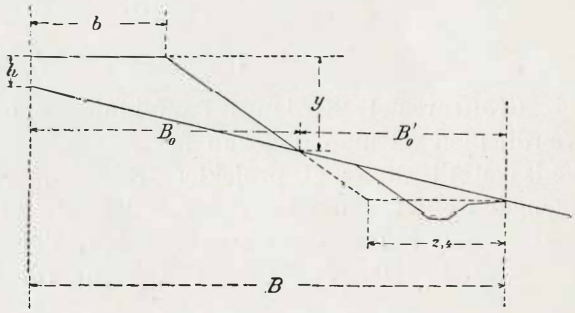


Fig. 195.

$$B'_0 = \frac{2{,}4}{1 - 1{,}5\mu}; \quad B = B_0 + B'_0 = \frac{b + 1{,}5 \cdot h}{1 - 1{,}5\mu} + \frac{2{,}4}{1 - 1{,}5\mu} = \frac{b + 2{,}4 + 1{,}5h}{1 - 1{,}5\mu} \quad (7)$$

$b = 2{,}2$ m for $h < 2{,}5\,(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}2\mu$

$b = 2{,}45$ m for $h < 5{,}0\,(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}45\mu$

$b = 2{,}70$ m for $h < 7{,}5\,(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}70\mu$

$b = 2{,}95$ m for $h < 10{,}0\,(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}95\mu$.

Under den foregaaende Udvikling er der regnet med, at Grøfterne overalt har normal Dybde; dette vil imidlertid ikke være Tilfældet; Grøfternes Dybde vil være variabel, og dette vil influere paa Bredden, idet denne vil blive større, naar Dybden forøges. Denne større Bredde indfører man lettest i Regningen som et Tillæg til den efter de ovenfor angivne Formler beregnede Bredde.

Breddetillæget beregnes paa følgende Maade ens for Afgravning og Paafyldning.

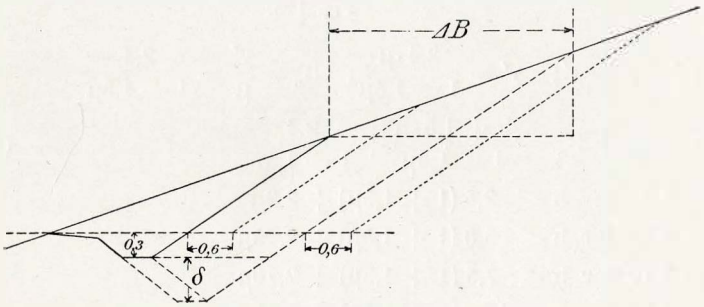


Fig. 196.

μ positiv (Fig. 196)

$$\Delta B = 3\delta + 1{,}5\,\Delta B \cdot \mu$$

$$\Delta B = \frac{3\delta}{1 - 1{,}5\mu} \quad (8)$$

μ negativ (Fig. 197)

$$\Delta B = 3\delta - 1{,}5\,\Delta B \cdot \mu$$

$$\Delta B = \frac{3\delta}{1 + 1{,}5\mu} \quad (9)$$

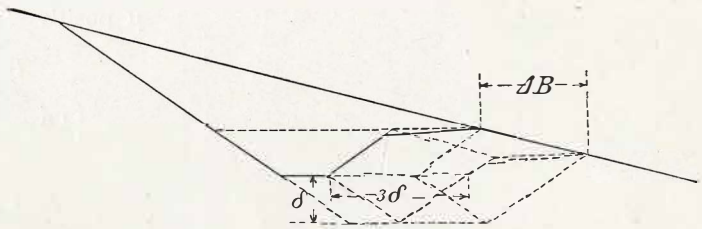


Fig. 197.

§ 18. Grøfter.

1. Langs Paafyldninger.

Grøftearealet 2G langs Paafyldninger har vel som Regel en konstant Værdi, men da man dog kan faa Anvendelse for Fordybningsgrøfter, er man nødsaget til straks at projektere Grøfterne ved Indtegning af Bundlinierne i Længdeprofilet. Man begynder bedst med at indtegne Bundlinien i den normale Dybde δ under Terrainoverfladen. Har denne ikke Sidefald, ligger begge Grøftebunde i Dybden δ under Længdeprofilets Terrainlinie.

Har Terrainet derimod Sidefald, findes Grøftekoten for normal Grøftedybde (her regnes med $\delta = 0{,}30$ m) paa følgende Maade:

μ positiv

$$y = \frac{h - \mu \cdot b}{1 + 1{,}5\mu} \qquad (5a)$$

$$h - y = h - \frac{h - \mu \cdot b}{1 + 1{,}5\mu}$$

$$= \frac{(1{,}5 \cdot h + b)\mu}{1 + 1{,}5\mu}$$

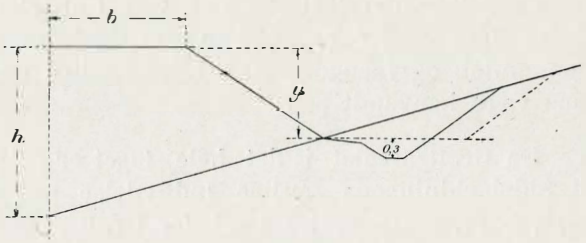


Fig. 198.

$$\left.\begin{aligned} \text{Grøftekote} &= \text{Planumskote} - \left(\frac{h - \mu \cdot b}{1 + 1{,}5\mu} + 0{,}30\right) \\ &= \text{Terrainkote} - \left(0{,}30 - \frac{(1{,}5 \cdot h + b)\mu}{1 + 1{,}5 \cdot \mu}\right) \end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

$b = 2{,}2$ for $h < 2{,}5(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}2\mu$

$b = 2{,}45$ for $h < 5{,}0(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}45\mu$

$b = 2{,}70$ for $h < 7{,}5(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}70\mu$

$b = 2{,}95$ for $h < 10{,}0(1 + 1{,}5\mu) + 2{,}95\mu.$

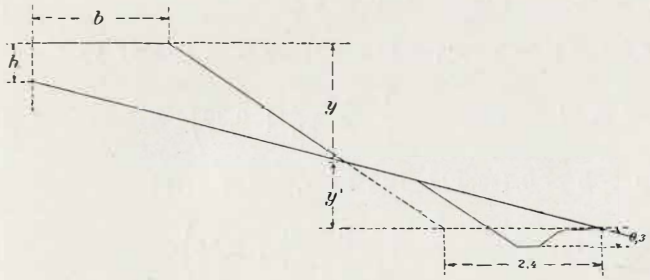


Fig. 199.

μ negativ

$$y = \frac{h + \mu \cdot b}{1 - 1{,}5\mu} \qquad (7a)$$

$$y' = \frac{2{,}4\mu}{1 - 1{,}5\mu};$$

$$y + y' = \frac{h + (2{,}4 + b)\mu}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$y + y' - h = \frac{h + (2{,}4 + b)\mu}{1 - 1{,}5\mu} - h = \frac{(1{,}5h + 2.4 + b)\mu}{1 - 1{,}5\mu}$$

$$\text{Grøftekote} = \text{Planumskote} - \left(\frac{h + (2{,}4 + b)\mu}{1 - 1{,}5\mu} + 0{,}30\right)$$

$$= \text{Terrainkote} - \left(\frac{(1{,}5h + 2{,}4 + b)\mu}{1 - 1{,}5\mu} + 0{,}30\right)$$

$b = 2{,}2$ for $h < 2{,}5(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}2\mu$

$b = 2{,}45$ for $h < 5{,}0(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}45\mu$

$b = 2{,}70$ for $h < 7{,}5(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}70\mu$

$b = 2{,}95$ for $h < 10{,}0(1 - 1{,}5\mu) - 2{,}95\mu,$

De paa denne Maade bestemte Punkter af Grøftebundene forbindes med rette Linier, og derved er de saakaldte foreløbige Grøftebunde bestemt. Man undersøger derpaa, om disse Grøfter kan bruges, om der f. Eks. er tilstrækkeligt Længdefald — som Regel forlanges mindst 2 ‰ — og hvor dette ikke

er Tilfældet, tilvejebringes det ved Fordybning. Hvor Gennemløb lægges under Banen eller Vejen, kan der ligeledes ved Sammenskæringen mellem Gennemløb og Længdegrøfter blive særlige Forhold, som Opmærksomheden maa være henvendt paa.

Da Grøftearealet i det hele taget er lille, tager man ofte ikke Hensyn til Sidehældningens særlige Indflydelse paa dets Størrelse. I Tabel 16 er angivet Tværsnitsarealet i m^2 for Grøfter langs Dæmninger, hvor der ved Beregningen er taget Hensyn til Sidehældningen.

2. Langs Afgravninger.

I Afgravning bestemmes Grøftebundens Beliggenhed som Regel i Forhold til Planum, og de to Grøftebunde kommer da næsten altid til at ligge i samme Højde.

Til Bestemmelse af Bundkoten kan benyttes følgende, naar der regnes med en normal Grøftedybde 0,30 m.

For μ positiv i alle Tilfælde og for μ negativ samt $h > 4{,}0\mu$ er

$$\text{Bundkote} = \text{Planumskote} - 0{,}30. \tag{11}$$

For μ negativ samt $4{,}0\mu > h > 2{,}2\mu$ (se Fig. 191 og Værdien af y)

$$\text{Bundkote} = \text{Planumskote} - \left(\frac{4{,}0\mu - h}{1 - 1{,}5\mu} + 0{,}30\right). \tag{12}$$

For μ negativ samt $2{,}2\mu > h > 0$ (se Fig. 192 og Værdien af y)

$$\text{Bundkote} = \text{Planumskote} - \left(\frac{4{,}6\mu - h}{1 - 1{,}5\mu} + 0{,}30\right). \tag{13}$$

§ 19. Beregning af Skraaningsarealets Størrelse.

Skraaningsarealets Størrelse maa beregnes af Hensyn til Beregningen af den Udgift, som Reguleringen af Beklædningen af Skraaningerne medfører.

Har Terrainet ikke Sidehældning, eller regnes der som ved foreløbige Beregninger ikke med Sidehældningen, kan Skraaningsarealets Størrelse beregnes for fri Bane for det ovenfor benyttede Eksempel og i det hele for vilkaarlig Planumsbredde paa følgende Maade, idet Stationsafstanden er 20 m, de aflæste Højder kaldes h, Antallet af Stationslængder à 20 m kaldes n.

Afgravning

$$A_A = 20\left[\Sigma 2h\sqrt{1{,}5^2 + 1^2} + 4n\sqrt{0{,}3^2 + 0{,}45^2}\right] = 72{,}08\sum_0^n h + 43{,}25n$$

Paafyldning

$$A_P = 20\left[\Sigma 2h\sqrt{1{,}5^2 + 1^2} + 4n\sqrt{0{,}25^2 + 1{,}5^2 \cdot 0{,}25^2}\right] = 72{,}08\sum_0^n h + 36{,}04 \cdot n$$

Har Terrainet Sidehældning, gaar man nemmest frem paa den Maade, at at man finder den vandrette Projektion af Skraaningsarealet ved fra det totale Ekspropriationsareal at trække de »vandrette« Arealer: Planum, Grøftebunde og Banketter. Af den vandrette Projektion af Skraaningsarealet findes selve Skraaningsarealet let, især ved Jernbaner, hvor man som Regel altid har samme Anlæg 1,5, mens man f. Eks. ved Veje, hvor der anvendes forskelligt Anlæg, faar en noget omstændeligere Beregning.

§ 20. Grafisk Bestemmelse af Jordvolumen.

Naar Profilarealerne er bestemte i m^2, findes Jordmassen mellem Profilerne efter Prismemetoden ved at multiplicere den halve Profilsum med Profilafstanden i m, altsaa, hvis Profilafstanden er 20 m, ved Multiplikation af Profilsummen med 10. Hvis man har fundet Arealerne grafisk eller i hvert Fald afsat dem ved Tegning i Arealprofilet, kan ogsaa Volumenberegningen meget let udføres grafisk. Man vælger en passende Volumenmaalestok f. Eks. 1 cm = 200 m^3. Er Profilsummen S, er Volumen for en Profilafstand af 20 m

$$V = \tfrac{1}{2} \cdot S \cdot 20.$$

S finder man som Længde ved at addere de to Profilarealer med Passeren. Indføres V og S i cm findes

$$V \cdot 200 = \tfrac{1}{2} \cdot S \cdot 5 \cdot 20$$
$$V = \tfrac{1}{4} S.$$

Reduktionen sker da ved en Reduktionsvinkel 1 : 4.

For forskellige Maalestoksforhold for Volumen og Areal vil Størrelsen af Reduktionsvinklen fremgaa af følgende Sammenstilling.

Tabel 17.

Volumenmaalestok	1 cm = 100	200	300	400	500	1000	1500	2000 m^3
Arealmaalestok								
1 cm = 5 m^2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{8}$	$^1/_{10}$	$^1/_{20}$	$^1/_{30}$	$^1/_{40}$
1 cm = 10 m^2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$^1/_{10}$	$^1/_{15}$	$^1/_{20}$
1 cm = 20 m^2	2	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{1}{5}$	$^2/_{15}$	$^1/_{10}$

For Profilsummen S = AB′ vil det til 20 m Profilafstand svarende Volumen være V = B′C′ = Punktet B's Afstand fra Linien A—20, fordi $\frac{V}{S} = \frac{1}{4}$. Imidlertid skal man ogsaa kunne bestemme Volumen for mindre Profilafstande end 20 m. For

Profilafstand 15 m er $V \cdot 200 = \frac{1}{2} \cdot S \cdot 5 \cdot 15$; $V = \frac{3}{16} S$
— 10 - - $V \cdot 200 = \frac{1}{2} \cdot S \cdot 5 \cdot 10$; $V = \frac{1}{8} \cdot S$
— 5 - - $V \cdot 200 = \frac{1}{2} \cdot S \cdot 5 \cdot 5$; $V = \frac{1}{16} \cdot S$.

Er Jorden af en saadan Beskaffenhed, at man maa regne med en blivende Udvidelse af f. Eks. 2 %, skal de teoretiske Paafyldningsvolumina formindskes med disse 2 %. altsaa i Forholdet $\frac{98}{100}$. I Volumendiagrammet (Fig. 200) afsættes AO = 100, og om O som Centrum slaas en Cirkelbue med Radius 98,

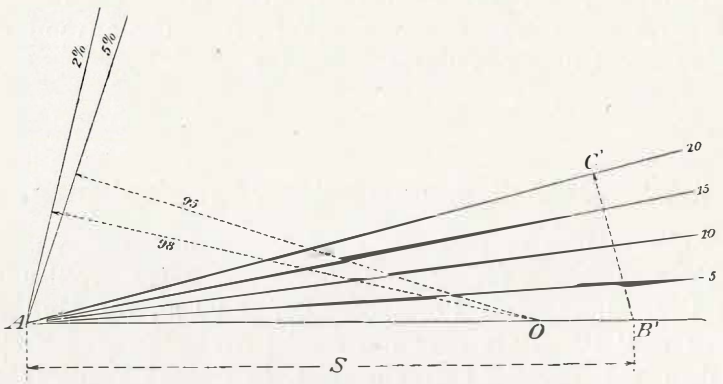


Fig 200.

til hvilken trækkes en Tangent fra A, der mærkes med 2 %, idet ethvert Punkt i Grundlinien AB har en Afstand fra 2 % Linien, der er 2 % kortere end dets Afstand til A. Paa lignende Maade konstrueres Procentlinier for andre forekommende Værdier af den blivende Udvidelse.

Med Passeraabningen $A_1 + A_2 = S$ opsøges først B', hvis Afstand til den rigtige Procentlinie maales, hvorefter man med den nye Passeraabning atter gaar ud fra A, finder et nyt B' og saa maaler det dertil svarende Volumen. Ved enhver anden Beregningsmaade, der giver Volumen mellem Profilerne udtrykt ved Tal, maa disse Procenttillæg særlig beregnes og volder altsaa ekstra Besvær, medens Ulejligheden kun er meget lille, naar man bruger grafisk Volumenbestemmelse.

Ved Arbejder, hvor Jorden skal oplægges midlertidig eller i Sideaflejringer, spiller den blivende Udvidelse selvfølgelig ingen Rolle.

De som Længder fundne Rumfang fra Profil til Profil kan man enten aflæse paa en Volumenmaalestok og opføre i en Tabel, eller man kan direkte uden nogen Aflæsning benytte dem til Tegning af den saakaldte Massekurve, der benyttes til Bestemmelse af Middelflytteafstanden, og hvis Brug vil blive nærmere forklaret i § 21.

Naar man vil anvende grafisk Jordberegning, skal man tegne det egentlige Længdeprofil, Arealkurve og Massekurve under hinanden med fælles Stationering, og det er derfor praktisk straks at inddele Tegnepapiret ved lodrette Paralleler med indbyrdes Afstand lig den normale Profilafstand (20 m), af hvilke 100 m Linierne trækkes kraftigere op, og ved vandrette Paralleler med en Afstand af 5 m, maalt paa Længdeprofilets Højdemaalestok til Lettelse ved de forskellige Højdeafsætninger. Dette Linienæt konstrueres over hele Papiret med Undtagelse af en smal Strimmel foroven, der kan benyttes til Optegning af Situationsplanen. Da Beregningens Paalidelighed i høj Grad afhænger af

den Nøjagtighed, hvormed Tegningen udføres, maa Nættets Konstruktion udføres omhyggeligt, og dets Linier trækkes kun fint op med tynd Tusch eller brun Farve, saa Mærket af en Passerspids kan ses i Linien.

§ 21. Bestemmelse af Flytteafstanden.

1. Massekurven.

Betalingen for Udførelsen af et Jordarbejde omfatter dels Udgravningen eller Løsningen af Jorden og dens Læsning paa Vogn, dels Udgiften til Transport og Aflæsning. De første Udgifter er proportionale med Jordmængden men varierende med Jordens Fasthed, de sidste Udgifter er om ikke proportionale med, saa dog afhængige af Transportafstanden. Til en fuldstændig Jordberegning hører derfor ikke blot en nøjagtig Beregning af Jordmængden, men ogsaa af Flytteafstanden.

For et bestemt Volumenelement ΔM vil Flytteafstanden være Afstanden l mellem Elementets Beliggenhed i Afgravningen og i Paafyldningen, og Produktet $l \cdot \Delta M$ vil afgive et Maal for Arbejdet ved dets Flytning, medens Arbejdet ved Flytningen af hele Jordmassen $M = \Sigma \Delta M$ vil være $A = \Sigma l \Delta M$, hvilken Størrelse fremstilles ved Arealet mellem Abscisseaksen og en Kurve, hvis Ordinater er Summen af Jordmængderne mellem Begyndelsespunktet og det betragtede Punkt, den saakaldte *Brucknerske* Transportkurve.

Har man Jordmængden mellem Profilerne opført i en Tabel danner man deraf en ny Tabel ved successiv Addition af alle Afgravningsmængder og Subtraktion af alle Paafyldningsmængder. Naar den sædvanlige Regel følges, at St 0 lægges ved venstre Ende af Længdeprofilet, vil de Tal, man paa denne Maade kommer til, stadig angive Summen af Jordmængderne, der findes til venstre (foran) for vedkommende Profil, Afgravninger regnede positive, Paafyldninger negative, altsaa enten den Jordmængde, som er tilovers i Profilet og skal transporteres til højre ud over det, eller den Jordmængde, som mangler og skal skaffes til Veje ved Transport fra højre til venstre.

Tabel 18.

St.	Jordmængde mellem Profilerne		Jordmængde foran Profilet
	Afgravning	Paafyldning	
	m³	m³	m³
0			0
2	35,7		35,7
4	140,2		175,9
6	218,0		393,9
8	120,1		514,0
10	54,2		568,2
12		78,3	489,9
14		190,1	299,8
16		236,2	63,6
18		370,1	−306,5

Disse positive eller negative Overskud af Jord afsættes fra en vandret Linie som positive eller negative Ordinater til en Kurve, Transportkurven eller Massekurven, der danner forskellige Bølgelinier, som snart falder over Aksen, snart under den (Fig. 201). I Skæringspunkterne med Aksen er Overskudet af

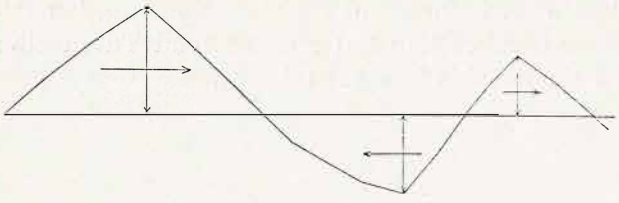


Fig. 201.

Jord lig Nul, og mellem to Skæringspunkter er der altsaa Udligning, idet den udgravede Jord netop gaar med til Paafyldningerne paa samme Strækning. Skæringspunkterne med Aksen betegnes derfor som Udligningspunkterne, og da disses Beliggenhed varierer med Aksens Beliggenhed i Forhold til Kurven og for hver enkelt Stilling angiver en forskellig Fordeling af Jorden, kaldes Aksen i Almindelighed for Fordelingslinien.

Naar Kurven stiger til højre, vindes Jord i Afgravning; naar den falder til højre, bruges Jord i Paafyldning. Hver enkelt Bølge betegner et særligt Transportomraade; ligger Kurven over Fordelingslinien, falder Udgravningen til venstre for Paafyldningen, og Jorden skal flyttes fra venstre til højre; ligger Kurven under Fordelingslinien, falder Paafyldningen til venstre for Udgravningen, og Jordtransporten skal foregaa fra højre til venstre, saaledes som angivet med Pile i Fig. 201.

Maksimumsordinaten til hver enkelt Bølge angiver den totale Jordmængde, som skal udgraves og flyttes indenfor det paagældende Transportomraade, og Maksimumspunktets Beliggenhed falder sammen med Grænsen mellem Afgravning og Paafyldning (Fig. 202).

Tænkes Ordinaten M delt i alle sine Enheder ΔM, og man trækker vandrette Linier gennem alle Delingspunkterne, vil der fremkomme Trapezer, der, for ΔM tilstrækkelig lille, kan beregnes som Rektangler $l\Delta M$ og fremstiller Flytteарbejdet for Jordmængmængden ΔM, og hele Arealet af Bølgen vil altsaa fremstille Flytteарbejdet ved Jordmassen M

$$A = \Sigma\, l\Delta M$$

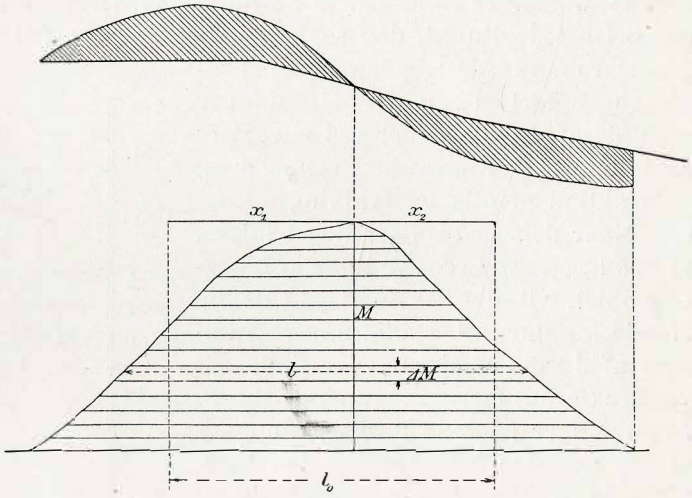


Fig. 202.

Forvandles Bølgen til et Rektangel med Højde M og af samme Areal som Bølgen, vil dets Grundlinie l_0 bestemt ved

$$M \cdot l_0 = \Sigma\, l\Delta M$$

være Middelflytteafstanden for Jordmassen M, hvorved forstaas, at man faar

samme Udgift ved at regne hele Jordmængden M flyttet Længden l_0 som ved at regne hvert enkelt Element ΔM flyttet sin specielle Længde l.

Udgiften ved Transport af en Kubikenhed Jord vil for de almindelig anvendte Flytteredskaber altid kunne udtrykkes ved

$$p = \alpha + \beta . l$$

hvor α og β er Konstanter med særlige Værdier for de forskellige Flytteredskaber. Udgiften ved Flytning af Jordmængden M gennem Middelflytteafstanden l_0 bliver altsaa

$$P = M(\alpha + \beta \cdot l_0) = M\alpha + \beta \cdot M \cdot l_0$$

mens Udgiften for Flytningen af de enkelte Elementer, hvert gennem sin Længde, bliver

$$P' = \Sigma \Delta M \cdot (\alpha + \beta \cdot l) = \alpha \Sigma \Delta M + \beta \Sigma l \cdot \Delta M = P$$

da

$$\Sigma \Delta M = M \text{ og } \Sigma l \Delta M = M \cdot l_0$$

I Almindelighed vil det være hurtigere at beregne Transportudgiften ved Hjælp af Middelflytteafstanden, end at opsummere Udgifterne for de enkelte mellem Profilerne liggende Jordmasser.

Hvis man bruger grafisk Jordberegning, er det ikke nødvendigt at aflæse de fundne Længder paa en Volumenmaalestok for derefter at opføre dem i en Tabel og ved successiv Addition finde Massekurvens Ordinater; man kan nemmere bruge dem direkte til Afsætning af Kurven.

Har man saaledes Afgravning fra St. 0—3a (Fig. 203) afsættes de enkelte Rumfang mellem Profilerne 0—1, 1—2, 2—3, 3—3a efter hinanden f. Eks. op ad den første Ordinat, og fra de enkelte Punkter føres vandrette Linier til Skæring med de tilsvarende Ordinater, hvorved den stigende Gren af Massekurven bestemmes. Derefter afsættes i Orden Paafyldningsrumfangene 3a—4, 4—5, 5—6, 6—7, 7—8, 8—8a ned ad Ordinaten 3a fra det fundne Kurvetoppunkt, og den nedstigende Gren bestemmes ved Skæringen mellem vandrette Linier gennem Punkterne og de tilsvarende Ordinater. Kurvens Skæringspunkt med Fordelingslinien bestemmer, hvor langt ind i Paafyldningen Jorden fra Afgravningen strækker til, og man kan altsaa

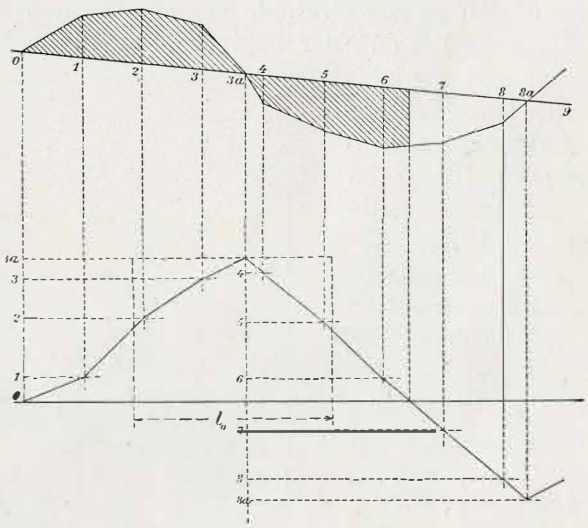


Fig. 203.

i Arealprofilet markere Beliggenheden af de forskellige Jordmasser i Afgravning og Paafyldning, som skal dække hinanden, ved fælles Signatur, f. Eks. ved Overlægning med samme Farve.

