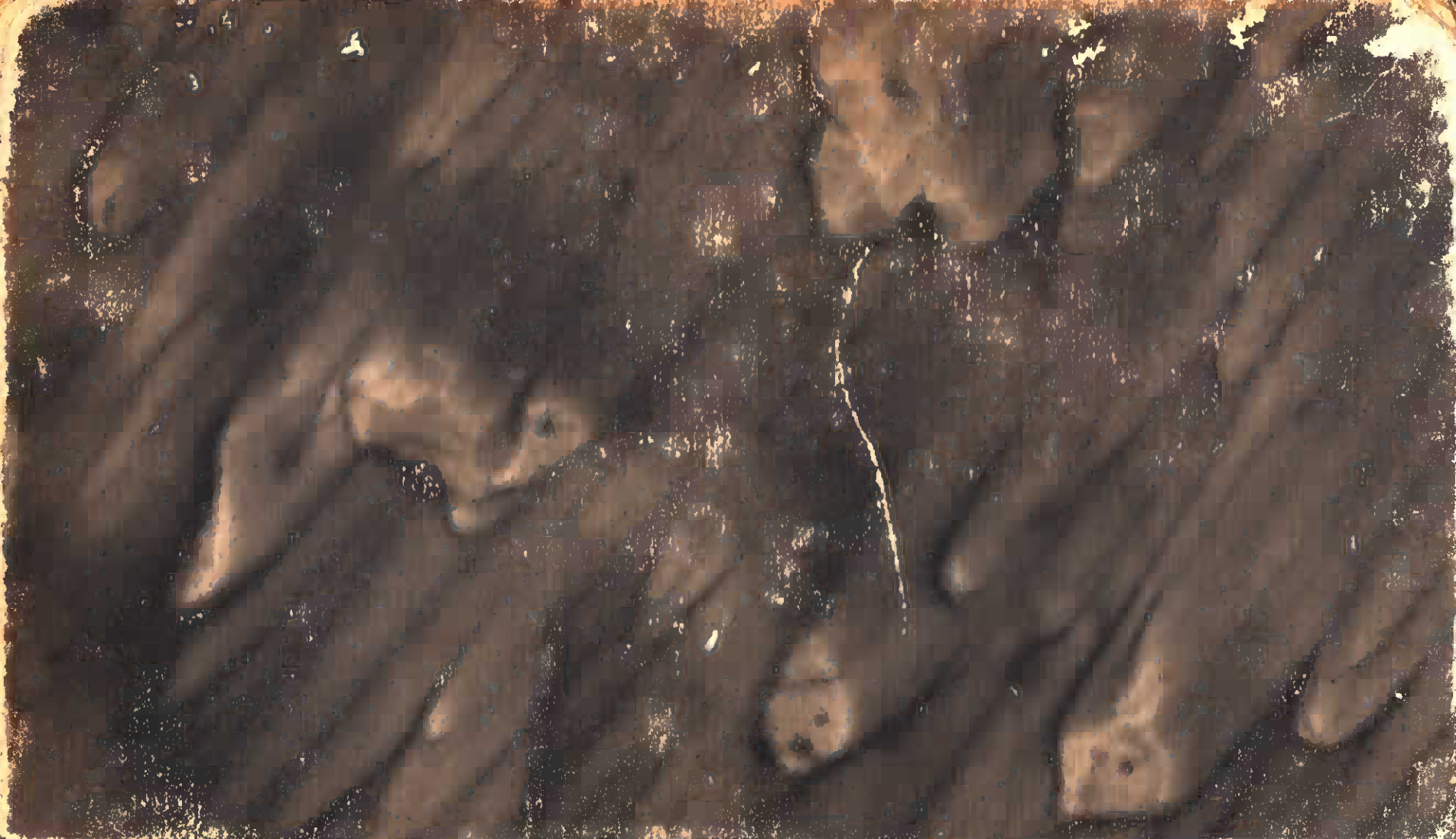


VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

---

3. HÆFTE

LINIEBESTEMMELSE

MIDLERTIDIG UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIPT

KJØBENHAVN 1922

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

U 125

COPYRIGHT 1922 BY A. R. CHRISTENSEN, COPENHAGEN

Kai Hoffmann
Chr. Schrøder.

VEJ- OG JERNBANEBYGNING

GRUNDLAG FOR FORELÆSNINGER PAA DEN POLYTEKNISKE LÆREANSTALT I KJØBENHAVN

AF

A. R. CHRISTENSEN
PROFESSOR I VEJBYGNINGSFAGENE

---

3. HÆFTE

LINIEBESTEMMELSE

MIDLERTIDIG UDGAVE

TRYKT SOM MANUSKRIPT

KJØBENHAVN 1922

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

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

§ 1. Indledning 9
§ 2. Jernbaner 13
1. Jernbaner, Landeveje og Vandveje 13
2. Jernbanernes Hastighed, Sikkerhed og Transportevne 15
§ 3. Sporets historiske Udvikling 18
§ 4. Lokomotivets historiske Udvikling 19
§ 5. Jernbanebygningens Udvikling 20
§ 6. Jernbanernes Inddeling 31
§ 7. Dampbaner og elektriske Baner 34
1. Almindelige Bemærkninger 34
2. De elektriske Banesystemer 46
a. Jævnstrømsbaner 46
b. Trefasede Vekselstrømsbaner 46
c. Enfasede Vekselstrømsbaner 47
d. Elektriske Baner med højspændt Jævnstrøm 47
§ 8. Særlige Driftssystemer 48
§ 9. Transport paa Veje og Gader 49
1. Almindelige Vogne 49
2. Automobiler 55
3. Modstanden mod Vognenes Bevægelse 58
a. Tapfriktionen 60
b. Rullende Friktion 60
c. Den samlede Modstand mod Bevægelsen 64
d. Bestemmelse af Modstandskoefficienten μ 66
e. Modstanden mod Automobilers Bevægelse 66
§ 10. Trækdyrenes Ydeevne. Kraftformler 67
§ 11. Bestemmelse af en Vejlinie 71
1. Den kommercielle Tracé 71
2. Sætningen om Tilslutningspunktet 74
3. Sætningen om Knudepunktet 75
4. Den tekniske Tracé 77
a. Bestemmelse af en Vejs plane Figur 77
b. Stigninger 84
c. Beregning af Transportudgifterne 89
§ 12. Vejenes Længde i Danmark 94

Side

§ 13. Transport paa Jernbaner 95
1. Togmodstandens teoretiske Bestemmelse 95
a. Hjulakslernes Glidning i Lejerne 95
b. Gnidningen mellem Hjul og Skinner 96
c. Luftmodstanden 96
d. Modstanden paa stigende Vej 97
e. Kurvemodstanden 98
f. Den samlede Modstand 99
2. Togmodstandens praktiske Bestemmelse 100
a. Almindelige Formler 100
b. Modstanden mod Bevægelse af Lokomotiv og Tender 105
c. Modstanden paa stigende Vej 107
d. Kurvemodstanden 107
§ 14. Lokomotivernes Trækkraft og Arbejde, Kul- og Vandforbrug 114
1. Almindelige Lokomotiver 114
2. Lokomotiver med 4 eller flere koblede Aksler 121
§ 15. Bremsefald og Hovedstigning 123
1. Almindelige Bemærkninger 123
2. Stigninger stærkere end Hovedstigningen 127
§ 16. Bremsning og Igangsætning 131
1. Bremsning 131
2. Igangsætning 135
§ 17. Bestemmelse af Kurveradiens Størrelse 136
§ 18. Bestemmelse af Togmodstanden paa elektriske Baner 141
1. Med Overbygning af Vignolesskinner 141
2. Med Overbygning af Rilleskinner 142
§ 19. Den foreløbige Bestemmelse af en Vej- eller Banelinie 143
1. Hjælpemidler 143
2. Tekniske Fikspunkter 145
§ 20. Forholdet mellem nye og ældre Veje og Jernbaner 146
§ 21. Jernbaners Tilslutning til andre Baner 150
1. Almindelige Bemærkninger 150
2. Sikkerhedsmæssige Hensyn 153
3. Liniedrift og Retningsdrift 155
a. Stationer i Gennemgangsform 156
1. Overhalingsstationer paa en dobbeltsporet Bane 156
2. Knudestationer paa Fjærnbaner 156
3. Knudestationer paa Nærbaner 158
4. Krydsningsstationer for to dobbeltsporede Fjærnbaner 159
5. Krydningsstationer for to dobbeltsporede Nærbaner 162
b. Stationer i Sækform 163
c. Firesporede Baner 163
§ 22. Særlige Bemærkninger om den plane Figur 165
§ 23. Liniens Indtegning paa Kortet 168
§ 24. Stationernes Antal og Beliggenhed 177
1. Almindelige Bemærkninger 177
2. Hensynet til Bebyggelsen 178
§ 25. Længdeprofilet 180
§ 26. Liniens Revision i Marken 184
§ 27. Udfærdigelse af et foreløbigt Projekt 185
§ 28. Detailprojektets Udarbejdelse 186
1. Forarbejder i Marken 186
2. Udfærdigelse af Detailprojektet for Underbygningen 189
§ 29. Hvornaar bør en Jernbane bygges 203

Side
§ 30. Sammenligning mellem forskellige Vej- eller Banelinier 214
§ 31. Forretningsgangen ved Vej- og Jernbaneanlæg 220
1. Liniens endelige Vedtagelse og Besigtigelse 220
2. Ekspropriationen 222
3. Ejendomskort og Erstatningsberegning 225
§ 32. Eksempel paa den foreløbige Bestemmelse af en Jernbanelinie 226
§ 33. Tillæg 237
1. Tal til Anvendelse ved Projektering 237
2. Overslagspriser 250

§ 1. **Indledning.**

Medens Jernbanebygningen kun er ca. 100 Aar gammel, har Bygning af Veje været kendt i Aartusinder.

De gamle Ægypteres store Transporter ved Bygningen af Pyramiderne og deres andre store Bygværker har kun været mulige, hvor der fandtes et vist Vejnæt, men den ældste mere bestemte Viden, vi har om et egentlig Vejvæsen, er fra det gammelpersiske Rige, hvis Vejnæt blev bygget af Hensyn til Rigets Forvaltning. Fra Herodots Beskrivelse kender man navnlig Hovedlandevejen fra Sardes i Lydien til Susa i det vestlige Persien, som var udstyret med alt, hvad der kunde lette og sikre Trafikken, og det persiske Vejnæt dannede Grundlaget for den af Darius Hystaspes skabte Postforbindelse. Vi ved intet om, hvorledes de persiske Veje blev byggede, det er muligt, at en kunstig Befæstelse kun delvis har været til Stede. Men naar man tænker paa, hvad de kongelige Ilbud har præsteret, og at der vistnok ogsaa har foregaaet Vognfærdsel paa Vejene, kan man ikke tænke sig andet, end at de har været byggede ved Kunst og omhyggeligt vedligeholdte. Desuden kan det, som Xenophon i Anabasis og andre Forfattere omtaler om Alexander den Stores og hans Efterfølgeres Marschydelser, kun bekræfte, at der maa have eksisteret et vel udviklet Vejnæt i Persien.

I den historiske Tid gik Vognene af Brug i Grækenland, og i Overensstemmelse dermed var Vejenes Betydning ikke stor; man byggede dels Veje for at føre Varer mellem det indre og Kysten, dels Tempelveje, for at de hellige Processioner kunde komme til Templerne. Ganske anderledes var Romernes Virksomhed paa Vejbygningens Omraade, idet de anlagde et fortrinligt Næt af godt tracerede, omhyggeligt udførte og med alle mulige Anstalter udstyrede Veje i Italien og i alle det store Riges Provinser. Af næsten alle disse Veje er der betydelige Rester tilbage; hvad vi ved om dem stammer fra Undersøgelser paa Stedet, idet der intet skriftligt er overleveret os om deres Bygning. Af særlig fremragende Eksempler kan nævnes den Aar 312 f. Chr. anlagte Via Appia fra Rom til Capua igennem de Pontinske Sumpe og den omtrent 100 Aar senere byggede Via Flaminia, der fra Rom fører mod Nord, og som Vespasian lod rette ud ved store Klippesprængninger i Apeninerne. Ved Slutningen af Kejsertiden havde Romerrigets Hovedlandeveje en samlet

Længde af 8—10 000 geogr. Mil, og hertil kom saa især i Italien en betydelig Længde af Veje af 2. Klasse, der udfyldte Maskerne i Hovednættet.

I Rom udmundede 16 Hovedlandeveje.

For Traceringen var militære Hensyn afgørende. Man søgte derfor at undgaa Defileer og foretrak at føre Vejene paa lange Strækninger i lige Linie, helst paa Dæmning, saa de beherskede Omgivelserne.

Overbygningen paa mange af Hovedlandevejene kendetegnedes ved stor Soliditet. Den samlede Tykkelse var 1,0—1,25 m, den var delt i 3—5 Lag, som alle, i hvert Fald til Dels var udført med Anvendelse af Mørtel. Bundlaget bestod af større formurede Sten, Dæklaget var et Betonlag, undertiden ogsaa en i Mørtel sat Brolægning af mere eller mindre tildannede Sten; de mellemste Lag var en Beton af grovere eller finere Stenmateriale, og mange Gange blev der i Konstruktionen indlagt et Lag Ler.

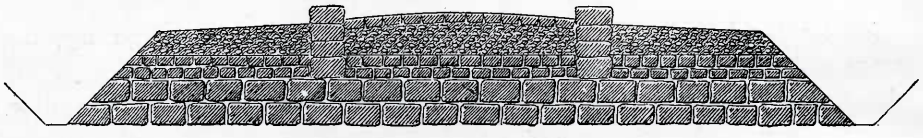


Fig 1. Romersk Vej.

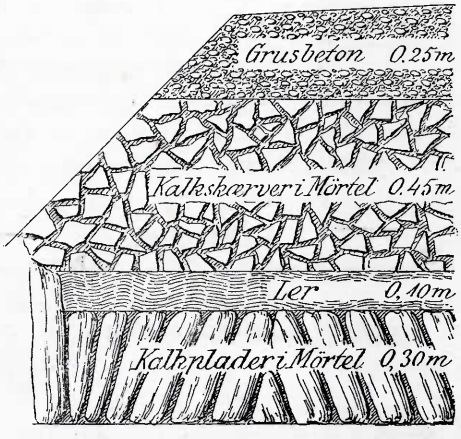


Fig. 2. Romersk Vej.

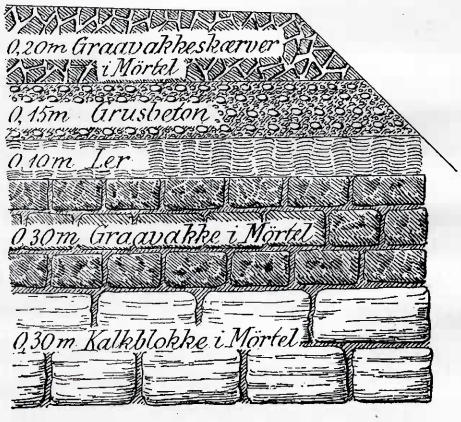


Fig. 3. Romersk Vej.

Hovedvejenes Udstyrelse var storartet dels for at lette den almindelige Trafik, dels af Hensyn til den saakaldte »cursus publicus«, der oprindelig var en Efterligning af den persiske Statspost, senere blev udvidet til ogsaa at befordre Personer og Varer og til hurtig at føre Tropper fra et Sted til et andet.

Efter Romerrigets Fald bestod dets Veje takket været deres solide Konstruktion, men i omtrent 1000 Aar blev der intet gjort for Bygning og Vedligeholdelse af Europas Vejnæt; man nøjedes med ubefæstede Jordveje, hvis Plads var bestemt ved Vadesteder og Broer, men kun i den gode Aarstid kunde de benyttes. Betegnende for Forholdene er det, at der i mange ældre Love findes Bestemmelser om, at Vejene ikke maa pløjes op, og at Jorden fra dem ikke maa fjærnes. Om Vedligeholdelse af Vejene var der sjældent Tale.

Efter at Postvæsenet var begyndt, blev der i det 16. og 17. Aarhundrede gjort nogle spredte Forsøg paa en Forbedring af Vejbygningen og paa Indretning af en regelmæssig Vejvedligeholdelse, men først i Midten af det 18. Aarhundrede naaede man til Erkendelse af, at det i første Række var nødvendigt at skaffe et vel uddannet Vejpersonale, hvis det skulde lykkes at faa Vejvæsenet i Orden.

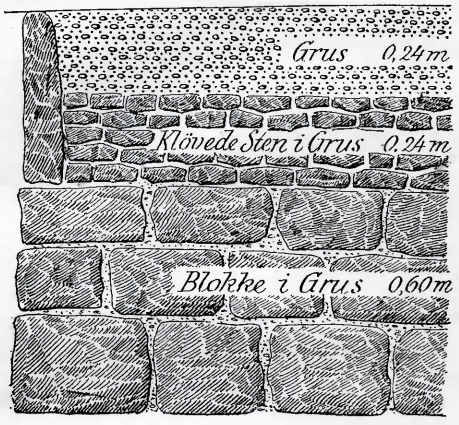


Fig. 4. Fransk Vej ca. 1700.

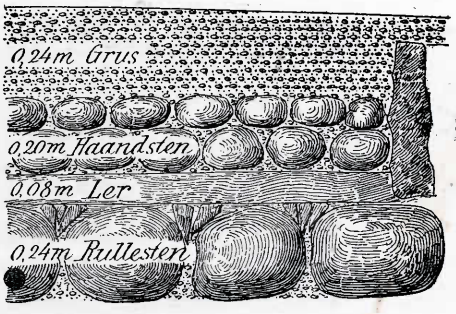


Fig. 5. Dansk Vej ca. 1800.

Frankrig gik i Spidsen for denne Udvikling. 1747 blev École des Ponts et Chaussées grundlagt, 1794 École centrale des travaux publics, der i 1795 fik Navnet École Polytechnique. Samtidig lagde man Grunden til en hensigtsmæssig Vejadministration, idet man lod Vejenes Vedligeholdelse overgaa til et teoretisk og praktisk vel uddannet Ingeniørkorps.

I Fig. 4 er vist en fransk Vej fra ca. 1700, i Fig. 5 en dansk Vej fra ca. 1800; det var franske Ingeniører, der i Slutningen af det 18. Aarhundrede organiserede det danske Vejvæsen (Forordningen af 13. December 1793). Roskilde Landevej har saaledes været bygget paa denne Maade, og først omkring 1890 blev den sidste Rest af den gamle Vejbane omlagt. Ved Lerlaget over Bundstenene tilsigtede man dels at opnaa Vandtæthed, dels at gøre Kørebanen mere elastisk.



Fig. 6. Trésaguet 1775.

Den franske Ingeniør, Trésaguet var den første, der indførte væsentlige Besparelser i Vejbanens Konstruktion, idet han (1775) foreslog at indskrænke Stenlagets Tykkelse til 30 cm (Fig. 6) og delte det i et Paklag af et enkelt Lag større nogenlunde regelmæssigt formede Sten, der stilledes med den bredeste Side nedad og pakkedes med Stenstumper, og derover et Dæklag af Skærver eller Grus. Stenlaget blev anbragt mellem Randsten, d. v. s. flade Sten, der stilledes paa Højkant og naaede gennem hele Vejbanens Tykkelse. Trésaguet tildannede Vejkassen, hvori Stenlaget lagdes, med Oprunding, og fik derved en nogenlunde ensartet Tykkelse af Stenlaget for hele Vejbanens Bredde.

Den engelske Ingeniør, Mac Adam fremsatte i 1820 Forslag om Bygning af Kørebaner udelukkende af Skærver. Han anvendte Skærver af indtil $2^1/_2$" Tværmaal i Lag, hvis Tykkelse han oprindelig gjorde 25 cm (Fig. 7) men senere ofte indskrænkede til 15 cm (Fig. 8). Han udgravede ikke Kasse for Kørebanen, men Skærvelaget udlagdes over hele Vejbredden af Hensyn til Vandafledningen. Baningen skete ikke ved Tromling men efterhaanden ved Færdslen.



Fig. 7. Mac Adam 1820.



Fig. 8. Mac Adam.

Mac Adams Konstruktion blev allerede 1822 forbedret af James Patterson, der anvendte lidt mindre Skærver end Mac Adam (Middelvægt 110 gr. (ca. 2") mod 170 gr. (ca. $2^1/_2$")) med en Lagtykkelse af 20—25 cm; han udlagde dem i flere tyndere Lag, som tromledes hver for sig; han drænede Vejplanum omhyggeligt ved Hjælp af Stenfaskiner.

Meget nær i samme Skikkelse bygges nu Skærvebaner uden Paklag, medens Trésaguets Konstruktion, Skærvebaner med Paklag bygges som vist i Fig. 9—11 med Paklag af henholdsvis Flintknolde, kløvet Granit eller Skærver.



Fig. 9. Paklag af Flintknolde.

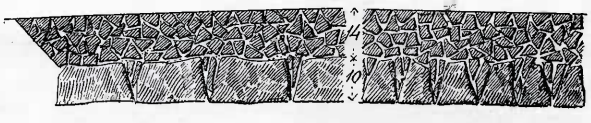


Fig. 10. Paklag af kløvet Granit.



Fig. 11. Paklag af Skærver.

De Ingeniører, der udgik fra de ovenfor nævnte Højskoler i Paris og fra andre i den følgende Tid grundlagte Højskoler (den polytekniske Læreanstalt i Kjøbenhavn blev grundlagt 1829, den militære Højskole, der i omtrent en Menneskealder uddannede vore Vej- og Jernbaneingeniører, 1830) har ført Vejbygningskunsten ind i et nyt Spor, idet de opstillede de rigtige Principper for Vejenes Tracering og udtænkte nye Konstruktioner og Arbejdsmetoder. Denne unge Ingeniørkunst kom snart til at staa sin Prøve især ved Vejanlæg over Alperne, som i flere Retninger overgik de gamle Romeres bedste Arbejder. Og da man omkring 1830 begyndte at bygge Jernbaner, fik Arbejdet for Udviklingen af alle Trafikforhold en Fart, som ikke den dristigste Fantasi havde været i Stand til at forestille sig.

Vejbygningen stod ved Slutningen af det 19. Aarhundrede paa det her skitserede Standpunkt, og Vejene modstod ganske godt den daværende Færdsel, men heri skete der en Forandring ved Automobilernes Fremkomst. Bindemidlet mellem Skærverne i det 19. Aarhundredes Veje var Vand og Grus, men dette var ikke i Stand til at modstaa Automobilringenes Sugning, og den moderne Vejbygnings Bestræbelser gaar derfor ud paa at binde Gruset i Vejbanen, hvilket især med Held er blevet opnaaet ved Anvendelse af forskellige bituminøse Stoffer, saaledes som det senere skal omtales i Afsnittet om den egentlige Vejbygning (Hæfte 8).

§ 2. Jernbaner.

1. Jernbaner, Landeveje og Vandveje.

Det er et Kendetegn for en Jernbane, at Vognene paa den kører paa Jernspor, saaledes at almindelige Vogne ikke kan køre paa den, og omvendt er Jernbanevognene udelukkende henvist til at køre paa Jernbaneskinnerne. Sporet er afgørende for Jernbanebegrebet, Arten af den bevægende Kraft kommer i anden Række, men da det overvejende Antal Baner drives ved Dampkraft, er det forstaaeligt, at mange ved Jernbaner alene forstaar Dampbaner; dette er dog ikke korrekt, og i den nyere Tid er Elektricitet blevet en Del anvendt som Drivkraft paa Jernbaner.

I Sammenligning med Landevejene har Jernbanerne den Fordel, at de kan transportere store Masser med stor Hastighed og Præcision, og i Almindelighed ogsaa billigt. Men disse Fordele træder som Regel kun frem, hvor det drejer sig om længere Transportafstande; paa korte Afstande, hvor Udgifterne til Godsets Omladning bliver høje i Sammenligning med de egentlige Transportudgifter, eller hvor Jernbanerne ikke virker helt tilfredsstillende, bundne som de er til bestemte Stationer og Tider, kan Transport paa Landeveje med Held konkurrere med Jernbanetransporten. Den Afstand, paa hvilken denne Konkurrence er mulig, er blevet større, efter at Automobilerne delvis har afløst de gamle Hestekøretøjer, men der findes lige saa vel nu som tidligere en Grænse for den Afstand, paa hvilken Jernbanetransporten bliver den billigste.

I Tiden før Jernbanerne tjente Landevejene ikke blot den lokale Trafik, men ogsaa Trafikken over de lange Afstande; efter at Jernbanerne var blevet byggede og indtil de aller seneste Aar, blev Landevejene kun benyttede af den lokale Trafik, Trafikken til og fra Jernbanestationerne. Automobilindustriens Udvikling har imidlertid medført en stærkt voksende Benyttelse af Landevejene; den lokale Trafik kan nu naa ud over større Afstande, og navnlig med Personautomobiler foregaar der nogen Fjærntrafik. Det, der giver Automobilerne betydelig Støtte i Konkurrencen med Jernbanerne er bl. a. at man samtidig med stor Kørehastighed kan faa fuld Frihed i Valg af Afgangstider, Ophold under Vejs, direkte Tilkørsel af Varerne til Modtagerne o. s. v. Landevejene har derved i de senere Aar faaet endnu mere Betydning som et vigtigt Supplement til Jernbanerne.

Efter[1]) en af en østrigsk Jernbaneingeniør foretaget Undersøgelse skulde Automobilernes Omraade være begrænset ved en Transportlængde paa 45 km, i visse Tilfælde paa 70 km. Undersøgelsen er dog udført i Lastautomobilernes første Tid, og Sammenligningen gælder meget god og billig Jernbanetransport. Efter »Engineering News Record« for 16. December 1920 skal i Tabel 1 gengives en Sammenligning mellem Fragtomkostningerne ved »Door to Door Delivery« i Amerika ved Automobil og Jernbane.

Tabel 1.

Fra Buffalo til	Længde i km	Jernbane				Lastautomobil		
		Selve Jernbane-fragten pr. 100 kg	Samlet Fragt-udgift [1]) pr. 100 kg	Medgaaet Tid	Selve Jernbane-fragten pr. tn/km	Samlet Fragt-udgift pr. 100 kg	Medgaaet Tid	Automobil-fragt [2] pr. tn/km
		Kr.	Kr.	Dage	Kr.	Kr.	Timer	Kr.
Tonawanda . .	16	0,88	2,90	2	0,55	0,88	2	0,55
Niagara Falls .	42	0,98	3,05		0,23	1,22	4	0.29
Rochester . . .	115	1,34	3,46	3	0,12	2,80	9	0,24
Erie.	147	2,07	4,30		0,14	3,50	10	0,24
Elmira	233	2,14	4,38	4	0,09	4,90	15	0,21
Utica	325	2,30	4,60	3	0,07	7,00	21	0,21
Pittsburgh . . .	380	2,95	5,30	5	0,08	8,80	26	0,23
Albany	490	2,52	4,90	4	0,05	10,50	31	0,22

[1]) Heri er indbefattet Kørsel til og fra Jernbanestation.
[2]) Heri er indbefattet Læsning og Aflæsning. Kørehastighed 16 km i Timen.

Det vil ses, at Automobilselskaberne kører Varer paa kortere og længere Afstande for en Pris, som varierer fra 55 til 21 Øre pr. Netto Ton/km. Heri indgaar bl. a. Renter, Amortisation og Vejafgift. Endvidere vil det ses, at de samlede Fragtudgifter stiller sig fordelagtigst for Automobilruterne paa Afstande indtil ca. 200 km, skønt det her drejer sig om større Jernbaner med billige Fragter.

En Del amerikanske Forfattere angiver en Grænse fra ca. 150 km og opefter til over 200 km, og fra England har man Eksempler, som viser, at Automobilerne der kan konkurrere med Jernbanerne paa ca. 300 km.

Med de nuværende Takster for Jernbanetransport og den høje Pris for Omladning kan i Danmark maaske 40—50 km anses som den Grænse indenfor hvilken Automobiltransport er billigere end Jernbanetransport, i hvert Fald hvor det drejer sig om en Hovedbane. Men Grænsen kommer til at ligge højere, efterhaanden som Transportudgifterne paa Jernbanen stiger, og for de smaa Baner med lille Transportmængde er Forholdet det, at disse Baner i det hele taget ikke bliver konkurrencedygtige i Sammenligning med Automobiltransport.

Disse Spørgsmaal er for Tiden under Diskussion i mange Lande. I Amerika har endog en stor Jernbane oprettet en egen Automobilrute, som aflaster Banen paa de stærkest trafikkerede ca. 150 km, og man finder dette fordelagtigt.

[1]) Teknisk Ukeblad Nr. 12—13/1922.

I England er i Foraaret 1922 vedtaget en Lov i Henhold til hvilken Jernbaneselskaberne faar Ret til at oprette Automobilruter til Transport af Gods paa de kortere Afstande; man mener, at man derved vil forbedre Jernbanernes Rentabilitet.

Automobilruterne har, den Fordel at være økonomisk fordelagtigere end Jernbaner, naar Trafikken er lille. De maa derfor betragtes som gode Forløbere for det større Kommunikationsmiddel, Jernbanen. Allerede nu kan man se, at en betydelig Trafik kan besørges af en Automobilrute, og da dennes Anlægskapital er forholdsvis lille og delvis (Vognene) til at flytte, saa er det ikke vanskeligt at nedlægge Automobilruten og gaa over til Jernbanetransport, naar dette anses for hensigtsmæssigt. Den Trafikmængde, som er en nødvendig Betingelse for en Jernbane, kan imidlertid Automobilruten oparbejde.

Anlæget af en Jernbane overflødiggør ikke en Vej, egnet til Automobiltransport, idet en saadan altid vil være nødvendig som Adgangsvej til Jernbanens Stationer. De store og især de længere Jernbaner berøres ikke af Automobiltrafikken paa anden Maade, end at der kan tilføres dem Trafik ved Hjælp af Automobilruterne. Men helt anderledes stiller Forholdet sig for Lokalbanernes Vedkommende. Ved Nyanlæg bør Valget mellem Lokalbane og Automobilrute overvejes i hvert enkelt Tilfælde.

Transport paa Vandveje (Kanaler og Floder) kan paa Grund af den ustadige og uregelmæssige Drift, den ringe Hastighed, de forholdsvis store Ladnings- og Losningsudgifter i Almindelighed ikke konkurrere med Jernbanetransport. Disse ugunstige Forhold viser sig især for Personer og Ilgods, medens de for Massegods, der ikke kan taale høje Transportudgifter, og for hvilket Rejsetiden har underordnet Betydning, ingen Rolle spiller, saa Transport paa Vandveje kan for dette Gods blive fordelagtigere end paa Jernbane. Anlagt og benyttet paa rette Maade kan Jernbaner og Kanaler derfor udmærket supplere hinanden.

2. Jernbanernes Hastighed, Sikkerhed og Transportevne.

Jernbanerne har ved den Hastighed, hvormed de kører, stærkt bidraget til at formindske Afstandene. Fra Paris til Calais er der saaledes 295 km og i samme Tid som Eksprestoget fra Paris naar Calais, idet det kører med en Hastighed af 91 km i Timen, vilde den gamle Karosse i 1692 være kommet 5 km, Deligencen i 1786 ... 12 km, Malleposten i 1834 ... 32 km, Posttoget i 1867 ... 193 km og Ildtoget i 1887 ... 212 km fra Paris. Rejsetiden Paris—Calais, der nu er 3 Timer og 15 Minutter, var i 1692 ... 7 Dage, i 1786 ... 3 Dage, i 1834 ... 28 Timer.

Indenfor en Afstand af 300 km kan man paa een Dag komme frem og tilbage fra Paris og faa 8—10 Timer til at besørge sine Forretninger i Byen.

Før Jernbanernes Tid kørte man i England paa Landevej 15 til 16 km i Timen med de gamle Deligencer, 4 km i Timen med Fragtvognene; i Tyskland var Rejsehastigheden med Ilposten under gunstige Forhold 10 km i Timen. Her i Danmark kørte man maaske 3—4 Mil om Dagen, og endnu i 1840 kunde man være 14 Dage om Rejsen fra Kjøbenhavn til Aalborg over Land, mens Sørejsen med gunstig Vind kunde gøres paa ca. 24 Timer.

Nu kører Iltogene 60—90 km i Timen, og væsentlig større Hastigheder anvendes nogle Steder, i Frankrig saaledes indtil 120 km. Persontog kører indtil 50 km i Timen, Godstog 20—30 km, i enkelte Lande som Danmark indtil 45 km. I Dagblade og Tidsskrifter læser man ofte Angivelser over de gennemsnitlige og højeste Kørehastigheder i forskellige Lande. Ved Bedømmelsen af saadanne Tal maa man huske, at Terrainforholdene og dermed Banernes Stignings- og Krumningsforhold har betydelig Indflydelse paa Kørehastigheden; i Agerbrugslande er Trangen til stor Kørehastighed endvidere mindre end i Industrilande. Jernbanerne kan køre med stor Præcision; Standsninger ved Uheld eller Naturbegivenheder hører i Forhold til den uhyre Togtrafik til Sjældenhederne. Man kan under normale Forhold forud paa Minuttet angive sin Ankomsttid selv til fjærne Stationer.

Sikkerheden paa Jernbanerne er langt større end Sikkerheden paa Gader og Veje. Jernbaneulykker vækker dog i Almindelighed stor Opmærksomhed derved, at Antallet af samtidige Ofre og den materielle Skade er stor, men de dræbtes og saaredes Antal er kun en forsvindende lille Brøkdel af det samlede Antal Rejsende, der befordres med Jernbanerne, ligesom ogsaa kun en ganske ringe Mængde af det Gods, der transporteres, beskadiges. Paa de danske Statsbaner var i Driftsaaret 1918—19 Antallet af dræbte og saarede Rejsende 3 og 5, af Tjenestemænd 9 og 530 og af Fremmede 12 og 6; paa de danske Privatbaner var i Driftsaaret 1919—20 Antallet af dræbte og saarede Rejsende 0 og 0, af Tjenestemænd 5 og 0 og af Fremmede 4 og 2.

Paa de norske Statsbaner var Antallet af døde og saarede Rejsende i

1916/17 . . . 3 døde af 25 759 000 Rejsende,
1917/18 . . . 3 døde og 4 saarede af 26 550 000 Rejsende,
1918/19 . . . 2 døde og 13 saarede af 30 191 000 Rejsende.

Paa de svenske Statsbaner var i 1915 Antallet af

	Rejsende.	Jernbanemænd.	Fremmede.	ialt.
Døde:	5	35	28	68
Saarede:	5	210	8	223

Antallet af Rejsende var i 1915 . . . 26 799 640.

Paa de engelske Jernbaner angives Tallene til 1 dræbt Rejsende af ca. 50 Millioner og til 1 saaret af ca. 4 Millioner.

Til Sammenligning skal (Tabel 2) anføres en Oversigt [1]) over Antallet af Personer, der er paaført Skade af Motorkøretøjer, Cycler og Hestekøretøjer i Kjøbenhavn i Aarene 1919, 20 og 21.

---

[1]) Motor 1922 S. 137.

Tabel 2.

	Aar	Døde	Haardt saarede	Let saarede	Ialt	Antal Motorkøretøjer ved Aarets Slutning registreret
Motorkøretøjer	1919	6	49	106	161	
	1920	15	57	164	236	7647
	1921	12	54	85	151	7934
Cycler	1919	—	19	81	100	
	1920	2	27	86	115	
	1921	3	33	119	155	
Hestekøretøjer	1919	6	22	47	75	
	1920	1	15	34	50	
	1921	4	10	30	44	

Med Hensyn til Trafikkens Størrelse skal angives, at der (Tabel 3) blev tilbagelagt følgende Antal Personkm.

Tabel 3.

	Aar	Driftslængde	Personkm		Antal Rejser	Anm.	Middel rejselængde
			Ialt	pr. Banekm			
		km					km
Danske Statsbaner.	1919/20		1 157 109 892	530 931	31 723 390		36,5
Norges Jernbaner .	1856	68	5 160 000	76 000	161 000	alle Landets Baner	
—	1919/20	3273	824 153 000	252 000	32 175 000		25,6
Sveriges Statsbaner	1891	2645	212 555 245	80 361	4 761 992		45
—	1915	4818,6	1 256 434 397		26 799 640		46,9

Ydelsen i Tons var (Tabel 4)

Tabel 4.

	Aar	Driftslængde	Tonkm		Antal Tons	Middel transportlængde
			ialt	pr. Banekm		
		km				km
Danske Statsbaner . .	1919/20		795 776 656	365 136	8 203 951	97
Norges Jernbaner . .	1856	68	3 858 000	57 000	117 000	33,1
—	1919/20	3273	498 402 000	152 000	6 103 000	81,7
Sveriges Statsbaner .	1891	2645	332 738 039	109 255	3 277 454	100
— .	1915	4818,6	2 754 543 599		17 049 131	162

Jernbanernes Godhed og de Bekvemmeligheder, de frembyder, er blevet stadig forøget. De første Personvogne var Efterligninger af de ubekvemme Postvogne eller var aabne Vogne med Bænke, saa de Rejsende var udsat for Vind og Vejr og for Røgen fra Lokomotivet. De Forbedringer, man efter-

haanden fik indført ved Vognenes Bygning har givet de Rejsende større Bekvemmelighed og Sikkerhed og har nu ført til en Udstyrelse, der ofte svarer til alle berettigede Krav. Dette har medført, at Personvognenes Vægt i de internationale Tog er naaet op paa 1,6 ts eller mere pr. Passager. Men ogsaa m. H. t. Godsbefordring staar Jernbanerne nu højere end tidligere og end den gamle Landevejsbefordring. Godset beskyttes bedre mod Vind og Vejr, dets Opbevaringsforhold er bedre, og det rystes mindre. Man søger stadig at faa Vognene til at løbe roligere og sikrere ved Forbedring af baade Spor og Vogne; man har naaet store Resultater ved Bygning af særlige Vogne for særlige Varer (Øl, Kød, Fisk, Mælk, levende Dyr, Kul o. s. v.) saaledes at Transporten kan foregaa, uden at Varernes Godhed formindskes.

§ 3. **Sporets historiske Udvikling.**

De første Spor var Træspor, der blev anvendt i Bjærgværkerne til Transport af den udgravede Erts; senere blev i England Træspor lagt i Vejene fra Kulminerne til Havnene, for at Kultransporten kunde blive billig. Ved Midten af det 18. Aarhundrede bestod Sporet af Tværsveller af Eg, hvorpaa Køreskinnerne ligeledes af Eg blev lagt, 6—7″ brede og 4—5″ høje. De blev enten lagt med Oversiden bindig med Vejens Overflade, og det var da almindelige Arbejdsvogne, der kørte paa Sporet, eller Oversiden blev lagt noget højere, og Køretøjerne fik da ved Kanten af Hjulene 4 cm høje Styrekranse.

Dette Spor blev forbedret, først ved at man lagde en Planke af haardt Træ som Slidskinne oven paa Køreskinnerne, senere i 1767 af *Reynolds*, der udførte disse Slidskinner af Støbejern, hvor Oversiden dannede en flad Rende, hvori Hjulene kunde løbe. I 1789 benyttede *Jessop* en Støbejerns Skinne med højt Profil og særligt Hoved, der fordrede, at Vognhjulene fik Styrekranse, saa disse Vogne kun kunde køre paa Spor. I 1799 anvendtes paa en Kulbane i Little Eaton i Derbyshire Skinner, der paa Undersiden havde en Forstærkningsrippe og som p. G. af deres særlige Form fik Navnet Fiskebugsskinner. Som Underlag blev benyttet Stentærninger, der laa med 4′ Afstand uden Tværforbindelser, og Skinnerne hvilede med paastøbte Ansatser paa Tærningerne. Senere anvendte man særlige Stole til at optage Skinneenderne.

Men Støbejernskinnerne var lidet holdbare i Driften. Allerede fra 1803 begyndte man derfor at prøve at anvende Smedejernsskinner, men først efter at det i 1820 var lykkedes *John Berkinshaw* at udvalse Smedejern i lange profilerede Stænger, blev det muligt at fremstille brugelige Smedejernsskinner. I Begyndelsen gav man disse, der blev valsede i 15′ Længde, Fiskebugform svarende til Afstanden mellem Understøtningerne, og denne Skinne blev første Gang anvendt paa Stockton-Darlington Banen, der blev aabnet 1825. Men faa Aar efter anvendte man allerede valsede Skinner med samme Tværsnit paa hele Længden. Derved havde Jernbaneoverbygningen faaet en Form, der viser, at den er en direkte Forløber for den nu brugte Stolskinneoverbygning. Den valsede Fiskebugsskinne blev anvendt paa Liverpool-Manche-

sterbanen, men snart gik man i England over til at anvende den valsede Stolskinne, der for hver 3′ hvilede paa Stentærninger, sjældnere paa Tværsveller af Træ.

I Amerika havde man Træ i Overflod, saa man kunde anvende valsede Fladskinner eller bredfodede Broskinner med forholdsvis ringe Vægt, der paa hele Længden hvilede paa svære Langsveller af Træ. *Stevens* konstruerede en bredfodet Skinne, der skulde kunne taale de voksende Aksetryk bedre end Fladskinnerne; den blev i 1836 anvendt af *Vignoles* i England paa Langsveller af Træ og har derfor faaet hans Navn.

Den stadig voksende Vægt af det rullende Materiel virkede selvfølgelig tilbage paa Overbygningen, der maatte gøres kraftigere og mere modstandsdygtig. Skinnevægten blev gjort større, Formen valgt mere hensigtsmæssig. Efter at det var lykkedes at fremstille Flusmetal i stor Mængde, blev Staal anvendt som Skinnemateriale; Skinnelængden blev gjort større, Tværsveller af Træ fortrængte Længdesveller og Stenunderstøtninger. Skinnestødene ofrede man større Opmærksomhed og naaede ved en stadig Række af Forbedringer til de Konstruktioner, der nu anvendes [1]).

§ 4. Lokomotivets historiske Udvikling.

Trevithick anvendte 1804 den første bevægelige Dampmaskine til at trække Vogne paa Spor, men da Adhæsionsvægten vistnok har været for ringe, blev man ledet ind paa den Opfattelse, at det var nødvendigt at gøre Lokomotivhjulenes Køreflade ru, og bl. a. søgte man ved Tandhjul og Tandstænger at forøge den formentlig for ringe Friktion mellem Hjul og Skinner. Men efter at *Hendley* havde vist, at den glidende Friktion mellem Hjul og Skinne er fuldkommen tilstrækkelig til at give en tilstrækkelig stor Trækkraft, naar kun Adhæsionsvægten gøres tilstrækkelig stor, byggede *Blackett* i 1813 det første rene Adhæsionslokomotiv. *George Stephenson* (født 9. Juni 1781, død 12. August 1848) byggede omtrent samtidig sit første Adhæsionslokomotiv, paa hvilket der blev anvendt Blæserør. 1824 grundlagde han sin Lokomotivfabrik i Newcastle, hvor det første Lokomotiv til Kultransport til Stockton-Darlington Banen blev bygget. Drivhjulenes Kobling blev her udført ved Kobbelstænger og ikke som hidtil ved Kæder. *Hackworth* fandt 1825 paa at anbringe Dampcylindrene paa hver Side af Kedlen og forsætte Drivakslens Krumtappe 90 ° for hinanden; ham skyldes ogsaa den ved en Ekscentrik drevne Fødevandspumpe paa Lokomotivet, og at Sikkerhedsventilerne ikke har Vægte men Fjedre.

De Resultater, man saaledes var naaet til, fik Stephenson til at foreslaa, at man paa Jernbanen fra Liverpool til Manchester ogsaa til Persontog skulde benytte Lokomotiver.

Om Bygningen af disse blev der udskrevet en Konkurrence, der begyndte den 1. Oktober 1829; 5 Lokomotiver mødte til denne; Stephensons »The

[1]) se herom A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 1. Hæfte.

Rocket« sejrede og vandt den udsatte Præmie paa 500 Lbs. The Rocket havde 25 Kedelrør, hvorved det fik en forholdsvis stor Varmeflade; Cylinderdiameteren var 203 mm, Slaglængden 419 mm, Drivhjulenes Diameter 1434 mm, Ristearealet var 0,557 m^2, Ildkassens Varmeflade 1,858 m^2, Rørfladens 10,943 m^2. Lokomotivet vejede tjenstfærdig 4,50 ts, Tenderen med Vandbeholder 3,06 ts. Den brugte Damp blev gennem et Blæserør ledet ind i Røgfanget; dette Blæserør var Stephensons Opfindelse; det skaffer den for en kraftig Fyring nødvendige Træk gennem Rist, Fyrkasse og Ildrør.

Stephenson hvilede ikke paa sine Lavrbær, der udgik fra ham i de følgende Aar en Række Lokomotiver med stadig forbedret Konstruktion. Hans Søn *R. Stephenson* anvendte i 1842 første Gang sin berømte Styring — hvorved forstaas alle Dele, der regulerer Damptilførslen til Cylindrene.

En i lang Tid meget yndet Lokomotivtype blev patenteret i 1846 af *Crampton*. Drivaksen ligger bag Ildkassen, og Lokomotivet har Hjul med meget stor Diameter; Tyngdepunktet ligger lavt, og alle Hjul ligger udvendigt. Paa den engelske South-Eastern Bane havde man Cramptonlokomotiver, der kunde trække 44 ts med en Hastighed af 104,8 km i Timen. Lignende ukoblede Lokomotiver er indtil for kort Tid siden blevet anvendt i England og Frankrig til lette Iltog, hvor Stigningsforholdene var gode.

Men Kravene til Lokomotivernes Ydeevne voksede fra Aar til Aar, især efter Bygningen af Alpebanerne, hvor man maatte anvende mægtige Lokomotiver med indtil 4 koblede Aksler hver med 13 til 14 ts Tryk, ligesom Indførelsen af hurtigt kørende Tog (omkring 1870) nødvendiggjorde Anvendelse af meget store Hjul, stor Fordampningsevne i Kedlen og stort Overskud af Trækkraft over Togmodstanden.

§ 5. Jernbanebygningens Udvikling.

Paa det europæiske Fastland blev de første Jernbaner, der blev trukket af Heste bygget i 1820erne. Hestejernbanen fra Budweis til Linz blev saaledes paabegyndt i 1825.

I 1835 blev de første for offentlig Trafik bestemte Lokomotivbaner i Europa udenfor England aabnede nemlig Banerne Bryssel—Malines i Belgien og Nürnberg—Fürth i Bayern; 1838 aabnedes i Frankrig Banen fra Paris til St. Germain, i Østrig Banen fra Wien til Wagram og i Rusland Banen fra St. Petersborg til Zarskoje—Selo; i 1839 aabnedes Banerne fra Amsterdam til Haarlem og fra Neapel til Portici. I Danmark blev den første Bane fra Kjøbenhavn til Roskilde aabnet 1847; i Norge Banen fra Kristiania til Eidsvold 1854, i Sverige Banen fra Nora til Ervalla 1856.

Et særligt Afsnit i Jernbanevæsenets Historie danner Bygningen af de store Alpebaner. Den første blev bygget over Semmering som Adhæsionsbane efter Forslag af *Karl Ritter von Ghega* i Aarene fra 1841 til 1854. Paa Grund af Banens stadige Stigninger og talrige skarpe Kurver maatte der stilles særlige Krav til Lokomotiverne, navnlig da Banen skulde drives som Hovedbane; der blev derfor afholdt en særlig Konkurrence om Konstruktion og Levering

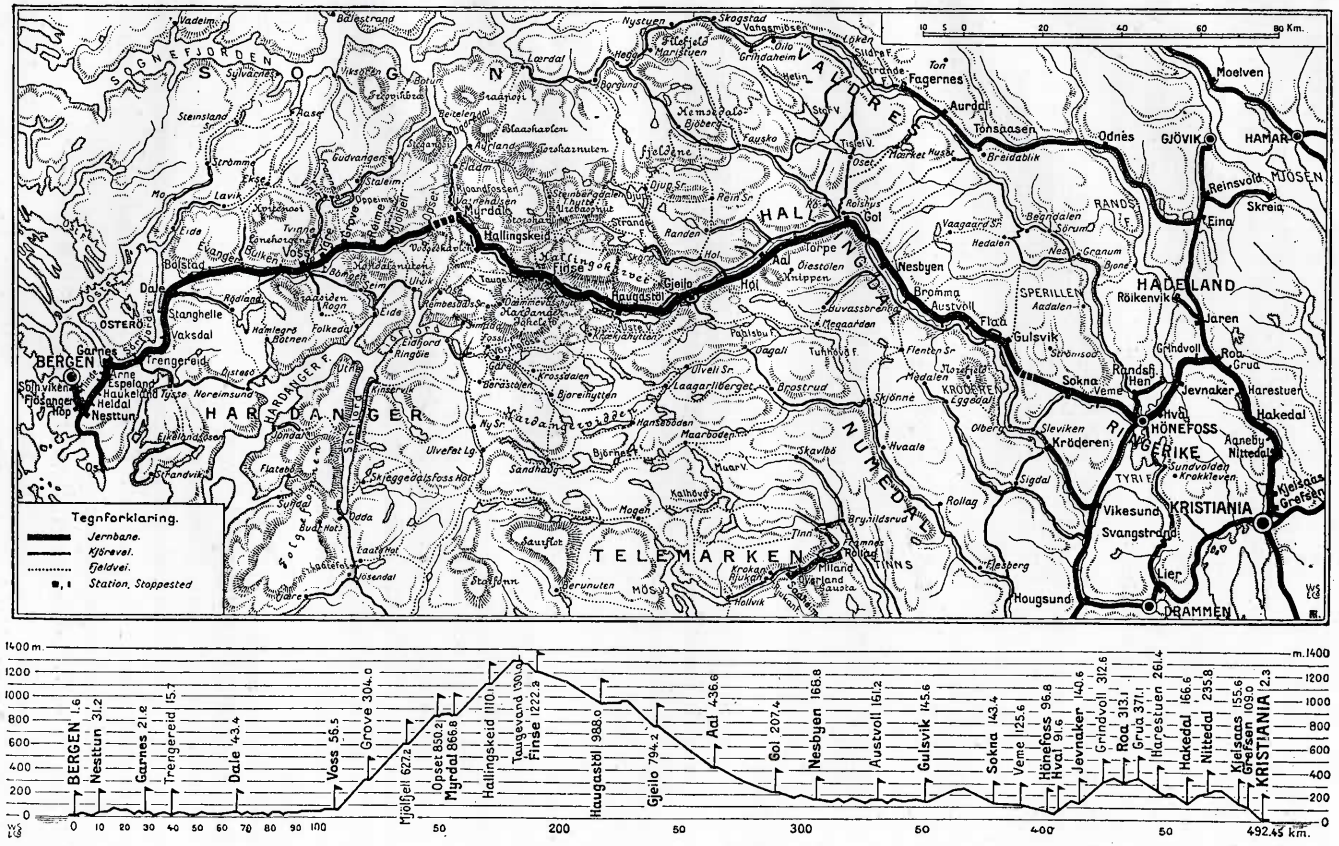


Fig. 12. De norske Statsbaner. Bergensbanen. Oversigtskort og Længdeprofil.

af disse, og ved denne fremkom mange nye Tanker, der fik Betydning for de kommende Tiders Lokomotivbygning. Hvad selve Banens Konstruktion angaar, er der p. G. af Naturforholdene kun i ringe Grad benyttet Jordopfyldninger, men Banen er ført langs Bjærgskraaningerne ved stadig Anvendelse af Støttemure. Semmeringbanen har en største Stigning paa 25 $^0/_{00}$ paa en Længde af 23 km og uafbudt paa indtil 5,3 km. Mindste Kurveradius er 190 m, og omtrent 7 km ligger i en saadan Kurve. Toptunnelen er 1431 m lang, Banens højeste Punkt ligger 895 m over Havet.

Den anden Alpebane, Brennerbanen blev aabnet den 24. August 1867; der er paa den i udstrakt Grad anvendt betydelige Jordopfyldninger, og foruden Støttemure byggede med Mørtel er der benyttet store Mure af tørt Murværk. Vendetunneler er benyttet til at føre Banen til Vejrs; den passerer Vandskellet under aaben Himmel i 1367 m Højde over Havet. Største Stigning er 25 $^0/_{00}$.

Mont Cenis Banen, aabnet 1871, og Gotthard Banen, aabnet 1882 har med deres henholdsvis 12,2 og 15 km lange Toptunneler indført et nyt Konstruktionsprincip i Jernbanebygningen. Gotthard Banen har Stigninger paa 26 og 27 $^0/_{00}$, naar op til 1154 m over Havet og er berømt ved sine spiralformede Vendetunneler.

Den 12,2 km lange Mont Cenis Tunnel blev udført i langt kortere Tid end paaregnet. Grunden hertil var, at det lykkedes at forbedre Stenboremaskinerne saa meget, at det viste sig fordelagtigt at anvende Maskinboring i Retningsstollen i Stedet for Haandboring, hvorved Arbejdets Fremgang forøgedes til det flerdobbelte. Dette store Fremskridt i Tunnelboringen var medvirkende til, at man paabegyndte Anlæget af Gotthard Banen.

Efter disse Baner fulgte 1884 Arlbergbanen (største Stigning 30 $^0/_{00}$) med en 10,25 km lang Toptunnel, de nye østrigske Alpebaner, Simplon- og Løtschbergbanerne, og alle disse Banebygninger har selvfølgelig haft betydelig Indflydelse paa Udviklingen af Jordarbejds- og Tunnelbygningsmetoderne.

Paa Kristiania—Bergens Banen [1]) (Fig. 12) er største Stigning paa Vestsiden 21,5 $^0/_{00}$ og paa Østsiden 20 $^0/_{00}$; det højeste Punkt er 1301 m over Havet og ligger saaledes paa Højde med Brenner Banen og Arlberg Banen.

Bergens Banen og særlig dens Højfjældsovergang er vistnok uden Sidestykke paa Jernbanebygningens Omraade baade i Europa og i Amerika, naar Hensyn tages til, at den fører op til en Højde af 500 m over Naaleskovsgrænsen, hvor de klimatiske Forhold i høj Grad maatte vanskeliggøre Udførelsen af de store og kostbare Bygværker.

I Fig. 13 er angivet Naaleskovsgrænsen, Maksimalstigningerne og Nedbørsforholdene for en Del Baner. I Forbindelse hermed skal anføres, at Southern og Union Pacific Banen ligger paa 41.—43. Breddegrad (Messina—Neapel), Canadian Pacific Banen paa 51.—52. Breddegrad (som Nordfrankrig), Banerne i Schweiz paa 46.—47. Breddegrad, Bergens Banen mellem 60.—61. Breddegrad.

Bergens Banen ligger i 100 km Længde fra Ljosandaa i Raundalen til Gjeilo i Ustedalen over Naaleskovsgrænsen og i ca 50 km Længde, fra Seltuft i Moldaadalen til Nyset, 5 km ovenfor Ustavand, over al Trævegetation.

---

[1]) Teknisk Ugeblad Nr. 48 1909.

De ovenfor nævnte store Hovedbaner i Tyrol og Schweiz gaar ganske vist op til omtrent lige saa stor og til Dels større Højde end Bergens Banen, men ligger til Gengæld paa langt sydligere Breddegrad.

Med Hensyn til Skred og Laviner er de schweiziske Baner, især Gotthard- og Arlberg Banen, betydelig mere udsat end Bergens Banen, men da disse Baner ligger langt under Naaleskovsgrænsen, kan de med Hensyn til klimatiske Forhold, Snemængder og Snefog, ikke taale Sammenligning med Bergens Banens Højfjældsovergang. Med Undtagelse af Banen over Brenner, føres de schweiziske Baner ikke over Fjældkæderne, men i lange Tunneler igennem disse. Alperne, der næsten naar op til den dobbelte Højde af de norske Fjælde, har nemlig ikke tilnærmelsesvis den samme Mægtighed som disse.

Fjældovergangene paa de amerikanske Pacific Baner har delvis en betydelig større Højde og Længde end Bergens Banens Fjældovergang, men til Gengæld ligger de paa en betydelig sydligere Breddegrad, hvilket selvfølgelig har stor Indflydelse paa de klimatiske Forhold. Mens saaledes Naaleskoven holder op i en Højde af 600 à 700 m over Havet paa Bergens Banen, gaar Skovgrænsen paa Canadian Pacific Banen op til ca. 1800 m og paa Southern Pacific Banens Fjældovergang over Sierra Nevada op til ca 2500 m. Begge disse Baner ligger saa godt som paa hele Fjældovergangen dækket af Naaleskov, der, selv om den paa de højeste Steder kun bestaar af smaa

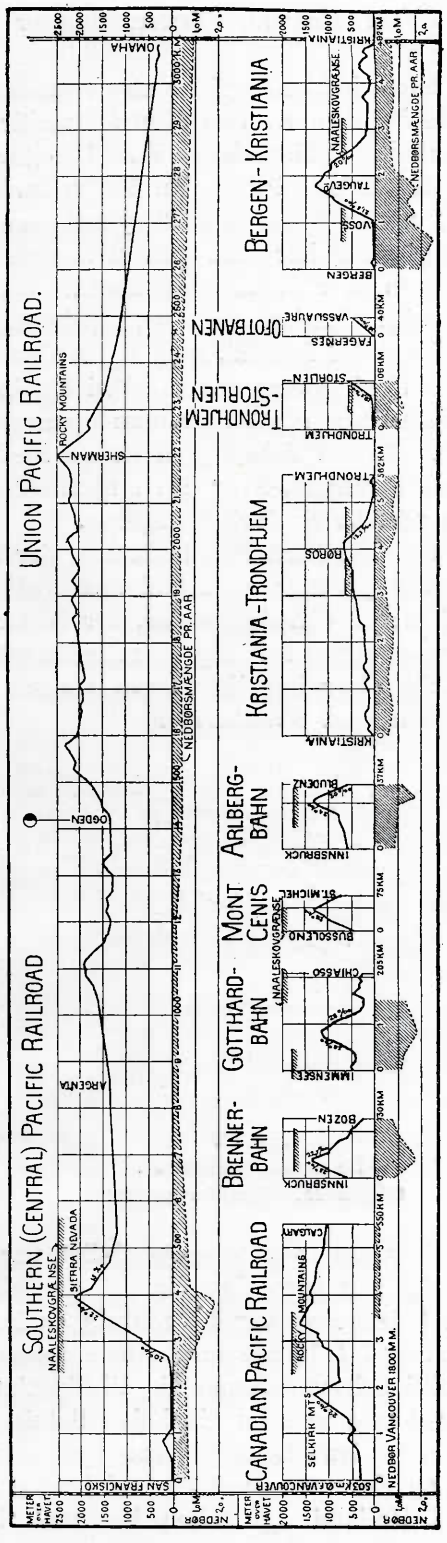


Fig. 13. Sammenligning mellem nogle Bjergbaner.

og spredt staaende Træer, dog er en god Dæmper og Beskytter mod Snefog.

Sneforholdene spiller en overordentlig stor Rolle ved Driften af højt liggende Jernbaner. Paa Central Pacific Banens Overgang over Sierra Nevada er anbragt Indbygninger i en Længde af 60 km, og denne Bane ligger dog paa det højeste Punkt ca. 500 m under Naaleskovsgrænsen, altsaa lige saa langt under denne som Bergensbanen ligger over den. Paa den kanadiske Pacific Bane har man haft at kæmpe med meget vanskelige Sneforhold ved Passagen over Selkirkfjældkæden. Det er især voldsomme Sneskred, som her har voldt Vanskelighederne, og denne Bane er den i Amerika, som har haft de værste Sneforhold, men ogsaa denne Banes vanskeligste Parti ligger langt under Naaleskovsgrænsen. Ved Hjælp af Indbygninger i ca. 11 km's Længde og roterende Plove har man opnaaet at kunne vedligeholde en regelmæssig Drift. Da det viste sig, at Banen blev en Turistbane af Rang, fandt man det senere berettiget, hvor Terrainforholdene tillod det, at lægge et eget Sommerspor udenfor Sneforbygningerne.

Paa Northern Pacific Banen, der ikke gaar i saa stor Højde over Havet, haves meget stærke Snefald nær Højdepunktet, og Sneens Dybde varierer fra 4—8 m; men al denne Sne, der falder i stærkt skovbevoksede Egne, er tung og vaad, og ved Hjælp af roterende Plove tømmes Linien straks efter hvert Snefald. Her har Erfaringen vist, at man senere kunde erstatte Sneforbygningerne med Sneskærme.

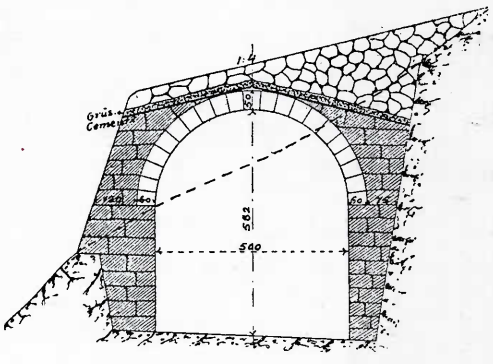


Fig. 14.
De norske Statsbaner.
Ofotbanen. Skredforbygning.

Paa Bergens Banen er Forholdet forskelligt fra disse Baner derved, at Sneen paa Grund af den lave Temperatur falder tør og løs og som oftest i Forbindelse med Storm. Der dannes herved Snefog af stor Voldsomhed, og Sneen sammenpakkes i dybe Fonner eller Driver, der faar stor Fasthed, som vokser med Sneens Tørhed.

I Fig. 14 er vist en Forbygning fra Ofotbanen til Beskyttelse mod Sne- og Stenskred; Billedet vil give en Ide om, hvilket stort Arbejde, saadanne Forbygninger, der er nødvendige paa disse Baner, repræsenterer.

Selv om man allerede tidligt var begyndt at bygge enkelte Lokalbaner, var det dog især Hovedbaner, der blev bygget i Jernbanernes første Tid. Men i 1860erne var i Frankrig og England Bygningen af Lokalbaner i fuld Gang, og i 1870erne forplantede denne Bevægelse for at skaffe billigt byggede og billigt drevne Baner sig til Tyskland og Østrig, i 1880erne til Danmark, hvor Bevægelsen nu gik i den Retning, at Staten byggede og drev Hovedbanerne, medens Lokalbanerne byggedes og dreves som Privatbaner, idet dog Stat og Kommune ved Tilskud bidrog til Tilvejebringelse af Anlægskapitalen.

I Holland og Italien har man i stor Udstrækning foretrukket Damp-

sporvogne, der benyttede Landevejene, for Lokalbaner af den f. Eks. her i Danmark kendte Type.

Nutiden har stillet Jernbaneingeniørerne overfor store og betydningsfulde Opgaver. Jernbanebygningen er ingenlunde afsluttet, selv ikke i de gamle Kulturlande. Fjærnbanevæsenet maa videre udvikles, Anlægene udvides, Ydeevnen skal gøres større, og Udgifterne samtidig formindskes, Damplokomotivets Arbejdsevne og Virkningsgrad skal gøres større, Overbygningen stadig forbedres, saa Vedligeholdelsesudgifterne bliver mindre. Den almindelige Forskydning i alle økonomiske Forhold, som Krigen har medført, har bragt Spørgsmaalet om Drivkraften frem i første Række. I alle Lande og navnlig i Lande, der raader over Vandkraft i tilstrækkelig Mængde, arbejdes med Iver paa Udnyttelsen af denne, idet man enten er i Færd med Ombygning i stor Stil til elektrisk Drift (Schweiz) eller for Alvor undersøger Mulighederne herfor (Frankrig, England, Sverige m. fl.); teknisk set er Sagen løst. Det gælder for Fjærnbaner som for Nærbaner i alle Tilfælde at gøre Banernes Bygning simpel og billig og i hvert enkelt Tilfælde fuldt svarende til Formaalet. Man bør sørge for at faa et saa gunstigt Forhold mellem Anlægs- og Driftsomkostningerne paa den ene Side og paa den anden Side de Indtægter, man venter af Banen.

Den første Jernbane i Danmark (Kjøbenhavn—Roskilde) blev aabnet den 27. Juni 1847, idet der dog allerede i 1844 var blevet aabnet en Jernbane fra Altona til Kiel med Sidebane til Rendsborg. Den første jydske Bane (Aarhus—Randers) blev taget i Brug den 3. September 1862; Arbejdet paa denne blev udført for Statens Regning af engelske Ingeniører, og det var ogsaa disse, der i Begyndelsen drev de jydske Baner, men ved Lov af 14. Marts 1867 blev det bestemt, at Staten skulde overtage Driften af de jydske og fynske Baner, og dette skete fra 1. September s. A. De engelske Ingeniører byggede endnu Banestrækningerne Fredericia—Aarhus og Randers—Aalborg, der aabnedes i 1868—69, men Arbejdet gik derefter over til danske Ingeniører og Entreprenører, første Gang ved Banen Nørre Sundby—Frederikshavn (1871).

Den fynske Bane Nyborg—Odense—Middelfart, der blev aabnet den 7. September 1865 blev i 1872 sat i Færgeforbindelse med det jydske Banenæt i Fredericia.

Paa Sjælland havde det sjællandske Jernbaneselskab anlagt og drevet Jernbanerne. Roskildebanen blev i 1856 forlænget til Korsør (Staten garanterede et Udbytte af Aktierne paa 4 %), 1864 blev Banestrækningen Kjøbenhavn—Hillerød—Helsingør med Sidebane Hellerup—Klampenborg aabnet, 4. Oktober 1870 Banen Roskilde—Masnedsund. Da de sjællandske Baner dannede en meget betydende Del af det danske Jernbanenæt, var det, som Forholdene havde udviklet sig, i og for sig naturligt, at Staten ønskede at overtage dem, og dette fandt Sted den 1. Januar 1880. Paa dette Tidspunkt var Statsbanernes samlede Længde ialt 1243 km (heraf var de sjællandske Baners Del 384 km).

I 1883 aabnedes Færgeforbindelsen over Storebælt, hvorved Forbindelsen sluttedes mellem de sjællandske og jydsk-fynske Baner.

I den siden da forløbne Tid er det danske Banenæt blevet stærkt for-

øget dels ved fortsat Bygning af Statsbanelinier (eller ældre Strækningers Ombygning til Dobbeltspor) dels ved Bygning af et stort Antal private Lokal- og Sidebaner med Tilskud fra Stat og Kommuner. Navnlig har Aarene før 1914 bragt en betydelig Forøgelse af Banenættet; ved Jernbaneloven af 27. Mai 1908 blev der saaledes vedtaget 7 Statsbaneanlæg og 51 Privatbaneanlæg, og desuden er der paa de aarlige Finanslove optaget Bevilling til Dobbeltsporanlæg paa Strækningen Lunderskov—Daugaard. I 1916—17 blev fremsat og vedtaget nye vigtige Forslag til Udvidelse af Statsbanenættet, og af disse skal bl. a. nævnes, at den ved Loven af 1908 vedtagne Bane fra Næstved til Ringsted herefter straks skulde bygges dobbeltsporet og udstyres med 45 kg Skinner i Stenballast, hvorved man hurtigere og billigere end paa nogen anden Maade kunde faa en dobbeltsporet Baneforbindelse fra Kjøbenhavn til Næstved, og over denne nye Forbindelse, der vil blive ca. 2 km kortere end den nuværende Forbindelse over Kjøge, vil man kunne lede største Delen af Trafikken fra Kjøbenhavn til Sydsjælland, Falster og det sydlige Udland, og man faar derved desuden en Forbindelse med bedre Stignings- og Krumningsforhold end den nuværende Linie. Denne har Maksimumsstigning 1 : 175, medens den nye Linie har Maksimumsstigning 1 : 200.

Jernbaneforslaget af 1916—17 omfattede endvidere Forsyning af ca. 380 km af Hovedbanerne med Dobbeltspor og Forsyning af ca. 31 km af Hovedbanerne med et 3. eller 4. Spor. Dette maa anses for en meget nødvendig Foranstaltning, i første Række for at Banerne skal kunne magte Trafikken, men dernæst ogsaa af Sikkerhedshensyn.

De Strækninger, det drejer sig om, er Daugaard—Hasselager, Lunderskov—Esbjerg—Skern, Aarhus—Aalborg, Rungsted—Snekkersten, Næstved—Masnedsund, Holte—Hillerød, der skal forsynes med Dobbeltspor og Vigerslev—Roskilde og Hellerup—Klampenborg, der skal have et 3. og 4. Spor.

Nedenstaaende Oversigt (Tabel 5—6) viser Tætheden af det danske Stats- og Privatbanenæt i Forhold til Landomraade og Indbyggerantal.

Tabel 5. Danske Baner under Statsdrift.

	Landomraade km² (= 100 ha) d. 31/3 1920	Indbyggerantal d. 1/2 1916	Længde af Baner under Statsdrift d. 31/3 1920	Længde af Baner under Statsdrift	
				pr. 1000 km²	pr. 10 000 Indbyggere
			km	km	km
Sjælland med tilliggende Øer	7 514,00	1 189 942	550,8	73,3	4,6
Bornholm	587,53	43 551	—	—	—
Lolland og Falster med tilliggende Øer	1 791,37	121 693	45,2	25,2	3,7
Fyn med tilliggende Øer . .	3 476,21	312 367	116,9	33,6	3,7
Jylland	25 663,85	1 253 809	1 394,7	54,3	11,1
Ialt . . .	39 032,96	2 921 362	2 107,6	54,0	7,2

Tabel 6. Samtlige danske Stats- og Privatbaner.