Bestemmelsen af Arealet mellem Fordelingslinien og Massekurvens Bølger kan ske paa en hvilken som helst Maade. Hvis Jordmængderne i det hele er smaa, saa Kurven ligger nær ved Fordelingslinien, finder man lettest Arealet ved at summere Højderne med Passer to og to, aflæse Volumen og multiplicere med den halve Profilafstand i m. Har man flere Gange i Træk samme Profilafstand, adderes med Passeren Halvdelen af første og sidste Ordinat til alle Mellemordinaterne, og Summen multipliceres med Profilafstanden. Resultatet er altsaa $m^3 \cdot m$, og naar Produktet (eller Summen af Produkterne) divideres med Bølgens største Ordinat i hele Jordmassen i vedkommende Transportomraade, faas Middelflytteafstanden (Fig. 204).

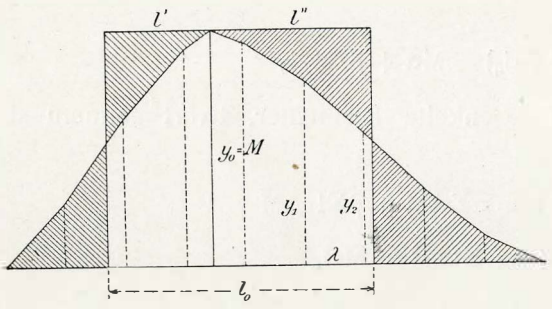


Fig. 204.

$$l_0 = \frac{\Sigma (y_1 + y_2) \frac{\lambda}{2}}{y_0}$$

Det er rimeligt at bestemme særskilt de to Dele af Arealet paa hver sin Side af den største Ordinat, da man saa faar Middelflytteafstanden delt i de to Længder l' og l'', der angiver Middelflytteafstanden henholdsvis i Afgravningen og i Paafyldningen.

Er Massekurvens Ordinater store, bruger man lettere en grafisk Bestemmelse af Middelflytteafstanden, der gaar ud paa at dele Arealet i en Række Trekanter, der forvandles til andre Trekanter med Toppunktsordinaten som Højde, saaledes at Summen af Grundlinierne vil angive den dobbelte Middelflytteafstand. Lad $aa_0 = M$ (Fig. 205) betegne den største Ordinat, $abcde_0$ Massekurven og $b_0c_0d_0$ Skæringspunkter mellem Ordinaterne og Fordelingslinien a_0e_0 samt b_1 c_1 d_1 Delings-

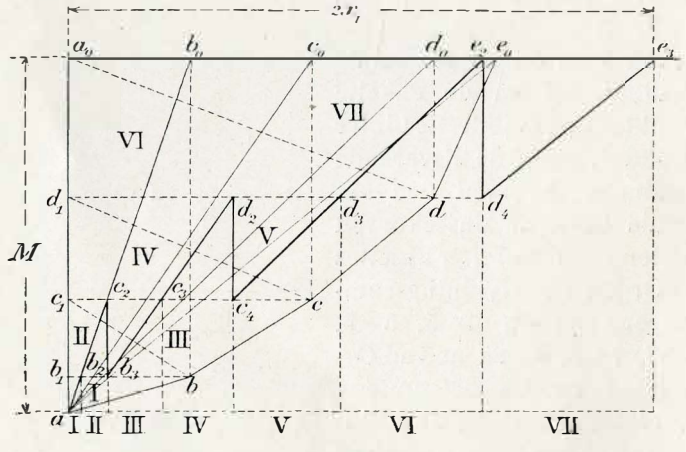


Fig. 205.

punkterne for Volumentilvæksterne fra Profil til Profil, saa kan Grundlinien x_1 for et Rektangel med Højde aa_0 og samme Størrelse som Arealet abcd e_0a_0 findes paa følgende Maade:

Man trækker fra a Skraalinier til b_0, c_0, d_0 og e_0 og tegner derefter Linierne

$$ab_2c_2 \neq ab_0 \quad \text{og} \quad c_2b_3 \text{ lodret},$$
$$b_3c_3d_2 \neq ac_0 \quad \text{og} \quad d_2c_4 \text{ lodret},$$
$$c_4d_3e_2 \neq ad_0 \quad \text{og} \quad e_2d_4 \text{ lodret},$$

og

$$d_4e_3 \neq ae_0.$$

Saa vil Længden $a_0e_3 = 2x_1$.

Arealet A_1 mellem Massekurve, Fordelingslinie og største Ordinat deles i Trekanterne I, II, III, IV, V, VI og VII.

Nu er

I $$\triangle abb_1 = aa_0 \cdot bb_2 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle abb_1}{\triangle ab_0a_0} = \frac{ab_1}{aa_0} = \frac{b_1b_2}{a_0b_0},$$

altsaa $$ab_1 \cdot a_0b_0 = aa_0 \cdot b_1b_2 = 2\triangle abb_1.$$

II $$\triangle b_1c_1b = aa_0 \cdot b_2b_3 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle b_1c_1b}{\triangle aa_0b_0} = \frac{b_1c_1}{aa_0} = \frac{b_2b_3}{a_0b_0},$$

altsaa $$b_1c_1 \cdot a_0b_0 = aa_0 \cdot b_2b_3 = 2\triangle b_1c_1b.$$

III $$\triangle bc_1c = aa_0 \cdot c_2c_3 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle bc_1c}{\triangle aa_0c_0} = \frac{b_1c_1}{aa_0} = \frac{c_2c_3}{a_0c_0},$$

altsaa $$b_1c_1 \cdot a_0c_0 = aa_0 \cdot c_2c_3 = 2\triangle bc_1c.$$

IV $$\triangle cc_1d = aa_0 \cdot c_3c_4 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle cc_1d}{\triangle aa_0c_0} = \frac{c_1d_1}{aa_0} = \frac{c_3c_4}{a_0c_0},$$

altsaa $$c_1d_1 \cdot a_0c_0 = aa_0 \cdot c_3c_4 = 2\triangle cc_1d.$$

V $$\triangle cd_1d = aa_0 \cdot d_2d_3 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle cd_1d}{\triangle aa_0d_0} = \frac{c_1d_1}{aa_0} = \frac{d_2d_3}{a_0d_0},$$

altsaa $$c_1d_1 \cdot a_0d_0 = aa_0 \cdot d_2d_3 = 2\triangle cd_1d.$$

VI $$\triangle d_1a_0d = aa_0 \cdot d_3d_4 \cdot \tfrac{1}{2},$$

thi $$\frac{\triangle d_1a_0d}{\triangle aa_0d_0} = \frac{d_1a_0}{aa_0} = \frac{d_3d_4}{a_0d_0},$$

altsaa $$d_1a_0 \cdot a_0d_0 = aa_0 \cdot d_3d_4 = 2 \triangle d_1a_0d.$$

VII $$\triangle da_0e_0 = aa_0 \cdot e_2e_3 \cdot \tfrac{1}{2}$$

thi $$\frac{\triangle da_0e_0}{\triangle aa_0e_0} = \frac{d_1a_0}{aa_0} = \frac{e_2e_3}{a_0e_0},$$

altsaa $$d_1a_0 \cdot a_0e_0 = aa_0 \cdot e_2e_3 = 2 \triangle da_0e_0.$$

Altsaa faas

$$A_1 = \tfrac{1}{2} aa_0 (b_1b_2 + b_2b_3 + c_2c_3 + c_3c_4 + d_2d_3 + d_3d_4 + e_2e_3) = \tfrac{1}{2} aa_0 \cdot a_0e_3 = aa_0 \cdot x_1.$$

Naar den Del af Massekurven, som ligger til venstre for største Ordinat, behandles paa samme Maade, faas analogt Arealet

$$A_2 = aa_0 \cdot x_2$$

og

$$A_1 + A_2 = aa_0 (x_1 + x_2) = M(x_1 + x_2),$$

saa Længden $x_1 + x_2$ er Middelflytteafstanden for Jordmassen M.

Beskrivelsen og Beviset for denne Fremgangsmaade er vidtløftige nok, men Udførelsen af Konstruktionen er hurtig, fordi man under Afsætningen af Massekurven i Forvejen har tegnet de lodrette og vandrette Hjælpelinier.

2. Detailleret Beregning af Flytteudgiften.

Hvis man ønsker mere detaillerede Oplysninger om Anvendelsen af de forskellige Jordmasser mellem Profilerne og deres Flytteafstande f. Eks. for at kunne bortakkordere Arbejdet i Smaaparceller, kan dette opnaas ved Hjælp af Massekurven.

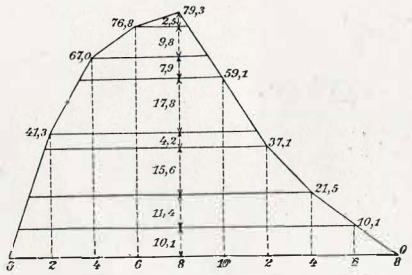


Fig. 206.

Lad f. Eks. Fig. 206 være en Bølge af Massekurven med de i Figuren indskrevne Ordinater. Man trækker da gennem alle Kurvens Knækpunkter vandrette Linier, som deler hele Jordmassen i mindre Dele, hvis Flytteafstand kan udmaales direkte, saaledes at man kan opstille en Tabel, der indeholder Jordmængderne, Profilerne mellem hvilke de udgraves, og mellem hvilke de skal oplægges, Flytteafstanden og Transportudgiften, der til Dels beror paa Valget af Flytteredskab.

Naar en saadan Tabel suppleres med et Arealprofil, hvori de forskellige Jordmassers Beliggenhed angives og i Paafyldning og Afgravning mærkes med samme Nr. og Farve, faar man baade gode Detailoplysninger og god Oversigt, men det er temmelig besværligt at udarbejde Flyttetabellen, og for Overslagets Skyld kan man godt nøjes med at bestemme Middelflytteafstanden.

§ 22. Valget af Fordelingslinien.

Inden man beregner Massekurvens Bølger og bestemmer Middelflytteafstanden, maa man undersøge, om ogsaa den foreløbig valgte Fordelingslinie, hvorfra Kurven er afsat, giver den fordelagtigste Fordeling af Jorden.

Naar man begynder Kurvens Konstruktion fra venstre, lægger man i Reglen Fordelingslinien saaledes, at man i St 0 hverken mangler Jord eller har Jord tilovers, og hvis Kurven ved højre Side ligeledes faar Ordinaten 0 — efter et større eller mindre Antal af Skæringer med Fordelingslinien, — saa har man opnaaet Udligning for hele Jordarbejdet. Ender Kurven derimod med en positiv eller negativ Ordinat, har man Jord tilovers eller mangler Jord. I mange Tilfælde vil man da kunne omlægge Planum saaledes, at man kan opnaa Udligning og bør som Regel stræbe derefter, for saa vidt det kan ske, uden at Jordmængden eller Flytteafstanden forøges. I andre Tilfælde er Planum bundet, saa Udligning er umulig, medens man kan have frit Valg med Hensyn til Stedet, hvor den manglende Jord skal sættes ind, eller Overskudet sættes ud.

Til Arealprofil *a* svarer Massekurven med Fordelingslinie AA (Fig. 207) med den negative Endeordinat M, saa der altsaa ved højre Ende mangler Jordmassen M. Indlægges derimod Fordelingslinien BB for alt tilhøjre for første Afgravning, saa kommer Jordmassen M til at mangle i første Paafyldning fra venstre, saaledes som det fremgaar af Arealprofil *b*, og det kan jo tænkes, at Betingelserne der er gunstigere for Tilvejebringelsen af den manglende Jord. Ved denne Forskydning nedad af Fordelingslinien er Jordmassen blevet forøget for alle Transporterne fra venstre til højre, og disse er altsaa blevet dyrere end før, medens Transporterne fra højre til venstre er blevet mindre og billigere, og kun hvis Forøgelsen paa første Konto er mindre end Besparelsen paa sidste, kan det betale sig at forskyde Fordelingslinien. Muligvis skal Forskydningen heller ikke omfatte hele den manglende Jordmasse, men kun en Del af den.

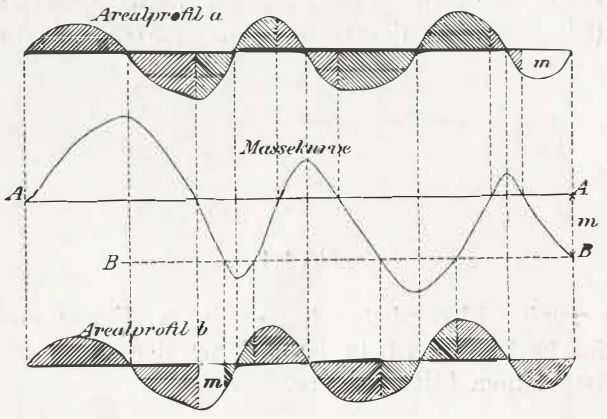


Fig. 207.

Det kunde tænkes, at man ved Undersøgelsen af den oprindelig valgte Fordelingslinie fandt, at dens Beliggenhed er gunstig for største Delen af Længden, f. Eks. for alt til venstre for Punktet C, eller at Planum indtil Punktet C er bundet i sin Beliggenhed ved Skæring med Veje el. lign. (Fig.

208). Til højre for Punktet C maa Fordelingslinien da forskydes til Stillingen BB. Transporten af Jordmængden M skal saa foregaa fra venstre til højre, og M maa altsaa vindes i Udgravningen mellem C og D. Det af M foraarsagede Transportarbejde fremstilles ved det skraverede Areal mellem Linierne AA og BB, der har samme Størrelse som Arealet mellem den oprindelige fuldtrukne Transportkurve og den punkterede Kurve, der fremkommer, naar man for hvert Profil adderer Sideudgravningens Volumen til det oprindelige Volumen og derved formelt opnaar Udligning. Det er særdeles praktisk, at man blot ved Forskydning af Fordelingslinien kan forandre Sideudgravningens Beliggenhed og vælge denne saa gunstig som muligt, f. Eks. langs en nogenlunde dyb Udgravning (Fig. 209), og derved opnaa, at Arealet, som skal eksproprieres til Sideudgravning bliver betydelig mindre, end naar Jorden skulde tages i en naturlig Bakkeskraaning (Fig. 210), hvor den gennemsnitlige Udgravningsdybde som Regel maa blive mindre.

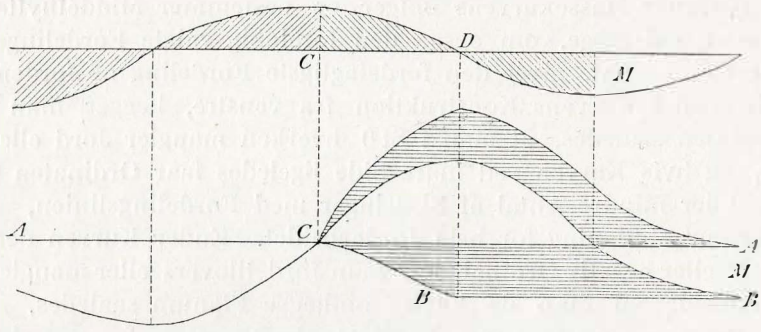


Fig. 208.

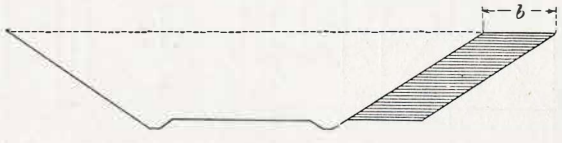


Fig. 209.

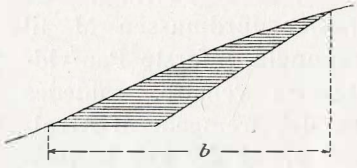


Fig. 210.

Selv om man har opnaaet Udligning for hele Anlæget, er det imidlertid ikke absolut givet, at den bør benyttes, da man undertiden kan opnaa kortere Flytteafstande ved at udsætte Jord et Sted og et andet indsætte en tilsvarende Jordmængde, og dermed en mindre samlet Udgift til Flytningen. Viser det sig fordelagtigere at forskyde Fordelingslinien opad, vil man komme til at mangle Jord ved højre Ende, som skal indsættes, hvorved Udgiften til Jordarbejdet forøges med Udgifterne til Udgravning, Transport og Areal for denne Jordmængde, og ved venstre Ende bliver der Jord for meget, som skal udsættes, hvorved foraarsages en Udgift til Transport og Areal til Oplægningen. Betingelsen for, at Fordelingslinien skal forskydes opad, vil derfor være, at disse forøgede Udgifter er mindre end det, der spares i Transportudgift. Man kan derfor ved gentagne Forsøg bestemme, hvor langt Linien bør forskydes, det vil sige, hvormange m^3 Jord, der bør indsættes ved den ene Ende og udsættes ved den anden.

Man er selvfølgelig herved ikke bundet til at forskyde Fordelingslinien i hele sin Længde, men kan vælge Stederne for Udsætning og Indsætning saa fordelagtigt som muligt og blot forskyde Linien mellem disse to Steder. I Reglen vil det være en enkelt lang Transportstrækning, der gør en Forskydning fordelagtig.

Sekundære Fordelingslinier indlægges, hvis Massekurven har Bølger, der slet ikke berører den oprindelige Fordelingslinie, og dette vil meget ofte være Tilfældet. Fig. 211 viser et Eksempel paa et Arealprofil med tilhørende Massekurve, hvis Bølger ikke alle berører Fordelingslinien AA, men der er i det hele Udligning, naar Jordtransporten paa den lange Strækning FG = o foregaar fra venstre til højre. Man maa imidlertid undersøge, om det ikke muligvis var rigtigere at sætte Jord ud ved F og ind ved G, idet Fordelings-

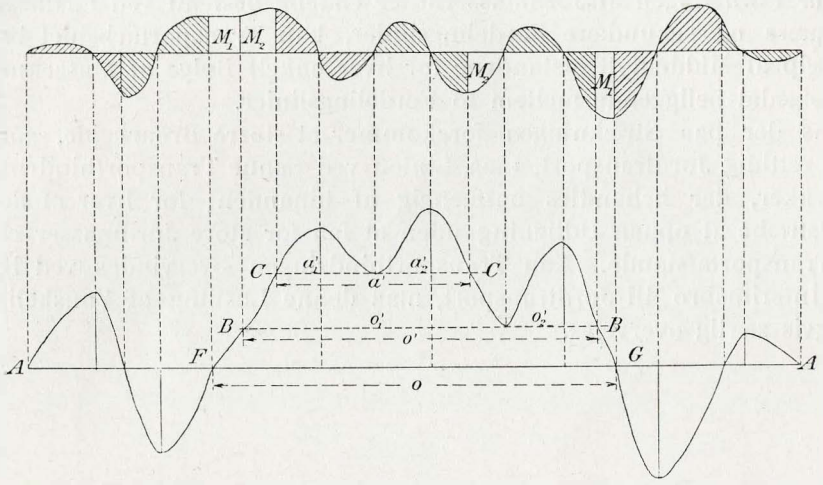


Fig. 211.

linien for denne Strækning forskydes opad, saa den lange Transport o undgaas. Bliver dette ikke billigere, skal hele Jordtransporten foregaa fra venstre til højre, og Jordfordelingen bestemmes ved Indlæggelse af de sekundære Fordelingslinier BB og CC, der tangerer Massekurven i Dybdepunkterne. Deres Beliggenhed er rigtig, fordi man ikke tjener noget ved at skyde dem op; naar Afstanden $o'_1 + o'_2 = o'$ vil ganske vist Bekostningerne $o'_1 + o'_2 > o'$ paa Grund af Formen for Transportudgifterne

$$p = k_1 + k_2 l$$

idet

$$k_1 + k_2 \cdot o'_1 + k_1 + k_2 \cdot o'_2 > k_1 + k_2 \cdot o'$$

men ved Forskydningen indkommer en lille Transport u i modsat Retning, hvis Værdi mindst er k_1, og derved forsvinder Besparelsen ved at transportere

1 m^3 paa den lange Strækning o′ i Stedet for to m^3 hver gennem de korte Strækninger o'_1 og o'_2.

Hvis derimod Udgiften til Transport er større end Udgiften til Ind- og Udsætning af Jord ved Enderne af Strækningen, saa skal Fordelingslinien forskydes opad, indtil Transportudgiften for Transport til højre bliver lige saa stor som de ved Flytning af Fordelingslinien foraarsagede Udgifter. Hele Jordmængden mellem den nye Beliggenhed af Fordelingslinien og den oprindelige Linie AA skal sættes ud ved venstre og ind ved højre Ende. Det kan tænkes, at Forskydningen bør drives saa vidt, at den endelige Fordelingslinie kommer helt op til Stillingen CC eller maaske højere endnu.

Dog maa det bemærkes, at Flytteafstanden o skal være temmelig stor, for at det skal betale sig bedre at sætte Jord ud og ind, da Ekstraudgifterne dertil, Ekspropriation til Oplægning og Udgravning samt Arbejde ved Udgravning og Læsning af den indsatte Jord, ikke er saa smaa.

Naar Fordelingen af Jordmasserne er endelig bestemt ved Fastlægningen af primære og sekundære Fordelingslinier, kan Transportarbejdet beregnes ved Hjælp af Middelflytteafstandene for hver enkelt Bølge af Massekurven og hver Bølgedal beliggende mellem to Fordelingslinier.

Hvis der paa Strækningen forekommer et større Broarbejde, som ikke tillader rettidig Jordtransport, maa Linien ved denne Transporthindring deles i to Stykker, der behandles uafhængig af hinanden; for hver af dem bør man tilstræbe at opnaa Udligning uden at faa for store Jordmasser eller for lange Transportafstande. Kan Transporthindringen overvindes ved Bygning af en Interimsbro til Jordtransport, maa denne Løsning af Vanskeligheden naturligvis særlig overvejes.

§ 23. **Særlige Jordflytninger.**

Saaledes som Udførelsen af Volumenberegningen og Bestemmelsen af Flytteafstanden er omtalt i det foregaaende, har det været Forudsætningen, at *Afgravninger udføres fra en Ende med deres fulde Dimensioner, og at Dæmninger ligeledes opføres fra en Ende med deres fulde Dimensioner,* og i Hovedtrækkene vil dette ogsaa stemme med den praktiske Udførelse. Imidlertid kan der dog forekomme særlige Jordflytninger, der faar Indflydelse paa Transportomkostningernes Størrelse, og som undertiden ikke kan spores direkte i Formen af det udførte Jordværk.

Man maa saaledes særlig beregne Udgiften til Flytning af Jord paa tværs af Linien, hvor der i samme Profil er baade Afgravning og Paafyldning f. Eks. overalt langs Dæmninger, for saa vidt den er af tilstrækkelig god Beskaffenhed. I Almindelighed foretager man ikke nogen særlig Beregning af Transportlængden men regner Flytningen lige saa dyr som Læsning, altsaa hele Udgiften lig Summen af Læsnings- og Løsningprisen, eller lidt dyrere,

hvis Flytteafstanden — i Profiler med stærk Sidehældning — er større end et almindeligt Kast. Denne Jordmængde er jo imidlertid angivet i Arealprofilet og kan let beregnes.

En Særstilling indtager den Jord, der benyttes til Rampeanlæg tværs paa Længderetningen, fordi Flytteafstanden her ofte bliver saa stor, at man maa beregne den særlig. I Længdeprofilet kan Paafyldningshøjden eller Afgravningsdybden h (Fig. 212) for den skærende Vej bestemmes, og den i Rampen indgaaende Jordmængde M kan findes ved Optegning af Vejens Længdeprofil og Indlæggelse af den nye Planum, eller blot ved Beregning af Rampens Længde ved Hjælp af de oprindelige og nye Stigningsforhold. Jorden, som vindes ved en Udgravningsrampe eller forbruges til en Paafyldningsrampe, skal henholdsvis oplægges i Hovedvejens (eller Banens) Dæmninger eller vindes i dens Udgravninger og underkastes altsaa en Længdetransport, der maa fremstilles i Massekurven; og paa det Sted, hvor Jorden fra en Afgravningsrampe sættes ind, eller Jorden til en Paafyldningsrampe sættes ud, faar Massekurven et lodret Spring af Højde lig Rampernes Volumen M, der fordeles mellem højre og venstre Rampe med Størrelserne m_1 og m_2. Tværtransporten fra Midtlinien ud i Ramperne (eller omvendt) kan imidlertid indføres i Massekurven og beregnes sammen med Længdetransporten. Ved større Ramper bestemmes Flyttearbejdet paa langs ad Ramperne (altsaa Tværflytning for Hovedlinien) nøjagtig ved deres Længdeprofil, Arealkurve og Massekurve; ved Smaaramper kan Massekurven for den enkelte Rampe tilstrækkelig nøjagtig bestemmes som Hypotenuse i en retvinklet Trekant med Rampelængden som vandret og Jordmængden som lodret Kathete. Disse Trekanter eller trekantlignende Figurer med Højde m_1 og m_2 indtegnes ved den store Massekurves Spring (i Fig. 212 de to punkterede Trekanter abc og cde) og lægges derefter ned paa Massekurven som Figur bdfg, saaledes at deres Areal adderes til

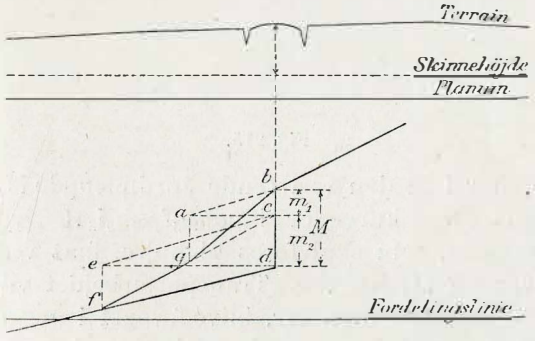


Fig. 212.

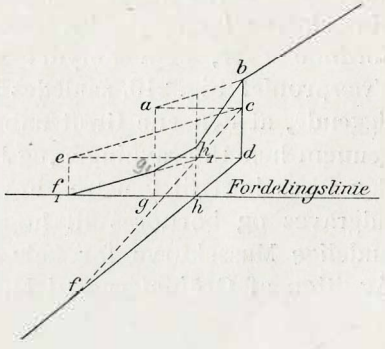


Fig. 213.

Massekurvens og kan beregnes sammen med det øvrige Areal. Hvis Fordelingslinien kommer til at skære de omformede Rampetransportarealer, maa de kun nedlægges til Fordelingslinien (Fig. 213) som Figur $bdhf_1g_1h_1$, og hvis Fordelingslinien skærer det lodrette Spring i Massekurven (Fig. 214), maa Rampetransportarealerne tillægges som de to Figurer bfgh og fid. At For-

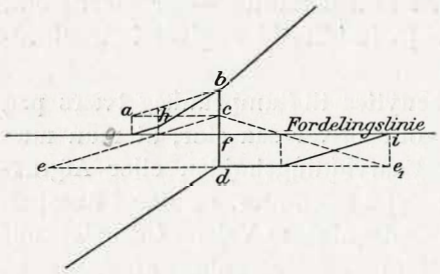


Fig. 214.

delingslinien skærer det lodrette Spring betyder jo, at en Del af Rampejorden skal føres til højre, en Del til venstre, og de dertil svarende Rampetransportarealer maa selvfølgelig adderes hvert til sit af Massekurvens Bølgearealer.

Hvis en Del af Jorden i en Afgravning med faldende Planum skal føres op ad Bakke, kan dens Udgravning, ikke foregaa paa normal Maade, idet man begynder ved den øverste Rand og efterhaanden arbejder sig nedad, fordi man saa ikke har Afløb fra Arbejdspladsen og let kan faa den oversvømmet ved stærk Regn; man maa udføre Arbejdet saaledes, at Vandafledningen stadig er sikret og kan derved tvinges ind paa en ret betydelig Forøgelse af Transportarbejdet. Fig. 215 viser Længdeprofilet AoB med tilhørende Arealprofil og Massekurve abcdefghi med Udligningspunkt o, saaledes at den Jord, der findes til højre for o skulde føres til højre op ad Bakke. Heraf kan paa sædvanlig Maade udgraves Jordmængden M_1, som ligger over Linien CB, der har passende Fald f. Eks. 1 : 100 til højre; hertil svarer Massekurven $d_1e_1f_1g_1h_1i_1$. Men derefter maa man aabne for Vandafledningen til venstre ved Udgravning af Jordmassen M_2 med Massekurve $b_2c_2d_2e_2f_2g_2h_2$. Denne Jordmasse er, som antydet ved Tværprofilet Fig. 216, saaledes beliggende, at den ene Grøft aabnes gennem hele Udgravningen, og Jorden føres bort til venstre. Først derefter kan den resterende Jordmængde M_3 udgraves og bortføres til højre; dens Massekurve er $b_3c_3d_3e_3f_3g_3h_3i_3$. Den endelige Massekurve for hele Jordmassen, som skal føres til højre, faas ved Addition af Ordinaterne til M_1 Kurven og M_3 Kurven. Transportarbejdet vil, som man ser, blive forøget i begge Retninger med de i Massekurven Fig. 215 skraverede Arealer.

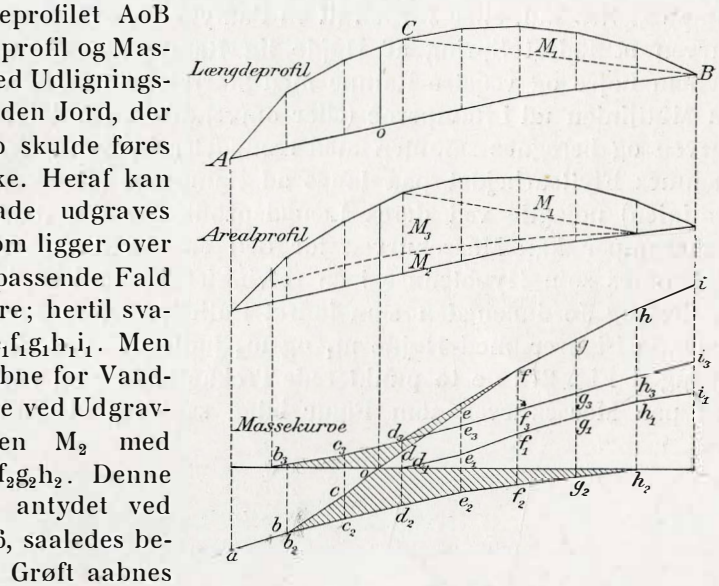


Fig. 215.

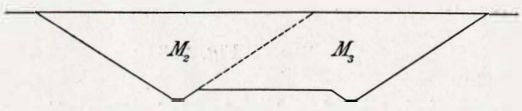


Fig. 216.

Ganske lignende Forhold kan fremkomme ved lagvis Opførelse af Dæmninger, hvor man ikke tør anvende den sædvanlige Overstyrtning, der stemmer med de i § 21 opstillede Principper for Flytteafstandens Beregning, men af Hensyn til Undergrundens Beskaffenhed, eller for at opnaa fastere Lejring af Jorden, vil bygge Dæmningen lagvis, og derfor hidfører al Jord

til de underste Lag af Dæmningen fra venstre Side og al Jord til de øverste Lag fra højre Side, i Stedet for at lade Opfyldningen fra begge Sider mødes i Midten. Har man Materiel og Folk nok til samtidig at paabegynde Dæmningen fra begge Sider, kan en lagvis Opførelse ganske vist gennemføres uden Forøgelse af Transportarbejdet, men det kunde jo tænkes, at man fra den ene Side faar sandet, fra den anden leret Fyld, og af Hensyn til en fugtig Undergrund ønsker at anbringe den sandede Fyld som Bundlag for hele Dæmningen. Transporterne fra venstre og højre maa da overdække hinanden, og Arbejdet forøges som antydet i Fig. 217, hvor den midterste Linie er den oprindelige Massekurve og de skraverede Arealer betegner Forøgelsen i Transportarbejdet paa Grund af den specielle Fordeling af Jorden.

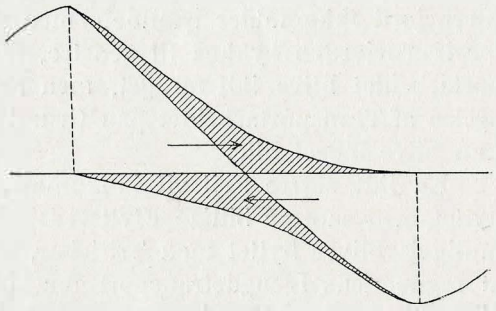


Fig. 217.

Skraaningernes Beklædning med Muldjord afgiver imidlertid det hyppigst forekommende Eksempel paa en speciel Jordflytning, der forøger Transportarbejdet. For at Skraaningerne hurtigere skal blive græsbevoksede, beklædes de med et Muldjordslag af Tykkelse 10 à 15 cm, hvortil Jorden vindes ved Afgravning af Muldjorden i den dyrkede Jordskorpe, sædvanlig et Lag af Tykkelse 20—30 cm. Muldjorden føres til Side og oplægges midlertidig langs Jordværkets Rande, og Afgravningerne udføres derefter saa meget bredere, Paafyldningerne saa meget smallere, at de rette Dimensioner fremkommer ved Skraaningernes Beklædning.

Som Regel kan man med Lethed vinde Muldjord i Afgravninger til Beklædning baade af deres og Paafyldningernes Skraaninger, selv om man sætter Beklædningens Tykkelse til 15 cm. Og i Reglen er det fordelagtigere at have Muldjorden til Dæmningerne liggende højt langs Afgravningernes Rande; saa den kan transporteres ad Planum og lægges paa ved Overstyrtning, end at have den liggende ved Foden af Dæmningsskraaningerne, i hvert Fald hvis disse er nogenlunde høje.

Ved Undersøgelsen af Muldjordens Indflydelse paa Længdetransporten skal der derfor gaas ud fra, at al Muldjorden vindes i Afgravningerne med Profilareal i_1, at den almindelige Fyld, Kærnejorden, udgraves med Areal $(A + i_2) - i_1$ og bruges til Fremstilling af Dæmningskærnen med Areal $A - i_2$, idet A er de teoretiske Tværsnit, som benyttes til Afsætning af Arealprofilet. Af den udgravede Muldjord i_1 skal i_2 blive i Profilet, medens $i_1 - i_2$ transporteres efter Længden til Dæmningerne, og den Jord, der ialt underkastes Længdetransport, bestemmes altsaa af

$$A + i_2 - i_1 + i_1 - i_2 = A$$

og bliver altsaa samme Mængde, som vi hidtil har regnet med.

Under Forudsætning af, at man ved Muldjordens Afgravning intet Sted gaar under Planum, saa der atter skal fyldes Jord paa, og at Muldjords-

mængden til Dæmningen afpasses saaledes, at den netop medgaar til Beklædning af den Dæmningsstrækning, der fremstilles af Kærnejorden fra samme Afgravning, vil der slet ikke ske nogen Forandring i Længdetransporten. Hvis man derimod til en Dæmning, der fyldes fra to Sider, har bedre Muldjord f. Eks. ved venstre Ende end ved højre og derfor hidfører en større Del af Muldjorden fra venstre Side, saa Udligningspunkterne for Muldjord og Kærnejord ikke falder sammen med det oprindelige Udligningspunkt, men for Kærnejorden rykkes til venstre, for Muldjorden til højre, saa vil Transportarbejdet blive lidt forøget, men Fejlen ved at se bort fra en mulig Forøgelse af Transportarbejdet paa Grund af Muldjordens særlige Fordeling kan kun blive meget lille.

En lidt større Fejl vil indkomme, naar man regner hele Jordmængden flyttet med samme billige Flytteredskab f. Eks. paa Spor, medens Muldjorden muligvis bliver flyttet med Trillebør, fordi Mængden er saa lille. Fejlen ved at regne dens Længdetransport for billig opvejes dog, naar man regner Udgiften til Jordens Løsning ens for hele Udgravningen, da denne Post for Muldjordens Vedkommende i Virkeligheden skulde falde helt bort.

Derimod kan man ikke se bort fra, at Muldjorden skal flyttes til Siden 2 Gange, men Udgiften hertil kan man nemmest beregne pr. m² Skraaning og sammendrage med Betalingen for Skraaningernes Tildannelse og Regulering og Beklædningens Faststampning og Afpudsning, og naar man paa denne Maade tager Hensyn til Udgiften ved Muldjordens Flytning, kan man i Almindelighed se bort fra den Indflydelse, den i Virkeligheden har paa Længdetransporten.

Af andre Eksempler paa særlige Jordflytninger, der forøger Jordarbejdet kan anføres, at man undertiden ved Dæmninger, der skal hvile paa Terrain med stærkt Sidefald, maa aftrappe Jordoverfladen for ikke at faa en gennemgaaende hældende Tilslutningsfuge, der let kan foranledige Glidninger (Fig. 218). Den ved Aftrapningen vundne Jord kan bruges i samme Profil til Fremstilling af Dæmningens nederste Del ligesom Grøftejorden, og Ekstraarbejdet vil altsaa kun bestaa i en Forøgelse af Tværtransporten.

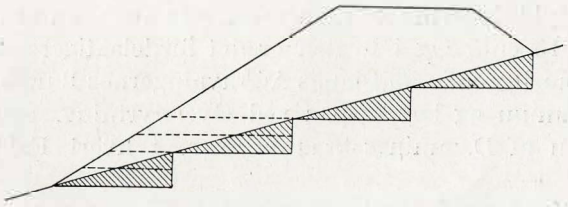


Fig. 218.

Ved Afgravninger kan det undertiden hænde, at man blotter et blødere Jordlag f. Eks. et Tørvelag, der saa giver efter for Jordbelastningen paa Siderne af Afgravningen, saa Planum hæver sig. Det kan saa blive nødvendigt at bortgrave den bløde Tørvejord til større Dybde og i Stedet paafylde tung Jord. Da der i Terrain med mange kedelformige Fordybninger ofte findes højtliggende Tørvemoser, kan dette Fænomen fremkomme ved Jernbaneanlæg, men hyppigst vil det optræde ved Kanalgravninger, hvor Faren for en Hævning af Bunden er saa meget større, som den udgravede Jord sædvanlig oplægges som Volde langs Kanalsiderne. Her kan det blive nød-

vendigt ikke blot at udgrave Kanalen saa dybt, at man kan anbringe et Lag tung Fyld, f. Eks. Sand eller Grus, over Bunden, men ogsaa at føre den opgravede Jord langt bort fra Kanalsiderne, for at disse ikke skal faa for stor Belastning.

Det er indlysende, at Ekstraarbejder af denne Art har stor Indflydelse paa Udgifterne til Jordtransporten, og man bør ved en omhyggelig Jordundersøgelse erhverve sig et saa indgaaende Kendskab til de Jordlag, hvormed man skal arbejde, at de særlige Jordflytninger kan forudses og medtages i Overslaget, saa at ikke Kontoen for uforudsete Udgifter skal blive overbelastet.

§ 24. **Afstemning af en Jordberegning.**

Det er næppe muligt at angive en fast Regel for Fremgangsmaaden ved en detailleret Jordberegning for hurtigst muligt at komme til Maalet, udover den, at man maa prøve sig frem ved Indlægningen af Planum, udføre hele Jordberegningen og gøre Regningen om, hvis Resultatet af det første Forsøg ikke er tilfredsstillende. Man kan naturligvis være heldig første Gang, eller Planum kan være i den Grad bundet, at en enkelt Gennemregning bliver tilstrækkelig, men i Almindelighed maa man gøre flere Forsøg og kan spare megen Tid, naar Regningen ved de første Forsøg udføres med rimelig Tilnærmelse og man i rette Tid indfører den nøjagtige Regning med Hensyn til Sidehældning, Fordybningsgrøfter, Ramper o. s. v.

I saa Henseende tilraades, at man for det første Forsøg foretager en tilnærmende Beregning med Benyttelse af en Volumentabel uden Hensyn til Sidehældning, der giver Volumen for en Stationslængde af 20 m bestemt ved Højden i Midtlinien. Denne Højde maales paa Længdeprofilet midt imellem Stationspunkterne uden andet Hensyn til Mellempunkter end den skønsmæssige Forøgelse eller Formindskelse af den faktiske Højde midt imellem Profilerne, som de kan foranledige. Ved Indlæggelsen af Planum skal man overholde at bruge rimelige Stigningstal og kan afrunde Knækkene efter en Skabelon, hvis en saadan Afrunding ønskes.

Højdedifferenserne maales altsaa, aflæses paa en Maalestok og opføres i en Tabel. Derefter skrives Jordmasserne ud efter Volumentabellen, og hvis der forekommer meget store Rampeanlæg, tilføjes de i vedkommende Profil efter en løs Beregning.

Da Fejlen ved ikke at medregne Grøfter langs Dæmninger er meget stor, bør Volumentabellen for Paafyldning angive Jordmængden med Fradrag af det normale Grøftevolumen.

Derefter dannes Massekurvens Ordinater ved Regning, og Kurven optegnes nogenlunde rigtig, for at man kan skønne om Jordens Fordeling.

Hele denne første Beregning kan foretages aldeles mekanisk og særdeles hurtig, og den bør gentages, til man har overbevist sig om, hvorvidt Udligning kan opnaas, eventuelle store Flytteafstande reduceres og, hvis Udligning ikke kan naas, hvor saa Sideudgravninger eller Sideaflejringer bør lægges. Det er

derved i Reglen hurtigere at gøre Beregningen om, end at betænke sig længe paa en Planumsforandring. Som Resultat af disse foreløbige Beregninger vil man faa en Planumslinie, der i Hovedtrækkene ligger rigtig og giver en fornuftig Jordfordeling.

Hvis der skal indlægges Overgangsstigninger gøres dette nu, saaledes at man kan foretage en Koteberegning for Planum, uden at det dog er nødvendigt, at den udføres straks.

Derefter projekteres Grøftebundene, idet man baade bestemmer Gennemløbenes Plads, Fordybningsgrøfter og højeste og laveste Grøftebund langs Dæmninger paa Terrain med Sidefald, og Jordberegningen udføres fuldstændig detailleret f. Eks. grafisk, under Hensyn til Sidehældning, Fordybningsgrøfter, Vejramper o. s. v. og med nøjagtig Optegning af Arealkurve og Massekurve.

Ved denne detaillerede Beregning er der forskellige Smaating at lægge Mærke til:

Ved Skæring med makadamiserede Veje ophakker man Vejbefæstelsen og bruger den efter Renharpning til Istandsættelse af Vejbanen med Tilsætning af de nødvendige nye Skærver, i Reglen omtrent Halvdelen af det nye Stenlags hele Rumfang. Hertil kan man ofte tage tilstrækkeligt Hensyn ved at erstatte Vejbanens Oprunding med en ret Linie mellem Kanterne — en omtrentlig Planumslinie — og gaa ud fra den ved Jordberegningen. Ved Grusveje bibeholdes Vejbanens Overflade.

Ved Skæring med Grøfter, hvori der skal anbringes Gennemløb, bestemmes Differensen mellem den Jordmængde, der medgaar til Fyldning af Grøften og det Volumen, som Gennemløbet optager. Det gør i saa Henseende ingen Forskel, om Grøften skæres under en skæv Vinkel, medens Gennemløbet bygges retvinklet. Differensen Grøft ÷ Gennemløb udtrykt i m^3 indskrives i Arealprofilet, ved hvis Konstruktion man saa kan se bort fra Grøften. Paa samme Maade indskrives Volumen af et Gennemløb, der anbringes under en Paafyldning, hvor der ingen Grøft findes i Forvejen som Gennemløb = — n m^3.

Volumen af Grøfter, der bortgraves, indskrives som negative, Grøfter, der skal fyldes, som positive Rumfang, og paa samme Maade kan Diger, der skal bortgraves, indskrives som positive og Diger, der gemmes i Paafyldninger, som negative Rumfang og saa udelades i Arealprofilet.

Overkørselsrampernes Rumfang indskrives ligeledes i Arealprofilet paa det paagældende Sted som et positivt Tillæg til Rumfanget efter Arealprofilet saavel for Afgravnings- som for Paafyldningsramper.

Ved denne særskilte Beregning af de mange Smaavolumina simplificerer man Konstruktionen af Arealprofilet og ved Indskrivningen letter man en Revision og har større Udsigt til at huske, at man skal have disse Jordmængder med i Massekurven.

Er disse særlige Tillæg kun smaa, kan man nøjes med at addere dem til det af Arealprofilet bestemte Rumfang uden at bryde sig om Beliggenheden mellem Profilerne, medens man ved større Ramper maa indføre Tillæget som

et lodret Spring i Massekurven og særlig tilføje Arealet for Jordens Transport fra Midtlinien ud i Ramperne.

Det er sandsynligt, at denne første nøjagtige Gennemregning af Jordarbejdet ved et Projekt, hvor man tilstræber Udligning, vil give et vist Overskud eller Underskud af Jord, men iøvrigt en rimelig Jordfordeling, saaledes at Fejlen helst bør rettes ved en lille Parallelforskydning af Planum paa en kortere eller længere Strækning. Denne Forskydning udføres vistnok nemmest ved Forsøg, idet man paa det lille ændrede Stykke paa samme Maade som ovenfor ved en Tabel foretager en foreløbig Gennemregning af Jordarbejdet paa det paagældende Stykke.

§ 25. Beregning af Flytteprisen ved Anvendelse af forskellige Redskaber til Jordflytning[1]).

1. Kastning og Trilning.

Ved ganske smaa Flytteafstande betaler det sig ikke først at læsse Jorden paa et Køretøj for deri at transportere den nogle faa Meter og saa aflæsse den, man kaster den billigere direkte med Skovlen. Med et almindeligt Kast kan Jorden flyttes ca. 2,5 m frem i vandret Retning eller løftes ca. 1,25 m i lodret, og en Mand kan behandle ca. 1,67 m^3 i Timen. Ved en Timeløn af 1 Kr. vil 1 m^3 flyttet 2,5 m altsaa koste $\frac{100}{1{,}67} = 60$ Øre.

Med et stort Kast kan Flytteafstanden forøges med 50 %, men Arbejdsmængden ɔ: Produktet af Jordmængde og Flytteafstand formindskes samtidig med 10 %, og Jord, der flyttes 3,75 m, vil koste pr. m^3 ca. $0{,}60 \cdot 1{,}50 \cdot \frac{10}{9} = 1{,}00$ Kr.

Ved ganske smaa Jordmængder kan man anvende indtil 3 Kast efter hinanden, og Prisen pr. m^3 vil stille sig omtrent saaledes:

for l =	2,50	3,75	5,00	6,25	7,50	8,75 m
p =	0,60	1,00	1,20	1,60	1,80	2,20 Kr.

De samme Priser vil gælde for Løftning af Jord gennem Højden

h =	1,25	1,87	2,50	3,12	3,75	4,37 m.

Naar Jordmængden er større end 10 à 20 m^3 og Flytteafstanden ligger mellem ca. 5 og ca. 100 m, ved smaa Jordmængder op til 250 m anvender man i Almindelighed Trillebøre til Transporten.

En Trillebør koster ca. 25 Kr.; den vil gennemsnitlig holde til ca. 400 Arbejdsdage og i den Tid til Vedligeholdelse kræve ca. 3 % af den rene Flytteudgift.

Kassens Størrelse afpasses saaledes, at den rummer $^1/_{16}$ m^3 Jord maalt i fastlejret Tilstand.

Da Hjulfælgens Bredde kun er ca. 4 cm, maa Kørslen foregaa paa en Trillebane af Planker, fordi Hjulet vilde skære sig ned i blød Jord. Trilleplankerne er sædvanlig af Fyr 4 × 20 cm eller hellere 5 × 25 cm. Enderne maa helst beslaas med Baandjern, for at de ikke skal flækkes, naar Planken ved fortsat Brug bliver hulslidt. Prisen for Trillebanen kan anslaas til ca. 2,00 Kr. pr. lb. m., og Plankerne kan holde til Passage af ca. 336 000 Børe ɔ: omtrent 9 Maaneder med 1500 Børe om Dagen.

Hver enkelt Planke maa ligge fast, saa den ikke vipper, og Jordoverfladen maa

[1]) Priserne maa tages med alt Forbehold.

derfor planeres med Skovl. Det er ikke nødvendigt, at Plankerne hviler paa hele Længden, de kan godt lægges paa smaa Bunker løs Jord, der trædes fast under Planken. Enderne maa støttes godt, saa den ene Planke ikke køres ned i Forhold til den tilstødende, og er Jorden meget blød, kan det blive nødvendigt at lægge korte Plankestykker under Stødene.

For en øvet Arbejder er det let at holde Hjulet paa Trillebanen, og hvis det tilfældig løber af, bringer man Børen paa Spor igen ved at vippe den om Tværriglen, der forbinder dens Ben. Det er imidlertid vigtigt, at saadanne Uheld spilder saa lidt Tid som muligt, thi for at samme Trillebane skal kunne bruges af mange Arbejdere, uden at de generer hinanden, maa man lade dem følges i Kolonne paa 10—25 Mand med en dygtig Fortriller i Spidsen, som kan angive Tempoet i Arbejdet.

Trillearbejdet foregaar sædvanlig med en Hastighed svarende til 3 km i Timen eller 50 m pr. Minut. Ved Igangsætning og Sporafløbning spildes dog lidt Tid, der kan anslaas til 0,3 Minutter pr. 100 m Vejlængde, og den nyttige Hastighed kan derfor kun regnes til $v = \frac{50}{1,15} = 43,5$ m pr. Minut. Med denne Hastighed kan en Mand køre en læsset Bør en Længde af indtil 80 m uden Afbrydelse, naar han saa kan hvile sig ved at køre den tomme Bør tilbage, og hvis Flytteafstanden er længere, maa den deles i Skifter, saaledes at en Trillekolonne fører de læssede Børe frem en Skiftelængde og ombytter dem med tomme Børe, som de kører tilbage over samme Skifte. Til Udveksling af Børene lægges dobbelt Trillebane paa Overgangsstederne.

I den Tid, der medgaar til Kørsel frem og tilbage over et Skifte, skal en Mand kunne læsse en Bør, og da han i 60 Minutter kan læsse 1,67 m^3 vil $^1/_{16}$ m^3 tage

$$t = \frac{60}{1,67 \cdot 16} = 2,25 \text{ Min.}$$

Den normale Skiftelængde bør derfor være

$$\lambda = 43,5 \frac{2,25}{2} = \text{ca. } 50 \text{ m.}$$

Til Aflæsning og Vending af Børen paa Tippen bruges ekstra ca. 0,75 Minut, og sidste Skifte nærmest Tippen maa afkortes med Halvdelen af den dertil svarende Vejlængde, saa dets Længde kun bliver

$$\lambda' = 43,5 \frac{1,50}{2} = \text{ca. } 32 \text{ m,}$$

hvis man skal kunne undgaa, at de forskellige Kolonner kommer til at vente paa hinanden.

Under denne Forudsætning bliver Middelhastigheden for Kørslen 43,5 m pr. Minut og Opholdet paa Tippen 0,75 Minut. Hvis Flytteafstanden er l, vil hver Tur altsaa tage

$$\frac{2l}{43,5} + 0,75 \text{ Minutter}$$

og Antallet af Ture pr. Dag à 8 Timer bliver

$$f = \frac{480}{\frac{2l}{43,5} + 0,75} = \frac{10\,440}{l + 16,3}.$$

Ved hver Tur flyttes $^1/_{16}$ m³, og Antallet af m³, som paa 1 Dag kan flyttes af en Mand med en Bør, bliver derfor

$$n_0 = \frac{10\,440}{16(1 + 16{,}3)} = \frac{653}{1 + 16{,}3}.$$

Med en Dagløn af 8 Kr. bliver Udgiften til Trækkraft derefter pr. m³

$$p_0 = \frac{800}{n_0} = \frac{800\,(1 + 16{,}3)}{653} = (1{,}2251\,l + 19{,}9)\ \text{Øre}.$$

Ved Flytteafstande, der er kortere end 80 m — og paa saadanne Afstande bruges Trillebøre mest — lader man Trillerne selv læsse Børene, fordi det giver dem en gavnlig Afveksling i Arbejdet; men til en enkelt Tur medgaar da

$$\frac{2l}{43{,}5} + 0{,}75 + 2{,}25 = \left(\frac{l}{21{,}75} + 3{,}00\right)\ \text{Minutter},$$

og Antallet af Ture pr. Dag bliver kun

$$f' = \frac{480}{\frac{l}{21{,}75} + 3{,}00} = \frac{10\,440}{l + 65{,}25}.$$

Det daglige Antal m³ pr. Bør bliver altsaa kun

$$n' = \frac{1}{16} \cdot f' = \frac{1}{16}\,\frac{10\,440}{l + 65{,}25} = \frac{652{,}5}{l + 65{,}25},$$

og det Antal, som maa anskaffes for hver m³, der skal flyttes om Dagen, bliver

$$k = \frac{1}{n'} = \frac{l + 65{,}25}{652{,}5},$$

hvortil endnu maa lægges 5 % til Reserve under forekommende Reparationer, altsaa

$$k_0 = 1{,}05\,\frac{l + 65{,}25}{652{,}5}.$$

Den Omstændighed, at Trillerne selv læsser, øver altsaa en vis Indflydelse paa Udgiften til Trillebøre, men har derimod ingen Virkning paa Udgiften til Trækkraft, naar man opfører Jordens Læsning som en særlig Post, der lægges til Udgiften til Trækkraft. Thi beregnes denne for de virkelig udførte Ture med Fradrag af Betalingen for den til Læsningen anvendte Tid, kommer man til samme Resultat som foran fundet.