	Landområde km² (= 100 ha) d. 31/3 1920	Indbyggerantal d. 1/2 1916	Længde af samtlige Stats- og Privatbaner d. 31/3 1920	Længde af samtlige Stats- og Privatbaner	
				pr. 1000 km²	pr. 10 000 Indbyggere
			Km	km	km
Sjælland med tilliggende Øer	7 514,00	1 189 942	944,7	125,7	7,9
Bornholm	587,53	43 551	89,9	153,0	20,6
Lolland og Falster	1 791,37	121 693	193,8	108,2	15,9
Fyen	3,476,21	312 367	498,6	143,4	16,0
Jylland	25 663,85	1 253 809	2 588,8	100,9	20,6
Ialt . . .	39 032,96	2 921 362	4 315,8	110,6	14,8

Naar de ovenfor nævnte Dobbeltsporanlæg er gennemførte (i 1930), vil ca. 25,8 % af Statsbanenættet i Jylland og ca. 41,6 % paa Øerne være forsynet med Dobbeltspor.

I 1920 overtog Statsbanerne Banerne i de sønderjydske Landsdele; Trafikken over Lillebælt maa derefter ventes at blive saa stor, at det vil blive naturligt at bygge fast Bro over Lillebælt, og dette vil da formentlig blive en af de danske Statsbaners vigtigste tekniske Fremtidsopgaver.

Den første norske Jernbane fra Christiania til Eidsvold blev bygget fra 1851 til 1854 af selve Robert Stephenson. I Løbet af det 19. Aarhundrede byggede den norske Stat derefter 13 Linier med en samlet Længde af 1673 km; i 1900 ejede Staten 80 % af Landets Banenæt, i 1921 over 86 %.

Den første Bane blev bygget normalsporet. I 1880 blev Banen fra Christiania til Eidsvold fortsat til Hamar; tre Aar i Forvejen var Banen fra Hamar til Christiania blevet aabnet.

Disse Baner blev byggede med 1,067 m Sporvidde, som man mente bedre svarede til Landets Behov og økonomiske Evne.

I 1894 vedtog Stortinget Bygningen af Banen fra Christiania til Bergen; dette Arbejde varede 15 Aar, og Banen blev aabnet 1909. I samme Periode blev der desuden bygget en Del Baner i de forskellige Dele af Landet.

Bergensbanen var Norges første egentlige Hovedbane, idet den gamle Bane fra Christiania gennem Østerdalen til Trondhjem ikke tilfredsstillede de Krav, der kunde stilles til en Hovedbane. En saadan maatte være normalsporet og ligge mere centralt i Landet; den maatte derfor lægges gennem Gudbrandsdalen, den gamle Hovedvej mellem det sydlige og nordlige Norge. Bygning af en saadan Bane, Dovrebanen, blev vedtaget i Juli 1908, og Banen blev fuldført i 1921; dens højeste Punkt, ved Hjerkinn ligger 930 m over Havet – Bergensbanen naar op til 1205 m over Havet. Dovrebanens længste Tunnel er 1420 m lang.

I Sverige blev den første 18 km lange normalsporede Lokomotivjernbane aabnet i 1856 mellem Nora og Ervalla.

I Rigsdagssamlingen 1853—54 blev det efter Regeringens Forslag vedtaget

at bygge Stambaner i første Række mellem Stockholm, Gøteborg og Malmø ved Statens Foranstaltning. Den 22. Januar 1855 blev Arbejdet overdraget til Oberst Nils Ericson, en Broder til John Ericson.

Arbejdet begyndte den 30. April 1855, og den 1. December 1856 aabnedes den 15 km lange Bane fra Gøteborg til Jonsered og den 16 km lange Bane fra Malmø til Lund. »Västra stambanan« Stockholm—Gøteborg var færdig 8. November 1862 og »Södra stambanan« Malmø—Falkøbing—Ranten den 1. December 1864. Bygningen af »Norra stambanan« fra Stockholm og Nord paa blev paabegyndt den 1. December 1863 og er siden blevet fortsat; Grænsen mellem Jämtland og Norge blev naaet 1882, Grænsen mellem Norrbotten og Norge 1902, Karungi paa Grænsen mod Finland 1912. 1914 blev Banen fra Karungi til Overtorneå aabnet. Ved Begyndelsen af 1914 var det svenske Statsbanenæt 4692 km langt, hvortil maa lægges Dampfærgelinierne Malmø—Kjøbenhavn = 30 km og Trälleborg—Sassnitz = 108 km.

Sverige har desuden et stort Næt af private Baner. I 1870 havde dette en Længde af 539 km, i 1880 af 4375 km, i 1890 af 7 535 km, og ved Begyndelsen af 1914 var Længden 9 689 km.

I det følgende skal ganske kort gives nogle Meddelelser om Jernbanebygningen i nogle af de vigtigste Jernbanelande bl. a. for at vise den betydelige Forskel, der er paa de Metoder, der er blevet anvendt. I England og Nordamerika har man overladt til det private Initiativ at bygge Linierne og bestemme deres Beliggenhed; i Tyskland har Staten bygget de fleste Jernbaner, og Resten har man senere søgt at købe, saa Staten kunde komme til at drive dem. I Danmark, Sverige, Norge, Frankrig, Schweiz, Spanien og Portugal har man fulgt et blandet System, og endelig tilhører Jernbanerne i Holland og Italien som Regel Staten, der lader dem drive af private Selskaber.

I England nøjedes Staten straks fra Begyndelsen med at opstille visse Betingelser af Hensyn til det almene Vel, mens Selskaberne iøvrigt kunde lægge Linierne, hvor de fandt det fordelagtigst og selv kunde fastsætte Taksterne; Konkurrencen var i Begyndelsen haard, men allerede 1858 blev man enig om det uholdbare heri, og fra 1858 har der ikke været nogen Tarifkrig i England. Paa Grund af forskellige Klager oprettede Parlamentet 1873 et Jernbaneraad, der senere er blevet forandret og udvidet, til at føre Kontrol med Banerne. Man er altsaa forholdsvis tidligt i England kommet dertil, at man har afskaffet den frie Konkurrence og Selskabernes Frihed.

Efter 1858 begyndte de store Sammenslutninger af Baner at danne sig, og denne Udvikling har efter Krigen faaet et yderligere Stød fremad, idet man har fremsat Forslag fra Regeringens Side om en Deling af Jernbanenættet i i Hovedsagen 4 Dele.

Efter »Board of Trade« var der i 1904 et Banenæt paa 36418 km i Drift, som i Anlæg havde kostet ca. 22 800 Millioner Kr. eller 630 000 Kr. pr. km. Den Middeldividende, som Aktier og Obligationer havde givet indtil 1904 var 3,42 %; af hele den Kapital, der stod i Jernbaneanlæg, havde 1260 Mill. Kr. aldrig givet noget Udbytte, 500 Mill. Kr. havde givet 1 % eller derunder, 8500 Mill. Kr. havde givet et Udbytte paa fra 1 % til 3 % og 2620 Mill. Kr. havde givet over 5 %.

I de forenede Stater har man med et uhyre Spild af Kapital anvendt samme Fremgangsmaade som i England; Jernbanebygningen er foregaaet med overordentlig Fart, som det vil fremgaa af nedenstaaende Tabel 7 over Jernbanenættets Længde til forskellige Tider.

Tabel 7.

Aar	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1885	1904	1917
Jernbanenættets Længde i km	37	4534	14 515	49 292	85 139	150 755	223 710	344 172	418 768

Den 30. Juni 1904 havde de forenede Stater 344 172 km Bane, der havde kostet ca. 49 500 Millioner Kr. eller 150 000 Kr. pr. km. Det lave Tal skyldes, dels at man har forholdsvis flere enkeltsporede Strækninger, dels at man er gaaet langt mere summarisk frem i Amerika end i Europa. I Amerika er Banerne mange Steder tarveligt udstyrede; i mange Egne løber de gennem store øde Sletter uden den ringeste Foldning i Terrainet; de anvendte Kurveradier er smaa. Men efterhaanden som Trafikken er steget, og man derved er kommet til at disponere over større Pengemidler, har man bygget Hovedlinierne med den store Trafik om, saa de fuldt ud kan konkurrere med de tilsvarende europæiske.

Enorme Kapitaler er gaaet tabt ved Jernbaneanlæg, og en Mængde Jernbaneselskaber er gaaet Fallit. I Tiden fra 1872 til 1876 gik 196 Selskaber Fallit med Passiver paa ialt ca. 3 Milliarder Kr. I 1880 gik Philadelphia and Reading Jernbaneselskabet, der havde en Banelængde paa 2500 km Fallit; i 1884 37 Selskaber med 17 800 km Bane og en Kapital paa 2580 Millioner Kr., i 1885 og 1886 skete lignende Katastrofer, der ramte 104 Selskaber med en Kapital paa over 4325 Millioner Kr., og der kunde fortsættes saaledes lige op mod den seneste Tid. I 1904 var der 10 Milliarder Kr. eller ca. 42 % af Banernes Aktiekapital, der aldrig havde givet noget Udbytte.

Ligesom i England har Banerne sluttet sig sammen i store Selskaber, og der er ogsaa her efter Krigen fremkommet Forslag om yderligere Sammenslutninger. For at varetage de offentlige Interesser overfor Selskaberne har Staten ogsaa ligesom i England maattet gribe ind første Gang ved den saakaldte »Interstate Commerce Act«, der traadte i Kraft den 5. April 1887, og som senere er suppleret ved andre Love (Elkins Act af 19. Februar 1903, bill Hepburn af 28. August 1906 m. fl.). Interstate Commerce Commission skulde efter Loven af 1887 offentliggøre alle Tarifer, og fik desuden det Hverv at undersøge alle fremkomne Klager og Ret til at forlange alle Mangler rettede; Regeringens Kontrol er vistnok i de forenede Stater strengere end i noget andet Land.

I Tyskland var der indtil 1870 stor Forskel mellem de Systemer, man i de forskellige Stater havde antaget baade for Bygning og Drift af Banerne. I Preussen benyttedes saaledes i Begyndelsen et blandet System, hvor baade Staten og private Selskaber byggede Baner; i Würtemberg og Baden var der kun Statsbaner; Sachsen og Bayern havde baade Stats- og Privatbaner.

Preussen havde før Krigen 1870—71 maattet købe en Del Baner, der ikke kunde bestaa, og besluttede efter Krigen at udvide Statens Jernbanenæt saa meget som muligt, dels af politiske, dels af økonomiske Grunde. Først og fremmest var man interesseret i at sikre Tysklands Enhed og i at blive Herre over Banerne i Mobiliseringsøjemed; desuden kunde man ved at overtage Banerne blive Herre over Taksterne, saa man kunde faa en Samvirken mellem dem og Toldtariferne. Allerede ved Udgangen af 1885 udgjorde de af Staten byggede og drevne Jernbaner 32 717 km af et samlet tysk Banenæt paa 36 957 km; Af Resten var 458 km byggede af private Selskaber men blev drevne af Staten, og kun 3782 km blev drevne af private Selskaber. Den 31. December 1904 var der i Tyskland i Drift 51 836 km Jernbane, hvoraf kun ca. 3900 km tilhørte private Selskaber. Resultatet af Driften var i Aarene før Krigen økonomisk særdeles tilfredsstillende, idet Overskuddet var ca. 1 Milliard Mark aarligt.

Tabel 8 giver en Oversigt over den Hurtighed, hvormed Jernbanebygningen er foregaaet i de fem Verdensdele fra 1825, idet Tallene angiver den Længde, der var i Drift ved Aarets Slutning.

Tabel 8.

Aar	1825	1830	1835	1840	1845	1850	1855	1860	1865
	km	km	km	km	km	km	km	km	km
Europa	40	112	428	2750	9008	22 845	32 898	50 785	74 126
Asien							250	1 329	5 594
Afrika							146	443	832
Amerika		65	1757	4719	7828	14 921	32 148	53 671	62 116
Australien							55	363	843
Ialt . . .	40	177	2185	7469	16 836	37 776	65 497	106 592	143 511

Aar	1870	1875	1880	1885	1890	1895	1900	1905	1917
	km	km	km	km	km	km	km	km	km
Europa	102 296	140 998	168 416	195 057	223 766	251 421	283 878	309 805	351 846
Asien	8 246	11 946	15 942	22 178	33 172	43 375	60 301	81 421	114 123
Afrika	1 774	2 462	4 575	6 895	9 387	13 147	20 114	26 395	48 153
Amerika	93 643	135 625	170 283	250 663	331 779	370 175	402 171	460 196	586 859
Australien	1 873	3 420	7 799	12 947	18 881	23 318	24 014	28 069	36 388
Ialt . . .	207 832	294 441	367 015	487 740	616 985	700 436	790 478	905 886	1 137 369

Man ser altsaa, at Amerika har flere Jernbaner end hele den øvrige Verden tilsammen; dette hidrører fra, at alene de forenede Stater i 1917 havde en Banelængde paa 418 768 km.

I Tabel 9 er angivet Jernbanenættets Længde i nogle Lande i Europa; Tabellen giver Banernes Længde i km ved Slutningen af 1917.

Tabel 9.

England m. Skotland og Irland	Frankrig	Italien	Holland	Belgien	Rusland	Sverige	Norge	Danmark	Spanien	Portugal	Schweiz	Tyskland	Østrig-Ungarn
38 135	51 431	18 245	3 925	8 814	62 198	14 951	3 179	4 252	15 350	2 983	5 299	64 987	46 195

§ 6. Jernbanernes Inddeling.

Bygnings- og driftsmæssigt er der en jævn Overgang mellem de forskellige Arter af Jernbaner lige fra de mest storartede Verdensbaner til de mest beskedne Sporveje, idet Teknikken har naaet en saadan Fuldkommenhed, at det er muligt at afpasse enhver Jernbane efter de lokale og økonomiske Forhold.

Her i Danmark er alle Hovedbaner og en Del Sidebaner Statsbaner, medens Lokalbanerne er Privatbaner, og man benytter i Almindelighed denne Tredeling i Betegnelserne. I Norge deler man Banerne i normalsporede Baner af 1. Klasse, svarende til vore Hovedbaner og normalsporede Baner af 2. Klasse, svarende til vore Sidebaner.

I Tyskland bruges lignende Betegnelser som i Danmark. I Frankrig har man: Chemins de fer d'intérêt général (Hovedbaner), chemins de fer d'intérêt local (Lokalbaner) og tramways (Sporveje). I England har man foruden Hovedbaner »light railways«, medens man i Skotland og Irland har Hovedbaner, »light railways« og »tramways«.

Man har undertiden benyttet Kørehastigheden ved Inddeling af Banerne i tre Klasser, idet Hovedbaner da er Baner, hvor den tilladte Hastighed er over 40 km i Timen, Sidebaner Baner, hvor Kørehastigheden ikke paa noget Punkt maa blive større end 40 km i Timen og Lokalbaner Baner, hvor Kørehastigheden er under 30 km i Timen.

Om en Bane skal bygges som Hoved-, Side- eller Lokalbane afhænger først og fremmest af den Trafik, den skal betjene. Forbindelsesbaner mellem Hovedbaner bygges som Regel som Sidebaner, men deres Opgave er dog især at tilfredsstille det lokale Trafikbehov. Lokalbaner har kun ren lokal Betydning.

For Fastsættelsen af Kørehastigheden paa Lokalbaner spiller Linieføringen en meget vigtig Rolle; hvis Banen f. Eks. løber i en offentlig Vej, hvor man skærer igennem Landsbyer i Gadehøjde, maa Kørehastigheden sættes ned til 15 km i Timen eller maaske endnu mere.

Man deler Jernbanerne efter Terrainet i:

1) *Slettelandsbaner*, der ikke har længere Stigninger paa mere end 5 ‰ og ikke længere Kurver med Radius under 1000 m. Man behøver da ved

Kørsel ned ad Bakke ikke at bremse, og Kurverne forøger ikke i væsentlig Grad Togmodstanden. Tabt Fald behøver man ikke at være bange for.

2) *Bakkelandsbaner*, der har Stigninger paa indtil 10 ‰ og skarpere Kurver ned til 600 m Radius. Tabt Fald giver unyttigt Arbejde; det bør derfor undgaas.

3) *Bjærgbaner*, der har lange stærke Stigninger paa omtrent 25 ‰ og mange skarpe Kurver med Radier ned til 180 m. Sløjfer og Vendetunneler benyttes til at overvinde de store Højdeforskelle; tabt Fald betyder Tab af Højde og bør derfor undgaas, for at Traceen ikke yderligere skal forlænges. Passene passeres gennem de saakaldte Toptunneler; Banen ligger ofte paa stejle Skraaninger i betydelig Højde over Dalbunden; der maa anvendes særlige Sikringsanlæg mod Laviner og Stenskred.

De største Stigninger paa Bjærgbaner er 35 ‰ (Albula- og Giovibanen). Arlbergbanen har 31,4 ‰, Gotthardbanen 27 ‰, Bologna—Pistojabanen 26 ‰, Bergensbanen 22,5 ‰.

Til Bjærgbanerne maa ogsaa regnes de Baner, der, uden Tilslutning til det øvrige Banenæt, gaar op paa enkelte Bjærgtoppe (paa Tysk: Steilbahnen). De har som Turistbaner fundet Anvendelse i Alpelandene; de kan endnu bygges som Adhæsionsbaner, naar Stigningen er mindre end 70 ‰. Elektrisk Drift tillader Anvendelse af stærkere Stigninger end Dampkraft, fordi Motorvognen benyttes til Transport af Rejsende, hvis Vægt forøger Adhæsionsvægten. Grænsen for Anvendelse af Adhæsionsbaner er da især afhængig af, om man ved Kørsel nedad med Sikkerhed kan bremse. Det største hidtil anvendte Stigningsforhold paa en elektrisk Adhæsionsbane er 115 ‰ (Le Havre—Saint Marie).

Rigi—Scheideckbanen har største Stigning 50 ‰, Rom—Marino 60 ‰, Landquart—Davos 45 ‰, Reichenhall—Berchtesgaden 40 ‰.

Ved *Tandhjulsbaner* griber et eller flere af Lokomotivet bevægede Tandhjul ind i en i Almindelighed mellem Skinnerne liggende Tandstang, saa Lokomotivet ligesom klatrer op ad denne. Paa Baner med varierende Stigningsforhold har man i de senere Aar, af økonomiske Grunde og for at faa en større Kørehastighed, kun lagt Tandstangen paa de stejlere Strækninger, fra 30 eller 40 ‰, og udført de øvrige Strækninger som Adhæsionsbane; samme Lokomotiv benyttes da paa Adhæsions- og Tandstrækningerne. Selv paa en Del vigtigere Baner er dette System blevet anvendt med Held.

Paa *Tovbaner* (Kabelbaner) anvendes enten faststaaende eller bevægelige Motorer, eller man giver ved Ballast den nedadgaaende Vogn Overvægt. Anvendes faststaaende Motor, trækkes Vognene ved et til dem fastgjort Tov, eller der anvendes et Tov uden Ende; man har i dette Tilfælde som Regel benyttet Dampdrift, undertiden Elektricitet, meget sjældent hydraulisk Kraft.

Bevægelige Motorer anvendes sjældent paa saadanne Bjærgbaner.

Paa Banen Territet—Glion og paa Zürichbergbanen har man benyttet Vandballast som Drivkraft. Vandet fyldes i Vognenes Beholdere ved Banens højeste Punkt og tømmes ud ved det laveste.

Jernbanerne kan endvidere inddeles efter Sporvidde og Antal Spor.

Om Sporvidden er tidligere talt (se A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 1. Hæfte S. 10.)

Jernbaner kan være enkelt-, dobbelt- eller flersporede. For Baner med ringe Trafik er et enkelt Spor tilstrækkeligt, det er da muligt at lade Togene krydse paa Stationerne, men en saadan Krydsning medfører mange Ubehageligheder og Trafikstandsninger, især ved Forsinkelser eller Forstyrrelser i Toggangen, naar Trafikken paa Banen naar ud over en vis Grænse, og man gaar da gerne til at lægge et 2det Spor paa Banen, saa hver Kørselsretning kan faa sit Spor.

Som Regel bygges Jernbanerne til at begynde med kun enkeltsporede, men til senere Lægning af det andet Spor tager man i hvert Fald paa Hovedbaner Hensyn, ved straks at erhverve de hertil nødvendige Arealer; for større Broer bygges Pillerne straks til Dobbeltspor, det samme kan være Tilfældet med Tunneler.

Paa hvert af de to Spor paa en dobbeltsporet Bane maa der selvfølgelig kun køres i een bestemt Retning, undtagen i det Tilfælde, at en Spærring af det ene Spor for en Tid bliver nødvendig. Paa de danske Baner køres normalt til højre.

Tre- og firesporede Baner findes især i Omegnen af større Byer.

Om en ny Bane skal bygges enkelt- eller dobbeltsporet maa i det store og hele bero paa et Skøn over den Plads, som Banen vil faa at udfylde i Banenættet. Noget anderledes stiller Sagen sig, naar det gælder om at bestemme, om en eksisterende enkeltsporet Bane skal ombygges til Dobbeltspor, idet Statistikken over Trafikkens Størrelse og Vækst i Forbindelse med Erfaringen for, hvormeget en enkeltsporet Bane kan transportere, med temmelig stor Sikkerhed kan bruges til at fastsætte Tidspunktet for Ombygningen. Da det fynske Dobbeltspor i 1908 blev vedtaget, befordredes der ca. 451 000 ts Gods over denne Bane, og man kan formentlig gaa ud fra, at dette Tal kan lægges til Grund for Fastsættelsen af Tidspunktet for Lægning af 2. Spor paa vore Baner.

Ved Beregning af det Antal Vognaksler, der daglig passerer en Banestrækning, kan man ligeledes faa et Tal, der kan lægges til Grund for et saadant Skøn.

Jernbaner kan enten have eget Banelegeme eller have Sporet liggende i eksisterende Gader eller Veje enten paa hele Banens Længde eller paa enkelte Stykker af den. Af Hensyn til Vejfærdslens Sikkerhed kan saadanne Landevejsbaner kun anvendes, hvor Antallet af Tog, deres Længde og Hastighed holder sig indenfor beskedne Grænser; de faar kun lokal Betydning, bliver billige at bygge men dyre at vedligeholde, hvor Sporet ligger saaledes, at det kan benyttes af almindelige Vogne. Landevejsbaner er først anvendt i Italien og Holland, men derefter ogsaa i Frankrig, Tyskland og Østrig; her i Danmark kan de saakaldte Roebaner henføres til denne Baneart, men egentlige Landevejsbaner findes ikke.

Byernes Sporveje (fra omkring 1860) blev først trukne af Heste, senere fra 1890erne anvendtes mekanisk Drivkraft (Elektricitet, Gas, Trykluft o. s. v.). Bygningsmæssigt adskiller de sig fra de egentlige Jernbaner derved, at Sporene som Regel skal lægges i Gader, (brolagte, asfalterede o. s. v.), saaledes at den fuldstændige frie Færdsel over den ikke paa nogen Maade hindres.

I meget store Byer har man fra omtrent 1880 (i New York, London m. fl. Byer noget før) begyndt at bygge særlige Bybaner, hvis Planum ligger over

eller under Gadeniveauet. Man har her en særlig Baneart med egne Profiler, af Bekostningshensyn mindre end de almindelige Baneprofiler; Bybanerne er enten Høj- eller Tunnelbaner. Højbanernes Spor bæres enten af en Jernkonstruktion eller af en af Piller og Hvælvinger dannet Stenunderbygning.

Medens Jernbanerne næsten alle har Sporet dannet af to Skinner, findes der dog Eksempler paa eenskinnede Baner. Det mest bekendte er *Langens* Svævebane mellem Elberfeld og Barmen, hvor Vognene kører paa Hjul paa den højtliggende Skinne; Hjulene sidder bag hinanden i en Plan gennem Vognens Længdeakse.

§ 7. Dampbaner og elektriske Baner.

1. Almindelige Bemærkninger.

Det langt overvejende Antal Jernbaner drives ved Damplokomotiver. Der arbejdes ivrigt paa Overgang til elektrisk Drift paa de Steder og i de Lande, hvor dette synes hensigtsmæssigt, og navnlig har denne Bevægelse faaet Fart, efter at man har set Brændselsprisernes voldsomme Stigning i de senere Aar, idet den elektriske Drift kan baseres paa Elektricitet fremstillet ved Vandkraft.

Foruden disse to anvendes i enkelte Tilfælde anden Drivkraft: Eksplosionsmotorer af en eller anden Art, ildløse Lokomotiver m. m.

Det med Damp drevne, med Ildsted udstyrede Lokomotiv egner sig fortrinligt til Drift af det overvejende Flertal af alle Baner paa Grund af dets store Ydeevne, dets Uafhængighed af en fast Kraftkilde (Kraftstation) og dets forholdsvis billige Arbejde. Damplokomotivet har naaet en høj Grad af Fuldkommenhed, men ved de største Kørehastigheder gør der sig dog visse Mangler gældende, der hænger sammen med Lokomotivernes Konstruktion.

Men da Damplokomotivernes Udvikling næppe er endt endnu, er det muligt, at man finder Midler herimod. Samtidig maa det nævnes, at det ved de nyere Konstruktioner af Smaabanelokomotiver er lykkedes at gøre dem mere fuldkomne i deres Afpasningsevne efter saadanne Baners svage Trafik og simple Driftsforhold.

Den elektriske Banedrift er endnu temmelig ny. Den foregaar næsten udelukkende ved Tilførsel af Strøm til Vognmotoren fra en særlig Kraftstation, idet Akkumulatorer ikke anvendes. Overjordisk Strømtilførsel er billigere end underjordisk og anvendes derfor altid til egentlige Jernbaneanlæg og saa godt som altid ved Sporveje. Den elektriske Motor har i Modsætning til Dampmaskinen ingen frem- og tilbagegaaende Dele og er derfor fri for de forstyrrende Bevægelser, der hidrører herfra, og som paavirker Lokomotivets rolige og sikre Gang paa uheldig Maade. Man kan bl. a. derfor med elektriske Lokomotiver opnaa større Kørehastigheder op indtil 200 km i Timen end med Damplokomotiver, men dette spiller for saa vidt ingen Rolle, som de allerede byggede Baners Konstruktion ikke tillader større Hastigheder, end man kan naa med Damplokomotiv.

En Elektrificering af Jernbanerne vil bringe Brændselsforbruget ned; fremstilles Elektriciteten ved Damp, angives det, at man vil kunne nøjes med

den halve Brændselsmængde, af hvad der nu bruges paa Damplokomotiverne; raader man over Vandkraft, bliver Forholdet nationaløkonomisk endnu fordelagtigere. En Elektrificering vil endvidere gøre de eksisterende Anlæg mere ydedygtige, saa en ellers nødvendig Udvidelse kan udskydes, og den vil stille mindre Krav til Personale.

De forenede Stater [1]) producerer aarlig ca. 500 Millioner ts Kul og bruger deraf til Jernbanerne ca. 115 Millioner ts, men Priserne paa Kul er endnu her saa lave, at den Formindskelse i Forbruget, som en almindelig Elektrificering vilde bevirke, ikke vil være tilstrækkelig til at bære Udgifterne ved Ombygningen.

En Undtagelse danner dog de nordlige Stater, hvor Kul og Olie er dyre, men hvor der findes rigelig Vandkraft, saa Elektrificeringen her frembyder Fordele. I Montana og Washington-Staterne er Chicago—Milvauke—Saint Paul og Butte—Anaconda-Banerne elektrificerede.

Banen fra Avery til Harlowtown med Forlængelse fra Othello til Seattle er saaledes elektrificeret i en Længde af 1000 km. Denne Elektrificering er vistnok den hidtil største; der benyttes 42 Lokomotiver paa ca. 3500 HK. (eller i alt ca. 147 000 HK.). Brændselsbesparelsen angives til 400 000 ts aarlig.

I Europa har de høje Kulpriser kaldt mange Projekter frem, især i de Lande, hvor de mærkes stærkest, som Schweiz, Italien og Frankrig.

De *schweiziske* Jernbaner bruger aarlig 3 500 000 ts Kul, som maa købes i Udlandet, medens Landet har tilstrækkelig Vandkraft (3 Millioner HK.) til Elektrificering af hele Jernbanenættet. De schweiziske Statsbaner, hvis Linienæt er 4 500 km langt, kræver til fuldstændig Elektrificering i Middel ca. 200,000 HK. med et Maksimum paa ca. 600 000 HK.

Statsbanerne har først tænkt at ville elektrificere Gotthardbanen og begyndte i den Anledning i 1913 at bygge Vandkraftanlægene ved Riton og Arnsteg og at ombygge Liniestykket fra Ertsfeld til Bellinzona paa ialt 109 km Længde.

Regeringen vedtog i 1918 et almindeligt Program for Elektrificering, efter hvilket Banerne er delt i tre Grupper.

Første Gruppe (1128 km) omfatter alle de Linier, hvis Elektrificering især har Betydning; med en middel Vandkraft paa 76 000 HK. vil man paa disse kunne spare ca. 2 Millioner ts Kul, eller over Halvdelen af det totale Forbrug.

Anden Gruppe (601 km) omfatter Linier med svag Trafik, hvis Elektrificering maaske vil have Betydning paa Grund af deres Beliggenhed, og tredje Gruppe er endelig Resten af Banenættet.

Dette store Program er man begyndt at udføre. Statsbanerne køber ikke flere Damplokomotiver, og Gotthardbanens elektriske Drift kan vistnok snart paabegyndes.

I *Italien* har man i mange Aar arbejdet paa Indførelsen af elektrisk Drift paa Banerne, da man ligeledes her maa købe alt Brændsel i Udlandet, medens man i Landet raader over en Vandkraft paa ca. 5 Millioner HK. Dette Forhold er især blevet klart under Krigen. Før denne var der allerede

[1]) Revue générale des Chemins de Fer 1920.

elektrificeret ca. 450 km, og de i Norditalien liggende Dele heraf har fuldt ud svaret til Forventningerne, selv under de stærkeste Troppetransporter.

Elektrificeringen af de 450 km af det totale Banenæt paa 13 641 km har medført en Kulbesparelse paa 180—200 000 ts aarlig, og den paatænkte Elektrificering af endnu 1770 km Statsbane vil medføre en yderligere Besparelse paa ca. 500 000 ts Kul; i Aaret 1917—18 var det totale Kulforbrug ca. 2,5 Millioner ts. I alt tænker man paa at ville elektrificere 4 500 km Bane, eller ca. en Tredjedel af hele Banenættet, hvorved man vil kunne spare over Halvdelen af Kulforbruget.

I *Frankrig* er Kulsituationen maaske ikke saa vanskelig som i Nabolandene, men man overvejer dog snarest muligt at udnytte den Vandkraft paa ca. 8 Millioner HK., som Landet er i Besiddelse af.

I 1913 brugte Frankrig i alt 60 Millioner ts Kul, hvoraf over $^1/_3$ maatte indføres. Jernbanerne brugte ca. 7 Millioner ts. I Løbet af en halv Snes Aar vil Kulunderskuddet formentlig vokse til ca. 40 Millioner ts og Banernes Forbrug til 10 à 12 Millioner ts.

En Elektrificering vil sandsynligvis, i hvert Fald delvis, opveje denne Forøgelse; man paatænker at elektrificere ca. 8 200 km, heri indbefattet de 150 km, som Sydbaneselskabet allerede har ombygget, og mener derved at kunne spare ca. 2 Millioner ts aarlig.

Sydbanen vil elektrificere ca. 3 000 km, Orléansbanen 3 000 km og P.—L.—M. ca. 2 200 km; i disse sidste er indbefattet Hovedlinierne fra Lyon til Marseille, fra Marseille til Vintimille, fra Tarascon til Cette o. s. v.

Orléansbanens 3000 km[1]) Linie udgør 40 % af hele dennes Banenæt og den raader over en Vandkraft paa ca. 100 000 HK., der pr. Aar kan frembringe ca. 500 Millioner KWT.

Paa Linien fra Clermont til Tulle, der har mange Stigninger paa 25 ‰, vil 1 KWT erstatte 2,500 kg Kul,

fra Limoges til Montauban, med mange Stigninger paa 10 ‰ 1,600 kg Kul,

fra Chateaux til Limoges, med mange Stigninger paa 6 ‰, og med to lange Stigninger paa 10 ‰, 1,100 kg Kul.

Da Vandkraften er ret ringe i Centralfrankrig, anser man det for nationaløkonomisk urigtigt at anvende den paa Linier med smaa Stigninger, hvor den kun erstatter mindre Mængder Kul.

Med en aarlig Stigning af Trafikken af 5 %, som før Krigen, vil Trafikken paa de 3000 km 1933 være dobbelt saa stor som i 1913, og man vil da kunne spare 800 000—900 000 ts. Kul.

I *Tyskland* er der allerede for en halv Snes Aar siden blevet udarbejdet et omfattende Forslag til Elektrificering. Til Fremstilling af Elektriciteten skulde i Nordtyskland bruges Tørv og Brunkul paa selve Fremstillingsstederne, i Sydtyskland Vandkraft, hvoraf man raadede over ca. 1,5 Millioner HK. Strækningen Dessau—Bitterfeld (aabnet 1909) er en Del af Hovedbanen fra Magdeburg til Leipzig (118 km); Kraftstationen ligger ved Muldenstein i Nærheden af Bitterfeld, midt i et rigt Brunkulsleje. Man har ment, at de preussiske Statsbaner ved en almindelig Elektrificering skulde kunne bringe Kul-

[1]) Le Génie civil $^4/_1$ 1919

forbruget ned fra 13 Millioner ts til 5 Millioner ts aarlig,[1]) idet der samtidig blev udvundet en Del Biprodukter som Ammoniaksoda m. m.

I *Belgien* elektrificeres Banen fra Bryssel til Antwerpen.

Om de økonomiske Resultater af den elektriske Jernbanedrift har det hidtil været meget vanskeligt at faa nøjagtige Oplysninger, da man i Hovedsagen kun har udført delvise Elektrificeringer og som oftest paa Linier af særlig Beskaffenhed.

Af de ca. 1 200 000 km Bane, der i alt findes i Verden, er næppe 10 000 elektrificerede, og i de fleste Tilfælde er det Tunnelbaner eller Baner med stærk Stigning, hvor Prisen for Dampdriften ikke har været bestemt særligt. Dette er saaledes Tilfældet med de fleste af de europæiske Baner, saaledes Simplon, Lötschberg, Mont-Cenis, Sankt-Gotthard-Banerne o. s. v.

I De forenede Stater har man ca. 700 elektriske Lokomotiver af meget forskellig Type, der løber paa 8 000 km Bane (13 000 km Spor), imod 65 000 Damplokomotiver af mindre forskellig Type, løbende paa over 420 000 km Bane (650 000 km Spor). Men ogsaa i Amerika er Elektrificeringen bleven udført af særlige og lokale Grunde og har saaledes ogsaa her en eksceptionel Karakter.

I hele Verden er der saaledes næppe over 1 000 elektriske Lokomotiver i Drift mod over 300 000 Damplokomotiver. Det er ikke en Gang 1 pCt. af hele Banenættet i Verden, der er elektrificeret, saa Erfaringerne kan selvfølgelig kun være mangelfulde.

Den tekniske Side af Spørgsmaalet skal i øvrigt ikke omtales.

I vore Nabolande *Sverige* og *Norge*, hvor man heller ikke i Landet har Kul, har Elektrificeringsproblemet i lang Tid beskæftiget Sindene, da man raader over en betydelig Vandkraft.

I *Norge* drives nogle mindre Baner allerede elektrisk, medens Hovedbanen fra Kristiania til Drammen er under Ombygning til elektrisk Drift.

I *Sverige* har man fra 1905—1907 paa Banerne fra Tomteboda til Värtan og Stockholm—Järva afholdt Forsøg med elektrisk Banedrift, efter hvis Afslutning Banen fra Kiruna til Riksgränsen (120 km) blev elektrificeret. I Foraaret 1920 har den svenske Rigsdags Andetkammer bevilget 23 Millioner Kr. for 1921 til Elektrificering af Banelinien Stockholm—Göteborg. Førstekammer havde tidligere vedtaget dette. Bevillingen af de 23 Millioner Kr. tør maaske betragtes som en principiel Beslutning om hele Statsbanenættets Elektrificering i de kommende Aar.

Nogle Bemærkninger om de svenske Statsbaners Elektrificering skal gives paa Grundlag af et Foredrag af Kontorchef *Ivar Öfverholm* (Teknisk Tidsskrift (svensk) Nr. 15/1919).

Det er Tanken, at de Baner, der har det største aarlige Kulforbrug pr. km, elektrificeres først, og samtidig elektrificeres de til dem hørende Sidebaner.

Tabel 10 viser, at Strækningen Stockholm—Göteborg, der har et aarligt Kulforbrug af 384 ts pr. Banekilometer, som Følge af denne Betragtning bør elektrificeres først.

I Tabel 11 findes en Oversigt over Udgifterne. De er beregnede for følgende tre Alternativer:

[1]) Verkehrstechnische Woche No. $^{8}/_{4}$ 1919.

Tabel 10. De svenske Statsbaner. Sammenligning mellem Maskinafdelingens Udgifter ved Dampdrift og elektrisk Drift for den forventede Trafik i 1925 (Prisniveau 1913).

Strækning	Banelængde	Kulforbrug ved Dampdrift ialt	Dampdrift		Elektrisk Drift		Forøgelse i Anlægsudgift ved Indførelse af elektrisk Drift	Beregnet Gevinst pr. Aar ved Indførelse af elektrisk Drift	Kulforbrug ved Dampdrift pr. Banekm	Forøgelse af Anlægsudgift pr. sparet Ton Kul
			Anlægsudgift	Aarlige Udgifter	Anlægsudgift	Aarlige Udgifter				
	km	ts	Kr.	Kr.	Kr.	Kr.	Kr.	Kr.	ts	Kr.
Hovedbaner:										
Stockholm—Göteborg	458	175 600	16 000 000	9 654 800	44 996 300	9 180 957	28 996 300	473 843	384	165
Järna og Katrineh.—Trälleborg . .	631	203 536	20 740 000	11 641 100	58 394 300	11 427 991	37 654 300	213 109	322	185
Stockholm—Bräcke	515	149 664	12 660 000	7 867 500	36 421 450	7 360 855	23 761 450	506 645	290	159
Göteborg—Malmö o. Helsingborg	327	86 112	9 000 000	4 879 600	25 013 005	4 716 460	16 013 005	163 140	264	186
Krylbo—Mjölby	253	59 536	5 040 000	3 065 600	15 812 635	2 947 793	10 772 635	117 807	236	181
Falköping R.—Nässjö	112	22 048	2 160 000	1 331 200	6 586 000	1 265 452	4 426 000	65 748	197	201
Laxå—Charlottenberg	206	35 432	3 300 000	2 097 700	11 106 355	2 038 571	7 806 355	59 129	172	222
Bräcke—Storlien	233	28 000	2 140 000	1 323 900	9 457 965	1 427 903	7 317 965	÷104 003	120	261
Bräcke—Boden	629	72 000	5 600 000	3 433 800	25 655 235	3 864 353	20 055 235	÷430 553	114	278
Göteborg—Strömstad	181	19 792	1 960 000	1 163 200	7 106 155	1 180 499	5 146 155	÷ 17 299	110	260
Kristinehamn—Mora—Orsa m. Sidebaner.	300	16 680	1 740 000	1 077 878	9 086 200	1 316 717	7 346 200	÷238 839	60	440

Tabel 11. De svenske Statsbaner. Sammenligning mellem Maskinafdelingens Udgifter ved Dampdrift og elektrisk Drift for den forventede Trafik i 1925.

Elektrificeringens Omfang	Kulforbrug ved Dampdrift ialt ts	Dampdrift		Elektrisk Drift		Forøgelsen af Anlægsudgifterne ved Indførelse af elektrisk Drift Kr.	Beregnet aarlig Gevinst ved Indførelse af elektrisk Drift Kr.	Gevinst i % af Forøgelsen af Anlægsudgifterne
		Anlægsudgift Kr.	Aarlige Udgifter Kr.	Anlægsudgift Kr.	Aarlige Udgifter Kr.			
I. Prisniveau 1913.								
Alternativ a)	954 864	87 555 000	51 842 003	279 180 205	51 209 895	191 625 205	632 108	0,33
— b)	771 904	71 593 000	42 099 475	209 091 910	40 507 696	137 498 910	1 591 779	1,16
— c)	175 600	16 000 000	9 654 800	44 996 300	9 180 927	28 996 300	473 873	1,63
II. Kulpris 50 Kr. pr. t.								
Alternativ a)	954 864	148 843 500	102 364 950	474 606 350	85 405 350	325 762 850	16 959 600	5,21
— b)	771 904	121 708 100	83 230 500	355 456 250	67 466 550	233 748 150	15 763 950	6,74
— c)	175 600	27 200 000	18 981 350	76 493 700	15 259 700	49 293 700	3 721 650	7,55
III. Kulpris 100 Kr. pr. t.								
Alternativ a)	954 864	175 110 000	159 747 250	558 360 400	102 419 750	383 250 400	57 327 500	14,96
— b)	771 904	143 186 000	129 702 550	418 183 800	81 015 400	274 997 800	48 687 150	17,70
— c)	175 600	32 000 000	29 561 600	89 992 600	18 361 850	57 992 600	11 169 750	19,31
IV. Kulpris 150 Kr. pr. t.								
Alternativ a)	954 864	201 376 500	217 129 600	642 114 450	119 434 150	440 737 950	97 695 450	22,17
— b)	771 904	164 663 900	176 174 600	480 911 400	94 564 300	316 247 500	81 610 300	25,81
— c)	175 600	36 800 000	40 141 850	103 491 500	21 464 150	66 691 500	18 677 700	28,01

a) Elektrificering af hele Statsbanenættet med Undtagelse af Strækningen Svartön—Riksgränsen, hvis Elektrificering allerede er vedtaget og delvis udført.

b) Elektrificering af hele Statsbanenættet Syd for Östersund og Långsele med Undtagelse af Strækningerne Göteborg—Strömstad, Laxå—Charlottenberg og Kristinehamn—Mora—Orsa.

c) Elektrificering af Strækningen Stockholm—Göteborg.

Udgifterne til Elektrificering (ekskl. Kraftstation) findes opført i Tabellen. Ved Beregningen af dem er gaaet ud dels fra Priserne i 1913, dels fra Prisniveauer, der er 70, 100 og 130 pCt. højere og hertil svarende Kulpriser paa 50, 100 og 150 Kr. pr. t. Strømprisen er i 1913 sat til 2 Øre og for de andre Prisniveauer til 3, 4 og 5 Øre pr. KWT., maalt ved Kraftstationen. Renter er beregnede til 5 pCt.

De Beregninger, der ligger til Grund for Tabel 11, er udført under Forudsætning af, at de elektriske Lokomotiver direkte skal erstatte de tidligere Damplokomotiver. Der er regnet med samme Hastigheder og Køretider som ved Dampkraft. Antallet af elektriske Lokomotiver er sat lige saa stort som Antallet af Damplokomotiver, og Udgifterne til Togpersonale er regnet ens, skønt nogen Reduktion sikkert kan foretages paa begge Punkter, fordi Opholdene til Indtagning af Kul og Vand og til Lokomotivskifte kan falde bort.

Den i Tabellen opførte Forøgelse af Anlægsudgifterne ved Indførelse af elektrisk Drift omfatter foruden Udgifterne til Transformatorstationer og Ledninger ligeledes den forøgede Udgift til elektriske Lokomotiver samt Udgifterne til Flytning af Svagstrømsledninger.

Prisen for elektriske Lokomotiver er sat højere end Prisen for Damplokomotiver. Imidlertid vil dette Forhold sandsynligvis forandres, naar den elektriske Drift bliver mere almindelig. Pr. kg vil de elektriske Lokomotiver sikkert altid være dyrere end Damplokomotiver, men allerede nu kan de udføres betydelig lettere pr. HK. end Damplokomotiver.

Den besparede Kulmængde udgør pr. Aar efter Tabellen dels i alt og dels i pCt. af Forbruget efter Alternativ a):

	ts pr. Aar	i pCt.
Alternativ a)	955 000	100
— b)	772 000	80,8
— c)	176 000	18,4

Forøgelsen i Anlægsudgift svarer efter Tabel 11 pr. t Kul, der bruges om Aaret til:

Alternativ a)	201 Kr.
— b)	178 —
— c)	165 —

Hvis Anlægget kunde udføres for Priserne fra 1913, skulde hele den forøgede Anlægsudgift kunne amortiseres paa et eneste Aar med Trafikken i 1925, der er lagt til Grund for alle Beregningerne, hvis Kulprisen var henholdsvis 201, 178 og 165 Kr. højere end Kulprisen i 1913. En Forøgelse af Kulprisen med 10 Kr, pr. t tillader en Forøgelse af Anlægsudgifterne af henholdsvis 5, 5,6 og 6,1 pCt.

Kulprisen har saaledes en meget stor Indflydelse paa det økonomiske Resultat, hvilket ogsaa vil kunne ses af Tabel 11. Under de normale Forhold før Krigen var de økonomiske Fordele ved den elektriske Drift kun smaa, men med høje Kulpriser, som de senere Aar har været Vidne til, vokser de stærkt.

Den ringe Fordel under normale Forhold forklarer, hvorfor det varede saa længe, inden Elektrificering af længere Banestrækninger blev udført. De første Elektrificeringer omfattede nemlig kun kortere Tunnelstrækninger, Lokalbaner mm. Det var egentlig først, da man opdagede, at der ved elektrisk Drift kunde opnaas ogsaa en Del meget vigtige jernbanetekniske Fordele, som det ikke var muligt at faa ved Dampkraft, at Elektrificeringen af længere Banestykker blev paabegyndt.

Den svenske Bane Kiruna—Riksgränsen blev i alt væsentligt elektrificeret, fordi man derved kunde hæve dens Trafikevne i tilstrækkelig Grad uden at lægge Dobbeltspor eller bygge nye Mellemstationer, Ved Dampkraft befordredes paa den en Togvægt af 1300 ts, ekskl. Lokomotiv, ved elektrisk Drift har man kunnet forøge Togvægten til 1850 ts. Middelhastigheden paa Banen er ved Overgang til elektrisk Drift bleven forøget fra 25 til 38 km pr. Time, altsaa med 52 pCt., fordi man uden Vanskelighed kan bygge de elektriske Lokomotiver stærke nok hertil. Middelhastigheden mellem Kiruna og Riksgränsen er endda, naar Ophold paa Stationerne medregnes, forøget med 66 pCt. Denne yderligere Forøgelse af Hastigheden med 14 pCt. i Forhold til Hastigheden ved Dampkraft er opnaaet ved, at Opholdene til Indfyldning af Kul og Vand samt til Lokomotivskifte i Abisko falder bort. Transportevnen er saaledes paa Grund af de forøgede Togvægte og Hastigheder mere end fordoblet, og Udgifterne til Togpersonale er efter Statistikken formindsket med 39 pCt.

Hvis disse Forhold medtages i Beregningerne, vil disse vise, at den elektriske Drift bedre kan konkurrere med Dampdrift, selv under normale Forhold og Priser. Erfaringerne fra Amerika viser, at den elektriske Drifts Økonomi forbedres saa meget herved, at selv Ligestrøms Baner med Held kan konkurrere med Dampdrift.

Paa de ovenfor omtalte Baner Butte—Anaconda og Avery—Harlowtown er saaledes baade Togvægte og Hastigheder blevet forøgede. Strækningen Avery—Harlowtown er 700 km lang, og paa dette Stykke skiftedes Damplokomotiv fire Gange, medens de elektriske Lokomotiver løber hele Strækningen igennem. Iltogene bruger nu 15 Timer, skønt der findes lange Stigninger paa indtil 20 $^0/_{00}$, mod tidligere 22 Timer. Togpersonale skiftes nu midt paa Strækningen, tidligere hver Gang der blev skiftet Lokomotiv.

Om man med Fordel kan anvende elektrisk Drift frem for Dampdrift afhænger nu i første Række af, hvor store Lokomotiver man i Fremtiden vil faa Brug for.

Hvis vi regner, at Vognenes Lasteevne og Krydsningssporenes Længde beholdes som nu, faar vi følgende Togvægte. Læssede almindelige Godstog og Iltog har i Middel en Vægt af ca. 2,5 ts pr. m af Længden (de svenske Malmtog 7,4 ts pr. m). Stationernes Maksimallængde er nu ca. 600 m, og man kan da regne med en Længde af Godstogene paa 540 m, hvortil svarer en Togvægt af 1350 ts ekskl. Lokomotivvægten. Iltog bør regnes til 15 Boggievogne med en Længde paa 315 m og en Vægt paa 790 ts ekskl. Lokomotivvægten. Med automatisk Bremse bør Hastigheden paa 10 $^{0}/_{00}$ Stigning for Godstog kunne sættes til højst 50 og for Iltog til højst 75 km. Pr. t Togvægt kræves da for Godstog 2,78 og for Iltog 5 HK.

De nyeste svenske Malmtogslokomotiver vejer 50 kg pr. HK. Paa Lötschbergbanen er Vægten ca. 43 kg pr. HK.; man kan derfor regne, at Vægten ikke bliver højere end 50 kg pr. HK. og anvendes dette Tal i ovenstaaende Eksempel, finder man, at Godstoget kræver et Lokomotiv paa 4350 HK., og hele Vægten af Godstoget bliver ca. 1570 ts. Til Iltoget kræves et Lokomotiv, der skal kunne udvikle 5270 HK., og hele Vægten af Iltoget bliver ca. 1050 ts.

Men saa kraftige Lokomotiver kan kun udføres som elekriske Lokomotiver. De største svenske Damplokomotiver i Øjeblikket er paa ca. 900 HK. og de største amerikanske Malletlokomotiver udvikler kun ca. 1300 HK. paa længere Stigninger med største Trækkraft.

Damplokomotivernes Vægt pr. HK. er mindst dobbelt saa stor som de elektriske Lokomotivers. For de Damplokomotiver, der skal trække det omtalte Iltog, maa regnes med 100 kg pr. HK. Ved Anvendelsen af Damplokomotiv til et saadant Tog bliver da det nødvendige Antal HK. 7900, og Vægten af de Lokomotiver, der kræves, bliver lige saa stor som selve Togvægten. Heraf fremgaar med al Tydelighed Betydningen af, at elektriske Lokomotiver kan bygges med mindre Vægt pr. HK. end Damplokomotiver.

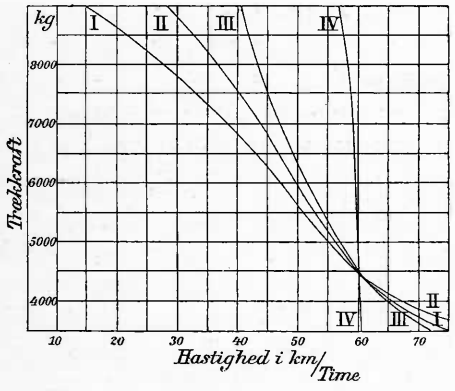
Hvis største Hastighed for Godstog sættes til 75 og for Iltog til 100 km i Timen, bør Middelhastigheden for gennemgaaende Tog paa længere Strækninger kunne sættes til 60 km i Timen for Godstog og 85 km i Timen for Iltog. For Iltog, der trækkes af Damplokomotiv, kan Middelhastigheden næppe regnes til mere end 55 à 56 km i Timen. Den højere Middelhastighed ved elektrisk Drift er selvfølgelig af stor Betydning for Trafikken.

Den ovenfor angivne Strømpris paa 2 Øre pr. KWT. svarer omtrent til den Udgift, for hvilken en dampdreven svensk Kraftstation i 1913 skulde have kunnet fremstille den til elektrisk Jernbanedrift nødvendige Strøm; Kulforbruget hertil vilde kun havde været halvt saa stort som den Mængde Kul, der medgik til direkte Fyring i Lokomotiv. Selv om man saaledes ikke har Vandkraft til Raadighed vil Overgang til elektrisk Jernbanedrift betyde en meget stor Kulbesparelse. (Den danske Kommission af 1911 fandt, at man her i Landet ikke paa det daværende Tidspunkt kunde regne med en saa lav Elektricitetspris).

Ved elektrisk Jernbanedrift med Vandkraft bortfalder Udgifterne til Brænd-

sel, og Udgifterne til Personale bliver mindre. Derved formindskes Jernbanernes variable Udgifter, og Taksterne behøver ikke at variere saa meget som ved Dampdrift. For Industrien er det selvfølgelig af Betydning, at der spares paa det disponible Brændsel, saa den kan faa Raadighed over saa meget mere.

I det følgende skal der derpaa gives nogle nærmere Oplysninger til Sammenligning mellem Dampdrift og elektrisk Drift.[1])



I. Dampmaskine.
II. Enfaset Seriemotor.
III. Jævnstrøms Seriemotor.
IV. Trefaset Induktionsmotor.

Fig. 15. Mekanisk Karakteristik for forskellige Motorer med samme normale Trækkraft og Hastighed 4500 kg og 60 km/Time.

Det elektriske Lokomotiv har som tidligere omtalt langt større Transportevne end et tilsvarende Damplokomotiv, det kan udvikle en betydelig større Hastighed, ligesom det accellererer meget hurtigere end Damplokomotivet, saa det saavel til Godstransport, til Hurtigtogstrafik og til Lokalbaner er dette betydelig overlegent.

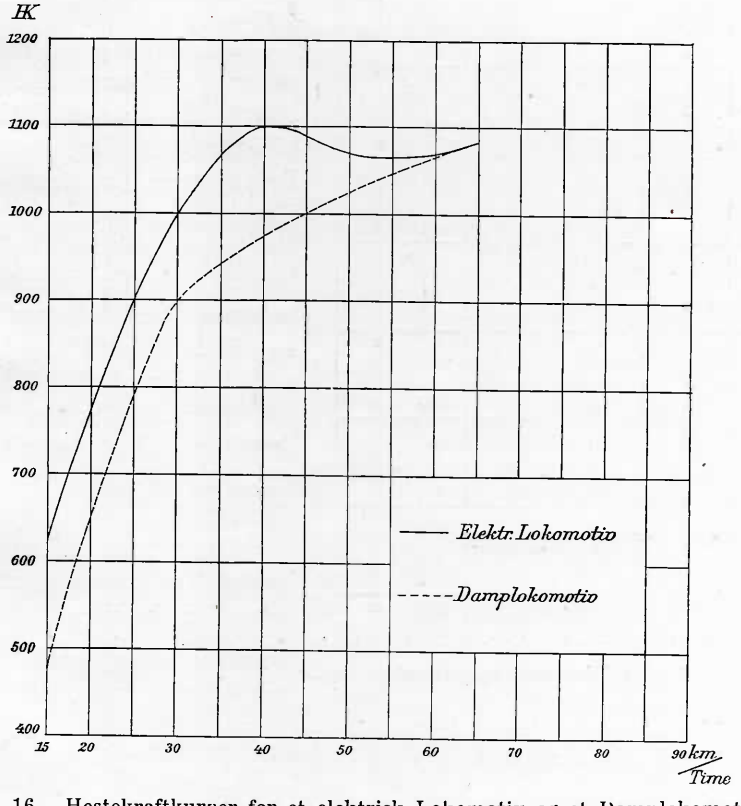


Fig. 16. Hestekraftkurver for et elektrisk Lokomotiv og et Damplokomotiv med samme Effekt ved en Hastighed paa 60 km/Time.

[1]) Grimnes: Elektriske Jernbaner. Teknisk Ukeblad 1921, S. 419.

For at illustrere dette skal anføres Resultatet af nogle Beregninger for et elektrisk Enfaselokomotiv og et Damplokomotiv, der begge udvikler samme Trækkraft — 4500 kg — ved en Maksimalhastighed af 60 km i Timen. Af Fig. 15 vil man se, at Trækkraften stiger raskere for en elektrisk Enfasemotor end for en Dampmaskine ved aftagende Hastighed. Forholdet bliver imidlertid tydeligere, hvis man beregner den udviklede Effekt i HK. ved de forskellige Hastigheder og stiller dette op grafisk som i Fig. 16. Naar undtages det Punkt, hvor Trækkraften forudsættes ens, ligger det elektriske Lokomotivs Effektkurve højere end Damplokomotivets, saaledes at det først ved 35 km's Hastighed udvikler samme Antal HK. som ved 65 km, mens Damplokomotivets Kurve er stadig synkende. Saalænge de to Tog bevæger sig paa vandret Bane, vil de efter Forudsætningen kunne trække lige meget. Saasnart Toget kommer ind paa en Stigning, vil Effekten for Damplokomotivet være lavere end for det elektriske, idet Hastigheden reduceres og dette Forhold holder sig ved alle Hastigheder og altsaa ogsaa paa alle Stigninger.

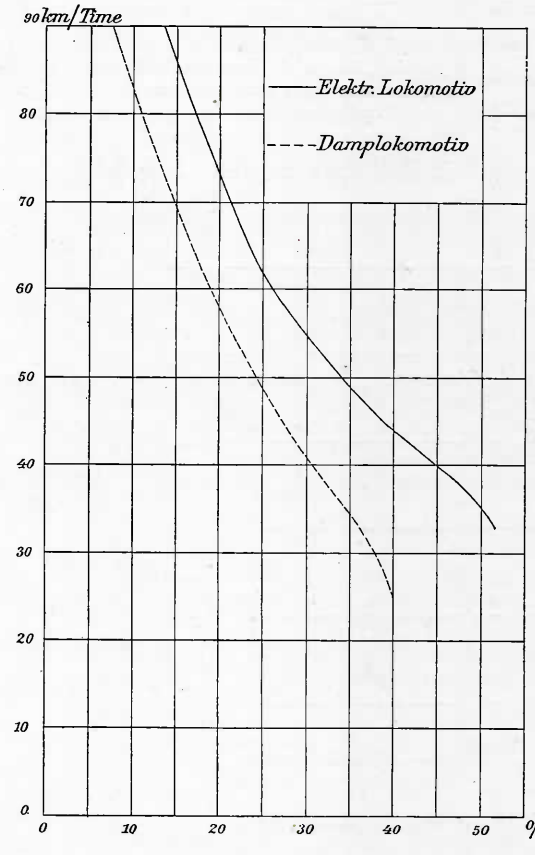


Fig. 17. Hastighedskarakteristik for et elektrisk Lokomotiv og et Damplokomotiv med tilkoblet Togvægt 100 ts.

Det elektriske Lokomotivs Vægt 50 ts, Damplokomotivets 90 ts, Adhæsionsvægt 50 ts.

Det elektriske Lokomotiv kan saaledes trække tungere Tog end Damplokomotivet op ad Stigningerne.

Imidlertid vil dets Transportevne ogsaa paa vandret Bane være større, idet kun en Del af Damplokomotivets Vægt overføres paa Drivhjulene, medens det ingen Vanskelighed volder at nyttiggøre Vægten af hele det elektriske Lokomotiv til Trækkraft. Har saaledes et Damplokomotiv en Vægt paa 90 ts, hvoraf kun f. Eks. 46 ts. er Adhæsionsvægt, er det klart, at det vil kunne trække et langt mindre Tog end et elektrisk Lokomotiv, hvis hele Vægt 90 ts er Adhæsionsvægt.

Tager man nu en bestemt tilkoblet Togvægt f. Eks. 100 ts, og beregner, hvilke Hastigheder et Damplokomotiv og et elektrisk Lokomotiv med samme Adhæsionsvægt vil kunne give dette paa forskellige Stigninger, vil man faa de to Hastighedskurver, der er vist i Fig. 17, idet Forudsætningen er, at de to Tog løber med lige stor Maksimalhastighed — 90 km i Timen — paa vandret retlinet Bane. Paa en Stigning

paa 20 $^0/_{00}$ (Bergensbanen) vil det elektriske Tog kunne løbe ca. 73 km i Timen, mens Damptoget kun kan opnaa 58 km i Timen. Yderligere vil man se af Kurverne, at i det nævnte Eksempel vil Damplokomotivet ikke kunne overvinde større Stigning end 38 $^0/_{00}$, mens det elektriske Lokomotiv endnu vil kunne gaa op ad 50 $^0/_{00}$ Stigning.

I Fig. 18 er fremstillet Forholdet mellem Accellerationen for et elektrisk Lokomotiv og et Damplokomotiv, idet det er forudsat, at der er 2 km mellem Stationerne. Det elektriske Lokomotiv faar sin maksimale Hastighed 45 km i Timen efter 40 Sek. Forløb, hvorefter man kan køre med denne Hastighed i 120 Sek., før Bremsningen begynder, mens Damplokomotivet kun kan bruge sin Maksimalhastighed i 40 Sek., fordi det tager 180 Sek. at opnaa denne. Køretiden bliver henholdsvis 200 og 250 Sek., altsaa næsten et Minuts Forskel paa 2 km Banelængde. Af Sammenligningen fremgaar det desuden, at der med den korte Afstand mellem Stationerne for Damplokomotivet ikke vindes noget af Betydning ved en større Maksimalhastighed, da Accellerationen tager saa lang Tid, mens der ved elektrisk Drift med stor Fordel kan anvendes langt mere hurtigtgaaende Maskiner.

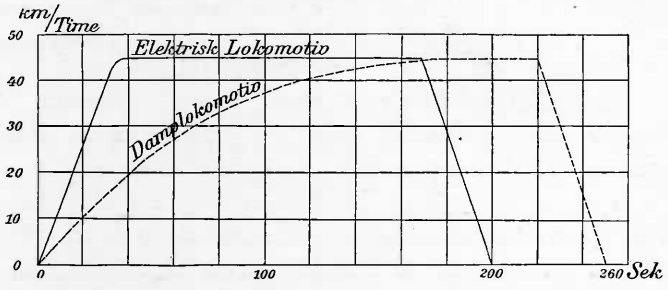


Fig. 18. Accelleration for elektrisk Lokomotiv og Damplokomotiv.

Af det foregaaende vil fremgaa, 1) at det elektriske Lokomotiv er Damplokomotivet overlegent til Godstransport, da det kan trække tungere Tog, 2) at det paa Grund af den større Hastighed, det kan meddele Togene, egner sig bedre til Hurtigtogstrafik og 3) at det til Lokaltrafik er særlig egnet, fordi man kan køre hurtigere og med større Tog og desuden paa Grnnd af den kortere Køretid kan faa afsendt flere Tog i samme Tidsrum.

Med Hensyn til den elektriske Banedrifts Økonomi angives det, at paa Baner med jævn og stærk Trafik, den elektriske Drift altid vil være Dampdriften økonomisk overlegen, mens paa Baner med mindre og især ujævn Trafik Forholdet vil være omvendt. Det er i alle Tilfælde givet, at Anlæget af en elektrisk Bane bliver dyrere end en Dampbane paa samme Tracé, idet alle Udgifter til det elektriske Udstyr maa lægges til, saaledes som ovenfor omtalt for de svenske Statsbaner, men paa Grund af den elektriske Banedrifts Overlegenhed, kan en elektrisk Bane bygges lettere, med stærkere Stigninger og skarpere Kurver end en Dampbane, uden at dens Transportevne derved forringes, saa man paa Anlægskontoen kan spare et Beløb, som maaske i mange Tilfælde opvejer Merudgiften til det elektriske Udstyr. Der findes saaledes Baner, der er byggede elektrisk netop for at faa dem til at svare sig økonomisk selv med ringe Trafik. Som Eksempel herpaa kan nævnes Valtellinabanen i Norditalien, der oprindelig blev drevet med Damp men blev ombygget til elektrisk Drift for at hjælpe paa en daarlig Økonomi.

Der findes meget faa offentlig bekendte Resultater af en Banes Økonomi ved Overgang fra Dampdrift til elektrisk Drift. For Kristiania—Drammens Banen var før Krigen beregnet, at den elektriske Drift med en Kulpris af 25 Kr. pr. Ton vilde vise en aarlig Mindreudgift i Sammenligning med Dampdriften paa 280 000 Kr., naar alt var fuldt udbygget. Der er da regnet med 5 % Renter af Anlægskapitalen, og den elektriske Energi var beregnet at komme paa ca. 4 Øre pr. KWT leveret ved Lokomotivets Strømaftager. Der maa hertil bemærkes, at Drammensbanen er beregnet for en ret stor Trafik, hvoraf især Lokaltrafikken til Sandviken tynger stærkt paa Dampdriftens Økonomi, mens paa den anden Side den forholdsvis lille Maksimalstigning 14 ‰ er heldig for Dampdriften.

Med Hensyn til Kraftforbruget ved forskellige Stigninger for de to Driftsmaader angives det, at paa 20 ‰ Stigning er Kraftforbruget paa en Dampbane ca. 11 % og paa 40 ‰ Stigning 34 % større end paa en elektrisk Bane.

Ved at anlægge en Bane med stærkere Stigninger kan man som ovenfor nævnt formindske Anlægsudgifterne, mens Driftsudgifterne selvfølgelig forøges, saa det i hvert enkelt Tilfælde bliver nødvendigt at anstille Beregninger over, hvor langt man bør gaa, og hvorvidt den elektriske Drift vil være lønnende i Forhold til Dampdriften.

2. **De elektriske Banesystemer.**

a. Jævnstrømsbaner.

Jævnstrømsbanerne er de ældste elektriske Baner. Spændingen er fra 400—800 Volt. De har især været anvendt som Sporveje i Byerne og som Forstadsbaner, men der findes ogsaa længere Baner af denne Art som f. Eks. Berninabanen (61 km), Montreux—Zweisimmen (76 km) i Schweiz og Milano—Varese (60 km) i Italien.

Anvendelse af denne Baneart paa længere Strækninger er kun mulig, naar man fører Strømmen langs Banen som højspændt Vekselstrøm og omformer den i særlige Stationer langs Banen. Da Spændingen i Kontakttraaden er forholdsvis lav, maa disse Omformerstationer lægges forholdsvis tæt. Energien tilføres til Banen enten ved Luftledning over Sporene (Berninabanen) eller ved Hjælp af en tredie Skinne oplagt isoleret ved Siden af Sporene (Milano—Varese).

b. Trefasede Vekselstrømsbaner.

Disse drives med trefaset Vekselstrøm, der tilføres Lokomotivet ved to Kontakttraade, der fører Strøm af 3000—8000 Volt Spænding med fra 15—50 Perioder. Strømmen tilføres Banerne som trefaset Vekselstrøm af højere Spænding, der nedtransformeres i Transformatorstationer langs Linien. Paa Grund af den høje Kontaktledningsspænding kan Transformatorstationerne lægges med stor indbyrdes Afstand. Systemet anvendes paa Simplonbanen, Brieg-Sion, Burgdorf-Thun og Engelbergbanen i Schweiz og paa de italienske Statsbaner. Fordelen er, at man direkte kan bruge den trefasede Vekselstrøm,

som er den mest anvendte i Industrien og til den almindelige Elektricitetsforsyning. En Ulempe er den dobbelte Kontaktledning med de vanskelige Skiftekonstruktioner i Luften. Desuden er Hastighedsreguleringen for Motorerne stærkt begrænset, hvis man ikke vil anvende komplicerede Konstruktioner, og dette er uheldigt af Hensyn til Indhentning af Forsinkelser.

c. Enfasede Vekselstrømsbaner.

Disse bruger enfaset Vekselstrøm med høj Spænding 10 000—15 000 Volt med lav Frekvens, fra 15—25 Perioder. Strømmen tilføres Banerne enten som enfaset Vekselstrøm af indtil 80 000 Volt Spænding (Riksgränsbanen i det nordlige Sverige) eller ogsaa som trefaset Vekselstrøm af høj Spænding med fra 40—50 Perioder (Rhätiske Bane i Schweiz). Transformatorstationerne behøver ikke at ligge nærmere ved hverandre end omkring 50 km.

Af Hensyn til Samarbejdet med den almindelige Elektricitetsforsyning bruger man ved alle Nyanlæg i Schweiz en Frekvens af $16^2/_3$ for at kunne direkte omforme den 50 Perioders trefasede Vekselstrøm.

En stor Vanskelighed ved den enfasede elektriske Drift er den forstyrrende Indflydelse, det højspændte Ledningsnæt har paa Telegraf- og Telefonledningerne. Det er nødvendigt at gaa til kostbare Forholdsregler for at gøre Telegrafering og Telefonering mulig langs en Jernbane, som drives med enfaset Vekselstrøm [1]). Systemet anvendes i Schweiz, Sverige, Tyskland, Norge o. s. v.

d. Elektriske Baner med højspændt Jævnstrøm.

For at undgaa de mange Omformerstationer, som man maa have paa en almindelig Jævnstrømsbane, men for alligevel at kunne bruge Jævnstrømsmotoren med dens udmærkede Egenskaber, har man i U. S. A. begyndt at anvende Lokomotivmotorer med en Driftspænding paa 3000 Volt. Systemet er anvendt paa Jernbanen over Rocky—Mountains mellem Avery og Harlowtown paa ca. 700 km. Der er lange Stigninger paa 20 $^0/_{00}$, og Banen fører op i meget stor Højde. Kraften tilføres som trefaset Vekselstrøm af 100 000 Volts Spænding og nedtransformeres og omformes i Stationer langs Linien med indbyrdes Afstand af ca. 40 km.