En Trillebør kan holde i 400 Arbejdsdage, d. v. s. i 16 Maaneder, i hvilken Tid Anskaffelsesprisen 25 Kr. skal forrentes med 8 % p. a Den daglige Udgift til Anskaffelse af Trillebøre vil altsaa for hver Bør blive

$$\frac{2500}{400}\left(1 + 0{,}08\,\frac{16}{12}\right) = 6{,}917\ \text{Øre},$$

og Prisen pr. m³ altsaa

$$p'_k = 6{,}917 \cdot k_0 = 7{,}263\,\frac{l + 65{,}25}{652{,}5} = (0{,}011131 + 0{,}7263)\ \text{Øre}.$$

Hertil kommer til Vedligeholdelsen 3 % af Udgiften til Trækkraft

$$p''_k = 0{,}03\,(1{,}2251\,l + 19{,}9) = (0{,}036753\,l + 0{,}597)\ \text{Øre.}$$

Hele Udgiften til Trillebøre bliver derefter pr. m³ flyttet Jord

$$p_k = p'_k + p''_k = (0{,}047881 + 1{,}3233)\ \text{Øre.}$$

Naar en Trilleplanke koster 2 Kr. pr. lb. m og kan taale Passage af 336 000 Børe, som hver rummer $^1/_{16}$ m³, saa vil Betalingen for Sliddet pr. m³ med 8 % Rente p. a. af Anskaffelsesprisen i 9 Maaneder beløbe sig til

$$p'_s = 200\,l\,\frac{16}{336\,000}\left(1 + 0{,}08\,\frac{9}{12}\right) = 0{,}010101\ \text{Øre.}$$

Til at holde Trillebanen i Orden og forskyde den medgaar ved smaa Flytteafstande (ca. 20 m) en halv Dags Arbejde og ved lange Flytteafstande (ca. 100 m) en hel Dags Arbejde à 8 Kr., og Udgiften hertil pr. Dag kan udtrykkes ved

$$(300 + 5{,}01)\ \text{Øre.}$$

Den paa en m³ faldende Kvotadel faar man ved Division med den daglig transporterede Jordmængde M, der kan ligge mellem 70 og 700 m³. Som rimelig Middelværdi kan regnes M = 200 m³, hvorefter Vedligeholdelsen af Trillebanen pr. m³ transporteret Jord bliver

$$p''_s = \frac{5{,}01 + 300}{200} = 0{,}025\,l + 1{,}5,$$

og hele Udgiften til Trillebanen

$$p_s = p'_s + p''_s = (0{,}0351\,l + 1{,}5)\ \text{Øre.}$$

Til Udjævning af Jorden paa Tippen (Aflæsningsstedet) kan regnes en Arbejdsmand à 8,00 Kr., til Tilsyn med Folkene en Formand à 12,00 Kr., saa man for en daglig Jordmængde af 200 m³ faar

$$p_t = \frac{800 + 1200}{200} = 10\ \text{Øre.}$$

Endelig kommer hertil Læsningen, som betales med 60 Øre pr. m³.

Den fulde Pris for Læsning og Transport af Jord med Trillebøre sammensættes altsaa af følgende Poster:

Trækkraft	$p_0 = 1{,}2251\ l +$	19,90
Trillebøre	$p_k = 0{,}04788\,l +$	1,3233
Trillebane	$p_s = 0{,}0351\ l +$	1,5
Tilsyn m. m.	$p_t =$	10,00
Læsning		60,00
ialt...	$p = 1{,}30808\,l +$	$92{,}7233 = (1{,}3\,l + 93)$ Øre.

Teoretisk vil det altsaa betale sig at anvende Trillebøre fremfor Kastning med Skovl allerede ved en Flytteafstand af 5 m, da Trilningen kun koster 6,5+93=100 Øre mod 120 Øre for Kastning.

2. Almindelige 4-hjulede Vogne og Automobiler.

Almindelige 4-hjulede Arbejdsvogne benyttes i stor Udstrækning til Jordtransport, hvor denne for største Delen kan foregaa ad stenlagte Veje, f. Eks. ved

Grundudgravninger i Byer. Man kan da med tospændig Vogn paaregne et Læs af 0,75—0,85 m³, men maa saa paa Udgravningsstedet og paa Aflæsningsstedet lægge Plankevej af tætliggende Planker eller halvrundt Tømmer, fordi Hestene ikke kan trække saa stort et Læs (1400 à 1500 kg) paa blød Jord.

Desuden bruges almindelige Vogne en Del ved Vejanlæg eller lignende Arbejder, hvor det gælder at flytte smaa Jordmængder paa store Afstande, fordi man i Reglen let kan faa Vogne til Leje for en rimelig Betaling. I saadanne Tilfælde maa Kørselen foregaa paa Jorden, og man tør i Gennemsnit ikke regne Læsset større end 0,6 m³ fastlejret Jord.

Anvendelsen af 4-hjulede Vogne spiller imidlertid ved Vej- og Jernbanebygning en underordnet Rolle, saa der ikke her skal gives nogen detailleret Beregning af Udgifterne ved denne Transportmaade.

Til det, der her er sagt om Anvendelse af almindelige 4-hjulede Vogne kan endnu føjes, at man i de senere Aar ved Jordflytning, især ved Grundudgravning i Byerne er begyndt at bruge Automobiler, til Dels med een eller flere Paahængsvogne, men for Vej- og Jernbanebygning har denne Flyttemetode ogsaa kun ringe eller ingen Betydning.

3. Jordtransport paa Jernspor.

a. Med Haandkraft.

Skal Vognene føres frem ved Haandkraft, betjenes hver Vogn sædvanlig af 2 Mand, der baade besørger Læsning, Kørsel og Aflæsning. Da Vognene skal staa paa Sporet under Læsningen og følge det under Kørslen, arbejder Mandskabet i Kolonner ligesom med Trillebøre.

Læsningen kræver en Tid af 40 Minutter pr. m³ for en Mand (Læssepris 60 Øre) og til at læsse en Vogn à 1 m³ vil der altsaa for 2 Mand medgaa 20 Minutter. Til Aflæsning og tilfældige Ophold — ved Sporskifter f. Eks. — regnes at medgaa 7 Minutter, saa det virkelige Ophold for hver Tur vil blive 27 Minutter, hvoraf man ved Beregningen af Udgift til Trækkraft kun skal tage Hensyn til 7 Minutter, naar Udgiften til Læsning beregnes særskilt.

Paa vandret Bane vil en læsset 1 m³ Vogn kræve en Trækkraft af

$$2350 \cdot 0{,}008 = 18{,}8 \text{ kg}.$$

Folkene skyder Vognen foran sig og maa derved udøve et Tryk af 9,4 kg hver, og kan derved gaa med en Hastighed af ca. 1,2 m pr. Sek. Paa stigende Vej kan det tillades, at Trykket vokser til 18,8 kg (svarende til at een Mand netop kan skyde Vognen paa vandret Vej), naar Hastigheden samtidig gaar ned til 0,6 m pr. Sek.

Den stærkeste Stigning, som to Mand kan overvinde, bestemmes altsaa af

$$s = \frac{37{,}6}{2350} - 0{,}008 = 0{,}008\ (8\ {}^0/_{00}).$$

Paa et Fald af 8 $^0/_{00}$ er Trækkraften 0; paa stærkere Fald maa Folkene holde igen eller bruge Bremse. Regner man, at en Mand under Gangen kan holde igen med 5 kg, vil det stærkeste Fald, hvor Bremser netop kan undværes, bestemmes af

$$s = \frac{10}{2350} + 0{,}008 = 0{,}0042 + 0{,}008 = 0{,}0122\ (12{,}2\ {}^0/_{00}).$$

Som Regel vil Folkene foretrække at improvisere en Bremse og selv køre med Vognen nedad Faldet.

Er Vognens Taravægt 500 kg, vil Returtransporten af de tomme Vogne kræve samme Arbejde som læssede Vogne paa vandret Vej, hvis Stigningen er

$$s = \frac{18,8}{500} - 0,008 = 0,0376 - 0,008 = 29,6\ {}^{0}/_{00},$$

medens den stærkeste Stigning, ved hvilken to Mand kan skyde den tomme Vogn op, bestemmes af

$$s = \frac{37,6}{500} - 0,008 = 0,0752 - 0,008 = 67,2\ {}^{0}/_{00}.$$

Da Modstandskoefficienten 0,008 maa betragtes som en nogenlunde høj Middelværdi for et daarligt liggende Spor, og da Modstanden i Virkeligheden er afhængig af Hastigheden, kan de her fundne Stigningstal kun betragtes som omtrentlig rigtige; de giver imidlertid en god Forestilling om Betydningen af Transportbanens Stigninger. Foreløbig beregnes Udgiften til Trækkraft paa vandret Bane, og senere vil det nødvendige Stigningstillæg blive omtalt.

Da Hastigheden paa vandret Vej er 1,2 m pr. Sek. eller 72 m pr. Minut, vil hver Tur — bortset fra Læsningen — kræve

$$\frac{2l}{72} + 7 = \left(\frac{l}{36} + 7\right) \text{ Minut.}$$

Antallet af Ture i 8 Timer bliver

$$f = \frac{480}{\frac{l}{36} + 7} = \frac{17280}{l + 252}.$$

Da der transporteres 1 m³ i hver Tur, bliver Udgiften i Øre pr. m³

$$p_0 = \frac{1600}{f} = 1600\,\frac{l + 252}{17280} = 0,09259\,l + 23,3.$$

For Vognene tager hver Tur

$$\left(\frac{l}{36} + 27\right) \text{ Minut,}$$

saa det virkelige Antal Ture pr. Dag bliver

$$f' = \frac{480}{\frac{l}{36} + 27} = \frac{17280}{l + 972}.$$

Af Hensyn til Reparationer maa det teoretisk nødvendige Vognantal forøges med 10 %, og pr. m³ maa altsaa anskaffes et Antal Vogne

$$k = \frac{1}{f'} + 10\ \% = 1,1\,\frac{l + 972}{17280}.$$

Prisen for Anskaffelse og Vedligeholdelse anslaas til 2 Kr. pr. Dag, hvilket pr. m³ daglig Jordmængde giver

$$p'_k = 200 \cdot 1,1 \cdot \frac{l + 972}{17280} = 0,01273\,l + 12,3750.$$

Hertil kommer Smøringen af Vognene, der vil udgøre 1,5 Øre pr. Vogn pr. km, altsaa pr. m³ paa Afstanden l

$$p_k'' = 0{,}0015\ l,$$

saa hele Udgiften til Vognene bliver

$$p_k = 0{,}01423\ l + 12{,}3750.$$

Det vil være praktisk at anskaffe Sporet saa svært, at det kan bruges baade til Jordtransport med Haandkraft og med Hestekraft.

For et Spor af 8 kg's Skinner vil Prisen pr. lb. m. være ca. 10 Kr. for Skinner og Forbindelsesdele og 4 Kr. for Sveller. Skinnerne antages at holde til uafbrudt Arbejde i 10 Aar og Svellerne i 2 Aar med 100 000 læssede Vogne frem og tomme tilbage aarlig, altsaa en Transportmængde af 100 000 m³. Med 8 % Rente p. a. vil Værdiformindskelsen pr. m³ paa Flytteafstanden l tilnærmelsesvis andrage

$$p_s' = \frac{1000 \cdot 1{,}08^{10}}{1\,000\,000} \cdot l + \frac{400 \cdot 1{,}08^{2}}{200\,000} \cdot l = 0{,}004492\ l.$$

Lægning, Optagning og Transport af Sporet anslaas til 1 Kr. pr. m. For hvert Arbejdssted med største Flytteafstand l_1 kan man regne, at der skal lægges en Sporlængde

$$1{,}01\ l_1 + 100\ \text{m (til Omløbsspor)},$$

hvilket vil medføre en Bekostning

$$101\ l_1 + 10000,$$

der fordelt paa hele Jordmængden M i Arbejdsstedet bliver

$$p_s'' = \frac{101\ l_1 + 10\,000}{M}.$$

Skal Sporet bruges til n forskellige Arbejdssteder, er det rimeligst at fordele Udgiften til Sporlægning ligeligt paa hele den Jordmængde ΣM, der skal transporteres paa Sporet, og man faar da

$$p_s'' = \frac{101\ \Sigma l_1 + 10\,000 \cdot n}{\Sigma M},$$

idet Σl_1 er Summen af de største Flytteafstande, som ikke overdækker hinanden.

Vedligeholdelsen af Sporet under Arbejdet vil blive proportionalt med den transporterede Jordmængde og kan paa Flytteafstanden l anslaas til (pr. m³)

$$p_s''' = 0{,}0024\ l$$

og den samlede Udgift til Sporet bliver altsaa

$$p_s = p_s' + p_s'' + p_s''' = 0{,}006892\ l + \frac{101\ \Sigma l_1 + 10\,000\ n}{\Sigma M}.$$

Til Tilsyn regnes en Formand à 12 Kr., til Planering paa Tippen en Arbejdsmand à 8 Kr. for hver 150 m³, og for en daglig Jordmængde af 300 m³ bliver Prisen pr. m³ altsaa

$$p_t = \frac{1200 + 1600}{300} = 9{,}33\ \text{Øre}.$$

Den samlede Pris for Jordtransport paa Spor med Haandkraft bliver derefter:

Trækkraft	$p_0 = 0{,}09259\ l + 23{,}3$	
Vogne	$p_k = 0{,}01423\ l + 12{,}3750$	
Spor	$p_s = 0{,}006892\ l + \frac{101\ \Sigma l_1 + 10\,000 \cdot n}{\Sigma M}$	
Tilsyn m. m.	$+ 9{,}33$	
Læsning	$+ 60$	
ialt	$p = 0{,}113712\ l + 105{,}005 + \frac{101\ \Sigma l_1 + 10\,000\ n}{\Sigma M}$	
	$\sim 0{,}1137\ l + 105 + \frac{101\ \Sigma l_1 + 10\,000\ n}{\Sigma M}$.	

b. Med Hestekraft.

Skal Jordtransporten foregaa med Hestekraft, kan Vognene enten være af samme Størrelse som til Haandkraft, og en Hest kan da trække 3 Vogne paa vandret Bane, eller de kan være 50 % større, og en Hest kan da trække 2 Vogne, altsaa i alle Tilfælde flytte 3 m³ Jord med en Hastighed af 1,25 m pr. Sek. eller 75 m pr. Minut. Læsningen besørges af særlige Folk, der arbejder med Sættevogne, saa Opholdene ved en Tur vil for Hest og Kusk ialt kun beløbe sig til ca. 10 Min., heri medregnet Omspænding og Aflæsning.

Da en Hest ikke maa gaa mere end 30 km om Dagen og dertil kun bruges $\frac{30000}{75} = 400$ Minutter, skal Opholdene tilsammen udgøre 80 Minutter, og med 10 Minutter pr. Tur, maa Antallet af Ture om Dagen altsaa være 8, for at Hesten netop skal naa 30 km, l og Flytteafstanden altsaa $\frac{30000}{2 \cdot 8} = 1875$ m.

Ved kortere Flytteafstande bliver der flere Ture, og Hesten gaar mindre end 30 km om Dagen; ved længere Afstande bliver der færre Ture, og Hesten faar for stor Vejlængde og maa afløses, maaske kun en Tid hver anden Dag, saa den skiftevis kommer til at gaa lidt over og lidt under 30 km daglig. Paa Flytteafstande større end 1875 m maa man altsaa holde Skifteheste, hvilket man kan føre i Regning ved at lægge ca. 15 % til Betalingen for en Hest og Kusk og i Stedet for 16 Kr. daglig regne 18,50 Kr. daglig.

Da hver Tur paa Flytteafstanden l tager

$$\left(\frac{2l}{75} + 10\right) \text{ Minutter,}$$

vil Antallet af Ture om Dagen blive

$$f = \frac{480}{\frac{l}{37{,}5} + 10}.$$

Hver Tur giver 3 m³, og Udgiften til Trækkraft pr. m³ bliver følgelig

$$p_0 = \frac{1850}{3f} = \frac{1850}{1440}\left(\frac{l}{37{,}5} + 10\right) = 0{,}03425\ l + 12{,}8472.$$

Med 6 Mand til Læsning af et Vogntog paa 3 m³ vil Læsningen tage 20 Minutter, og det samlede Ophold ved hver Tur bliver mindst 30 Minutter. Af Hensyn til at Vognene let kan komme til at staa i nogen Tid, før en Hest er klar til at køre dem bort, regnes det totale Ophold pr. Tur til 35 Minutter, saa det daglige Antal af Ture for en Vogn bliver

$$f' = \frac{480}{\frac{l}{37{,}5} + 35}.$$

Antallet af Vogne à 1 m³ bliver med 10 % Tillæg for Reparationer pr. m³

$$k_0 = \frac{1{,}1}{f'} = 1{,}1\,\frac{\frac{l}{37{,}5} + 35}{480}.$$

Med en Pris af 2 Kr. pr. Dag og Vogn faas derefter Udgiften til Vogne pr. m³

$$p'_k = 200 \cdot 1{,}1\,\frac{\frac{l}{37{,}5} + 35}{480} = 0{,}0122\,l + 16{,}0417.$$

Hertil kommer Smøringen med

$$p''_k = 0{,}0015\,l,$$

saa hele Udgiften til Vognene bliver

$$p_k = 0{,}0137\,l + 16{,}0417,$$

Udgiften til Spor, Tilsyn og Planering samt Læsning bliver den samme som ved Sportransport med Haandkraft. Men desuden skal der paa Tippen holdes Mandskab til at adskille Vogntogene og føre Vognene frem det sidste Stykke, hvor Hesten ikke kan komme. Hver Vogn vil kræve 2 Mand i 8 Minutter, saa Udgiften bliver $16 \cdot \frac{8}{480} = 26{,}67$ Øre pr. m³, der, lagt til Udgiften for Tilsyn og Planering 9,33 Øre, giver den samlede Udgift

$$p_t = 36 \text{ Øre.}$$

Den samlede Pris for Jordtransport paa Spor med Heste bliver derefter:

Trækkraft	$p_0 = 0{,}03425\ l + 12{,}8472$		
Vogne	$p_k = 0{,}0137\ l + 16{,}0417$		
Spor	$p_s = 0{,}006892\,l$		$+\frac{101\,\Sigma l_1 + 10\,000\,n}{\Sigma M}$
Tilsyn	$p_t =$	36	
Læsning	$p_l =$	60	
ialt	$p = 0{,}0548421 + 124{,}8889$		$+\frac{101\,\Sigma l_1 + 10\,000\,n}{\Sigma M}$

$$\sim 0{,}0548\,l + 125 + \frac{101\,\Sigma l_1 + 10\,000\,n}{\Sigma M}.$$

Den Flytteafstand for hvilken Udgifterne til Haandkraft og Hestekraft bliver lige store bestemmes altsaa af

$$0{,}1137\,l + 105 = 0{,}0548\,l + 125,$$
$$0{,}0589\,l = 20,$$
$$l = 340 \text{ m.}$$

c. Med Lokomotiver.

Naar man vil bruge Lokomotiver til Jordtransport, vælges Sporvidden sjældent mindre end 1 m og holdes ofte normal. Vognenes Rumfang er mindst 2 m³ fastlejret Jord. Læsningen regnes som ved almindelige Vogne at tage 45 Minutter pr. m³ for en Mand, saa Læsseprisen bliver 70 Øre.

Vognene kobles sammen til Tog, og man arbejder med Vekseltog, saa der altid i Graven kan holde et Tog under Læsning, medens Maskinen kører et læsset Tog ud paa Tippen og tilbage igen. Kørehastigheden kan i Gennemsnit anslaas til 5,8 m pr, Sek. eller 348 m pr. Minut.

Til Aflæsning, Rangering og tilfældige Ophold vil medgaa ialt 20 Minutter pr. Tur, og for Lokomotivet vil Antallet af Ture om Dagen blive

$$f = \frac{480}{\frac{21}{348} + 20} = \frac{480}{\frac{1}{174} + 20} = \frac{83520}{1 + 3480}.$$

Med 4 Mand til Læsning pr. Vogn medgaar 21 Minutter til Togets Læsning, hvilken Tid af Hensyn til eventuel Ventetid for Vognene let kan blive forøget til 25 Minutter, saa Opholdet for Vognene ialt bliver 45 Minutter.

Antallet af daglige Ture for hver Vogn bliver følgelig kun

$$f' = \frac{480}{\frac{1}{174} + 45} = \frac{83520}{1 + 7830}.$$

Et Lokomotiv paa k effektive HK kan pr. Sek. præstere en Arbejdsmængde af 75 k kgm.

For de smaa Maskiner, som sædvanlig benyttes til Jordtransport, vil Vægten tilnærmelsesvis være

$$(1000 + 120k)k \text{ kg.}$$

Vognvægten er 5000 kg for læssede og 1300 kg for tomme Vogne.

Den nødvendige Arbejdsmængde pr. læsset Vogn bliver altsaa

$$0{,}008 \cdot 5000 \cdot 5{,}8 = 232 \text{ Sek. kgm.}$$

Arbejdsmængden for Lokomotivet selv bliver

$$0{,}008\,(1000 + 120\,k) \cdot 5{,}8 = 46{,}4 + 5{,}568\,k.$$

Antallet n_1 af Vogne i et Tog bestemmes derfor paa vandret Bane af

$$n_1 \cdot 232 + 46{,}4 + 5{,}568\,k = 75\,k,$$

$$n_1 = \frac{69{,}432}{232} \cdot k - \frac{46{,}4}{232} = 0{,}3\,k - 0{,}2 \sim 0{,}3\,k.$$

Med hver Tur befordres

$$2n_1 = (0{,}6\,k - 0{,}4)\,m^3 \sim 0{,}6\,k\ m^3.$$

Den daglige Transportmængde pr. Lokomotiv bliver altsaa

$$2n_1 \cdot f = 0{,}6\,(k - \tfrac{2}{3})\frac{83520}{1 + 3480} = \frac{50112}{1 + 3480}(k - \tfrac{2}{3}).$$

Det teoretisk nødvendige Antal Lokomotiver maa forøges med ca. 16 % ɔ: $\frac{1}{6}$ til Rangering, Reserve og Reparationer, og pr. m^3 af den daglig transporterede Jordmængde behøves altsaa et Antal n_2 Lokomotiver bestemt ved

$$n_2 = \frac{7}{6}\frac{1}{2n_1 f} = \frac{7}{6}\frac{1 + 3480}{50112(k - \frac{2}{3})} = \frac{1 + 3480}{42953(k - \frac{2}{3})}.$$

Paa Grund af Rangeringen maa Lokomotivet for hver Tur gennemløbe Vejlængden

$$\tfrac{6}{5} \cdot 2l = 2{,}4 \cdot l$$

og derved præstere Transportmængden

$$t_l = (1000 + 120 \cdot k) \cdot 2{,}4\, l \text{ kgm.}$$

Beregnet pr. m³ transporteret Jord bliver Transportmængden

$$t_l' = \frac{t_l}{2n_1} = \frac{(1000+120\,k)\cdot 2{,}4 \cdot l}{0{,}6(k - \frac{2}{3})} = \frac{(4000+480k)l}{k - \frac{2}{3}} + \frac{4320 + 480(k - \frac{2}{3})}{k - \frac{2}{3}} \cdot l.$$

En fuld Vogn frem og en tom Vogn tilbage giver en Transportmængde

$$t_k = (5000 + 1300) \cdot l = 6300\, l.$$

Beregnet pr. m³ transporteret Jord faas

$$t_k' = \tfrac{1}{2} \cdot 6300 \cdot l = 3150\, l.$$

Den samlede Transportmængde pr. m³ transporteret Jord bliver altsaa

$$t = t_l' + t_k' = \left(\frac{4320}{k - \frac{2}{3}} + 480 + 3150\right) l = \left(\frac{4320}{k - \frac{2}{3}} + 3630\right) l \text{ kgm.}$$

En gros Prisen paa Kul sættes til ca. 5 Øre pr. kg. Med Tillæg af Transport regnes, at et kg Kul koster 7,5 Øre. Det udvikler 7000 V. E., hvoraf 3000 V. E skulde blive nyttige og udvikle en Arbejdsmængde lig

$$3000 \cdot 425 = 1275\,000 \text{ kgm,}$$

idet det mekaniske Varmeæquivalent er 425 kgm.

Af Arbejdsmængden findes atter Transportmængden ved Division med Modstandskoefficienten 0,008, og den til 1 kg Kul svarende Transportmængde skulde teoretisk blive

$$\frac{1275\,000}{0{,}008} = 159375000 \text{ kgm.}$$

Medens man ved almindelige Jernbaner regner ca. 9 % heraf for nyttig, bør man ved Jordtransport næppe regne mere end 2 %, altsaa 3187500 kgm for 7,5 Ø.

Følgelig bliver Kulprisen pr. m³ transporteret Jord

$$p_o' = \frac{7{,}5\,t}{3187500} = \frac{0{,}75}{318750}\left(\frac{4320}{k - \frac{2}{3}} + 3630\right) l = \left(\frac{0{,}0102}{k - \frac{2}{3}} + 0{,}00854\right) l \text{ Øre.}$$

Udgiften til Betjening, Smøring, Remise og Vandforsyning kan for et Lokomotiv anslaas til 100 Kr. pr. Dag altsaa pr. m³, d. v. s. for n_2 Lokomotiver.

$$p_o'' = 10000\, n_2 = \frac{10000}{42953}\,\frac{l + 3480}{k - \frac{2}{3}} = \frac{0{,}233}{k - \frac{2}{3}} \cdot l + \frac{810{,}2}{k - \frac{2}{3}}.$$

Hertil kommer endnu Amortiseringen af Lokomotivets Indkøbspris med 20 % p. a.

Prisen for et Lokomotiv retter sig efter Størrelsen. Et 10 Hestes koster ca. 18 000 Kr., et 100 Hestes ca. 54 000 Kr., og et Lokomotiv paa k Hestes Kraft kan derefter regnes at koste

$$P = (14\,000 + 400\,k) \text{ Kr.}$$

Den aarlige Værdiforringelse i Øre er $\frac{100}{5}$ P, den daglige $\frac{100}{5 \cdot 300} \cdot P = \frac{1}{15} \cdot P$ $= (933{,}33 + 26{,}666\,k)$ Øre pr. Lokomotiv, altsaa pr. m^3 transporteret Jord d. v. s. pr. n_2 Lokomotiver

$$p_0''' = n_2 (933{,}33 + 26{,}666\,k) = \frac{(951{,}0 + 26{,}666\,(k - \frac{2}{3}))\,(l + 3480)}{42953\,(k - \frac{2}{3})}$$

$$= \left(0{,}000621 + \frac{0{,}022141}{k - \frac{2}{3}}\right) l + 2{,}1611 + \frac{77{,}05}{k - \frac{2}{3}}.$$

Den samlede Udgift til Trækkraft bliver altsaa

$$p_0 = p_0' + p_0'' + p_0''' = \left(0{,}009161 + \frac{0{,}2653}{k - \frac{2}{3}}\right) l + 2{,}1611 + \frac{887{,}3}{k - \frac{2}{3}}.$$

Udgiften bliver desto mindre, jo større Lokomotiver man benytter; som rimelig Middelværdi kan man antage $k = 50$ og faar da

$$p_0 = 0{,}01454\,l + 20{,}15.$$

Et Lokomotiv paa 50 HK skulde efter Antagelsen veje $1000 + 120 \cdot 50 = 7000$ kg. Det kan være et 2 koblet Tenderlokomotiv med 1,75 ts Hjultryk, der kræver Skinner, som vejer ca. 10 kg pr. m. Det skulde kunne trække $0{,}3\,k - 0{,}2 = 14{,}8 \sim$ 15 Vogne à 5000 kg, hvortil kræves en Trækkraft

$$K = 0{,}008 \cdot 15 \cdot 5000 = 600\text{ kg}.$$

Adhæsionstrækkraften er

$$K_0 = 0{,}15 \cdot 7000 = 1050\text{ kg}$$

altsaa rigelig stor.

Bruger man større Lokomotiver for at formindske Udgiften til Trækkraft, maa Skinnevægten forøges, og Udgiften til Sporet vil da blive større.