I Frankrig har man tænkt at anvende dette System, dog vistnok med en Spænding af kun 1500 Volt. Man begrunder Anvendelsen af Jævnstrøm bl. a. med, at denne ingen uheldig Indflydelse har paa Svagstrømsanlægene langs Linien saaledes som den enfasede Vekselstrøm.

Ved elektrisk Banedrift er der selvfølgelig en Mulighed for at genvinde Energi ved Kørsel ned ad Bakke ved at lade Motoren løbe som Generator, men det har vist sig, at Fordelen herved er saa ringe, at det i Almindelighed ikke lønner sig.

---

[1]) I Schweiz har man paa Gotthardbanen lagt alle Svagstrømsledninger langs Banen i Kabel, og det samme er gjort paa en Del af Lötschbergbanen, medens man paa Resten af denne har fjærnet Svagstrømsledningerne ca. 100 m fra Linien, og begge disse Metoder har vist sig brugbare.

§ 8. Særlige Driftssystemer.

Af særlige Driftssystemer skal omtales *Kabelbaner*, der især er benyttet ved Sporveje paa stærke Stigninger: Kablet løber som et Tov uden Ende over Ruller i en Kanal mellem Skinnerne og under Gadens Overflade; om Kablet griber Kløer, der sidder paa Vognene, og Tovet sættes i Bevægelse af en faststaaende Motor.

Ildløse Lokomotiver er baserede paa, at en under højt Tryk opvarmet Vandmasse udvikler Damp, naar Trykket efterhaanden sættes ned, og denne Damp anvendes til Driften.

I Frankrig og Schweiz har man drevet en Del Sporveje ved *Trykluft* opsamlet i Staalbeholdere under et Tryk paa 60—80 Atm.; fra Staalbeholderne fødes Motorvognenes Luftbeholdere, hvorfra Luften ledes ind i Arbejdscylindrene.

Gasmotorvogne er blevet anvendt især paa Sporveje, idet man som Drivkraft har benyttet en Blanding af enten Lysgas eller Petroleum- eller Benzindamp og atmosfærisk Luft, der ved en Række paa hinanden følgende Eksplosioner sætter Motoren i Bevægelse.

Ved Anvendelse af Motorvogne har man paa enkelte Baner søgt at faa tættere Togfølge, at formindske Driftsudgifterne og forøge Trafik og Indtægter. Erfaringerne er paa dette Punkt endnu meget faa, og de Forsøg, der hidtil er gjort paa at anvende Motorvogne paa Jernbaner er ikke altid faldet heldigt ud.

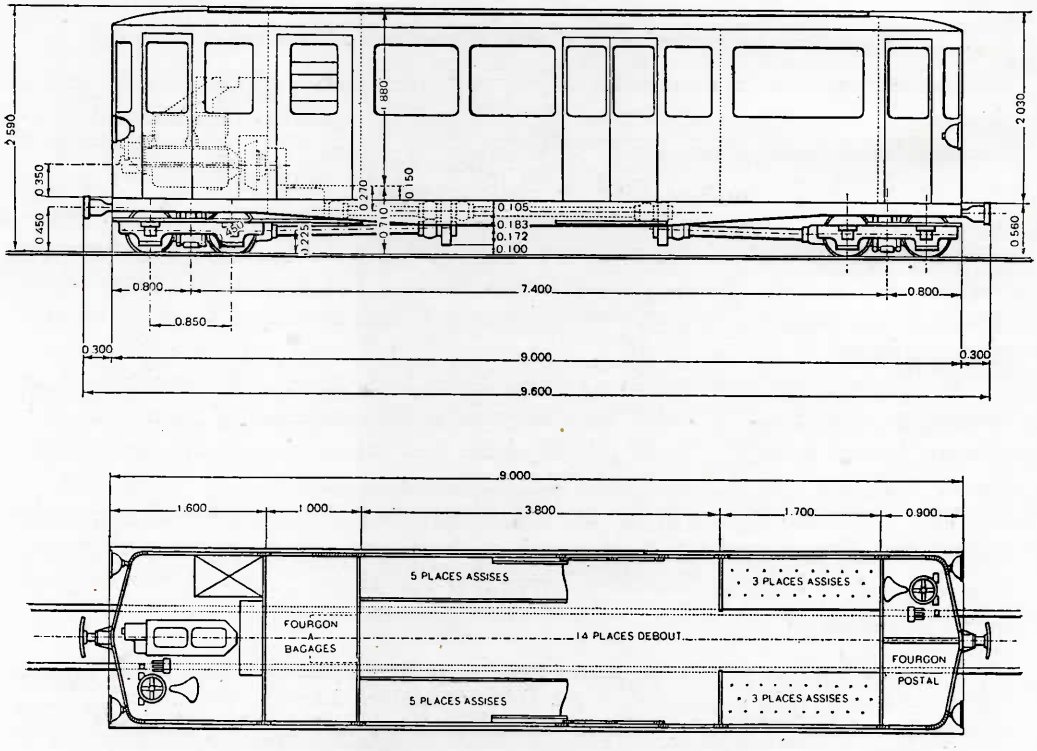


Fig. 19. Motorvogn til 30 Rejsende, med særligt Post- og Bagagerum (Renault).
60 cm Sporvidde.

§ 9. Transport paa Veje og Gader.

1. Almindelige Vogne.

Ved at anvende Vogne til Transport opnaar man, at Trækkraften kun skal overvinde Bevægelsesmodstande, hvis Størrelse er en Brøkdel af Læsset. Transporten foregaar desto lettere, jo mindre Modstanden er, d. v. s. jo bedre Vejen er, og jo mere hensigtsmæssigt Vognene er byggede.

Ved Slæder hidrører Modstanden mod Bevægelsen kun fra den glidende Friktion, medens Forholdene er mere komplicerede ved Køretøjer paa Hjul, hvor der skal overvindes en glidende Friktion i Navene og en rullende Friktion ved Hjulenes Omkreds. For Vejenes Anlæg og Vedligeholdelse har nu især Automobilerne Betydning.

En firehjulet Arbejdsvogn bestaar af en Underdel og en Overdel, Underdelen igen af en Bagvogn og en Forvogn. Forhjulene med deres Aksel og Forstillingen, hvorpaa Vognkassen hviler, kan ved underløbne Vogne drejes helt ind under Vognbunden gennem en Vinkel paa 90 ° eller mere til begge Sider. Forhjulene maa derfor være mindre end Baghjulene (Arbejdsvogne), eller Vognbunden maa lægges højere ved den forreste end ved den bageste Aksel (Vogne til Personbefordring).

Paa Landet anvendes ofte stive Vogne, d. v. s. Vogne uden Fjedre, hvis Kasse hviler direkte paa Bagakslen, og som Regel ikke er underløbne, da dette vilde kræve for smaa Forhjul; derved begrænses den forreste Aksels Drejning, ved at Forhjulene støder mod Vognkassens Sider, men Drejeligheden er dog stor nok, til at en saadan Vogn fra en 5–6 m bred Vej kan svinge ind over en 2,5 m bred Overkørsel over Vejgrøften.

Hjulene sidder løse paa Akslen, saa de to Hjul paa samme Aksel kan dreje sig uafhængigt af hinanden om deres Aksel. Hjulene er som Regel af Træ og bestaar af et Nav, Eger og Fælg eller Hjulkrans. Den bageste Aksel er fæstet stivt til Vognen, saa den ikke kan drejes, medens Forakslen er drejelig om en lodret Tap. En almindelig Vogn kan derfor gennemløbe Kurver med ganske lille Radius, hvis mindste Værdi er lig Akselafstanden 2—3 m. Navet er den midterste Del af Hjulet og den Del, der stikkes paa Akslen; det er udforet med en Metalbøsning. I Navet er Egerne indsat, som Regel med »Styrt«, saa de danner en flad Kegleflade, hvis cirkulære Ledelinie ligger i Fælgen, og hvis halve Toppunktsvinkel mindst er ca. 83 °. Som Regel har alle Egerne Styrt paa denne Maade, undertiden kun en Del af dem, medens de andre staar modsat. I et saadant Hjul med Styrt vil Akslens Reaktion søge at trykke Egekeglens Toppunkt ned, saa Styrtningen i og for sig giver Hjulet en vis Stivhed. Denne tør man dog ikke stole paa ved Blokvogne til meget tungt Læs. Det er da disses Hjul, der bygges uden Styrtning, og Stivheden tilvejebringes ved at Egerne som her omtalt stilles skiftevis efter to Kegleflader, der vender Toppunkterne bort fra hinanden. I enkelte Tilfælde staar ogsaa alle Eger vinkelret paa Navets Akse. Fælgen, hvori den anden Ende af Egerne er tappede, er sammensat af Fælgstykker. Imellem to og to Fælgstykker er indsat en Trænagle, og omkring Hjulet er i rødvarm Tilstand

lagt en cylindrisk Hjulring af Jern, der derpaa er gjort fast med Søm eller Skruer med forsænkede Hoveder.

Akslen, der udføres af Smedejern eller Staal, bestaar af et Midtestykke og to lidt koniske Akseltapper. Akseltapperne er svagt kegleformede, og deres Akse er baade bøjet nedad og fremad. Akseltappens Kegleform, Akseltappens Bøjning nedad og fremad samt Egernes Styrt skal modvirke de skadelige Virkninger af Ujævnheder i Kørebanens Overflade og give Hjulene Sidestivhed og Modstandsevne mod Stød; ved Styrtningen opnaas desuden, at Hjulet trykkes lidt ind imod Midten af Vognen, det løber derfor ikke saa let af Akslen og kan slides ret betydeligt i Bøsningen uden at komme til at slaa under Kørslen; da Akslens Tapper og Hjulnavets Bøsninger er lidt koniske, og da Brystet paa Tappen slides sammen med Bøsningen, vil denne efterhaanden føres længere ind paa Tappen og slutte om den trods Sliddet; af mere underordnet Betydning er det, at der ved Styrtningen gives mere Plads til Vognkassen, og at Snavset slynges ud til Siden. Jo jævnere og glattere Vejen bliver, desto mere taber disse Foranstaltninger i Betydning. Personvogne i Byerne mangler saaledes ofte Styrt, og Hjulenes Forskydelighed paa Akslerne og Akseltappernes Nedadbøjning er mindre paa dem end paa Arbejdsvogne.

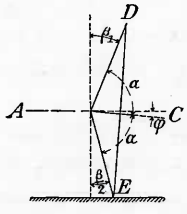


Fig. 20.

Sammenhængen mellem Akseltappernes Nedadbøjning og Hjulenes Styrt vil fremgaa af Fig. 20. AC er en Aksel med Akseltap, φ den Vinkel, denne er bøjet nedad, α Egekeglens halve Toppunktsvinkel, Egernes Vinkel i øverste og nederste Stilling med en lodret Linie β_1 og β_2; man har da:

$$\beta_1 + \alpha - \varphi = 90^0 = \beta_2 + \alpha + \varphi$$

hvoraf

$$\beta_1 - \beta_2 = 2\varphi \quad \text{og} \quad \beta_2 + \varphi = 90^0 - \alpha$$

Tapperne ender skrueskaarne, og Hjulene fastholdes paa Akslerne af Møttrikker, paa højre Side med Højregevind, paa venstre Side med Venstregevind, saa de skrues fast med samme Omdrejningsretning, som Hjulene har, naar Vognen kører fremad.

Bøsningen har udvendige Fjedre eller fremstaaende Kamme, der forhindrer, at den drejes rundt i Navet og slider paa Træet. Paa ældre Vogne er Bøsningen aaben, d. v. s. den lukkes kun med løse Slutringe, saa man maa bruge stiv Smørelse og smøre ofte, da Smørelsen let blandes med Landevejsstøv. Paa nye Vogne med Patentaksler lukkes Bøsningen mod Akslen ved en Læderpakning, der fastholdes af en ringformet Fjeder paa Bøsningen, som griber ind i en tilsvarende Not i Tappens Bryst, medens Tætheden ved Tappens frie Ende tilvejebringes ved en konisk Møttrik, der passer i en konisk udboret Slutring, som fastskrues inden i Bøsningen. Over Enden af denne skrues en Metalkapsel. Pakningen kan baade holde paa Smørelsen og forhindre, at den blandes med Snavs.

Den passende Størrelse for Hjuldiameteren maa bestemmes erfaringsmæssigt, da man ved Regning og ved Forsøg over Bevægelsesmodstanden kun i Almindelighed kan bevise Nytten af store Hjul. Mod meget store Hjul taler,

at deres Egenvægt bliver stor, at de formindsker Vognens Stabilitet og ved den sædvanlige Vognkonstruktion gør Højden op til Vognbunden stor. Erfaringen viser desuden, at det maa anbefales at gøre en Vogns Forhjul mindre end Baghjulene for at give Forvognen større Bevægelighed og for at faa en gunstig Retning af Trækket.

Umpfenbach angiver, at den fordelagtigste Diameter for Hjulene skal være:

for 2-hjulede	Arbejdskarrer	1,73—1,88	m
- 4- —	Arbejdsvogne Forhjulene	1,02	-
- 4- —	— Baghjulene	1,26—1,31	-
- 2- —	hurtigkørende Vogne	1,26—1,41	-
- 4- —	— — Forhjulene	0,86—0,94	-
- 4- —	— — Baghjulene	1,26—1,41	-

Som Regel anvendes for Forhjulene en Diameter paa 0,8—1,1 m og for Baghjulene paa 1,25—1,50 m for almindelige Arbejdsfjedervogne. Blokvogne har ofte for alle fire Hjul en Diameter paa 0,6—0,8 m, for at man ikke skal løfte det tunge Læs for højt.

Paa almindelige Arbejdsvogne med ulige store Hjul lægges Midten af Vognkassen som Regel nærmest den bageste Aksel, saa Baghjulene faar den største Belastning.

Ved en Vogns Sporvidde forstaar man egentlig Afstanden mellem de indre Fælgkanter for to paa samme Aksel siddende Hjul, maalt i Vejens Overflade, for Hjulnavene liggende an imod Stødskiverne; men som Regel regner man med Afstanden fra Midte til Midte af Fælgene. En Vogns to Hjulpar faar som Regel samme Sporvidde, da Kørslen paa daarlige Veje derved bliver lettere. Paa mange Vogne i Byerne er Sporvidden paa Forhjulene dog mindre end paa Baghjulene, for at Forvognen kan blive lettere drejelig, uden at Vognkassen derved gøres mindre. Sporvidden er forskellig for forskellige Slags Vogne og er undertiden blevet fastsat ved Lov.

I Danmark er den meget ofte 4′ 4″, i England som Regel 4′ 4½″, men for Arbejdsvogne med brede Fælge 5′ 10″, for andre Arbejdsvogne 5′ 1⅕″; i Frankrig 4′ 4½″, i Tyskland varierende ofte fra By til By fra 3′ 2″ til 5′ 6½″, i Sverige 4′ 4″, i Rusland 4′ 4″.

En rigtig Bredde af Fælgen, der er den Del, der kommer direkte i Berøring med Vejen og slider paa den, er af stor Betydning, og det er forstaaeligt, at man fra gammel Tid har haft sin Opmærksomhed henvendt herpaa. Men Spørgsmaalet er ikke saa helt lige til og næppe endnu helt klaret.

Til Grund for de ældste Forskrifter af denne Art ligger den Tanke, at Hjultrykket fordeler sig regelmæssigt over Fælgens Bredde, at denne skal vokse med Belastningen, og at man i det hele taget bør stræbe efter at faa store Fælgbredder.

I England blev brede Fælge anvendt tidligere og i større Udstrækning end andet Sted, og de engelske Bestemmelser skal som typiske for den Tids Syn paa dette Spørgsmaal gengives.

I 1773 blev udstedt en Bekendtgørelse[1]), hvis Hovedindhold er gengivet i Tabel 12.

Tabel 12.

	Antal Heste	Tilladt Vægt			
		Sommer		Vinter	
		Tons	kg	Tons	kg
4 hjulede Vogne med 16″ (41 cm) brede Fælge	10	8	8128	7	7112
— — 9″ (23 —) — cylindriske Fælge	8	$6^1/_2$	6604	6	6096
— — 9″ (23 —) — koniske —	8	6	6096	$5^1/_2$	5588
— — 6″ (15 —) — cylindriske —	6	$5^1/_2$	5588	5	5080
— — 6″ (15 —) — koniske —	6	$4^1/_2$	4572	$3^3/_4$	3810
— — 3″ (8 —) — cylindriske —	4	$3^1/_2$	3556	3	3048
2 hjulede Karrer — 9″ (23 —) brede Fælge	—	3	3048	$2^3/_4$	2794
— — 6″ (15 —) — —	—	$2^{12}/_{20}$	2642	$2^7/_{20}$	2388
— under 6″ — —	—	$1^1/_2$	1524	$1^7/_{20}$	1372

1 Ton = 20 Ctr. = 1016 kg. De koniske Fælge skulde slutte bedre til Kørebanens Sidehældning.

Under Georg IV blev i 1823 fastsat de i Tabel 13 anførte Bestemmelser[2]).

Tabel 13.

	Tilladt Vægt			
	Sommer		Vinter	
	Tons	kg	Tons	kg
4 hjulede Vogne med 9″ (23 cm) brede Fælge	$6^1/_2$	6604	6	6096
2 — Karrer —	$3^1/_2$	3556	3	3048
4 — Vogne med 6″ (15 cm)—9″ (23 cm) brede Fælge	$4^3/_4$	4826	$4^1/_4$	4318
2 — Karrer —	3	3048	$2^3/_4$	2794
4 — Vogne med $4^1/_2$″ (11,4 cm)—6″ (15 cm) brede Fælge	$4^1/_4$	4318	$3^3/_4$	3810
2 — Karrer —	$2^3/_5$	2642	$2^7/_{20}$	2388
4 — Vogne med under $4^1/_2$″ (11,4 cm) brede Fælge	$3^3/_4$	3810	$3^1/_4$	3302
2 — Karrer —	$1^3/_4$	1778	$1^1/_2$	1524
4 — Vogne til Godstransport med Fjedre	4	4318	3	3810

For Overvægt maatte betales en vis Afgift.

I Frankrig blev den mindste tilladelige Fælgbredde oprindelig fastsat til 6 cm, største til 12 cm, og man ansaa det for unyttigt at forøge Bredden ud herover.

I Danmark blev det ved Plakat af 7. Februar 1845, der gælder endnu, fastslaaet, at alle tospændige Arbejdsvogne i Kjøbenhavn skal have mindst 4″

[1]) I. C. V. Steenstrup: Leitfaden zur Anlage und Unterhaltung der Landstrassen, Kopenhagen 1843, S. 321.

[2]) Steenstrup S. 324.

(10,5 cm) brede Hjulfælge. Ved Plakat af 27. Maj 1848 og Lov af 16. Marts 1851 indførtes 4″ (10,5 cm) brede Fælge for alle Vogne, hvis Totalvægt uden Kusk var 1750 kg eller mere. Bestemmelsen gælder endnu, men haandhæves næppe strængt.

I Preussen gælder endnu en Lov af 20. Juni 1887, der fastsætter følgende (Tabel 14).

Tabel 14.

Fælgbredde	Læssets Vægt		Læssets Vægt pr. cm Fælgbredde	
	2 hjulede Karrer	4 hjulede Vogne	2 hjulede Karrer	4 hjulede Vogne
cm	kg	kg	kg	kg
5 — 6,5	1000	2000	100	100
6,5—10	1250	2500	96	96
10 —15	2500	5000	125	125
over 15	7500	7500	250	125

Med Hensyn til Fælgens Form har Anskuelserne varieret noget; i de ovenfor nævnte engelske Bestemmelser er omtalt baade koniske og cylindriske Fælge; man har endvidere til Tider anset konvekse Fælge for heldige, men det endelige Resultat er, at man er blevet staaende ved udelukkende at anvende cylindriske Fælge.

Den preussiske Lov af 1887 er et Eksempel paa en af de mere rationelle Bestemmelser om Fælgbredden, der er fremkommet efter de Forsøg over Bevægelsesmodstanden paa Veje, der omkring 1840 blev udført i Frankrig af *Morin, Dupuit* og *Emmery*. Morin kom med Hensyn til Fælgbredden til følgende.

Paa makadamiserede og brolagte Veje er brede Fælge paa ingen Maade fordelagtige; det er tilstrækkeligt at give dem den Bredde, der er nødvendig af Hensyn til Vognens Holdbarhed; paa makadamiserede Veje er det unødvendigt at anvende større Bredde end 10—12 cm.

Morin mente ikke, at det var rigtigt, at Fælgbredde og Læs skulde være proportionale: bestemmer man Læsset paa denne Maade, angriber Vogne med brede Fælge Vejene mere end Vogne med smalle Fælge. For samme Belastning slider 6 cm brede Fælge Skærvebaner mere end 11,5 og 17,5 cm brede Fælge; men de to sidste viser saa ringe Forskel, at der ingen Grund er til at gaa højere end til 11,5 cm brede Fælge.

For samme Belastning og Fælgbredde ødelægger Vogne med store Hjul Vejen mindre end Vogne med smaa Hjul.

Af Hensyn til Rilledannelsen langs Sporvejsspor er det sikkert rigtigt, at man i Byer anvender brede Fælge, da en bredfælget Vogn lettere holder Sporet end en smalfælget. Paa den anden Side kan det paa Landet være rigtigt at have Grænsebestemmelser for Vægten af smalfælgede Vogne, men man bør huske, at bredfælgede Vogne bliver tungere for Hestene, og Nytten af den store Fælgbredde er vistnok tvivlsom, fordi Hjulringen slides stærkest

paa Kanterne, saa den bliver konveks og derfor kun hviler paa Vejen med en ganske smal Flade. Erfaringen viser da ogsaa, at Spordannelse paa gode Veje undgaas lige let, enten Hjulene har brede eller smalle Fælge.

Tidligere traf man sjældent Vogne, hvis samlede Vægt var større end 8000 kg, og med de gældende Bestemmelser for tilladt Antal Heste, kunde man heller ikke godt komme højere op. Det var saaledes meget almindeligt forbudt at anvende et Forspand paa mere end 8 Heste. Sættes Trækkraften pr. Hest til 75 kg, og regnes for 8 Heste arbejdende sammen, at kun 50 % af Trækkraften bliver nyttig, bliver størst mulige Trækkraft

$$8 \cdot 0{,}5 \cdot 75 = 300 \text{ kg};$$

er Modstandskoefficienten $\mu = 1 : 30$, faas den Vægt Q, der kan transporteres af 8 Heste af Ligningen

$$Z = \mu \cdot Q$$
$$Q = 30 \cdot 300 = 9000 \text{ kg}.$$

Taravægten kan nu for Vogne paa Landet anslaas til ca. 400 kg for Enspændervogne og 600—900 kg for Tospændervogne. For Arbejdsvogne i Byerne er Vægten 1250—2000 kg.

I enkelte Tilfælde faas meget betydelige Aksetryk saaledes ved Vogne til Transport af store Maskindele eller Maskiner. Tromler og Blokvogne bliver derfor bestemmende ved Konstruktionen af Vejbroer, ligesom der bør være et vist Forhold mellem Hjultrykkets største tilladte Værdi og Makadamiseringens Tykkelse.

Naar Kørsel skal foregaa i Trav, spiller det en Rolle til Formindskelse af Trækkraften, at Vognen er forsynet med Fjedre, ligesom det ogsaa skaaner Varerne, der transporteres, for Stød og Rystelser. De almindelige Vognfjedre er elliptiske Bladfjedre, sammensatte af to krumme Halvdele, der er forbundne ved Charnierer og hver bestaar af et større Antal tynde Lameller af aftagende Længde. Disse samles paa Midten i Bøsninger fæstede henholdsvis til Akslen og til Vognkassen, og de sikres i deres indbyrdes Stilling, ved at hver Lamel med et lille Hak i Enden omfatter Pukler eller Knaster paa den foregaaende længere Lamel, saa en Drejning til Siden er forhindret.

Medens stive Vogne med deres Læs maa følge alle Vejens Smaafordybninger med hele Vægten, hvorved der for hvert Stød tabes en vis Arbejdsmængde, saa vil Bevægelsen af en Vognkasse, der bæres af Fjedre, blive jævnere. Det er her især Hjul og Aksler, der paavirkes af Stødene; Vognkassen bevæger sig ganske vist ogsaa op og ned, idet Fjedrene spiller, og ved dybe Huller i Vejen kan Bevægelsen endog blive større end for stive Vogne, men den foregaar med jævnt voksende og aftagende Hastighed, saa der spildes kun en meget ringe Arbejdsmængde, naar Fjedrene er passende stive. Stivheden skulde egentlig være mindre for lette end for tunge Læs, men maa selvfølgelig afpasses saaledes, at Fjedrene ikke slaar sammen for det største Læs; de bliver derfor som Regel vel stive, og en Fjedervogn vil altid give nogen Rystelse af Læsset.

Vognene styres under Kørslen ved Stængerne, en Enspændervogn ved to Stænger, en Tospændervogn ved en Stang. Hestenes Træk udøves gennem to Skagler af Reb eller Læder, fæstede dels til Seletøjet, dels til en Svingel, en ligearmet Vægtstang af Træ, der ved Enspændervogne er ophængt i en Krog paa Forstillingen, medens de to Svingler ved tospændige Vogne er fastgjort hver til sin Ende af Hammelen, en større ligearmet Vægtstang, der er ophængt i Forstillingen. Trækket bliver derved ligelig fordelt over Heste og Skagler.

Seletøjet er enten Bringe- eller Kompteseletøj. Ved det første fæstes Skaglerne til en over Bringen liggende Rem, ved det andet til en Krans, Kompten, der ligger over Halsen. Kompteseletøjet skaaner Hesten bedst, men da Kompten maa afpasses efter hver enkelt Hest, bruges det ikke saa meget som Bringeseletøjet, fordi samme Seletøj her let kan spændes ind til Heste af lidt forskellig Størrelse.

Ved Kørsel ned ad Bakke holdes Vognene tilbage gennem Stængerne. Enspænderstænger fastholdes ved en Strop til Selen og hindres ved Kroge i at glide frem. Tospænderstangen ender med et Øje, hvori Bringekoblerne fra begge Hestes Seletøj fæstes. Da Forbindelsen mellem Vognen og den tilbageholdende Kraft foran den saaledes er meget leddet, vil Kørsel ned ad Bakke let bringe Vognen til at slingre, naar Aksler og Hjulbøsninger er lidt slidte, og derved bliver Hestenes Hold paa Vognen mindre sikkert.

I stærkt bakkede Egne forsynes Vognene som Regel med Bremse. Bedst er det at bremse begge Baghjul; Bremsen bestaar for hvert Hjul af en Træklods, der forbindes indbyrdes ved en Tværstang og ved en Vægtstangsforbindelse trykkes mod Hjulringen.

2. Automobiler.

Automobilet har haft sine Forløbere i de Dampvogne, der blev byggede umiddelbart før Jernbanernes første Tid, men som man ikke fik noget Held med, og Automobilet er i sin Konstruktion ganske uafhængigt af dem.

Automobilet paavirker den moderne Vejbygning paa ganske særlig Maade[1]), fordi det har indført to hidtil ukendte Momenter, nemlig det drivende Hjul i S. f. det trukne og den store Kørehastighed, Momenter, som har hidført en fra den tidligere Paavirkning ganske afvigende, saa ganske andre Betingelser maa opfyldes af de Veje, der skal benyttes af Automobiler, end ældre Tiders Veje. Ved Automobilets Drivhjul gør den glidende Gnidning mellem Hjul og Vejbane sig gældende, idet den bevæger Køretøjet fremad gennem Motoren, medens der kun optræder en langt mindre rullende Gnidning mellem Kørebanen og Hjulene paa en af Dyr eller Mennesker trukken Vogn. Ved denne Virkning af den glidende Gnidning paavirkes Vejbefæstelsen i højere Grad end ved Virkningen af den rullende Gnidning, fordi Drivhjulene tillige virker trykkende og slibende. Dertil kommer endnu den forøgede Paavirkning ved Ændring af Kørselsretning, samt den større Belastning og Automobilhjulenes særlige Bygning.

Automobilet bestaar som ethvert andet Køretøj af Over- og Underdel

[1] Se P. le Gavrian. Les chaussées modernes. Paris 1922.

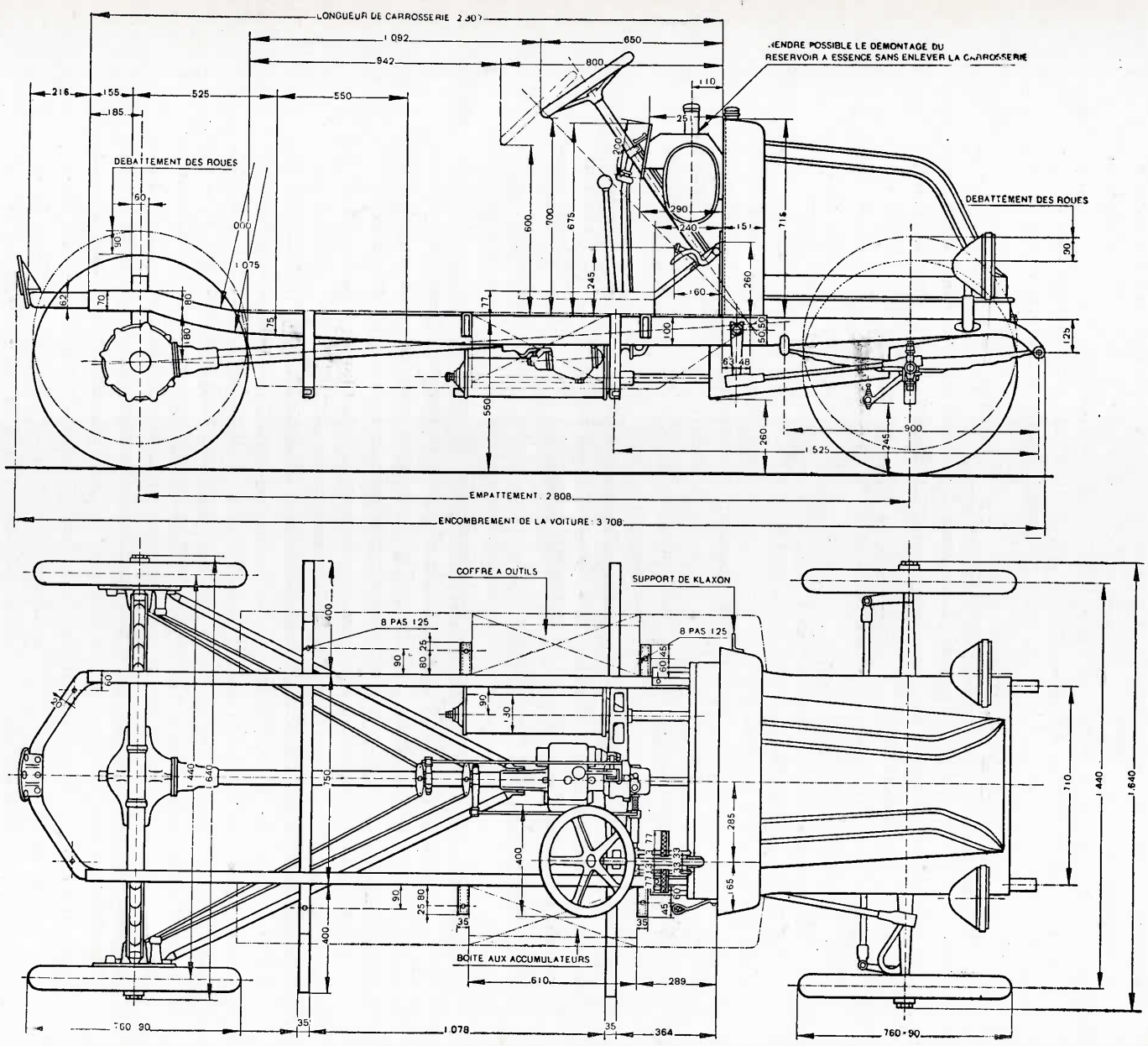
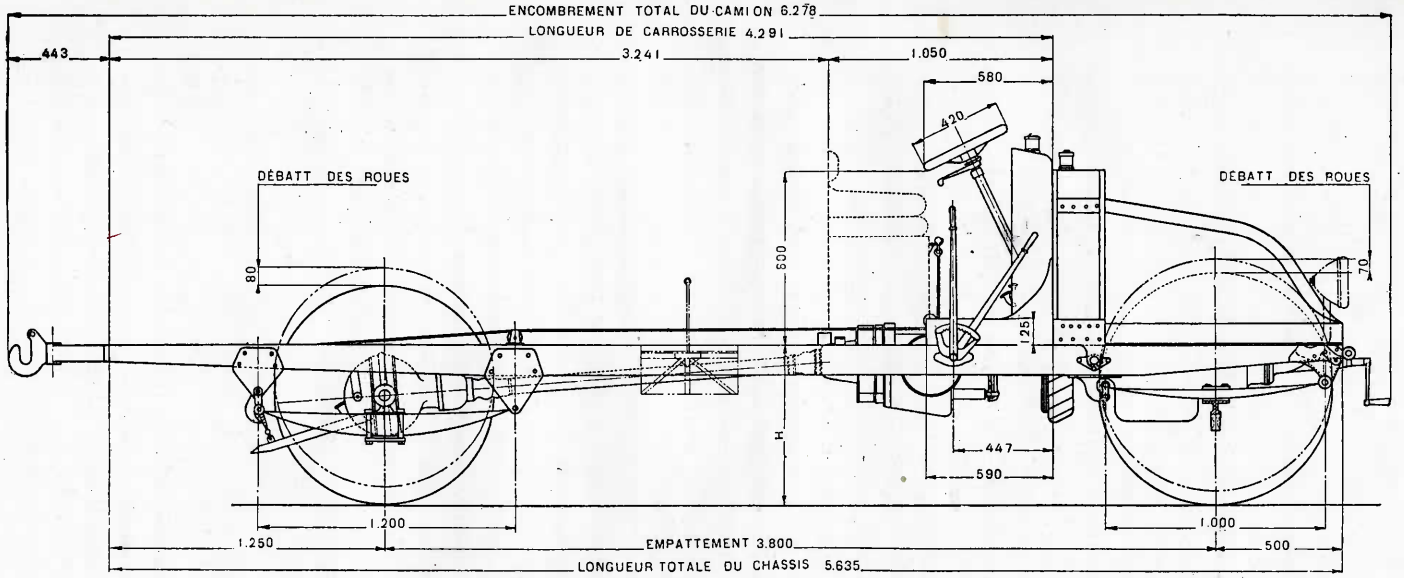


Fig. 21. 10 HK. Personvognschassis (Renault).



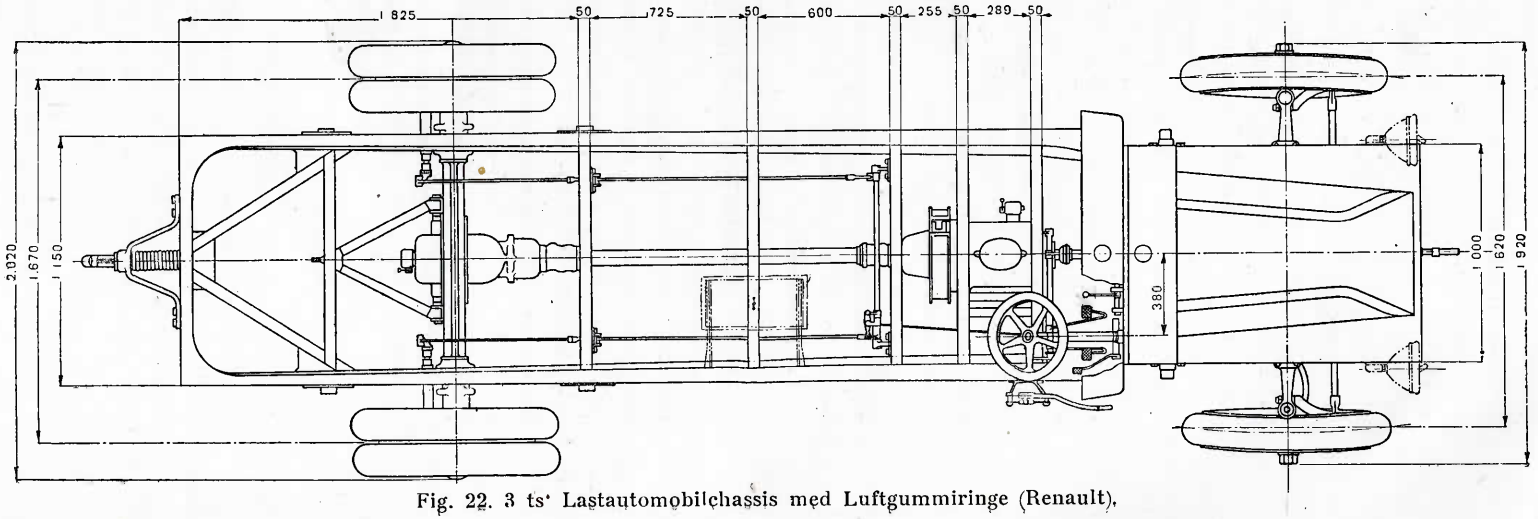


Fig. 22. 3 ts' Lastautomobilchassis med Luftgummiringe (Renault).

(Chassis). Dette sidste, som alene interesserer os her, har som bærende Del en af Staal fremstillet Ramme, til hvilken Motoren med alt Tilbehør, Hastighedsregulator med Overføringsmekanisme til Drivhjulene samt endelig Aksler med Hjul, Styreindretning og Bremser er fastgjort (se Fig. 21 og 22).

Bagakslen er Drivakslen, til hvilken Motorkraften overføres. Baghjulene er fast forbundne med Akslen; Styringen sker ved Hjælp af de to Forhjul, der er gjort fast til Akslen ved drejelige Styretapper; af Sikkerhedshensyn bremses Baghjulene. Automobilhjul forsynes med Gummiringe, der udstyres med Glidedæk for at formindske Vognens Sideglidning.

Automobilerne er enten Personautomobiler eller Lastautomobiler; de første og de lette Lastautomobiler (indtil 1 Ton-Varevogne) er indrettede til stor Kørehastighed, 50 km i Timen eller mere, mens Kørehastigheden for i hvert Fald de større Lastautomobiler er begrænset til 15 à 20 km i Timen. Automobilernes nærmere Inddeling kan f. Eks. foretages som vist i Tabel 15, der tillige indeholder en Del middel Hovedmaal.

Lastautomobilernes største samlede Vægt er ofte 8—10 ts, idet det i mange Lande ved Lov er fastsat, hvormeget et saadant Automobils samlede Vægt maa være. Vægten er ikke ligelig fordelt paa Akslerne.

Det er i mange Lande foreskrevet, hvilken mindste Ringstørrelse Automobiler af forskellig Vægt skal anvende, i Overensstemmelse med hvad man tidligere bestemte for almindelige Vognes Fælgbredde. Ringenes Levetid afhænger imidlertid i høj Grad af, om de er tilstrækkeligt dimensionerede, saa Vognejeren vil være stærkt interesseret i ikke at anvende for smaa Dimensioner. Den internationale Vejkongres i Paris 1908 fastslog som Maksimalvægt pr. Hjul 150 kg pr. cm. Fælgbredde og regnede hele Fælgbredden virksom ved Trykkets Overføring, hvilken Antagelse kan anses for rigtig for Gummihjul paa mekanisk drevne Vogne. Trykket er dog som Regel langt mindre end 150 kg pr. cm. Alle Personautomobiler anvender Luftgummiringe, og det samme er Tilfælde med de lette, hurtigkørende Lastautomobiler, mens Lastautomobiler iøvrigt endnu i Hovedsagen benytter massive Gummiringe. Man har dog konstrueret Luftgummiringe, der kan bære Vogne med samlet Vægt indtil 6 ts, og Udviklingen gaar vistnok i Retning af at gaa over til Luftgummiringe for Lastautomobiler, hvilket utvivlsomt efter de foreliggende Erfaringer vil være til Fordel baade for Vognenes og for Vejenes Holdbarhed.

3. Modstanden mod Vognenes Bevægelse.

Naar almindelige Vogne kører paa vandret Vej fremkommer der i Hovedsagen to Slags Modstande, dels »Tapfriktionen« i Hjulnavet, og dels forskellige Slags Modstande, der optræder ved Hjulenes Omkreds, og som i Reglen sammenfattes under Betegnelsen »Rullende Modstand«. »Luftmodstanden« er uden Betydning for alle almindelige Vogne og for alle langsomt kørende Automobiler.[1])

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906. S. 55.

Tabel 15.

	HK skattepl.	Hjuldiameter	Ringbredde	Akselafstand	Sporvidde	Vognens Længde	Vognens Bredde	Vognens Højde	Egenvægt	Nytte- + Egenvægt paa Foraksel	Nytte- + Egenvægt paa Bagaksel	Anm.
		mm	mm	m	m	m	m	m	kg			
Personautomobiler: a Lukkede Luksusvogne	14,1	935	135	3,73	1,34	4,66	1,65	2,00	ca. 1720			
— b Aabne —	7,1	765	105	3,01	1,32	4,00	1,52	1,68	970			
	28,3	895	135	3,645	1,422	5,250	2,00	1,90	2000			
— c Automobildroscher . .	9/26	820	120	3,00	1,35	4,30	1,65	2,20	1400	800	1050	
— d Smaa Vogne	5,0	710	90	2,75	1,10	3,25	1,30	1,65	650			
Lastautomobiler: a Indtil 1 Ton Vogne . .	9/26	820	dobb.[1]) 75	3,30	1,45	4,90	1,80	2,20	1600	900	1700	
— b 1—3 Tons Vogne	18/45	920	— 120	3,65	1,50	5,60	1,90	2,60	3000	2000	4000	
— c 3—5 — —	24/60	1050	— 160	4,20	1,70	6,90	2,20	2,60	4500	2000	7500	
— d Paahængsvogne												
— e Omnibusser		900	— 160	4,20	1,60—1,74	8,085	2,19	2,90	6500			40 Pladser
Motorcycler a Store	/15	540	90	1,50		2,00	0,70	0,95	180			
— b Smaa	/2,5	650	60	1,25		2,00	0,50	0,90	75			
— c Sidevogne												

[1]) enkelte Forhjul, dobbelte Baghjul.

a. *Tapfriktionen.*

Vognakslerne er gjort fast til Vognstellene, og Hjulene drejer sig paa Akslerne, uafhængigt af hinanden. Hvis Hjulene sad fast paa Akslerne, hvilket kan bevirkes ved Bremsning, vilde der mellem Hjulene og Vejoverfladen fremkomme en glidende Friktion μ R, hvor R er Hjulets Tryk og μ Friktionskoefficienten, og Trækkraften maatte være stor nok til at overvinde denne Modstand.

Men drejer Hjulene sig om den faste Aksel paa Grund af Modstandene ved deres Omkreds, fremkommer der en glidende Friktion i Navet, hvis Størrelse kan bestemmes ved Fig. 23.

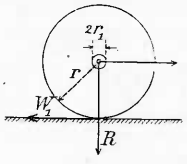


Fig. 23.

Er nemlig W_1 Modstanden ved Hjulets Omkreds, R den paa Hjulet virkende Vægt, r Hjulets og r_1 Navets Radius og μ' Friktionskoefficienten for Friktionen i Navet, har man

$$W_1 \cdot r = \mu' R \cdot r_1$$

hvoraf

$$W_1 = \frac{r_1}{r} \cdot \mu' \cdot R. \qquad (1)$$

Naar Modstanden W_1 er mindre end det, denne Ligning kræver, drejer Hjulet sig ikke mere, men det glider paa Vejen; derfor er W_1 Tapfriktionen, eller den Trækkraft, der er nødvendig til at overvinde den.

Man ser først, at det er en Fordel at anvende Køretøjer med Hjul og ikke Slæder paa en Vej, thi den Trækkraft, der kræves for at flytte det bremsede Hjul

$$W' = \mu \cdot R$$

er større end Kraften

$$W_1 = \frac{r_1}{r} \cdot \mu' R$$

fordi μ' er mindre end μ og $\frac{r_1}{r}$ er en ægte Brøk. Men desuden ser man, at man bør anvende store Hjul og tynde Akseltappe og sørge for at holde disse sidste godt smurte.

b. *Den rullende Friktion.*

Med denne Betegnelse forstaas den Modstand, der fremkommer ved Hjulets Omkreds. Den er af forskellig Art efter Vejens Beskaffenhed og er som Regel sammensat af forskellige Dele. En nøjagtig Beregning kan derfor ikke gennemføres; men der kan dog under visse Forudsætninger anstilles teoretiske Undersøgelser, der kan tjene til at klare Sagen, og som tillader visse Slutninger.

Staar et belastet Vognhjul paa en vandret, modstandsdygtig Vejbane, er i Almindelighed begge underkastet smaa Formforandringer; Hjulet trykker en Fordybning i Vejen, og flades selv ud. Størrelsen af disse Formforandringer afhænger af det Materiale, hvoraf Hjul og Vej bestaar, og de vokser saa længe, indtil de herved i det Indre af de berørende Legemer opstaaende Modstande har naaet en vis Størrelse.

Den almindelige Forudsætning, at den indre Modstand, der modsætter sig en Sammentrykning, er ligefrem proportional med Størrelsen af Sammentrykningen, kan der næppe indvendes noget imod.

Heraf faas, naar AE (Fig. 24) er Vejens Overflade og BOD Hjulets Form før Formforandringen, BCD Berøringsfladen efter Formforandringen, og naar et Punkt M af denne Berøringsflade har Koordinaterne x og y i det retvinklede Koordinatsystem XOY at den indre Modstand i Vejoverfladen er $(h - y)\varepsilon$ den indre Modstand i Hjulet $(y - \eta)\varepsilon' = [h - \eta - (h - y)]\varepsilon'$, idet ε og ε' er to Konstanter.

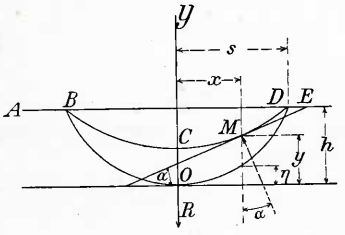


Fig. 24.

Efter at Formforandringerne er blevet fuldstændige, maa i hvert Punkt af Berøringsfladen de indre Modstande i de to Legemer holde hinanden i Ligevægt og

$$(h - y)\varepsilon = [h - \eta - (h - y)]\varepsilon',$$

hvoraf

$$h - y = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}(h - \eta). \tag{2}$$

Nu vil Summen af de af Vejen ydede Modstande holdes i Ligevægt af Hjultrykket R, og derfor Summen af de lodrette Komposanter af de vinkelret paa Berøringsfladen virkende Modstande være lig R.

Er du Længden af et Bueelement i M, og er b Fælgbredden, saa er Modstanden fra Underlaget paa Arealet $b \cdot du$

$$b \cdot du(h - y)\varepsilon = b \cdot du \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}(h - \eta),$$

og den lodrette Komposant af denne Modstand

$$b \cdot du \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}(h - \eta)\frac{dx}{du} = b\frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}(h - \eta) \cdot dx,$$

og endelig Summen af de lodrette Komposanter af alle Modstande

$$2b\frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\int_{x=0}^{x=s}(h - \eta)\,dx = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \cdot b \cdot \text{Arealet BOD}. \tag{3}$$

Altsaa er den totale Modstand, som Vejbanen gør imod Hjulets Nedtrykning, proportional med Rumfanget af den Fordybning, som vilde svare til det i Form uforandrede Hjul, og Ligevægtstilstanden mellem Belastning og Modstand udtrykkes ved Ligningen

$$R = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \cdot b \cdot \text{Arealet BOD}. \tag{4}$$

Bevæger Hjulet sig, fordi der i dets Akse virker en vandret Kraft P, vil alle i Bevægelsesretningen liggende Berøringspunkter mellem Hjul og Vejbane faa de samme Forandringer i Beliggenhed som C i Fig. 24, kun fremkommer der her i Modsætning til ovenfor, hvor Hjulet er i Hvile, følgende Forandringer.

Paa Grund af de paagældende Stoffers ufuldkomne Elasticitet vil der i hvert Øjeblik under Bevægelsen kun være Berøring i den halve Flade BCD (Fig. 24), og den i denne Flade optrædende samlede Modstand fra Vejbanen er lig og modsat Resultanten af de to Kræfter R og P.

Som Følge heraf forandres Ligning (4) til

$$R = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \cdot b \cdot \tfrac{1}{2} \cdot \text{Arealet BOD} \tag{5}$$

eller naar man, da Formforandringerne er smaa, betragter *BOD* som en Parabel og faar

$$\tfrac{1}{2} \cdot BOD = \tfrac{2}{3} \cdot h \sqrt{r^2 - (r - h)^2} = \tfrac{2}{3} h \sqrt{2 \cdot r \cdot h}$$

hvoraf

$$R = \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \cdot b \cdot \tfrac{2}{3} h \sqrt{2r \cdot h}. \tag{6}$$

Desuden maa Summen af de vandrette Komposanter af alle Modstande være lig Trækkraften *P*, eller

$$P = b \frac{\varepsilon\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \int_{\eta=0}^{\eta=h} (h - \eta)\, dy. \tag{7}$$

Da

$$y = h - \frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}(h - \eta) \quad \text{og} \quad dy = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} \cdot d\eta,$$

faar man

$$P = b\varepsilon \left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\right)^2 \int_0^h (h - \eta)\, d\eta = \tfrac{1}{2} \varepsilon \left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\right)^2 \cdot b \cdot h^2. \tag{8}$$

Af de to Udtryk for R og P finder man af det første

$$h = \tfrac{1}{2} \sqrt[3]{\left(\frac{\varepsilon + \varepsilon'}{\varepsilon\varepsilon'}\right)^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{9R^2}{b^2 \cdot r}},$$

der indsættes i Udtrykket for P

$$P = \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3}{\varepsilon} \left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\right)^2} \cdot \sqrt[3]{\frac{R^4}{b \cdot r^2}}. \tag{9}$$

Gerstner har undersøgt det Tilfælde, at Hjulet bevæger sig paa en blød, plastisk Vejbane, der alene lider en Formforandring. Hans Ligning er

$$P = \tfrac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3}{\varepsilon}} \cdot \sqrt[3]{\frac{R^4}{b \cdot r^2}}, \tag{10}$$

der faas af den almindelige Ligning (9) for $y = \eta$ eller for $\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'} = 1$, naar man sætter $\frac{1}{\varepsilon}$ i Stedet for $\frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\right)^2$.

Medens altsaa Faktoren $\frac{3}{8} \sqrt[3]{\frac{3}{\varepsilon}\left(\frac{\varepsilon'}{\varepsilon + \varepsilon'}\right)^2}$ i Ligning (9) baade afhænger af Vejbanen og af Hjulet, er Værdien af den tilsvarende Faktor i Ligning (10) kun afhængig af Vejbanen. Endnu skal blot gøres opmærksom paa, at efter denne Udvikling er den rullende Modstand omvendt proportional med $r^{\frac{2}{3}}$.

Dupuit har paa Grundlag af nogle faa Forsøg, hvor han lod Træ- og Jerncylindre rulle paa en Træbane, fundet, at den rullende Modstand er ligefrem proportional med Belastningen og omvendt proportional med Størrelsen $\sqrt{2 \cdot r}$, hvilket

ogsaa findes, naar man bestemmer den vandrette Kraft i Højde med Hjulets Akse, der kræves for at løfte det over en lille Forhøjning i Vejbanen.

Efter Fig. 25 er nemlig

$$P \cdot r \cos \alpha = R \cdot r \sin \alpha \quad \text{eller} \quad P = R \operatorname{tg} \alpha,$$

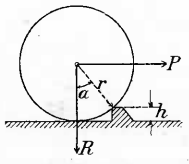


Fig. 25.

og da h er lille i Forhold til r

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt{\frac{2h}{r}}$$

$$P = R \cdot \sqrt{2h} \cdot \frac{1}{\sqrt{r}}. \qquad (11)$$

herefter er altsaa den rullende Modstand omvendt proportional med Kvadratroden af Hjulets Radius.

Morin og *Coulomb* antager, at den rullende Modstand er omvendt proportional med første Potens af Hjulets Diameter.

Brix' Ligning (9) kan anvendes, naar Hjulene løber paa en jævn, glat og modstandsdygtig Vejbane, medens *Gerstner*'s Ligning (10) bør anvendes, hvor en jævn Vejbane er dækket med en æltelig Masse. *Dupuit*'s Ligning (11) svarer til en ujævn Vejbane, men dog ikke fuldstændigt, idet der ikke er taget Hensyn til det Tab i Trækkraft, der lides ved, at Hjulene støder imod Ujævnhederne. *Gerstner* har gjort dette paa følgende Maade.

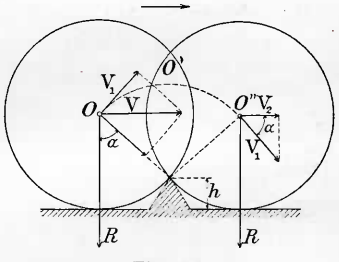


Fig. 26.

Støder et Hjul af Vægt R med Hastighed v mod en Hindring af Højde h (Fig. 26), saa gaar, hvis Hjul og Hindring er uclastiske, en Del af denne Hastighed — $v \sin \alpha$ — tabt, og Hjulet bevæger sig i en Cirkel OO'O'' med Begyndelseshastigheden

$$v_1 = v \cos \alpha,$$

der paa Stykket OO' aftager med en vis Størrelse, og paa Stykket O'O'' igen vokser med lige saa meget, saa at Hjulet, naar det er kommet til O'', søger at gaa videre med Hastigheden v_1 under Vinklen α med en vandret Linie. Men dette sætter den vandrette Vejoverflade sig imod, der gaar igen en Størrelse $v_1 \sin \alpha$ tabt, og Hjulet beholder for sin Bevægelse i vandret Retning kun en Hastighed

$$v_2 = v_1 \cos \alpha = v \cdot \cos^2 \alpha.$$

Det hele af Hindringen foranledigede Hastighedstab er da

$$v - v \cos^2 \alpha = v \cdot \sin^2 \alpha = \frac{2vh}{r},$$

idet h er lille i Forhold til r.

Skal Hjulet beholde Hastigheden v, maa dette Hastighedstab erstattes af Trækkraften i Tiden

$$t = \frac{e}{v},$$

hvis Hindringerne følger efter hinanden i Afstanden e. Men en Kraft P, der i Tiden $\frac{e}{v}$ kan give en Masse $\frac{R}{g}$ en Hastighed $\frac{2vh}{r}$, bestemmes ved

$$P = \frac{R}{g}\frac{\frac{2vh}{r}}{\frac{e}{v}} = 4R\frac{v^2}{2g}\cdot\frac{h}{e\cdot r}. \qquad (12)$$

Heraf ses, at Krafttabet paa Grund af Stød vokser med Hjulets Vægt, Ujævnhedens Højde og Hastighedens Kvadrat, men aftager, naar Hjulets Radius og Afstanden mellem Ujævnhederne vokser.

Af de foregaaende Undersøgelser ses, at det ikke er muligt at finde et almindeligt Udtryk for den rullende Modstand; men et saadant vil heller ikke have stor Betydning, fordi Erfaringskoefficienterne dog ikke er kendt, saa man ikke vilde kunne benytte det til Talberegninger.

For den rullende Modstand benyttes derfor Udtrykket

$$W_2 = R\cdot\Phi \qquad (13)$$

hvor Φ er en Konstant, der maa være saaledes bestemt, at W_2 aftager med voksende r.

c. *Den samlede Modstand mod Bevægelsen.*

Summen af Modstandene for en 4 hjulet Vogn paa vandret Vej vil være efter Ligning (1) og (13), naar

Q er Vægten af Vogn og Læs
Q_1 det med Egenvægten af de 4 Hjul formindskede Q
r en Middelværdi af Radierne til For- og Baghjul

og idet det antages, at Vægten Q_1 fordeler sig ensformig over Hjulene

$$W = 4\frac{r_1}{r}\mu'\cdot\frac{Q_1}{4} + 4\cdot\frac{Q}{4}\cdot\Phi$$

eller naar man ser bort fra Forskellen mellem Q og Q_1

$$W = \left(\frac{r_1}{r}\mu' + \Phi\right)Q$$

Da Udtrykket i Paranthes sædvanlig kun kan bestemmes under et, skrives dette som

$$W = \mu\cdot Q \qquad (14)$$

hvor μ kort kaldes Modstandskoefficienten.

Trækkraften parallel med Vejbanen maa derfor mindst være

$$Z = \mu Q \qquad (15)$$

Kører Vognen op ad Bakke, opløses Vægten Q i en Komposant vinkelret paa og en parallel med den stigende Vej, af hvilke den første har Indflydelse paa Størrelsen af Friktionen, medens den sidste giver en Modstand mod Bevægelsen. Danner Vejen en Vinkel α med en vandret Plan, bliver den samlede Modstand

$$W = Q \cdot \sin \alpha + \mu Q \cdot \cos \alpha = Q (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

Da α er lille, sættes $\cos \alpha = 1$ og $\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha$, hvorefter

$$W = Q (\mu + \operatorname{tg} \alpha) \tag{16}$$

Denne Ligning angiver ogsaa den til Vognens Bevægelse nødvendige Trækkraft, hvis det er Automobiler, Traadtovsdrift med en faststaaende Kraftmaskine eller overhovedet mekanisk Drivkraft, der anvendes. Anvendes derimod Trækdyr, maa man tage Hensyn til, at disses Ydeevne skifter med Vejens Stigning og aftager meget hurtigt, naar Vejens Stigning vokser. I Almindelighed gøres dette saaledes, at man opfatter den med den stigende Vej parallele Komposant af Dyrets Vægt $G \sin \alpha = G \operatorname{tg} \alpha$ som en Modstand, saa den samlede Modstand bliver

$$W = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha \tag{17}$$

og Trækkraften parallel med Vejen

$$Z = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha. \tag{18}$$

Omvendt faas af denne Ligning

$$Q = \frac{Z - G \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha} \tag{19}$$

der er den Vægt, der kan trækkes op ad den samme Hældning af en given Trækkraft. Af Udtrykket for Z ser man, at allerede for en Stigning $\operatorname{tg} \alpha = \mu$ bliver Trækkraften mere end dobbelt saa stor som paa vandret Vej, og Udtrykket for Q viser, at for $\operatorname{tg} \alpha = \frac{Z}{G}$ vil Hesten ikke være i Stand til at trække noget op ad Bakken.

Væsentlig anderledes er Forholdet ved Kørsel ned ad Bakke. Her virker Komposanten parallel med Vejen til at formindske Modstanden, saa Trækkraften kun skal overvinde Modstanden

$$W = \mu \cdot Q \cos \alpha - Q \cdot \sin \alpha = Q (\mu - \operatorname{tg} \alpha) \tag{20}$$

Tages der Hensyn til Hestens Vægt, har man

$$Z = \mu \cdot Q - (Q + G) \operatorname{tg} \alpha \tag{21}$$

Saa længe denne Ligning giver positive Værdier for Z, saa længe Trækdyrene ogsaa maa trække ned ad Bakke, kan denne Formel uden Betænkelighed anvendes. Men bliver Hældningen saa stærk, at Z bliver negativ, saa viser ganske vist Ligningen, at der nu maa anvendes en Kraft til at holde Vognen tilbage; men den Størrelse, man finder, svarer ikke til Virkeligheden, fordi Arbejdets Art og Dyrenes Ydeevne er en helt anden, naar de skal holde igen, end naar de skal trække. Og erfaringsmæssigt er denne Ydeevne saa ringe,

at man maa bremse Vognene. *Bockelberg* angiver, at en øvet Hest kan holde igen med en Kraft, der er halv saa stor som den Kraft, hvormed den kan trække. Man har dog ofte alligevel benyttet Ligning (21), men under Forudsætning af, at alle Vogne har Bremse, har man ogsaa sat alle Fald, paa hvilke man ikke behøvede at trække, lig vandrette Strækninger og talt dem med til disse.

d. *Bestemmmelse af Modstandskoefficienten* μ[1]).

Til Bestemmelse af Modstandskoefficienten μ er der i Tidens Løb gentagne Gange blevet udført Forsøg især af Franskmanden Morin i 1837—1841.

For 4 hjulede Arbejdsvogne var Resultatet som angivet i nedenstaaende Tabel hvor

b er Fælgbredden
ρ Akseltappens Radius
r′ Forhjulets —
r″ Baghjulets —
f = 0,065 Modstandskoefficienten for Akselfriktionen.

Tabel 16. ***Morins*** **Værdier for Koefficienten** μ.

	b = 10—12 cm, ρ = 0,032 m	
	r′ = 0,450 m, r″ = 0,750 -	r′ = 0,550 m, r″ = 0,850 -
Sommervej, god og tør	1 : 27,2	1 : 31,7
Makadamiseret Kørebane, god og tør	1 : 49,9	1 : 58
— — noget fugtig eller støvet, enkelte Sten synlige	1 : 35,2	1 : 41
— — meget fast, store Sten synlige i Overfladen	1 : 42,8	1 : 49,8
— — fast, med svage Hjulspor og blød Dynd	1 : 27,2	1 : 31,7
Brolægning af Sandsten, alm., tør	1 : 59,6	1 : 69,5
— — fugtig og snavset	1 : 46,0	1 : 53,5

e. *Modstanden mod Automobilers Bevægelse.*

For Automobiler kan i Almindelighed regnes, at Modstanden mod Bevægelsen A paa vandret Vej er

paa Asfalt ..... 15 kg
paa god Brolægning og Makadamisering .....20—25 kg
paa daarlig og hullet Vej ..... 36 kg

alt pr. 1000 kg Vægt. Sædvanligvis bør regnes med 25 kg.

Luftmodstanden i kg er

$$L = F \cdot V^2 \cdot 0{,}0052 \qquad (22)$$

hvor F er Vognens Tværsnitsareal i m², V Kørehastigheden i km/Time.

[1]) se desuden P. le Gavrian: Les chaussées modernes. Paris 1922. S. 415 o. flg.

F kan for almindelige Vogne sættes til 2 m², for store Vogne til 4 m².

Paa stigende Vej er Tillæget til Modstanden for hver % Stigning 10 kg pr. 1000 kg Vægt.

Idet Virkningsgraden er 0,7 bliver da det nødvendige Antal eff. HK, idet v er Hastigheden i m/Sek.

$$P = \frac{A \cdot v + L \cdot v}{0{,}7 \cdot 75} = \frac{v}{52{,}5}(A + L) \qquad (23)$$

I Danmark forlanges, at Bremselængden for et Automobil, der kører med en Hastighed af V = 30 km/Time, højst maa være s = 10 m; for en anden Hastighed v km/Sek. beregnes Bremselængden af

$$s = 0{,}143 \cdot v^2 \qquad (24)$$

§ 10. Trækdyrenes Ydeevne.

Kraftformler.

For at kunne benytte Ligningerne (14—19) til Løsning af bestemte Opgaver, maa man, foruden Vejens Art og Beskaffenhed, kende Trækdyrenes Ydeevne [1]). Denne er forskellig efter Dyrenes Art og Alder, efter hvor godt de er passede, og efter den Øvelse de har. Men især har den Hastighed (v), hvormed Arbejdet udføres, og den daglige Arbejdstid (z) Betydning.

Erfaringen har vist, at der gives en særlig Værdi af Hastigheden (c) og af den daglige Arbejdstid (t), der passer bedst for Dyrets Natur, saaledes at dette udnytter sin Kraft fuldstændig og uden overdreven Anstrengelse frembringer en Trækkraft Z_0, der giver Maksimum af dagligt Arbejde

$$Z_0 \cdot c \cdot t$$

Enhver Afvigelse fra disse hensigtsmæssige Værdier af Størrelserne Z, v og z formindsker det totale daglige Arbejde, hvis man ikke vil overanstrenge Dyret, saa det bliver udslidt før Tiden.

Paa Grundlag heraf og af forskellige Forsøgsresultater har man opstillet saakaldte Kraftformler, af hvilke man kan beregne den Trækkraft, som man kan vente, at Dyrene kan yde, naar de maa arbejde under andre end de normale Forhold.

Den mest kendte af disse Formler er *Mascheks*, der gaar ud fra, hvilket omtrent stemmer med Erfaringen, at en Forandring af den hensigtsmæssigste Hastighed c til $v = c \pm \nu_1 c$ for samme Arbejdstid t medfører en Forandring af Trækkraften Z_0 til $Z = Z_0 \mp \nu_1 Z_0$, og at paa samme Maade en Forandring alene af den hensigtsmæssige Arbejdstid t til $z = t \pm \nu_2 t$ vil medføre en Forandring af Z_0 til $Z = Z_0 \mp \nu_2 Z_0$ og at følgelig, naar samtidig begge Normalværdier forandres, faas

$$Z = Z_0 \mp \nu_1 Z_0 \mp \nu_2 Z_0$$

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906. S. 86.

eller da

$$\mp v_1 = \frac{c - v}{c} \text{ og } \mp v_2 = \frac{t - z}{t}$$

$$Z = Z_0 \left(3 - \frac{v}{c} - \frac{z}{t}\right) \tag{25}$$

eller

$$\frac{Z}{Z_0} + \frac{v}{c} + \frac{z}{t} = 3 \tag{26}$$

Men disse Formler kan, ligesom alle andre Kraftformler, kun give nogenlunde passende Værdier for en af Størrelserne, naar de for de andre valgte Værdier ikke afviger for meget fra de normale.

Saaledes giver f. Eks. Formlen for $z = 0$ og $v = 0$, $Z = 3\,Z_0$, hvorefter en Hest altsaa ved Igangsætning skulde kunne trække med den 3-dobbelte normale Trækkraft. Men Erfaringen viser, at Heste kan trække med langt større Kraft ved Igangsætning, og saa, naar de har hvilet en kort Tid, arbejde videre uden at lide Skade derved.

Ligeledes vilde man for $z = 0$ og $Z = 0$ finde $v = 3\,c$ og for $z = t$ og $Z = 0$ finde $v = 2\,c$, hvilket vilde sige, at en Hest under disse Omstændigheder overhovedet ikke var i Stand til at trække en Vægt, medens Erfaringen viser, at dette ikke er Tilfældet.

Launhardt har vist, at naar man er nødt til at afvige fra en af de normale Værdier Z_0 c eller t og derfor ikke kan naa den ubetinget største Værdi $Z_0 \cdot c \cdot t$ for det daglige Arbejde, vil man dog kunne naa et relativt Maksimum for dette. Naar man f. Eks. er nødt til at anvende en Trækkraft Z, der er forskellig fra Z_0, saa er det hensigtsmæssigst at tilfredsstille Betingelsen

$$\frac{v}{c} = \frac{z}{t}$$

hvorved den Maschekske Kraftformel kan skrives

$$Z = Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{v}{c}\right) = Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{z}{t}\right) \tag{27}$$

Det daglige Arbejde kan nemlig skrives $Z \cdot v \cdot z$ eller efter Mascheks Formel

$$Z \cdot v \cdot t \left(3 - \frac{Z}{Z_0} - \frac{v}{c}\right) \text{ eller } Z \cdot z \cdot c \left(3 - \frac{Z}{Z_0} - \frac{z}{t}\right)$$

Disse Produkter bliver Maksimum for $v = \frac{c}{2}\left(3 - \frac{Z}{Z_0}\right)$ og for $z = \frac{t}{2}\left(3 - \frac{Z}{Z_0}\right)$, altsaa for $\frac{v}{c} = \frac{z}{t}$.

M. H. t. de hensigtsmæssigste Værdier for t, c og Z_0 plejer man for Arbejdsheste at sætte

$$t = 8 \text{ Timer og } c = 1{,}1 \text{ m/Sek.}$$

og i Gennemsnit at regne for

lette Heste..... Egenvægt G = 250 kg ... Z_0 = 60 kg
middelsvære Heste. — 350 kg ... 75 kg
svære Heste..... — 450 kg ... 85 kg

Tabel 17—18 er beregnede for at vise Indflydelsen af forskellige Forhold paa Hestes Ydeevne.

Ved Beregningen af Tabel 17 [1]) er Ligning (19) blevet anvendt; c = 1,1 m/Sek., Z_0 = 75 kg; G = 350 kg; den daglige Arbejdstid er 8 Timer. Tabellen giver den totale Vægt for forskellige Værdier af μ og tg α.

De fremhævede Tal angiver for hver Værdi af μ den Grænse, til hvilken den paagældende Vejs Stigning ikke maa vokse, hvis der endnu skal befordres en Nyttelast, idet det forudsættes, at Vognens Egenvægt pr. Hest er 500 kg.

Vognens Egenvægt burde vel nok variere med Størrelsen af Nyttelasten, men dette er der her set bort fra.

Tabel 17.