I Anskaffelse vil et Spor af 10 kg Skinner pr. løb. m koste ca. 13,50 Kr. for Skinner og Forbindelsesdele og ca. 4 Kr. for Sveller. Med 10 Aars Varighed for Skinnerne og 2 Aars Varighed for Svellerne med 100 000 m^3 Jord transporteret aarlig, bliver Værdiformindskelsen pr. m^3 paa Flytteafstanden l

$$p_s' = \frac{13{,}50 \cdot 1{,}05^{10}}{1\,000\,000} \cdot l + \frac{400 \cdot 1{,}05^2}{200\,000}\, l = (0{,}002229 + 0{,}00205)\, l = 0{,}004279\, l.$$

Lægning, Optagning og Transport af Sporet anslaas til 1,25 Kr. pr. m. For hvert Arbejdssted med største Flytteafstand l_1 skal lægges en Sporlængde

$$1{,}01 \cdot l_1 + 200\text{ m}$$

til Omløbsspor, og skal Sporet bruges til n forskellige Arbejdssteder, bliver Sporlængden, der skal lægges

$$1{,}01\,\Sigma\, l_1 + 200\,n$$

og Omkostningerne pr. m^3 transporteret Jord

$$p_s'' = \frac{126{,}25\,\Sigma\, l_1 + 25000n}{\Sigma\, M}$$

idet $\Sigma\, l_1$ er Summen af de største Flytteafstande, som ikke overdækker hinanden, og $\Sigma\, M$ er hele Jordmængden, der skal transporteres paa Sporet, medens n er Antallet af forskellige Arbejdssteder.

Hvis Entreprenøren laaner Skinnerne til Brug paa færdigt Planum, kan man regne, at Værdiformindskelse vil bortfalde for ca. 0,8 · l, altsaa med Beløb

$$\text{ca. } 0{,}002229 \cdot 0{,}8 \cdot l = \text{ca. } 0{,}017832\, l$$

pr. m³, samt at Sporlægningen paa Grund af sparede Transporter vil formindskes med 25 Øre pr. løb. m for en Længde $0{,}8 \Sigma l_1$, eller ialt en Besparelse pr. m³

$$\frac{20 \Sigma l_1}{\Sigma M}.$$

Vedligeholdelsen af Sporet under Arbejdet anslaas til

$$p_s''' = 0{,}003\, l$$

pr. m³, og den samlede Udgift til Sporet bliver altsaa

$$p_s = p_s' + p_s'' + p_s''' = 0{,}0073\, l + \frac{126.25 \Sigma l_1 + 25\,000\, n}{\Sigma M}$$

Da hver Vogn rummer 2 m³ og kan gøre f' Ture om Dagen, bliver det nødvendige Antal af Vogne med 10 % Tillæg for Reparationer pr. m³ transporteret Jord

$$k = 1{,}10 \frac{1}{2 f'} = \frac{1{,}1}{2} \frac{l + 7830}{83520}.$$

Prisen for Anskaffelse og Vedligeholdelse anslaas til 4,00 Kr. pr. Dag og Vogn, og Udgiften til Vogne pr. m³ bliver altsaa

$$p_k' = \frac{400 \cdot 1{,}1}{2} \frac{l + 7830}{83520} = 0{,}00263\, l + 20{,}6250.$$

Hertil kommer endnu Smøring med

$$p_k'' = 0{,}0015\, l,$$

saa hele Udgiften til Vogne bliver

$$p_k = 0{,}00413\, l + 20{,}6250.$$

Udgiften til Aflæsning regnes som ved Spor med Hestekraft til 26,67 Øre pr. m³, til Planering 5,33 Øre, tilsammen altsaa 32 Øre. Hertil kommer endnu 2 Formænd, en paa Tippen og en i Graven, altsaa en Udgift af 24 Kr. daglig, hvilket med en daglig Transportmængde af 300 m³ bliver 8 Øre pr. m³. Den samlede Udgift bliver altsaa $p_t = 40$ Øre.

Hele Udgiften til Jordtransport med Lokomotiver vil derefter blive til

Trækkraft	$p_0 =$	$0{,}01454\, l + 20{,}15$
Vogne	$p_k =$	$0{,}00413\, l + 20{,}625$
Spor	$p_s =$	$0{,}0073\, l + \frac{126.25 \Sigma l_1 + 25\,000\, n}{\Sigma M}$
Tilsyn	$p_t =$	40
Læsning	$p_l =$	70
ialt	$p =$	$0{,}02597\, l + 150{,}775 + \frac{126{,}25 \Sigma l_1 + 25\,000\, n}{\Sigma M}$
	$\sim$	$0{,}0260\, l + 150 + \frac{126{,}25 \Sigma l_1 + 25\,000\, n}{\Sigma M}.$

§ 26. Tillæg til Transportudgiften for stigende Vej.

Hvis Jorden skal føres op ad Bakke, maa Læssene formindskes, saa den disponible Trækkraft — en Mand eller en Hest — kan føre Vognen frem, eller Trækkraften maa forøges f. Eks. ved Brug af dobbelt Forspand, og i begge Tilfælde bliver Transporten dyrere.

Kan Vægten af Læsset for en given Trækkraft K paa vandret Vej være

$$Q_0 = \frac{K}{\mu}$$

saa vil den paa Stigningen s kun kunne være

$$Q_s = \frac{K}{\mu + s}.$$

Da Betalingen for Trækkraft ved den enkelte Tur i begge Tilfælde er den samme, maa Priserne beregnede pr. m^3 forholde sig omvendt som Læssenes Vægt, altsaa, naar man ser bort fra Vognens Taravægt

$$\frac{p_0}{p_s} = \frac{Q_s}{Q_0} = \frac{\mu}{\mu + s}.$$

Deraf faar man

$$p_s = p_0 \left(1 + \frac{s}{\mu}\right) = p_0 + z$$

hvor z, Tillæget i Prisen paa Grund af Vejens Stigning er

$$z = p_0 \frac{s}{\mu} = (k'_1 + k'_2 l) \frac{s}{\mu} = \frac{k'_1}{\mu} \cdot s + \frac{k'_2}{\mu} \cdot h$$

idet

$$h = s \cdot l$$

er den totale Stigningshøjde paa Længden l.

Koefficienterne til s og l kan let beregnes af Værdien for Modstandskoefficienten[1]) og for Konstanterne i Udgiften til Trækkraft

$$p_0 = k'_1 + k'_2 l.$$

Det angivne Udtryk for Tillægsbetalingen paa stigende Vej gælder egentlig kun, naar Transporten foregaar paa samme Stigning hele Vejen, thi kun under den Forudsætning er

$$ls = h$$

Højdeforskellen mellem de to Punkter, i hvilke Planum skæres af Tyngdepunktsordinaterne for Jordmassen i Afgravning og i Paafyldning.

---

[1]) for Trillebør $\mu = 0{,}08$, for Spor $\mu = 0{,}008$.

Foregaar Transporten derimod paa forskellige Stigninger, maaske tilmed paa Stigninger vekslende med Fald, saa gælder Udtrykket for Tillægsbetalingen ikke, men kan dog benyttes som en rimelig Tilnærmelse, naar man bestemmer h som Summen af alle Stigningshøjderne, medens s regnes som den stærkeste af de forekommende Stigninger. I Almindelighed vil man nemlig ikke kunne give Afslag i Betalingen for de faldende Strækninger, dels fordi der lægges Beslag paa Motoren trods Faldet, dels fordi Hovedparten af den Arbejdsmængde, der kunde vindes ved Kørselen nedad Bakke, konsummeres ved Bremsning.

Kun ved Transporten paa Spor nedad jævne Fald kan Udgiften til Trækkraft undertiden blive noget formindsket, fordi man kan forøge Læssets Vægt eller, ved Fald, der er stærkere end 0,008 (1 : 125) lade de læssede Vogne løbe ned uden Motor og regulere Farten ved Bremserne. Hastigheden kan da forøges til f. Eks. 200 m pr. Minut for Kørselen nedad, saa der bliver flere Ture om Dagen, og de tomme Vognes Transport opad Bakken kræver som Regel, ɔ: for Stigninger mindre end 1 : 30, mindre Trækkraft end de læssede Vogne paa vandret Vej. Ganske vist maa der med hvert Tog af f. Eks. 3 Vogne, følge en Bremsevogter, men han kan hjælpe til ved Vognenes Aflæsning og spare lidt af Udgiften dertil. Alt i alt vil Transporten som Regel stille sig lidt billigere især maaske for Hestekraft.

Det fordelagtigste Fald for Jordtransport ned ad Bakke bestemmes derved, at de læssede Vogne nedad og de tomme opad kræver lige stor Trækkraft. Sættes Vognvægten henholdsvis til 2650 kg og 500 kg faas altsaa

$$2650\,(0{,}008 - s) = 500\,(0{,}008 + s)$$

hvoraf

$$s = 0{,}00546 \sim 1 : 183.$$

Den tilladelige Forøgelse af Læsset paa dette Fald i Forhold til Læsset Q_0 paa vandret Vej bestemmes ved

$$n \cdot Q_0\,(0{,}008 - s) = Q_0 \cdot 0{,}008$$

hvoraf

$$n = \frac{0{,}008}{0{,}008 - s} = \frac{0{,}008}{0{,}00254} = 3{,}15$$

altsaa Læsset kan være indtil 3 Gange saa stort som paa vandret Vej. En Mand vil altsaa kunne skyde en Vogn alene i Stedet for selvanden, medens en Hest kan tage 9 Vogne i Stedet for 3, saa Udgiften til Trækkraft formindskes for Haandkraft til Halvdelen, for Hestekraft til Trediedelen af de foran fundne Værdier.

Paa stærkere Fald stiger Prisen for Trækkraft atter og naar en lignende Værdi som paa vandret Vej, naar Transporten af de tomme Vogne opad Bakke kræver samme Trækkraft som læssede Vogne paa vandret Vej. Den teoretiske Værdi af dette Grænsefald s_o findes af

$$(P + Q)\,\mu = P\,(\mu + s_0)$$

hvoraf

$$s_0 = \frac{Q \cdot \mu}{P}$$

idet P er Vognens Taravægt og Q Læssets Nettovægt. Under Hensyn til at Motoren tillige skal løfte sin egen Vægt op ad Stigningen bliver det virkelige Grænsefald dog noget mindre end den teoretisk beregnede Værdi; de almindelig angivne Værdier findes opførte i nedenstaaende Tabel under Rubrikken s_0.

	Grænsefald	Fordelagtigste Stigning
Trillebør	$s_0 = 1:12$	$s_1 = 1:18$
Sportransport	1 : 40	1 : 70

I den sidste Rubrik i Tabellen er som fordelagtigste Stigning s_1 opført de Stigninger, der i Almindelighed angives som fordelagtigst, hvor det væsentligst gælder om at faa Jorden løftet til en bestemt Højde, og hvor man kan vælge Stigningsforhold og dermed Transportlængde, der bliver desto større, jo mindre Stigningen vælges. Ogsaa dette Stigningsforhold burde man kunne bestemme teoretisk af Udgiften til Transport paa vandret Vej

$$p = kl + k_1$$

og Stigningstillæget

$$z = c \cdot h + c_1 \cdot s$$

ved at sætte

$$\frac{d(p+z)}{ds} = 0.$$

Af

$$p + z = k \cdot \frac{h}{s} + k_1 + c \cdot h + c_1 \cdot s$$

faas

$$\frac{d(p+z)}{ds} = -\frac{k \cdot h}{s^2} + c_1 = 0$$

$$s = \sqrt{\frac{k \cdot h}{c_1}} = c_0 \sqrt{h}$$

altsaa voksende med Kvadratroden af Løftehøjden. Resultatet er imidlertid ikke korrekt, da der ved Bestemmelsen af z hverken er taget Hensyn til Forholdet mellem Nettovægt og Tara eller til Arbejdet ved Motorens Løftning. En nøjagtig Analyse vilde føre for vidt, og man kan godt nøjes med de praktisk bestemte Værdier for den fordelagtigste Stigning. Man vil nærmest faa Anvendelse for den, hvor det gælder at tage Jorden til en Dæmning i en Fyldgrav langs Dæmningens ene Side, og maa da ved Overslaget regne Flytteafstanden mindst lig

$$l = \frac{h}{s_1}$$

og beregne Stigningstillæget for Stigningen s_1.

E. Bygninger vedrørende Vandafledningen.

§ 27.

1. Stenkister.

Mindre Gennemløb under Vej- og Jernbanedæmninger (indtil en Vidde af 1 m) blev tidligere almindeligst byggede som Stenkister bestaaende af et Fundament, to Vangemure eller Flugtmure og Overliggere, der indeslutter et rektangulært, oftest kvadratisk Tværsnit (Fig 219) og for Enderne i Almindelighed afsluttes med retvinklede Frontmure — Parallelfløje — idet man helst lægger Stenkisten vinkelret paa Dæmningens Længderetning for at faa den saa kort som muligt. Dog kan skæve Stenkister naturligvis forekomme, og de afsluttes da med Frontmure, parallele med Dæmningens Længderetning, eller med Vinkelfløje.

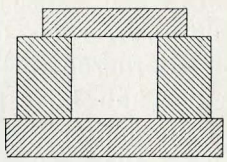


Fig. 219.

Som Gennemløb bygges Stenkister sjældent mindre end 50 cm vide eller større end 1 m, og Højden er som Regel lige stor med Vidden, naar det ikke paa Grund af manglende Konstruktionshøjde er nødvendigt at gøre den mindre. Kister til Overkørsler over Vejgrøfter bygges fra 30 cm Vidde.

Hvor Vandføringen er saa stor, at en almindelig kvadratisk Stenkiste ikke kan slaa til, har man undertiden bygget dobbelte Stenkister med to Løb, adskilte ved en Mellemmur og hvert overdækket med særlige Overliggere (Fig. 220). Det er dog ikke nogen særlig heldig Konstruktion, da en saadan Stenkiste kræver en stor Materialmængde i Forhold til sin Vandføringsevne, og hvis man ikke har meget rigelig med Sten og derimellem store Sten til Overliggere, foretrækker man i Reglen at bygge f. Eks. en hvælvet Bro, naar en enkelt Stenkiste ikke kan slaa til.

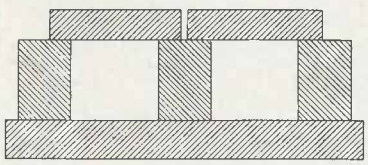


Fig. 220.

Ved stor Dæmningshøjde og tung Vognbelastning f. Eks. altid ved Jernbaner, maa Stenkister opføres af Murværk i Mørtel med nogenlunde regelmæssige Skifter. Fundamentet bygges i Reglen gennemgaaende d. v. s. som et fælles Fundament for begge Vangemure, for at den bærende Flade kan blive stor, og uregelmæssig Synkning forhindres. Hvis dette skal naas fuldt ud, maa Fundamentet indeholde et rigelig stort Antal Sten, hvis Længde er større end Kistens Lysaabning saa de kan gribe ind under begge Vangemure. Til Siderne skal Fundamentet springe ca. 10 cm udenfor Vangemurene, og dets Tykkelse varierer fra 20—30 cm for Kister af 0,5—1,0 m Vidde. Da Overfladen skal danne Bund i Stenkisten, maa den være saa jævn som muligt, Stenene

vende en Kløveflade opad, og Fugerne udkiles med Stenfliser og fyldes med Mørtel.

Vangemurene deles i 2 eller 3 Skifter af 25—30 cm Højde. Deres Tykkelse er 50—80 cm, og et større Antal af Stenene maa være gennemgaaende Bindere. Alle Sten maa vende en regelmæssig Kløveflade ind mod Løbet, medens Bagmuringen bag Løberne kan udføres af mindre, udkløvede Sten.

Overliggerne maa være 30—50 cm længere end Spændvidden og 20—40 cm tykke, for at de ved Spændvidder fra 0,5—1 m skal kunne bære Belastningen som simpelt understøttede Bjælker. Undersiden skal være en regelmæssig Kløveflade, medens Sidefladerne maa tildannes saa vidt, at Fugen kan udkiles og fyldes med Mørtel. Begge Ender undermures, saa Overliggerne faar et fast Leje, og den Del af Vangemurene, der ikke dækkes af Overliggerne, bliver særligt afdækket med Murværk af kløvede Sten. Frontmurene skal være saa lange, at der imod dem kan forløbe Jordkegler med Skraaningernes Anlæg, altsaa 1,5—1,25 (med Græstørvbeklædning undertiden 1), uden at de spærrer for det frie Profil. Murtykkelsen er sædvanlig 50 à 60 cm, men Hjørnerne mellem Frontmure og Vangemure udfyldes med Murværk, saa der kan blive godt Forbandt. Fundamentet under Vangemurene, føres med uforandret Højde ud under Frontmurene, saaledes at det paa alle Sider springer 10 cm frem; ligeledes føres Vangemurenes Skiftegang igennem Frontmurene, og disse afsluttes foroven med et Dækskifte, hvis Højde svarer til Tykkelsen af Overliggerne. Dækskiftet er i Reglen hugget paa Forsiden og den forreste Halvdel af Oversiden, der helst maa have lidt Fald udad; for Udseendets Skyld, lader man det springe ca. 5 cm frem foran Frontmuren.

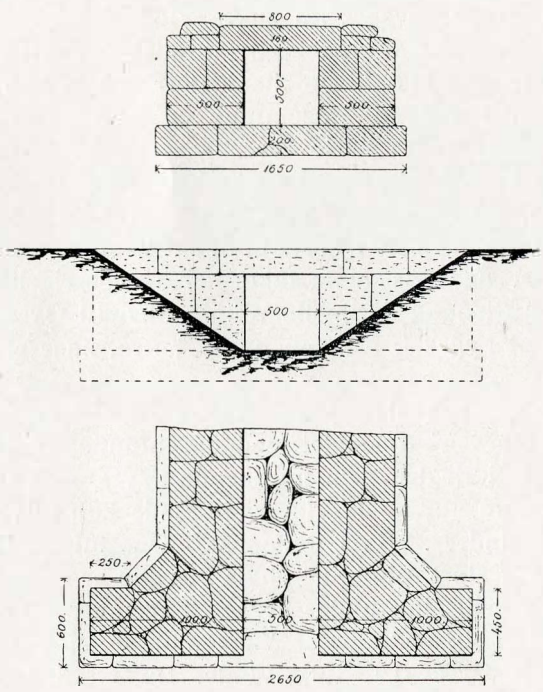


Fig. 221—223. De danske Statsbaner: 50 cm Stenkiste.

Stenkistens samlede Længde skal være saa stor, at Skraaningen skærer Overkant af Dækskiftet 10—15 cm indenfor Forkanten, hvoraf vil følge, at Jordkeglernes Toppunkter falder 7 à 10 cm under Dækskiftets Overkant, naar Skraaningsanlægget er 1,5.

I Tabel 19 er angivet de danske Statsbaners ældre Normaldimensioner for 50—100 cm Stenkister for Skraaningsanlæg 1,5.

I Fig. 221—223 er vist de danske Statsbaners 50 cm Stenkiste.

Af Hensyn til en god Fordeling af Trykkene paa en Stenkiste er det heldigt, om der mellem Overliggerne og det befæstende Stenlag paa Veje — Ballastlag paa Jernbaner — kan

være en Jordopfyldning af 0,3 à 0,5 m Højde. Ved almindelige Veje er det ganske vist ikke absolut nødvendigt, idet Kørebanens Stenlag kan anbringes umiddelbart ovenpaa Overliggerne i en muret Kiste; Vejplanum vil derved gennemsnitlig komme til at ligge ca. 8 cm højere end Overkant af Overliggerne, og den mindste Højdeforskel mellem Planum og Stenkistebund bliver for

50, 60, 80 og 100 cm Stenkister
henholdsvis ca. 0,70, 0,95, 1,20 og 1,40 m.

Under Veje, som ikke er beregnede paa meget tung Færdsel, har man tidligere bygget Stenkisterne lettere, og navnlig har det været meget almindeligt at spare Mørtelen og opsætte Kisterne tørt med Tang til Fyldning af Fugerne og tilvejebringe Tæthed ved en gennemgaaende Lerpakning bag begge Flugtmure og over Overliggerne. Disse Kister vil dog næppe blive anvendt mere og skal derfor ikke nærmere omtales.

Tabel 19.

Stenkistens Højde og Vidde	50	60	80	100 cm
	cm	cm	cm	cm
Overliggernes Længde	80	100	120	140
Overliggernes Højde	16	26	32	40
Vangemurenes Tykkelse . . .	50	55	65	80
Fundamentets Bredde	165	185	230	280
Fundamentets Højde	20	30	30	30
Frontmurens samlede Længde	250	318	416	520
Frontmurens Længde med konstant Tykkelse	25	40	50	60
Frontmurens Tykkelse	45	45	60	60

Ved Nybygninger paa Veje er det nu almindeligt at formure Stenkisterne i Mørtel, hvis Stenkister da anvendes, men Flugtmure og Frontmure opføres hyppig i Cyklopforbandt, der kan udføres af mindre Sten og derfor er billigere end de regelmæssige, vandrette Skifter, som altid forlanges ved Jernbaner.

Den ovenfor beskrevne Fundamentkonstruktion forudsætter, at Byggegrunden er nogenlunde god. Hvor dette ikke er Tilfældet, kan man blive nødsaget til at anvende et gennemgaaende Betonfundament under hele Stenkisten eller endog Pilotering, der da ofte kombineres med Betonnering, saaledes at Pælene sættes vekselvis under de to Flugtmure og indstøbes i en Betonbjælke.

Hvor man ikke kan skaffe tilstrækkelig Højde til Bygning af en almindelig Stenkiste, bruges ved Jernbaner aabne Kister med Svellerne hvilende umiddelbart paa Flugtmurenes tilhugne Dækskifter (Fig. 224). Vidden kan da næppe gøres større end ca. 60 cm, naar Skinnerne skal kunne bære frit uden særlig Understøtning.

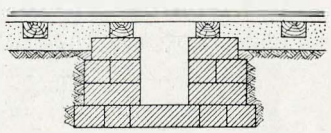


Fig. 224.

Foruden de ovenfor omtalte Stenkister anvender de danske Statsbaner nu lignende Konstruktioner af armeret Beton. Fig. 225—227 viser et Eksempel. Man kan med denne Byggemaade naa op til noget større Gennemløbsprofiler, saaledes som det vil fremgaa af nedenstaaende Tabel 20 over disse Gennemløb.

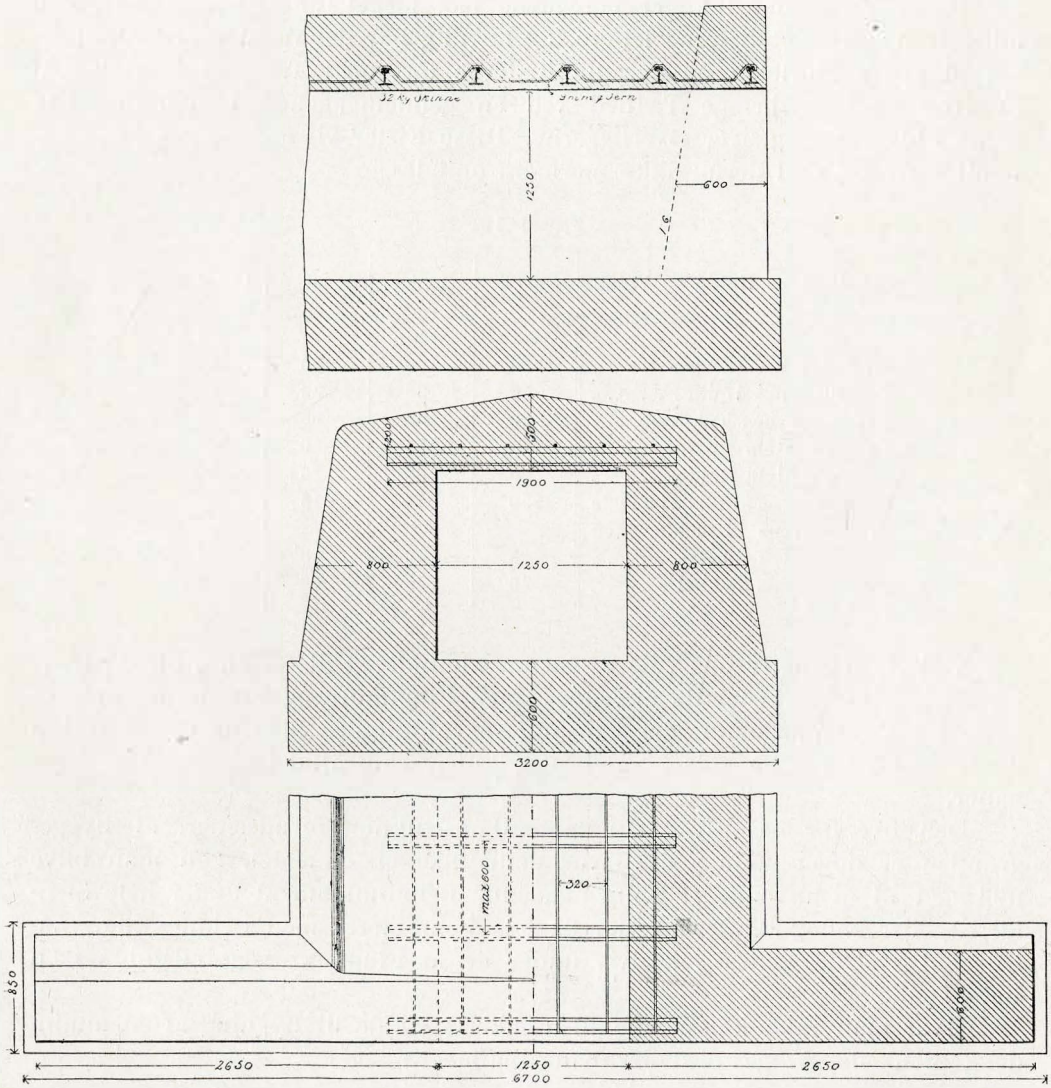


Fig. 225—227. De danske Statsbaner. 1,25 m Gennemløb af armeret Beton.

Tabel 20.

Gennemløbets Højde og Vidde	50 cm	100 cm	125 cm
	cm	cm	cm
Overliggerens Højde	25	35	50
Vangemurens Tykkelse	45	60	80
Fundamentets Bredde.	170	250	320
Fundamentets Højde	30	30	60
Frontmurens samlede Længde	250	500	655
Frontmurens Tykkelse	40	60	60
32 kg Skinner i Loftet: Længde	100	160	190
Afstand højest	60	60	60
9 mm Fordelingsjern: Afstand.	20	25	32
Betontykkelse over Skinneender mindst.	5	8	20

Som det vil fremgaa af hvad der ovenfor er sagt, vil Overliggerne af naturlige Sten have en Tykkelse paa 15—30 cm og ligge 10—15 cm ind paa Vangemurene; de bør mindst have et Jordlag paa 50 cm Tykkelse over sig.

Er p Belastningen i kg pr. m², l Spændvidden i m (= Lysvidde + Overliggerens Tykkelse), σ_b den tilladelige Bøjningsspænding i kg pr. cm², bliver Overliggerens Tykkelse bestemt ved

$$d = l \sqrt{\frac{3\,p}{4\,\sigma_b}}.$$

Belastningen p faas af Vægten af den overliggende Jord, af Overliggeren og af største Hjultryk P, der kan regnes ensformig fordelt over et Areal $(0{,}1 + 1{,}5\,h)^2$, naar h er Jordhøjden i m. Skal et Hjultryk overføres gennem fast lejret Skærveballast kan man regne, at det fordeles over en Bredde $0{,}1 + 2\,h$.

Den tilladelige Paavirkning σ_b kan af Hensyn til mulige Fejl i Stenmaterialet ikke sættes højere end $\frac{1}{15}$—$\frac{1}{20}$ af Brudstyrken ved Bøjning for den paagældende Stenart. For Granit kan saaledes regnes med $\sigma_b = 6$ kg pr. cm².