Stigning		Vejens Modstandskoefficient μ								
‰	tgα	1/150	1/100	1/75	1/50	1/40	1/30	1/20	1/10	1/7
0	0	11 250	7500	5625	3750	3000	2250	1500	750	**525**
5	1/200	6 279	4883	3995	2930	2442	1911	1332	698	495
10	1/100	4 290	3575	3064	2383	2043	1650	1192	650	468
20	1/50	2 550	2267	2040	1700	1511	1275	971	**567**	418
30	1/33,3	1 759	1613	1488	1290	1173	1018	806	496	373
40	1/25	1 307	1220	1144	1017	938	832	678	436	334
50	1/20	1 015	958	908	821	767	690	**575**	383	298
60	1/16,6	810	771	736	675	635	**579**	491	338	266
70	1/14,3	659	631	606	**561**	**532**	489	421	297	237
80	1/12,5	**542**	**522**	**504**	470	448	415	362	261	211
90	1/11,1	450	435	421	395	378	353	311	229	187
100	1/10	375	364	353	333	320	300	267	200	165

Tabel 18.

Vejens Stigning	Kørehastighed i m pr. Sek.				
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5
‰	kg	kg	kg	kg	kg
0	4140	3460	2780	2100	1420
5	3308	2742	2175	1608	1042
10	2714	2229	1743	1257	771
20	1922	1544	1167	789	411
30	1418	1109	800	491	182
40	1069	808	546	285	23
50	813	587	360	133	
60	618	418	218	18	
70	463	284	105		
80	338	176	14		
90	235	87	—		
100	148	12	—		

[1]) Loewe: Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 92.

Tabel 18 er beregnet for at vise Hastighedens Indflydelse. Der er regnet med samme Hest som ovenfor, altsaa med

$$G = 350 \text{ kg}, \quad Z_0 = 75 \text{ kg}, \quad c = 1{,}1, \quad t = 8,$$

og med samme Vogn paa makadamiseret Vej med forskellig Stigning men af samme Beskaffenhed ($\mu = {}^1/_{40}$) og med de forskellige Hastigheder

$$v = 0{,}5 \quad 0{,}75 \quad 1{,}0 \quad 1{,}1 \quad 1{,}25 \quad 1{,}50 \text{ m/Sek.}$$

Af *Mascheks* Kraftformel

$$Z = 75\left(2 - \frac{v}{1{,}1}\right)$$

faas de tilsvarende Værdier af Trækkraften

$$Z = 116 \quad 99 \quad 82 \quad 75 \quad 65 \quad 48 \text{ kg}$$

og derefter af den almindelige Ligning

$$Q = \frac{Z - G \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\mu + \operatorname{tg} \alpha}$$

de i Tabellen opførte Værdier af Nyttelasten, idet Vognens Vægt, 500 kg, er trukket fra de fundne Værdier af Q.

Disse Tal viser, at Hastighedens Indflydelse er desto uheldigere, jo stærkere Vejens Længdefald er; saaledes bliver f. Eks. Nyttelasten reduceret til ${}^1/_3$ af, hvad den er paa vandret Vej

for $v = 1{,}5$ m paa Stigninger mellem 10 og 20 ‰
- $v = 1{,}0$ - — — — 20 - 30 -
- $v = 0{,}5$ - — — — 30 - 40 -

Endvidere skal endnu engang understreges, at Tabel 17—18 er beregnede under Forudsætning af en daglig Arbejdstid paa 8 Timer, og at man kan regne med langt stærkere Ydelser i kort Tid, naar Trækdyrene derefter kan hvile og samle Kræfter paa svagere Stigninger eller ved at staa stille. Paa denne Kendsgerning, der støtter sig paa lang Tids Erfaring, beror den Metode, efter hvilken man bestemmer en Vejs største Stigning, men som ikke her skal omtales nærmere.

Endnu er det af Interesse at sammenligne det af en Hest ved forskellig Hastighed ydede Dagsarbejde i m kg; efter Ligningen

$$\text{Det daglige Arbejde } A = Z \cdot v \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60''$$

faar man for

$v = 0{,}5$ m/Sek.	$Z = 116$	$A = 1\,670\,400$ m kg
$v = 0{,}75$ —	99	2 138 400 —
$v = 1{,}0$ —	82	2 361 600 —
$v = 1{,}1$ —	75	**2 376 000** —
$v = 1{,}25$ —	65	2 340 000 —
$v = 1{,}5$ —	48	2 073 600 —

hvor det fremhævede Tal er Maksimumsværdien

$$A_{max} = Z_0 \cdot c \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60.$$

Den Trækkraft Z, der hidtil er talt om, er Trækkraften for et enkelt Dyr; naar flere er spændt for samme Vogn, synker erfaringsmæssigt Ydeevnen. *Bokelberg* sætter saaledes

Antal Heste	1	2	3	4	5	6	7	8
Nyttelast	100	98	87	80	73	64	55	49

For omtrent ens, regelmæssigt tilkørte og godt kørte Heste kan disse Tal dog forhøjes noget.

Mascheks Kraftformel giver de bedste Resultater for, hvad ovenfor er kaldt normale Forhold; det er saaledes især af Betydning, at Hastigheden ikke afviger for meget fra den for Arbejdskørsel hensigtsmæssigste c = 1,1 m/Sek. Man har da forsøgt at opstille andre Kraftformler, f. Eks. *Seifert* (1904), gældende for større Hastigheder. Disse skal dog ikke omtales nærmere her.

§ 11. Bestemmelse af en Vejlinie.

Ved Projektering af en ny Vej mellem to givne Punkter vil forskellige Hensyn gøre sig gældende. Vejen bør lægges saaledes, at den tilfredsstiller de Krav, Trafikken stiller til den ɔ: der skal tages Hensyn til den *kommercielle Tracé*, den bør føres under Hensyntagen til Terrainet, den *tekniske Tracé*, men desuden er det nødvendigt at tage Hensyn til Ejendomsforhold og til de offentlige Myndigheder og Private, der vil give Tilskud til Vejanlægget, og hvis Tilskud meget ofte er betinget af, at Vejen faar en ganske bestemt Beliggenhed. Og dette sidste Hensyn er i mange Tilfælde det afgørende, hvis ikke Terrainforholdene stiller sig absolut imod den saaledes krævede Løsning.

1. Den kommercielle Tracé.

Enhver Købstad har et Opland, hvis Grænser er bestemt ved de Priser, hvortil Varerne kan leveres fra denne Købstad og fra Nabokøbstæderne, idet der i disse Priser ikke alene indgaar selve Varernes Pris men ogsaa de Transportomkostninger, der maa lægges til for Transport fra den paagældende Købstad til vedkommende Sted. Og det samme gælder for de Varer, der fra Landet skal sendes ind til Købstaden.

Er M′ M″ (Fig. 27) en mellem Købstæderne M′ og M″ eksisterende Vej, og er B et Punkt udenfor denne men i M's Opland, maa man, idet det antages, at Bebyggelsen er ensformig fordelt, kunne gaa ud fra, at Færdslen fra B til M′ ikke foregaar efter en ret Linie, men efter en Linie BD, under en Vinkel α med BC, og derefter følger den eksisterende Vej paa Stykket DM′. Er nemlig *f* Fragten paa det ubanede Stykke BD, og f_1 paa Vejen, saa er Fragtudgifterne pr. Ton paa den brudte Vejlinie BDM′

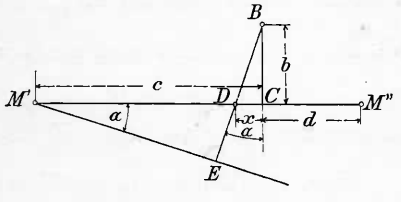


Fig. 27.

$$k = f \cdot BD + f_1 DM'$$

eller med de i Fig. 27 benyttede Betegnelser

$$k = f\sqrt{b^2 + x^2} + f_1 (c - x)$$

Denne Størrelse bliver Minimum for en Værdi af α, der bestemmes ved

$$\frac{dk}{kx} = 0 = \frac{f \cdot x}{\sqrt{b^2 + x^2}} - f_1; \quad \sin \alpha = \frac{f_1}{f}$$

og

$$k = f \cdot BD + f_1 \frac{DE}{\sin \alpha} = f \cdot BE \qquad (28)$$

eller udtrykt i Ord:

Kørslen fra en Landsby B til en Købstad M', ved hvilken en eksisterende Vej M'M" kan benyttes, foregaar fordelagtigst i Retning BD vinkelret paa den saakaldte Tilkørselsfront M'E, og de samlede Transportomkostninger fra B til M' bliver de samme, som hvis man skulde have kørt det ubanede Stykke BE.

Det Opland, der hører til en Vej AM, der fører til en Købstad M (Fig. 28) begrænses derfor fra det Opland, der hører til en Nabovej A'M ved Halveringslinien MN' o. s. v., medens Grænsen paa Vejen mod Nabokøbstadens Opland dannes af en Linie N'PN" vinkelret paa AM.

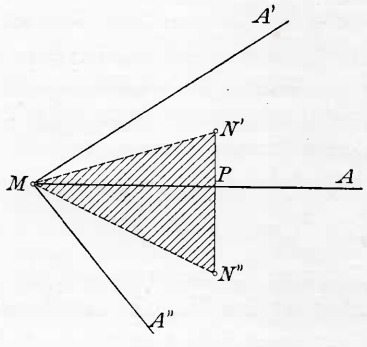


Fig. 28.

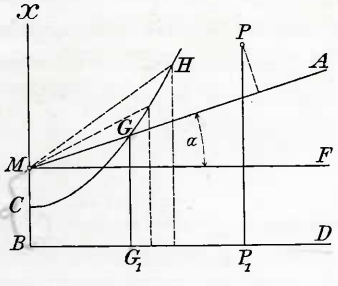


Fig. 29.

Har man i Stedet for en Landevej (M'M" i Fig. 27) en Vandvej (AM i Fig. 29), hvor Fragten er f_2, der er mindre end Fragten f_1 paa Vejen, bliver Vinklen α, bestemt ved $\sin \alpha = \frac{f_2}{f}$ lille, og Tilkørselsfronten for Vandvejen falder ikke langt fra denne selv. Men paa den anden Side kommer der nu til særlige Omkostninger til de to Gange Omladning.

Er Udgiften hertil pr. Ton u, og afsætter man i Afstanden $MB = \frac{u}{f}$ (f som ovenfor Fragten paa Jordvej) og parallelt med Tilkørselsfronten MF den rette Linie BD, saa faas Udgifterne (incl. Omladning) til Transport fra P til M med Benyttelse af Vandvejen paa et Stykke at være lige saa store som Udgifterne til Transport paa en Jordvej af Længde PP_1, hvor PP_1 er vinkelret paa Tilkørselsfronten.

En 2den Grads Parabel CH med Parameter $\frac{u}{f}$ og med Brændpunkt M,

hvls Akse CX ⊥ MF, og som altsaa har Toppunktet C i Midten af MB deler Ms Opland i to Dele. Fra alle Punkter af den ene Del foregaar Trafikken bedst i lige Linie til M, men fra alle Punkter i den anden Del maa det anbefales at søge ned til Vandvejen efter en Linie vinkelret paa dens Tilkørselsfront og saa benytte den til M. Det korteste Stykke af Vandvejen, som endnu kan benyttes er

$$GM = GG_1 = \frac{\frac{u}{f}}{1 - \sin\alpha} = \frac{u}{f - f_2} \qquad (29)$$

Endvidere kan man se, at Transporten til Vands først bliver fordelagtig paa større Afstande end Transporten paa Landevej. Thi antager man, at der ved Siden af Vandvejen AM (Fig. 30) med tilhørende Tilkørselsfront MF løber en Landevej med Tilkørselsfront MF', saa danner aabenbart Vinklen MGD's Halvveringslinie GH Grænsen for de Oplande, for hvilke henholdsvis Vandvej og Landevej giver den billigste Transport. Den mindste Afstand, paa hvilken Vandvejen endnu med Fordel benyttes, faas i Afsnittet MJ, som den omtalte Halvveringslinie afskærer paa Linien AM. Længden af MJ faas af

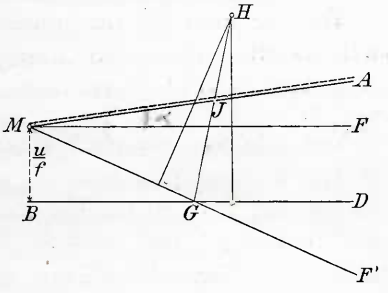


Fig. 30.

$$f_1 \cdot MJ = f_2 \cdot MJ + u$$

$$MJ = \frac{u}{f_1 - f_2} \qquad (30)$$

Ved Brug af en Jernbanelinie bliver der ligesom ovenfor to Gange Omladning af Godset, men der kommer desuden den Omstændighed til, at Jernbanen kun kan modtage og igen afgive Godset paa Stationerne.

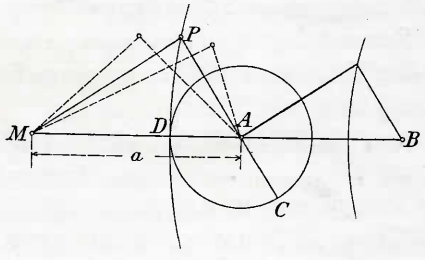


Fig. 31.

I Fig. 31 er vist en Jernbanelinie, som foruden i Købstaden M har Stationer i A og B. Er Udgiften til Transport af 1 Ton paa Jordvej og paa Jernbane henholdsvis f og f_2 og den dobbelte Omladningsudgift u, koster Transport af en Vægtenhed fra P til M i lige Linie $f \cdot PM$ og med Banen

$$u + f \cdot PA + f_2 \cdot AM$$

Det geometriske Sted for de Punkter, fra hvilke Transporten i lige Linie til Købstaden M vilde koste lige saa meget som delvis Transport paa Banen, altsaa Grænselinien for Station A's Opland faas af

$$f \cdot PM = u + f \cdot PA + f_2 \cdot AM$$

eller

$$PM - PA = \frac{u + f_2 \cdot AM}{f} \qquad (31)$$

altsaa en Hyberbel, og det samme gælder for Grænsen mellem Oplandene for de to Stationer A og B.

Tegner man om A som Centrum en Cirkel med Radius

$$AC = PM - PA = \frac{u + f_2 \cdot AM}{f}$$

saa faas Længden af Sekanten PC som det Stykke ubanet Vej, paa hvilket Transporten vilde koste lige saa meget som fra P til A og derpaa med Bane fra A til M incl. den dobbelte Omladning.

Tænker man sig nu endvidere en Landevej løbende langs Jernbanen, saa ser man uden videre, at man paa korte Afstande vil benytte Landevejen, og paa større Afstande Jernbanen.

Ved alle ovenstaaende Betragtninger er der forudsat, at Færdselstætheden var den samme paa hele Arealet. Da denne Forudsætning i Virkeligheden ikke passer, kan de fundne Resultater kun tjene som Vejledning. Menneskene bor paa Landet for en stor Del samlede i Landsbyer, saa den Vejlinie, der tilfredsstiller Færdslens Krav, vil blive bestemt ved disse Landsbyers Beliggenhed og Betydning.

2. Sætningen om Tilslutningspunktet.

Til Løsning af den simple Opgave, at bestemme en Landsbys heldigste Tilslutning til en eksisterende Færdselsvej kræves Kendskab til den Mængde Gods, der aarlig skal transporteres til og fra Landsbyen, hvorfra det kommer, og hvortil det skal sendes, Fragterne paa de eksisterende og paa de nye Veje, disse sidstes Anlægssummer, og Udgifterne til Vedligeholdelse af de gamle og nye Veje. Man maa derfor for en paatænkt Beliggenhed af den nye Vej beregne den samlede Sum af Byggesummens Forrentning og af de aarlige Vedligeholdelses- og Transportudgifter og sørge for, at denne Sum bliver saa lille som muligt.

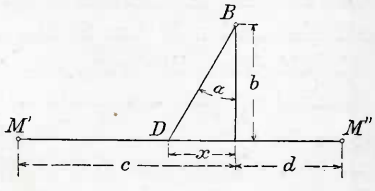


Fig. 32.

Er saaledes i Fig. 32 M'M'' den eksisterende Vej, B den ud til Siden for denne liggende Landsby, er Mængderne af det paa Strækningerne BD, M'D og M''D aarligt frem og tilbage befordrede Gods M_3 M_1 og M_2, hvor $M_1 + M_2 = M_3$, og kaldes Fragtudgiften (pr. Tonkm) paa Vejen B D f og paa den eksisterende Vej f_1, bliver de aarlige Transportudgifter

$$M_3 (b^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} \cdot f + M_1 (c - x) f_1 + M_2 (d + x) f_1$$

Er endvidere Udgiften til Bygning af Vejen B D pr. km K, og Udgiften til Vedligeholdelse af denne Vej $U + \beta \cdot M_3$, og den Del af Vedligeholdelses-

udgifterne for den eksisterende Vej, der afhænger af Transportmængden $\beta_1 M_1$ og $\beta_1 M_2$, saa bliver for en Rentefod i de samlede Udgifter til Bygning og Vedligeholdelse

$$(K \cdot i + U + \beta \cdot M_3)(b^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} + M_1 (c - x) \beta_1 + M_2 (d + x) \beta_1$$

og endelig er den aarlige Sum af Anlægs-, Vedligeholdelses- og Driftsomkostninger

$$S = [Ki + U + (\beta + f) M_3](b^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} + (M_1 (c - x)(\beta_1 + f_1) + M_2 (d + x)(\beta_1 + f_1)$$

eller naar de samlede aarlige Udgifter pr. km for Strækningerne

BD, M'D og M''D kaldes B, M' og M''

$$S = B (b^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} + M' (c - x) + M'' (d + x)$$

Denne Sum bliver mindst for en Værdi af α, der bestemmes ved

$$\frac{dS}{dx} = o = B \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} - M' + M''$$

og

$$\sin \alpha = \frac{x}{\sqrt{b^2 + x^2}} = \frac{M' - M''}{B} = \frac{(M_1 - M_2)(\beta_1 + f_1)}{Ki + U + (\beta + f) M_3} \qquad (32)$$

Denne Fremgangsmaade anvendes ogsaa ved Løsning af den Opgave at lægge en Vej mellem Landsbyerne A og B, hvor Krydsning af den eksisterende Vej M'M'' bliver nødvendig (Fig. 33), idet man da eventuelt med Fordel vil kunne benytte et Stykke CD af den eksisterende Vej som Del af den nye Forbindelse. For at undersøge dette maa man kende Trafikkens Størrelse paa de enkelte Strækninger.

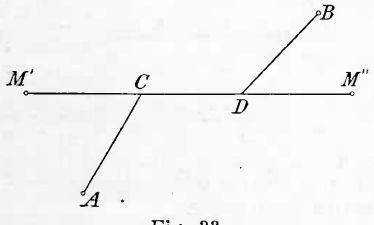


Fig. 33.

3. Sætningen om Knudepunktet.

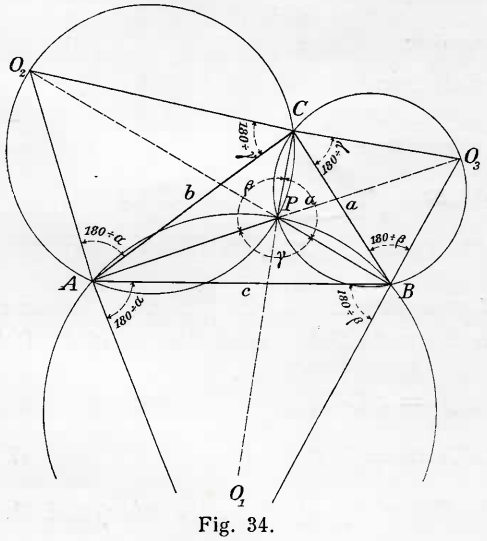


Fig. 34.

Skal Færdslen mellem tre Landsbyer A, B og C foregaa saa hensigtsmæssigt som muligt, maa der i Almindelighed bygges tre Vejlinier AP, BP og CP, der skærer hinanden i et Punkt P, Knudepunktet (Fig. 34).

Dette sidste bestemmes derved, at Summen S af Udgifterne til Anlæg, Vedligeholdelse og Transport for de tre Strækninger AP, BP og CP skal blive saa lille som muligt; er disse Udgifter pr. km for de tre Linier ABC og Liniernes Længde r, s og t bliver

$$S = A \cdot r + B \cdot s + C \cdot t \qquad (33)$$

Heri udtrykkes s og t ved Vinklen $CAB = \varepsilon$ og $PAB = \varphi$ og ved r

$$S = A \cdot r + B\sqrt{r^2 + c^2 - 2rc \cdot \cos\varphi} + C\sqrt{r^2 + b^2 - 2rb\cos(\varepsilon - \varphi)} \qquad (34)$$

der skal være Minimum.

I dette Udtryk er r og φ de variable Størrelser, hvis Værdier bestemmer Beliggenheden af Knudepunktet P. Ved Differentiation med Hensyn først til r og derpaa til φ, og ved at sætte de to Differentialkvotienter lig Nul faar man

$$\left.\begin{aligned} A + B\cos\gamma + C\cos\beta &= 0 \\ B\sin\gamma - C\sin\beta &= 0 \end{aligned}\right\} \qquad (35)$$

der kan udtrykkes saaledes:

Sinus til de af Straalerne AP, BP og CP i Knudepunktet P dannede Vinkler maa forholde sig som de samlede Udgifter pr. km til de tre Straaler.

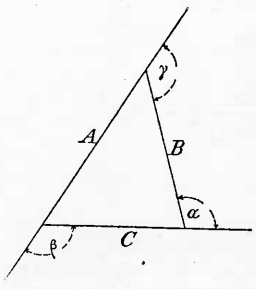


Fig. 35.

Man faar saaledes Vinklerne α β og γ (efter Fig. 35) som de udvendige Vinkler i en Trekant med Siderne A, B og C, og man finder Knudepunktet P ved over Siderne i Trekant ABC (Fig. 34) at tegne Cirkler, der rummer Vinklerne α β og γ som Periferivinkler.

Det er kun nødvendigt at tegne en af disse Cirkler, f. Eks. den over Siden AC og som vist i Fig. 34 at afsætte Vinklerne $180 - \alpha$ og $180 - \gamma$, og derefter tegne en Cirkel ACO_2. Linien fra Polen O_2 til B skærer Cirklen i det søgte Punkt P. Trekanten ACO_2 er ligedannet med Trekanten i Fig. 35, saaledes at den Side, f. Eks. O_2C, der ligger lige overfor en Landsby A, ogsaa svarer til Trafikken paa denne Landsby.

Ved Polen O_2 er den Retning bestemt, i hvilken Trafikken fra B bevæger sig, før den i P deler sig imod A eller C. Men desuden faar man ogsaa i Stykket O_2B den samlede Sum af Udgifterne til Transporten imellem de tre Landsbyer A, B og C, idet

$$S = O_2B \cdot B.$$

Da man nemlig, som tidligere er vist, har

$$S = A \cdot AP + B \cdot BP + C \cdot CP$$

eller, da Siderne i Trekant ACO_2 forholder sig som A, B og C, er

$$S = O_2C \cdot AP + AC \cdot BP + O_2A \cdot CP.$$

Da man for den i Cirklen indskrevne Firkant $APCO_2$ har, at Summen af Produkterne af de overfor hinanden liggende Sider er lig Produktet af de to Diagonaler

$$AP \cdot O_2C + CP \cdot O_2A = AC \cdot O_2P$$

og altsaa

$$S = AC \cdot O_2P + AC \cdot BP = O_2B \cdot B \qquad (36)$$

Det samme gælder for de to andre Poler O_1 og O_3, eller udtrykt i Ord har man:

De samlede Udgifter ved Transporten mellem de tre Landsbyer A, B og C er lige saa store, som hvis Transporten for en af disse foregik i ret Linie fra denne til Polen for de to andre Landsbyer.

Dette kan f. Eks. finde Anvendelse for det Tilfælde, at A er en Jernbanestation, der skal sættes i Vejforbindelse med to Landsbyer B og C.

4. Den tekniske Tracé.

En Hovedbetingelse ved Valget af den tekniske Tracé er, at Anlægsudgifterne bliver saa smaa som muligt, hvilket kræver, at Vejens Planum falder nær sammen med Terrainet, for at Paafyldninger og Afgravninger kan blive smaa, og for at Udgifterne til større Gennemløb, Broer eller Tunneler ligeledes kan blive smaa. At det derved bliver nødvendigt at forlænge Linien er som Regel uden Betydning.

De med Hensyntagen hertil projekterede Veje har alt efter Terrainets Beskaffenhed en meget forskellig Karakter.

Da Dalbundenes Fald som Regel er mindre og ogsaa veksler mindre end Vandskelsliniernes, har Veje i Dalbundene som Regel et heldigere Længdeprofil end Veje, der følger Vandskelslinierne, medens deres plane Profil derimod maaske paavirkes uheldigt af et krummet Flodløb, men ogsaa Vandskelslinierne kan være krummede, saa dette Forhold ikke spiller saa stor en Rolle.

Veje i Dalene kan derimod blive dyrere end Veje, der følger Vandskellene, da Jorden er frugtbarere og derfor dyrest i Dalene; det kan blive nødvendigt at bygge et større Antal Gennemløb for Sidetilløb til Vandløbet, eller hvor det bliver nødvendigt at gaa fra den ene Side af Vandløbet til den anden; det kræves maaske ogsaa, at Vejskraaningerne befæstes særligt mod Vandløbet. Men ogsaa Vedligeholdelsesudgifterne kan blive større, for Makadamiseringens Vedkommende, fordi Vejen vanskeligere tørrer, og for Skraaningernes, fordi de er udsat for Angreb fra Vandløbets Side.

Veje i Dale findes hyppigst i Bjærgegne, fordi de vigtigste Landsbyer ligger i Dalene, og Vandskelslinierne er her mindre egnede til Vejanlæg. I Bakke- og Sletteland foregaar Færdslen oppe paa Højderne, og Dalene er ofte vaade eller snævre og snoede, og Vejene følger da her hyppigt Vandskellene. Stigningerne bliver paa disse Veje stærkere og mere skiftende end paa Veje i Dalene. Broer og Gennemløb maa selvfølgelig ogsaa anvendes, men bliver som Regel mindre end i Dalene.

Som Forbindelsesvej mellem Dal og Vandskel, eller ved Overgang fra en Dal til en anden, anvendes i Bjærgegne som Regel *Serpentiner*, der har stærke Stigninger og skarpe Krumninger, og som kræver stort Jordarbejde, Bygning af Støttemure o. s. v. Tabte Stigninger maa ikke anvendes paa dem.

a. *Bestemmelse af en Vejs plane Figur.*

En Vej imellem to givne Punkter bør ikke være unødvendig lang. Kun sjældent vil det være muligt at gøre en Vej retlinet imellem to Punkter. I de fleste Tilfælde vil der være Hindringer, som enten slet ikke, eller kun med meget store Udgifter kan overvindes.

Hindringerne kan enten være naturlige (Søer, Floder, Bjærge, Landsbyer o. s. v.) eller privatretlige, naar der ligger Grundarealer eller Huse i Vejen, som Ejerne ikke ønsker at afstaa.

Et andet Krav, som ofte tvinger til Omveje, gaar ud paa, at Vejen skal ligge sikkert; af den Grund maa det især undersøges, hvorledes de geologiske Forhold er. Alle Steder, hvor man kan vente Skred, bør undgaas, da de Forholdsregler, der her bør træffes for at sikre Vejen, i hvert Fald bliver dyre. Ganske særligt er dette Tilfældet, hvor Udgravninger kommer til at ligge i Lerlag, der er stærkt udblødte af Kilder, eller i Klippelag, hvis Lagdeling er uheldig. Falder Lagene saaledes paa tværs af Vejretningen (Fig. 36), vil det være rigtigt at lægge Vejen i venstre Side og ikke i højre, for med Sikkerhed at undgaa Skred.

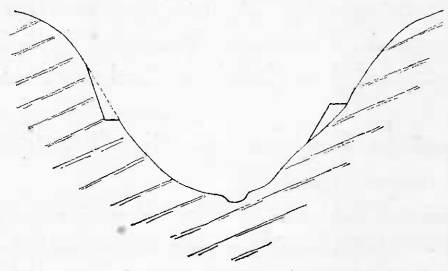


Fig. 36.

I Bjærgegne maa man desuden tage Hensyn til den Fare, der kan true en Vej fra Nedstyrtninger af Sten og Sne (Laviner).

Ved Liniebestemmelsen maa man sørge for, at Vejen kommer til at ligge tørt, og at den let kan afvandes, da Mangler i denne Retning bevirker, at Vejen slides mere, hvorved Vedligeholdelsesudgifterne vokser. Paa Grund heraf vil man i første Linie søge at undgaa alle vaade Arealer, og hvis dette ikke er muligt, sørge for en omhyggelig Afvanding. Man maa endvidere passe, at man overalt, hvor Overbygningen ikke kommer til at ligge tilstrækkelig højt over det omgivende Terrain, sørger for Grøfter, dybe nok til at lede Vandet bort. I Dale bør Veje lægges paa Nordsiden eller paa Vestsiden for at være saa meget udsat for Sol og Vind som muligt. For i Skove at faa Vejen tørret ud af Sol og Vind, hugger man ofte et Bælte paa hver Side af den; Bredden af dette Bælte gøres ofte 10 m, paa Syd- og Østsiden maaske endnu bredere.

Vandløb og Søer, i Nærheden af hvilke en Vej skal bygges, kræver særlig Opmærksomhed. Sikrest er det, naar Vejen kan holdes i saa stor Afstand, at dens Skraaninger ikke naas, selv ikke af højeste Vandstand. Er dette ikke muligt, bør man lægge Vejens Planum mindst 0,60 m over Højvande og befæste Skraaningerne omhyggeligt. Kun ved Veje af underordnet Betydning og under meget ugunstige, lokale Forhold, kan man tillade, at Vejen midlertidig oversvømmes, men kun hvis Vandets Hastighed er saa ringe, at det ikke kan beskadige Vejen.

Af Betydning er det ogsaa, at Vejen bliver ført tæt forbi Steder, hvorfra Vejmateriale kan faas, Grusgrave, Jernbanestationer, Havne m. m., for at Prisen paa det kan blive saa lav som muligt.

Liniebestemmelsen vil iøvrigt blive nærmere omtalt nedenfor under Afsnittet om Jernbaner.

En Vejlinie sammensættes af rette Liniestykker og Cirkelbuer. To Cirkelbuer med forskellig Kurveradius kan følge lige efter hinanden, baade naar

Centrum ligger til samme Side og til modsat Side af Vejlinien. Af Hensyn til Udseendet indlægges i S-formede Kurver undertiden et retlinet Stykke imellem de to Cirkelbuer. Dette retlinede Stykke gøres her i Danmark ofte 10—20 m langt, hvor Veje omlægges i Anledning af Jernbaneanlæg. Størrelsen af Radius kan selvfølgelig være meget forskellig, men som Regel er der fastsat en Bestemmelse om den mindste tilladte Værdi. Denne afhænger af Vognenes Art og Dimensioner og af, om to Vogne skal kunne møde hinanden paa Vejen. Den særlige Modstand mod Vognens Bevægelse i Kurve er saa ringe, at man kan se bort fra den; de Grunde, der paa Jernbaner bevirker den særlige Kurvemodstand: at Hjulene sidder fastkilede paa Akslerne, og at der anvendes Styrekranse, findes ikke ved almindelige Vogne. Kun maa man undertiden tage Hensyn til det Krafttab, der følger af, at Trækket danner en Vinkel med Vognens Længdeakse. Tænker man sig f. Eks. en Vogn kørende ind i en Cirkelbue, saaledes at Længdeaksen AB tangerer denne i B, og at BC, CD og DE er Korder, svarende til Forspandets Retning, der danner Vinklerne ω_1 ω_2 ω_3 med AB; er endvidere b Buelængden BC = CD = DE og r Kurveradius, har man (Fig. 37)

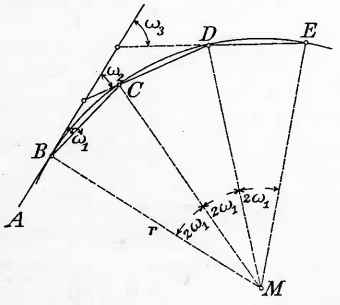


Fig. 37.

$$\omega_1 = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{b}{r}$$

$$\omega_2 = 3\omega_1 \quad \text{og} \quad \omega_3 = 5 \cdot \omega_1$$

Er Trækkraften for et Par Heste 2Z, og forudsætter man, at den til Drejning af Vognen nødvendige Kraft ydes ekstra af Hestene, saa er den i Kurven til Vognens Bevægelse benyttede Kraft

$$2Z\,(\cos\omega_1 + \cos\omega_2 + \cos\omega_3) = 2Z\,(\cos\omega_1 + \cos 3\omega_1 + \cos 5\omega_1)$$

og følgelig er Merforbruget i Forhold til retlinet Vej, hvor Trækkraften er $3 \cdot 2Z$.

$$V = 2Z\,[(1 - \cos\omega_1) + (1 - \cos 3\omega_1) + (1 - \cos 5\omega_1)] \qquad (37)$$

Mindste tilladelige Kurveradius kan fastsættes ved følgende Betragtninger, gældende for Vogne, der trækkes af Heste.

En rullende Vogn bevæger sig i en Cirkelbue, saasnart dens Aksler danner en Vinkel af endelig Størrelse med hinanden, og det øjeblikkelige Drejningspunkt ligger i Akslernes Skæringspunkt. Omvendt maa i en given Vejkurve Akslerne indstille sig saaledes, at de skærer hinanden i dennes Centrum, naar Vognen kører regelmæssigt igennem Kurven. Jo større Vognakslernes Drejning er, desto mindre bliver Radierne til de af Vognens forskellige Punkter beskrevne Cirkelbuer. Den størst mulige Værdi af Drejningsvinklen betinger den mindste Værdi af alle disse Radier, og den skarpeste Kurve, som en Vogn endnu kan passere, bestemmes ved den største Vinkel, som Hjulakslerne kan danne med hinanden.

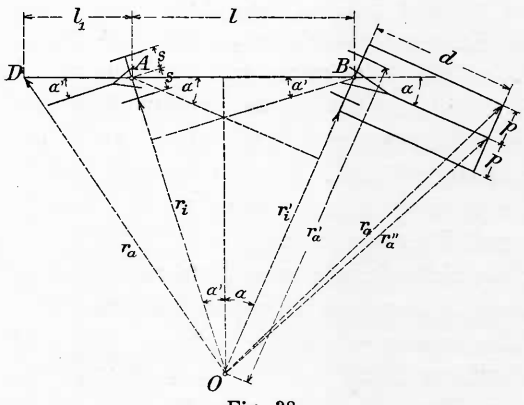


Fig. 38.

Paa en almindelig Arbejdsvogn drejes kun Forakslen ved Kørsel i Kurve, men for Tømmervogne maa ogsaa Bagakslen kunne drejes, for at Vejkurvens Radius ikke skal blive for stor. Er α og α' For- og Bagakslens Drejningsvinkler, er l Afstanden mellem disse Aksler, $2s$ Vognens Sporvidde, maalt fra Midte til Midte af Fælgen paa de paa samme Aksel siddende Hjul, i Vejens Overflade, faar man (Fig. 38) til Bestemmelse af Radius til indvendigt Baghjul

$$OA \cdot \sin(\alpha = \alpha') = AB \cdot \cos\alpha$$
$$(r_i + s)\sin(\alpha + \alpha') = l\cos\alpha$$

$$r_i = \frac{l \cdot \cos\alpha}{\sin(\alpha + \alpha')} - s, \tag{38}$$

og til ydre Forhjul

$$OB\sin(\alpha + \alpha') = AB\cos\alpha'$$
$$(r_a' - s)\sin(\alpha + \alpha') = l\cos\alpha'$$
$$r_a' = \frac{l \cdot \cos\alpha'}{\sin(\alpha + \alpha')} + s, \tag{39}$$

og til den i Afstanden d fra Forakslen liggende Vognstangsspids

$$r_a'' = \sqrt{d^2 + (r_a' - s)^2} \tag{40}$$

til det yderste Hjørne af det Rektangel, der omslutter Forspandet

$$r_a = \sqrt{(r_a' - s + p)^2 + d^2} = r_a'' + p \tag{41}$$

til det inderste bageste Hjørne af dette Rektangel

$$r_i' = r_a' - s - p, \tag{42}$$

og til den bageste Ende af en Træstamme, der naar l_1 ud over Bagakslen.

$$OD^2 = \sqrt{OM^2 + DM^2}$$
$$OM = (r_i + s)\cos\alpha' \quad \text{og} \quad DM = l_1 + (r_i + s)\sin\alpha'$$
$$OD = r_e^{1}) = \sqrt{(r_i + s)^2 + l_1^2 + 2l_1(r_i + s)\sin\alpha'}. \tag{43}$$

Ogsaa Længden af en Linie OM fra Krumningscentret vinkelret paa Vognens Midteakse er af Betydning til Bedømmelse af, om Træstammerne ikke kan komme til at røre ved et eventuelt Sikkerhedsrækværk.

$$OM = (r_i + s)\cos\alpha'. \tag{44}$$

For almindelige Arbejdsvogne (Fig. 39) er $\alpha' = 0$, saa man har

[1]) OD er i Fig. 38 betegnet med r_a, skal være r_e.

$$r_i = l \cot \alpha - s \tag{45}$$

$$r_a' = \frac{l}{\sin \alpha} + s \tag{46}$$

$$r_a'' = \sqrt{d^2 + \frac{l^2}{\sin^2 \alpha}} \tag{47}$$

$$r_a = \sqrt{\left(\frac{l}{\sin \alpha} + p\right)^2 + d^2} = r_a'' + p. \tag{48}$$

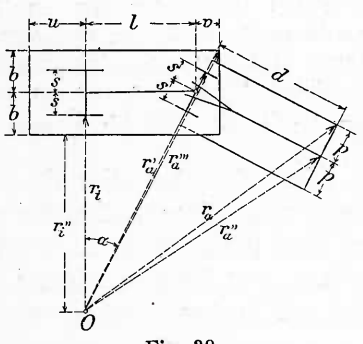


Fig. 39.

Radius i den Cirkel, som det yderste, forreste Hjørne i det Rektangel, der omslutter Vognen med en Bredde af Læsset 2b, beskriver, er

$$r_a''' = \sqrt{(r_i + s + b^2) + (l + v)^2}. \tag{49}$$

og Længden af en Linie fra Vejkurvens Centrum vinkelret paa den indvendige Side af dette Rektangel er

$$r_i'' = r_i + s - b = l \cot \alpha - b. \tag{50}$$

Ved Hjælp af Ligningerne 38—44 (45—48) 49 og 50 er for Vognens bestemmende Punkter Forbindelsen mellem Vejbanens Radius og Hjulakslernes Drejningsvinkel og den teoretiske Bredde af Kørebanen, der er nødvendig for Vognene for en hvilken som helst Stilling af Akslerne, fastslaaet.

Denne Forbindelse vil ses af Tabel 19—20 over de for særlige Tilfælde gældende Værdier.

Tabel 19.

$\alpha = \alpha'$	r_i	r_a'	r_a''	r_a	r_i'	r_e	OM	$r_e - r_i'$	$r_a - r_i'$	$r_e - OM$	$r_a - OM$
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
30°	9,40	10,60	10,77	11,77	9,00	13,23	8,66	4,23	2,77	4,57	3,11
25°	11,23	12,43	12,49	13,49	10,83	14,66	10,72	3,83	2,66	3,94	2,77
20	14,02	15,22	15,16	16,16	13,62	16,99	13,74	3,37	2,54	3,25	2,42
15	18,72	19,92	19,73	20,73	18,32	21,17	18,66	2,85	2,41	2,51	2,07
10	28,19	29,39	29,07	30,07	27,79	30,07	28,35	2,28	2,28	1,72	1,72
5	56,77	57,97	57,51	58,51	56,37	58,02	57,15	1,65	2,14	0.87	1,36

Tabel 20.

r_i	α	r_a'	r_a''	r_a	r_a'''	r_i''	$r_a - r_i''$	$r_a''' - r_i''$	$r_a - r_i$
m		m	m	m	m	m	m	m	m
4,0	33° 6′ 40″	6,09	6,79	7,79	7,05	3,40	4,39	3,65	3,79
5,0	28 10 43	6,95	7,51	8,51	7,89	4,40	4,11	3,49	3,51
6,0	24 26 38	7,85	8,28	9,28	8,77	5,40	3,88	3,37	3,28
7,0	21 32 28	8,77	9,10	10,10	9,67	6,40	3,70	3,27	3,10
8,0	19 13 50	9,71	9,95	10,95	10,58	7,40	3,55	3,18	2,95
9,0	17 21 15	10 66	10,82	11,82	11,52	8,40	3,42	3,12	2,82
10,0	15 48 9	11,62	11,72	12,72	12,46	9,40	3,32	3,06	2,72
20,0	8 17 9	21,42	21,20	22,20	22,16	19,40	2,80	2,76	2,20
30,0	5 35 58	31,35	31,01	32,01	32,05	29,40	2,61	2,65	2,01

Tabel 19 gælder for en Tømmervogn, hvor $l = 10$ m, $l_1 = 5$ m, $2s = 1{,}2$ m, $d = 4{,}0$ m, $2p = 2{,}0$ m, og hvor det forudsættes, at begge Vognaksler altid er drejet samme Vinkel α med Maksimum $\alpha_0 = \alpha_0' = 30^0$.

Tabel 20 gælder for en almindelig Arbejdsvogn, hvor $l = 3{,}0$ m, $d = 4{,}0$ m, $2s = 1{,}2$ m, $2p = 2{,}0$ m, $2b = 2{,}4$ m og $v = 1{,}0$ m.

Disse Tabeller eller de udviklede Ligninger kan benyttes ved Valget af den mindste Kurveradius for en Vej. Kan denne være saa smal, at den kun skal give Plads til en enkelt Vogn, skal der paa Vejen kun kunne indlægges en saa bred Stribe, at dette bliver muligt, uden at f. Eks. Færdslen paa et eventuelt Fortov generes. Skal to Vogne kunne mødes, forlanger man ofte, at den ene af disse skal være en Tømmervogn, den anden en almindelig Arbejdsvogn, og der kan da blive Anledning til at undersøge baade det Tilfælde, at Arbejdsvognen kører inderst i Kurven, og at den kører yderst.

Man vil se, at det paa denne Maade bliver mindste Kurveradius, der bestemmer Vejens Bredde i Kurven; ønsker man ikke at gennemføre denne Bredde i Kurver med større Radius eller paa retlinet Vej, er dette selvfølgelig heller ikke nødvendigt, og der fremkommer da det Forhold, at Vejens Bredde i skarpe Kurver bliver gjort større end paa de øvrige Dele af Vejen. Dette er ofte Tilfældet paa de saakaldte Vendepladser paa Bjærgveje.

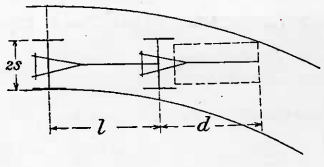


Fig. 40.

I det foregaaende er kun tænkt paa de normale Forhold under Vognenes Bevægelse i selve Kurven. Der er endnu tilbage Spørgsmaalet om, hvorledes Indkørslen i og Udkørslen fra en Kurve kommer til at forme sig.

Ved en almindelig Arbejdsvogns Overgang fra retlinet Vej til Kurve, har man hidtil som Regel forestillet sig (Fig. 40) at Kusken, lige før han kom til Kurven, holdt sig i Nærheden af indvendig Vejkant, og kørte saa langt lige frem, før han drejede Forspandet, at Baghjulene naaede frem til Kurvens Begyndelsespunkt; Forspandet skulde saa endnu kunne blive paa Kørebanen.

Denne Anskuelse ligger til Grund for *Bauernfeinds* Formel (Fig. 41)

$$r_0 = \frac{4f^2 - b^2}{4b} \qquad (51)$$

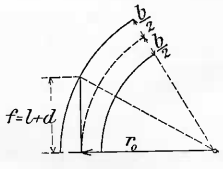


Fig. 41.

og for dobbeltsporede Kørebaner

$$r_0 = \frac{16f^2 - 3b^2}{8b} \qquad (52)$$

Men i Virkeligheden foregaar Indkørslen i Kurven paa anden Maade, men den hertil hørende Undersøgelse skal ikke medtages, da Resultatet er, at man ikke ved Fastsættelsen af en Vejs Bredde i en Kurve behøver at tage Hensyn til Forholdene ved Indkørsel og Udkørsel. Kun S-formede Krumninger kan kræve en særlig Undersøgelse, men heller ikke den skal omtales her.

En Vejs Krumningsforhold er iøvrigt bestemt ved Regler, fastsat af den offentlige Myndighed, under hvilken Tilsynet med Vejene hører.

I Hannover skulde mindste tilladte Kurveradius saaledes bestemmes ved

$$R = \frac{L^2}{2B}$$

(efter den ovenfor angivne Betegnelse

$$r_i = \frac{(l + d)^2}{2b}$$

hvor b er Kørebanens Bredde og (l + d) Længden af Køretøj med Forspand); dog maatte Radier mindre end 9,4 m ikke anvendes.

I Bayern maa ikke anvendes mindre Kurveradius end 30 m, og hvis det er nødvendigt, skal Vejens Bredde gøres større. I Würtemberg er mindste Kurveradius paa Vendepladser 13 m og ellers 25 m.

I Danmark er der ikke i Almindelighed fastsat nogen Bestemmelse for Størrelsen af mindste tilladte Kurveradius. Kun for det særlige Tilfælde, at Veje omlægges i Anledning af Jernbaneanlæg, er det forlangt, at Krumningsradius paa de forandrede Vejstykker ikke maa være under 30 m ved Landeveje, 20 m ved Biveje og 15 m ved Privatveje. For Markveje o. lign. kan Radius dog sættes til 8 m eller eventuelt mindre. Mellem Kurver i modsat Retning indlægges som Regel en ret Linie af Længde mindst lig Vognenes Akselafstand; ofte anvendes en Længde paa 10—20 m. Disse Kurveradier er dog vistnok temmelig smaa.

Der er ovenfor alene tænkt paa Vogne forspændt med Heste; for Veje, der skal benyttes af Automobiler, maa der anvendes en anden Fremgangsmaade ved Bestemmelsen af mindste tilladelige Kurveradius. Det gøres ofte saaledes, at man forlanger, at der skal være frit Overblik frem over Vejen i en Afstand svarende til Bremselængden. Endelige Resultater med Hensyn til dette Punkt foreligger dog endnu ikke, og der skal derfor ikke her gaas nærmere ind paa Spørgsmaalet.

Hvor der foregaar Automobiltrafik af Betydning paa en Vej, bør den i hver Vejkurve have ensidigt Fald, svarende til Kurveradiens Størrelse, for at ophæve Virkningen af Centrifugalkraften. Dette kan medføre nogle Vanskeligheder ved Arbejdets Udførelse. Da Vejene paa de retlinede Stykker har Fald til begge Sider, maa der ved Kurvens Begyndelse indlægges en Overgangsflade mellem dette Fald til begge Sider og det ensidige Fald, og desuden maa Tværfaldet i hvert enkelt Tilfælde afpasses efter Kurveradius. Regning har givet — og Erfaringen har bekræftet det — at med Fald til begge Sider kan endnu Kurver med 125 m Radius passeres med en Hastighed af 90 km i Timen. Ombygning af Tværprofilet kan derfor begrænses til Kurver med Radius mindre end 125 m. I disse Kurver kan man altid anvende et Tværfald paa 6 %. Paa dette kan Automobiler efter Radiens Størrelse køre med følgende Hastigheder[1])

20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	m Radius,
41	46	50	58	65	71	77	82	87	92	km pr. Time.

[1]) Verkehrstechnische Woche 1920. S. 286.

Desuden bør Planum indlægges saaledes, at der ikke for ofte anvendes Knæk i den, i hvert Fald maa et saadant ikke findes paa et farligt Sted; thi mens der skiftes Gear, er Automobilen uden Styring og ikke sikker i Chaufførens Haand. Ved Afrundingen af Knæk i Længdeprofilet maa man passe, at der bliver frit Overblik frem over Vejen i en Afstand, der ligesom ovenfor maa sættes lig Bremselængden.

b. *Stigninger.*

Ogsaa ved Bestemmelsen af en Vejs Længdeprofil bør man sørge for, at de samlede aarlige Udgifter (Bygnings-, Vedligeholdelses- og Transportudgifter tilsammen) bliver saa lave som muligt. Den nødvendige Kraft til at bevæge en Vogn er mindst paa vandret Vej. Men at gøre Vejen vandret paa længere Strækninger kan ikke lade sig gøre, da Byggeudgifterne vilde blive for store, selv om man i stor Udstrækning forlængede Vejen, hvorved Transportudgifterne vilde vokse stærkt, saa man derved vilde miste en Del af Fordelene ved de svagere Stigninger. Stigninger er derfor ikke til at undgaa; m. H. t. deres Størrelser laa det maaske nær ikke at gaa ud over 25—30 $^0/_{00}$, fordi Vognene saa paa makadamiserede og brolagte Kørebaner ikke behøvede særlig kraftig Bremsning, og det afløbende Regnvand vilde ikke faa saa stor Hastighed, at det bliver farligt for Vejbefæstelsen. Men det viser sig, at man i Bakke- og Bjærgland i hvert Tilfælde ikke kan nøjes med et saadant Fald, uden at faa for lange Omveje eller for store Byggeudgifter. Man maa derfor træffe Bestemmelse om, hvilke Stigninger man passende kan anvende, og hvor stor største Stigning kan være.

Med nogenlunde Nøjagtighed kan den største tilladelige Stigning for en Vej bestemmes ved Trækdyrenes Ydeevne. Af Tabel 17 ses, at Nyttevirkningen tager meget stærkt af, naar Stigningen vokser. Under de der gjorte Forudsætninger kan en Hest paa Stigningen $\operatorname{tg}\alpha = \frac{Z_0}{G} = 0{,}21$ netop trække sig selv op, hvis den skulde udføre dette Arbejde i hele Arbejdstiden $t = 8$ Timer; er Stigningen 60—70 $^0/_{00}$ vilde et Par Heste endnu kunne trække en almindelig, tom Arbejdsvogn paa en makadamiseret Kørebane, og først naar Stigningen bliver mindre, vilde det være muligt at have Læs paa Vognen, og dette kunde paa god makadamiseret Vej være omtrent det dobbelte af Vognens Egenvægt, hvis Stigningsforholdet var 20 $^0/_{00}$. Hvis man ansaa det for heldigt at have et bestemt Forhold mellem Vognens Egenvægt og Læsset, og var det muligt at gennemføre samme Stigning paa hele Vejen, vilde det være let at finde, hvor stor den skulde være. Men nu kan det ikke undgaas, at man paa een og samme Vej faar et stort Antal forskellige Stigninger; man kan derfor ikke regne med at faa Trækkraften fuldstændig udnyttet paa hele Vejen, men Opgaven vil være den at forme Længdeprofilet saaledes, at Forholdene bliver saa gunstige som muligt, d. v. s. saaledes, at Dyrenes Trækkraft udnyttes saa godt som muligt. Som det tidligere blev fremhævet, faas et særlig stort Arbejde af et Trækdyr, og udnyttes dets Trækkraft paa mest fuldkommen Maade, naar Læsset afpasses efter Middelværdierne Z_0, t og c af Trækkraft, Arbejds-

tid og Hastighed. Hvis man havde bestemt dette Læs efter vandret Vej, altsaa saaledes at Dyret paa alle vandrette Vejstykker udnyttes fuldstændig, maatte det overanstrenges paa alle Stigninger, og det samlede Arbejde vilde blive mindre. Var Læsset derimod bestemt efter den største forekommende Stigning, vilde Dyrets Trækkraft ikke blive fuldstændig udnyttet paa alle svagere Stigninger, og det samlede Dagsarbejde vilde igen blive mindre. Deraf fremgaar, at man faar den mindste Formindskelse af det samlede Dagsarbejde, hvis man bestemmer Læssets Størrelse efter den Stigning, der forekommer særlig hyppigt paa den paagældende Vej og paa længere Strækninger. Paa alle stærkere Stigninger maa Hestene saa yde mere end det normale, men den største tilladte Stigning maa saa bestemmes derved, at Hestene skal kunne taale denne Overanstrengelse, uden at lide Skade derved. Erfaringen viser, at man uden Risiko i kortere Tid — fra $^1/_2$ til $^3/_4$ km — kan forøge Trækkraften til det dobbelte af dens Middelværdi, naar Hestene derefter kan faa Lejlighed til at tage Vejret og samle nye Kræfter. Dette giver en bestemt Metode til at bestemme en Vejs største tilladelige Stigning.

Skal man bygge en ny Vej, er den paa Egnen tilladelige Gennemsnitsstigning givet ved Størrelsen af det Læs, der i Almindelighed anvendes. Denne Gennemsnitsstigning ($\operatorname{tg} \alpha_1$) faas af Ligningen

$$Z_0 = \mu \cdot N + (N + G) \operatorname{tg} \alpha_1,$$

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{Z_0 - \mu \cdot N}{N + G} \tag{53}$$

hvor Z_0 er Hestens Middeltrækkraft,
μ - Modstandskoefficienten (afhængig af Vej og Vogn),
G - Hestens Vægt,
N - er den sædvanlige Vægt af en læsset Vogn.

Den største tilladelige Værdi af Stigningen ($\operatorname{tg} \alpha_0$) faas da af

$$2 Z_0 = \mu \cdot N + (N + G) \operatorname{tg} \alpha_0$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{2 Z_0 - \mu \cdot N}{N + G} \tag{54}$$

For Veje i Sletteland, hvor man ofte kan sætte Middelstigningen $\operatorname{tg} \alpha_1 = 0$, er da

$$Z_0 = \mu \cdot N$$

og

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{\mu \cdot N}{N + G} = \mu \tag{55}$$

idet der ses bort fra Hestens Egenvægt.

Herefter vilde da den største tilladelige Stigning i Sletteland være

for makadamiserede Veje for $\mu = \frac{1}{33}$, $\operatorname{tg} \alpha_0 = 30\,{}^0/_{00}$,
- brolagte Veje - $\mu = \frac{1}{50}$, $\operatorname{tg} \alpha_0 = 20\,{}^0/_{00}$,

I Würtemberg har *Laissle* for makadamiserede Veje i Bakkeland regnet

med $N = 400 + 1200 = 1600$ kg for een Hest. For en Vægt af en Hest $G = 350$ kg og $Z_0 = 75$ kg vilde man da finde

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{75 - 0{,}03 \cdot 1600}{1600 + 350} = 13{,}6\ ‰$$

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{150 - 0{,}03 \cdot 1600}{1600 + 350} = 52{,}2\ ‰$$

Var det kun lette Vogne, der kørte paa en saadan Vej, f. Eks. med $N = 900$ kg, vilde største Stigning blive

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{150 - 0{,}03 \cdot 900}{900 + 350} = 98\ ‰$$

I Bjærgland, hvor Højdeforskellene er større, medfører Anvendelse af de ovenfor angivne Regler for saa vidt Mangler, som største Stigning kun kan anvendes paa kortere Strækninger, mellem hvilke der maa indskydes fladere Stigninger, der kræver en ret stor Længde, hvorved de aarlige Udgifter forøges, og hertil kommer, at disse forskellige Stigningsforhold gør Kørslen ned ad Bakke vanskeligere. Man gør derfor hellere Stigningen ens paa længere Strækninger, og bestemmer Stigningsforholdet derved, at man vælger en eller anden Værdi af dette, og derefter for denne beregner de samlede aarlige Udgifter; de forskellige valgte Værdier kan da sammenlignes. Man maa ved denne Undersøgelse bestemme Størrelse og Retning for den svære Trafik; en stærk Trafik kan kræve fladere Stigninger, og stærkere Stigninger kan f. Eks. være tilladelige, hvis den svære Trafik især foregaar nedad Bakke.

Af disse Betragtninger fremgaar, at det vil være forkert at anvende enkelte stærke Stigninger paa en Vej, fordi dette enten vilde medføre en Formindskelse af Læsset for hele Vejen, eller kræve en i hvert Fald omstændelig og kostbar Forspandskørsel paa disse stejle Stykker.

Føres denne Undersøgelse videre, vil man komme til det Resultat, at Kørslen med Personvogne ikke vil forandre noget af, hvad her er sagt; det bliver i alle Tilfælde Arbejdskørslen, der bliver bestemmende for det Stigningsforhold, der skal anvendes.

Det er uhensigtsmæssigt uden Nødvendighed at anvende *tabte Stigninger*, hvorved forstaas, at man efter en Stigning (eller et Fald) straks lægger et Fald (eller en Stigning), fordi man derved vilde faa et Tab af mekanisk Arbejde. Tabte Stigninger kan forsvares, hvor de giver Anledning til en betydelig Besparelse i Byggeudgifter, som f. Eks. hvor en Vej skal føres ned til en Bro over et Vandløb med høje Bredder, idet man ved at lægge Broen lavt, faar den billigere; eller Jordarbejdet kan reduceres betydeligt, eller man kan faa et fordelagtigt Udligningspunkt ved Anvendelse af tabte Stigninger.

Der skal her desuden gøres opmærksom paa, at Transportudgifterne bliver lavest, naar højeste og laveste Punkt af en Vej forbindes med een ret Linie, idet enhver Sænkning eller Løftning af Længdeprofilet under eller over denne rette Linie vil forøge Transportudgifterne som en tabt Stigning.

Efter Ligning 67 beregnes Transportudgifterne for en Ton paa den stigende Vej AB (Fig. 42)

$$K \cdot l = M \frac{l}{\left(1 - \frac{1}{3}\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}\alpha_0}\right)^2} = \frac{9\,M l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{(3l\operatorname{tg}\alpha_0 - h)^2} =$$

$$= \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{a^2}$$

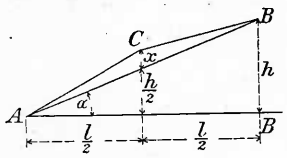


Fig. 42.

og paa de to Stigninger AC og CB

$$K' \cdot \frac{l}{2} = \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{8\left[3\frac{l}{2}\operatorname{tg}\alpha_0 - \left(\frac{h}{2} + x\right)\right]^2} = \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{2\,(a - 2x)^2}$$

og

$$K'' \cdot \frac{l}{2} = \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{8\left[3\frac{l}{2}\operatorname{tg}\alpha_0 - \left(\frac{h}{2} - x\right)\right]^2} = \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{2\,(a + 2x)^2}$$

og

$$(K' + K'')\frac{l}{2} = \frac{9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0}{2} \cdot \frac{(a + 2x)^2 + (a - 2x)^2}{(a^2 - 4x^2)^2} =$$

$$9\,M\,l^3 \operatorname{tg}^2\alpha_0 \frac{a^2 + 4x^2}{(a^2 - 4x^2)} = Kl \frac{a^2(a^2 + 4x^2)}{(a^2 - 4x^2)^2}.$$

Forskellen mellem Transportudgifterne paa de to Veje ACB og AB er altid positiv, idet

$$(K' + K'')\frac{l}{2} - K \cdot l = K \cdot l \frac{a^2(a^2 + 4x^2) - (a^2 - 4x^2)^2}{(a^2 - 4x^2)^2} = K \cdot l\, 4x^2 \frac{3a^2 - 4x^2}{(a^2 - 4x^2)^2}$$

Det vil ses, at Virkningen af et Knæk i Længdeprofilet er desto større, jo mindre $\operatorname{tg}\alpha_0$ er; den er altsaa mere fremtrædende i Sletteland end i Bakkeland, og her igen mere end i Bjærgland. Virkningen er ogsaa desto større, jo større den ensartede Stigning $\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{l}$ er i Sammenligning med $\operatorname{tg}\alpha_0$.

Efter Strækninger, hvor Maksimalstigningen er blevet anvendt, maa der under visse Forhold følge Strækninger med svagere Stigning, for at Hestene kan faa Lejlighed til at hvile. Paa Steder, hvor der skal bygges Broer og Gennemløb, er Vejens Højde bestemt af disse; hvor der findes Vejskæringer, er Højden ligeledes bestemt, og det samme er Tilfældet, hvor en Vej kommer til at ligge ved en Flod eller et Vandareal, idet højeste Vandstand her er bestemmende, maaske med Hensyntagen til Bølgeslaget.

I skarpe Kurver maa Stigningerne gøres mindre, og desto mere, jo mindre Kurveradius er. Grunden hertil er det Krafttab, som ved Kørsel op ad Bakke lides, ved at Trækket ikke virker i Retning af Vognens Midtlinie, og den for Hestene uheldigt virkende Holden igen paa Vognen ved Kørsel ned ad Bakke. I Kurver vil Trækket danne en vis Vinkel v med Vognens Midtlinie, og kun

den tilsvarende Komposant af Trækkraften K cos v bliver nyttig til Vognens Bevægelse. Følgelig maa Stigningsforholdet formindskes, hvis man vil holde Trækkraften konstant.

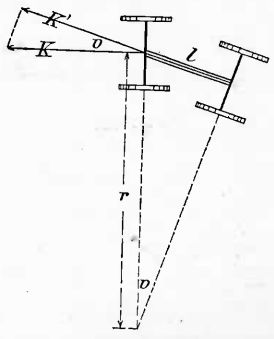


Fig. 43.

Vinklen v bestemmes af Middelradius r for Forhjulenes Bane og Akselafstanden l ved $\sin v = \frac{l}{r}$ (Fig. 43). Den nyttige Komposant af Trækkraften k er

$$K' = K \cos v = K \sqrt{1 - \frac{l^2}{r^2}}$$

Hvis nu Trækket K er tilstrækkeligt paa Stigningen s, altsaa Vægten af Læsset er $Q = \frac{K}{\mu + s}$, saa kan i en Kurve med Radius r Stigningen kun være s' bestemt ved $Q = \frac{K'}{\mu + s'}$; altsaa er;

$$\frac{K}{\mu + s} = \frac{K'}{\mu + s'} = \frac{K \cos v}{\mu + s'}$$

hvoraf

$$\mu + s' = (\mu + s) \cos v$$

eller

$$s' = s \cos v - \mu (1 - \cos v)$$

Sættes heri med Tilnærmelse

$$\cos v = 1 - \frac{l}{r}$$

faas

$$s' = s - (s + \mu) \frac{l}{r}$$

I Overensstemmelse med hvad her er sagt, har man enkelte Steder som f. Eks. i Baden foreskrevet en Stigningsformindskelse paa Vendepladserne, d. v. s. Knækpunkterne for en Bjærgvej, der i Zigzag føres op gennem en Dal.

Noget lignende kan fremkomme, hvor en Vej i Zigzag føres op over en høj Jærnbanedæmning; et Eksempel herpaa findes paa Jernbanelinien mellem Vejle og Munkebjerg.

For Stigningsforholdet er der i mange Lande fastsat Regler, der ofte er ret forskellige, idet det her maa erindres, at man i ældre Tider tillod stærkere Stigninger end nu.

Det preussiske Regulativ af 1834 foreskrev for Veje i Bjærgland en største Stigning 1 : 18 (56 ‰), i Bakkeland 1 : 24 (42 ‰); det nyere Regulativ af 17. Maj 1871 fastsatte følgende største Stigninger:

i Bjærgland	50 ‰
- Bakkeland	40 ‰
- Sletteland	25 ‰

og for en fortsat Stigning paa over 30 m Højde, hvor Stigningsforholdet er større end 40 ‰, skal for hver 30 m Højde Stigningsforholdet formindskes med 5 ‰, indtil det naar ned til 40 ‰. Hvor der paa længere Strækninger ikke kan undgaas en Maksimalstigning paa over 40 ‰, skal der med 600—800 m Afstand indlægges Hvilepladser, mindst 30 m lange, med højst 10 ‰ Stigning.

I *Bayern* maa efter Bestemmelserne af 26. Marts 1874 største Stigning ikke være større end 50 ‰.

I *Schweiz* er de største Stigningsforhold som Regel 70—100 ‰, i enkelte Tilfælde ned til 50 ‰, i andre op til 120—140 ‰. Gotthard- og Axenstrasse-, Furka- og Oberalpvejene i Kanton Uri har største Stigning 100 ‰.

I *Danmark* findes ingen almindelige Bestemmelser for Vejes Stigningsforhold. Kun for det Tilfælde, at Veje omlægges i Anledning af Jernbaneanlæg, er det fastslaaet, at man ved saadanne Vejforlægninger og ved Ramper ikke maa anvende Stigninger større end 33 ‰ ved Landeveje, 50 ‰ ved Biveje og 80 ‰ ved Privatveje. Imellem forskellige Stigninger skal indlægges de fornødne Overgangsstigninger.

Laissle anbefaler at bruge følgende Stigningsforhold:

Hovedveje i Sletteland	30‰
» - Bakkeland.....	40— 50 ‰
» - Bjærgland	60 ‰
Alpeveje	70— 80 ‰
Biveje.....	60— 70 ‰
Mark og Skovveje med Transporterne ned ad Bakke.....	100—120 ‰

I denne Forbindelse kan det være rigtigt at henvise til, at Stigningen paa en Kørebane maa være desto svagere, jo glattere Vejbefæstelsen er. Som største tilladelige Stigning kan man af denne Grund sætte:

	Hovedveje	Sideveje
for Makadanisering og Brolægning i Bjærgegne	50 ‰	100 ‰
- — — - Sletteland	25 ‰	50 ‰
- Chaussébrolægning og Tjæremakadanisering	60 ‰	

c. *Beregning af Transportudgifterne.*

I mange Tilfælde kan det være af Betydning at kunne beregne Transportudgifterne for en given Vej. Har man saaledes udført en Liniebestemmelse for en Vej mellem to opgivne Punkter, vil man meget ofte være kommet til det Resultat, at der imellem disse kan indlægges ikke een men to eller maaske flere Vejlinier. Forholdene kan da ligge saaledes, at den af disse Vejlinier maa foretrækkes, for hvilken Summen af de aarlige Udgifter d. v. s. Summen af Anlægskapitalens Forrentning og af Udgifterne til Vejens Vedligeholdelse og Transportudgifterne bliver mindst. [1])

---

[1]) *Loewe:* Strassenbaukunde, Wiesbaden 1906, S. 159.

Udtrykket

$$(a \cdot \frac{z}{100} + u + b)\, l \qquad (56)$$

skal derfor være Minimum, idet

a er Anlægskapitalen pr. km
u - den aarlige Udgift til Vedligeholdelse pr. km
b - Transportudgifterne pr. Aar pr. km
z - den Rente, der betales
l - Vejens Længde i km.

Der tænkes som Regel udelukkende paa den svære Arbejdskørsel, og Personvognskørsel regnes der kun med, hvor den er saa stærk, at den kan faa nogen Betydning. Her er kun regnet med Kørsel med Heste.

Størrelserne *a* og *u* tages ofte som Gennemsnitsværdier for Veje af samme Art og under lignende Forhold; *a* faas dog bedre ved en foreløbig Beregning, men ofte er det da nødvendigt at udføre en saadan for alle de Vejlinier, der kan være Tale om, og dette Arbejde kan selvfølgelig blive ret stort.

Og med Hensyn til de aarlige Transportudgifter $b \cdot l$, saa afhænger de især ved Arbejdskørsel i Hovedsagen af Vejens Længdeprofil, da dette bestemmer Størrelsen af det Læs, den enkelte Hest kan trække. Dette Læs maa betragtes som givet, idet det er bestemt ved det Vejnæt, der ellers findes paa Egnen, og den nye Vej vil komme til at indgaa som et Led af dette. Hvis det derimod er et mere selvstændigt Vejanlæg, der undersøges, maa man først bestemme det Læs, der kan anvendes paa hver af Vejlinierne under Hensyn til disses Stigningsforhold. Skifter Stigningsforholdene ofte, findes de største Værdier kun paa kortere Strækninger og saaledes beliggende, at der efter dem altid følger svagere Stigninger, hvor Hestene kan hvile, maa Læsset, efter hvad der er sagt ovenfor, bestemmes efter den gennemsnitlige Stigning. Og som denne regnes Summen af alle de Højder, der skal passeres i den ene Retning, divideret med Summen af Længderne af de vandrette Projektioner af disse Stigninger. Var Længdeprofilet derimod saaledes formet, at der findes lange stærke Stigninger, maa Læssets Størrelse bestemmes efter disse og beregnes af Ligning (19) for Z lig den normale Trækkraft Z_0, hvis man da ikke paa saadanne Steder vil anvende Forspand.

Efter at Læsset er bestemt, kan man, da ogsaa Vognens Egenvægt maa forudsættes bekendt, for hvert enkelt Stykke af Vejen ved Hjælp af Ligningerne (18) og (25) først beregne den Trækkraft, der er nødvendig paa dette Stykke, derefter Arbejdet som Produktet af denne Trækkraft og Stykkets Længde, og endelig det samlede aarlige Arbejde svarende til en vis aarlig Godsmængde. Kender man saa Transportprisen f. Eks. pr. Tonkm, vil man kunne beregne de aarlige Transportudgifter for dette Stykke Vej.

Transportudgifterne pr. Tonkm kan nu efter *Launhardt* bestemmes paa følgende Maade.

Trækkraften Z pr. Hest, der er nødvendig for at trække Læsset Q_n paa en Vej, hvor Stigningen er tg α og Modstandskoefficienten μ, er efter Ligning (18)

$$Z = \mu (Q_w + Q_n) + (Q_w + Q_n + G) \operatorname{tg} \alpha,$$

hvor

Q_w er Vognens Vægt pr. Hest
Q_n - Læssets — —
G - Vægten af en Hest.

Sættes

$$Q_w + Q_n = Q,$$

faas

$$Z = \mu Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha.$$

Da Trækkraften i Almindelighed ikke er lig Middelværdien Z_0, men maa bestemmes ved Ligning (27)

$$Z = Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{v}{c}\right),$$

hvor c er Hastigheden under de gunstigste Forhold, v Hastigheden i det betragtede Tilfælde, saa har man

$$Z_0 \left(3 - 2 \cdot \frac{v}{c}\right) = \mu \cdot Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha, \tag{57}$$

hvoraf man faar Hastigheden ved Kørsel op ad Bakke

$$v = \frac{c}{2} \left[3 - \frac{\mu \cdot Q + (Q + G) \operatorname{tg} \alpha}{Z_0}\right] \tag{58}$$

eller

$$v = \frac{c}{2} [3 - \mu q - (q + g) \operatorname{tg} \alpha], \tag{59}$$

idet

$$\frac{Q}{Z_0} = q \quad \text{og} \quad \frac{G}{Z_0} = g. \tag{60}$$

Paa samme Maade finder man ved Kørsel ned ad Bakke, hvor Hestene endnu skal trække

$$v' = \frac{c}{2} \left[3 - \frac{\mu Q - (Q + G) \operatorname{tg} \alpha}{Z_0}\right] \tag{61}$$

eller

$$v' = \frac{c}{2} [3 - \mu \cdot q + (q + g) \operatorname{tg} \alpha], \tag{62}$$

medens Kørsel ned ad stejlere Bakker, hvor der skal bremses, regnes som Kørsel paa vandret Vej.

Er Hastigheden fundet, faas den Tid, der medgaar til Kørsel gennem 1 km

$$\frac{1000}{v} \text{ Sekunder} = \frac{1000}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60} \text{ Arbejdsdage,}$$

idet z er den virkelige, daglige Arbejdstid i Timer. Er de daglige Udgifter til Køretøj k Kr. pr. Hest, er Udgifterne til Transport af Læsset over en Afstand af 1 km

$$\frac{1000}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60} \text{ k Kr.}$$

og Udgifterne til Transport af 1 kg af Læsset over 1 km

$$\frac{1000}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60 \cdot Q_n} \text{ k Kr.}$$

og endelig Enhedsprisen pr. Tonkm d. v. s. Værdien af det Arbejde, der maa anvendes til Transport af et Læs paa 1 Ton ad en Vej, der stiger under Vinklen α, gennem en Vej af Længde 1 km

$$K = \frac{1000^2 \cdot k}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60 \cdot Q_n} = \frac{1000^2 k}{Z_0 \cdot c \cdot t \frac{v}{c} \cdot \frac{z}{t} \frac{Q_n}{Z_0} \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1000^2 \cdot k}{A_0 \left(\frac{v}{c}\right)^2 q_n}, \tag{63}$$

idet

$$A_0 = Z_0 \cdot c \cdot t \cdot 60 \cdot 60$$

$$q_n = \frac{Q_n}{Z_0}$$

og Z_0 og Q_n indsættes i kg, c i m/Sek. og t i Timer.

For hvert Stigningsforhold ($tg\,\alpha$) faas en særlig Værdi for Hastigheden v (eller v') og som Følge deraf ogsaa for Udgiften K.

Indsætter man Værdierne af $\frac{v}{c}$ fra Ligningerne (59) og (62) i (63), faar man Udgifterne pr. Tonkm ved Kørsel op ad Bakke

$$K = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k}{A_0 \cdot q_n [3 - \mu q - (q + g)\, tg\, \alpha]^2} \quad [1] \qquad (64)$$

og ved Kørsel ned ad Bakke

$$K' = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k}{A_0 \cdot q_n [3 - \mu q + (q + g)\, tg\, \alpha]^2} \qquad (65)$$

Efter at man for alle de enkelte Strækninger baade har bestemt det mekaniske Arbejde, der er nødvendigt, og Prisen for dette Arbejde, faar man ved Summering af disse enkelte Bidrag det samlede Arbejde og de samlede Udgifter ved Transport af dette Læs gennem hele Vejen.

Hvis en Vogn kun transporterer Læs i den ene Retning, og kører tom i den anden, maa der til de beregnede Transportudgifter lægges Udgifterne til denne Tomkørsel.

Udgifterne til den tomme Vogns Returkørsel er for 1 km Vej

$$\frac{1000\,k}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60},$$

hvor v er den Hastighed, med hvilken Vognen kører.

Af denne Udgift falder pr. Tonkm for Læsset efter ovenstaaende Udvikling

---

[1]) Er Højden, Læsset skal løftes, h, er Vejens Længde $l = \frac{h}{tg\,\alpha}$, og Udgifterne til Transport af et Læs paa 1 Ton gennem Højden h.

$$K \cdot l = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k \cdot h}{A_0 \cdot q_n \cdot tg\,\alpha\, [3 - \mu q - (q + g)\, tg\, \alpha]^2}.$$

Heraf kan man finde den gunstigste Værdi $tg\,\alpha$ af Stigningsforholdet, der for et givet Læs gør Udgiften saa lille som muligt; af

$$\frac{d\,(K \cdot l)}{d\,(tg\,\alpha)} = 0$$

faas

$$tg\,\alpha_0 = \frac{3 - \mu \cdot q}{3\,(q + g)}. \qquad (66)$$

Indsætter man herfra $q + g = \frac{3 - \mu \cdot q}{3\, tg\, \alpha_0}$ i Ligningerne (64) og (65), kan disse skrives som

$$K = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k}{A_0 \cdot q_n (3 - \mu q)^2} \frac{1}{\left(1 - \frac{tg\,\alpha}{3 \cdot tg\,\alpha_0}\right)^2} = M \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{3}\frac{tg\,\alpha}{tg\,\alpha_0}\right)^2} \qquad (67)$$

og

$$K' = M \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{3}\frac{tg\,\alpha}{tg\,\alpha_0}\right)^2} \qquad (68)$$

$$\frac{1000^2 k}{v \cdot z \cdot 60 \cdot 60 \cdot Q_n} = \frac{1000^2 k}{A_0 \cdot \left(\frac{v}{c}\right)^2 \cdot q_n}$$

Hastigheden for Tomkørslen faas af Ligning (58) og (61), idet

$$\frac{Q_w}{Z_0} = q_w \text{ i Stedet for } \frac{Q}{Z_0} = q$$

$$v = \frac{c}{2}\left[3 - \mu \cdot q_w \mp (q_w + g) \operatorname{tg} \alpha\right],$$

følgelig skal der til de tidligere beregnede Udgifter pr. Tonkm, naar Tomkørslen foregaar op ad Bakke, lægges

$$K_1 = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k}{A_0 \cdot q_n \left[3 - \mu \cdot q_w - (q_w + g) \operatorname{tg} \alpha\right]^2} \tag{69}$$

og naar den foregaar ned ad Bakke

$$K_1' = \frac{4 \cdot 1000^2 k}{A_0 \cdot q_n \left[3 - \mu \cdot q_w + (q_w + g) \operatorname{tg} \alpha\right]^2} \tag{70}$$

eller, naar man indfører Værdien

$$\operatorname{tg} \alpha_0' = \frac{3 - \mu \cdot q_w}{3 (q_w + g)}$$

$$K_1 = \frac{4 \cdot 1000^2 \cdot k}{A_0 \cdot q_n (3 - \mu \cdot q_w)^2} \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{3} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0'}\right)^2} = M' \frac{1}{\left(1 - \frac{1}{3} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0'}\right)^2} \tag{71}$$

og

$$K_1' = M' \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{3} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha_0'}\right)^2} \cdot \tag{72}$$

Z_0, Q_w, Q_n og G er udtrykt i kg, c i m/Sek., t i Timer.

Fremgangsmaaden ved Beregning af Transportudgifterne for en given Vejlinie med bekendt Trafik bliver da følgende:

Man bestemmer Udgifterne ved Transport af et Læs paa 1 Ton over hvert enkelt Stykke af Vejen i begge Retninger, idet der efter Omstændighederne lægges til for tom Returkørsel, og Fald stærkere end Bremsefaldet regnes som vandrette Strækninger. Summen af alle disse Enkeltværdier er Transportudgiften for et Læs paa 1 Ton over hele Vejens Længde, og ved Multiplikation med det aarligt transporterede Antal Tons faar man de samlede aarlige Transportudgifter.

Beregningen af Transportudgifterne for en Vej, der er sammensat af mange forskellige Stigninger, er imidlertid efter denne Metode meget besværlig, og *Launhardt* har derfor foreslaaet følgende Fremgangsmaade:

Arbejdet og dermed Transportudgifterne kan findes ved Hjælp af den virtuelle Længde, der her er Længden af en vandret Vej, paa hvilken man under Forudsætning af, at Læssets Størrelse er saa fordelagtig som mulig, kunde transportere 1 Ton for samme Udgift som paa den Vej, der undersøges. *Launhardt* har da beregnet de virtuelle Længder for forskellige Stigningsforhold, efter de af ham udviklede Formler; han sætter Nyttelæsset til et Multiplum af Trækkraften $q = \frac{Q}{Z} = 35$ i vandret Terrain, $q = 26$ i Sletteland, $q = 19$ i Bakkeland og $q = 14$ i Bjærgland; han finder da for Kørsel op og ned ad Bakke i Gennemsnit (Tabel 21).

Tabel 21.

	Stigninger i ‰										
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Vandret Terrain . .	1,00	1,06	1,22	1,63	2,00						
Sletteland	1,08	1,10	1,19	1,33	1,58	2,04	2,92				
Bakkeland	1,29	1,30	1,35	1,43	1,55	1,77	2,03	2,52			
Bjærgland	1,61	1,62	1,65	1,70	1,79	1,91	2,08	2,37	2,75	3,26	3,98

Er f. Eks. med 30 ‰ Stigning Længden af en Vej i Bakkeland 1,5 km, saa er dens virtuelle Længde efter Launhardt $L_v = 1{,}55 \cdot 2{,}03 = 3{,}045$ km. Multiplicerer man denne Længde med den aarlige Trafikmængde i Tons, faar man Aarsarbejdet paa den som Sammenligningsbasis valgte vandrette Linie. Er Trafikken op ad Bakke og ned ad Bakke forskellig, maa de virtuelle Længder beregnes hver for sig for Kørsel op og ned ad Bakke.

§ 12. Vejenes Længde i Danmark.

Tabel 22.

	Areal	Landevejenes Længde $^{31}/_{12}$ 1920	Bivejenes Længde 1918
	km²	km	km
Kjøbenhavns Amt (udenfor Kjøbenh.)	1 173	199,3	1 067,4
Frederiksborg —	1 359	316,3	1 097,4
Holbæk —	1 722	314,1	1 737,5
Sorø —	1 481	314,2	1 591,5
Præstø —	1 693	373,0	1 792,2
Bornholms —	588	242,4	635,8
Maribo —	1 789	323,9	1 893,6
Svendborg —	1 665	462,9	1 828,7
Odense —	1 809	490,3	2 062,5
Øerne	13 279	3 036,4	13 706,6
Vejle Amt	2 350	392,4	2 981,0
Aarhus —	2 510	466,0	2 970,9
Randers —	2 460	332,3	2 606,6
Aalborg —	2 933	419,5	2 575,7
Hjørring —	2 853	291,1	2 125,0
Thisted —	1 774	308,2	1 517,0
Viborg —	3 058	642,9	2 483,6
Ringkjøbing —	4 623	455,2	4 427,3
Ribe —	3 060	423,3	2 760,0
Haderslev —	1 369	262,3	
Aabenraa —	769	168,4	
Sønderborg —	442	100,5	
Tønder —	1 372	303,4	
Jylland	29 573	4 565,5	24 447,1
Hele Landet	42 852	7 601,9	38 153,7

§ 13. Transport paa Jernbaner.

1. Togmodstandens teoretiske Bestemmelse[1]).

For at bevæge et Tog maa man overvinde en Række Modstande som Hjulakslernes Glidning i Lejerne, Hjulenes Rulning paa Skinnerne, Luftmodstanden, indre Modstand i Lokomotivet, Modstanden i Kurve og paa stigende Vej.

a. *Hjulakslernes Glidning i Lejerne.*

Den Gnidningsmodstand, som fremkommer ved Hjulakslernes Glidning i Lejerne, afhænger af Arten af de to Metaller, der glider paa hinanden, og af Smøringen; den er efter Coulombs Lov proportional med det Tryk, som fremkalder den.

Hvis P er hele Vognens Vægt, p Vægten af Hjul og Aksler, er det Tryk, der fremkalder Gnidningsmodstanden P — p. Hvis f er Gnidningskoefficienten, d. v. s. efter Coulombs Lov det konstante Forhold mellem Gnidningsmodstand og Tryk, vil Størrelsen af Gnidningsmodstanden være

$$f\ (P - p)$$

og denne Kraft vil være rettet efter Tangenten til Akslen.

For at finde denne Krafts Arbejde, medens Vognen gennemløber Enhed af Vejlængde, vil vi kalde Akslens Radius r og Hjulets Radius R. For en Omdrejning af Hjulet vil Gnidningsmodstanden gennemløbe en Vej $2\pi r$ og dens Arbejde vil derfor være

$$2\pi r \cdot f\,(P - p).$$

I samme Tid har Vognen gennemløbet en Vejlængde $2\pi R$, og henført til Enhed af den af Vognen gennemløbne Vej vil Gnidningsarbejdet være

$$\frac{2\pi r \cdot f\,(P - p)}{2\pi R}$$

eller

$$f\,(P - p) \cdot \frac{r}{R}$$

Efter nogle Opgivelser[2]) vokser (1) Friktionskoefficienten, naar Trykket

[1]) *Humbert*: Traité des Chemins de fer, II. Paris 1908. S. 336.

[2]) *Webb*: The economics of Railroad Construction, New York 1915, S. 191.

bliver mindre; den er (2) størst ved meget langsom Hastighed, tager derpaa af til et Minimum ved en Hastighed, svarende til en Toghastighed paa omtrent 20 km i Timen, hvorpaa den langsomt vokser med Hastigheden. Friktionskoefficienten afhænger af (3) Smøringen, idet den kan blive reduceret til $\frac{1}{6}$ eller $\frac{1}{10}$, naar Akslen er godt smurt. Den er (4) endvidere mindre ved høj end ved lav Temperatur.

Den praktiske Virkning heraf er, at (1) læssede Vogne har en mindre Modstand pr. ton end tomme Vogne. Naar Toget sættes i Gang (2) er Modstanden størst, og ved en Hastighed paa 3 à 4 km i Timen vil den være faldet til det halve, og ved en Hastighed paa 15 km i Timen til en Fjerdedel. Man har fundet, at Modstanden er mindst ved en given Hastighed, hvis man er kommet til denne fra en højere Hastighed end fra en lavere, hvilket hænger sammen med den højere Temperatur i Lejet ved den større Hastighed.

Kuglelejer er blevet noget anvendt ved Jernbanevogne. Man har fundet, at de i betydelig Grad formindsker Igangsætningsmodstanden, men at Fordelen ved dem bliver mindre og mindre, eftersom Hastigheden vokser. Om Brugen af Kuglelejer gør Reparation og Vedligeholdelse af Materiellet billigere er endnu ikke blevet prøvet i større Udstrækning, saaledes at de økonomiske Forhold endnu stiller sig noget usikre.

b. *Gnidningen mellem Hjul og Skinner.*

Gnidningen mellem Hjul og Skinner er proportional med Trykket, omvendt proportional med Hjulradius og virker tangentielt til Hjulet.

Denne nye Gnidningskoefficient f′ er Gnidningsmodstanden for et Hjul med 1 m Radius under Enhed af Tryk. Trykket er P, og da dette Tryks Angrebspunkt gennemløber samme Vej som Vognen, vil dets Arbejde henført til Enhed af Vognens Vej være

$$f' \frac{P}{R}$$

Bestemmelse af den rullende Modstand ved Forsøg er meget vanskelig, fordi det er vanskeligt at holde dens Virkning ude fra Virkningen af Friktionen mellem Aksel og Nav. En anden praktisk Vanskelighed er, at den rullende Modstand paa et Spor staar i nøje Forbindelse med Sporets Eftergivenhed, der igen afhænger ikke alene af Skinnernes Elasticitet, men ogsaa af Bevægelsen af Sveller og Ballast under Trykkets Indvirkning. Men da den rullende Friktion er overmaade lille, har det ingen Betydning at foretage en nøjagtig Bestemmelse af den og efter Sagens Natur er det ikke muligt at gøre noget for at formindske den. Brugen af haardere Skinnemateriale med højere Elasticitetskoefficient vilde maaske bevirke nogen Reduktion, men denne vilde sikkert blive saa lille, at den ikke vilde faa nogen Betydning.

c. *Luftmodstanden.*

Man regner, at den Modstand, som Luften gør mod et Legemes Bevægelse er proportional med Hastighedens Kvadrat og med Projektionen af Legemet paa en Plan vinkelret paa Bevægelsesretningen.

Er K en Konstant, S Vognens Modstandsflade og V Hastigheden, saa er det Arbejde, som det koster at overvinde denne Modstand

$$K\,S\,V^2$$

I det Tilfælde en Vogn med Hastigheden V gennemløber en lige vandret Linie, vil det totale Arbejde, der kræves til at vedligeholde Bevægelsen, være

$$f(P-p)\frac{r}{R}+f'\frac{P}{R}+KS\cdot V^2$$

Ser man noget nærmere paa den Modstand, Luften gør mod et helt Togs Bevægelse, vil der være Anledning til at dele denne Modstand i Modstanden paa Togets For- og Bagside og Modstanden paa dets Langsider. Modstanden paa For- og Bagsiden er omtrent den samme for alle Tog med samme Hastighed, idet den kun varierer med Tværsnittet af Lokomotiv og Vogne. Sidemodstanden varierer med Togets Længde og Sammensætning (aabne eller lukkede Vogne). Overdækning af Mellemrummene mellem Vognene i Persontog har formindsket Sidemodstanden ved at forhindre Lufthvirvler mellem Vognene. Som ovenfor anført varierer Luftmodstanden med Kvadratet paa Hastigheden, og skønt dette er omtrent rigtigt, har man dog paavist, at det ikke er helt nøjagtigt. Modstanden mod Togets Forside antager man er proportional med dets Tværsnit; men dette er sikkert langt fra rigtigt. Et Godstog, der f. Eks. bestaar dels af aabne Vogne, dels af lukkede Vogne, vil saaledes møde langt større Luftmodstand end et Godstog, som enten bestaar helt af aabne Vogne eller helt af lukkede Vogne. Og da Oprangeringen af Togene vil kunne give meget forskellige Sammensætninger af disse, vilde nøjagtige Forsøg over Luftmodstanden ikke kunne vente at faa megen Betydning.

Men foruden Luftmodstanden antager man, at Modstanden, hidrørende fra Togets Svingninger og fra dets Slag mod Skinnerne, varierer med Hastighedens Kvadrat. Disse to Ting skyldes Uregelmæssigheder i Sporet og Virkningen af Spors og Svellers Nedtrykning i Ballasten. Selv om det for det enkelte Tilfælde var muligt at bestemme Størrelsen af denne Modstand, vilde den fundne Værdi kun være rigtig for det paagældende Spor i den Tilstand, hvori det var, da Forsøget blev udført. Men her har de senere Aars almindelige Fremskridt i Sporets Vedligeholdelse haft overmaade stor Betydning for Formindskelsen af Togmodstanden. Men derfor vil det alligevel næppe være muligt at bestemme, hvor meget en vis Udgift til Sporets Vedligeholdelse virker til Nedsættelse af Togmodstanden, men det er ganske tydeligt, at de Togmodstande, man fandt ved Forsøg for 25 Aar siden, var højere end de Modstande, man nu finder paa de moderne Sporkonstruktioner.

d. *Modstanden paa stigende Vej.*

Hvis en Vogn af Vægt P bevæger sig paa et Spor, der med en vandret Plan danner Vinklen α, vil Vægten kunne opløses i en Kraft $P\sin\alpha$, der er parallel med Bevægelsesretningen, og i en Kraft $P\cos\alpha$, der er vinkelret paa

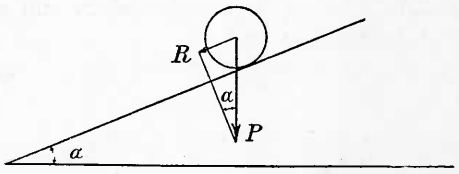


Fig. 44.

denne. Da nu Vinklen α paa Jerbaner altid er meget lille, kan cos α sættes lig 1, saaledes at den sidste Kraft er lig P, saa Tillæget til Modstanden mod Bevægelsen bliver lig P sin α. P sin α kan erstattes med P tg α, da α er en lille Vinkel, saa man altsaa kan erstatte Liniens virkelige Længde med dens vandrette Projektion. Nu er tg α imidlertid det samme som Stigningsforholdet s, saa Modstanden paa Grund af Stigningen kan skrives

$$P \cdot s$$

og dette Udtryk angiver ligeledes det Arbejde, denne Modstand udfører, naar Vognen gennemløber Enhed af Vejlængde.

Dette Arbejde er positivt eller negativt, eftersom Vognen bevæges op eller ned ad Stigningen.

e. *Kurvemodstanden.*

Kurver paa en Jernbanelinie giver Anledning til to Slags Modstand; den ene hidrører fra, at Hjulene er fastkilede paa Akslerne, den anden fra, at Akslerne er parallele. Der er endvidere en tredie Modstand, der skyldes Centrifugalkraften, men denne sidste betragter man sædvanligvis som ophævet ved den Overhøjde, som den ydre Skinne faar, selv om dette kun er nøjagtigt for den Hastighed, hvortil den paagældende Overhøjde svarer. Der skal derfor her kun tales om de to første Modstandskilder.

Hjulenes Fastkiling paa Akslerne giver en Gnidningsmodstand i Kurver, fordi de to Skinnestrenge i disse ikke er lige lange, saaledes at det ydre Hjul maa gennemløbe en længere Vej end det indre; de to Hjul er nemlig ved Fastkilingen bundne til at dreje lige hurtigt rundt, og da de har samme Diameter, maa i Kurver nødvendigvis det ene Hjul glide paa Skinnerne, eller det kan ske, at begge Hjul paa samme Aksel glider samtidigt. For Simpelheds Skyld vil vi antage, at hele Glidningen henføres til den ene Side af Vognen. Hvis ρ er Kurvens Radius og e Sporvidden, vil, naar Vognen gaar en Vejlængde 1 frem, Hjulet paa største Kurveradius gennemløbe en Vejlængde $1 + \frac{e}{2\rho}$ og paa mindste Kurveradius en Vejlængde $1 - \frac{e}{2\rho}$. Forskellen mellem disse to Vejlængder $\frac{e}{\rho}$ er altsaa den Vej, igennem hvilken Glidningen har fundet Sted. Da det er antaget, at Glidningen er henført til det ene af de to Hjul, vil Trykket, som frembringer Gnidningen være $\frac{P}{2}$, og naar Gnidningskoefficienten er f'', vil Gnidningsarbejdet være

$$f'' \frac{P}{2} \cdot \frac{e}{\rho}.$$

Denne Beregning er ikke helt rigtig; den forudsætter nemlig, at de to Radier, hvorpaa de to Hjul paa samme Aksel kører, er lige store, men dette

vil ikke være Tilfældet i Kurver, fordi Bandagerne er koniske. Selv om man antager, at Centrifugalkraften ophæves af Overhøjden, vil den dog føre Vognen ud imod den ydre Skinne, og det ydre Hjul vil da komme til at løbe paa en større Radius, og dette bevirker, at de to Hjul paa samme Aksel til en vis Grad kan gennemløbe ulige lange Veje, uden at Glidning finder Sted. Den Værdi af Gnidningsarbejdet, der er fundet ovenfor, er altsaa noget for stor. Man vilde uden Vanskelighed kunne tage Hensyn til Bandagens Konicitet i Beregningen, men Formlen vilde derved uden virkelig Nytte blive kompliceret. I Praksis benytter man nemlig empiriske Formler, hvis Koefficienter er bestemt under Hensyn til alle de foreliggende Forhold.

Akslernes Parallelisme frembringer i Kurverne en Tværglidning af Bandagerne paa Skinnerne, hvor Gnidningskoefficienten ligeledes er f″.

Hvis Vognen gennemløber en Cirkel med Radius ρ vil den, naar den kommer tilbage til sit Udgangspunkt, have foretaget en Drejning paa 360° omkring sit eget Centrum, og Gnidningspunktet vil have beskrevet en Cirkel med Radius $\sqrt{\frac{e^2 + L^2}{4}}$ og med Centrum i Vognens Midtpunkt, hvor L er Afstanden mellem Akslerne og e Sporvidden. Er a, b, c og d Vognens Understøtningspunkter, der ligger som Vinkelspidser i et Rektangel, og er o Vognens og Rektanglets Centrum findes

$$oc = \sqrt{oh^2 + ch^2} = \sqrt{\frac{e^2 + L^2}{4}}$$

idet h er Fodpunktet for en Linie fra o vinkelret paa cd.

Medens Vognen derfor gennemløber Enhed af Vejlængde, vil den Vej, der gennemløbes af Gnidningspunktet, være

$$\frac{\sqrt{\frac{e^2 + L^2}{4}}}{\rho} = \frac{\sqrt{e^2 + L^2}}{2\rho}$$

og det tilsvarende Arbejde er

$$f'' \cdot P \frac{\sqrt{e^2 + L^2}}{2\rho}$$

da det Tryk, der frembringer Gnidningen, er P.

Den samlede Kurvemodstand bliver derfor

$$f'' \frac{P}{2} \cdot \frac{e}{\rho} + f'' P \frac{\sqrt{e^2 + L^2}}{2\rho}$$

f. *Den samlede Modstand.*

Den samlede Modstand mod en Vogns Bevægelse kan da skrives

$$f(P—p)\frac{r}{R} + f'\frac{P}{R} \pm P \cdot s + KSV^2 + f''\frac{P \cdot e}{2\rho} + f''\frac{P\sqrt{e^2 + L^2}}{2\rho}$$

K.V.H.

Dette Udtryk angiver den Trækkraft, der er nødvendig for at overvinde disse Modstande, fordi Arbejdet er fundet under Forudsætning af, at Modstanden har gennemløbet Enhed af Vej.

2. Togmodstandens praktiske Bestemmelse.

a. *Almindelige Formler.*[1])

Ovenstaaende Udvikling fører saaledes til et teoretisk Udtryk for Togmodstanden, hvor det derfor nu gælder om at finde Værdierne af Konstanterne. Den Del af Formlen, der angiver den egentlige Togmodstand, kan skrives paa Formen

$$R = A + B \cdot V + CV^2 \qquad (1)$$

hvor A, B og C altsaa er de Konstanter, der skal bestemmes. Dette er forsøgt gjort ved en Række Forsøg især i Frankrig, England, Amerika og Tyskland. Ved disse Forsøg er der desuden fremsat Forslag til Formler af følgende Form:

$$R = A + BV \qquad (2)$$

$$R = A + CV^2 \qquad (3)$$

R er Togmodstanden i kg pr. Ton af Togvægten og V er Hastigheden i km pr. Time. Der tages ikke Hensyn til Stignings- og Kurvemodstand og til Modstanden fra Vind; man finder ved disse Formler altsaa Modstanden for et Tog, der kører med uforandret Hastighed paa lige og vandret Bane i stille Vejr.

De forskellige Formler er undertiden byggede paa direkte Forsøg af den samme, som har opstillet Formlerne; undertiden er de opstillede paa Grundlag af Studiet af en eller flere Rækker af Forsøg, der er gjort af andre. Der er den Mangel ved begge Metoder, at der endnu ikke er nogen, der har været i Stand til at gøre saa gennemførte Forsøg, at hans Resultater kan betragtes som endelige, og den, der benytter andres Forsøg, vil maaske mangle en Række Oplysninger af afgørende Betydning. Det rullende Materiels Tilstand, Vægten pr. Aksel, disses Smøring, Togets Længde i Forhold til dets Vægt, Sporets Beskaffenhed, deriblandt Skinnernes Vægt, Svellernes indbyrdes Afstand og Størrelse, Skinnernes Befæstelse til Svellerne, alt kan have Indflydelse paa Togmodstanden. Som Følge heraf vil man kunne indse, at ikke en enkelt Formel, og især ikke en simpel Formel vil kunne give Togmodstanden for alle Tilfælde. Men en Del af de opstillede Formler er nøjagtige nok til den Brug, der skal gøres af dem. Nogle af Formlerne er nu forældede, idet de grunder sig paa Forsøg med Materiel og Sporkonstruktioner, der ikke mere anvendes.

Hardings Formel. I England blev der omkring 1846 af *William Harding* gjort talrige Forsøg, paa Grundlag af hvilke *Scott Russell* foreslog følgende Formel, nu kendt under Navnet Hardings Formel:

[1]) Humbert: Traité des Chemins de fer II. Paris 1908. S. 342. Webb: Railroad Construction, NewYork 1917.

$$R = 2{,}72 + 0{,}094\,V + 0{,}00484\,\frac{SV^2}{P}. \qquad (4)$$

R er Togmodstanden i kg pr. Ton, P Togvægten i Tons, V Hastigheden i km pr. Time, S Togets største Tværsnitsareal i m^2.

Formlen er nu forældet, men giver dog ret gode Resultater for hurtige Tog, mens den giver for store Værdier for langsomme Tog.

Det franske Østbaneselskabs Formler[1]) er opstillede paa Grundlag af et stort Antal Forsøg, der i 1867 blev udført ved dette Selskab. De fundne Resultater blev delt i flere Grupper, indenfor hver af hvilke Hastigheden kun varierer lidt, og for hver af Grupperne blev der opstillet en særlig Formel. Godstog blev behandlede for sig, Persontog for sig, og disse sidste blev efter Hastigheden delt i tre Rækker

Godstog (Hastigheder fra 12 til 32 km; p. G. af den ringe Hastighed er Leddet med V^2 bortkastet)

$$R = 1{,}65 + 0{,}05\,V \text{ (Oliesmøring)} \qquad (5)$$

$$R = 2{,}30 + 0{,}05\,V \text{ (fast Smørelse).} \qquad (6)$$

Persontog og Blandettog

$$\text{Hastighed fra 32 til 50 km; } R = 1{,}80 + 008\,V + \frac{0{,}008\,SV^2}{P} \qquad (7)$$

$$\text{— - 50 - 65 - ; } R = 1{,}80 + 0{,}08\,V + \frac{0{,}006 \cdot SV^2}{P} \qquad (8)$$

$$\text{— over 65 ; } R = 1{,}80 + 0{,}14\,V + \frac{0{,}004 \cdot S \cdot V^2}{P}. \qquad (9)$$

S er Togets Tværsnitsareal, der for normalsporet Materiel i Almindelighed laa mellem 5 og 7m^2. Som Regel regnede man med 6 m^2.

Formlerne (7)–(9) har den Mangel, at deres Resultater ikke danner en kontinuerlig Række, idet f. Eks. Togmodstanden for et Tog, der kører med en Hastighed af 50 km i Timen ikke er den samme, hvis den beregnes efter Formlerne (7) eller (8). I alle Tilfælde, hvor man har Brug for at regne med en Variation af Hastigheden, kan man altsaa ikke benytte disse Formler, med mindre Hastigheden ikke varierer mere end, hvad den enkelte Formel omfatter.

Barbiers Formler er udledede efter Forsøg af Barbier paa det franske Nordbaneselskabs Linier i Aarene 1891 til 1895.

Forsøgene er blevet supplerede med Forsøg paa de franske Statsbaner og har givet som Resultat, at Togmodstanden pr. Ton baade for selve Vognene og for Lokomotiver og Tendere kan skrives som Funktion af Hastigheden paa følgende Maade:

$$R = a + bV\frac{V + c}{1000}, \qquad (10)$$

hvor a, b og c er Koefficienter, der er forskellige for forskelligt Materiel. De franske Statsbaner benytter denne Formel ved Beregning af Lokomotivernes Trækkraft med de i Formlerne (11) til (15) angivne Værdier af Konstanterne.

For Compound Lokomotiver med 4 Cylindre og 2 koblede Aksler er for Lokomotiv og Tender

$$R = 4 + 0{,}9\,V\frac{V + 30}{1000}. \qquad (11)$$

[1]) Compte rendu des Travaux de la Société des Ingénieurs civils, 1867.

For Compound Lokomotiver med 4 Cylindre og 3 koblede Aksler er det tilsvarende Udtryk

$$R = 4 + V\frac{V + 30}{1000}. \quad (12)$$

For almindelige 2akslede Vogne

$$R = 1{,}6 + 0{,}30\,V\frac{V + 90}{1000}. \quad (13)$$

For 2akslede Vogne med stor Akselafstand

$$R = 1{,}5 + 0{,}25\,V\frac{V + 85}{1000}. \quad (14)$$

For Boggievogne

$$R = 1{,}4 + 0{,}20\,V\frac{V + 80}{1000}. \quad (15)$$

Amerikanske Formler[1]). I Amerika er opstillet et stort Antal Formler, af hvilke nogle enkelte skal angives, delt i Klasser efter de S. 100 opførte tre Klasser. Togmodstanden findes i engelske ℔ pr. Ton à 2000 ℔, og iøvrigt benyttes følgende Betegnelser:

t Togvægten i Tons à 2000 ℔
L Længden af Toget i eng. Fod
n Antallet af Vogne i Toget
A Tværsnitsarealet af Toget i Kvadratfod.

Af den første Klasse $R = aV + c$ er følgende de mest benyttede:

Engineering News $R = 0{,}25\,V + 2{,}0$ (16)
Baldwin locomotive $R = 0{,}17\,V + 3{,}0$ (17)
New York Central $R = 0{,}11\,V + 1{,}8.$ (18)

Af den anden Klasse $R = bV^2 + c$ skal anføres:

Crawford $R = 0{,}00214\,V^2 + 2{,}5$ (19)
Wolff $R = 0{,}00357\,V^2 + 2{,}7$ (20)
Henderson $R = 0{,}00461\,V^2 + 3{,}0$ (21)
Forney $R = 0{,}00585\,V^2 + 4{,}0$ (22)

Wellington:

$$R = 0{,}0056\,V^2 + \frac{57\,V^2}{t} + 3{,}9 \text{ (for læssede, aabne Godsvogne)} \quad (23)$$

$$R = 0{,}0075\,V^2 + \frac{64\,V^2}{t} + 3{,}9 \text{ (for læssede, lukkede Godsvogne)} \quad (24)$$

$$R = 0{,}0083\,V^2 + \frac{57\,V^2}{t} + 6{,}0 \text{ (for tomme, aabne Godsvogne)} \quad (25)$$

$$R = 0{,}0106\,V^2 + \frac{64\,V^2}{t} + 6{,}0 \text{ (for tomme, lukkede Godsvogne).} \quad (26)$$

Wellingtons Formler gør det muligt at bestemme Togmodstanden under de forskellige forekommende Forhold. Et Tog, der dels bestaar af lukkede, dels af aabne Vogne, vil have en større Togmodstand end nogen af de viste Formler angiver (og ikke en Middelværdi), fordi Luftmodstanden vokser, naar den virker paa et saadant uregelmæssigt Tog.

[1]) Webb: Railroad Construction. New York 1917. S. 485.

Formlerne af den tredie Klasse $R = aV + bV^2 + c$ er følgende.

W. N. Smith $$R = 0{,}17\,V + \frac{0{,}0025\,A \cdot V^2}{t} + 30 \qquad (27)$$

Von Borries $$R = 0{,}01\,V + 0{,}0016\,V^2 + 3{,}0 \qquad (28)$$

Lundie $$R = 0{,}24\,V + \frac{4{,}8\,V^2}{t} + 4{,}0 \qquad (29)$$

Sprague $$R = 0{,}17\,V + \frac{0{,}333\,V^2}{t} \qquad (30)$$

Der er foreslaaet en Del Formler, hvori Togets Tværsnitsareal A indgaar, men af disse er der her kun gengivet en enkelt; man skulde selvfølgelig af en saadan Formel faa en nøjagtigere Værdi af Togmodstanden, men Nøjagtigheden bliver i Virkeligheden mere tilsyneladende, da Tværsnitsarealet omtrent altid har samme Værdi; i nedenstaaende Tabel 23 skal regnes med Værdien 125 eng. Kvadratfod.

For at sammenligne de ovenfor nævnte amerikanske Formler er i Tabel 23 opført en Beregning af R efter disse Formler for Hastigheder varierende fra 10 til 60 eng. Mil i Timen for et Tog paa 12 Vogne, en Længde af 480 eng. Fod og en Vægt af 600 Tons. Af Wellingtons Formler er anvendt (24), idet Toget antages at bestaa af læssede, lukkede Vogne.

Tabel 23.

Formel	Hastighed i eng. Mil pr. Time					
	10	20	30	40	50	60
(16)	2 700	4 200	5 700	7 200	8 700	10 200
(17)	2 800	3 800	4 800	5 800	6 800	7 800
(18)	1 747	2 413	3 080	3 747	4 413	5 080
(19)	1 628	2 014	2 656	3 554	4 710	6 122
(20)	1 834	2 477	3 548	5 047	6 975	9 331
(21)	2 077	2 906	4 289	6 226	8 715	11 746
(22)	2 751	3 804	5 559	8 116	11 175	15 036
(24)	2 854	4 396	6 966	10 564	15 188	20 844
(27)	2 845	3 940	085	6 280	7 525	8 820
(28)	2 136	2 664	3 384	4 296	5 400	6 696
(29)	4 320	7 200	11 040	15 840	19 440	28 080
(30)	3 453	4 573	5 760	7 013	8 333	9 720

For de almindelige Hastigheder er der nogenlunde Overensstemmelse mellem Resultaterne af de forskellige Formler, medens dette ikke er Tilfældet ved de store Hastigheder.

Til Sammenligning af Formlerne kan man ogsaa indtegne Værdierne i et Koordinatsystem med Hastigheden som Abscisse, Togmodstanden som Ordinat.

Den amerikanske Jernbaneingeniørforening har foretaget en Undersøgelse af et stort Antal af de eksisterende Formler samt en Række Forsøg med Godstog, og har som Resultat heraf fundet, at Godstogs Togmodstand er omtrent konstant for Hastigheder mellem 7 og 35 eng. Mil i Timen, saa man kan regne hermed ved foreløbige Beregninger. Man har derfor udviklet en Formel, hvori Hastigheden ikke indgaar, og som har Formen:

$$R = a \cdot t + b \cdot n, \tag{31}$$

hvor t og n har samme Betydning som ovenfor, og hvor a og b er Konstanter.

Disse Formler kan opstilles saaledes.

Tabel 24.

Tilfælde	Temperatur (Farenheit)	Formel
A	over 35°	$R = 2{,}2\,t + 122\,n$
B	fra 35° til 20°	$R = 3{,}0\,t + 137\,n$
C	fra 20° til 0°	$R = 4{,}0\,t + 153\,n$
D	under 0°	$R = 5{,}4\,t + 171\,n$

(32)

Hvis dette anvendes for det ovenfor nævnte Taleksempel — 12 Vogne, 600 ts, — vil man faa R = 2784 lbs for A Tilfældet eller for en Temperatur af over 35° F.

Nedenfor, skal meddeles nogle af *Strahl*[1]) angivne Formler, der er udledede paa Grundlag af meget omhyggelige Forsøg ved de preussiske Statsbaner. I kg pr. Ton af Vognvægten er Modstanden

for Il- og Eksprestog samt svære Godstog (Kul- og Ertstog o. lgn.)

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{4000} = 2{,}5 + 0{,}00025\,V^2; \tag{33}$$

for almindelige Pesontog

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{3000} = 2{,}5 + 0{,}00033\,V^2; \tag{34}$$

for Ilgodstog

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{2500} = 2{,}5 + 0{,}0004\,V^2; \tag{35}$$

for almindelige Godstog af blandet Sammensætning, d. v. s. med dels tomme, dels læssede baade aabne og lukkede Vogne

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{2000} = 2{,}5 + 0{,}0005\,V^2; \tag{36}$$

for Tog af tomme 2-akslede Godsvogne

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{1000} = 2{,}5 + 0{,}001\,V^2. \tag{37}$$

Formlerne (33) til (37) gælder for roligt Vejr. Strahl anbefaler, at man tager Hensyn til middelstærk Sidevind ved at indsætte $V_1 = V + 12$ og til stærk Sidevind ved at sætte $V_2 = V + 25$. Ved Baner langs aaben Kyst anbefaler Metzeltin at tage Hensyn til stærk Sidevind ved at forhøje Hastigheden med 30—35 km.

[1]) Metzeltin: Berechnung der Hauptabmessungen von Lokomotiven. Hanomag-Nachrichten 1916 S. 79.

Man maa her bemærke, at Igangsætningsmodstanden for en enkelt eller nogle faa Vogne er betydeligt større end 2,5 kg/t, som Formlerne giver, idet Forsøg af Glinski og Sanzin (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1912 S. 2065 og 1914 S. 625) viser, at den er ca. 20 kg/t. Men for et helt Tog behøver man ikke at regne med denne høje Værdi, da de ikke strammede Koblinger bevirker, at Vognene kommer i Gang efter hinanden og ikke samtidig.

b. *Modstanden mod Bevægelse af Lokomotiv og Tender.*

De ældre Modstandsformler lægger Lokomotiv- og Vognvægten sammen og giver saa, som ovenfor vist, en af Hastigheden afhængig Værdi af Togmodstanden pr. Ton af Togvægten d. v. s. af Lokomotiv- og Vognvægten tilsammen. Men man vil uden videre kunne indse, at for lige Vægt maa et Lokomotiv have en anden Modstand end en Vogn, at et tocylindret 2 B Iltogslokomotiv maa bevæges lettere end et firecylindret E Godstogslokomotiv.

Tenderen[1]) er ikke meget forskellig fra de almindelige Vogne, idet Aksler og Hjul omtrent er de samme; den kan altsaa behandles ganske som Vognene, saa dens Vægt ved Beregningerne kan lægges til Vognenes Vægt.

Men dette er ikke muligt for selve Lokomotivet. Betragter man nemlig dette som et Køretøj, maa det nødvendigvis give en større Modstand end et Tog af Vogne af samme Vægt, især hvis det har smaa Hjul. Forholdet $\frac{r}{R}$ mellem Radius til Akslen og til Hjulet, der for Vogne sjældent er over 0,10, naar ofte op til 0,15 for Godstogslokomotiver, hvilket maa bidrage til at forøge den rullende Modstand, og denne kan da ogsaa blive 10 à 12 kg pr. Ton for Godstogslokomotiver, der løber med en Hastighed af 30 km i Timen; for Iltogslokomotiver med store Hjul er den rullende Mostand gennemsnitlig 5 à 6 kg pr. Ton. Som det vil fremgaa af de ovenfor angivne Formler, er dette meget mere end for Vogne af samme Vægt.

Og bortset fra den rullende Modstand yder et Lokomotiv en særlig Modstand, der hidrører fra Gnidningsmodstanden i de forskellige Dele af dets Mekanisme som Stempelstænger, Glidere o. s. v., og denne Gnidningsmodstand afhænger af Maskinens Arbejde. Den vokser med Dampens Tryk og kan i visse Tilfælde naa en betydelig Størrelse, saaledes at det vil være nødvendigt at bestemme Lokomotivets Modstand for sig. Amerikanske Forfattere angiver at 15—16 % af et Lokomotivs Trækkraft medgaar til Overvindelse af Gnidningsmodstanden i selve Maskinen, naar Lokomotivet skal præstere Maksimum af Arbejde. Skal Lokomotivet kun arbejde let, angives Arbejdstabet i Maskinen til ca. 11 % af Trækkraften.

---

[1]) Større Brændselsforraad (over 15 ts) og større Vandbeholdninger (over 8 m^3) maa anbringes i særlige Vogne »Tendere«. Størrelsen af Vandbeholderen er 8 til 21 m^3, af Kulrummet 3 til 8 ts; Egenvægten ligger mellem 9 og 23 ts (omtrent 1,00 til 1,05 t for 1 tn Vand). Af Hensyn til Vægten med fuld Last behøves derfor to, tre eller fire Aksler, og i sidste Tilfælde anvendes Boggier med to Aksler; Akselafstanden (maalt mellem Midterne af de to yderste Aksler eller af Boggierne) ligger mellem 3,0 og 3,6 m. Toakslede Tendere anvendes ikke mere paa Hovedbaner; fireakslede Tendere bruges nu mere og mere ved Iltogslokomotiver.

Antallet af Tendere kan være mindre end af Lokomotiver, fordi disse sidste hyppigere skal til Reparation. Dog har ved mange Baner hvert Lokomotiv sin Tender.

Der er blevet udført et stort Antal Forsøg for at bestemme den Modstand, der hidrører fra Lokomotiv og Tender.

Forsøg ved det franske Østbaneselskab har givet som Resultat, at den totale Modstand for Lokomotivet alene varierer meget med Lokomotivtypen og med den Stand, hvori Lokomotivet er; tilnærmelsesvis kan man efter disse Forsøg pr. Ton af Lokomotivvægten sætte Modstanden til:

for	Lokomotiver	uden	koblede	Aksler	.....	9	à	10	kg
-	—	med	2 koblede	—	.....	11	à	12	-
-	—	—	3	—	—	.....		15	-
-	—	—	4	—	—	.....		25	-

For Lokomotiv og Tender tilsammen har de samme Forsøg givet pr. Ton af den samlede Vægt ved de sædvanlige Kørehastigheder

for	Lokomotiver	uden	koblede	Aksler	.....	8	kg
-	—	med	2 koblede	—	.....	10,5	-
-	—	—	3	—	—	.....	12,5	-
-	—	—	4	—	—	.....	20	-

Modstanden for Tenderen alene blev fundet til 6 kg/t for Godstogslokomotiver og til 7 à 8 kg/t for Iltogslokomotiver.

Desdouits har opstillet følgende Formler for Modstanden for Lokomotiv og Tender tilsammen (i kg/t)

$$\text{for Persontogslokomotiver } R = 1 + 0{,}17\,V \tag{38}$$

$$\text{- Godstogslokomotiver } R = 2{,}50 + 0{,}17\,V. \tag{39}$$

Medens det er meget naturligt at sætte et Lokomotivs rullende Modstand som Funktion af dets Vægt, er det ikke rigtigt at henføre den særlige Modstand, der skyldes Modstandene i Maskinen til Vægten. Og naar man alligevel gør det, er Grunden hertil udelukkende den, at man derved faar et simplere Udtryk for Togmodstanden.

I alle Tilfælde maa man huske, at et Lokomotivs Modstand vokser meget betydeligt i skarpe Kurver, hvis der ikke er truffet særlige Foranstaltninger, for at det kan passere disse, og for Lokomotiver med koblede Aksler, naar Kobbelstængerne ikke er nøjagtigt regulerede, og naar de koblede Hjuls Diametre, som Følge af Slid, ikke er lige store.

I de ovenfor angivne amerikanske Formler er der, saa vidt det kan skønnes, taget Hensyn til den særlige Lokomotivmodstand, saa Vægten af Lokomotiv og Tender her uden videre lægges til Vognvægten.

Det af *Strahl* angivne Udtryk for den samlede Lokomotivmodstand er

$$R_t = 2{,}5 \cdot G_0 + c \cdot G_r + 0{,}6 \cdot F \cdot \frac{V^2}{100} \tag{40}$$

hvor

G_0 er Vægten af Tenderen og af den Del af Lokomotivet, der ikke hviler paa de koblede Aksler.

G_r er Vægten af den Del af Lokomotivet, der hviler paa de koblede Aksler (Adhæsionsvægten)

F Tværsnitsarealet af et Lokomotiv i m^2 (for moderne Hovedbanelokomotiver 10 m^2)

c en Konstant, der afhænger af Antallet af koblede Aksler og Cylindre, hvor

c =	5,8	for	2	koblede	Aksler	og 2	Dampcylindre
c =	6,0	-	2	—	—	- 4	—
c =	7,3	-	3	—	—	- 2	—
c =	7,4	-	3	—	—	- 3	—
c =	7,5	-	3	—	—	- 4	—
c =	8,4	-	4	—	—	- 2	—
c —	8,6	-	4	—	—	- 4	—
c =	9,3	-	5	—	—	- 2	—
c =	9,5	-	5	—	—	- 4	—
c —	10,2	-	6	—	—	- 2	—

V Hastigheden i km/Time.

For Lokomotiver, der er mindre godt vedligeholdt, og som løber paa daarlig Overbygning, anbefales det i (40) at benytte 3,5—4,5 i Stedet for 2,5 og at regne med en 10—20 % større Værdi af c.

Formel (40) gælder for stille Vejr. *Strahl* anbefaler at tage Hensyn til middelstærk Sidevind ved at sætte $V_1 = V + 12$ og til stærk Sidevind ved at sætte $V_2 = V + 20$.

For Kystbaner anbefaler *Metzeltin* at tage Hensyn til stærk Sidevind ved at regne med en 30—35 km større Hastighed.

c. *Modstanden paa stigende Vej.*

Stigningsmodstanden er den af Stigninger fremkaldte Forøgelse af Togmodstanden; den er den eneste Modstand, der kan bestemmes teoretisk nøjagtigt.

$$R_s = s \text{ kg/t} \tag{41}$$

hvor s er Stigningen i ‰ d. v. s. i mm pr. m.

Et Tog med en samlet Vægt af 800 ts kræver altsaa paa en Stigning paa 25 ‰ en Forøgelse af Trækkraften paa

$$R_s = 800 \cdot 25 = 20\,000 \text{ kg}$$

Stigningsmodstanden repræsenterer paa stærke Stigninger den største Del af Togmodstanden.

d. *Kurvemodstanden.*

Hvis man i det almindelige Udtryk for Kurvemodstanden

$$R_\rho = \frac{f'' \cdot e}{2\rho} + \frac{f'' \sqrt{e^2 + L^2}}{2\rho}$$

indfører almindelige Værdier for f'', e og L nemlig

$$f'' = 0{,}20$$
$$e = 1{,}50 \text{ m}$$
$$L = 3{,}60 \text{ m}$$

bliver Kurvemodstanden i kg pr. Ton

$$R_\rho = \frac{550}{\rho} \tag{42}$$

hvor man faar

for $\rho = 1000$ m	$R_\rho = 0{,}55$ kg/t
— 500 -	— 1,10 —
— 300 -	— 1,80 —

Men disse Værdier er ret forskellige fra dem, der anvendes i Praksis.

Efter franske Forsøg, der blev afholdt i 1892, skal Kurvemodstanden kunne angives ved

$$R_\rho = \frac{500 \cdot e}{\rho} \tag{43}$$

For normalsporede Baner bliver da

$$R_\rho = \frac{750}{\rho} \tag{44}$$

I *Frankrig* nøjes man ofte med at se helt bort fra den særlige Modstand i Kurver, hvis Radius er lig eller større end 500 m, mens man regner

for 400 m Radius en Kurvemodstand paa 2 kg/t
- 300 - — - — - 3 —

I *Tyskland* anvendes til Bestemmelse af Kurvemodstanden paa normalsporede Hovedbaner *Röckls* Formel

$$R_\rho = \frac{650}{\rho - 60} \tag{45}$$

hvor ρ som ovenfor er Kurveradius.

For normalsporede Lokalbaner anvendes ofte Formlen

$$R_\rho = \frac{500}{\rho - 30} \tag{46}$$

Disse Formler ((45)-(46)) skal gælde for Krumningsradier fra 1000 m til 100 m, men kan i Almindelighed kun anvendes ned til 300 m Radius. De er udledet af Forsøg med Vogne med stive Aksler og 4 m Akselafstand.

For mindre Kurveradier fra 300 m til 100 m kan anbefales de sachsiske Formler.

$$R_\rho = 21 \frac{4L + L^2}{\rho - 45} \tag{47}$$

for Vogne med stive Aksler og Akselafstand L fra 3 til 7 m,

og

$$R_\rho = \frac{40\ L}{\rho} + 0{,}4 \qquad (48)$$

for Vogne med indstillelige Aksler og Akselafstand L fra 5 til 7 m.

For Boggievogne kan anvendes Formel (47), hvor der da for L indsættes Akselafstanden i Boggien.

For Lokalbaner med 1 m Sporvidde sættes ofte

$$R_\rho = \frac{400}{\rho - 20}$$

og for Baner med 0,75 m Sporvidde

$$R_\rho = \frac{350}{\rho - 10}$$

I mange Lande som f. Eks. i Danmark, foretages der i Kurver en Reduktion af Stigningen, saaledes at Summen af Stignings- og Kurvemodstand forbliver konstant. Hvis Stigningen paa retlinet Bane altsaa kan være s, maa den i en Kurve med Radius ρ normalt formindskes til

$$s_\rho = s - \frac{R_\rho}{1000} \qquad (49)$$

Er saaledes $s = 10\,{}^0/_{00}$, og benyttes for R_ρ Udtrykket (46), kan sammenhørende Værdier af ρ og s_ρ beregnes (Tabel 25).

Tabel 25.

ρ	s_ρ	s_ρ i $^0/_{00}$
m		
500	0,008936	8,9
600	0,009123	9,1
700	0,009254	9,2
800	0,009351	9,3
900	0,009425	9,4
1 000	0,009485	9,5
1 500	0,009660	9,7
2 000	0,009746	9,7
2 500	0,009798	9,8
3 000	0,009832	9,8
∞		10,0

Desuden maa man tage Hensyn til, at af lange Tog maaske kun en Del kan være i Kurven, hvilket navnlig gælder for skarpe Kurver, saaledes at man kun behøver at regne Kurvemodstand for en Del af Toget.

Eksempel 1.

Togmodstanden skal beregnes for et Persontog, hvis Vognvægt er 90 ts; Lokomotivets Vægt er 34,2 ts og Tenderens 22,7 ts. Kørehastigheden er 60 km i Timen,

største Stigning 10 $^0/_{00}$ og mindste Kurveradius 500 m. Lokomotivet har 2 koblede Aksler og 2 Dampcylindre. Adhæsionsvægten antages at være 22 ts.

Lokomotivets Modstand paa lige og vandret Bane findes efter Ligning (40)

$$R_t = 2{,}5 \cdot G_0 + c \cdot G_r + 0{,}6 \cdot F \frac{V^2}{100} = 2{,}5 \cdot 34{,}7 + 5{,}8 \cdot 22 + 0{,}6 \cdot 10 \frac{60^2}{100}$$
$$= 86{,}75 + 127{,}6 + 216 = 430{,}35 \text{ kg.}$$

Vognenes Modstand paa lige og vandret Bane er efter Ligning (34)

$$R_g = 2{,}5 + \frac{V^2}{3000} = 2{,}5 + \frac{60^2}{3000} = 2{,}5 + 1{,}2 = 3{,}7 \text{ kg/t.}$$

For hele Toget er Modstanden paa lige og vandret Bane altsaa

$$430{,}35 + 3{,}7 \cdot 90 = 430{,}35 + 333 = 763{,}\ 35 \text{ kg.}$$

Stigningsmodstanden for hele Toget er efter Ligning (41)

$$(34{,}2 + 22{,}7 + 90)\,10 = 146.9 \cdot 10 = 1469 \text{ kg.}$$

Kurvemodstanden for hele Toget er efter Ligning (45)

$$(34{,}2 + 22{,}7 + 90)\frac{650}{500 - 60} = 217{,}0 \text{ kg.}$$

Den nødvendige Trækkraft bliver da

$$R = 430{,}35 + 333 + 1469 = 2232{,}35 \text{ kg.}$$

Den nødvendige Adhæsionsvægt er

$$G_r = 7 \cdot 2232{,}35 = 15\,626{,}45 \text{ kg.}$$

Eksempel 2.

Der skal beregnes et 4cylindret Lokomotiv, der kan trække et Tog paa 150 ts (3 Vogne à 50 ts) med en Hastighed af V = 40 km/Time paa en Stigning af 20 $^0/_{00}$, og som paa vandret Bane skal kunne køre med en Hastighed V = 80 km/Time. Akseltrykket skal være 14 ts, Tendervægten som Middeltal 30 ts.

Man skønner, at et 2—C Lokomotiv med 3 · 14 = 42 ts Adhæsionsvægt og 60 ts Totalvægt er passende.

Paa lige vandret Bane er den totale Lokomotivmodstand (Ligning (40))

$$R_t = 2{,}5\,G_0 + cG_r + 0{,}6 \cdot F \cdot \frac{V^2}{100}.$$

Altsaa

$$R_t = 2{,}5 \cdot 48 + 7{,}5 \cdot 42 + 0{,}6 \cdot 10 \cdot \frac{40^2}{100} = 531 \text{ kg.}$$

Vognmodstanden er: $R_g = Q \cdot w,$

hvor Q er Vognvægten i ts

$$w = 2{,}5 + \frac{V^2}{4000} \text{ (Ligning (33)).}$$

Altsaa

$$R_g = 150\left(2{,}5 + \frac{40^2}{4000}\right) = 435 \text{ kg}.$$

Den nødvendige Trækkraft er:

$$R = R_t + Qw + (Q + G_0 + G_r)(R_s + R_\rho),$$

hvor R_s er Stigningsmodstanden $(R_s = s)$.

R_ρ er Kurvemodstanden $\left(R_\rho = 21\frac{4L + L^2}{\rho - 45}\right)$,

hvor L er Akselafstanden i Boggien, ρ er Kurveradien, begge i m.

Altsaa

$$R = 531 + 435 + (150 + 48 + 42)\cdot 20 = 5766 \text{ kg}.$$

Man skal undersøge, om

$$G_r \geqq \mu R,$$

hvor μ er Gnidningskoefficienten mellem Hjul og Skinne ($\mu = 5$ à 6)

$$G_r = 5{,}5 \cdot 5766 = 31\,713 \text{ kg} = 31{,}7 \text{ ts}$$

ɔ: det er rigtigt at vælge 3koblede Aksler.

Paa vandret Bane er med 80 km Hastighed

$$\left.\begin{aligned} R_t &= 2{,}5\cdot 48 + 7{,}5\cdot 42 + 0{,}6\cdot 10\cdot\frac{80^2}{100} = 819 \text{ kg} \\ R_g &= 150\left(2{,}5 + \frac{80^2}{4000}\right) = 150\cdot 41 \quad = 615 \text{ -} \end{aligned}\right\} R = 819 + 615 = 1434 \text{ kg}$$

Tilovers er en Trækkraft (for lige vandret Bane)

$$R = 5766 - 1434 = 4332 \text{ kg},$$

der kunde trække en Vognvægt

$$Q = \frac{4332}{4{,}1} \sim 1056 \text{ ts},$$

svarende til 21 Vogne à 50 ts.

Det nødvendige Antal HK er

$$N = \frac{R\cdot V}{270} = \frac{R\cdot v}{75} \text{ (Ligning (51))},$$

hvor v er Hastigheden i m/Sek
— V - — - km/Time.

Altsaa

$$N = \frac{5766\cdot 40}{270} = 854 \text{ HK}.$$

Forholdet mellem HK og Maskinens Totalvægt i ts er $\frac{854}{60} = 14{,}2$.

Eksempel 3.

Der skal paa en letbygget, normalsporet Jernbane køres Tog af Vægt 160 ts med en største Hastighed af 45 km/Time. Største Hjultryk maa være 4,5 ts; største Stigning er $s_{max} = 10\,{}^0/_{00}$, mindste Kurveradius 500 m (paa fri Bane).

Man skønner, at et 3koblet, 2cylindret C Tenderlokomotiv med $3 \cdot 9 = 27$ ts Adhæsionsvægt er passende.

Paa lige vandret Bane er den totale Lokomotivmodstand

$$R_t = c \cdot G_r + 0{,}6 \cdot F \cdot \frac{V^2}{100} = 7{,}3 \,.\, 27 + 0{,}6 \cdot 10 \cdot \frac{45^2}{100} = 197{,}1 + 121{,}5 = 318{,}5 \text{ kg}.$$

Vognmodstanden er:

$$R_g = Q \cdot w = 160 \cdot \left(2{,}5 + \frac{45^2}{2000}\right) = 160 \cdot 3{,}5125 = 562 \text{ ts}.$$

Stignings- (og Kurve-)modstanden er:

$$(Q + G_r)(s + s_\rho) = 187 \cdot 10 = 1870 \text{ kg}$$

Den nødvendige Trækkraft er:

$$R = 318{,}5 + 562 + 1870 = 2750{,}5 \text{ kg}.$$

Man skal have

$$G_r \geqq \mu \cdot R = 6{,}5 \cdot 2{,}75 = 17{,}9 \text{ ts}.$$

2koblede Aksler vilde være knebent.

Som Eksempler skal anføres følgende Lokomotiver fra danske Privatbaner.

Tabel 26.

Bane	Type	Lokomotivets Vægt ialt	Lokomotivets Adhæsionsvægt	Trækkraft	Anmærkning
		ts	ts	kg	
Aarhus—Hammel	C	27,0	27,0	2 950	Tenderlokomotiv
Lyngby—Vedbæk					
Nordfyenske Jernbane					
Hillerød—Frederiksværk	1—B—1	29,0	16,8	3 100	do.
Nordjyllands forenede Privatbaner	1—C	25,4	20,25	3 300	do.
Slangerup Banen	1—C—1	40,0	27,0	4 750	do.
Lolland—Falster	B	18,0	18,0	2 640	do.

Eksempel 4.

Som Eksempler paa elektriske Hovedbanelokomotiver skal anføres følgende (Tabel 27):

Tabel 27.

	Total Vægt	Adhæsionsvægt	Antal HK	HK pr. t af Totalvægten	Forholdet mellem Adhæsionsvægt og Totalvægt	Trækkraft	V_{max}
	ts	ts	HK			kg	km
Oranienburg Godstogslokomotiv	59,5	45,0	1050	17,5	0,75	13000	60
Løtschbergbanen	93,0	68,0	1600	17,2	0,73	13500	75
Franske Sydbane	85,0	54,0	1600	18,8	0,64	12500	75
Dessau-Bitterfeld	70,0					5000	130
North Eastern Railway .	105,0	67,0	1800	17,1	0,64	6350	75

Ved Bygningen af Løtschbergbanen blev det forlangt, at Lokomotivet skulde trække en Vognvægt 250 ts paa en Stigning $s = 27^0/_{00}$ med en Hastighed 40 km/Time eller en Vognvægt 400 ts paa en Stigning $s = 15{,}5\ ^0/_{00}$ med samme Hastighed. $V_{max} = 75$ km/Time, $r_{min} = 250$ m.

Der blev valgt et elektrisk Lokomotiv med

2 Løbehjulsaksler à 12,5 ts, ialt 25 ts
4 Drivhjulsaksler à 17,0 ts, ialt 68 ts.

Beregning giver

Lokomotivmodstand:

$$R_t = 2{,}5\,G_0 + cG_r + 0{,}6 \cdot F \cdot \frac{V^2}{100} = 2{,}5 \cdot 25 + 8{,}5 \cdot 68 + 0{,}6 \cdot 10 \cdot \frac{40^2}{100}$$
$$= 62{,}5 + 578 + 96 = 736{,}5 \text{ kg.}^{1})$$

Vognmodstand paa lige vandret Bane:

$$Q = 250 \text{ ts} : R_g = Q \cdot w = 250 \left(2{,}5 + \frac{40^2}{4000}\right) = 250 \cdot 2{,}9 = 725 \text{ kg.}$$

$$Q = 400 \text{ ts} : R_g = Q \cdot w = 400 \left(2{,}5 + \frac{40^2}{4000}\right) = 400 \cdot 2{,}9 = 1160 \text{ kg.}$$

Stigningsmodstanden:

$$Q = 250 \text{ ts} : R_s = (Q + G_0 + G_r) \cdot w_s = (250 + 25 + 68) \cdot 27 = 343 \cdot 27 = 9261 \text{ kg}$$

$$Q = 400 \text{ ts} : R_s = (Q + G_0 + G_r) \cdot w_s = (400 + 25 + 68) \cdot 15{,}5 = 493 \cdot 15{,}5 = 7641{,}5 \text{ kg}$$

Trækkraften:

$$Q = 250 \text{ ts} : R = 736{,}5 + 725 + 9261 = 10722{,}5 \text{ kg};\ G_r \geqq \mu R = 6 \cdot 10{,}7 = 64{,}2 \text{ ts}$$

$$Q = 400 \text{ ts} : R = 736{,}5 + 1160 + 7641{,}5 = 9538{,}0 \text{ kg};\ G_r \geqq \mu R = 6 \cdot 9{,}5 = 57{,}0 \text{ ts.}$$

Et 4cylindret, 4koblet Damplokomotiv, der under samme Forhold skal trække en Togvægt 250ts vil — med en 40ts Tender — kræve en Trækkraft, der bestemmes saaledes:

Lokomotivmodstand:

$$R_t = 2{,}5 \cdot 65 + 8{,}5 \cdot 68 + 0{,}6 \cdot 10 \frac{40^2}{100} = 162{,}5 + 578 + 96 = 836{,}5 \text{ kg.}$$

Stigningsmodstand

$$R_s = (250 + 65 + 68) \cdot 27 = 10\,341 \text{ kg.}$$

Trækkraft

$$R = 836{,}5 + 725 + 10\,341 = 11\,902{,}5 \text{ kg};\ G_r \geqq \mu R = 5{,}5 \cdot 11{,}9 = 65{,}5 \text{ ts.}$$

Efter Vægtforholdene stiller det elektriske Lokomotiv sig altsaa fordelagtigere end Damplokomotivet, idet Tenderen giver en ret betydelig Vægtforøgelse.

---

[1]) der regnes med Tilnærmelse med den for Damplokomotiver gældende Formel.

§ 14. Lokomotivernes Trækkraft og Arbejde, Kul- og Vandforbrug.

1. Almindelige Lokomotiver.

For at et Lokomotiv kan bevæge sig fremad, naar Maskinen drejer Drivhjulene rundt, maa disse rulle og ikke glide paa Skinnerne. Det er Gnidningsmodstanden, Adhæsionen, mellem Hjul og Skinne, som forhindrer Hjulenes Glidning. Gnidningsmodstandens Størrelse afhænger af Trykket, som Hjulene udøver imod Skinnerne, den saakaldte Adhæsionsvægt, d. v. s. Summen af alle de koblede Hjuls Tryk imod Skinnerne, samt af Beskaffenheden af Hjulenes og Skinnernes Overflader. Den er altid større end Modstanden imod Rulning, men kan iøvrigt være meget foranderlig.

Gnidningsmodstanden er størst, naar Vejret er tørt og i aabent Terrain, og den er mindst, naar Skinnerne er fedtede paa Grund af Taage, Ruskregn, Rimfrost, affaldent Løv o. s. v. Naar Skinnerne derimod i stærk Regn er meget vaade, vokser den og nærmer sig til den Værdi, den har i tørt Vejr. Gnidningsmodstanden er lille i Tunneler, hvor Skinnerne altid er dækkede af let Fugtighed.

Der er intet overraskende i, at Skinnerne er glattere i fugtigt Vejr end i tørt Vejr, men hvad der maaske kan synes vanskeligt at forklare er, at de er meget glatte, naar de er lidt fugtige, men derimod omtrent slet ikke, naar de er meget vaade efter stærk Regn.

Man forklarer dette ved, at en ringe Mængde Vand kun udrører Støv og andre smaa fremmede Legemer, der findes paa Oversiden af Skinnehovedet, medens en stærk Regn skyller det fuldstændig bort, saa Jern kan komme til at røre direkte ved Jern.

I tørt Vejr kan Friktionskoefficienten naa en Værdi af 0,25, mens den i let fugtigt Vejr, i Taage og i Tunneler kan falde til 0,10 à 0,11. Efter stærk Regn kan den igen vokse til 0,17 à 0,20, og endelig regner man under almindelige Forhold 0,14 à 0,17 ($\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$).

Erfaringen viser, at Maskinerne sjældent glider, naar der regnes med disse Værdier, og i vanskelige Tilfælde kan man hjælpe sig enten ved at blæse en Dampstraale ud over Sporet eller ved at strø Sand, hvorved Friktionskoefficienten vokser.

Da Lokomotivets Trækkraft er afhængig af Gnidningsmodstanden og Adhæsionskoefficienten kun varierer indenfor ret snævre Grænser, kan man kun forøge Trækkraften ved at forøge Lokomotivets Adhæsionsvægt.

Hvis man f. Eks. betragter et Lokomotiv, der bæres af 3 Aksler, og antager, at hver Aksel bærer en Trediedel af Lokomotivvægten P, er Adhæsionsvægten $\frac{1}{3}$ P; denne giver altsaa et Hjultryk $\frac{1}{6}$ P, der af Hensyn til Sporets Bæreevne ikke kan forøges ud over en vis Værdi.