Tykkelsen af Vangemurene kan for smaa Højder bestemmes ved Formlen

$$b = 0{,}4 \cdot h + 0{,}30\ \text{m},$$

hvor h er Højden, regnet til Overkant af Fundamentet. For større Højder maa der ved Bestemmelsen af deres Tykkelse tages Hensyn til Jordtrykket. Fundamentet skal i hvert Fald have en saa stor Underflade, at Trykket paa Grunden ikke bliver for stort.

2. Rørledninger.

I Stedet for Stenkister kan man i de fleste Tilfælde anvende Rørledninger som Gennemløb under Veje og Jernbaner og derved spare ret betydelige Beløb. Som tidligere bemærket regner man sædvanlig i Praksis et Gennemløbs Kapacitet efter dets Tværmaal uden at gøre Forskel paa, om det er bygget som en kvadratisk, ru Stenkiste eller som en cirkulær, glat Rør

ledning. Vil man f. Eks. tillade en Hastighed af 0,3—0,5 m gennem en cirkulær Rørledning og regner, at Oplandet pr. ha kan give 0,15 m³ Vand pr. Minut under Tøbrud, saa bestemmes Rørdiametren i cm af

$$d = 8\sqrt{n},$$

idet n er Oplandets Størrelse i ha, og samme Tværmaal skal benyttes, selv om man vil bygge Gennemløbene som Stenkister. Paa Jernbaner kan man uden Betænkelighed anvende Rør af 15 cm Diameter til de mindste Gennemløb, medens man ved Veje nødig vil bruge mindre Rørledninger end 25 cm som Gennemløb under selve Vejen, da Rensningen af en saa lang Ledning vilde blive temmelig besværlig ved mindre Rørdiameter.

Ligesom Hensynet til Rensningen kan sætte en lavere Grænse for Rørdiameteren, saaledes bør ogsaa i Almindelighed iagttages, at Ledningerne for smaa Oplande vælges forholdsvis større end for større Oplande, fordi en Tilfældighed, f. Eks. stor Ophobning af Sne paa Baneskraaningen, let kan forøge det lille Oplands Tøbrudsvandføring ud over det normale.

Til smaa Rørledninger kan Materialet være glasserede Lerrør af indtil 50 cm i Diameter, medens man til de større Ledninger bruger Betonrør eller Monierrør, der især skulde være at foretrække til Ledninger i ringe Dybde under Planum, fordi en usymmetrisk Belastning da spiller den største Rolle, og Monierrørene paa Grund af deres Elasticitet delvis kan drage Nytte af det passive Jordtryk. Der er ofte blevet rejst den Indvending mod Rørledninger som Gennemløb, at de ikke er saa stærke som Stenkister, der altsaa burde foretrækkes, men der er dog næppe Tvivl om, at Rørene er stærke nok, naar man blot stamper Jorden fast helt rundt om dem, ved Jernbaner sørger for en passende Jordhøjde over en glasseret Ledning, og ikke anvender de største glasserede Rør — 40 og 50 cm — paa større Dybder end ca. 3 m.

De saltglasserede Rør er cirkulære Mufferør, sædvanlig 2′ = 62,8 cm lange + ca. 8 cm Muffe for Rør indtil 12″ (30 cm) Diameter og $2\frac{1}{2}$′ = 78,5 cm for større Rør. De lægges med Mufferne imod Faldet, og Spillerummet mellem Muffe og Rørvæg tættes med en Væge af Værk og plastisk Ler eller Cementmørtel. Betonrør og Monierrør har ligeledes sædvanlig cirkulært Tværsnit og samles med False, der tættes med Cementmørtel; udvendig bør Stødfugen helst omgives med en Vulst af Mørtel, der baade styrker og tætter Samlingen. Længden af Rørene er sædvanlig 3′ (1 m) + Dybden af Falsen, der er lig den halve Godstykkelse. Disse Betonrør har sædvanlig en flad Bund (Fig. 228—229), hvis Bredde kan sættes til 0,6 Gange den indvendige Rørdiameter d. Godstykkelsen er sædvanlig

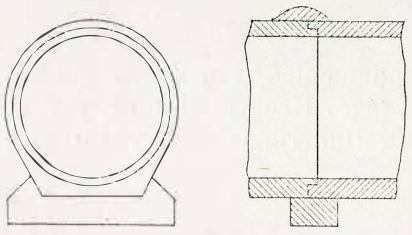


Fig. 228—229.

$$t_1 = 0{,}1\,d + 2 \text{ à } 3 \text{ cm},$$

medens Bundtykkelsen t_2 er 25—30 % større. Paa fast Grund er det til-

strækkeligt, at Rørene styrer hinanden i Falsene; paa mindre god Bund lægger man undertiden smalle Saddelstykker under Samlingerne (Fig. 228—229), og paa daarlig Bund kan det blive nødvendigt at støbe et gennemgaaende Betonfundament — eventuelt baaret af Pæle — hvorpaa Rørene stilles.

Monierrør har sædvanlig ogsaa cirkulært Tværsnit udvendig og lægges derfor som Regel paa særlige Saddelstykker, (Fig. 230), der styrer Rørene med Sidebevægelse, saa Falsene ikke anstrenges for meget. Godstykkelsen kan være lidt mindre end for rene Betonrør.



Fig. 230.

Det vil i Almindelighed give en meget betydelig Besparelse at anvende Betonrør i Stedet for Stenkister, undtagen maaske paa meget afsides liggende Steder, hvor Sten findes billig paa Pladsen.

Betonrør støbes sædvanlig ikke større end med 1 m Diameter, fordi de enkelte Rør saa vilde blive meget tunge og besværlige at haandtere, og derfor bruges Betonledninger i Almindelighed ikke af større Tværsnit, men hvor en 1 m Ledning ikke slaar til, kan man maaske lægge to Ledninger ved Siden af hinanden, ligesom man paa Steder, hvor Højden er knap kan lægge to mindre Ledninger i Stedet for en enkelt større.

Monierrør bruges som Regel heller ikke med større Diameter end 1 m. Principielt er der intet i Vejen for at bruge langt større Diametre baade af Betonledninger og Monierledninger, men de maa da støbes paa Stedet og faar Karakter af Brobygninger.

Enderne af Rørledningerne beskyttes ved Frontmure, der i Reglen udføres af Granit eller af Beton (Fig. 231—232).

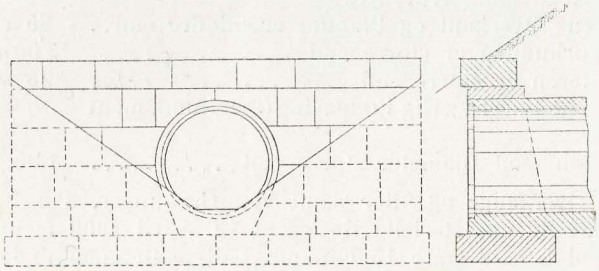


Fig. 231—232.

Bruges Granit, er Murens mindste Tykkelse sædvanlig 50 cm, medens Middeltykkelsen kan anslaas til 0,35 à 0,4 h, for saa vidt dette ikke bliver mindre end 50 cm. Muren kan udføres i Cyklopforbandt eller hellere i regelmæssige, vandrette Skifter som Frontmuren for en Stenkiste. Den faar da et gennemgaaende Fundament af 25—30 cm Tykkelse, hvis Overkant ligger i Højde med Underkant af Rørledningen, og et 20—25 cm højt Dækskifte, hvis Underkant ligger 8—15 cm over Ledningens Overkant, medens Muren iøvrigt deles i 25—30 cm høje Skifter. Da Stenene nærmest Ledningen skal hugges efter dennes Kontur, maa de helst være Løbere. Overfladen af Dækstenen springer 10—15 cm frem for Skraaningen som ved Stenkister. Ved at variere Murens Højde kan man i Reglen opnaa, at der gaar et helt Antal Rør i Underløbet eller i alt Fald ikke mindre Dele end halve Rør. Ledningen kan i Reglen lægges saaledes i Forhold til de tilstødende Grøfter, at disses Bund svarer til en Korde i Lysningscirklen.

Bygges Ledningen af saltglasserede Rør, bliver Frontmurens Højde lig med udvendig Muffediameter + 50 à 60 cm.

Skal Frontmuren udføres af Beton, kan dens Dimensioner indskrænkes

en Del. Underkanten lægges ca. 25 cm under Rørets Underkant maalt udvendig paa Muffen, Øversiden afskæres efter Skraaningens Plan og lægges med Forkanten 8—10 cm over Rørets Overkant, medens Middeltykkelsen bliver ca. 0,35 af Højden, og mindste Tykkelse 25 cm.

Ved større Rørledninger kan det ofte være fordelagtigt at erstatte Frontmurene med Vinkelfløje.

De danske Statsbaner anvender de i Tabel 21 angivne Størrelser af Monierrør. (Fig. 233—235). Forstærkninger bruges ved blød Bund og ved alle Dæmninger af over 3 m Højde. 50 cm Lerrør maa ikke anvendes, naar Dæmningen har en større Højde end 2,5 m, og Lerrør maa i det hele taget ikke anvendes, naar Ledningens Overkant ikke kan komme mindst 0,3 m under Planum. Lerrør anvendes i Dimensionerne 20, 30, 40 og 50 cm.

For Gennemløb under Banen anvendes paa de danske Privatbaner følgende Regler.

Saltglasserede Rør
med Mundinger af Græstørv og Skyllesten af Granit for Overfladevand

Mindste Diameter for Dræning	10 cm
— — - Overfladevand	20 cm
Største — - —	30 cm

Monierrør
med Mundinger af Beton eller Granitmurværk.

Mindste Diameter	30 cm
Største —	1,00 m
Mindste Afstand mellem Ledningernes Overkant og Planum	35 cm

Ledningerne forstærkes og lægges af Monierrør, hvor

1. Afstanden mellem Ledningens Overkant og Planum er mindre end	35 cm
2. Paafyldningshøjden over Rørbunden er større end	3,00 m
samtidig med at Rørdiameteren er større end	25 cm
3. Der findes blød Bund, der medfører særlig Fundering (Sandfundament dog undtaget)	
Som Broer bygges alle Gennemløb med Diameter større end	1,00 m

Ved Anlæg af Overkørsler, Overgange og Stier samt Vejforlægninger, Parallelveje og farbare Adgange er ved de ministerielle Regler af 13. April 1909 fastsat, at mindste Diameter for Gennemløb maa være 15 cm, mens disse Gennemløb iøvrigt udføres efter de samme Regler, der gælder for Gennemløb under Banen. Betonrør maa ikke anvendes her.

Bliver Spændvidden over 1—1,25 m kan man ikke anvende Rørledninger eller Stenkister; ved ikke for store Spændvidder og paa Steder, hvor man mellem Planum og Hvælvingens Top mindst kan faa 0,75 m Jord kan da anvendes hvælvede Broer som vist Pl. 10. Idet l er Spændvidden, p Hvælvingspilen, R Hvælvingens Radius, h Pillens Højde, w Pillens Middeltykkelse, δ Hvælvingens Tykkelse kan man ved den foreløbige Bestemmelse sætte

$$\delta = 0{,}08\ R + 0{,}3^{m}$$

og

$$w = \frac{l}{8}\frac{3l - p}{l + p} + 0{,}17\ h + 0{,}3^{m},$$

hvor alle Maal er m.

Fløjmurens Tykkelse forneden kan sættes til $\frac{1}{3}$ af Højden.

Yderligere maa regnes med, at Hvælvingens Tykkelse for hver 6 m Dæmningshøjde forøges med $\frac{1}{2}$ Sten.

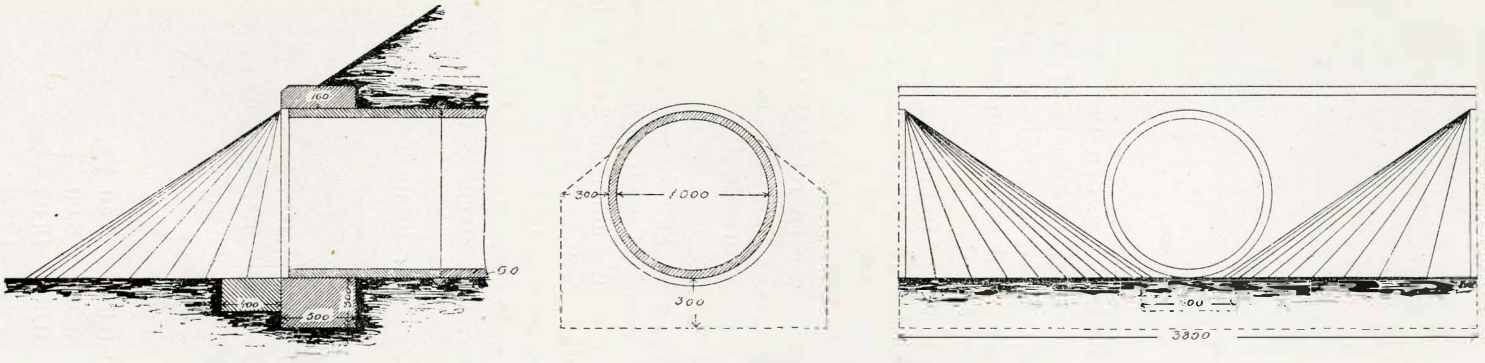


Fig. 233—235 De danske Statsbaner. 100 cm Monierrør.

Tabel 21.

Lysning	Tykkelse	Indre Næt		Ydre Næt		Antal Fordelingsstænger 3 mm	Længde	Vægt pr. Rør	Planums Højde over Rørets Overkant skal mindst være	Forstærkningens Tykkelse	
		Største tilladte Afstand mellem Vindingerne	Tykkelse	Største tilladte Afstand mellem Vindingerne	Tykkelse					ved Siden af Røret	under Rørets Bund
cm	mm	mm	mm	mm	mm		m	kg	mm	mm	mm
40	40	50	3	50	3	8	1	132	600	150	200
50	45	50	3	50	3	11	1	185	700	150	250
60	50	50	5	50	3	11	1	240	900	250	300
80	55	50	5	50	5	12	1	356	1200	300	300
100	60	45	5	45	5	14	1	480	1500	300	300

F. Tarifer.

§ 28. 1. Persontarifer.

Naar en Tarif er kilometrisk, kan dens Basis d. v. s. den Pris, der svarer til en Vejlængde paa en Kilometer, være konstant og uafhængig af Afstanden. Tarifen er da proportional. For at finde Prisen for en hvilken som helst Vejlængde skal man kun multiplicere denne med Basis.

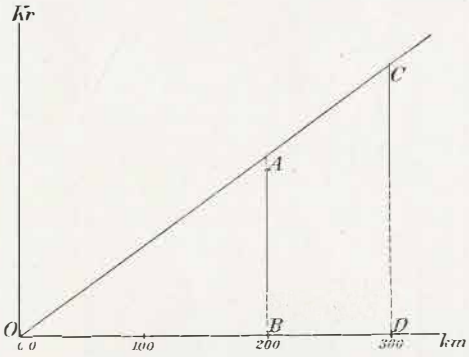


Fig. 236.

Hvis man fremstiller en saadan Tarif grafisk (Fig. 236) med Afstanden, Vejlængden, som Abscisse, og Taksten som Ordinat, saa er den Linie der fremstiller Taksterne en ret Linie OC; enhver af Ordinaterne AB, CD o. s. v. fremstiller Prisen svarende til Afstandene OB, OD o. s. v.

Eller man kan have en Basis, der ikke er konstant men varierer med Afstanden; man kalder da Tarifen for en differentiel Tarif.

Man kan have et stort Antal Systemer af differentielle Tarifer, fordi man kan finde et stort Antal Maader at lade Basis variere med Afstanden. Men der er kun faa, der anvendes. De to Former, der anvendes mest, skal omtales her.

1°. Den anvendte Basis er forskellig efter den totale Transportafstand, men den anvendes for hele Vejlængden.

Basis kan f. Eks. være:

0,08 Kr. pr. km for alle Vejlængder indtil 100 km
0,05 Kr. pr. km for alle Vejlængder mellem 100 og 300 km
0,04 Kr. pr. km for alle Vejlængder over 300 km.

Den herefter beregnede Takst er:

for 80 km ..... 80·0,08 = 6,40 Kr.
- 120 - ..... 120·0,05 = 6,00 -
- 260 - ..... 260·0,05 = 13,00 -
- 320 - ..... 320·0,04 = 12,80

Hvis denne Tarif fremstilles grafisk (Fig. 237) med Vejlængderne som Abscisser og Taksterne som Ordinater, vil Taksterne blive vist ved den brudte Linie OABC.

Man ser umiddelbart den Mangel, dette System har, idet f. Eks. Taksten for en Vejlængde paa 80 km er højere end for 120 km, ligesom den er højere for 260 km end for 320 km.

Denne Mangel retter man paa forskellige Maader. Som Regel fastsætter man, at Prisen for hvert Trin af Afstandsskalaen ikke maa gaa op over et vist Maksimum, svarende til Prisen for den korteste Afstand i det næste Trin. I det angivne Eksempel er Maksimum 5,00 Kr. for første Trin, 12,00 Kr. for andet Trin.

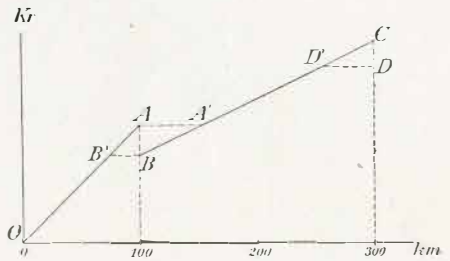


Fig. 237.

Dette Maksimum angives i Fig. 237 af de vandrette Linier BB′ og DD′, hvor BB′ svarer til 5,00 Kr., DD′ til 12,00 Kr.

I andre Tilfælde fastsætter man ikke et Maksimum men et Minimum, d. v. s. at man for hvert Trin bestemmer, at Taksten ikke maa være mindre end, hvad der svarer til den største Afstand i det foregaaende Trin. I det anførte Eksempel vilde dette svare til, at Taksten mellem 100 og 300 km ikke maatte være under 8,00 Kr. (100·0,08 Kr.), hvilket fremstilles i Fig. 237 ved den vandrette Linie AA′.

Men hvilken Fremgangsmaade man nu end anvender, er der ved Systemet endnu en Mangel, idet Prisen, som det vil ses, er ens for ret lange Stykker.

2⁰. En mere rationel og praktisk Form for en differentiel Tarif er det belgiske System med aftagende Basis, der første Gang er anvendt af de belgiske Statsbaner.

Efter disse Tarifer bliver Basis efterhaanden mindre for hvert Trin, men Taksterne beregnes, ved at man for hvert Trin benytter den hertil svarende Basis.

Taksterne vil f. Eks. kunne beregnes efter

0,10 Kr. pr. km indtil 100 km
0,08 - - - fra 100 km til 200 km
0,06 - - - fra 200 km til 300 km
0,05 - - - for Afstande over 300 km.

Taksterne bliver saa f. Eks.

For 60 km $60 \cdot 0{,}10 = 6{,}00$ Kr.
- 120 - $(100 \cdot 0{,}10) + 20 \cdot 0{,}08 = 11{,}60$ Kr.
- 250 - $(100 \cdot 0{,}10) + (100 \cdot 0{,}08) + (50 \cdot 0{,}06) = 21{,}00$ Kr.

Grafisk er denne Tarif fremstillet i Fig. 238, hvor den brudte Linie fremstiller de totale Takster svarende til hver enkelt Afstand.

Dette Tarifsystem har ikke de Mangler, der klæber ved det forrige.

Det belgiske System er efterhaanden blevet antaget af en hel Del andre Lande.

Endelig skal anføres Zonetarifen (Fig. 239), hvor Taksten er konstant i hver Zone, der omfatter et vist Antal km.

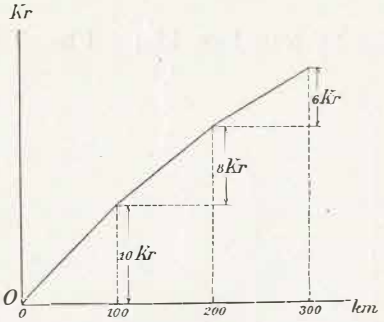


Fig. 138.

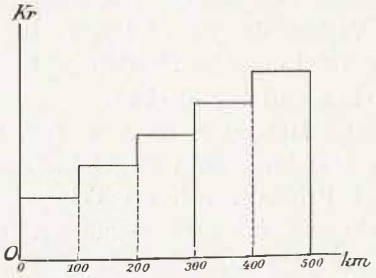


Fig. 139.

Endnu skal omtales Tarifering ved Priser fastsat fra Station til Station, hvilket System tidligere var meget yndet i Frankrig. Man indvender mod dette System og ikke med Urette, at det gav Plads for Vilkaarlighed, idet man som Regel ikke tog Hensyn til Afstanden, hvorved man skabte stødende Uligheder imellem de forskellige Egne imellem Taksterne. Systemets Tilhængere hævdede paa den anden Side, at dette System alene var i Stand til at tilfredsstille Handelens Krav og til at forøge Jernbanernes Indtægter.

Systemet anvendes derfor mindre og mindre; men desuden har det ganske bortset fra enhver Betragtning om Lighed i Taksterne, den store Ulempe, at det giver en yderst indviklet Anvendelse af Taksterne.

I Henhold til Lov Nr. 111 af 13. Maj 1911 i Forbindelse med Lov Nr. 75 af 13. Marts 1922 er Betalingen paa de danske Statsbaner for Enkeltrejse med Persontog og blandede Tog.

a. For Afstande indtil 225 km (incl.).

For II Vognklasse ..... 8,5 Øre pr. km
» III — ..... 5,0 » » »

De efter Grundtaksterne udregnede Billetpriser, der ikke ved Beløb under 1 Kr. er delelige med 5 og ved Beløb over 1 Kr. med 10, afrundes opad til nærmeste Mangefold af henholdsvis 5 og 10 Øre. Mindstebetalingen er 55 Øre for II Klasse og 30 Øre for III Klasse.

b. For Afstande over 225 km.

Tabel 22.

km	Zone	II Klasse	III Klasse	km	Zone	II Klasse	III Klasse
		Kr	Kr.			Kr.	Kr.
226—256	1	19,20	11,30	442—484	7	23,40	13,70
257—289	2	19,90	11,70	485—529	8	24,10	14,10
290—324	3	20,60	12,10	530—576	9	24,80	14,50
325—361	4	21,30	12,50	577—625	10	25,50	15,00
362—400	5	22,00	12,90	626—676	11	26,20	15,50
401—441	6	22,70	13,30	over 676	12	27,00	16,00

For Rejse paa I Klasse er Billetprisen lig med Summen af Priserne for en II og en III Klasses Billet. For Rejse med Il- og Eksprestog er Tillægsbetalingen 2,75 Kr., 1,75 Kr. og 1,00 Kr. for henholdsvis I, II og III Klasse.

2. Godstarifer.

Godstakster beregnes i Almindelighed efter en konstant Grundtakst med et Tillæg for Afstanden. Efter Godsets Art har man forskellige Takster, saaledes som det vil fremgaa af nedenstaaende Tabel 23, der som Eksempel angiver de danske Statsbaners Godstarifer i Henhold til Lov Nr. 111 af 13. Maj 1911 i Forbindelse med Lov Nr. 75 af 13. Marts 1922.

Tabel 23.

	Fragt for 100 kg						
	Styktakster			Vognladningstakster			
	Takst 1 Ilstykgods	Takst 2 Fragtstykgods under 500 kg	Takst 3 Fragtstykgods i større Partier	Takst 4	Takst 5	Takst 6	Takst 7
	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre
Konstant [1]	140	70	54	32	30	26	22
For hver af de første 60 km	4,5	2,35	1,7	1,42	0,95	0,71	0,57
For hver af de næste 60 km	2,7	1,6	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4
For hver af de næste 60 km	1,35	0,8	0,5	0,47	0,42	0,35	0,28
For hver af de følgende 60 km	0,7	0,4	0,3	0,27	0,25	0,22	0,19

Takst 4 gælder for Smør, Kød, Kolonialvarer, Øl, Petroleum, Metaller m. m. Takst 5 for fersk Fisk, Korn, Tømmer, kunstige Foderstoffer, Rodfrugter m. m., Takst 6 for Kul m. m. og Takst 7 for Mursten, Brænde, Tørv, Halm, Hø m. m.

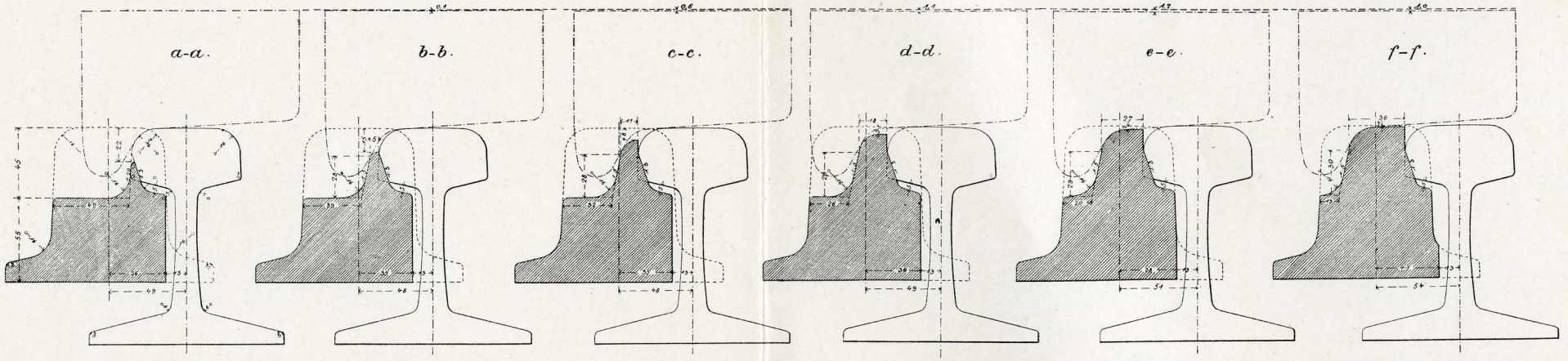
[1]) For Afstande indtil 40 km regnes følgende Konstant pr. 100 kg:

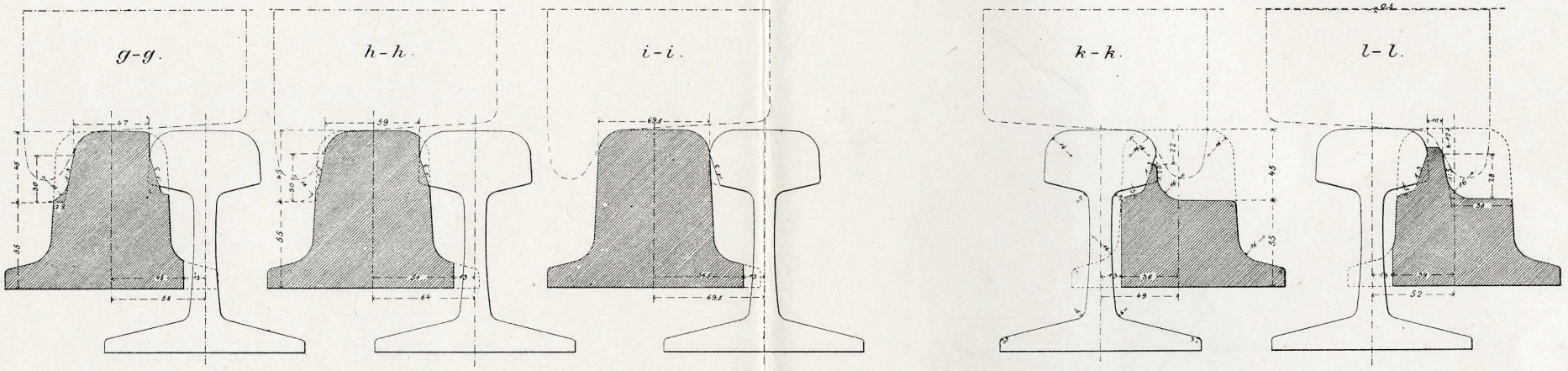
Tabel 24.