Den største Grænse, som Hjultrykket maa naa op til, sættes ofte ved sværtbyggede Hovedbaner til 7 à 8 ts; og regnes med en Adhæsionskoefficient paa $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$ svarende til almindelige Forhold, vil den største Trækkraft blive

$$\frac{2 \cdot 8000}{6} = 2667 \text{ kg}$$

Behøver man større Trækkraft, kobler man 2 Aksler sammen, ved at der paa Hjulene A og D anbringes to Krumtapper AB og DC, der stilles nøjagtigt parallelt og i Endepunkterne B og C forbindes med en Kobbelstang BC med leddede Forbindelser i B og C. Kobbelstangen BC skal være nøjagtig lige saa lang som Afstanden AD. De to Hjul, som er saaledes forbundne, kan kun løbe rundt samtidig, og for at det ene af dem skal kunne glide paa Skinnerne, maa det andet ogsaa glide, saaledes at ogsaa dettes Vægt bliver medvirkende til at hindre Glidningen. Adhæsionsvægten er som Følge deraf fordoblet, og den Grænseværdi, Trækkraften kan naa op til, bliver derfor $2 \cdot 2667 = 5334$ kg.

Paa samme Maade kan man koble 3 Aksler sammen og derved bringe Maksimumstrækkraften op til 8000 kg, og man er naaet til at kunne bygge 4, 5 og 6 koblede Lokomotiver, hvorved Trækkraften kan sættes yderligere op.

Idet vi foreløbig indskrænker os til at betragte de 3akslede Lokomotiver, vil der her kunne være Tale om at anvende 3 forskellige Typer:

Til lette og hurtige Tog vil maaske Adhæsionsvægten fra en enkelt Aksel være tilstrækkelig, hvis Banen kun har svage Stigninger; denne Type anvendes dog næppe meget mere.

Til Hurtigtog paa noget stærkere Stigninger og til Persontog i Almindelighed behøves 2 koblede Aksler.

Til Godstog behøves næsten altid mindst 2 koblede Aksler.

De danske Statsbaners Persontogslokomotiv Litra K_s er en 1—B Maskine med en forreste Løbehjulsaksel og to koblede Aksler, og de danske Statsbaners Godstogslokomotiv Litra G er en C Maskine med tre koblede Aksler.

Anvendelsen af koblede Aksler er et meget simpelt Middel til at skaffe den nødvendige Adhæsionsvægt, men det er et Middel, der ikke er uden visse Ulemper.

Den indre Modstand i Lokomotivet forøges og kan blive meget stor, hvis enten Kobbelstængerne ikke er nøjagtigt lige saa lange som Afstanden mellem de koblede Aksler, eller hvis Diametrene paa de koblede Hjul ikke er nøjagtigt lige store.

Kobling af Akslerne kræver altsaa en betydelig Nøjagtighed ved Bygningen af Lokomotiverne, og da Hjulene kan slides ulige meget, og man ikke stadig kan dreje dem af, saa er der næsten altid en lille Forskel i Størrelsen af Diametrene, hvoraf Følgen er, at der maa finde en Glidning Sted af Hjulene paa Skinnerne.

Disse Mangler vokser hurtigt med Antallet af koblede Aksler, men Kobling af Akslerne er alligevel det eneste Middel, man har til at skaffe en stor Adhæsionsvægt, saa den derfor har fundet en meget betydelig Anvendelse ved al moderne Lokomotivbygning.

De ældre Lokomotiver med koblede Aksler havde næsten altid en Byggemaade, der svarede til den ovenfor omtalte K_s Maskine, og Lokomotiver af denne Type anvendes endnu i stor Udstrækning, endogsaa som Iltogslokomotiver.

Men for at forøge disse Lokomotivers Trækkraft, saa de kunde trække tungere Tog med større Hastighed, er man kommet ind paa at gøre Fyr-

kassen og dermed hele Lokomotivet længere, saa det af Hensyn til Stabiliteten har været nødvendigt at anbringe en fjerde Løbehjulsaksel bag de to koblede Aksler, hvorved man har faaet et saakaldet 1—B—1 Lokomotiv. I Stedet for at anbringe denne fjerde Aksel bag de koblede Aksler har man mange Steder foretrukket at anbringe den foran dem og samlet den med den forreste Løbehjulsaksel i en Boggie (2—B Typen), og denne Lokomotivtype er blevet en Del anvendt til Il- og Persontogslokomotiver. De danske Statsbaners Persontogslokomotiv Litra K (Vej- og Jernbanebygning. 1. Hefte, S. 152, Fig. 146) hører til denne Type.

Man bygger ogsaa Lokomotiver med to koblede Aksler, der baade har en Boggie foran disse og en Løbehjulsaksel bagest, altsaa af Typen 2—B—1; hertil hører de danske Statsbaners Persontogslokomotiv Litra P (Vej- og Jernbanebygning. 1. Hæfte, S. 153, Fig. 147).

Tre koblede Aksler kan paa lignende Maade kombineres med Løbehjulsaksler. De danske Statsbaners Godstogslokomotiv Litra D (Vej- og Jernbanebygning. 1. Hæfte, S. 154, Fig. 149) er saaledes af Typen 1—C og Persontogslokomotiv, Litra R (Vej- og Jernbanebygning. 1. Hæfte, S. 153, Fig. 148) af Typen 2—C.

Det Arbejde, et Lokomotiv kan udføre i Sekundet, kan maales ved den Mængde Damp, det kan frembringe i samme Tid, og denne Dampmængde kan selv betragtes som proportional med Kedlens Varmeflade. Denne Proportionalitet er imidlertid ikke nøjagtig paa Grund af de Kedelrør, der anvendes i Lokomotiverne, da ikke alle Dele af Ildpaavirkningsfladen har samme Fordampningsevne. Man plejer derfor af Hensyn hertil at indføre en Korrektionskoefficient for Kedelrørene.

Er den korrigerede Varmeflade S, kan Lokomotivets Arbejde skrives

$$N = K \cdot S, \tag{50}$$

hvor Arbejdet enten angives i HK eller i kgm. pr. Sekund.

K er en Konstant.

Varmefladens Ydeevne paavirkes af Forholdet mellem Risteareal og Varmeflade, af Kedeltrykket og af Rumindholdet af en Cylinder, og den vokser under ellers lige Forhold med Drivhjulenes Omdrejningsantal; i Almindelighed ligger Konstanten K for Iltogs- og Persontogslokomotiver ved Tvillingmaskiner mellem 4,2 og 5,3 og ved Compoundmaskiner mellem 4,5 og 7,4.

Af særlig Vigtighed synes Forholdet mellem Varmeflade og Risteareal, som paavirkes af Beskaffenheden af det anvendte Brændsel; godt haardt Brændsel, der kan brændes i højt Lag (f. Eks. store Kul og Koks) kræver et lille Risteareal; smaa Kul, der ikke taaler stærkt Træk, maa have en større Rist. Som Middel varierer Forholdet mellem Varmeflade og Risteareal ved Person- og Iltogslokomotiver mellem 50 og 60, ved Godstogs- og Tenderlokomotiver mellem 55 og 65; den største Værdi for godt Brændsel ligger ved 70, den mindste Værdi for smaa Kul ved 23.

Dampovertrykket i Kedlen sættes til 12 til 14 atm. Tvillinglokomotiver synes ikke at give en passende Udnytning ved højere Spænding, medens Compoundlokomotiver ogsaa kan arbejde økonomisk ved højere Spænding.

Dampforbruget er væsentligt afhængigt af Kørehastigheden; Cylindrenes Fyldning og Dampspændingen har ligeledes Betydning, dog vilde en Forøgelse af denne sidste ud over 12 atm. næppe bevirke en nævneværdig Formindskelse af Dampforbruget.

Brændselsforbruget retter sig især efter dets Godhed. For tilnærmede Beregninger giver nedenstaaende Tabel nogle Holdepunkter.

Lokomotivtype (Tvillinglokomotiver)	For 1 Hestekrafttime		For 1 m² Varmeflade		Anm.
	Dampforbrug	Brændselsforbrug	Dampforbrug	Brændselsforbrug	
	kg	kg	kg	kg	
Iltogslokomotiv	10	2,0	43	8	Samtlige Tal er afrundede Middelværdier for 12 til 14 alm. Damptryk i Kedlen
Persontogslokomotiv .	10,5	2,0	39	7	
Godstogslokomotiv . .	12,3	2,2	34	6	

Ovenstaaende Oversigt giver det virkelige Dampforbrug; den hertil nødvendige Vandmængde kan sættes til 1,2 Gange saa meget.

Med voksende Kørehastighed stiger Vand- og Kulforbruget som angivet i nedenstaaende Tabel (efter *Lochner*).

Kørehastighed km/Time	For 1 HK Time				Anm.
	Vand		Kul		
	Tvilling	Compound	Tvilling	Compound	
	kg	kg	kg	kg	
0—50	10	8,5	1,25	1,05	De ved Forsøgene anvendte Kul gav 7,5—8 Gange Fordampning
60	10,3	8,6	1,33	1,06	
70	10,7	8,8	1,39	1,10	
80	11,4	9,3	1,52	1,19	
90	12,6	10,3	1,73	1,33	

K·S er saaledes det største Arbejde, som Lokomotivet kan præstere med den givne Konstruktion; men dette største Arbejde præsteres ikke under Gangen i hvert enkelt Øjeblik, hvor Arbejdet varierer med Produktet af Trækkraft og Hastighed. Lokomotivet lader sig nemlig indstille paa ret forskellige Arbejdsydelser, men af Hensyn til Kulforbruget og dermed til Driftens Økomomi, er det imidlertid ønskeligt, at Maskinens Arbejde eller rettere Fyrets Ydelse holdes nogenlunde konstant. Pludselige Variationer maa undgaas. Dette kræver et bestemt Forhold mellem Trækkraft og Hastighed, hvad der har Betydning for Køreplansberegningen. Naar Trækkraften varierer, maa Hastigheden undergaa en tilsvarende Variation. Dog er det herved at mærke, at de disponible Hestekræfter vokser med Kørehastigheden uden Forøgelse i Brændselsforbruget.

Er R Trækkraften i kg og VHastigheden i km/Time, bliver Arbejdsydelsen i HK:

$$N = \frac{1000}{75 \cdot 60^2} \cdot R \cdot V = \frac{1}{270} \cdot R \cdot V \qquad (51)$$

og heraf ses, at Lokomotivets Arbejde bliver uforandret, saa længe Produktet $R \cdot V$ holdes konstant. Trækkraften kan forøges, naar Hastigheden formindskes i det samme Forhold; Dampforbruget paavirkes ikke af Forandringen, idet den forøgede Damptilførsel til Cylindrene udlignes ved det formindskede Antal Dampslag i Minuttet.

Lokomotivets Arbejde er kun lig $K \cdot S$ i det Tilfælde, hvor Maskinen benytter hele sin Fordampningsevne. Vi vil imidlertid følge Dampen paa dens Vej gennem Maskinen og finde dels Maskinens Arbejde, dels Modstanden.

Idet nu:

p_1 er det virkende Damptryk pr. Arealenhed i Cylindrene, d. v. s. Middeldifferensen mellem Trykkene paa de to Sider af Stemplet under dets Vandring,

d er Diameteren i Dampcylindrene,

l er Slaglængden,

er Dampens Arbejde under en Vandring af Stemplet lig Trykket paa Stemplet $p_1 \frac{\pi d^2}{4}$, multipliceret med Slaglængden l, eller

$$p_1 \frac{\pi d^2 l}{4}.$$

For hvert Stempelslag frembringes dette Arbejde to Gange, og da der desuden er 2 Cylindre paa Lokomotivet, bliver hele Arbejdet for et Stempelslag $p_1 \cdot \pi d^2 \cdot l$, og hvis n er Antallet af Stempelslag pr. Sekund, ser man, at Dampens Arbejde i Enhed af Tid er

$$T = p_1 \cdot \pi d^2 l \cdot n \qquad (52)$$

De forskellige Modstande, der skal overvindes for at bevæge Toget, kan føres tilbage til en enkelt Kraft, der virker som Tangent til Drivhjulene i det Punkt, hvor de rører Skinnerne, og rettet modsat Bevægelsesretningen. I det Øjeblik, Togets Bevægelse er jævn, er denne Kraft R lig og modsat rettet Dampens Arbejde.

Er D Drivhjulenes Diameter, er den Vej, der gennemløbes, naar Hjulet drejer sig en Omdrejning πD, og da Antallet af Omdrejninger er det samme som Antallet af Stempelslag n pr. Sekund, er Arbejdet, der skal præsteres, i Enhed af Tid

$$T = R \cdot \pi \cdot D \cdot n \qquad (53)$$

Naar Togets Bevægelse er jævn, er Dampens Arbejde lig Modstanden, og man har

$$R \cdot D = p_1 \cdot d^2 \cdot l, \qquad (54)$$

der kan kaldes Lokomotivets Ligning.

Denne angiver den Forbindelse, der i ethvert Lokomotiv findes mellem Trækkraften R, Lokomotivets Hoveddimensioner og Damptrykket i Cylinderen. Af den kan man bestemme største Trækkraft og drage vigtige Slutninger med Hensyn til Hoveddimensionerne.

Ligningen kan skrives

$$R = \frac{p_1 \cdot d^2 \cdot l}{D} \qquad (55)$$

For et Lokomotiv med givne Dimensioner vil R blive Maksimum, naar p_1 faar sin største Værdi.

Trykket p_1 i Cylinderen er afhængigt af Trykket i Dampkedlen, men er altid mindre end dette, dels paa Grund af de delvise Fortætninger paa Vejen fra Kedel til Cylinder, og dels fordi man ved Lokomotiver, som ved alle andre Dampmaskiner, benytter en Ekspansion af Dampen i Cylinderen. Af disse Grunde maa man regne med, at p_1 altid er mindre end Damptrykket i Kedlen, især ved nyere Lokomotiver, hvor der anvendes en stor Ekspansion.

Det virkende Middeldamptryk p_1 (Nyttetrykket) afhænger af Kedeltrykket p og af Dampcylindrenes Fyldning med frisk Kedeldamp (Fyldningsgraden). Fyldningsgraden ligger ved Tvillinglokomotiver mellem 30 og 40 %, ved Compoundlokomotiver mellem 50 og 60 %; hertil svarer ved Tvillinglokomotiver et Forhold $p_1 : p = 0{,}50$ for Person- og Iltogslokomotiver og $p_1 : p = 0{,}60$ for Godstogs- og andre Lokomotiver. Ved Compoundlokomotiver er Forholdet mellem Dampcylindrenes Tværsnitsarealer ikke uden Indflydelse. Alt efter Størrelsen heraf ligger Værdien af $\frac{p_1}{p}$ for Person- og Iltogslokomotiver mellem 0,38 og 0,44, for Godslokomotiver mellem 0,40 og 0,50.

Man regner derfor, at den største Værdi som Middeltrykket p_1 under et Stempelslag i Cylinderen kan faa er 60 % af Trykket i Dampkedlen. Erstattes p_1 med 0,60 p i Ligning (55) faar man

$$R_{max} = \frac{0{,}60 \cdot p \cdot d^2 \cdot l}{D} \qquad (56)$$

Denne Ligning giver altsaa den største Trækkraft, som et Lokomotiv kan præstere under Hensyn til det Damptryk, Kedlen kan præstere og til Maskinens Dimensioner. p aflæses paa Kedlens Trykmaaler.

Denne største Trækkraft vil svare til den mindste Hastighed, idet Maskinen antages at bruge hele sin Fordampningsevne.

Hvis vi undersøger Ligning (52), der angiver Dampens Arbejde, vil vi se, at dette Arbejde, alt andet lige, er proportionalt med p_1 og Antallet af Stempelslag n, d. v. s. med Hastigheden. Og idet det nu antages, at Kedlen paa konstant Maade leverer samme Mængde Damp ved samme Tryk, vil Dampmaskinens Arbejde nødvendigvis være konstant, og som Følge deraf vil, naar p_1 varierer, n variere nøjagtig i modsat Retning, under Forudsætning af, at disse Variationer ikke gaar uden for Grænserne for god Dampøkonomi. Altsaa vil der til Maksimum af p_1 svare Minimum af n og derved Minimum af Lokomotivets Hastighed.

Denne Slutning fremgaar altsaa af en Undersøgelse af Ligning (52), men kan ogsaa ses paa følgende Maade:

Dampkedlen leverer i Enhed af Tid en vis Mængde Damp ved et givet Tryk; det er klart, at man vil kunne lade den strømme ud i en eller flere Cylindre, men idet saa hver Cylinder modtager mindre eller mere Damp, vil Middeltrykket i Cylinderen blive mindre eller større.

Togets Hastighed V er givet ved Udtrykket

$$V = \pi D n$$

og da man efter Ligning (52) har

$$n = \frac{T}{p_1 \cdot \pi d^2 l}$$

faar man

$$V_{min} = \frac{T \cdot D}{0{,}60 \cdot p \cdot d^2 \cdot l} \qquad (57)$$

hvor T er Maskinens Arbejde, naar den bruger hele sin Fordampningsevne.

Af Ligningerne (56) og (57) uddrager man vigtige Slutninger m. H. t. Lokomotivernes Bygning.

Ligning (56) viser, at man for at forøge Trækkraften, skal forøge Værdierne af p d og l eller formindske Diameteren af Drivhjulene D.

Lokomotiverne har i Almindelighed et Kedeltryk paa 12 at, men dette Tryk har været i stadig Stigen fra de første Lokomotivers Dage til nu, alt efter som Konstruktionerne blev mere og mere fuldendte. Ved enkelte af de nyere Lokomotivkonstruktioner er man gaaet op til 16 at.

Cylinderdiameteren (d) ligger som Regel mellem 0,35 m og 0,55 m og Slaglængden (l) imellem 0,45 m og 0,65 m. Disse to Dele er i Almindelighed forbundne ved Ligningen $l = 1{,}2\,d$. Man kan ikke lade Værdierne af d og l variere meget, fordi man paa samme Tid vilde lade Antallet af Stempelslag variere i omvendt Forhold (Ligning 52). Men for Maskinens gode Virkemaade er det af Betydning, at (n) ikke varierer for meget; man bør saaledes undgaa en for stor Hastighed i de enkelte Maskindeles Bevægelse og kan derfor ikke godt komme op over 4 à 5 Omdrejninger i Sekundet, og paa den anden Side kan man ikke godt gaa ned under 2 Omdrejninger, da Lokomotivet saa ikke vilde have tilstrækkelig levende Kraft til at overvinde Modstanden fra Sporets Uregelmæssigheder.

Drivhjulenes Diameter D kan man derimod lade variere indenfor ret vide Grænser. Ligning (56) viser, at for samme Arbejde af Lokomotivet og samme Tryk i Kedlen er Lokomotivets Trækkraft omvendt proportional med Drivhjulenes Diameter. Og Ligning (57) viser, at Togets Hastighed er ligefrem proportional med denne.

Ved Bygning af Lokomotiver følger man derfor altid den praktiske Regel, at man for langsomme Tog, der kræver en stor Trækkraft, benytter smaa Drivhjul, og Anvendelsen af denne Regel gør, at man direkte kan se paa et Lokomotiv, om det er et Persontogs- eller et Godstogslokomotiv. De førstes Drivhjul er altid større end de sidstes.

Imidlertid vil man ikke gerne gaa uden for visse Størrelser af denne Diameter. Bliver den saaledes for stor, sluger Hjulene en for stor Del af Lokomotivets Vægt, og man vilde løfte dets Tyngdepunkt saa meget, at Stabiliteten blev udsat for Fare. Og meget smaa Hjul vilde paa den anden Side have en stor rullende Modstand, og Kobbelstængernes Hoveder vilde komme saa nær

til Ballasten, at man kunde risikere, at de rørte denne paa de uundgaaelige Ujævnheder.

For Iltogsmaskiner anvender man ikke gerne større Drivhjulsdiameter end 2,30 m og holder den som Regel under 2,20 m. De danske Statsbaners nyeste og største Persontogslokomotiv Litra P har en Drivhjulsdiameter paa 1,984 m og vil derfor med sin tilladelige Maksimalhastighed, 120 km i Timen, faa et Antal Omdrejninger af Hjulet pr. Sekund

$$n = \frac{120}{3{,}6 \cdot \pi \cdot 1{,}984} = \text{ca. } 5$$

For Godstogslokomotiver anvendes mindre Værdier, idet man dog ikke gerne gaar ned under 1,20 m. De danske Statsbaners Godstogslokomotiv Litra D har saaledes en Drivhjulsdiameter paa 1,404 m; med Maksimalhastigheden 60 km i Timen, bliver Antallet af Hjulets Omdrejninger pr. Sekund

$$n = \frac{60}{3{,}6 \cdot \pi \cdot 1{,}404} = \text{ca. } 4.$$

Den største Trækkraft, der findes af Ligning (56), bør være saa stor som Lokomotivets Adhæsionsvægt betinger, for at hele denne Adhæsionsvægt kan blive udnyttet. Det er ingen Nytte til, at Trækkraften er større, da man derved blot vilde opnaa, at Hjulene løber rundt paa Stedet, og er den mindre, udnyttes en Del af Adhæsionsvægten ikke.

Af Hensyn til den tilladelige største Paavirkning af Skruekoblingerne, hvormed Vognene kobles sammen, kan Trækkraften ikke gøres større end 10 000 kg. For at have tilstrækkelig Trækkraft ved Igangsætning giver man især ved Godstogsmaskiner endnu et Tillæg paa 1000 til 1500 kg til den for en vis største Kørehastighed og største Toglængde beregnede Trækkraft. Jo større dette Overskud af Trækkraft er til Accellerering af Toget, desto hurtigere vil Igangsætningen foregaa, og desto kortere vil den Strækning være, der maa gennemløbes, før man naar fuld Kørehastighed.

2. Lokomotiver med 4 eller flere koblede Aksler.

De Bemærkninger, der ovenfor under § 14 Punkt 1 er fremsat om Lokomotiver i Almindelighed, gælder selvfølgelig ogsaa for Lokomotiver med 4 eller flere koblede Aksler. Men nogle yderligere Bemærkninger om disse Lokomotiver, der især er bestemt til at trække tunge Tog paa Baner med stærke Stigninger, vil formentlig være paa Plads.

I Frankrig anvender man saaledes paa Sidelinier med Stigninger paa 10 à 12 ‰ saadanne 4 koblede Lokomotiver; før de blev konstruerede, maatte man her benytte to Lokomotiver i Stedet for et for at faa den nødvendige Trækkraft.

Men Brugen af Forspand fordobler Udgiften til Trækkraft uden altid at fordoble denne. Grunden til, at Trækkraften ikke fordobles, er den, at man ikke kan faa dem til at virke nøjagtigt sammen; dette vilde nemlig kræve,

at der var fuldstændig Forstaaelse mellem deres Førere, og dette er, om ikke umuligt, saa dog i alle Tilfælde meget vanskeligt at opnaa. Man kan derfor ikke regne, at Forspandsmaskinen kommer til at yde mere end $^2/_3$ af sin Trækkraft. Det var derfor naturligt, at man har søgt at skaffe den til de svære Tog nødvendige Trækkraft ved Bygning af sværere Maskiner med større Adhæsionsvægt, og det er dette, der har givet Stødet til Bygning af 4 koblede Lokomotiver, der nu almindeligt anvendes paa Baner med stærke Stigninger. At Udgifterne til Personale derved formindskes er selvfølgelig af ikke ringe økonomisk Betydning.

I visse Tilfælde har man haft Brug for Lokomotiver med en endnu større Adhæsionsvægt end den, man kan opnaa ved Brug af 4 koblede Lokomotiver. Efterhaanden nemlig som Jernbanenættet er blevet udbygget og ført ind i mere og mere kuperet Terrain, er det blevet nødvendigt at anvende stærkere Stigninger, undertiden i Forbindelse med smaa Krumningsradier. Og til disse Linier har man da bygget Lokomotiver med mere end 4 koblede Aksler.

Udenfor de særlige Steder, hvor Stigningen er stærk, har disse Lokomotiver den Mangel, at de har for stor Trækkraft og for stor Egenvægt. Anvender man i Stedet herfor Forspandskørsel, er man fri for denne Ulempe, idet man spænder det andet Lokomotiv for, hvor det er nødvendigt, og ofte findes den meget stærke Stigning kun paa et enkelt Sted, og igen spænder det fra, naar det vanskelige Sted er passeret. Og hvis man vil drive den paagældende Banelinie økonomisk, kan de store Lokomotiver gøre det vanskeligt at afpasse Toggangen efter Trafikkens Krav.

3 og 4 koblede Lokomotiver maa derfor betragtes som en Type, man normalt ikke kommer ud over; kun særlige Forhold kan retfærdiggøre Anvendelsen af et større Antal koblede Aksler.

Malletlokomotivet[1]) er en Type, der forener tilstrækkelig Bøjelighed til at passere almindelige Jernbanekurver med ikke for store Akseltryk, med en betydelig Forøgelse af Trækkraften, og som dog kan ledes af een Mand. Paa en Maade er det en Sammenkobling af to eller tre Lokomotiver, men med den Forskel, at det nødvendige Lokomotivpersonale er indskrænket betydeligt. Malletlokomotivet er som Regel et 4 cylindret Compound Lokomotiv med fra 4 til 10 koblede Aksler, og Hjulrammens Længde kan naa op til ca. 20 m, men denne Hjulramme er bøjelig, saa den vil bøje sig efter Sporets Kurver. Undertiden er Dampkedlen gjort bøjelig, men i Almindelighed ligger selve Dampkedlen paa den ene Side af dette Omdrejningspunkt, mens Fødevandsvarmer og Overheder ligger paa den anden Side. Hver Halvdel af den bøjelige Kedel bæres af sin Ramme, der igen bæres af sine Drivhjul, og de to Rammer er saa forbundne paa passende Maade.

I Amerika har Baldwin Locomotive Works bygget et Lokomotiv af denne Type til Erie Railroad med 3 Hjulrammer, forbundne bevægeligt med hinanden, idet den tredie Ramme bærer Tenderen. Hver Hjulramme har 8 Drivhjul. Den totale Vægt, der bæres af de 24 Drivhjul er 761,600 lbs eller gennemsnitlig 31,733 lbs pr. Aksel. Lokomotivet har 6 lige store Cylindre. De to

[1]) Webb: Railroad Construction S. 432.

Cylindre paa den midterste Ramme bruger højspændt Damp, de 4 andre Cylindre er Lavtrykscylindre. Den totale Vægt af Lokomotiv og Tender er 858,050 lbs. Paa en Prøvefart trak Lokomotivet et Tog med en samlet Længde af 8547 ft. og en Vægt paa 18,338 ts. Saadanne Lokomotiver bruges til at trække lange Tog med lille Hastighed, idet deres Kedler ikke kan frembringe Dampen saa hurtigt, at de kan udvikle deres uhyre Trækkraft ved stærk Fart, saa naar Farten vokser, tager Trækkraften stærkt af. De har ofte automatiske Fyrapparater til Kulfyring, eller benytter Oliefyring, fordi den store Trækkraft kun kan faas ved et uhyre Brændselsforbrug, og een Fyrbøder vilde være ganske ude af Stand til at skovle Kul paa, saa hurtigt som Maskinen kræver det.

§ 15. Bremsefald og Hovedstigning.

1. Almindelige Bemærkninger.

Det er i det foregaaende vist, at Arbejdsydelsen for et Lokomotiv i Hestekræfter kan skrives[1])

$$N = \frac{1}{270} \cdot R \cdot V \qquad (51)$$

og at Lokomotivets Arbejde saaledes bliver uforandret, saa længe Produktet $R \cdot V$ holdes konstant. Trækkraften kan forøges, naar Hastigheden formindskes i det samme Forhold. Dampforbruget paavirkes ikke af Forandringen, idet den forøgede Damptilførsel til Cylindrene udlignes ved det formindskede Antal Dampslag i Minuttet. Økonomien fordrer, at Køreplanen lægges med dette Forhold for Øje — dog under Hensyn til, at Hestekraftudbyttet vokser med Kørehastigheden.

Man kunde nu tænke, at en Banelinies Stigninger og Kurver kun havde en mindre væsentlig Betydning for Banens Drift, naar den forøgede Kørselsmodstand paa Stigning og i Kurve saaledes kan overvindes ved en passende Nedsættelse af Hastigheden. Den Togvægt, som Lokomotivet kan befordre paa lige og vandret Bane, er det altsaa ogsaa i Stand til at slæbe op over Bakkerne. I Virkeligheden er dette ogsaa rigtigt — inden for visse Grænser, der sættes af Lokomotivets Konstruktion. Men det bør ikke overses, at Hastighedsformindskelsen volder en Forlængelse af Køretiden, som ogsaa maa tages i Betragtning.

En Banestrækning Trafik stiller bestemte Krav med Hensyn til Længden og Vægten af de Tog, der skal fremføres, og med Hensyn til den Tid, i hvilken de skal tilbagelægge Strækningen. Hertil svarer en vis Normalpræstation af Lokomotivet, en vis Arbejdsydelse i Hestekræfter. Hvis nu Køretiden kan fordeles saaledes over Strækningens forskellige Afsnit, at Produktet af Trækkraft og Hastighed overalt varierer efter ovenstaaende Formel er Forholdene de gunstigst tænkelige. Men paa Baner med stærke Variationer i Stignings-

[1]) J. Falck: Fald og Stigninger paa en Jernbane. Ingeniøren Nr. 38—1918.

forholdene, vil de stærkeste Stigninger da kræve en uforholdsmæssig Del af Køretiden.

For Eksprestog, Persontog og Fjærngodstog er Togvægten den samme over lange Strækninger. Den største Togvægt bestemmes af Lokomotivets Hestekræfter under Forudsætning af en vis Kørehastighed. Herved regnes paa Slettelandsbaner med Togets saakaldte Grundhastighed, nemlig en forudsat Hastighed paa lige og vandret Bane, hvis Størrelse fastsættes vilkaarligt efter Toget Art. Paa vandret Bane er da Lokomotivkraften fuldstændig udnyttet, og dette Forhold bliver altsaa — efter Reglen i Ligningen $N = \frac{1}{270} \cdot R \cdot V$ — gennemgaaende over hele Strækningen. Paa Bakkelandsbaner med et mere uregelmæssigt Længdeprofil og navnlig stejlere Stigninger stiller Sagen sig noget anderledes. Den største Togvægt kan her ikke bestemmes ud fra Togets forudsatte Grundhastighed, idet Kørehastigheden paa de stejle Strækninger da kan synke procentvis saa lavt, at Toget taber sin Karakter. Der maa paa disse Stigninger kræves en vis Mindstehastighed, fastsat i Forhold til Hastigheden paa vandret Bane. Men Følgen bliver, at den største Togvægt maa bestemmes i Forhold til Trækkraften paa disse Stigninger, og at Lokomotivkraften ikke vil blive udnyttet fuldt ud paa Banens fladeste Strækninger. Togvægten maa altsaa nedsættes af Hensyn til de stejleste Stigninger, der maa køres med lettere Tog.

Nærgodstog og Blandettog undergaar ofte Forandringer fra Station til Station. Der foretages stadig Rangeringer, Ind- og Udsætning af Vogne, hvorved Togenes Sammensætning bliver en anden. Den Vægtformindskelse, der er nødvendig, for at Toget ikke paa de stejle Strækninger skal tabe for meget i Forhold til Hastigheden paa vandret Bane, behøver da ikke at være gennemgaaende over hele Strækningen. Den største Togvægt kan for de fladere Strækningers Vedkommende bestemmes paa Grundlag af den forudsatte Grundhastighed og for de stejleres Vedkommende under Forudsætning af en vis Mindstehastighed paa de største Stigninger. Men dette kan ganske vist foranledige, at Toget af Hensyn til disse maa sætte Vogne ud paa en forudgaaende Station.

Det er da saa langt fra, at en Banelinies Stigninger kun skulde have uvæsentlig Betydning for en Banes Drift, at de tværtimod er bestemmende for hele Banens Karakter. Den største forekommende Stigning af paaagtelig Længde kaldes da ogsaa gerne den bestemmende Stigning. Jo stejlere denne er, desto større bliver Nødvendigheden af arbejdskraftige Lokomotiver, hvis Brændselsforbrug er stort i Forhold til den befordrede Vægt. Og almindeligvis kan Togene endda ikke paa Baner med stejle Stigninger gives samme Længde som paa svagere stigende Strækninger; Besørgelsen af en given Trafik kræver altsaa flere Tog.

Imidlertid forholder det sig jo saaledes, at hvad der paa en Banelinie er Stigning for Tog i den ene Retning bliver Fald for Tog i den modsatte. Naar derfor Transporterne frem og tilbage er lige store, vil det Arbejde, der medgaar til at løfte et Tog gennem en Stignings Højde, kunne genvindes for Driften ved et tilsvarende Togs Kørsel ned ad Bakke paa den samme Stigning.

Forudsætningen er blot, at det nedadgaaende Tog ikke behøver at afbremse en Del af sin levende Kraft, da denne i saa Fald gaar til Spilde. Stigningen maa altsaa ikke være stejlere end Bremsefaldet, altsaa ikke stejlere, end at Tyngden lige netop er i Stand til at opretholde Togets Fart, naar Dampen slaas fra paa Maskinen. Dog kan korte Stigninger være noget stejlere, nemlig naar Toget øverst paa Faldet har en Hastighed, der ligger noget under dets største tilladte Hastighed, og først ved Foden af Bakken kommer op paa denne, accelereret gennem Faldets Højde. Bremsefaldets Størrelse afhænger af Togets Kørehastighed, idet Kørselsmodstanden, navnlig paa Grund af Lufttrykket, vokser med Togets Fart. Det kan for almindelige Godstog med 40 km Hastighed sættes til ca. 3,6 ‰ (1 : 275) og for Hurtigtog med 80 km Hastighed sættes til 5 ‰ (1 : 200). Tilfældet indtræder altsaa kun ved temmelig flade Stigninger. Naar en Stigning ikke overskrider Bremsefaldet, siges den at være *uskadelig*, og paa en Bane med lutter uskadelige Stigninger vil den Del af Driftsudgiften, der skyldes Stigningerne, være Nul.

Et særligt Tilfælde fremkommer, hvor Højdeforskellen mellem to Stationer er betydelig i Forhold til deres indbyrdes Afstand, saaledes at Linien for at opnaa en passende Stigning maa forlænges ved kunstige Slyngninger gennem Terrainet. Dette er typisk for Bjærglandsbaner, hvor derfor modgaaende Stigninger, altsaa Fald, der afbryder den egentlige Højdestigning, fremfor alt maa undgaas. Fald under saadanne Forhold gælder som *tabte Stigninger*.

Ved en Banes Anlæg bliver den bestemmende Stigning eller *Hovedstigningen*, som den ogsaa kaldes, fastsat under Hensyn dels til Terrainforholdene og dels til den forventede Trafik. Tilnærmelsesvis lader det sig beregne, hvor stor økonomisk Fordel det betyder for Driften, om Stigningen gøres fladere, og det kan da ses, om den aarlige Besparelse kan forrente den fremkomne Merudgift ved Anlæget. Imidlertid gælder det ofte mere end noget om, at Anlægsudgifterne indskrænkes, og desuden er Trafikens Udvikling hyppigt slet ikke til at overse. Derfor lider navnlig mange ældre Baner under Vanskeligheden ved altfor stejle Stigninger, hvis Betydning forøges, efterhaanden som Togenes Kørehastighed vokser, og Togmellemrummene bliver kortere.

Paa de danske Statsbaner er dette Forhold kendeligt. 25 % af disses Strækninger ligger i Stigninger og Fald af mere end 5 ‰. Øst for Storebælt er den bestemmende Stigning paa Hovedruterne vel dog kun 6,7 ‰ (1 : 150), bortset fra nogle Strækninger lige omkring Kjøbenhavn; kun den sjællandske Nordbane og Sorø—Vedde Banen har Stigninger paa 10 ‰. Men Vest for Storebælt er den bestemmende Stigning paa de vigtigste Ruter hyppigst 10 ‰, og navnlig den jydske Hovedbane har meget stejle Stigninger. Af Strækningen Vejle—Aarhus ligger saaledes henved 60 % i Stigninger og Fald af 6,7 ‰ og derover, 25 % i Stigninger og Fald af 10 ‰. Paa saadanne Strækninger maa Godstogenes største Belastning nedsættes med 25 %, og Hastigheden paa Stigningerne synker endda til omkring en Trediedel.

Hvor det drejer sig om at anlægge et Hovedjernbanenæt, hvor der dels skal kunne køre hurtige Tog og dels svære Godstog, bør man ikke gerne benytte stejlere Stigninger end 5 ‰. Efter dette Princip er de franske Hovedlinier anlagt efter en Lov af 11. Juni 1842; dette Linienæt er ca. 3000 km

langt, og heraf har kun 75 km stejlere Stigninger end 5 ‰, idet de her ligger mellem 6 og 8 ‰. Samtidig har man i Frankrig anvendt Kurveradier paa 800 à 1000 m.

I Danmark har der i de senere Aar været visse Bestræbelser for at fremskaffe mindre Stigningsforhold paa Hovedlinierne. Medens saaledes Banen Roskilde—Kjøge —Næstved har en største Stigning af 1 : 175, faar den nye Bane Ringsted—Næstved, der skal erstatte den i den gennemgaaende Trafik, en største Stigning 5 ‰ (1 : 200). Ved Anlæget af Dobbeltsporet Nyborg—Strib er det nye (sydlige) Spor lagt med største Stigning 8,3 ‰ (1 : 120), med Undtagelse af kortere Strækninger i Nærheden af Middelfart, mens det gamle Spor endnu ligger med største Stigning 10 ‰.

Den bestemmende Stigning paa Slettelandsbaner regnes paa Hovedruterne ikke at skulle overskride Bremsefaldet, saa altsaa alle Stigninger skulde her være uskadelige. Paa Sidebaner bør der ikke anvendes stærkere Stigninger end 10 ‰.

Bakkelandsbanerne er i det hele stejlere anlagt. Den bestemmende Stigning er paa Hovedruterne gerne omkring 6,7 ‰ (1 : 150), men burde ved større Trafik ikke overskride 5 ‰ (1 : 200). Sidebaner i Bakkeland har en største Stigning af ca. 12,5 ‰ (1 : 80).

I Bjærgegne vokser Stigningstallene. Man har Hovedbaner med en største Stigning af 35 ‰ (1 : 28) og Sidebaner med Stigninger lige op til 70 ‰ (1 : 14). Paa saadanne Baner bliver Sliddet paa Bremsedelene ved Nedkørslen med svære Tog dog overmaade betydeligt, og i Tyskland anbefales det derfor (Technische Vereinbarungen) ikke at give Hovedbaner stærkere Stigninger end 25 ‰ (1 : 40) og Sidebaner ikke stærkere Stigninger end 40 ‰ (1 : 25).

Den størst mulige Stigning paa en Adhæsionsbane er naaet, hvor Lokomotivet kun lige netop er i Stand til at befordre sin egen Vægt. Grænsen synes at ligge ved ca. 115 ‰ (1 : 9); nogle Baner med elektrisk Motorvognsdrift er anlagt med denne Stigning. Hvor Terrainet opfordrer til at holde Stigningerne stejlere end ca. 50 ‰ (1 : 20), maa det overvejes, om ikke en Tandbane bør foretrækkes. Med Tandbane naar man Stigninger af 250 ‰ (1 : 4), i enkelte Tilfælde højere; Grænsen sættes af, hvad Tanden i Tandstangen kan bære. Den største Stigning paa Tandstrækninger findes paa Pilatusbanen og er 480 ‰ (1 : 2). Stejlere bygges kun Tovbaner, der nærmer sig Elevatorer.

Fra mere bekendte Baner skal følgende Stigningsforhold anføres:

Bergensbanen	21,5 ‰	(1 : 46,5)
Brennerbanen, Semmeringbanen	25 ‰	(1 : 40)
Gotthardbanen	26 ‰	(1 : 38)
Mont Cenis Banen	30 ‰	(1 : 33)
Erkrath—Hochdahl, Brockenbanen	33 ‰	(1 : 30)
Turin—Genua	35 ‰	(1 : 29)
Paris—Saint Germain en Laye	35 ‰	(1 : 29)
Lima—Oroza og de fleste Baner i Anderne	40 ‰	(1 : 25)
Rhätiske Bane	45 ‰	(1 : 22½)
Enghien—Montmorency (stærkeste franske Stigning, 1200 m lang)	45 ‰	(1 : 22½)

Richmond—Ohio	56	‰ (1 : 18)
Jefferson—Indianopolis	60	‰ (1 : 17)
Uetlibergbanen	71	‰ (1 : 14)
Rio—Novo Friburgo (Leopoldinabanen)	91	‰ (1 : 11)

Paa Sidebaner med deres svagere Trafik, lettere Tog og mindre Toghastighed er Manglerne ved de stærkere Stigninger ikke saa fremtrædende som paa Hovedbaner, saa stærkere Stigning her kan tillades. Driften af disse Linier kræver nemlig i Almindelighed kun et Minimum af Tog daglig i hver Retning, under hvilket man ikke kan gaa af Hensyn til de Rejsendes Bekvemmelighed og Godsbefordringens Regelmæssighed. Og hvis nu den Trafik, der skal betjenes, ikke giver Togene deres størst mulige Belastning, er det uden Betydning, om Banens Stigninger kræver, at denne Belastning skal nedsættes; kun maa man jo være sikker paa, at Trafikken ikke vokser saa stærkt i Løbet af kort Tid, at dette Forhold ikke mere er gældende.

Om den bestemmende Stigning ved Anlægget af en Jernbane bliver bragt i Anvendelse mere eller mindre hyppigt, er som Regel uvæsentligt, naar den svarer til Trafikken, da det ikke faar nogen Indflydelse paa den opnaaelige Togvægt. At Togene er desto længere om at tilbagelægge Strækningen, jo oftere Stigningerne naar op paa Hovedstigningens Maal, betyder her overfor kun lidet, da Forskellen er ringe.

Vigtigt er det derimod ikke at lægge stejle Stigninger paa Steder, hvor Togene kan komme til at holde. Tidligere ansaa man det for teoretisk rigtigt at lægge Banelinien i Stigning op til Stationerne. Togene kunde da for en Del løbe Farten af sig paa disse Stigninger, saaledes at der gik mindre levende Kraft til Spilde ved den endelige Bremsning. Herved oversaa man imidlertid, at Togene ikke sjældent maa standse foran Stationerne, og dette forandrer Forholdet. Igangsætning paa stejle Stigninger er altid besværlig og tidslugende og kan give Anledning til Koblingsbrud.

Stigninger stejlere end Hovedstigningen er ikke i sig selv utilladelige. De kan jo være saa korte og saa heldigt beliggende, at Togene kan løbe over dem ved deres levende Kraft, uden at Hastigheden synker under den vedtagne Grænse.

Udviklingen i den moderne Jernbanedrift gaar i Retning af Befordring af store Masser med stor Hastighed i langt højere Grad, end dette tidligere var Tilfældet; og dette gælder ikke blot Persontrafikken, hvis Størrelse tvinger til paa Hovedbaner at forøge Togvægt og Kørehastighed, men ogsaa Godstrafikken; Godstogenes ringe Kørehastighed forhindrer, at Lokomotiver og Vogne udnyttes fuldt ud og er sikkert uøkonomisk, selv om Vognene kun er i Bevægelse nogle faa Timer i Døgnet. Og her maa man da huske, at stærke Stigninger er til Hinder for en Forøgelse af Togvægt og Kørehastighed.

2. **Stigninger stærkere end Hovedstigningen.**

Hvis en Banelinie i Almindelighed har Stigninger paa f. Eks. 5 ‰, kan enkelte stærkere Stigninger, f. Eks. paa 10 ‰ dog undtagelsesvis tillades, hvis

de ikke er for lange, uden at man af Hensyn til dem behøver at sætte Togvægten ned, idet man i saa Fald maa tillade en vis Formindskelse af Hastigheden.

Paa saadanne korte Stigninger vil Lokomotivets Trækkraft ikke blive varieret efter den aftagende Hastighed — efter Loven i Formlen $N = \frac{R \cdot V}{270}$ — men stadig holdes paa samme Højde. Dampcylindrenes Fyldningsgrad bliver ikke ændret, men Lokomotivets Hestekraftydelse aftager derfor ogsaa ved Kørsel op ad Bakke og vokser ved Kørsel ned ad Bakke.

En Beregning af Hastighedens Variation ved Indkørslen paa en Stigning kan foretages ud fra den almindelige Sætning, at den accelererende Kraft er lig Masse × Acceleration. Man har for 1 t Togvægt

$$k - r = \frac{1000}{g} \cdot \frac{d^2x}{dt^2} \tag{58}$$

hvor k er Lokomotivets Trækkraft i kg for 1 Ton Togvægt, r Kørselsmodstanden i samme Maal, g Tyngdens Acceleratlon og $\frac{d^2x}{dt^2}$ Accelerationen paa Stigningen; x er den paa Stigningen tilbagelagte Vej i Meter og t den dertil medgaaede Tid i Sekunder.

r udtrykkes ved Ligningerne (33—37) S. 104, der, naar Hastigheden udtrykkes i m/sec i Stedet for km/Time, omskrives til

for Il- og Eksprestog samt svære Godstog:

$$r = 2{,}5 + \frac{v^2}{300} \tag{59}$$

for almindelige Persontog:

$$r = 2{,}5 + \frac{v^2}{230} \tag{60}$$

for Ilgodstog:

$$r = 2{,}5 + \frac{v^2}{200} \tag{61}$$

for almindelige Godstog bestaaende af tomme og læssede, aabne og lukkede Vogne:

$$r = 2{,}5 + \frac{v^2}{150} \tag{62}$$

for Godstog af tomme, toaksede Godsvogne

$$r = 2{,}5 + \frac{v^2}{75} \tag{63}$$

Paa Stigningen s vil Modstanden for et Iltog altsaa være:

$$r_{(s)} = 2{,}5 + \frac{v^2}{300} + s \tag{64}$$

Og idet Toget ved Indkørslen paa Stigningen s forudsættes at have til-

bagelagt en længere Strækning paa Stigningen $s_{x=0}$ med Hastigheden $v_{x=0}$, faas Kraften k ved Indsættelse af disse Værdier i (64).

For Il- og Eksprestog bliver Ligning (58)

$$2{,}5 + \frac{v^2_{x=0}}{300} + s_{x=0} - \left(2{,}5 + \frac{v^2}{300} + s\right) = \frac{1000 \cdot d^2 x}{g \cdot dt^2}$$

der, idet

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{vdv}{vdt} = \frac{vdv}{dx}$$

kan omskrives til:

$$\frac{gdx}{1000} = \frac{300 \cdot v \cdot dv}{v^2_{x=0} - v^2 + 300\,(s_{x=0} - s)}$$

og som ved Integration giver:

$$\frac{2gx}{300\ 000} = \log_{nat} \frac{300\,(s_{x=0} - s)}{v^2_{x=0} - v^2 + 300\,(s_{x=0} - s)} \tag{65}$$

for de øvrige Togarter bliver de tilsvarende Ligninger:

for almindelige Persontog

$$\frac{2gx}{230\ 000} = \log_{nat} \frac{230\,(s_{x=0} - s)}{v^2_{x=0} - v^2 + 200\,(s_{x=0} - s)} \tag{66}$$

for Ilgodstog:

$$\frac{2g \cdot x}{200\ 000} = \log_{nat} \frac{200\,(s_{x=0} - s)}{v^2_{x=0} - v^2 + 200\,(s_{x=0} - s)} \tag{67}$$

for almindelige Godstog:

$$\frac{2g \cdot x}{150\ 000} = \log_{nat} \frac{150\,(s_{x=0} - s)}{v^2_{x=0} - v^2 + 150\,(s_{x=0} - s)} \tag{68}$$

for tomme Godstog:

$$\frac{2g \cdot x}{75\ 000} = \log_{nat} \frac{75\,(s_{x=0} - s)}{v^2_{x=0} - v^2 + 75\,(s_{x=0} - s)} \tag{69}$$

Paa korte Stigninger aftager Hastigheden fra Foden til Toppen af Bakken, og uden Hensyn til Hovedstigningens Størrelse maa disse korte Stigninger kaldes tilladelige, naar Hastigheden paa dem ikke synker under et passende Maal. Hvorledes Grænsen skal sættes, afhænger af et Skøn. Paa de danske Statsbaner er det foreslaaet at fastsætte en Minimumshastighed svarende til Togenes Hastighed paa Stigningen 10 $^0/_{00}$.

Paa de danske Statsbaner anvendes de i Tabel 28 nævnte Hastigheder.

Stigninger, der er stærkere end Hovedstigningen, kan, som ovenfor omtalt, naar Længden af dem ikke er for stor, tages med Tilløb ved Hjælp af Togets levende Kraft. Længden af en saadan Opløbsrampe kan ogsaa bestemmes paa følgende Maade. Kommer Toget til Foden af en Rampe med Stigning

Tabel 28.

Togbenævnelse	Stigninger				
	0 ‰ 1 : ∞	3,3 ‰ 1 : 300	5 ‰ 1 : 200	6,7 ‰ 1 : 150	10 ‰ 1 : 100
	km/Time	km/Time	km/Time	km/Time	km/Time
Eksprestog (E)	90	82	75	67	53
Kurertog (K)	86	69	62	55	43
Hurtigt Iltog (H I)	80	64	57	50	38
Iltog (I)	76	60	52	44	32
Hurtigt Persontog (H P) . . .	70	57	48	40	27
Persontog (P)	60	52	44	35	24
Langsomt Persontog (L P) . .	55	44	40	32	21
Blandet Tog (B)	45	40	35	30	19
Hurtigt Godstog (H G)	44	35	32	25	17
Godstog (G)	40	33	27	22	16
Langsomt Godstog (L G) . . .	39	30	25	20	15

$s_{x=0}$ med Hastigheden $v_{x=0}$ m/Sek, og skal det ved den øverste Ende af Rampen endnu have Hastigheden v m/Sek, saa er den disponible levende Kraft — naar man ser bort fra den levende Kraft, der hidrører fra Omdrejningen af Hjul og Aksler

$$\lambda = \frac{1000\,Q}{2g}\,(v_{x=0}^2 - v^2),$$

hvor Q er Togets samlede Vægt i ts; er w_1 Grænsemodstanden og w_2 Modstanden paa den paagældende Rampe af Længde l m, er det nødvendige Merarbejde, der kræves af Lokomotivet ved Kørsel op ad denne Rampe,

$$dA = Q(w_2 - w_1)\cdot l,$$

og man maa have

$$dA = \lambda;\ Q(w_2 - w_1)l = \frac{1000\,Q}{2g}\,(v_{x=0}^2 - v^2).$$

Og da man har

$$w_1 = w_g + s$$
$$w_2 = w_g + S,$$

idet vi antager, at Modstanden w_g paa lige og vandret Bane før Rampen og paa den er den samme, hvilket ganske vist ikke er helt rigtigt p. Gr. af Hastighedens Aftagen.

Man faar saa Formlen

$$l = \frac{v_{x=0}^2 - v^2}{2g(S - s)}\cdot 1000. \qquad (70)$$

Ved Afgørelsen af Spørgsmaalet er selvfølgelig de langsomt kørende Godstog bestemmende, thi naar Rampen kan passeres af disse Tog med Tilløb, vil Persontog, der kører med større Hastighed, ogsaa kunne køre op ad Rampen.

Eksempel.

Grænsestigningen for en Bane er 5 ‰, og paa den er Kørehastigheden $v_{x=0}=$

12 m; Opløbsrampens Stigning er $S = 8\,{}^0/_{00}$, og Hastigheden maa ved Toppen af Rampen gaa ned til $v = 10$ m. Den tilladelige Længde af Rampen bliver da

$$l = \frac{12^2 - 10^2}{19{,}6 \cdot (8 - 5)} \cdot 1000 = \text{ca. } 750 \text{ m.}$$

Opløbsramper er altid usikre, da det ikke er udelukket, at man gaar istaa, f. Eks. ved Fejl fra Lokomotivførerens Side eller ved at Skinnerne er glatte.

§ 16. Bremsning og Igangsætning.

1. Bremsning.

Ved Valget af Stigningsforholdet maa man ogsaa tage Hensyn til Kørslen ned ad Bakke; det maa være muligt at standse et Tog paa faldende Bane ved Hjælp af Bremserne.

Hvis l_1 er den Vej, Toget tilbagelægger fra det Øjeblik, Signalet lyder, til fuld Bremsevirkning indtræder — l_2 den Vej, som Toget endnu gennemløber med antrukne Bremser, før det standser — saa er hele Bremsevejen i m

$$L = l_1 + l_2,$$

hvor man kan sætte $l_1 = 1{,}5\,V$.

Paa Vejen l_2 konsumeres Togets levende Kraft og Tyngdekraftens Komposant af Tog- og Bremsemodstandene. Man har derfor Ligningen

$$\frac{M \cdot (v_0)^2}{2} + M_g \cdot \sin \alpha \cdot l_2 = \int_0^{l_2} R \cdot dl + \int_0^{l_2} B \cdot f \cdot dl,$$

hvor M er Togets Masse
v_0 - Kørehastigheden i m/Sek, naar Bremsevirkningen begynder
R - Togmodstanden i kg
B - Bremsetrykket i kg
f - Friktionskoefficienten for Gnidning mellem Bremseklods og Hjul
α^0 - Banens Hældningsvinkel.

Da man kan antage, at Lokomotivet altid kan bremses hurtigt nok, regnes der her kun med Vogntoget. Er dettes Vægt i ts Q og V_0 Begyndelseshastigheden i km/Time, saa er

$$\frac{M \cdot g}{1000} = Q \quad \text{og} \quad v_0 = \frac{V}{3{,}6}$$

altsaa

$$\frac{M \cdot v_0^2}{2} = \frac{Q V_0^2 \cdot 1000}{254{,}28} = 3{,}94\, V_0^2.$$

Af Hensyn til Hjulenes omdrejende Masser sætter man den levende Kraft pr. ton til $4{,}2\,(V_0)^2$; endvidere er pr. Ton Togvægt

$$M \cdot g \sin \alpha \cdot l_2 = \frac{M \cdot g}{Q} \cdot 0{,}001 \cdot s \cdot l_2 = \frac{1000 \cdot Q \cdot g}{g \cdot Q} \cdot 0{,}001 \cdot s \cdot l_2 = s \cdot l_2;$$

for Togmodstanden sættes Middelværdien

$$R_m = 2{,}5 + 0{,}0006 \cdot V_0^2,$$

og man faar da

$$\int_0^{l_2} R \cdot dl = R_m \cdot l_2.$$

Er Q_b Vægten af de bremsede Togdele og $b = \frac{100 \cdot Q_b}{Q}$ (Bremseprocenten), saa kommer paa en Ton Togvægt en Bremsekraft $10 \cdot b \cdot f$; er endvidere Middelværdien af Friktionskoefficienten $f_m = \frac{12{,}5}{50 + V_0}$, saa er det pr. Ton Togvægt udførte Bremsearbejde

$$\int_0^{l_2} \frac{B}{Q} \cdot f \cdot ds = 10 \cdot b \cdot f_m \cdot l_2.$$

Heraf faas

$$4{,}2 \cdot V_0^2 + s \cdot l_2 = (R_m + 10 \cdot b \cdot f_m) l_2$$

og deraf atter

$$l_2 = \frac{0{,}42 \cdot V_0^2}{b \cdot f_m + 0{,}1\, R_m - 0{,}1 \cdot s}$$

og endelig

$$L = 1{,}5 \cdot V_0 + \frac{0{,}42 \cdot V_0^2}{b \cdot f_m + 0{,}1\, R_m - 0{,}1 \cdot s}, \qquad (71)$$

hvor de ovenfor angivne Værdier for R_m og f_m skal indsættes.

Ved Hjælp af denne Formel kan man ogsaa finde Bremseprocenten for bestemte Kørehastigheder og Fald, naar den største tilladte Bremsevej kendes.

For Togenes Bremsning fastsætter de for de danske Statsbaner gældende Politibestemmelser, § 30, følgende:

1. I ethvert Tog skal foruden Lokomotiv- og Tenderbremserne findes saa mange betjente Bremser, at den nedenfor angivne Del af Togets Vognaksler kan bremses.

Paa Fald og Stigninger, som ikke er stærkere end	Naar den største tilladte Hastighed i km/Time er						
	25	40	45	60	70	90	100
1 : 200	1/12	1/10	1/8	1/5	1/4	1/2	2/3
1 : 175	1/12	1/9	1/8	1/5	1/3	1/2	2/3
1 : 150	1/12	1/8	1/7	1/5	1/3	1/2	3/4
1 : 100	1/10	1/7	1/6	1/4	1/3	2/3	4/5
1 : 80	1/8	1/6	1/5	1/4	1/3	2/3	5/6

2. Ved Beregningen af Tallet paa bremsede Vognaksler iagttages følgende:
   a. For Kørehastigheder og Fald (Stigninger), som ligger imellem de i Tabellen angivne, gælder altid det for den nærmest større Hastighed eller det nærmest stærkere Fald foreskrevne Bremsetal.

b. Tallet paa bremsede Vognaksler bestemmes efter det stærkeste paa vedkommende Banelinie forekommende Fald (Stigning), som strækker sig over 1 km Længde. Kortere Fald henføres under det i Tabellen angivne nærmest svagere Fald.
c. Saavel ved Optælling af Vognaksler efter nærværende § som ved Fastsættelse af det nødvendige Antal bremsede Aksler regnes hver tom Godsvognsaksel for en halv Aksel. Person-, Post- og Rejsegodsvognes Aksler regnes altid for hele Aksler.
d. En ved Beregningen af Tallet paa bremsede Vognaksler fremkommen Brøkdel skal stedse regnes for en hel.

I Politibestemmelsernes § 31 siges følgende om Bremsernes Betjening og Fordeling:

1. Det i § 30 fastsatte Antal Bremser skal være betjent enten ved Haandkraft eller ved en mekanisk, gennemgaaende Bremseindretning, som kan sættes i Virksomhed fra Lokomotivet, eller ved en Forening af begge disse Betjeningsmaader, saaledes at en Del af Toget bremses ved Haandkraft, en anden ved gennemgaaende Bremseindretning.
2. Alle personførende Tog, hvis største tilladte Hastighed er mere end 60 km i Timen, skal være forsynede med gennemgaaende Bremseindretning ([1]) jfr. dog § 44[9]). Bag i saadanne Tog er det tilladt at medføre enkelte Vogne, som ikke har gennemgaaende Bremseindretning, dog ikke med mere end ialt 6 — belæssede eller ubelæssede Aksler.
3. I alle Tog, hvis største tilladte Hastighed overskrider 60 km i Timen, skal den sidste eller næstsidste Vogn være forsynet med en ved Haandkraft betjent Bremse, hvilken medregnes i det efter § 30 bestemte Bremsetal. I Tog med ringere Hastighed maa der være indtil 8 — belæssede eller ubelæssede — Aksler bag den bageste ved Haandkraft betjente Bremse.
4. Iøvrigt skal Bremserne saa vidt muligt være ligelig fordelte i Toget. De tungest belæssede Bremsevogne skal fortrinsvis betjenes.

Eksempel.

Et Tog, der kører med en Hastighed af 40 km/Time paa et Fald af 10 $^0/_{00}$, bremses ved Lokomotivets Vacuumbremse og ved Haandbremser i en 2 akslet Pakvogn og i en 2akslet Personvogn. Vægten af den bremsede Del af Toget er 52 070 kg, Vægten af hele Toget 170 340 kg.

Man finder da Bremseprocenten

$$b = \frac{100 \cdot Q_b}{Q} = 30{,}5\ \%.$$

Togmodstandens Middelværdi

$$R_m = 2{,}5 + 0{,}0006 \cdot V_0^2 = 3{,}46 \text{ kg}$$

$$f_m = \frac{12{,}5}{50 + V_0} = \frac{12{,}5}{50 + 40} = 0{,}139.$$

Den samlede Bremsevej er da

[1]) Naar den gennemgaaende Bremse bliver utjenstdygtig i et Tog, der er normeret med samme kan Kørslen dog — uden Hensyn til Forskriften i § 31[2] — fortsættes med uforandret Kørehastighed, naar Betjeningen af det i § 30 bestemte Antal Bremser sker ved Haandkraft, og Toget er forsynet med gennemgaaende Indretning, ved Hjælp af hvilken de rejsende og Togpersonalet kan give Lokomotivføreren Signal til at standse Toget. Findes ingen saadan Signaliseringsindretning, maa Kørehastigheden ikke overstige 60 km i Timen.

$$L_m = 1{,}5V_0 + \frac{0{,}42 \cdot V_0^2}{b \cdot f_m + 0{,}1 \cdot W_m - 0{,}1 \cdot s} = 60 + \frac{0{,}42 \cdot 40^2}{30{,}5 \cdot 0{,}139 + 0{,}1 \cdot 3{,}46 - 0{,}1 \cdot 10} = \sim 250\,\text{m}.$$

Har samme Tog gennemgaaende Vacuumbremse, bliver

$$b = \frac{100 \cdot 157\,340}{170\,340} = 92{,}5\ \%,$$

idet Lokomotivets Totalvægt er 40 ts, dets Adhæsionsvægt 27 ts, og idet Løbehjulsakslerne ikke bremses, og man faar

$$L_m = 60 + \frac{0{,}42 \cdot 40^2}{92{,}5 \cdot 0{,}139 + 0{,}1 \cdot 3{,}46 - 0{,}1 \cdot 10} = \sim 116\ \text{m}.$$

Bremses Lokomotivet alene, bliver Vægten af den bremsede Del af Toget $Q_b = 27$ ts, Vægten af hele Toget $Q = 170{,}34$ ts, $b = 15{,}9\ \%$ og Bremselængden

$$L_m = 60 + \frac{0{,}42 \cdot 40^2}{15{,}9 \cdot 0{,}139 + 0{,}1 \cdot 3{,}46 - 0{,}1 \cdot 10} = 490\ \text{m}.$$

Det i Eksemplet behandlede Tog er tænkt sammensat saaledes (Tabel 29).

Tabel 29.

	Længde	Tomvægt	Antal Siddepladser	Anmærkning
	m	ts		
Lokomotiv	9,5	40,00		3 koblet, Vægt paa hver koblet Aksel 9 ts.
3. Kl. Personvogn	10,7	10,95	50	
do.	11,9	12,00	46	
do.	10,7	10,95	50	
2. Kl. Personvogn	12,2	13,00	35	
2. & 3. Kl. Personvogn . . .	11,3	11,35	44	
3. Kl. Personvogn	11,9	12,00	46	
Pakvogn	9,7	9,62		
3. Kl. Personvogn	11,9	12,00	46	
do.	10,7	10,95	50	

Ved den først omtalte Bremsning blev Lokomotivet, Pakvognen og den nærmeste Vogn foran denne antaget bremsede. Vægten af en Person 75 kg.

Kørsel ned ad Bakke er desto farligere, jo større Faldet er. Paa stærke Fald maa der køres med antrukne Bremser, og en bestemt Hastighedsgrænse, der ligger desto lavere, jo stærkere Faldet er, maa ikke overskrides; der foregaar altsaa paa saadanne Steder et kostbart Slid af Skinnemateriale, Hjul og Bremseklodser.

Medens man paa de danske Statsbaner stiller samme Krav til Antallet af betjente Bremser, enten der anvendes Haandbremser eller gennemgaaende Bremse, er dette ikke Tilfældet f. Eks. i Tyskland, hvor Kravet er betydeligt strengere ved de første end ved de sidste, og hvor man desuden forlanger, at Hastigheden formindskes ved Kørsel ned ad Bakke.

Saaledes er efter de tyske Bestemmelser ved Anvendelse af Haandbremser paa Hoved- og Sidebaner f. Eks. paa et Fald af 20 ‰, Grænsen for Toghastigheden 45 km/Time og 42 % af Akslerne skal bremses; paa et Fald af 40 ‰ er Værdierne $V = 20$ km/Time og Bremseprocenten 37; for Persontog med gennemgaaende Bremser paa Hoved- og Sidebaner gælder følgende Bestemmelser (Tabel 30).

Tabel 30.

Fald	Største tilladte Hastighed	Bremseprocent
	V km/Time	
5	105	100
10	95	95
15	80	78
20	75	76
25	60	56
30	50	49
35	45	48
40	45	47

2. Igangsætning.

Ved Igangsætningen af et Tog forøges Kørselsmodstanden med den Kraft, der skal til for at accelerere Togets Masse til den givne Hastighed. Da Kraften×Tiden, hvori den har virket, er lig den meddelte Bevægelsesmængde, har man for 1 Ton Togvægt

$$R_i \cdot 60 \cdot t = \frac{1000}{9{,}81} \cdot \frac{1000\,V}{60^2}$$

eller

$$R_i \cdot t = 0{,}46 \cdot V, \qquad (72)$$

hvor R_i er Igangsætningsmodstanden i kg, t den medgaaede Tid i Minutter og V den opnaaede Hastighed i km pr. Time. Skal et Godstog paa 785 ts Vægt accelereres til 45 km Hastighed i Løbet af 3 Minutter, bliver Igangsætningsmodstanden for 1 Ton Togvægt følgelig:

$$R_i = \frac{0{,}46\,V}{t} = \frac{0{,}46 \cdot 45}{3} = 6{,}9 \text{ kg}$$

og den Trækkraft, Lokomotivet skal udfolde (idet der ikke regnes med Lokomotivets særlige Modstandsformel):

$$R = 785\,(R_g + R_i) = 785\,(2{,}5 + \frac{45^2}{2000} + 6{,}9) \approx 8150 \text{ kg}.$$

Et Tog med 785 ts Vægt kræver som nedenfor beregnet paa Stigningen 10 ‰ ved 15 km Hastighed en Trækkraft paa 9900 kg. Kan nu Lokomotivet periodisk udvikle en Kraft paa 10 500 kg, vil det ved Igangsætning paa Stigningen kunne accelerere Toget med en Kraft af (10 500 — 9 900) = 600 kg. Igangsætning til 15 km Hastighed kræver da efter Formel (72):

$$t = \frac{0{,}46 \cdot V}{R_i} = \frac{0{,}46 \cdot 15}{600 : 785} = 9 \text{ Minutter.}$$

Igangsætningen sker paa en Længde af:

$$l = \tfrac{1}{2} \frac{1000\,V}{60} \cdot t = \tfrac{1}{2} \frac{1000 \cdot 15}{60} \cdot 9 = 1125 \text{ m,}$$

der med fuld Toghastighed vilde være blevet tilbagelagt i $\frac{1}{2}t$ Minutter, saaledes at Tidstabet ved Igangsætningen er:

$$\tfrac{1}{2}t = \tfrac{1}{2} \cdot 9 = 4{,}5 \text{ Minutter.}$$

Efter Politireglementet maa de længste Tog paa de danske Statsbaner tælle 120 Vognaksler og, Lokomotivet fraregnet, have en Vægt af indtil 800 ts. Vejer Lokomotiv og Tender tilsammen 150 ts, vil et saadant Tog ved 45 km Hastighed paa lige og vandret Bane fordre en Trækkraft (idet Lokomotivets særlige Modstandsformel ikke benyttes):

$$R = (150 + 800)\left(2{,}5 + \frac{45^2}{2000}\right) \approx 3340 \text{ kg}$$

under et Forbrug af Hestekræfter paa:

$$N = \frac{3340 \cdot 45}{270} \approx 550 \text{ HK.}$$

Hvis dette er Lokomotivets Maksimumsydelse, og Hastigheden paa Stigningen 10 $^0/_{00}$ ikke maa synke under 15 km, skal Togets største Vægt bestemmes ved

$$N = \frac{R \cdot V}{270}$$

altsaa

$$550 = \frac{1}{270} \cdot G \cdot \left(2{,}5 + \frac{15^2}{2000} + 10\right) \cdot 15,$$

hvoraf faas G = 785 ts og Vognvægten 635 ts. Og med denne formindskede Vognvægt bliver Trækkraften paa Stigningen 10 $^0/_{00}$

$$R = (150 + 635)\left(2{,}5 + \frac{15^2}{2000} + 10\right) = 9900 \text{ kg.}$$

Ved ingen af disse Udregninger er det dog taget i Betragtning, at med den formindskede Kørehastighed følger en Formindskelse i Lokomotivkraften, et Forhold, der imidlertid har væsentlig Betydning.

§ 17. **Bestemmelse af Kurveradiens Størrelse.**

Ved Beregning er det ikke muligt bestemt at fastslaa, hvilke mindste Kurveradier man skal anvende, men man kan dog faa visse Holdepunkter paa følgende Maade[1]).

[1]) Alfred Lütken: Vej- og Jernbanebygning, Kjøbenhavn 1915. 1. Del 1. Afsnit S. 140 o. flg

I A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning. 1. Hæfte S. 18 er Yderskinnens Overhøjde h i mm i Kurver bestemt ved

$$h = 153 \frac{v^2}{\rho}$$

hvor v er Hastigheden i m pr. Sek., ρ Kurveradius i m. Udtrykt i m bliver Overhøjden

$$h = 0{,}153 \frac{v^2}{\rho}.$$

For v skal indsættes største tilladelige Kørehastighed, der f. Eks. for en Hovedbane med Iltog kan anslaas til 90 km i Timen eller 25 m pr. Sek. Kurven skal imidlertid ogsaa kunne passeres af Vogne med ganske lille Hastighed, uden at Sporets Hældning bliver farlig for deres Stabilitet, og man kunde i saa Henseende vedtage, at det Moment $\frac{G}{2} e$ (G er Akslens Vægt), hvormed Vognvægten modsætter sig Væltning om den ene Skinne paa vandret Spor, d. v. s. et Spor, hvis Skinner ligger i samme Højde, ikke maa formindskes med mere end f. Eks. 10% paa Grund af Sporets Hældning, selv om Hastigheden aftager til 0. Er Hældningen φ, træffer den lodrette Kraft G Sporplanen i Afstanden

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

fra Spormidten, og man skal altsaa have

$$G \cdot 2 \operatorname{tg} \varphi_{max} = \frac{1}{10} \cdot G \cdot \frac{e}{2}$$

hvoraf

$$\operatorname{tg} \varphi_{max} = 0{,}0375$$

og største tilladelige Overhøjde

$$h_{max} = e \cdot \operatorname{tg} \varphi_{max} = 0{,}05625 \text{ m}.$$

Deraf bestemmes saa atter den mindste Kurveradius ρ_0, ved hvilken Centrifugalkraftens Virkning kan ophæves, uden at den tilladelige Overhøjde for Yderskinnen bliver overskredet, ved at sætte

$$h_{max} = 0{,}153 \frac{v^2}{\rho_0}$$

eller

$$\rho_0 = \frac{0{,}153\, v^2}{0{,}05625} = 2{,}72 \cdot v^2.$$

Deraf faas de til forskellige Hastigheder svarende Minimumsradier

V =	90	80	70	60	50	40	30	20	km i Timen eller
v =	25	22,22	19,44	16,67	13.89	11,11	8,33	5,56	m pr. Sek.
ρ_0 =	1700	1345	1030	755	525	336	189	84	m

Den Fordring, der her er opstillet, at Hastigheden skal kunne aftage til 0, uden at Stabiliteten svækkes med mere end 10%, er maaske vel streng, og man kommer til Resultater, der stemmer bedre med almindelig Praksis, ved at gaa ud fra at Hastigheden paa fri Bane kun aftager til en vis lille Værdi v', f. Eks. til Halvdelen af den tilladte Maksimumshastighed. Den ovenfor bestemte Værdi af h_{max} kan da forøges med den til Hastigheden v' svarende Overhøjde

$$h' = 0{,}153 \frac{v'^2}{\rho_0}$$

og heraf faas med

$$v' = 0{,}5 \cdot v$$

den til Maksimumshastigheden v svarende Minimumsradius

$$\rho'_0 = \frac{0{,}153}{0{,}05625}(v^2 - 0{,}25 \cdot v^2) = 0{,}75 \cdot 2{,}72 \cdot v^2 = 0{,}75 \cdot \rho_0$$

Til

$$V = 90 \quad 80 \quad 70 \quad 60 \quad 50 \quad 40 \quad 30 \quad 25 \text{ km i Timen}$$

svarer

$$\rho_0 = 1275 \quad 1010 \quad 775 \quad 565 \quad 395 \quad 252 \quad 142 \quad 63 \text{ m}$$

medens største tilladelige Overhøjde bliver

$$h'_{max} = \frac{0{,}05625}{0{,}75} = 0{,}075 \text{ m.}$$

Man kan heraf slutte, at det for Hovedbaner ikke er heldigt at anvende mindre Kurveradier end 1275 m ude paa fri Bane i nogenlunde stor Afstand fra Stationer, hvor Iltogene holder, men at man ved Indløbene til disse Stationer uden Skade kan gaa ned til f. Eks. 500 m, fordi Kørehastigheden der altid vil være betydelig mindre. Denne Regel kan ogsaa udtrykkes saaledes, at man i Indløbskurver til Stationer ikke behøver at anvende fuld Overhøjde beregnet efter største tilladte Hastighed, men kan tage Hensyn til Hastighedsformindskelsen i Nærheden af Stationen.

Hvor man benytter sig af en sædvanlig stedfindende Hastighedsformindskelse til at anvende Kurveradier, der er mindre end den til den absolutte Maksimumshastighed v svarende Værdi ρ'_0, idet største tilladelige Overhøjde sættes til 0,075 m af Hensyn til langsomtkørende Tog, bør man imidlertid undersøge, om ikke et Tog, der undtagelsesvis passerer Kurven med større Hastighed, overbelaster Yderskinnen eller faar sin Stabilitet formindsket mere end tilladeligt. Som Grænse i saa Henseende kan regnes, at Stabiliteten med Hensyn til Væltning om Yderskinnen ikke maa formindskes med mere end 10%, altsaa i samme Forhold som vi antog for langsomt kørende Tog med Hensyn til Væltning om Inderskinnen. Naar $h'_{max} = 0{,}075$, ρ'_0 og v er sammenhørende Værdier, d. v. s. tilfredsstiller Ligningen

$$0{,}075 = 0{,}153 \frac{v^2}{\rho'_0}$$

fandt vi, at v kunde indskrænkes til

$$v' = \frac{v}{2}$$

hvorved Centrifugalkraftens Formindskelse bliver

$$\frac{G \cdot v^2}{g \cdot \rho_0'} - \frac{G \cdot v'^2}{g \cdot \rho_0'} = 0{,}75 \frac{G \cdot v^2}{g \cdot \rho_0'}$$

uden at Stabiliteten svækkes med mere end 10%; men saa maa det paa den anden Side ogsaa kunne taales, at Centrifugalkraften forøges med

$$0{,}75 \frac{G \cdot v^2}{g \cdot \rho_0'}$$

uden at Stabiliteten formindskes med mere end 10%, og man faar da som en i Nødsfald tilladelig Overskridelse af den til r_0' svarende største Hastighed

$$v''^2 = 1{,}75\, v^2$$

eller

$$v'' = 1{,}32\, v^2.$$

Til

V =	90	80	70	60	50	40	30	20 km i Timen
og ρ_0' =	1275	1010	775	565	395	252	142	63 m

svarer

V'' =	118,8	105,6	92,4	79,2	66,0	52,8	39,6	26,4 km i Timen

I en Kurve med Radius 775 m, der lægges med en Overhøjde for Yderskinnen af 75 mm, vil begge Skinner belastes lige stærkt ved en Hastighed af 70 km i Timen, medens Inderskinnen ved 35 km i Timen og Yderskinnen ved 92,4 km belastes med 1,1 Gange det normale Hjultryk. For saa vidt kan altsaa en 775 m Kurve endnu netop taales paa en Bane, hvor Kørehastigheden svinger mellem 35 og 90 km i Timen.

For smalsporede Jernbaner kan man ligeledes opstille den Fordring, at Kurvernes Overhøjde skal afpasses efter den største tilladte Hastighed v, og at Overhøjden ikke maa være større, end at Hastighedens Aftagen til $\frac{v}{2}$ kun formindsker Stabiliteten med 10%. Betegnes Tyngdepunktets Højde over Skinnerne ved i, mindste Kurveradius ved ρ_0, har man

$$0{,}75 \frac{G \cdot v^2}{g \cdot \rho_0} i = \frac{1}{10} \cdot G \frac{e}{2}$$

hvoraf

$$\rho_0 = \frac{15 \cdot v^2 \cdot i}{g \cdot e}$$

og

$$h_{max} = \frac{e \cdot v^2}{g \cdot \rho_0} = \frac{s^2}{15 \cdot i}.$$

Ved 1,00 m og 0,75 m Spor vil Maksimumshastigheden sædvanlig ligge mellem 50 og 20 km i Timen, medens i kan anslaas til henholdsvis 1,65 m og 1,35 m. Man faar da

for V =	50	40	30	20	km i Timen
og e = 1,00 m, h_{max} = 0,0405, ρ_0 =	480	307	172	76	m
e = 0,75 m, h_{max} = 0,0278, ρ_0 =	522	335	188	84	m

Hastigheden tør da endnu stige til

V″ =	66	52,8	39,6	26,4 km i Timen

Man ser heraf, at hvis Hensynet til Stabiliteten gøres ensidig gældende, og man forlanger samme Sikkerhed ved smalsporede og normalsporede Jernbaner, kan Kurveradierne ikke reduceres med Sporvidden. Men da Kurvemodstanden ved forskellige Sporvidder holder sig nogenlunde ens, naar Radierne holdes proportionale med Sporvidden, er man i Praksis tilbøjelig til at stille mindre Fordringer til Stabiliteten ved smalsporede Baner med lille Kørehastighed end ved normalsporede Baner, og saa kan man anvende Radier mindre end de her bestemte Værdier ρ_0, men bør samtidig forøge Kurvernes Overhøjde ud over de her angive Maksimumsværdier. Under ellers lige Forhold, bl. a. samme tilladte Kørehastighed, kan en Bane med svage Stigninger have skarpere Kurver end en Bane med lange og stærke Stigninger (større end Bremsefaldet for v_{max}); thi disse vil altid medføre en vis Fare for, at den tilladte Kørehastighed bliver overskredet, saa den beregnede Overhøjde bliver for lille, og Toget eventuelt forulykker.

Da Kurvemodstanden for sædvanligt Jernbanemateriel kan blive ret betydelig i skarpe Kurver, vil man i Almindelighed tilstræbe at bruge de størst mulige Radier under tilbørligt Hensyn til Banens Karakter og til Terrainforholdene. Fladt Terrain lægger som Regel ingen Hindringer i Vejen for Anvendelsen af store Radier, medens disse i stærkt kuperet Terrain kan kræve et meget betydeligt Jordarbejde. For Baner med Iltog vil den store Betydning, som Centrifugalkraften faar i skarpe Kurver, altid bevirke, at man paa fri Bane ikke anvender de smaa Radier, som derimod godt kan anvendes paa Baner med ringe Toghastighed, naar man ved passende Konstruktion af det rullende Materiel kan formindske Kurvemodstanden til en rimelig Værdi.

Som sædvanlig Praksis kan anføres, at man for Hovedbaner med

V_{max} = 90 km i Sletteland, Bakkeland og Bjærgland

vælger ρ_{min} =	1000 m	600 m	250 m

og for Lokalbaner med V_{max} = 45 km under de samme Forhold vælger

ρ_{min} =	500 m	300 m	200 m

Ved Indløbet til større Stationer kan selv for Hovedbaner sættes ρ_{min} = 500 m.

Paa Stationspladser anvendes i Reglen til Sporskiftekurver til Passage for hele Tog ρ_{min} = 200 m og for Passage af enkelte Vogne ρ_{min} = 150 m, medens det absolutte Minimum for Vogne med stive Aksler kan anslaas til 100 m.

Ved at anvende særlig korte Vogne, drejelige Aksler eller Boggievogne kan Kurveradierne paa Lokalbaner formindskes betydeligt.

For smalsporede Baner kan man nogenlunde følge Reglerne for normalsporede Lokalbaner, idet Tallene reduceres i samme Forhold som Sporvidden, saaledes at man, alt efter Terrainvanskelighederne, sætter

for 1 m Spor $\rho_{min} = 300$ m 200 m 125 m
og for 0,75 m Spor $\rho_{min} = 250$ m 150 m 100 m.

Dog gives der mange Eksempler paa Anvendelsen af skarpere Kurver, f. Eks. med 50 m Radius ved smalsporede Baner.

§ 18. Bestemmelse af Togmodstanden paa elektriske Baner.

1. Med Overbygning af Vignolesskinner[1]).

Idet w er den samlede Modstand i kg pr. Ton af Vægten, findes den nødvendige Trækkraft K af

$$K = Q \cdot w$$

hvor Q er Togvægten i Tons.

Er η Motorernes Virkningsgrad og v Hastigheden i m pr. Sek. er det nødvendige Antal HK bestemt ved

$$N = \frac{Q \cdot w \cdot v}{75\,\eta}$$

For normalsporede elektriske Baner med Godsbefordring er Modstandene omtrent de samme som for normalsporede Lokalbaner, der drives med Damp. Man kan regne, at Modstanden paa lige og vandret Bane er

$$R_g = 2{,}5 + 0{,}0006\ V^2$$

hvor V er Hastigheden i km pr. Time.

Modstanden i Kurve med Radius ρ kan sættes til

$$R_\rho = \frac{500}{\rho - 30}$$

og Modstanden paa stigende Bane

$$R_s = s$$

hvor s er Stigningen i $^0/_{00}$.

Den samlede Modstand er altsaa

$$w = 2{,}5 + 0{,}0006\ V^2 + \frac{500}{\rho - 30} + s.$$

For 1 m sporede Baner kan sættes

$$w = 2{,}6 + 0{,}0003\ V^2 + \frac{400}{\rho - 20} + s.$$

[1]) Trautvetter: Elektrische Strassenbahnen und strassenbahnähnliche Vorort — und Uberlandbahnen. Berlin 1913. S. 44.

Eksempel.

For en normalsporet Bane med største Stigning 35 $^0/_{00}$ og mindste Kurveradius $\rho = 100$ m, $V = 10$ km/Time, $v = \frac{V}{3,6} = 2,8$ m/Sek, $\eta = 78$ og

Q = Lokomotivvægten	40 ts
+ Nyttelast (8 Vogne à 15 ts)	120 -
+ Egenvægt (8 — - 10 -)	80 -
	240 ts

er

$$w = 2,5 + 0,0006 \cdot 100 + \frac{500}{100 - 30} + 35 = 44,66$$

$$N = \frac{240 \cdot 44,66 \cdot 2,8}{75 \cdot 0,8} = 500 \text{ HK}$$

(der vælges 2 Motorer à 250 HK).

2. Med Overbygning af Rilleskinner.

For Rilleskinner maa man regne med, at Rillen kan stoppes med Snavs, Is og Sne, saa Modstanden maa sættes til

$$R_g = 10—12 \text{ kg}.$$

For de mindste Kurveradier paa 15 m maa regnes

$$R_\rho = 20 \text{ kg}$$

og endelig er

$$R_s = s.$$

Eksempel.

For en normalsporet Sporvej med største Stigning $s = 50$ $^0/_{00}$, mindste Kurveradius $\rho = 20$ m, Hastighed $V = 9$ km/Time ($v = 2,5$ m/Sek) er den samlede Modstand

$$w = 10 + 20 + 50 = 80 \text{ kg/t}.$$

Vægten er

1 Motorvogn	10 000 kg
30 Personer à 75 kg	2 250 -
	12 250 kg $\sim$ 12 ts.

Det nødvendige Antal HK er

$$N = \frac{1,25 \cdot Q \cdot w \cdot v}{75 \cdot \eta} = \frac{1,25 \cdot 12 \cdot 80 \cdot 2,5}{75 \cdot 0,8} = 50 \text{ HK},$$

idet Motorens Virkningsgrad $\eta = 0,8$ og Koefficienten 1,25 er indført af Hensyn til Motorvognens Igangsætning.

Der anvendes 2 Motorer à 25 HK.

§ 19. Den foreløbige Bestemmelse af en Vej- eller Banelinie.

1. Hjælpemidler.

Den vigtigste Betingelse for at kunne foretage en Bestemmelse af en Vej- eller Banelinie er et fuldkommen godt Kendskab til det paagældende Terrain, og det vil i saa Henseende være en meget stor Hjælp, at der foreligger gode Kort. Her i Landet vil i Reglen Generalstabskortene egne sig bedst til dette Formaal, da de indeholder Horizontalkurver. Til foreløbige Liniebestemmelser egner sig Maalebordsbladene i Maalestoksforholdet 1 : 20 000 med Ækvidistance 5 Fod for ældre Kort og 2,5 m for de nyeste Udgaver. Hvert Blad omfatter et Areal af ca. 45 km^2.

Generalstabens Kort er et udmærket Hjælpemiddel til den foreløbige Bestemmelse af en Vej- eller Banelinie, da de giver god Oversigt over Terrainet, men Maalestoksforholdet er for lille til derpaa at basere en Detailprojektering. Kortene er desuden rent topografiske, saa at de foruden Veje, Vandløb, Bygninger, Haver, Skove, Plantager, Moser, Søer o. lign. samt Højdeangivelser, indeholder større Grøfter, Grøftevolde og levende Hegn, men iøvrigt kun giver faa Oplysninger om Ejendomsskel.

Af andre Kort, der kan blive Anvendelse for, skal nævnes Matrikulskortene, der foreligger over hele Landet i Maalestoksforholdet 1 : 4000 i Matrikulskontoret, hvor haandtegnede Kopier kan bestilles. Disse er dog temmelig kostbare, og til Projektering egner de sig meget daarligt, da de ikke indeholder de sædvanlige topografiske Oplysninger, men væsentligst kun Ejendomsskel, Matrikulsnumre og Boniteringstakster, samt til Dels Veje, større Vandløb og Bygninger. Kortene er delt efter Ejerlagsgrænser og maa derfor sammenkopieres, naar et større Terrainkort skal bruges. Det er for største Delen temmelig gamle Kort, der kun er ført à jour med Hensyn til Ejendomsskel, medens Veje, Vandløb og Bygninger ofte vises helt forskellige fra de virkelige Forhold. Maalestoksforholdet er tillige meget ofte ændret indtil 4 à 5 %, dels paa Grund af Indkrympning af Papiret, idet Kortene opbevares i Ruller, dels fordi de oprindelig er maalt med Kæder, der har været for lange paa Grund af Slid i Kædeleddene.

Dog kan der ved enkelte Lejligheder blive Brug for Matrikulskort til Projektering. Skal man bruge et Kort i større Maalestoksforhold end Generalstabskortene, vil det ofte være billigere at supplere Matrikulskortet ved Opmaaling og Nivellement end at foretage en selvstændig Nymaaling. En væsentlig Del af den supplerende Maaling maa da gaa ud paa Fastlægning af en Del Hovedpunkter til Bestemmelse af Matrikulskortenes Indkrympning og

til Brug ved Sammenkopiering med tilstødende Kort, da de fælles Grænselinier ofte er saa forskellige, at de ikke direkte kan benyttes.

Af Købstæderne og af de større Landsbyer foreligger Matrikulskort i Maalestoksforholdet 1 : 800, der som Regel er af temmelig ny Dato og særdeles gode.

De sædvanlige Matrikulskort leveres ogsaa minorerede — i Reglen i Maalestoksforholdet 1 : 20 000 — og sammenkopierede over større Arealer efter Bestilling, og naar man kender Vejlinien nogenlunde, kan det minorerede Kort bestilles efter vilkaarlige Grænser parallele med Linien. Betalingen for saadanne Kort retter sig dels efter Arealet, dels efter Antallet af Lodder, som findes paa Kortet. Ved Jernbaneanlæg er det foreskrevet, at der til Besigtigelsesforretningen skal foreligge et saadant minoreret Matrikulskort med Banelinien indtegnet over de rigtige Lodder. Ved Vejanlæg er derimod ikke givet noget saadant Paalæg, men der vil alligevel blive Brug for Matrikulskort, i alt Fald ved Anlægget af offentlige Veje, hvortil Arealet afstaas af private Lodsejere. Faktisk gaar Vejarealet over i nyt Eje, formelt vedbliver det at høre til den gamle Ejendom, der imidlertid skal have Afgang i Ejendomsskylden for det til Vejen medgaaede Areal, som derfor maa indlægges paa Matrikulskortene. Det samme gælder for Jernbaneanlæg — kun at Arealet ogsaa formelt udskilles fra Ejendommen — og det dermed følgende Arbejde besørges af den samme Landinspektør, som udfærdiger Erstatningsberegningen efter Opmaaling af det færdige Anlæg.

Naar der til Hjælp ved Projekteringen foreligger saa gode Kort som vore Generalstabskort, kan man faa et meget værdifuldt Kendskab til den Egn, hvor Vej- eller Baneanlægget skal udføres, ved et omhyggeligt Studium af Kortene. Paa det Standpunkt af Sagen, da Projekteringen skal paabegyndes, vil Opgaven i Reglen foreligge nogenlunde bestemt defineret, f. Eks. ved at den kommercielle Tracé er fastlagt. Man kan da allerede ved Hjælp af Kortet danne sig et Skøn over de forskellige Muligheder for Opgavens Løsning, men maa saa, inden man gaar videre ind paa den, foretage en omhyggelig Rekognoscering i Marken. Formaalet dermed er dels at fastslaa, hvorvidt Kortet mulig er blevet forældet, og eventuelt at optage løse Croquiser til dets Supplering, dels at gøre Notitser om Jordbundsforhold, om Egnens Rigdom paa Sten og Grus, om ældre Vejes Bredde og Beskaffenhed, om Vandløbenes og Gennemløbenes Størrelse og lignende Forhold, som ikke fremgaar af Kortene, og som kan faa Betydning for Anlægget. Jo fuldstændigere disse Oplysninger kan faas, desto værdifuldere bliver Rekognosceringen, men i det hele kan Undersøgelsen paa dette Stadium næppe drives videre end til de Oplysninger, som faas paa Overfladen af Terrainet og ved Samtale med lokalkendte Mænd.

Kun paa enkelte Steder, hvor det umiddelbart kan skønnes, at Jordbundsforholdene faar særlig stor Betydning for Udgifterne til Anlægget, f. Eks. ved Overgangen over et Dalstrøg med blød Bund eller over et Vandløb, hvorover der skal bygges Bro, kan det maaske allerede paa et saa tidligt Tidspunkt være hensigtsmæssigt at anstille nøjere Undersøgelser ved Boringer for at faa oplyst, om man har nogenlunde Frihed i Valget af Overgangsstedet eller er bundet til enkelte særlig gunstige Steder.

Har man derimod ikke noget godt Kurvekort til sin Disposition, vil den foreløbige Undersøgelse i Marken faa endnu langt større Betydning og maa sædvanlig udvides til at omfatte Fastsættelse af Højdeforholdene i store Træk ved Hjælp af et Nivellement.

2. Tekniske Fikspunkter.

Ved den nærmere Undersøgelse af de forskellige Muligheder for Beliggenheden af Vej- eller Banelinier staar man sig i Reglen bedst ved først at henvende Opmærksomheden paa de vanskeligste Steder, d. v. s. saadanne Steder, hvor en lille Forskydning af Linien kan fremkalde særlige tekniske Vanskeligheder og volde store Udgifter. Ved her at bestemme den Beliggenhed, som giver den bedste og billigste Løsning, faar man fastslaaet en Række Punkter, hvorigennem Linien bør gaa; saadanne Punkter betegnes i Reglen som tekniske Fikspunkter, fordi deres Beliggenhed væsentlig bestemmes af tekniske Grunde i Modsætning til de tidligere omtalte kommercielle Fikspunkter, der er bestemt ved den kommercielle Tracé.

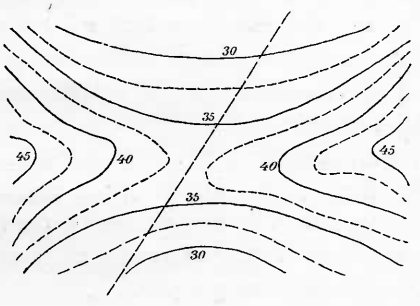


Fig. 45.

Disse tekniske Fikspunkter kan være af forskellig Art og Betydning. Hvis Linien f. Eks. skal overskride et Højdedrag, vil dettes laveste Steder angive tekniske Fikspunkter (Fig. 45). I Bjærgegne repræsenteres de ved Passene og er i Reglen skarpt markerede; i Bakke- og Sletteland er det ofte vanskeligere at bestemme dem. Det vil i Almindelighed være desto lettere at finde Overgangene paa et Kurvekort, jo vanskeligere de ses i Marken.

Drejer det sig om at passere et Vandløb, saa vil dettes Bredder, men navnlig Bundforholdene bestemme Beliggenheden af et eller flere tekniske Fikspunkter, hvor Overgangen er særlig let og billig. Ofte vil de nødvendige Oplysninger herom kunne faas ved Forespørgsel hos Egnens Folk, men er dette ikke fyldestgørende, kan det, som omtalt i den foregaaende Paragraf, blive nødvendigt, at man paa et tidligt Stadium under Forundersøgelserne maa foretage Boringer i og langs Vandløbet. I saa Henseende vil det ofte være vejledende, at bekvemme Nedgange til Dalene fra de omliggende Højdedrag maa betragtes som tekniske Fikspunkter, der let bestemmes. En saadan bekvem Nedgang kan f. Eks. faas gennem Sidedale til Hoveddale eller ad Udløbere fra Højdedraget (Fig. 46), og paa saadanne Steder vil man da først begynde Bundundersøgelserne, idet det selvfølgelig er heldigst, at en god Overgang og bekvem Nedgang falder sammen. Side-

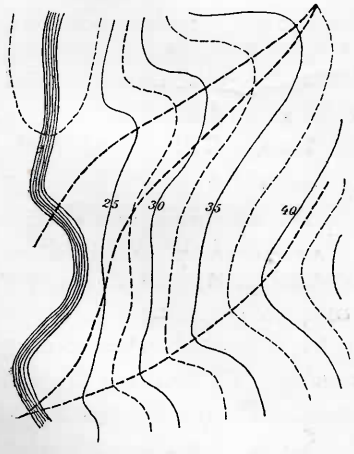


Fig. 46.

dalene vil i Almindelighed være heldigst, hvis Linien skal føres ned fra Højdedraget for at blive i Dalen, medens Udløberne ofte er at foretrække, hvor det gælder at føre Linien over Dalen, særlig hvis der paa begge Dalsider findes korresponderende Udløbere; meget ofte vil tillige en saadan Indsnævring af Dalen antyde gode Jordbundsforhold i Dalbunden.

Paa lignende Maade kan en smal Strimmel af fast Land mellem Mosedrag blive et teknisk Fikspunkt, eller Randen af en Mose, der helst maa omgaas, fordi den er for blød til at bære en Dæmning, eller Foden af Glidelersbakker, der ikke maa berøres af Hensyn til Faren for Jordskred.

I Almindelighed giver det god Vejledning at markere det størst mulige Antal af saadanne tekniske Fikspunkter, der imidlertid vil have ulige stor Betydning og være mere eller mindre elastiske, hvorved menes, at de indenfor videre eller snævrere Grænser tillader en Forskydning af Linien. Enkelte særlig vigtige Punkter bliver bestemmende for alle Linier mellem to givne kommercielle Fikspunkter, andre faar kun Betydning for et mindre Antal eller blot en enkelt af de forskellige mulige Linier. Ved Hjælp af de tekniske Fikspunkter opnaar man altsaa at faa de forskellige mulige Linier, dels samlede i visse Grupper, dels skilt ud fra hinanden, saa at man hurtig faar Oversigt over dem.

Herved er fortrinsvis tænkt paa de tekniske Fikspunkters Indflydelse paa Tracéens plane Figur, men det skal dog bemærkes, at de meget ofte tillige kan være delvis bestemmende for Højden af Vejen eller Banen i Forhold til det omgivende Terrain; herpaa vil der senere blive givet forskellige Eksempler under Omtalen af Længdeprofilet.

§ 20. Forholdet mellem nye og ældre Veje og Jernbaner.

Ved Bestemmelse af Tracéen for en Vej eller Jernbane maa man i særlig Grad have sin Opmærksomhed henvendt paa de Punkter, hvor Linien berører ældre Veje eller Baner, der vil øve Indflydelse dels paa den plane Figur, dels og især paa Højdeforholdene.

Drejer det sig om Anlæget af en almindelig Vej, bør Linien lægges saaledes, at Vejen paa en fornuftig Maade kommer til at indgaa som Led i det eksisterende Vejnæt. Kommer en Linie til at løbe tæt op ad eksisterende Veje, bør det saaledes undersøges, om den ikke skal forskydes helt hen til den gamle Vej og følge denne paa et Stykke, da det i mange Tilfælde vil være billigere at udvide og forbedre en eksisterende Vej end at bygge en helt ny; dette gælder dog næppe, hvis den eksisterende Vej gaar igennem tæt Bebyggelse, saa Ekspropriationen bliver dyr, og i alle Tilfælde maa en eventuel Forlængelse af Vejanlæget tages i Betragtning. Overalt, hvor Linien skærer ældre Veje, maa Højden for den nye Vej bestemmes saaledes, at der bliver bekvem Forbindelse mellem dem. Har den gamle Vej lige saa stor Betydning som den nye, bør dens Højde respekteres; har den ældre Vej derimod mindre Betydning, kan man tillade sig at hæve eller sænke den lidt for at opnaa en heldigere Beliggenhed af den nye og større Vej. Den Vinkel, hvorunder Linien skærer ældre Veje, kan vælges med temmelig stor Frihed, men det maa dog

huskes, at en nogenlunde retvinklet Skæring er bekvemmest for de Vejfarende, og at en meget spids Skæring er desto uheldigere, jo stærkere Stigning de skærende Veje har.

Er det en Jernbane, der skal anlægges, vil det i mange Tilfælde vise sig, at Linien naturlig kommer til at løbe omtrent parallelt med ældre Veje, fordi Banen ligesom disse, skal danne Forbindelse mellem visse Bebyggelser. Det er da i Almindelighed af Hensyn til Hestene heldigst at holde Banen i nogenlunde stor Afstand fra den parallelt løbende Vej, især naar den skal befares af hurtigt kørende Tog. Nogen fast Regel for den tilladelige Afstand mellem en Vej og en Jernbane kan dog næppe opstilles; hvis Udsigten fra Vejen til Banen spærres af Huse eller Træer bortfalder alle Ulemper. I Byer tvinges Veje og Baner ofte tæt sammen, men Hestene er her saa vante til at se Togene, at det uden Betænkelighed kan gøres.

For Lokalbaner kan man undertiden lægge Sporet i en eksisterende Vej. Man sparer derved Udgifterne til Arealerhvervelse, Stationsanlægene kan gøres simplere og dermed billigere, og man kan føre Banerne tværs ind igennem Byer eller Landsbyer, hvorved Benyttelsen af dem bliver lettet.

Hvor man saaledes lægger en Bane i en offentlig Vej, maa Toghastigheden nedsættes til 20 km i Timen, hvis den af Jernbanen benyttede Del af Vejen ikke ved Grøfter eller paa anden Maade er skilt fra den øvrige Del. Sporet lægges som Regel i den ene Side af Vejen, for at en saa stor Del af Vejen som muligt kan være fri til den øvrige Færdsel. Ligger Sporet saaledes, at Sporarealet kan benyttes af denne, behøver den frie Del af Kørebanen ikke at være saa bred, at to Vogne kan mødes paa den. Udenfor Jernbanens frie Profil er en Bredde paa 4 m tilstrækkelig. Kan Sporarealet ikke benyttes af den øvrige Færdsel maa den for denne bestemte Vejbredde være omtrent 5 m.

Hvor en Bane føres igennem Byer eller Landsbyer, lægges Sporet bedst midt i Gaden eller Vejen, men der skal da gerne være en fri Bredde paa 2,5 m paa hver Side af Banens frie Profil, saa der altsaa kræves en ret stor Vej- eller Gadebredde. Er denne Gadebredde ikke til Stede, bør man hellere lægge Sporet i den ene Side af Gaden.

Hvor man lader en Bane følge en eksisterende Vej, er man nødt til at anvende dennes Stigninger og Kurver, saa man maaske faar uheldigere Forhold paa dette Punkt, end hvis Banen blev lagt paa eget Planum. Men derved bliver Driftsudgifterne større, undertiden forøges de ogsaa ved, at man maa køre langsomt paa Vejen, og endelig er der en vis Fare forbundet med denne Ordning.

I den nyeste Tid er man derfor kommet mere ind paa ikke at benytte selve Vejen, man man bygger et eget Planum ved Siden af denne, adskilt fra den f. Eks. ved en Grøft; paa denne Maade faar man en ganske fordelagtig Skæring med de private Ejendomme, og man er ikke saa stærkt afhængig af Vejens Stignings- og Kurveforhold. Hvor Vej og Bane imidlertid kommer til at ligge ved Siden af hinanden i forskellig Højde, kan man faa vanskelige Adgangsforhold for de langs Banen liggende Ejendomme, men disse Vanskeligheder er dog ikke større, end at de kan løses.

Ligger Vejen højere end Banen, kan dette give Anledning til, at Banen let

fyger til med Sne. Igennem Skov kan Bane og Vej ligge i forskellig Højde uden Fare for Tilfygning og uden Ulempe for Adgangen til de tilgrænsende Arealer. Hvor Vej og Bane i Skov ligger ved Siden af hinanden, danner Vejen paa naturlig Maade Del af Banens Brandbælte.

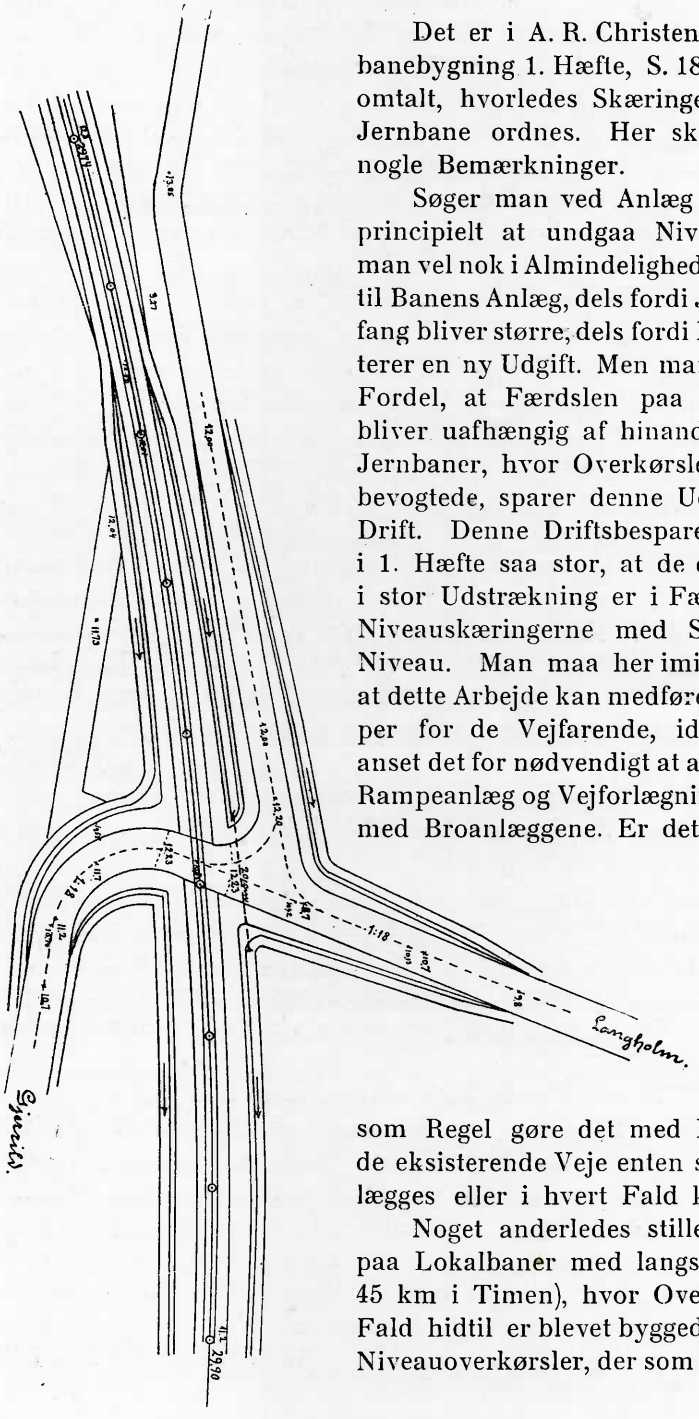


Fig. 47. Ryomgaard—Gjerrild Banen. Offentlig Overkørsel og Vejforlægning.

Det er i A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning 1. Hæfte, S. 189 og flg. nærmere omtalt, hvorledes Skæringen mellem Vej og Jernbane ordnes. Her skal endnu tilføjes nogle Bemærkninger.

Søger man ved Anlæg af nye Jernbaner principielt at undgaa Niveauskæringer, vil man vel nok i Almindelighed forøge Udgifterne til Banens Anlæg, dels fordi Jordarbejdets Omfang bliver større, dels fordi Broerne repræsenterer en ny Udgift. Men man vinder den store Fordel, at Færdslen paa Vej og Jernbane bliver uafhængig af hinanden, og at man paa Jernbaner, hvor Overkørslerne ellers holdes bevogtede, sparer denne Udgift i den daglige Drift. Denne Driftsbesparelse er som omtalt i 1. Hæfte saa stor, at de danske Statsbaner i stor Udstrækning er i Færd med at erstatte Niveauskæringerne med Skæringer ude af Niveau. Man maa her imidlertid huske paa, at dette Arbejde kan medføre betydelige Ulemper for de Vejfarende, idet man ofte har anset det for nødvendigt at anvende betydelige Rampeanlæg og Vejforlægninger i Forbindelse med Broanlæggene. Er det en ny Bane, paa hvilken man ønsker at undgaa Niveauskæringer, bør man allerede ved Banens Tracéring tage Hensyn hertil, og man kan som Regel gøre det med Held, saaledes at de eksisterende Veje enten slet ikke maa omlægges eller i hvert Fald kun i ringe Grad.

Noget anderledes stiller Forholdene sig paa Lokalbaner med langsomme Tog (indtil 45 km i Timen), hvor Overkørslerne i hvert Fald hidtil er blevet byggede som ubevogtede Niveauoverkørsler, der som Regel blot dækkes

ved en Advarselstavle. Paa Grund af den stærkere Benyttelse, som Vejene nu har faaet efter Automobilernes Indførelse, var det dog maaske Overvejelse værd i hvert Tilfælde at bygge Baners Skæring med Hovedveje ude af Niveau.

I Nærheden af større Byer og i Byer bør man utvivlsomt udføre alle Skæringer mellem Jernbane og Vej som Skæringer ude af Niveau, da Færdslen paa Vejene her som Regel er saa stor, at en Niveauoverskæring volder betydelige Ulemper, og rummer en ikke ringe Fare.

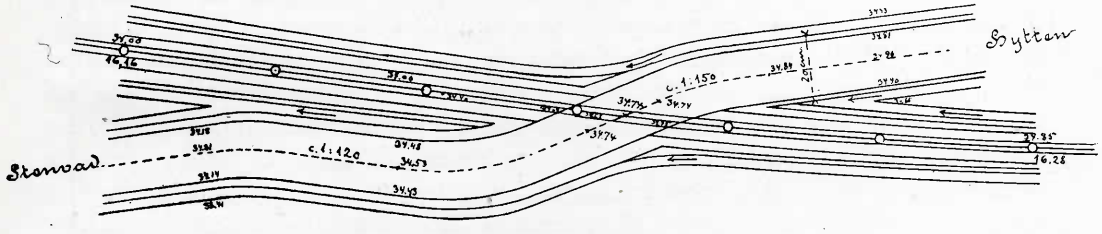


Fig. 48. Ryomgaard—Gjerrild Banen. Offentlig Overkørsel.

I Fig. 47—49 er vist Eksempler paa Omlægning af nogle Veje ved Bygningen af Ryomgaard—Gjerrild Banen. Disse Eksempler vil vise, at det ikke altid er nogen Forbedring af de paagældende Veje, det drejer sig om.

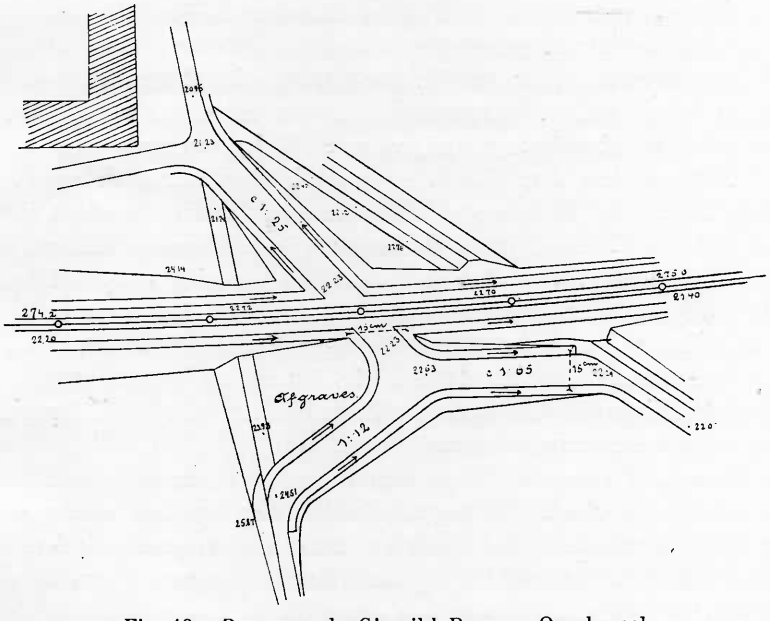


Fig. 49. Ryomgaard—Gjerrild Banen. Overkørsel.

For at man kan føre en Vej over en Jernbane, skal der paa normalsporede Baner være en fri Højde mellem Skinner og Underkant af Brokonstruktion paa ca. 5 m; hertil skal lægges Overbygningens Højde 0,45—0,65 m og Broens Konstruktionshøjde 0,55—0,80 m, saa Højdeforskellen mellem Overkant af Vejen og Banens Planum ialt bliver 6,0—6,45 m.

Skal Banen føres over Vejen, maa den frie Højde under Broen være 3,25—4,0 m, undertiden indtil 4,4 m (A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebyg-

ning 1. Hæfte, S. 194). Er Broens Konstruktionshøjde 1,0—1,25 m, Overbygningens Højde 0,45—0,65 m, faas Højdeforskellen mellem Overkant af Vejen og Banens Planum til 3,6—5,2 m.

For at tilvejebringe Skæring i Niveau mellem Vej og Jernbane maa man lægge Banens Planum Overbygningens Højde under Vejbanens Overkant (0,45—0,65 m), og hvis det er muligt, er det rigtigt, at man søger at faa dette Forhold frem, da man derved undgaar at forandre Højden af den gamle Vej ved Udgravning eller Paafyldning af Ramper paa begge Sider af Banen. De for saadanne Rampers Længdeprofil gældende Bestemmelser findes i 1. Hæfte S. 189 flg. Skal der nødvendigvis være en ganske ringe Højdeforskel mellem Vejen og Banens Planum, maa dette sidste helst ligge lidt for højt, da Vejen saa eventuelt kan løftes alene ved en Forøgelse af Skærvelagets Tykkelse, mens derimod en Sænkning af Vejen kræver en Fjærnelse af det eksisterende Skærvelag, Afgravning af den fornødne Jordmængde og endelig Udlægning af et nyt Skærvelag. Af Hensyn til Overskueligheden maa man i al Almindelighed foretrække en Paafyldningsrampe for Vejen fremfor en Afgravningsrampe, især hvis Banen ligger i Kurve.

Krydsningsvinklen mellem Bane og Vej bør helst ikke være under 40^0, maalt mellem Midtlinierne, men den kan dog, hvor dette ikke kan opnaas uden for stor Bekostning eller særlige Ulemper nedsættes indtil 30^0. Er Krydsningsvinklen ved Skæring med mindre betydelige Veje for spids, maa Vejen forlægges, og Forlægningen udføres da ofte saaledes, at selve Overkørslen kan blive retvinklet; de tilladte Kurveradier findes angivne i 1. Hæfte S. 189 o. flg. Skal Banen derimod skære en mere betydelig Vej, bør den lægges saaledes, at Krydsningsvinklen uden Vejforlægning kan blive større end 40^0, da en saadan som Regel er uheldig for Færdslen paa Vejen og i alle Tilfælde koster en Del Penge. Skal Banens Skæring med en betydeligere Vej foregaa ude af Niveau bygges Broen som Regel skæv af Hensyn til Færdslen, trods de dermed forbundne Ulemper, og navnlig i og i Nærheden af Byerne vil mange af disse Broer nødvendigvis blive skæve.

Nye Banelinier skal som Regel sættes i Forbindelse med det allerede eksisterende Banenæt, saaledes at enkelte Vogne og hele Tog kan gaa over fra den ene Banelinie til den anden. Tilslutningen bør altid foregaa paa en Station og vil blive nærmere omtalt nedenfor.

Undertiden kan det ske, at to Banelinier skal skære hinanden ude paa fri Bane, uden at der ønskes nogen Forbindelse mellem dem; dette bliver især Tilfældet i Nærheden af store Byer, hvor Godstogene ofte føres paa særlige Spor, og ved disse Spors Skæring med Persontogsporene er der som Regel ikke Tale om, at Tog skal kunne gaa over fra den ene Bane til den anden. Som Eksempel kan nævnes Frederikssundsbanens Skæring mellem Valby og Vanløse med Banelinien fra Vigerslev til Frederiksberg.

§ 21. Jernbaners Tilslutning til andre Baner.

1. Almindelige Bemærkninger.

Spørgsmaalet om Jernbaners Tilslutning til andre Baner har i de senere Aar faaet større Betydning end tidligere, idet Hovedbanenættet i hvert Fald

i de gamle Lande er i Hovedsagen fuldført, og de nye Banelinier vil derfor som Regel blive Forbindelsesbaner mellem allerede eksisterende Banelinier.

Der bliver nu her to Hovedtilfælde at undersøge; i det første er der ikke Tale om at overføre hele Tog men kun enkelte Vogne, og da næsten udelukkende Godsvogne, imellem de to Baner; i det andet Tilfælde skal hele Tog kunne føres over mellem de to Baner. I begge Tilfælde vil de to Baner næsten altid faa samme Station.

I første Tilfælde, der benyttes alle Steder her i Landet, hvor en Privatbane føres ind til en Station paa en Statsbanelinie, lægges den nye Banes Hovedspor paa Stationen parallelt med det gamle Hovedspor og i saa stor Afstand fra det, at der bliver Plads til en Mellemperron. Man har undertiden gjort Mellemperroner meget smalle, 1,10—2,60 m, men af Hensyn til Publikums Sikkerhed bør de, i hvert Fald paa Hovedbaner gøres betydelig bredere og vistnok ikke gerne under ca. 6 m.

Hvor der mellem 2 Spor med 4,5 m Sporafstand skal anbringes ensidig Mellemperron, giver man denne 25 $^0/_{00}$ Fald paa de første 1,10 m fra Forkanten og 250 $^0/_{00}$ Fald paa det sidste Stykke; er Sporafstanden 4,7 m, faar Mellemperronen 25 $^0/_{00}$ Fald paa de første 1,33 m fra Forkanten og 250 $^0/_{00}$ Fald paa det sidste Stykke. Hvor man paa danske Privatbaner (Lokalbaner) har bygget Mellemperroner paa Krydsningsstationer, har man ofte nøjedes med disse Sporafstande, men hvor der skal anlægges en ensidig Perron mellem to Spor, bør Sporafstanden forøges til 6,50—7,50 m, men det vil i det hele taget være hensigtsmæssigst at udføre Sporafstande paa Stationer som Mangefold af 4,5 m, altsaa gøre Afstanden til mindst 9,0 m mellem 2 Spor, mellem hvilke der skal bygges Mellemperron.

Den nye Bane kan enten løbe ind til den eksisterende Station paa modsat Side af den, paa hvilken Hovedbygningen ligger eller paa samme Side. I første Tilfælde (Fig. 50) maa den Plads, som optages af det nye Hovedspor og Mellemperron, skaffes til Veje ved Forskydning af Depotspor, Læssespor o. s. v. bort fra Hovedbygningen, saa Udvidelsen af Stationen falder som vist ved Skravering; man undgaar herved at lade de to Hovedspor krydse hinanden.

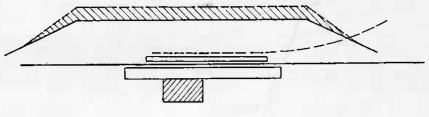


Fig 50.

Skal Banen derimod slutte sig til den gamle Bane fra den Side, hvor Hovedbygningen ligger, kan det gøres paa den Maade, at det gamle Hovedspor benyttes som Hovedspor for den nye Bane, medens der lægges et nyt Hovedspor for den gamle Bane saa langt fra Hovedbygningen, at der bliver Plads til en Mellemperron (Fig. 51).

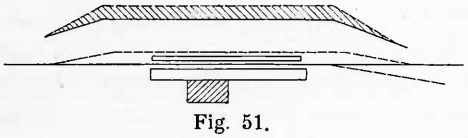


Fig. 51.

Men hvor det er en privat Lokalbane, der fører ind til en Statsbanestation (Hoved- eller Sidebanestation) er denne næsten altid Endestation for Lokalbanen, og Tilslutningen udføres da som Regel fra Ydersiden af den gamle Hovedperron (Fig. 52).

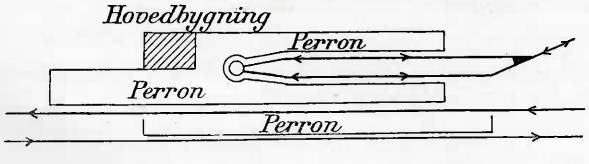


Fig. 52.

Paa alle saadanne Tilslutningsstationer maa den nye Banes Spor bringes i Forbindelse med den eksisterende Banes, idet Forholdet næsten altid er det, at den eksisterende Banes Læssespor ogsaa benyttes af Vogne til og fra den nye Bane. Overføringen af Godsvogne ordnes paa den Maade, at der mellem de gamle og nye Spor lægges et »Overleveringsspor«, paa hvilket Vogne, der skal overføres fra den ene Bane til den anden, henstilles.

I visse Tilfælde lægges den nye Banes Hovedstation ikke ved den gamle Banes Station; dette kan saaledes være Tilfældet, hvor den gamle Banes Station ligger langt fra Byen, og hvor Lokalbanens Station ønskes lagt nærmere denne; der lægges da, af Hensyn til Overføring af Vogne mellem de to Baner, et Forbindelsesspor mellem de to Stationer, og Kørslen paa dette behøver kun at foregaa langsomt, saa man paa Forbindelsesporet kan benytte Kurveradier som paa Stationsspor og stærkere Stigninger end paa fri Bane. Sorø—Veddebanen har saaledes en særlig Bystation i Sorø med Forbindelsesspor til Statsbanestationen, og det samme er i Hillerød Tilfældet med Hillerød—Frederiksværk—Hundestedbanen.

Undertiden lader man ikke Togene udgaa fra en Perron paa den gamle Banes Station, men lægger f. Eks. den nye Banes Endestation saaledes, at de to Stationer faar samme Adgangsvej, hvilket dog kun er muligt, naar den nye Bane skal slutte til fra den Side, hvor den gamle Banes Hovedbygning ligger. Den nye Banes Spor kan lægges parallelt med eller vinkelret paa den gamle Banes Spor, idet der som Regel ikke forlanges anden Sporforbindelse mellem de to Baner end den, der er nødvendig for at føre enkelte Godsvogne over fra den ene Bane til den anden. Som Eksempel kan nævnes Sorø Statsbanestation, hvor Sorø—Veddebanens Spor ligger parallelt med Adgangsvejen.

Hvor en ny Bane skal føres ind til en ældre Bane, udføres Forbindelsen altid som ovenfor omtalt paa en Station, men da Terrainforholdene ofte kan bevirke, at Sammenføringen af Banerne maa udføres ude paa fri Bane, maa man fortsætte den nye Banes Spor helt ind til den nærmeste Station paa den gamle Bane, saaledes at denne altsaa paa dette fælles Stykke bliver dobbeltsporet (eventuelt tre- eller firesporet).

Hvis den nye Bane, der skal bygges, er smalsporet, og den skal slutte til en normalsporet Jernbane, maa man som Regel gaa ud fra, at den smalsporede Bane faar sin selvstændige Endestation, der indeholder de nødvendige Læsse- og Depotspor, Maskinspor o. s. v. Den skal imidlertid sættes i Forbindelse med den normalsporede Hovedstation paa en saadan Maade, at Omladning af Gods kan foregaa fra Banevogn, i hvilket Øjemed et normalsporet og et smalsporet Godsspor maa føres parallelt med hinanden med saa stor Højdeforskel, at Vognbundene kommer i samme Højde. Om Forbindelsen mellem Banegaardene tilvejebringes gennem et smalt eller et normalt Spor er for saa vidt ligegyldigt, men hvor Pladsen er snæver, skaffes lettere Plads til det smalle Forbindelsesspor, og saa maa Omladningen foregaa paa Hovedbanens Stationsplads. Skal den smalsporede Bane have sin Kulforsyning ad Hovedbanen, bør Forbindelsen tilvejebringes ved Normalspor, for at Kullene kan blive aflæssede direkte i den smalsporede Banes Kulgaard. Det samme Spor kan da benyttes til Omladespor.

Adskillelsen mellem Banegaardene behøver ikke at strække sig til Persontrafikken. Hvor de lokale Forhold tillader det, kan Adgangssporet føres til Perronside paa Hovedbanegaarden enten til en egen Perron eller sammen med et Normalspor, der saa gøres treskinnet. Man vil derved i mange Tilfælde spare Plads, men den dobbelte Brug af et Spor baade som normal- og smalsporet medfører visse Indskrænkninger i Driften og giver Anledning til flere særlige Sporskiftekonstruktioner.

2. Sikkerhedsmæssige Hensyn.

Sikkerheden paa en Jærnbane beror i første Linie paa Sporføringen. Mangler ved Sporføringen maa dækkes ved Signal- og Sikringsanlæg, men saadanne Mangler bør saa vidt muligt undgaas.

Dette opnaas ved Anvendelse af følgende to Hovedregler[1]):

1. Enhver Jærnbane, der befordrer Personer, bør med samtlige Hovedspor føres for sig ind paa Stationerne, hvor hvert Hovedspor faar sin Perronkant.

2. Alle Krydsninger i Niveau[2]) med Hovedpersonspor bør undgaas ved Nyanlæg og ved Ombygning, hvis dette paa nogen Maade er muligt, og erstattes med Sporoverføringer.

ad 1. Man bør betragte enhver Sammenføring af disse Spor, ligesom en Sammenføring af de to Spor paa en dobbeltsporet Bane til een og samme Perronkant paa en Mellemstation i Gennemgangsform som en alvorlig Forsyndelse mod Driftssikkerheden.

Hvad her er sagt, gælder for Stationer i Gennemgangsform. Paa Sækstationer, hvor Togene vender, og hvor Driftsmaaden netop kræver en Sammenføring, er Forholdet selvfølgelig ikke det samme.

ad 2. En Fjærnelse af alle Niveaukrydsninger bør være Hovedregelen, men hvor de ikke helt kan undgaas, hvor det vilde koste for meget, saa det ikke kunde økonomisk forsvares at fjærne dem, fordi Trafikken er meget ringe, bør man i hvert Fald principielt undgaa Krydsning i Niveau med et Indløbsspor.

Hvad der her er sagt kan sammenfattes paa følgende Maade:

Paa Stationer i Gennemgangsform bør man sørge for, at Tog i alle Togretninger samtidig kan løbe ind og ud; til Nød kan man, paa mindre trafikerede Baner, finde sig i, at det ene af to Tog, der er klar til at løbe ud, maa vente paa det andet, og undtagelsesvis, at et Tog, der er klar til at løbe ud, maa vente paa et Tog, der er ved at løbe ind.

Uden fuld Overholdelse af disse Regler opnaar man ikke at gøre Toggangen paa forskellige sammenløbende Baner gensidig uafhængig og faar ikke fuld Nytte af dobbeltsporede Baner.

Paa Sækstationer for to eller flere Baner maa der skelnes mellem, om Stationen er Endestation for Banerne, eller om Togene gaar igennem Stationen fra den ene Bane til den anden, saa Stationen altsaa bliver Mellemstation.

---

[1]) Cauer: Personenbahnhöfe, Berlin 1913.

[2]) Ved Krydsninger i Niveau forstaas i det følgende udelukkede Skæring i Niveau mellem to Jernbanespor. Niveauskæringer imellem Jærnbane og Vej tænkes der her ikke paa.

Paa Endestationer i Sækform bør Ordningen være den, at de to Indløbsspor føres ind paa Stationen hvert for sig, medens der i og for sig ikke kan være noget til Hinder for, at de udløbende Tog indtil Forgreningsstedet bruger samme Spor, naar Toghyppigheden tillader det, idet man maa gaa ud fra, at Stationen ikke samtidig giver Afgangssignal til to Tog, der skal løbe ud paa samme Spor. De nødvendige Krydsninger uden for Stationen maa selvfølgelig kun foretages ved Sporoverføring.

Paa Mellemstationer i Sækform vil Løsningen blive forskellig, eftersom der kun er to indløbende Baner, der driftsmæssigt maa opfattes som een Bane, eller om der skal finde Togovergang Sted i forskellig Sammenstilling mellem flere indløbende Baner.

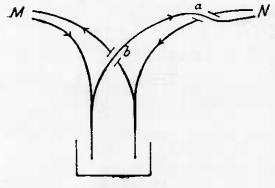


Fig. 53. Mellemstation i Sækform.

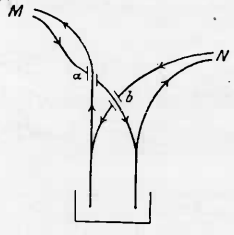


Fig. 54. Mellemstation i Sækform.

For en simpel Mellemstation i Sækform viser Fig. 53—54 den typiske Løsning, ved hvilken enhver Sporkrydsning i Niveau er undgaaet.

Naar den ene dobbeltsporede Bane (fra M i Fig. 53, fra N i Fig. 54) løber ind med Kørsel til højre, saa faar den tilsluttende Bane Venstrekørsel mod N (M), og denne erstattes med Højrekørsel ved Sporoverføring ved a. Desuden er en anden Sporoverføring b nødvendig for i Fig. 53 at undgaa Krydsning i Niveau mellem de to Udløbsspor og i Fig. 54 mellem de to Indløbsspor. Disse to karakteristiske Bygværker gaar igen ved alle saadanne Stationer, selv om de undertiden er forenede til eet.

Skal man paa en Station i Sækform lade Tog gaa over i forskellig Sammenstilling, er det langt vanskeligere at undgaa Skæring i Niveau mellem Hovedsporene.

Hvis det drejer sig om kun 3 Baner, af hvilke den ene har Togovergang med de to andre, saa er endnu en nogenlunde simpel Løsning mulig. Fig. 55 viser, hvorledes Togene mellem O paa den ene Side og M og N paa den anden Side kan passere uden nogen Krydsning i Niveau; det bliver i dette Tilfælde ganske vist vanskeligt at finde en passende Plads for Driftsbanegaarden.

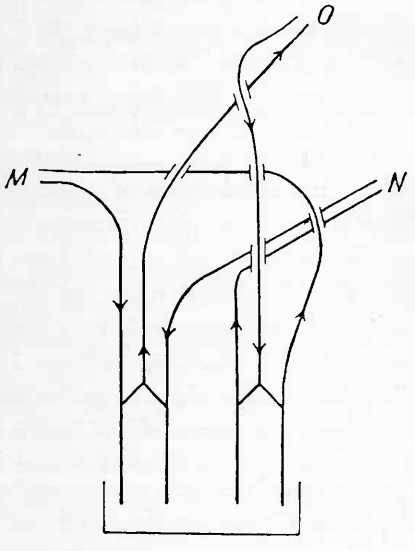


Fig. 55. Overgangsstation i Sækform for 3 Baner.

Føres flere end 3 Baner ind paa en Sækstation, og skal Togene være gennemgaaende mellem flere af disse i forskellig Sammenstilling, har man, for ikke at faa for indviklede Løsninger paa store Sækstationer med gennemgaaende Tog, nøjedes med at føre Banerne, uden Ombytning af Sporretningerne, ved Sporoverføring ind paa Sækstationen i en

saadan Orden, at altid de Baner, mellem hvilke der skal finde Togovergang Sted, kommer til at ligge linievis ved Siden af hinanden.

Fig. 56 viser skematisk denne Ordning for 4 Baner, der fra M, N, O og P løber ind til Sækstationen, og hvor der skal finde Togovergang Sted mellem N og (MO) og mellem O og (NP), medens der ingen Togovergang skal finde Sted mellem de Baner, der ikke er ført ind ved Siden af hinanden, altsaa M og O, N og P samt M og P.

Men denne Metode kan ikke anvendes, naar der skal finde Togovergang Sted mellem en Bane og tre andre, eller naar der kræves saa mange Kombinationer af Togovergange, at Hensyn til den ene udelukker de andre som i Fig. 56. I saadanne Tilfælde maa man enten i stor Udstrækning tillade Sporkrydsninger i Niveau eller spalte Banerne uden for Stationen.

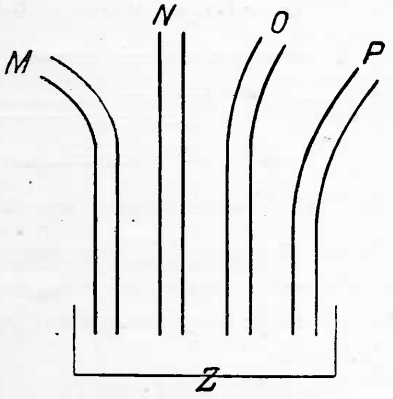


Fig. 56. Overgangsstation i Sækform for flere end 3 Baner.

Men selv om det lykkes at føre Banelinierne ind paa Stationen i en saadan Orden, at alle ønskede Kombinationer er mulige, saa faar man dog ikke krydsningsfri Overgang mellem dem. I Fig. 56 ses, at mellem to ved Siden af hinanden liggende Baner er krydsningsfri Overgang altid mulig i den ene Retning (fra N til M, fra O til N, fra P til O), mens Overgangene i modsat Retning (fra M til N, fra N til O, fra O til P) hver Gang krydser to Hovedspor, et Udkørselsspor og et Indkørselsspor, og her kan det da af Driftshensyn[1]) være ønskeligt at lade de krydsende Overgange foregaa ved Udkørselen, mens Hensyn til Færdselen[2]) paa Stationen kan tale i modsat Retning.

Paa Sækstationer for mange Linier maa man finde sig i disse Mangler, naar der skal kunne foregaa indviklede Togovergange, skønt disse Mangler giver Anledning til Forsinkelser og udsætter Driften[3]) for Fare.

Disse Betragtninger munder da ud i, at[3]) Driftsvanskelighederne paa saadanne store Sækstationer med gennemgaaende Togløb bliver betydelige. Disse Driftsvanskeligheder bliver endnu større derved, at det næppe er muligt at finde en tilfredsstillende Plads med gode Forbindelser for Driftsbanegaarden.

3. Liniedrift og Retningsdrift.

Saavel naar to eller flere Baner skal føres ind paa en Station, som naar der foruden de gennemgaaende Hovedspor skal lægges Persontogsoverhalingsspor, fremkommer der Spørgsmaal om, i hvilken Rækkefølge Sporene skal lægges, hvorledes man skal forbinde dem, og hvorledes Perronerne skal lægges i Forhold til Sporene. Disse Spørgsmaal maa behandles for Stationer i Gennemgangsform og i Sækform hver for sig.

---

[1]) Ved »Driftshensyn« forstaas Hensyn til Togenes Løb.

[2]) Ved »Hensyn til Færdselen« forstaas Hensyn til Publikums Færden paa Stationen.

[3]) Ved Driften tænkes som ovenfor paa Togenes Løb.

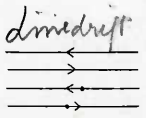


Fig. 57.

Man indfører i denne Forbindelse Betegnelserne Liniedrift og Retningsdrift. Hvor 4 Spor ligger ved Siden af hverandre, kan de benyttes enten som vist i Fig. 57 (Liniedrift) eller som i Fig. 58 (Retningsdrift); de to Figurer vil tydelig forklare Forskellen mellem de to Begreber.

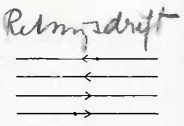


Fig. 58.

a. Stationer i Gennemgangsform.

1. Overhalingsstationer paa en dobbeltsporet Bane.

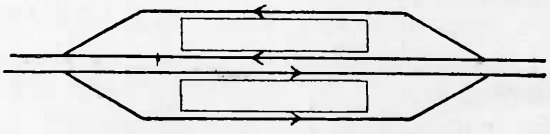


Fig. 59. Overhalingsstation efter Retningsprincippet.

Persontogsoverhalingssporene ordner man som Regel efter Retningsprincippet med Øperroner mellem de Spor, der benyttes i samme Retning (Fig. 59) og ikke efter Linieprincippet (Fig. 60).

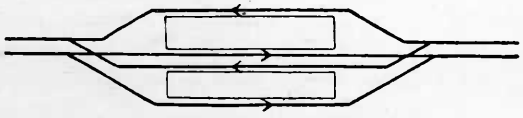


Fig. 60. Overhalingsstation efter Linieprincippet.

Ved Retningsdrift undgaar man enhver Sporkrydsning; Hurtigtog og Persontog, mellem hvilke der finder Omstigning Sted, holder ved de to Sider af samme Perron, saa Omstigningen foregaar uden Brug af Trapper og uden Spild af Tid. Tog i samme Retning afgaar altid fra samme Perron, saa de Rejsende let finder sig til Rette.

I Modsætning hertil giver Liniedrift (Fig. 60) to Krydsninger, og alle Rejsende, der skal stige om mellem Hurtigtog og Persontog, tvinges til at gaa ned og op ad Trappe. Der er let Anledning til Fejltagelse, navnlig naar der afviges fra den regelmæssige Køreplan, fordi Tog i samme Retning afgaar fra to forskellige Perroner.

I visse Tilfælde kan man maaske forsvare at anvende Liniedrift; saaledes f. Eks. paa Grænsestationer, hvor man vil kunne toldbehandle visse Tog ved særlige Perroner. Men hvor der ikke er saadanne særlige Grunde, er Liniedrift ikke hensigtsmæssig.

2. Knudestationer paa Fjærnbaner.

Paa Knudestationer er ved Liniedrift krydsningsfri Forgrening kun mulig, hvis man lægger Forgreningen langt ud paa Linien, men da dette er uheldigt for Sikringsanlæg og Togfølge, benytter man som Regel den i Fig. 61 viste Ordning:

Ved Retningsdrift kan man, hvis Terrainforholdene og Stigningsforholdene for de Baner, der skal føres ud fra hinanden, ikke er for ugunstige, let faa Banerne ført ud fra hinanden uden Krydsning i Niveau (Fig. 62—63).

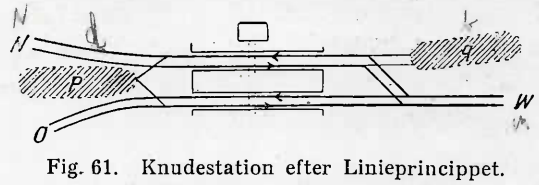


Fig. 61. Knudestation efter Linieprincippet.

For Simpelheds Skyld skal de to Systemer kun sammenlignes for den Trafiks Vedkommende, der fortsætter i Hovedretningen.

For Tog, der uforandret løber fra og til begge de to Liniegrene, er der driftsmæssigt den Forskel mellem Linie- og Retningsdrift, at der ved Retningsdrift (Fig. 62—63) ikke fremkommer en eneste Niveauskæring mellem Sporene.

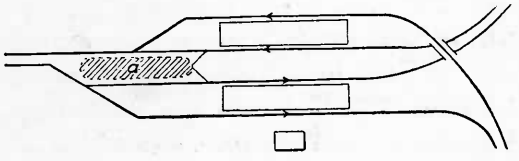


Fig. 62. Knudestation efter Retningsprincippet.

Begynder og ender Tog til og fra den ene Liniegren paa Stationen, vil man ved Retningsdrift lægge denne Linie i Midten og Driftsbanegaarden ved a (Fig. 62) mellem de retningsvis placerede Hovedspor. Driftsmæssigt ligger den da bedre end ved b i Fig. 61, men dens Udvidelsesmuligheder begrænses af Hovedsporene.

Begynder og ender Tog til og fra begge Liniegrene, kan man ved Retningsdrift komme til en Driftsbanegaard ved c i Fig. 63 fra alle 4 Perronspor uden en eneste Niveauskæring. Vil man ikke lægge Driftsbanegaarden saa langt bort, kan man ved Liniedrift komme til en Driftsbanegaard ved d (Fig. 61) mellem de to Banelinier fra begge de to Baner, uden at den enes Forbindelsesspor krydser den andens Hovedspor, men ved den ene Bane faar man den mindre heldige Krydsning med Indkørselssporet.

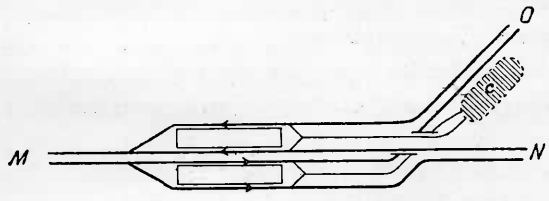


Fig. 63. Knudestation efter Retningsprincippet.

Hvis man paa Stationen deler Tog fra Stamlinien til de to Liniegrene og ligeledes samler Tog fra Liniegrenene til Stamlinien til eet Tog, kræver Anvendelse af Retningsdrift kun, at der sættes et nyt Lokomotiv for den anden Del af Toget, efter at den første Del er kørt. Samlingen til eet Tog sker ved en Udtræksbevægelse, der ikke krydser noget Hovedspor.

Ved Liniedrift maa derimod den anden Del af det Tog, der skal deles, sættes om med Krydsning af et Hovedspor, hvis man ikke vil lade det køre ud med en saadan Krydning, og ligeledes foregaar den Rangering, der er nødvendig til Samling af de to Tog til eet, med Krydsning af et Hovedspor, der ellers benyttes i modsat Retning.