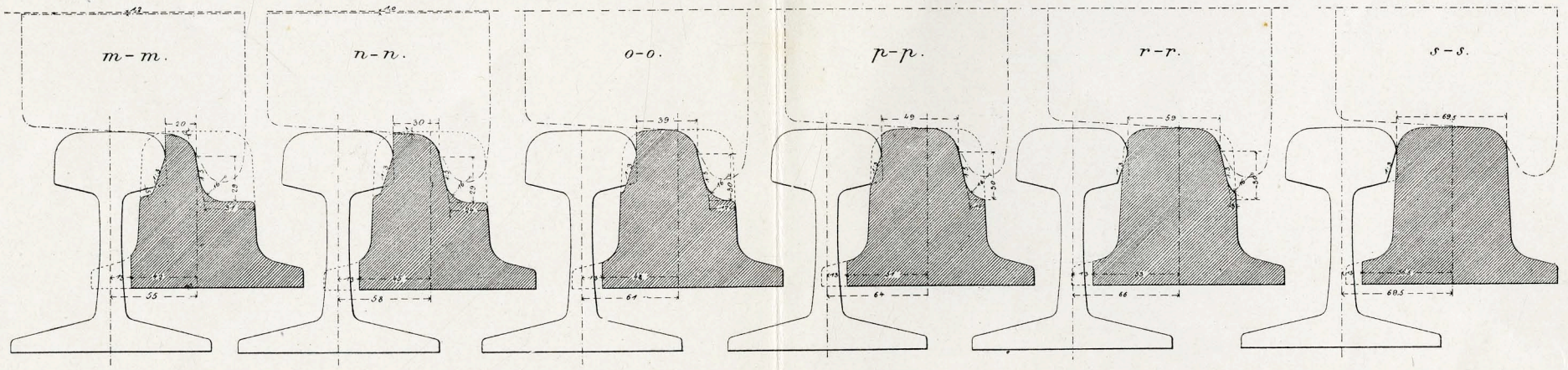
km	Takst 1	Takst 2	Takst 3	Takst 4	Takst 5	Takst 6	Takst 7
	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre	Øre
1—5	86	40	33	17	17	16	13
6—10	93	43	36	19	17	17	14
11—15	100	47	39	22	20	20	16
16—20	108	50	42	25	22	22	17
21—25	115	54	45	27	22	22	17
26—30	122	58	48	28	24	22	17
31—35	128	62	51	30	27	26	19
36—40	134	66	54	32	29	26	20

Letfordærvelige Varer, der indleveres med hvide Fragtbreve, befordres baade som Styk- og Vognladningsgods med samme Hurtighed og samme Leveringsfrist som Ilgods. Fragten regnes efter de sædvanlige Fragtgodstakster.

Indleveres letfordærvelige Varer som Stykgods med brune Fragtbreve, befordres de som Ekspresgods. Fragten regnes for fersk Fisk som for almindeligt Ilstykgods; for de øvrige Varer (herunder bl. a. levende Fisk i Vand) regnes Fragten efter Takst 1 (Ilstykgodstaksten) for Godsets virkelige Vægt forhøjet med 50 % med Afrunding opad til Mangefold af 10 kg, dog mindst for 30 kg. Den mindste Fragt, der opkræves for en Fragtbrevssending, er 1 Kr. 20 Øre for fersk Fisk og 1 Kr. 80 Øre for de øvrige Varer.







De danske Statsbaner. 45 kg. Overbygning. Enkelt Sporskifte med Fuldtunger. Højre Sporskifte.

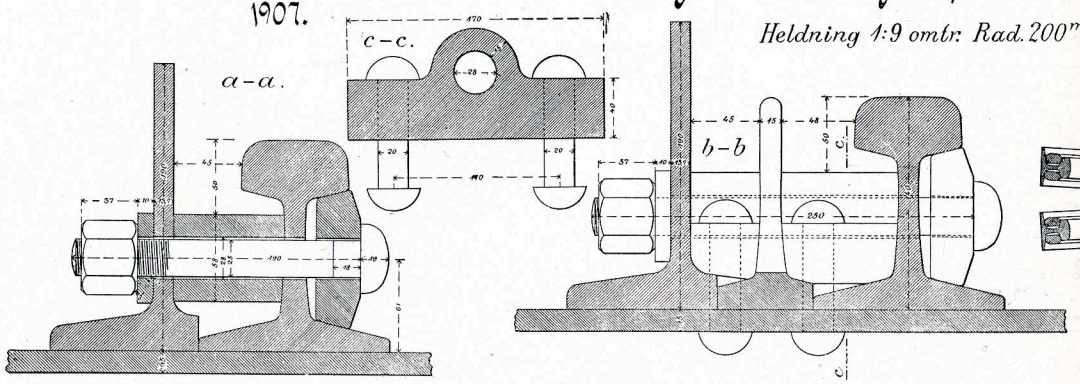
De danske Statsbaner.
1907.

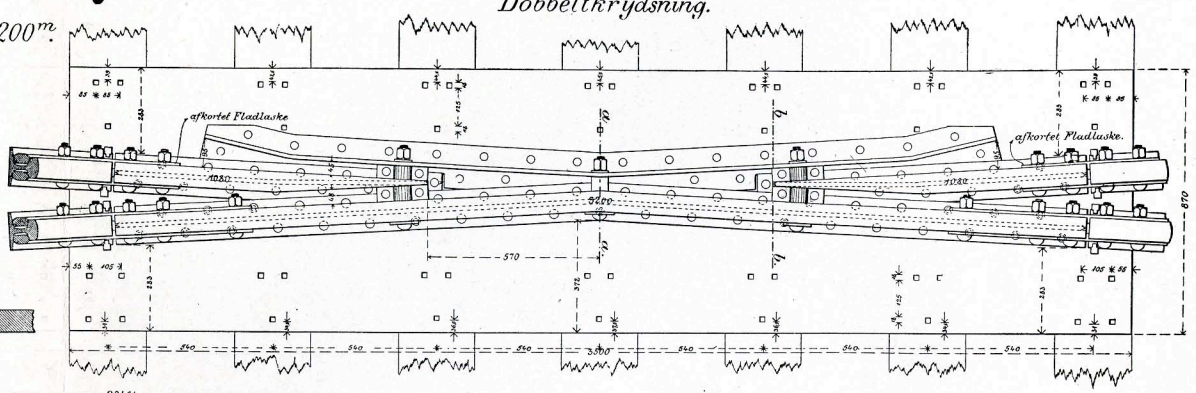
Krydsningssporskifte.

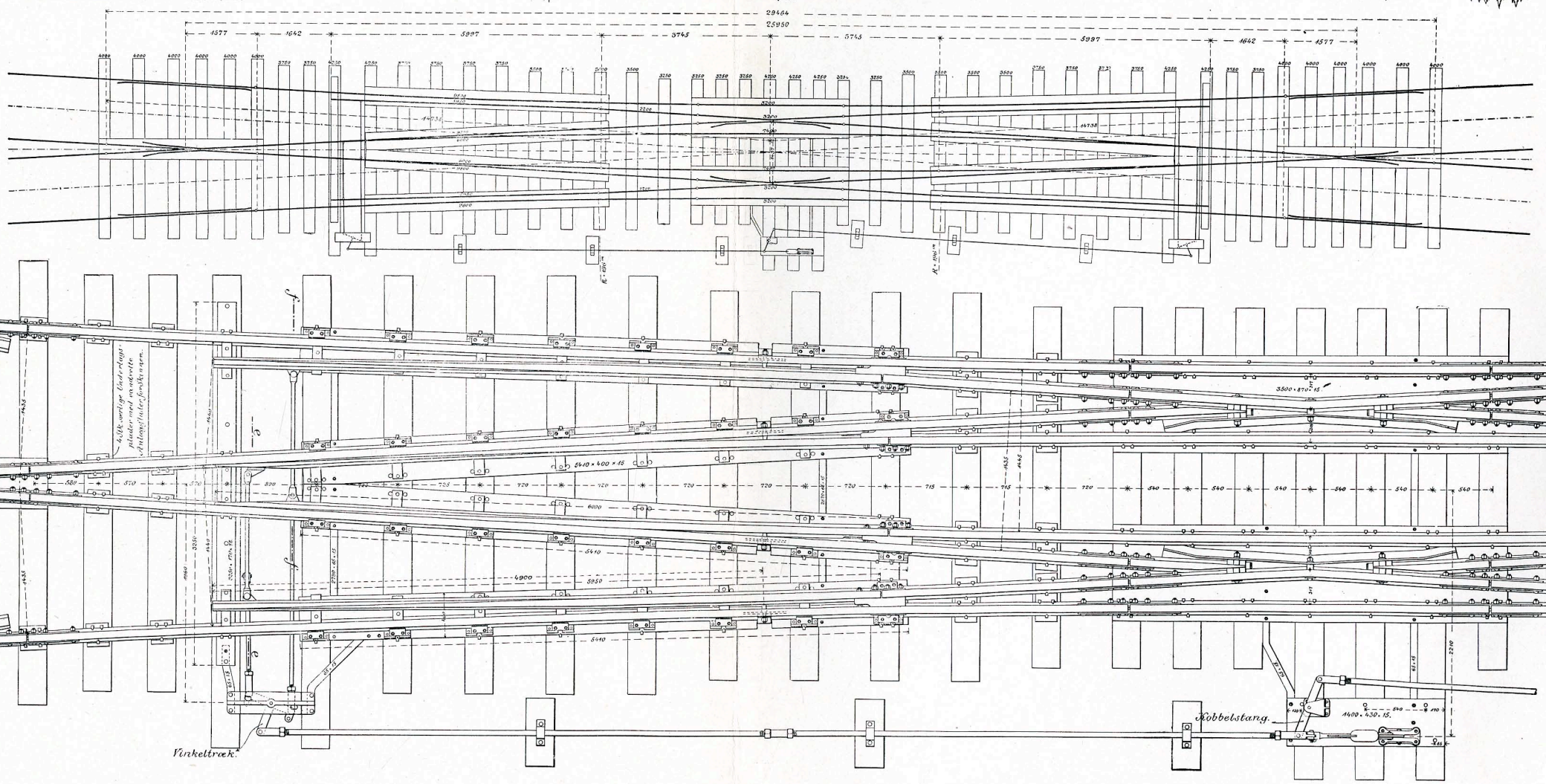
Heldning 1:9 omtr. Rad. 200m.

Overbygning for 45 kg Skinner

Dobbeltkrydsning.



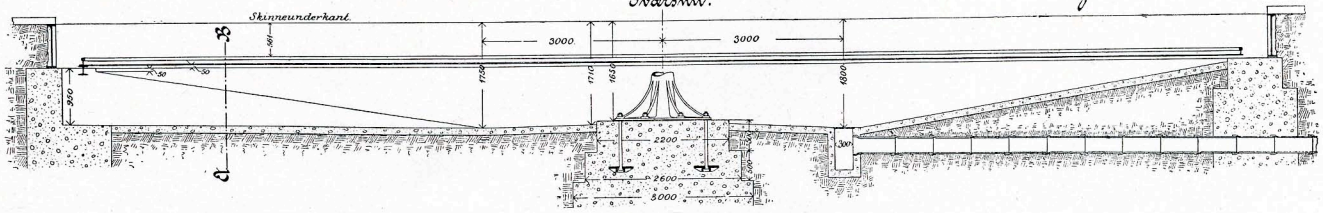




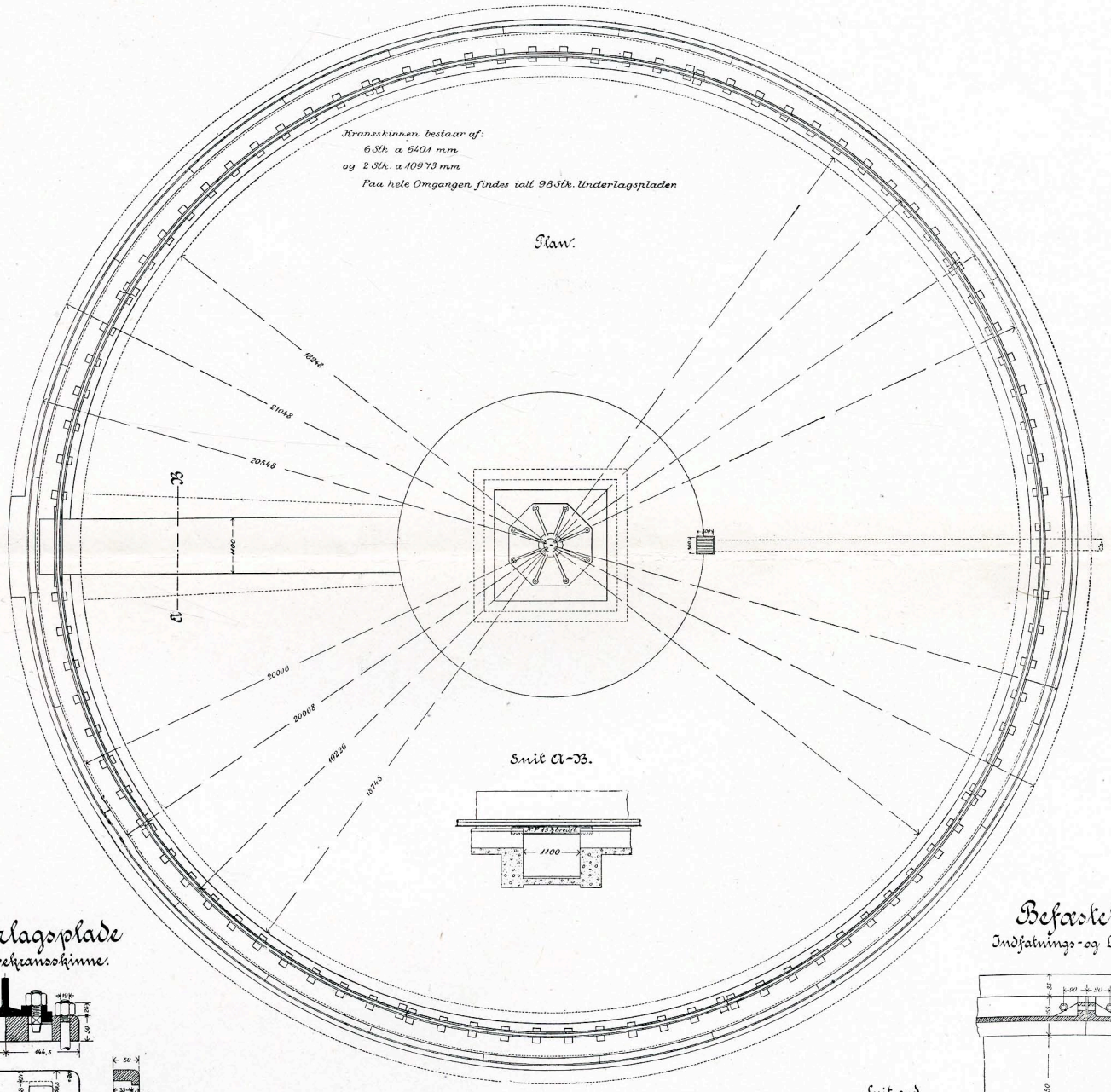
De danske Statsbaner.
1906.
Rettet 1914.

20 Meters Drejeskive.

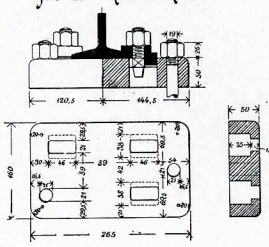
Tværsnit.



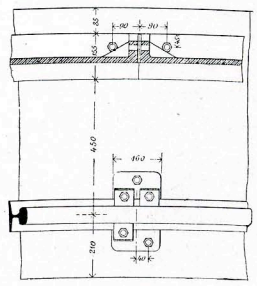
Grube.



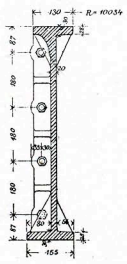
Underlagsplade
for Løberkranskinne.

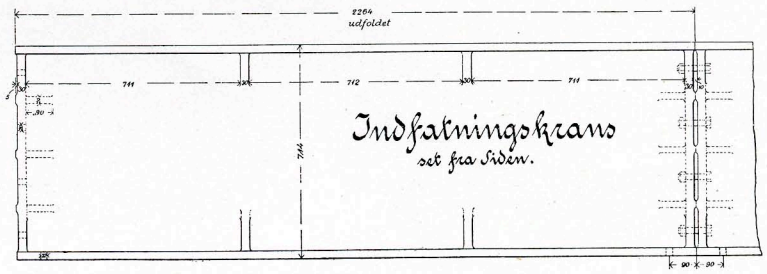


Befæstelse af
Indfatnings- og Løberkrans.



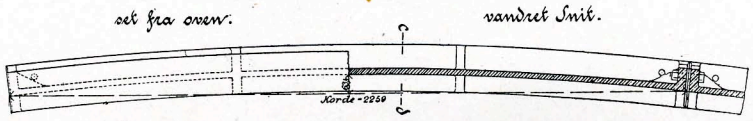
Snit c-d.





set fra oven:

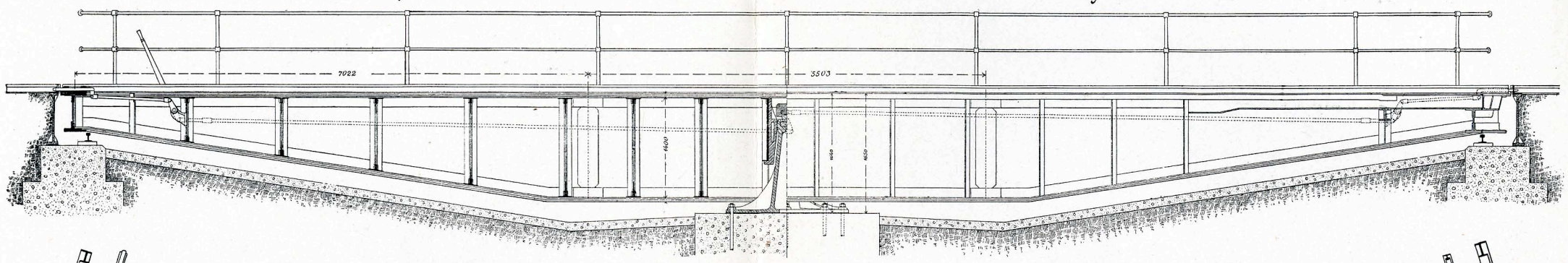
vandret Snit.



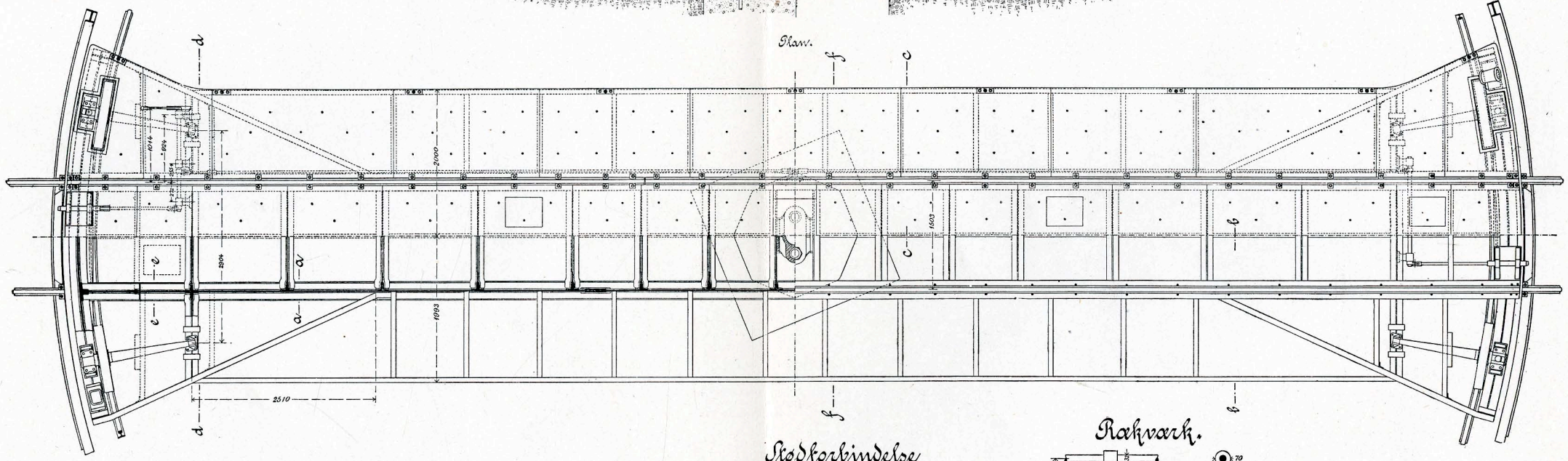
De danske Statsbaner.
1906.
Rettet 1914.

20 Mekers Drejeskive.

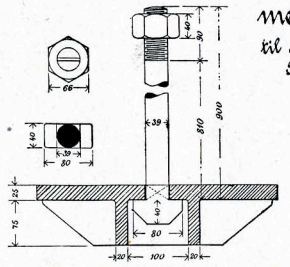
Langdesnit. Set fra Siden.

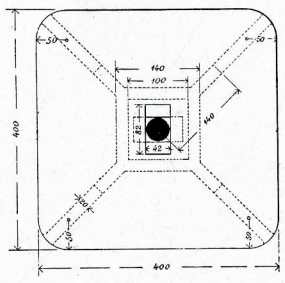


Plan.

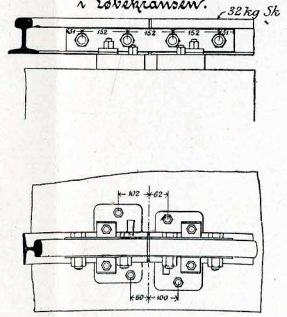


Ankerbolt med Plade.
til Kongestolens Befæstelse.

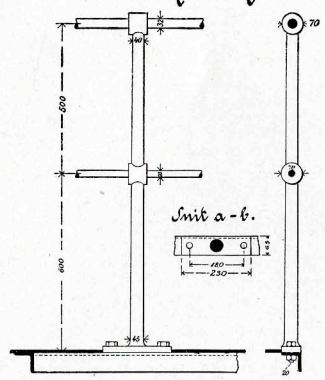




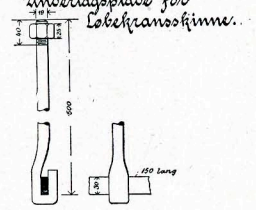
Skødforbindelse
i Løberingen.



Rækværk.



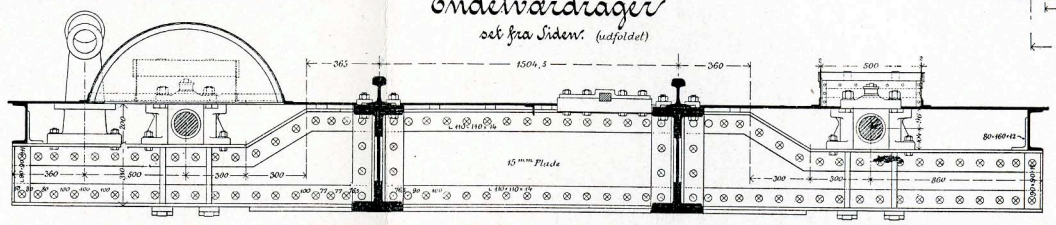
Bolt til Befæstelse af Indfatningskrans og Underlagsplade for Løberingsskinne.



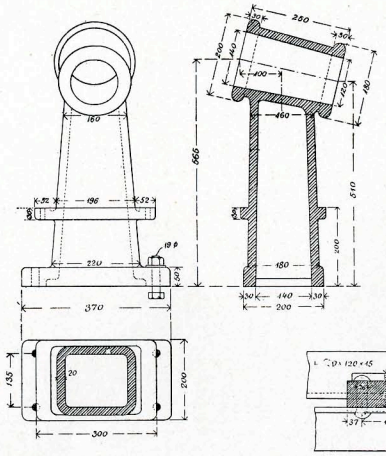
De danske Statsbaner.
1906.
Rettet 1914.

20 Meters Drejeskive.

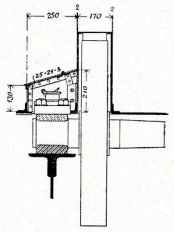
Endetværdrager
set fra Siden. *(udfoldet)*



Opstander til Drejebom.



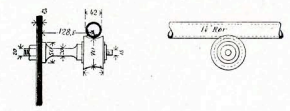
Snit C-D.



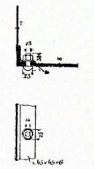
Snit E-F.



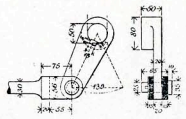
Støtterulle.



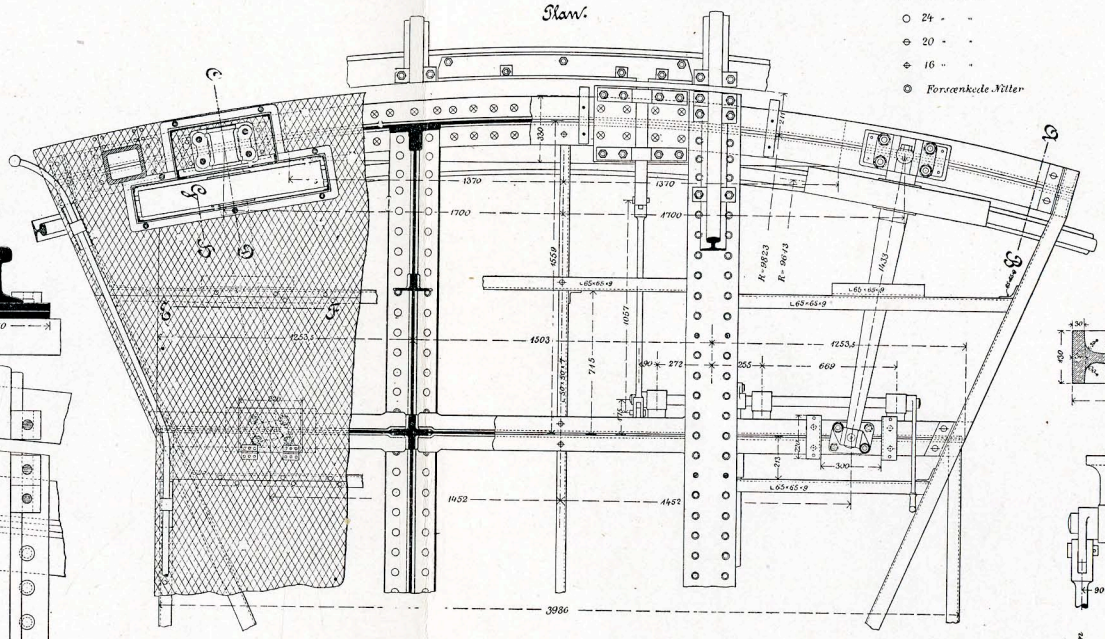
Snit G-H.



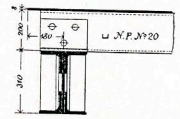
Vagtstang ved b.



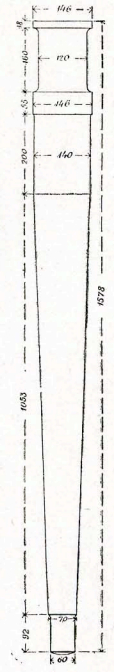
Stav.



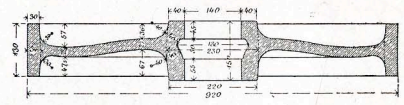
Snit A-B.



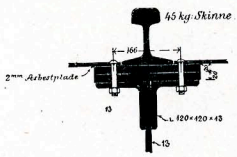
Løbehjulakse.



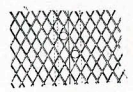
Løbehjul.

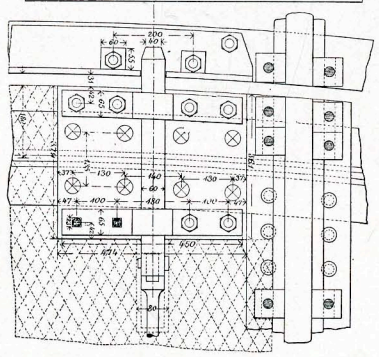


Rillepladens Befæstelse.

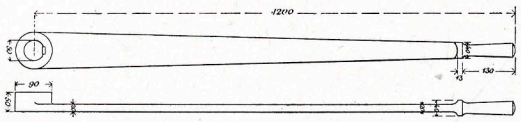




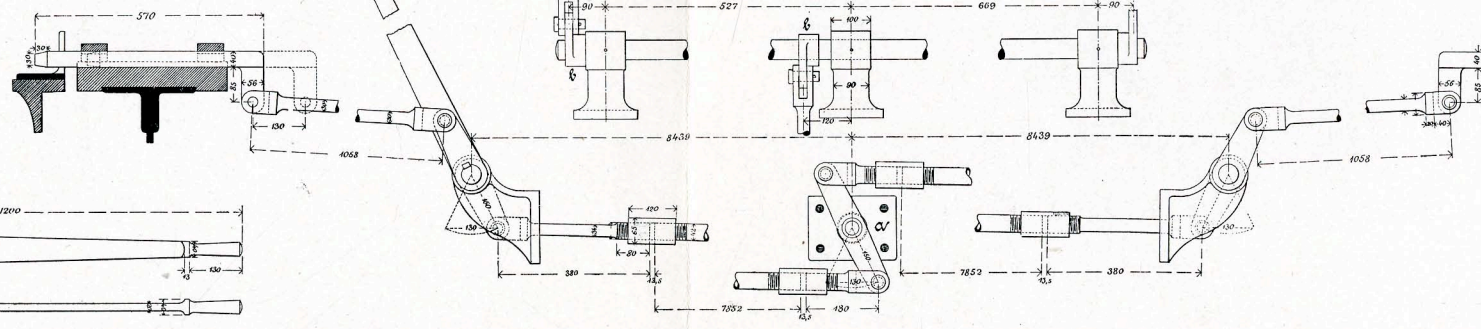


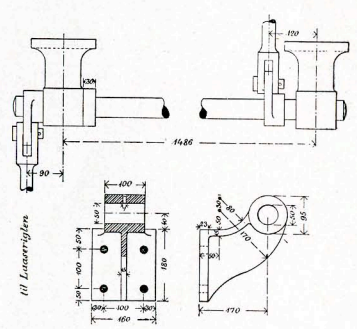


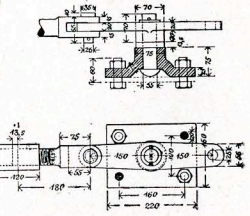
Haandstang.



Aflaasning.



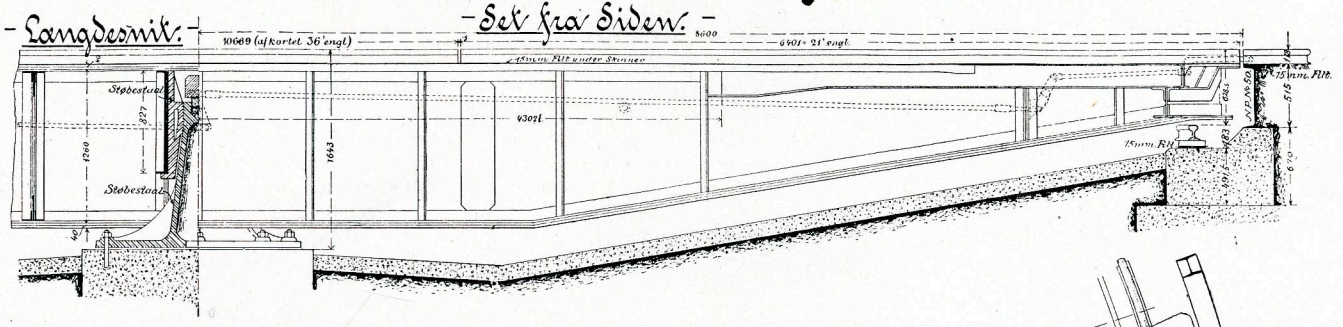




Danske Statsbaner.

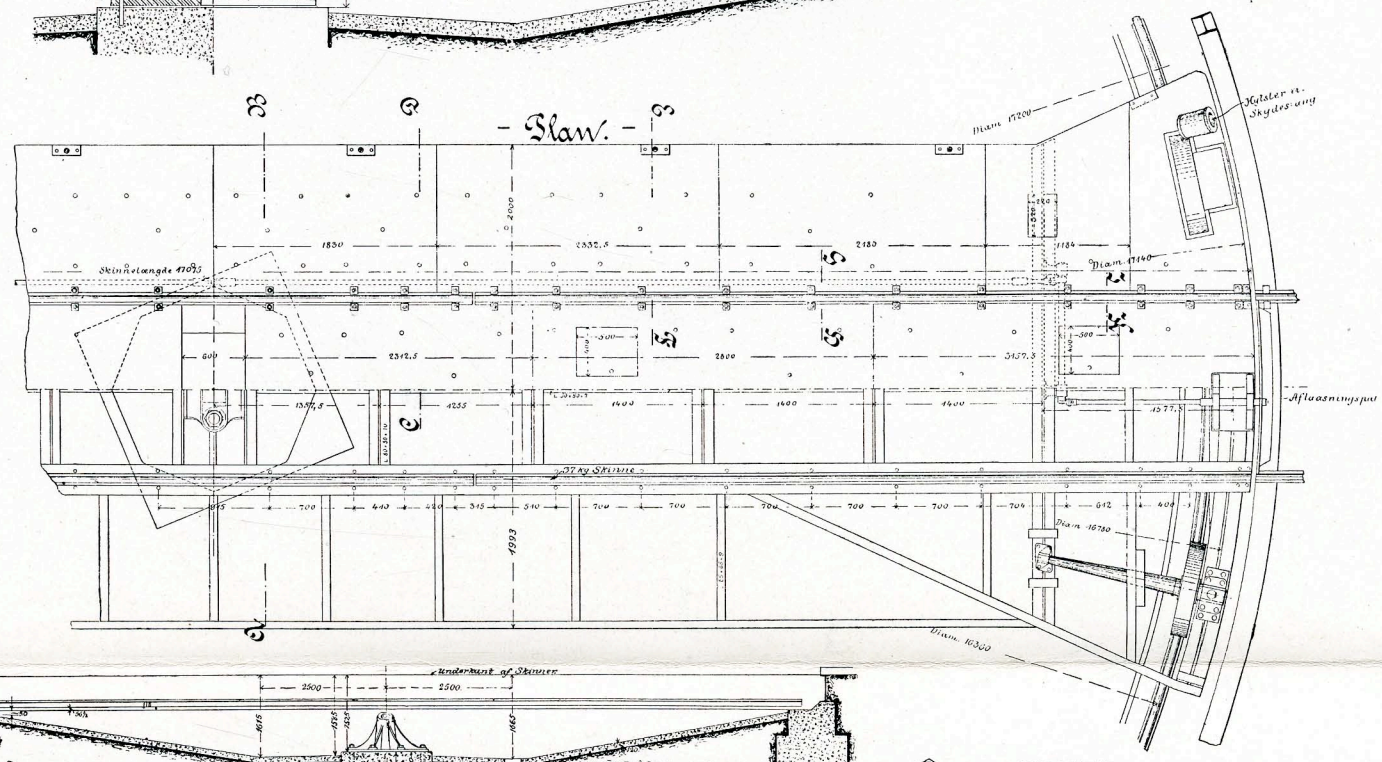
17 Meters Drejeskive.

- Langdesnit. -



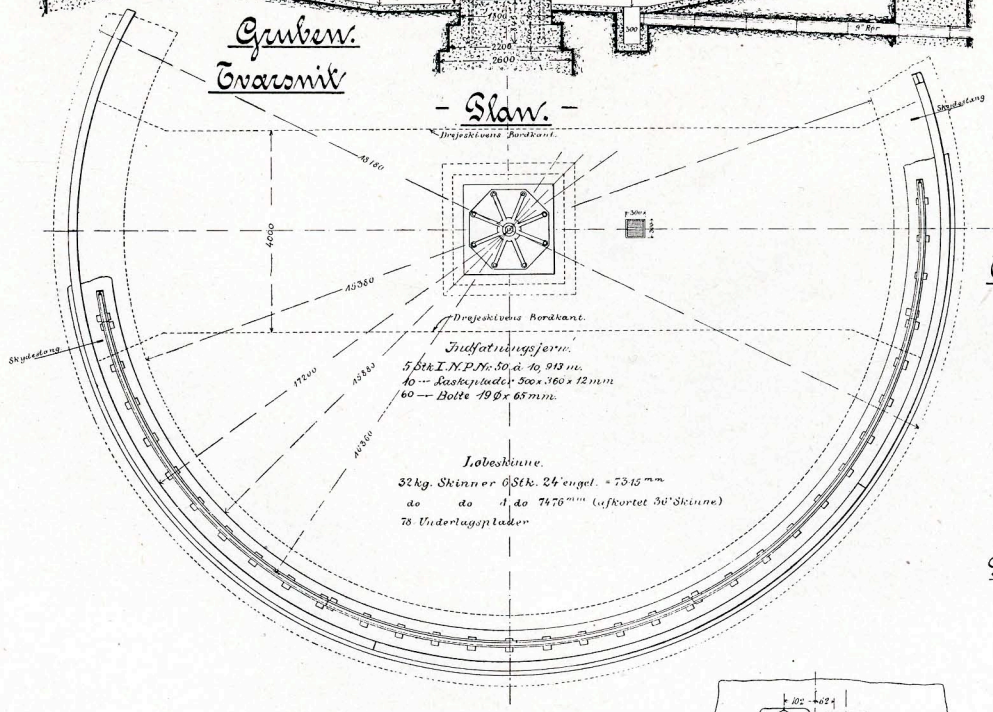
- Set fra Siden. -

- Plan. -

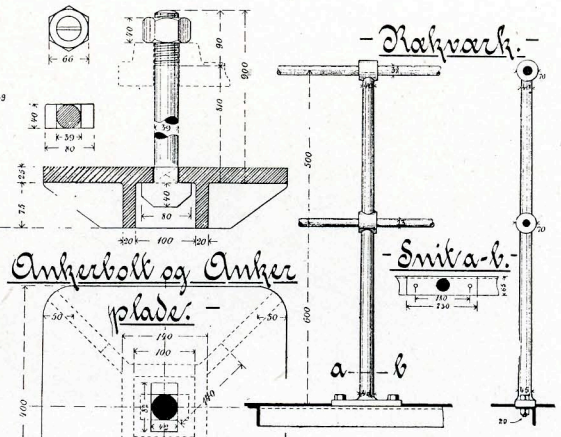


Grube-Tværsnit

- Plan. -

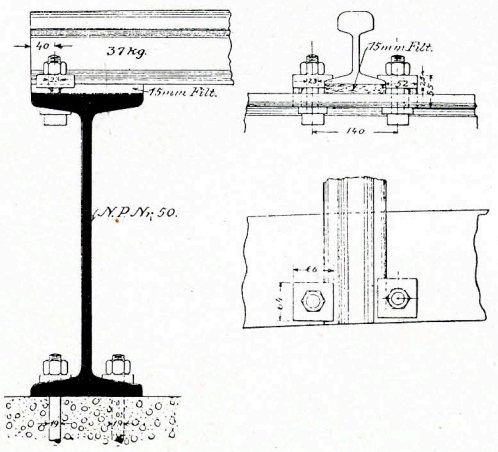


- Rakværk. -

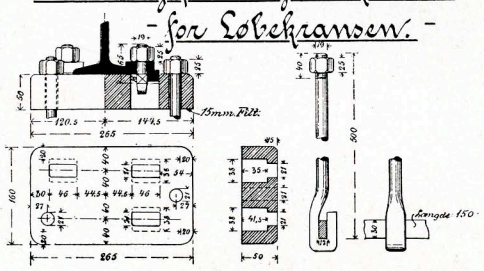


Ankerbolt og Ankerplade. -

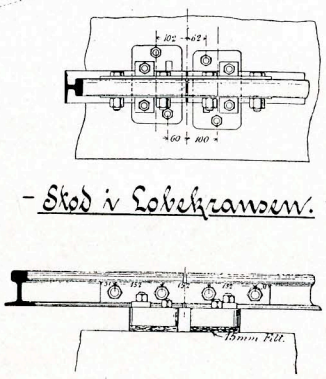
Befæstelse af Skinner til Indfatningsjern



- Underlagsplade og Ankerbolt for Løbekransen. -



- Skod i Løbekransen. -

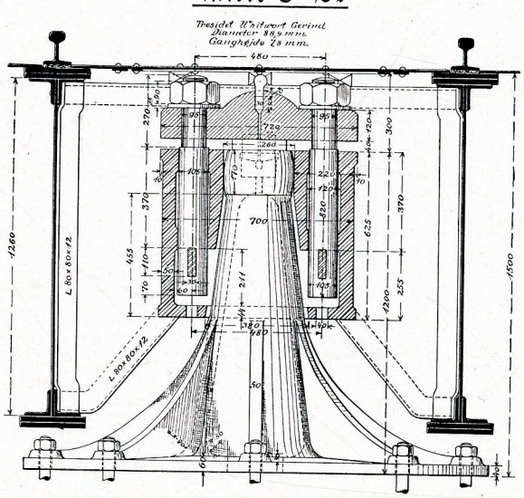


Danske Statsbaner.
-1916.-

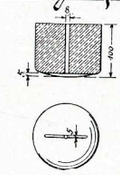
17 Meters Drejeskive.-

-Rongeskolen.-

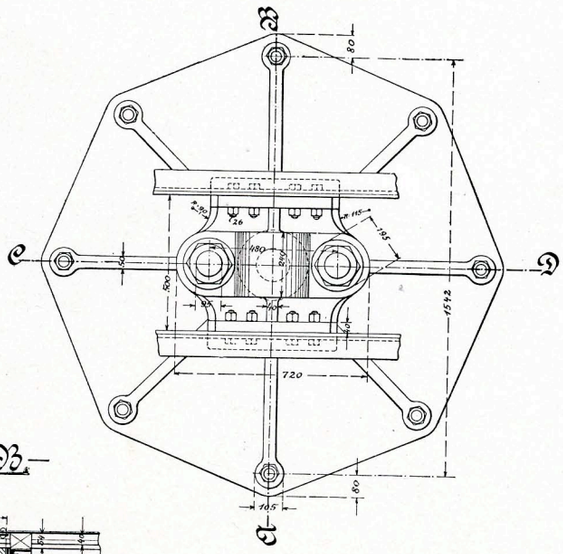
-Snit C-D.-



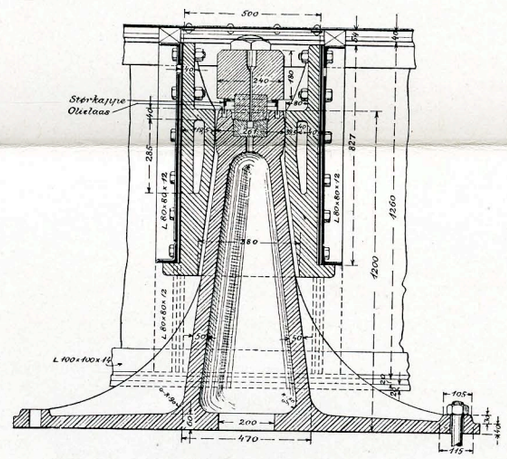
-Smørenot i Drejetap.-



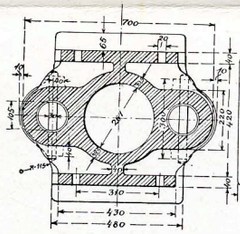
-Plan.-



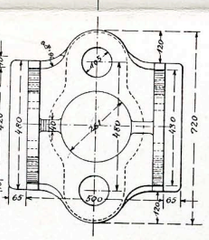
-Snit A-B.-



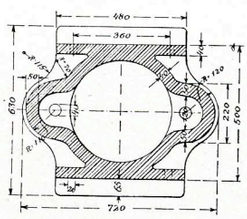
-Snit E-F.-



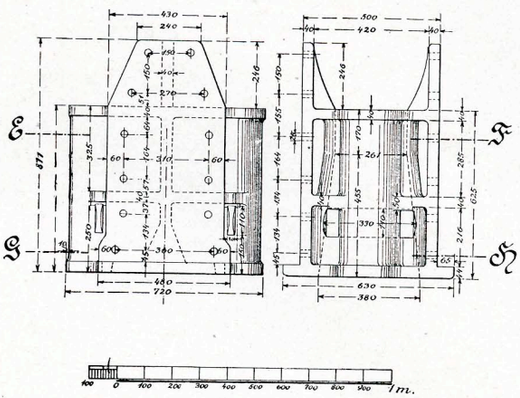
-Plan.-



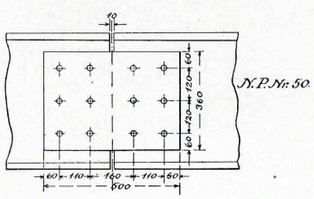
-Snit G-H.-

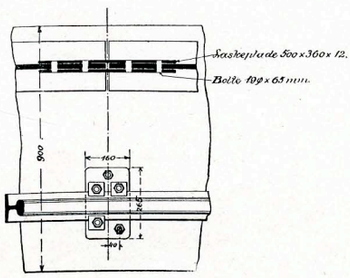


-Skyreskykke.-

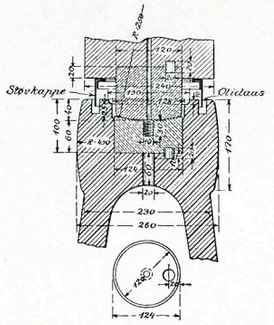


Stød i Indskatningsjern



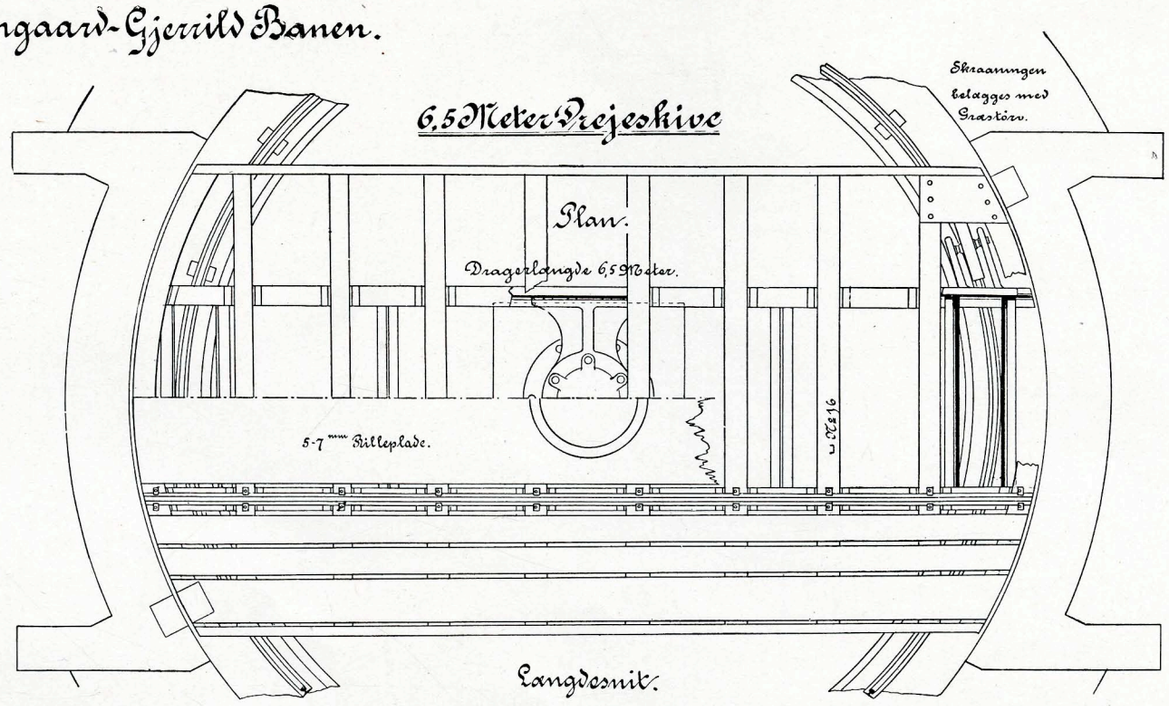


-Tap og Bande.-



Ryomgaard-Gjerrild Banen.

6,5 Meter Drejeskive



Ryomgaard-Gjerrild Banen.

6,5 Meter Drejeskive

Underlagsplt. Spændestk: & Bolte til Ringskinne.

Møtrap.

Fundamentbolt.

Aksel til Dobbeltkloje.

Stoppelaas.

Drejeskinne.

Nitter
15 mm/m Bolte.

Drejestang

Skotil Drejestang.

Bille-plade

Bolte

Dæk-Bolte

Skruer

Dæk-Vinkler

Dæk-Jern

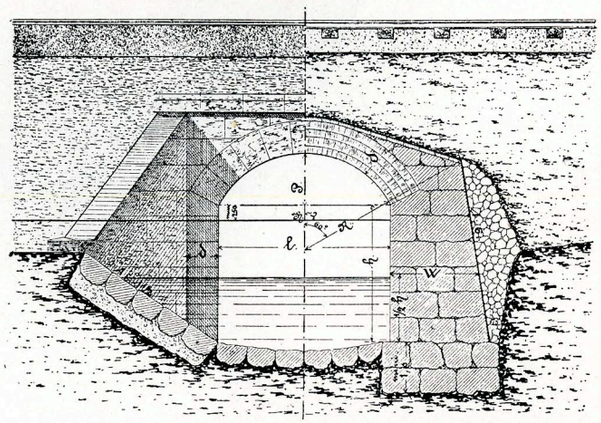
Ringskinne

Ringskinne

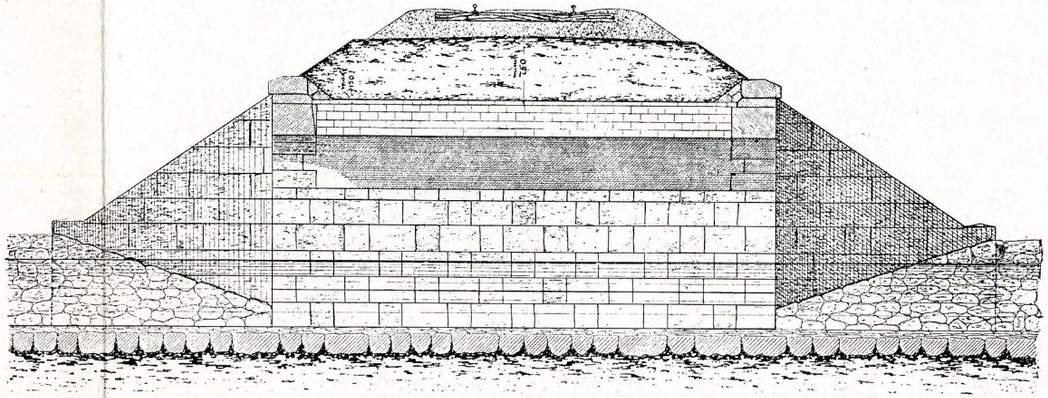
Ringskinne

Facade.

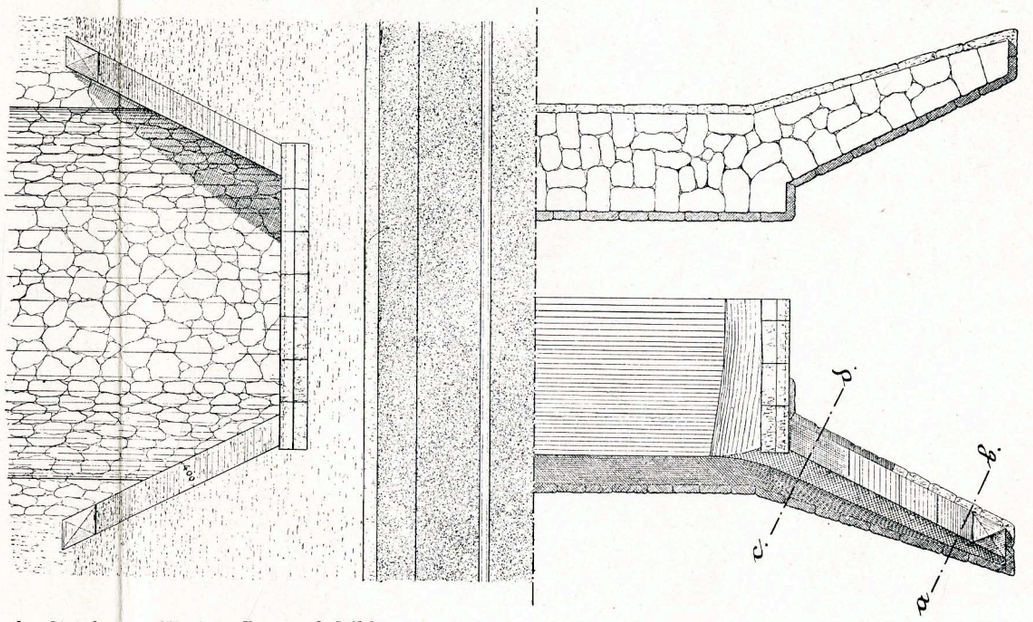
Tværsnit.



Længdesnit.

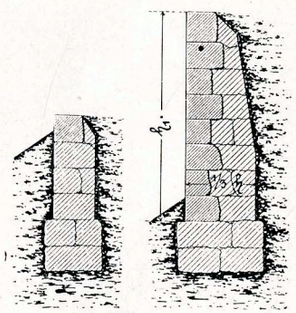


Plan.



Fløimur.

Snit a–b. Snit c–d.



De danske Statsbaner. Hvælvet Bro med Stikbue.

J. JØRGENSEN & CO.
(IVAR JANTZEN) KØBENHAVN.