For Omstigning uden Retningsskifte er et Arrangement efter Fig. 62—63 væsentlig bedre end efter Fig. 61, fordi Omstigningen altid kan foregaa, uden Brug af Trapper, tværs over en Øperron, der ligger mellem de to Spor, der benyttes i samme Retning.

Resultatet af disse Betragtninger bliver da det, at Retningsdrift maa foretrækkes paa disse Knudestationer, og ved Nyanlæg vil den sikkert ogsaa blive mere og mere anvendt. Imod dens Anvendelse kan tale, at Anlæget bliver noget dyrere, Terrainforholdene kan volde Vanskeligheder, det samme kan blive Tilfældet med Godstrafikken, og der kan være meget ringe Trafik paa en af Grenlinierne.

Undertiden har man ved Retningsdrift ikke anset det for nødvendigt at have mere end eet Perronspor i Delingsretningen, fordi to Tog ikke samtidig

kan ankomme i denne Retning, og fordi Afstanden mellem to Tog paa Stamlinien i Almindelighed er tilstrækkelig til, at det først ankomne Tog kan køre bort, før det næste kommer. Men en saadan Ordning er ikke tilfredsstillende, hvis det Tog, der kommer først, er et Persontog, det, der kommer sidst, et Hurtigtog, hvis Rejsende skal kunne stige om til Persontoget. Og ogsaa andre Omstændigheder, foruden Sikkerhedshensyn, kan gøre det nødvendigt, at to Tog fra Stamlinien samtidig holder paa Stationen, saa selv om man ikke straks, naar Stationen bygges, vil anse det for nødvendigt at lægge de to Perronspor, bør man i hvert Fald sørge for, at der er Plads til dem.

3. Knudestationer paa Nærbaner.

Efter de nyeste Erfaringer gennemfører man Nærbaner som selvstændige dobbeltsporede Baner, saaledes at man altsaa paa Knudestationer foretrækker at lade de Rejsende stige om fremfor at lade Tog gaa over mellem Linierne. Thi den nødvendige tætte Togfølge vil nemt bevirke, at man faar den stive Køreplan forstyrret, hvis Tog skal løbe ind paa samme Stamlinie fra to eller flere Grenlinier.

Ved Nyanlæg af saadanne Baner søger man derfor at undgaa Forgreninger og Sammenføringer og nøjes med ved Radialbaner, hvor Trafikken aftager udefter, at tillade een eller højst to Forgreninger, saaledes at f. Eks. en 10 Minutters Trafik paa det inderste Stykke længere ude gaar over til en 20 Minutters og endnu længere ude yderligere til en 40 Minutters Trafik. Skal der indrettes saadanne Spaltninger paa Nærbaner, undgaar man principielt Krydsninger i Niveau, idet man fletter Sporene ud. Men for at kunne gennemføre Køreplanen og af Hensyn til Driftssikkerheden maa man stille endnu yderligere Krav.

To sammenløbende Grenliniers Spor maa ikke forenes til eet Stamspor paa fri Bane og ikke ved Indløbet til en Station; Foreningen maa kun foregaa ved Udløbet fra en Station. Knudestationer paa Nærbaner maa derfor ikke udføres efter Fig. 64, men efter Fig. 65—66 eller efter Fig. 67—68.



Fig. 64. Uheldig Form af Knudestation paa Nærbaner.

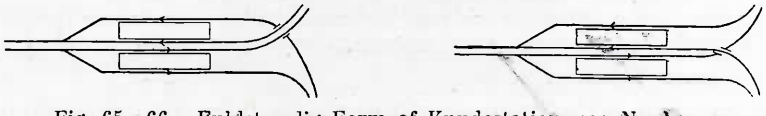


Fig. 65—66. Fuldstændig Form af Knudestation paa Nærbaner.

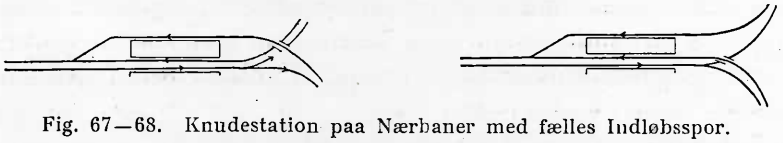


Fig. 67—68. Knudestation paa Nærbaner med fælles Indløbsspor.

Fig. 65—66 er forskellig fra Fig. 67—68 derved, at i de to første foregaar Forgreningen af det til Knudestationen førende Stamspor allerede ved

Indkørslen, ved de to sidste først ved Udkørslen. I første Tilfælde kan to fra Stamlinien kommende Tog, der er bestemt til Grenlinierne, samtidig holde paa Stationen. Og allerede før et saadant Tog er kørt ud, kan et andet, der er bestemt til den anden Grenlinie, køre ind. I andet Tilfælde derimod (Fig. 67—68) kan det andet Tog først køre ind fra Stamlinien, naar det første er kørt ud til en af Grenlinierne.

Man har ment, at den sidste Ordning frembød den Fordel, at Driften blev sikrere, naar man kørte langsomt gennem Sporskiftet, men dette har næppe nogen Betydning. En Ordning efter Fig. 67—68 har derimod den Fordel, at den er billigere, og derfor har man ofte nøjedes med den.

Ved denne forskellige Behandling af de to sammenløbende Spor og de to Spor, der deler sig, gaar man — ligesom ved Fjærntrafik — ud fra den Anskuelse, at det til enhver Tid skulde være muligt, at der fra hver af de to Grenlinier kan køre et Tog ind til Perronen, og at der fra Stamlinien paa samme Tid kun kan komme eet Tog ind. Man nøjes i saa Fald med eet Spor, som man altid i rette Tid kan rømme til en af Grenlinierne, før det næste Tog skal løbe ind til Knudestationen. Denne Anskuelse er dog ikke helt rigtig. Efter Ordningen i Fig. 67—68 sker det lettere end i Fig. 65—66, at en midlertidig Driftsforstyrrelse paa en af Grenlinierne virker tilbage paa Toggangen paa Stamlinien, og enhver Forsinkelse rummer i sig Spiren til en Ulykke. Man maa jo heller ikke se bort fra, at Omstigningen paa en saadan Knudestation let kan give Anledning til et længere Ophold.

Man kan altsaa vel indrømme, at der ikke er nogen alvorlig Indvending imod en Ordning efter Fig. 67—68 for Opstilling af Køreplanen, men man maa paa den anden Side betone, at denne Ordning er mindre god og ved stærk Trafik kan give Anledning til Driftsforstyrrelser og dermed følgende Ulykker.

Ligesom i Fjærntrafikken — men ganske vist af andre Grunde — bør man altsaa i Nærtrafikken foretrække en Knudestation med 2 Perronspor i Deleretningen for en Knudestation med kun eet Perronspor i denne Retning.

For Omstigningstrafik uden Retningsskifte er der sørget godt paa Knudestationer byggede efter Fig. 65—66, da denne Omstigning kun skal foregaa tværs over en mellem to Spor liggende Øperron.

Ved Omstigning med Retningsskifte maa man passere Bro eller Tunnel, altsaa to Gange benytte Trapper.

Hvis Tog fra den ene Grenlinie vender paa en Knudestation paa en Nærbane, vil man lægge denne Linie i Midten efter Fig. 65 og Driftsbanegaarden imellem de to midterste Spor som i Fig. 62 (ved a).

4. Krydsningsstationer for to dobbeltsporede Fjærnbaner.

I det følgende skal kun behandles saadanne Krydsningsstationer, hvor Krydsning i Niveau mellem planmæssige Tog er undgaaet, undtagen den Krydsning, der hidrører fra Togovergang mellem Linierne. Disse Krydsningsstationer kan ordnes efter Linieprincippet eller Retningsprincippet. Den følgende Undersøgelse behandler det Tilfælde, at der for Persontrafikken kun

findes de gennemgaaende Hovedspor, saaledes altsaa ikke Overhalingsspor for Persontogene. Liniedrift er vist i Fig. 69, Retningsdrift i Fig. 70—71, idet Fig. 70 viser den symmetriske Ordning af Hovedsporene, ved hvilken Sporene for den ene Bane ligger indvendigt, Sporene for den anden Bane udvendigt, medens Hovedsporene i Fig. 71 er flettet saaledes ind imellem hinanden, at der af hver af de krydsende Baner ligger et Spor indvendigt, et Spor udvendigt.

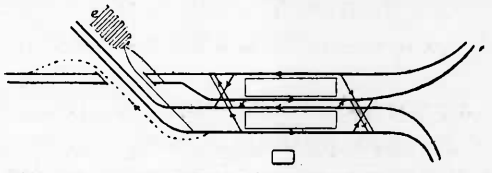


Fig. 69. Krydsningsstation efter Linieprincippet.

I alle tre Tilfælde er valgt den

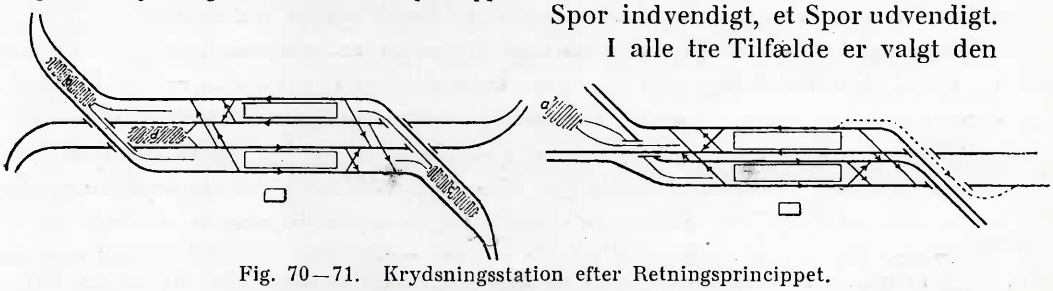


Fig. 70—71. Krydsningsstation efter Retningsprincippet.

moderne Beliggenhed for Hovedbygningen ved Siden af Sporene. Man bliver da straks stillet over for det Spørgsmaal, om man, som vist i Fig. 69—71, skal lægge to Øperroner mellem to og to Spor, eller om man skal lægge en Perron i Midten og to Yderperroner.

En Ordning efter Fig. 69—71 har den Fordel, at man i Midten, altsaa paa det bedste Sted, kan lægge et gennemgaaende Spor, og mindst eet saadant er nødvendigt paa disse Stationer. Og til disse to Perroner med samme Ydeevne som tre behøves mindre Plads i Bredden. Ved Retningsdrift faar man med to Perroner den Fordel, naar Omstigning især foregaar uden Retningsskifte, hvad der som Regel er Tilfældet, at denne Hovedomstigning kan foregaa uden Perronskifte, altsaa ogsaa uden Brug af Trapper.

Ved Retningsdrift er denne Perronordning endvidere fordelagtig ved Togovergang derved, at Togene kan gaa over ved Udkørslen, saa de kommer til at holde ved samme Perron som de Tog, der kommer og bliver paa samme Bane, saa de Rejsende ikke er i Tvivl om, hvorfra Afgangen finder Sted. Ved Retningsdrift bør man derfor som Regel vælge denne Ordning af Perronerne.

Ved Liniedrift kan andre særlige Hensyn føre til Valg af en Ordning med 3 Perroner, f. Eks. Hensynet til yderligere andre Baner, der skal føres ind til Stationen. Ved Liniedrift kan man desuden ved denne Ordning opnaa, hvis der ikke findes Bagageperroner, at Hovedsporene for hver af de to Baner kun skal trækkes fra hinanden til en Afstand af 4,5 m, hvorved man undertiden kan faa en bedre Udformning af Krumningsforholdene.

Overgang af Tog fra den ene Linie til den anden skal i alle Tilfælde foregaa ved Udkørslen. Herfor taler, at Sporskifterne i saa Fald passeres med ringe Fart, saa de Rejsende, der har rejst sig op, før Toget holder, ikke vælter om imellem hinanden. Hvis man desuden lod Overgangen foregaa ved Indkørslen, vilde man ikke være i Stand til samtidig at lade et Tog løbe ind

fra den Bane, til hvilken Overgang skal finde Sted. Ved Forsinkelser vilde dette føre til, at et af de to Tog maatte holde paa fri Bane foran Stationen, og det vilde forhindre, at to saadanne Tog samtidig planmæssigt kunde holde paa Stationen, hvilket især er ønskeligt, naar det ene Tog er Iltog, det andet Persontog; dette kan f. Eks. ske, naar Iltoget gaar over og samtidig overhaler et Persontog paa den anden Bane paa Krydsningsstationen.

Overgang uden Retningsskifte, som vist i Fig. 69, foregaar ved Liniedrift altid med Krydsning af en Indkørselsvej, ved Retningsdrift baade efter Fig. 70 og 71 uden Krydsning med noget andet Hovedspor.

Af de 4 Overgange med Retningsskifte foregaar ved Liniedrift 2 uden Krydsning med noget Hovedspor, medens 2 kræver Krydsning med to Hovedspor, et Indkørsels- og et Udkørselsspor. Ved Retningsdrift efter Fig. 70 kræves i to Tilfælde Krydsning med et Indkørselsspor og i de to andre Tilfælde Krydsning med et Udkørselsspor. Ved Retningsdrift efter Fig. 71 kræves i to Tilfælde ingen Krydsning med Hovedspor, i to Tilfælde Krydsning med eet Indkørsels- og eet Udkørselsspor.

Man kan undgaa disse Niveauskæringer, hvis man for disse Togovergange bygger særlige Forbindelseslinier, der grener fra paa fri Bane. Dette har man dog kun gjort paa Steder, hvor saadan Overgang om Hjørnet spiller en særlig stor Rolle, da Omkostningerne bliver store og Driften vanskeligere.

I Fig. 71 er antydet, hvorledes man paa en Station med Retningsdrift let kan skaffe skinnefri Overgang om Hjørnet. Ved denne Sporordning finder nemlig ved Overgang om Hjørnet, ligesom ved Liniedrift (Fig. 69) i den ene Retning ingen Sporkrydsning Sted og i den modsatte to Sporkrydsninger. Naar man derfor fjærner disse Sporkrydsninger, som vist i Fig. 71 (og Fig. 69) ved en Tilslutningslinie, faar man ved den paagældende Ende af Stationen Overgangen om Hjørnet i begge Overgangsretninger uden Niveauskæring. Ved den symmetriske Sporordning i Fig. 70 kræver som ovenfor nævnt Overgang om Hjørnet i hver Retning Krydsning med eet Hovedspor, af hvilke to sammenhørige følgelig kun kan fjærnes ved to særlige Tilslutningsspor. Ordningen efter Fig. 71 er altsaa i denne Henseende bedre end Ordningen efter Fig. 70.

Umiddelbar Rebroussering af Togene kræver ved Liniedrift i intet Tilfælde Krydsning af et Hovedspor. Ved Retningsdrift efter Fig. 70 foregaar Rebroussering for den indvendigt liggende Bane uden Krydsning med noget Hovedspor; for den udvendigt liggende Bane maa ved Rebroussering begge den indvendigt liggende Banes Hovedspor krydses. Ved Retningsdrift efter Fig. 71 maa der ved hver Rebroussering finde Skæring Sted med eet Hovedspor paa den anden Bane.

Men i Fig. 71 kan der ved *a* lægges en Driftsbanegaard med skinnefri Forbindelse til og fra alle Perronspor, og i Fig. 70 ved *b* og *c* samt en ved *d*, der kun ligger godt for den indvendige Bane. Ved Liniedrift kan man kun ved at gaa langt ud finde en Plads til Driftsbanegaarden, der kan faa skinnefri Forbindelse med begge Baner, men ved *e* kan lægges en Driftsbanegaard, hvor Forbindelsessporene kun krydser Udkørselssporene.

Resultatet af Undersøgelsen af en Krydsningsstation for to dobbeltsporede Baner er da det, at man i Almindelighed kun vil vælge Retningsdrift, hvor

Togovergang uden Retningsskifte er almindelig, under Forudsætning af, at den kan udføres med brugelige Stigningsforhold for en rimelig Pris (Fig. 70).

Hvor der desuden finder Togovergang Sted med Retningsskifte, bør Retningsdrift ligeledes anvendes, men efter Fig. 71.

Men iøvrigt vil man, navnlig hvor Togovergang fra den ene Bane til den anden enten slet ikke foregaar eller kun foregaar i ringe Omfang, vælge Liniedrift (Fig. 69).

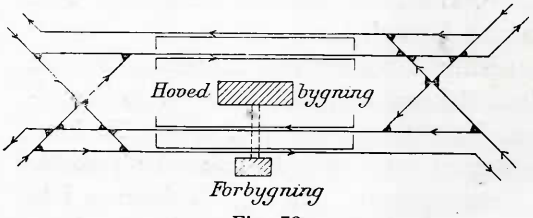


Fig. 72.

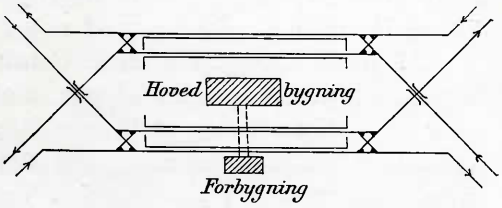


Fig. 73.

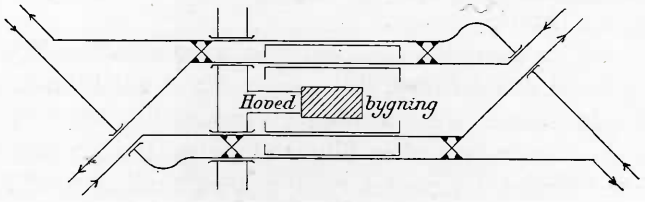


Fig. 74.

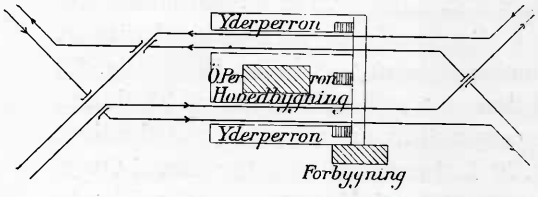


Fig. 75.

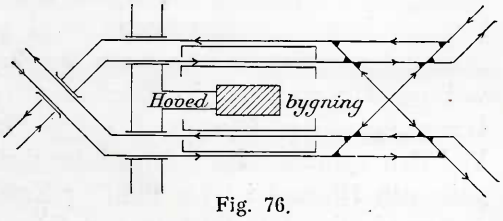


Fig. 76.

I Fig. 72—76 er vist Sporordningen paa nogle Krydsningsstationer for to dobbeltsporede Fjærnbaner, samt Anbringelsen af Stationsbygningerne i disse Tilfælde. Tegningerne vil uden videre kunne forstaas, men Spørgsmaalet vil iøvrigt blive nærmere behandlet i Vej- og Jernbanebygning. 4. Hæfte. Jernbanestationer.

5. Krydsningsstationer for to dobbeltsporede Nærbaner.

Hvor to Nærbaner skærer hinanden, tillader man ikke Togovergang for at undgaa Forstyrrelser i Køreplanen, og sørger derfor blot for, at Omstigning bekvemt kan foregaa.

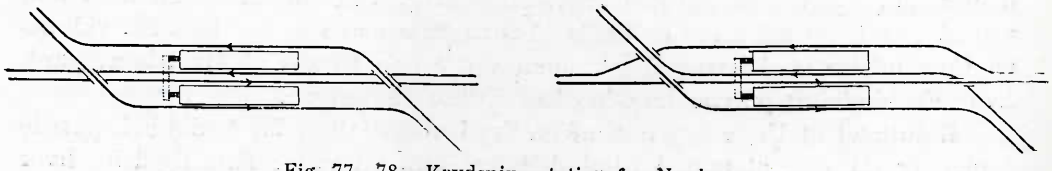


Fig. 77—78. Krydsningsstation for Nærbaner.

Paa en saadan Krydsningsstation anvendes i Almindelighed en Ordning efter Retningsdrift (Fig. 77—78). Omstigning uden Retningsskifte foregaar her mellem de ensrettede Spor tværs over den imellem dem liggende Øperron. Omstigning med Retningsskifte maa foregaa gennem Tunnel eller Bro med to Gange Brug af Trappe. Er Togovergang nødvendig, kan den foregaa ved Udkørselen.

Den anden Hovedgruppe af Stationer er:

b. Stationer i Sækform.

For disse kan der gennemføres en lignende Undersøgelse som ovenfor er foretaget for Stationer i Gennemgangsform, men da en saadan Undersøgelse for vore Forhold maaske faar mindre Betydning, i hvert Tilfælde er meget speciel, skal den her udelades.

c. Firesporede Baner.

Ved fuld firesporet Udbygning af stærkt benyttede Banelinier faar man den dobbelte Fordel, at hvert af de to Sporpar kun skal tage en Del af det samlede Antal Tog, og at man kan lade Togene følge tættere efter hverandre, hvis man fordeler dem efter deres Hastighed paa de to Sporpar. Under visse Omstændigheder vil man derfor bestemme sig til at bygge et andet Sporpar, selv om det samlede Antal Tog kan optages af det eksisterende Sporpar, hvis man derved opnaar at kunne fordele de Tog, der skal benytte det ene Sporpar, regelmæssigere over Dagens Timer, eller maaske at kunne benytte en stiv Køreplan, som det er hensigtsmæssigt i Nærtrafikken.

Om man skal benytte Linie- eller Retningsdrift hænger nøje sammen med, hvorledes man vil fordele Trafikken over de to Sporpar. Man deler som Regel enten efter Person- og Godstrafik eller efter Nær- og Fjærntrafik, hvor Fjærntrafikken omfatter baade Person- og Godstrafik. Hvor man kan vente en stærk Nærtrafik, lægger man gerne denne paa et særligt Sporpar for at kunne gennemføre en regelmæssig, stiv Køreplan. Den Ulempe, det saa er, at der paa det andet Sporpar kører Tog fra de hurtigste til de langsomste, er ofte ingen Ulempe, fordi især de særlig hurtigt kørende Tog ligger samlede paa bestemte Tider af Døgnet, saa der er Mulighed for at lægge Godstogene ind i de større Mellemrum, idet man er langt friere stillet ved Lægningen af Godstogenes end Persontogenes Køreplan. Derimod virker Godstog forstyrrende paa Nærtrafikspor.

I Amerika har man enkelte Steder fire Spor for Nærtrafikken, nemlig et Sporpar for Hurtignærtrafikken og et Sporpar for de Nærtog, der holder ved alle Stationer (Fig. 81). For vore Forhold vil der vist kun kunne blive Tale om det Tilfælde, at det ene Sporpar benyttes af Nærtrafikken, det andet af Fjærntrafikken, idet Godstogene løber paa dette sidste. Det skal derfor kun anføres, at man paa firesporede Nærbaner bør vælge Retningsdrift, at man, naar det ene Sporpar benyttes af Persontrafikken, det andet af Godstrafikken, bør vælge Liniedrift, men i øvrigt skal disse Forhold ikke omtales nærmere. Derimod vil der maaske være Grund til at omtale Sporføringen i det Tilfælde, man foretager Delingen efter Nær- og Fjærntrafik.

Man har for dette Tilfælde ofte anbefalet Retningsdrift, saaledes at Nærtrafikkens Spor kom til at ligge udvendigt og Fjærntrafikkens indvendigt (Fig 80). Hvor Fjærnsporene ikke benyttes af Godstrafikken, har denne Ordning følgende Fordele.

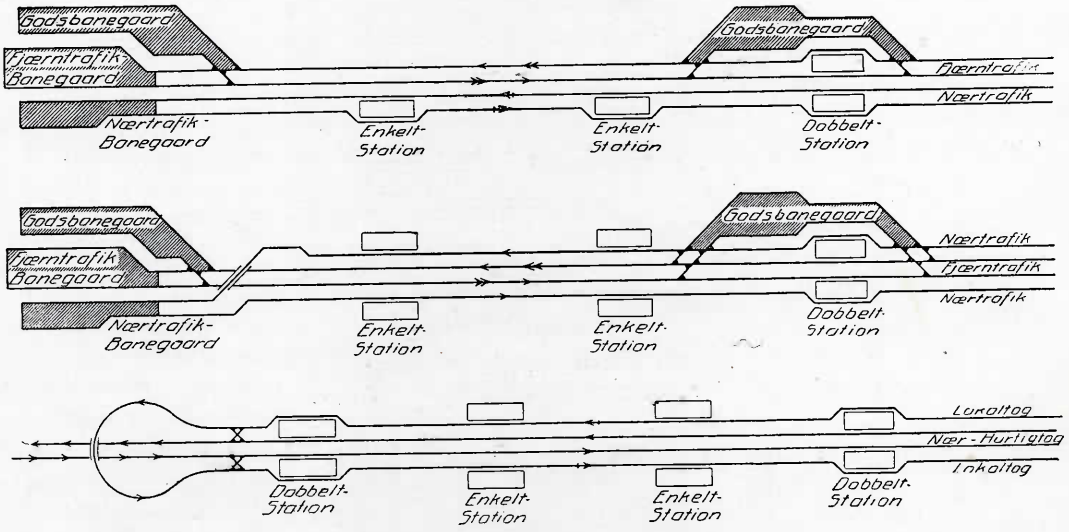


Fig. 79—81.

Fjærnsporene løber overalt, og Nærsporene paa de Stationer, der ikke benyttes af Fjærntogene, igennem Stationerne uden Modkurver. Paa de Stationer, der er fælles for Nær- og Fjærntrafik, kan Omstigning i samme Retning foregaa, uden at man skifter Perron. Man kan paa enhver Station føre Tog over mellem Nær- og Fjærnspor i samme Retning uden Krydsning med et Hovedspor. Hvis et Spor mellem to vilkaarlige Stationer midlertidig ikke kan benyttes, føres Togene til og fra det andet Spor i samme Retning, ligeledes uden at de krydser et Hovedspor.

Hvis Fjærnsporene ogsaa benyttes af Godstogene, krydses Nærsporene ved Ind- og Udsætning af Godsvogne paa alle Mellemstationer, og saadanne Krydsninger er selvfølgelig uheldige. Man kunde undgaa disse Krydsninger, hvis man paa alle Stationer, hvor der er Godsstation, f. Eks. indlagde Forbindelsesspor med skinnefri Skæring mellem Fjærnsporene og Godsstationen. I Almindelighed bliver et saadant Anlæg dog dyrt.

I Fig. 79 er vist en Ordning af de fire Spor efter Linieprincippet. Man faar da paa alle Stationer Fordelen ved, at enkelte Godsvogne ikke skal føres over Nærsporene, men man faar Ulempen ved vanskeligere Omstigningsforhold, ved at Publikum vanskeligere finder sig til Rette.

Om man ved Valget af Retningsdrift skal lægge Nærsporene inderst eller yderst er for saa vidt ligegyldigt. Lægges de inderst, faar Fjærnsporene Modkurver paa Stationerne.

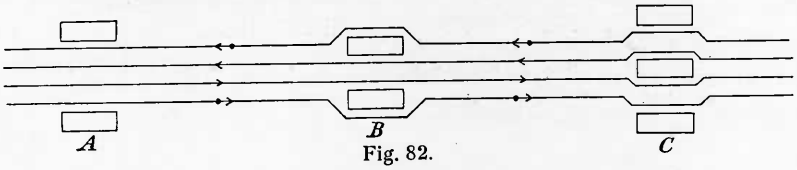


Fig. 82.

I Fig. 82 er vist forskellige Maader at lægge Perronerne paa ved en fireporet Bane.

§ 22. Særlige Bemærkninger om den plane Figur.

En Banes Retning er i Almindelighed givet ved, at den skal forbinde to opgivne Endepunkter. Hvis Forholdene tillader det, vil den Linie som Regel være den gunstigste, der mest falder sammen med den rette Linie.

Man maa afvige fra den rette Linie, hvis Terrainforholdene kræver det, eller hvis det maa anses for fordelagtigt at føre Banen til Bebyggelser, hvorfra der kan ventes en betydelig Trafik; maaske kan man føre korte Sidebaner ud fra Banen til saadanne ud til Siden liggende Bebyggelser; ved et sammenlignende Overslag over de to Muligheder afgør man, hvilken Fremgangsmaade man bør følge, idet man dog vel som Regel vil være tilbøjelig til at følge den første, især hvis det er en Sidebane eller en Lokalbane, der skal bygges.

Af Hensyn til Driftens Sikkerhed bør en Jernbanelinie kun føres hen over fuldstændig paalidelig, fast og tør Grund. Man bør endvidere undgaa Steder, hvor der kan ventes Skred, og Moser, hvor der er langt til fast Bund. Moser med indtil 4 m Dybde er ganske vist sammentrykkelige, men frembyder ingen Vanskeligheder for Jernbanebygning; der kan lægges en Dæmning hen over dem, hvis Planum gerne skal ligge mindst $^1/_3$ af Mosedybden over Terrainet. Ved lavere Dæmninger bør man grave saa meget af Mosen, at dette Forhold kan blive tilfredsstillet.

Skred kan let indtræffe i et Terrain, hvis Ligevægtstilstand er blevet forstyrret paa et eller andet Sted, eller hvor der mellem faste Jord- og Stenlag er et fugtigt Lerlag, paa hvilket de ovenover liggende Lag kan glide.

I Klippeegne maa man tage Hensyn til Lagenes Hældning; i visse Tilfælde kan det blive nødvendigt at holde Lagene i Ligevægt ved en kraftig Støttemur.

Tunneler udføres gennem Bjærgrygge, der springer frem i en Dal, for at undgaa Broer over Floder eller Vandløb og ved Passage over et Vandskel (Pashøjden). Fra en Dybde paa 15—20 m er Bygning af en Tunnel, alt efter Bjærgartens Beskaffenhed, billigere end en aaben Gennemgravning.

Ogsaa høje Dæmninger — fra 18—25 m Højde — bliver dyrere end Viadukter, hvis Byggegrunden er god.

I Sletteland kan de tekniske Hensyn som Regel vige Pladsen for de kommercielle, mens man ved Bygning af Baner i Bakkeland maa tage mere Hensyn til de tekniske Vanskeligheder.

I Sletteland er Stationspladser og Brosteder som oftest Fikspunkter for et Jernbaneanlæg. Disse Punkter kan man i svagt bebyggede Egne undertiden forbinde med rette Linier, hvorved man faar den korteste Banelinie med maaske de laveste Driftsudgifter. Man regnede i hvert Fald tidligere, at man ikke burde anvende mindre Kurveradius paa Hovedbaner end, i Sletteland 1000 m, i Bakkeland 600 m og i Bjærgland 300 m, og selv om Vogne og Lokomotiver kan bygges saaledes, at de kan køre igennem skarpere Kurver, forøger saadanne dog Modstanden mod Togets Bevægelse og Sliddet paa Skinner og Bandager. For Side- og Lokalbaner er det derimod almindeligt, at man gaar længere ned med Kurveradius baade i Sletteland og i Bakkeland for at gøre Banens Anlæg billigere.

For Hovedbaner i Sletteland bør største Stigning ikke gøres stærkere end Bremsefaldet, der maaske kan regnes til ca. 5 ‰; paa kortere Stykker kan uden Skade anvendes stærkere Stigninger, naar de blot ligger tilstrækkelig langt fra Stationerne, saa de kan overvindes ved den i Toget værende levende Kraft. Paa Side- og Lokalbaner kan man uden Betænkelighed anvende stærkere Stigninger og derved formindske Anlægsudgifterne, thi paa disse Baner behøver Togene ikke at være saa tunge, og kun ved tunge Tog formindskes Driftsudgifterne i væsentlig Grad, naar Stigningen gøres mindre.

I Almindelighed ligger en Bane i Sletteland bedre paa Dæmning end i Udgravning, da den ligger mere tørt og derfor fast, og mindre Udgravninger paa indtil 3 m Dybde er for udsatte for at fyge til. Dæmningsskraaninger kræver som Regel ogsaa mindre Vedligeholdelse end Skraaninger i Udgravning.

I Bjærgland er især Højdeforholdene bestemmende for Linieføringen; uafbrudt Anvendelse af den bestemmende Stigning er fordelagtigst for Driften; paa Gotthardbanen findes saaledes Stigninger paa 26 ‰ paa 8—9 km Længde, og paa lignende Maade er det paa de andre Alpebaner; hele Banens Længde benyttes derved til at formindske det stærkeste Stigningsforhold, især skal dog tabt Fald undgaas. Vandret liggende Stationer maa derimod for saa vidt betragtes som fordelagtige, da der paa dem bliver Lejlighed til at bringe Fyret i Orden og forsyne Lokomotivet med Vand.

Stærke Stigninger kræver særligt byggede Lokomotiver, Udgifterne til at trække Togene, Skinnernes og Hjulbandagernes Afslidning paa Grund af Bremsningen ved Kørsel ned ad Bakke bliver større. En bestemt Godsmængde kræver flere Tog, saa der maa transporteres en større død Vægt af Lokomotiver og Tendere, der maa anskaffes flere Lokomotiver, mere Remiseplads, større Lokomotivværksteder, og det bliver hurtigere nødvendigt at lægge et 2det Spor.

Jo større Trafik man kan vente, desto svagere Stigninger bør man derfor søge at anvende for at formindske Driftsudgifterne.

Er det ikke muligt at komme igennem i en valgt Linie med det gunstigste største Stigningsforhold, maa man vælge, om man vil forlænge Linien, eller om man vil forandre Driften af Linien saaledes, idet enkelte Strækninger lægges med stærkere Stigning, at man paa disse anvender kraftigere Lokomotiver, eller kører med Forspand, eller maaske deler Togene, eller endelig bygger disse Strækninger som Tandhjulsbaner.

Det er i al Almindelighed ikke heldigt at anvende Forspand, og kraftigere Lokomotiver bliver som Regel dyre i Driften. Deling af Togene er derimod ofte fordelagtig, og i den nyere Tid har det ogsaa vist sig økonomisk heldig at bygge kortere, stærkt stigende Stykker af Adhæsionsbaner som Tandhjulsbaner.

Tandhjulsbaner er ganske vist dyrere at bygge pr. km end almindelige Adhæsionsbaner, men dette ophæves derved, at man kan bygge dem med stærkere Stigninger, hvorved hele Banelængden bliver betydelig mindre, og derved formindskes ikke alene Anlægs- men ogsaa Driftsudgifterne. Kørehastigheden er kun lille paa saadanne blandede Baner, baade paa Tandhjuls- og paa Adhæsionsstrækningerne, men den samlede Køretid bliver som Regel ikke

forøget i Sammenligning med den Tid, man vilde opnaa ved at bygge Banen helt som Adhæsionsbane.

Tandhjulsbaner har den Fordel, at de kan slutte bedre til Terrainet, da Driftsudgifterne kun varierer lidt, naar Stigningsforholdene varierer. Man kan med dem komme nærmere Pashøjden, saa Toptunnellen bliver kortere, hvorved Byggetid og Byggerenter bliver mindre. Snehindringer er ikke saa farlige som paa Adhæsionsbaner, da Lokomotivet har godt fat i Tandstangen, og Trykket mod den er uafhængigt af Vind og Vejr, mens Trækkraften aftager paa Adhæsionsbaner, naar Skinnerne er halvvaade og fedtede.

Tandhjulsbaner af denne Art har den Mangel, at de ikke kan benytte andre Baners Lokomotiver, saa de selv maa have den fornødne Reserve til Anvendelse i travle Tider, men dette er vistnok ogsaa den eneste Indvending, der kan rejses mod dem.

Medens Fremgangsmaaden ved Udførelse af en Liniebestemmelse i Sletteland og Bakkeland skal omtales nedenfor, skal her kun med faa Ord omtales enkelte Forhold ved Udførelsen af en Liniebestemmelse i Bjærgland og i stærkt kuperet Bakkeland. Opgaven er her betydelig vanskeligere, og Liniens Beliggenhed afhænger langt mere af Terrainets Højdeforhold, saa et udførligt Nivellement er nødvendigt, men Fremgangsmaaden skal iøvrigt ikke belyses nærmere.

Kun et enkelt Forhold skal i denne Forbindelse berøres. Ved Bjærgveje eller Bjærgbaner gælder det ofte om at overvinde en stor Højdeforskel; Linien vil følge Dalene, og hvor disses Bund har stærkere Stigning end tilladeligt for Vejen eller Banen, maa Linien forlænges kunstigt. Ved Vejlinier gøres det forholdsvis simpelt ved at bøje Linien i Zigzag med Benyttelse af ganske smaa Kurveradier i Knækpunkterne. Ved Banelinier har man undertiden kunnet benytte en Sidedal, der var tilstrækkelig bred til Indlægning af en Bue paa ca. 180°, saaledes at Linien løber ind langs den ene Dalside og tilbage langs den anden i større Højde over Bunden (Fig. 83); Fremgangsmaaden er anvendelig bl. a., hvor den Dal, som Banelinien løber i, har forskelligt Længdefald. Hvis Sidedalen ikke er bred nok, kan det maaske f. Eks. ved Ind- eller Udløb af Sidedalen blive nødvendigt at anvende Tunnel paa et Stykke, ligesom man maaske kan benytte to parallele Sidedale, saaledes at Højderyggen mellem dem gennembrydes med en Tunnel.

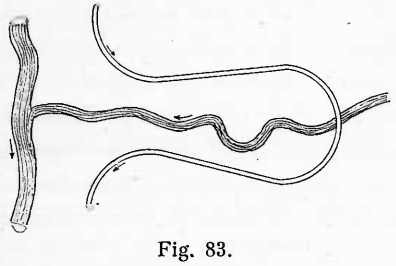


Fig. 83.

Denne Fremgangsmaade er især anvendt paa Semmering- og Brennerbanen.

En Sløjfe benytter man med Fordel, hvor Bredden af Dalen paa det Sted, hvor Linien omtrent skærer ned i Dalbunden, muliggør en Drejning gennem en Halvcirkel med mindste tilladte Kurveradius, uden at man maa skære alt for dybt ind i Dalsiden. Den tilbagegaaende Linie følger, idet den stadig stiger, den modsatte Dalside, indtil en ny Udvidelse af Dalen, som Regel paa Grund af en Sidedal, igen muliggør en Vending. Linien kommer altsaa paa

det paagældende Sted til at løbe som tre omtrent parallele Linier i forskellig Højde. Fig. 84 viser et Eksempel fra Gotthardbanen.

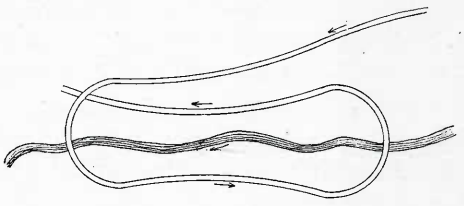


Fig. 84.

Vendetunneler anvendes i snævre Dale, hvor en Drejning ikke er mulig under aaben Himmel. De kræver ikke Tilstedeværelsen af en Sidedal, men hvor en saadan findes, muliggøres det, at Tunnelens Længde bliver formindsket. Vendetunneler findes ligeledes paa Gotthardbanen (Fig. 85).

Vendespidser er den billigste af de herhen hørende Konstruktioner, men Driften af dem er vanskeligere og rummer en vis Fare. Paa Banelinien Berlin-Frankfurt a/M findes en saadan ved Elm paa Vandskellet mellem Main og Fulda.

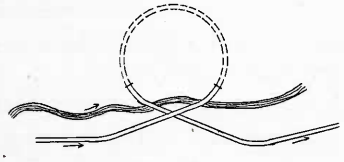


Fig. 85.

§ 23. Liniens Indtegning paa Kortet.

Som Grundlag for Indtegningen af en Vej- eller Banelinie paa et Kort vil vi gaa ud fra, at der foreligger en kommerciel Tracé og en Række tekniske Fikspunkter, der angiver en mulig og rimelig Beliggenhed af Linien paa forskellige Steder, hvor Terrainvanskelighederne er særlig store; da de som Regel findes spredt over et større Areal paa begge Sider af den kommercielle Tracé, vil de antyde flere forskellige Løsninger af den stillede Opgave, Løsninger, som alle maa undersøges ved Indtegningen af de forskellige mulige Linier, mellem hvilke det derefter gælder at udvælge den bedste.

Vi har ved Bestemmelsen af den kommercielle Tracé set, at denne som Regel bliver en brækket ret Linie, hvis Knækpunkter falder ud for de forskellige Befolkningscentrer og forbindes med disse ved Sidelinier, samt at Vinklen mellem Tracéens forskellige Liniestykker nærmer sig desto mere til 180°, jo stærkere Vejen er befærdet, og jo kostbarere dens Anlæg er. I Tilslutning hertil kan man fastslaa den Hovedregel, at jo vigtigere Vejen eller Banen er, desto mere kan man anvende paa at holde den tekniske Tracé tæt sammen med den kommercielle, hvilket i Almindelighed vil medføre, at Linien sammensættes af lange, retlinede Stykker. Afvigelser fra den teoretiske Tracé kan dog næppe undgaas, bl. a. fordi de tekniske Fikspunkter oftest falder udenfor den, og selv mellem disse indbyrdes vil Anvendelse af rette Linier sjældent kunne gennemføres.

En Afvigelse fra den rette Linie forøger Vejlængden og medfører altsaa en forøget Udgift til Vejbefæstelse eller Baneoverbygning og til Trækkraft, med mindre man paa Grund af Liniens Forlængelse opnaar en effektiv Formindskelse af Middelfaldet paa Vejen eller af Banens Maksimumsstigning, som kan tillade en Forøgelse af Vognlæssene eller af Togvægten. Dette vil langt fra altid være Tilfældet; en Forøgelse af Vejlængden vil maaske nok som Regel medføre en Formindskelse af Middelfaldet, men hvis dette i Forvejen

var lig eller mindre end Middelfaldet for det Næt af ældre Veje, hvortil den nye Vej slutter sig, vil en yderligere Formindskelse af Faldet næppe være til stor Nytte.

Naar Afvigelser fra den rette Linje er uundgaaelige, bør man ved Liniens Indtegning paa Kortet stræbe hen til, at Sideafvigelsen medfører den mindst mulige Længdeforøgelse.

Afvigelser fra de rette Linier mellem Fikspunkterne vil meget ofte fremkaldes af den Omstændighed, at de rette Linier frembyder for stærke Stigninger. I Bjærgegne er man særlig henvist til at følge Dalene, medens man i Sletteland ofte har Fordel af at benytte Højderyggene.

Dalstrøgene frembyder den Fordel, at Stigningen i Reglen er jævnere fordelt og tillige svagere, ligesom ogsaa Retningslinierne for Vandløbene i Almindelighed er mindre bugtede end Vandskelslinierne. Derimod træffer man i Dalene lettere sumpet Terræn, og hver lille Sidedal, som Linien passerer, vil sædvanlig kræve et Gennemløb eller en Bro. Hertil kan saa endnu komme, at Hovedvandløbet i Dalbunden ofte kan have betydelig højere Vandstand om Vinteren end om Sommeren, saa at man for at holde Vejlegemet tørt — og tillige maaske for at undgaa Skæring med Vandløbets Bugtninger — bliver tilbøjelig til at føre Linien langs den ene Kant af Dalbunden, skønt man derved maa opgive noget af Regelmæssigheden i Faldets Fordeling og navnlig let støder paa Sideudløbere fra Dalskraaningen, som man enten maa stige over eller omgaa (Fig. 86). Hvad der i saa Henseende er fordelagtigst, beror paa, om den Forlængelse af Vejen, som en Omgaaen af Højden medfører, bliver stor eller lille i Forhold til denne.

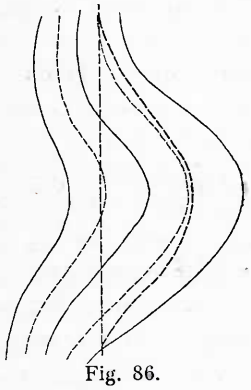


Fig. 86.

Hvorvidt man overhovedet ved et bestemt foreliggende Projekt kan drage Nytte af de relativt gunstige Forhold i Dalbunden og langs Højderyggene, vil naturligvis i første Linie bero paa, om disses Retning falder nogenlunde sammen med Hovedretningen for Linien.

Hvis Hovedretningen derimod skærer tværs over Dale og Højderygge, vil en retlinet Tracé let faa meget stærke Stigninger, som kan søges formindskede ved en Forlængelse af Vejen. Det vil da ofte være til stor Hjælp, at man paa det Sted, hvor Linien skønnes at maatte ligge, paa Kortet indtegner Kurver med konstant Stigning, oftest den tilladte Maksimumsstigning. Saadanne Kurver opsøges med en Passer, der spænder over en Længde lig Æquidistancen divideret med Stigningen, altsaa for et Kort med 2,5 m Kurver og et Stigningsforhold 25 ‰, en Længde lig $\frac{2{,}5 \cdot 1000}{25} = 100$ m. Man finder derved en mere eller mindre bugtet Linie, som f. Eks. den stiplede Kurve i Fig. 87, i Forhold til hvilken man let indtegner en brugbar Tracé (f. Eks. den fuldttrukne Linie), hvorefter man direkte paa Kurvekortet nogenlunde kan aflæse Højder og Dybder for de Dæmninger og Gennemgravninger, der maa udføres for at skaffe den valgte Linie jævn Stigning.

Ved Bestemmelsen af en Kurve med jævn Stigning kan man for hvert

Kurvepunkt paa den næste Kurve vælge mellem to Punkter, som begge ligger i den givne Afstand, men af hvilke det ene giver en kontinuerlig Kurve, det andet en brudt Linie som Del af en Zigzaglinie. For Jernbaner og som Regel ogsaa for Veje i Bjærgland vil man vælge den kontinuerlige Kurve, medens man for Veje i Bjærgland ofte maa bruge en Zigzaglinie, naar Vejen skal følge en bestemt Dal, hvis Bund har stærkere Stigning end den for Vejen tilladte Maksimumsstigning. Et Forsøg paa her at følge en kontinuerlig Kurve med jævn Stigning vil meget let kunne føre Linien bort fra den Dal, som skulde optage Vejen (Fig. 88).

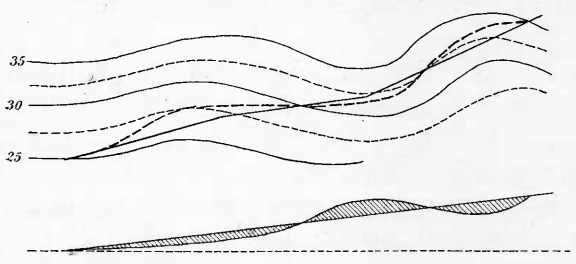


Fig. 87.

Naar en Vej- eller Banelinie holdes retlinet, kan man, hvis da Højdeforholdene tillader det, overse et længere Stykke af Vejen foran sig. Ved almindelige Veje kan et saadant langt Perspektiv let virke deprimerende, og det vil i æstetisk Henseende være en Fordel, at Linien ofte skifter Retning og derved bringer Afveksling i Udsigten frem over Vejen. Ved Jernbaner er det derimod en stor Fordel, at Lokomotivføreren har Udsigt over en lang Strækning af Banen foran sig; denne Udsigt mistes i Kurver, der ligger i Afgravning, og det er derfor heldigt, naar Liniens Vinkelpunkter kan falde i Dalene, da dermed sædvanlig følger, at Kurverne kommer til at ligge paa Dæmning, hvorved den fri Udsigt over Banen bevares.

Det følger af sig selv, at Paafyldninger paa Hovedbaner bliver højere og Afgravninger dybere end paa Side- og Lokalbaner, da Stignings- og Krumningsforholdene er fastlagt indenfor langt snævrere Grænser; men Hovedbaner bør dog ogsaa søges holdt saa nær Terrainet som muligt.

Med særlig Omhu bør man undersøge, hvorledes Banens Skæringer med andre Baner, med Veje og Vandløb bliver. Baner med tæt Togfølge, og især Baner med mange hurtigkørende Tog, bør aldrig skære Veje og andre Baner i Niveau, selv ikke i det Tilfælde, at Færdslen paa disse kun er svag. Driftssikkerheden bliver derved større, og selv om man herved skulde faa en Forøgelse af Anlægsudgifterne, opvejes dette som Regel ved den Omstændighed, at man derved sparer Udgifterne til Bevogtning af Overkørslen.

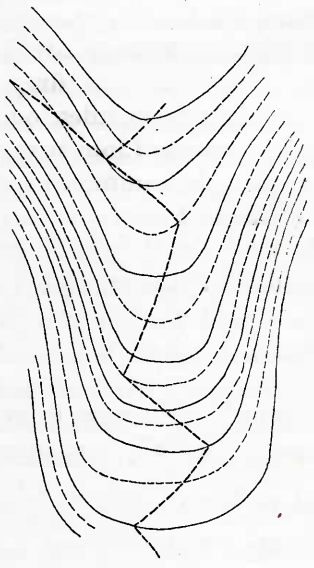


Fig. 88.

Hvor Skæring i Niveau ikke kan undgaas, bør Skæringsvinklen ikke gerne være mindre end 40—45°; de nærmeste Dele af Banen bør kunne overses fra Vejen og omvendt; Vejen bør ikke falde stejlt ned mod Banen.

De Vanskeligheder, der fremkommer ved en Banes Skæring i Niveau med en Vej eller en anden Bane, kan man ofte komme helt eller delvis ud over ved Omlægning af disse sidste.

Det kan f. Eks. blive nødvendigt at samle to tætliggende Veje i en fælles Overkørsel, navnlig hvis Skæringen ikke foregaar i Niveau, men Banen enten skal føres over eller under Vejen; (Fig. 89). (Se desuden Fig. 47—49).

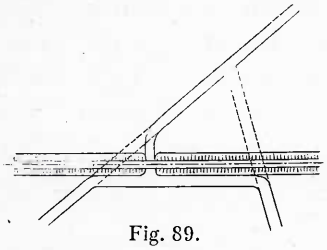


Fig. 89.

Hvor en Jernbane skal skære et Vandløb, er Forholdene derimod ofte anderledes. Er det et større Vandløb, kan dette som Regel ikke lægges om, saa det kan blive nødvendigt at flytte Banelinien eller Vejlinien, saa Skæringen bliver retvinklet, hvis dette skulde have særlig Betydning for Omkostningerne ved Broens Bygning; smaa Vandløb og Grøfter kan man derimod nok lægge om, saaledes at de skærer Linien under en ret Vinkel (Fig. 90), hvorved man samtidig opnaar, at den Bro, der skal bygges, bliver retvinklet og altsaa faar saa lille Spændvidde som muligt, at Byggegrunden bliver den bedst mulige, og at det gamle Leje kan bevares uforandret under Broens Bygning. For Grøfter, hvis Vand kan optages i Stenkister eller Rørledninger, behøves som Regel ikke anden Forlægning, end at Rørledningen lægges vinkelret paa Linien fra det Punkt, hvor Grøften paa Indløbssiden træffer Foden af Vejdæmningen og ikke omvendt, da Vandet da i Bugten graver i Marken og ikke i Dæmningen, og at Grøften paa Udløbssiden føres parallelt med Dæmningen fra Rørmundingen til den gamle Grøft (Fig. 91). Kun hvis Vandløbene eller Grøfterne har stærkt Fald og stor Vandføring, bør saadanne Forlægninger undgaas, og Broer og Rørledninger bygges skæve.

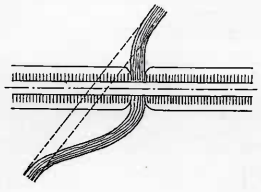


Fig. 90.

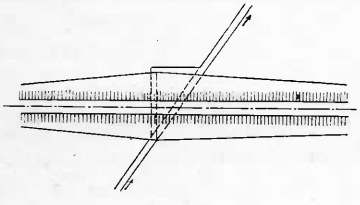


Fig. 91.

Hvor en Linie løber langs et mindre Vandløb, der danner Serpentiner, vil det — især hvor det drejer sig om Jernbaner — let hænde, at Linien kan skære en eller flere af Vandløbets Bugter (Fig. 92), i hvilket Tilfælde man ikke lægger Bro for hver af Skæringerne, men, hvis det er muligt, hellere udfører en Forlægning af Vandløbet langs den ene Side af Banen, saa man kan nøjes med en enkelt, eller eventuelt helt undgaa Broanlæg. Hvis man ved en saadan Forlægning afskærer Sideløb fra Hovedløbet, kan det blive nødvendigt at føre dem igennem Dæmningen ved en Rørledning eller Bro.

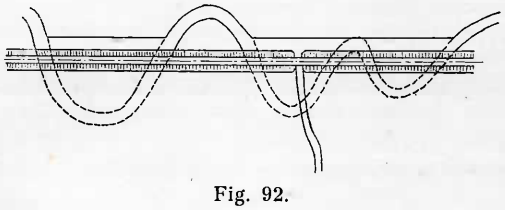


Fig. 92.

Ved Indlægning af Længdeprofilet for Planum for en Vejlinie bliver Skæ-

ringspunkterne med andre Veje eller med Jernbaner faste Punkter. Niveauskæring med Veje giver for hver et bestemt Punkt, der kun ved Smaaveje bør betragtes som forskydeligt. Niveauskæring med en Bane giver et absolut fast Punkt; Skæring ved Bro over Banen giver en lavere Grænse, Skæring ved Bro under Banen en højere Grænse for Vejplanums Højde.

For en Bane vil Vejskæringer give nogenlunde elastiske Fikspunkter, der baade kan forskydes lidt op og ned og i vandret Retning (ved Vejforlægning). Eftersom man vil føre Banen over Vejen, skære i Niveau eller gaa under den, faar man tre forskellige Sæt Grænser for Højden, og hvor nær Grænserne i hvert Sæt falder sammen, beror nærmest paa Vejens Længdeprofil. I Almindelighed kan man uden Skade foretage desto større Forandring i Vejens Højde, jo mindre Betydning den har, og desto mindre, jo stærkere Stigning den har. Skæring med en Jernbane vil som for en Vejlinie give en lavere eller en højere Grænse for Højden af Banens Planum, eftersom den nye Linie føres over eller under den gamle.

Ved Jernbanelinier bør man søge at holde Banen i rimelig Afstand fra straatækte Bygninger, Møddingssteder eller Stakkepladser paa Grund af den Brandfare, som Anvendelse af Damplokomotiver eller andre brandfarlige Driftsindretninger frembyder; for Danmarks Vedkommende er fastsat følgende Bestemmelser (Lov Nr. 116 af 11. Marts 1921 om Foranstaltninger mod Brandfare ved Jernbanedrift), der tillige giver Regler for Passagen gennem Skove:

§ 1. Indenfor en Afstand af 45 m fra nærmeste Spors Midtlinie maa ingen ny Bygning opføres med Tag eller Beklædning, der helt eller delvis bestaar af Straa, Tagrør, Lyng eller lignende let antændeligt Materiale, og paa allerede forhaandenværende Bygninger maa Tage og Beklædninger, der er mindre ildfarlige, ikke ombyttes med Tage og Beklædninger af noget af de ovennævnte mere ildfarlige Materialer.

Forsaavidt en Bygning opføres indenfor en Afstand af 45 m fra nærmeste Spors Midtlinie, maa der ikke i den mod Banen vendende Væg findes udækkede Aabninger; dog kan Ministeren for offentlige Arbejder under særlige Omstændigheder dispensere fra disse Bestemmelser.

Erhverves der Grund til fremtidige Udvidelser, vil de ovennævnte Afstande være at regne fra Midtlinien af det Spor, som paa det erhvervede Areal kan komme til at ligge Ejendommen nærmest.

§ 2. Bygninger, der ved Banens Anlæg er beliggende indenfor de under § 1 nævnte Afstande, skal paa Baneanlægets Bekostning bringes i en saadan Stand, at de fyldestgør de ovenangivne Fordringer, eller nedrives eller flyttes.

§ 3. Indenfor en Afstand af 45 m fra nærmeste Spors Midtlinie maa ikke findes Oplag af letfængelige Genstande, saasom Møddinger, Hæs, Korn- og Høstakke, Bunker af Straa, Tørv, Kvas, Hugge- og Høvlspaaner, Savsmuld, Træuld, medmindre de er modtagne til Forsendelse med Banen, tilhører denne eller opbevares i Bygninger, som opfylder Bestemmelserne i § 1.

I Høsttiden skal det dog være tilladt uden Iagttagelse af foranstaaende Regler at have mindre Oplag af Hø, Korn og andre Afgrøder, som staar til Tørring paa Marken, indtil en Afstand af 15 m fra nærmeste Spors Midtlinie.

§ 4. Naar Jernbaner anlægges igennem eller langs med Løvskove, skal et Areal af 1 m's Bredde mellem Banens Grænse og Skoven ryddes for al Bevoksning ved Anlægets Foranstaltning.

Saafremt den mod Banen vendende Del af Skoven bestaar af Naaletræer, skal der foruden den ovennævnte 1 m brede Stribe ligeledes ved Anlægets Foranstalt-

ning tilvejebringes en 1,5 m bred Stribe igennem Skoven i en Afstand af 15 m fra Banens Grænse. Disse to helt rene Striber forbindes i en Afstand af 30 m med hinanden ved 1 m brede rene Striber.

Paa de bevoksede Arealer imellem Banehegnet og den ydre Stribe skal Træerne indtil en Højde af 1,5 m befries for alle tørre Grene, og Jordbunden saa vidt muligt holdes ren for alle let brændbare Stoffer. Dette Arbejde skal af Banen udføres hvert Aar inden 15. April, og samtidig skal de ovennævnte Striber gøres fuldstændig rene.

Ejeren beholder iøvrigt Raadigheden over de paagældende Arealer.

I særdeles magre Egne kan den i Anledning af Jernbaneanlægget nedsatte Besigtigelses- og Ekspropriationskommission, saafremt den maatte anse det nødvendigt og paa den anden Side økonomisk forsvarligt, til Sikring af tilgrænsende Plantager eller Skove, træffe yderligere Foranstaltninger samt foretage udvidende Ændringer i de ovenangivne Bredde- og Afstandsbestemmelser.

Ligeledes kan denne Kommission, saafremt den maatte formene, at Udgifterne ved de foran beskrevne Brandbælter ikke maatte staa i et rimeligt Forhold til de økonomiske Værdier, der derigennem skal sikres, foretage Indskrænkninger saavel vedrørende Anlægget som Vedligeholdelsen af Brandbælterne.

§ 5. Saafremt en Ejer, efter at Banen er anlagt, ønsker at beplante de til samme stødende Arealer med Skov, skal han paa egen Bekostning anlægge Brandbælter af den under § 4 angivne Beskaffenhed, hvorefter Banen overtager Vedligeholdelsen.

Saafremt Arealet agtes beplantet med Naaletræer, skal han dog være pligtig saa vidt muligt at beplante de mellem de to i § 4 nævnte Striber beliggende Arealer med Løvtræer eller, hvor dette ikke kan ske, dyrke dem med Rodfrugter eller Foderplanter, der indhøstes i grøn Tilstand.

§ 6. Hvor Jernbaneanlægget passerer Hedestrækninger eller andre lignende brændbare, med tørt Græs bevoksede Arealer, vil der langs Banegrænsen være at tilvejebringe en $1^1/_2$ m bred ren Stribe, hvorhos Arealet mellem to Linier parallele med Banegrænsen i en Afstand af 25 og 35 m fra denne oppløjes.

Rensning af Striben og Oppløjning af Arealet udenfor samme paahviler Banen, der skal udføre dette Arbejde een Gang aarlig inden 15. April.

En Hovedbetingelse for, at en Banelinie skal ligge sikkert, er, at den kommer til at ligge saa tørt som muligt.

Planum bør ligge mindst 60 cm over Højvande og saa højt over Grundvandspejlet, at Frosten ikke kan naa ned til dette; i fugtige Lavninger maa Planum derfor løftes 30—60 cm over Terrainet.

Hensynet til Bølgeslaget kræver maaske en endnu større Højde end de 60 cm over højeste bekendte Vandstand; langs vore Kyster, hvor Ebbe og Flod kun mærkes lidt, vil en Højde af 2 à 3 m over daglig Vande i Reglen være tilstrækkelig, hvis Kysten er nogenlunde beskyttet. Ved aabne Kyster og paa Steder, hvor Stormfloder erfaringsmæssig kan indtræde, maa Højden over daglig Vande gøres større (Stormfloden den 13. November 1872 steg til ca. 3,75 m over daglig Vande).

Ved Udførelsen af dybe Udgravninger maa man være opmærksom paa, at der kan indtræde en Sænkning af Grundvandspejlet paa de nærliggende Arealer, som kan være uheldig for disse (Vandet kan saaledes tages fra Brønde paa disse Arealer).

Man bør søge at undgaa at fremkalde Opstuvninger af Vand ved Baneanlægget, for at undgaa den Fare, der for dette er forbundet med saadanne

Opstuvninger, som desuden kan bevirke, at de Arealer, der eventuelt oversvømmes, taber i Værdi. Broer og Gennemløb maa derfor udføres med tilstrækkelig stor Vidde. Denne kan findes ved Undersøgelse af Vidden for de Broer eller Gennemløb, der ligger lidt længere nede paa Vandløbet, hvis disses Dimensioner har vist sig at være tilstrækkelige.

Større Vandløb maa man passere paa Steder, hvor Løbet har en regelmæssig Form, og Byggegrunden er god; skæve Broer bør saavidt muligt undgaas, da den vanskeligere Konstruktion medfører forøgede Udgifter. Alle Træ- og Jerndele bør helst lægges 0,50 m over højeste Højvande, og hvor der er Isgang 0,80 m over dette.

Ved mindre Vandløb er Forlægninger ofte hensigtsmæssige, da man derved kan faa retvinklet Skæring mellem Vandløb og Bane eller kan føre nærliggende Vandløb igennem samme Gennemløb. Arbejdet kan i begge Tilfælde udføres i tørlagt Grube uden at blive generet af Vandløbet. Man kan undertiden spare Gennemløb og Broer ved at lægge Vandløbet paa et Stykke langs den ene Side af Banen, men man maa selvfølgelig passe paa, at Udgifterne til Arealerhvervelse og Jordarbejde ikke bliver større end Udgifterne til flere Gennemløb eller Broer.

Alt Vand, der løber til Banen fra højere liggende Arealer, maa igen ad korteste Vej ledes bort fra Banen, og dette gøres ved Grøfter langs Banen og Gennemløb under den paa passende Steder.

Faste Punkter for Længdeprofilet bestemmes ved de passende Højder for Broer, der skal bygges over Vandløb, hvorved man maa tage Hensyn til højeste bekendte Vandstand og til mulig foregaaende Sejlads, der kan betinge en vis fri Højde under Broen. I Bakkeland vil Broerne sædvanlig repræsentere Dybdepunkter paa Linien, men Dybdepunkter, som i Almindelighed kan hæves, naar man vil anvende et større Beløb paa Brobygningen. I meget fladt Land kan det derimod hænde, navnlig ved Vejlinier, at Broerne vil give Højdepunkter paa Linien, og det vil da afhænge af Broens Konstruktion, om selve Brobanen mulig kan gøres stigende fra begge Ender mod Midten, eller den skal holdes vandret i hele Længden, og Vejen føres op til den ad Ramper. Ved Jernbaner kan lignende Forhold fremkomme, hvor det gælder at føre en fast Bro over et Farvand, der er sejlbart for større Skibe.

Det kan imidlertid ogsaa indtræffe, at en Bro skal bygges paa en Strækning, hvor Planum af anden Grund helst skal have Længdefald, og det vil da i Reglen ikke volde nogen Vanskelighed at gennemføre Faldet ogsaa paa Broen.

Ved Grøfter og Smaavandløb, der skærer Linien, maa Planum helst lægges saa højt over Grøftebunden, at der bliver tilstrækkelig Højde for et Gennemløb af sædvanlig Konstruktion.

Af Hensyn til Snehindringer bør en Banelinie i aabent Terrain, særlig hvis dens Retning er vinkelret paa de herskende Snevinde, hellere føres paa Dæmning eller i Terrainhøjde, end i lav Udgravning, der let fyldes med Sne.

Ved dybe Udgravninger er Faren for Snefyldning forholdsvis lille (se 1. Hæfte, S. 118).

For dyre Arealer, som f. Eks. Haver, Gartnerier o. lign. bør man ved Liniebestemmelsen gaa uden om. Hvor Linien skærer igennem en Ejendom, bør man om muligt lægge den saaledes, at de afskaarne Stykker kan benyttes. Ofte har man maattet betale betydelige Erstatninger, fordi Ejendomme er blevet delt paa en saadan Maade, at Dyrkningen af dem er blevet vanskeliggjort; man har undertiden maattet købe fraskaarne Arealer, som man ikke ved Overkørsler har kunnet skaffe Adgang til.

Hvor man efter Udførelsen af store Udgravninger kan vente Skred, der kunde blive farlige for nærliggende Bygninger, maa man undgaa saadanne Udgravninger.

Kirker og Kirkegaarde kan ikke eksproprieres, saa man maa ved Projekteringen gaa uden om dem.

Det er fordelagtigst, hvis man kan følge Ejendomsskellene, da Overskæring saa undgaas; det er ligeledes heldigst, hvis man kan følge Skiftegrænser, da Ejeren saa undgaar Driftsforandring, medens en skraa Overskæring af en Række Skifter er særlig uheldig, fordi den baade kan medføre Forandringer i Driften og Besværligheder ved Pløjningen.

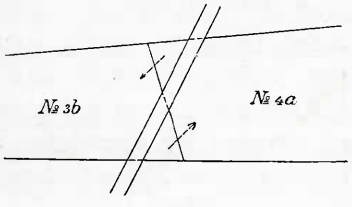


Fig. 93.

Fraskæring af smaa Hjørner, der daarlig kan dyrkes som selvstændig Ejendom, er i Reglen uheldig, medmindre saadanne fraskaarne Arealer kan magelægges (Fig. 93) eller de ved Jernbaneanlæg er saaledes beliggende, at de kan anvendes til Vogterhuse. Til fraskaarne Arealer, der skal forblive under Ejendommen, maa skaffes den fornødne Adgang. Ved Anlæg af almindelige Veje kan den nye Vej tjene som Adgang, men ved Jernbaneanlæg maa Adgangen skaffes ved Overkørsler (Fig. 94) for to og to Lodder, eller ved Parallelveje (Fig. 95). Skal Adgangen tilvejebringes ved Overkørsler, er det for disse heldigt, at Højdeforskellen mellem Terrain og Skinneoverkant ikke er for stor. Særlig vanskelige Forhold kan medføre større Vejanlæg eller Bygning af Broer enten for Banen eller over Banen. I mange Tilfælde vil man ikke kunne bedømme disse Forhold alene ved at betragte Banetracéens plane Figur, men maa ogsaa tage Hensyn til Længdeprofilet, til Højdeforskellen mellem Terrainet og Banens Planum, og det vil ofte hænde, at en foreløbig valgt Beliggenhed af Linien maa ændres, for at der kan skaffes gunstigere Adgangsvilkaar for fraskaarne Jordlodder.

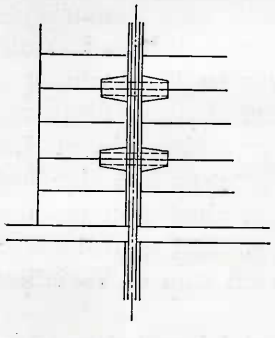


Fig. 94.

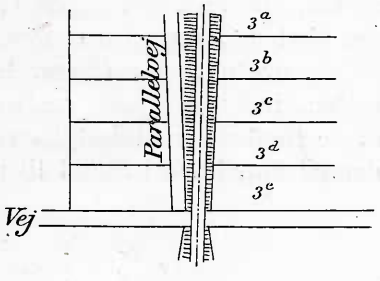


Fig. 95.

Jo færre tekniske Vanskeligheder Terrainet frembyder for Banelinien, desto fuldstændigere vil man kunne tage de forskellige Hensyn, som hver for sig bidrager til at formindske Ekspropriationsudgifterne, medens det i mindre Grad bliver Tilfældet for en Linie, hvis Beliggenhed er stærkt bundet af tekniske Hensyn.

Efter at man nu i Henhold til ovenstaaende Fremstilling har faaet en Linie nogenlunde indlagt paa Kortet, eftergaas de enkelte Liniestykker, idet man paa fri Haand og med en blød Blyant indlægger en Linie, der omgaar de værste Forhøjninger og Fordybninger og ligger heldigt i Forhold til Veje og Vandløb, Bygninger og Ejendomsskel, og denne løst optegnede Linie fikseres derefter med en skarp Blyant som et System af rette Linier og Cirkelbuer. Det er her særdeles bekvemt, om man har Kurveskabeloner svarende til de forskellige brugelige Radier og Kortets Maalestoksforhold, da man saa fritages for at opsøge Kurvecentrerne og langt hurtigere kan vælge den bedst passende Radius. Man faar ganske vist ikke Tangentpunkterne bestemt fikserede, men det har sjældent Betydning ved en foreløbig Liniebestemmelse. Man vil ved denne Fremgangsmaade i Reglen faa flere Variationer af hver enkelt Linie og kan undertiden udskille den bedste ved at sammenligne dem paa Kortet, men man kan ogsaa blive nødsaget til at undersøge selv temmelig tætliggende Linier ved at optegne Længdeprofilerne. En Linie, der paa eengang er længere og har større Højdeforskel mellem sine Højde- og Dybdepunkter end en anden, kan sædvanlig straks udskydes, medens to Linier, den ene kort med stærke Stigninger, den anden lang med svagere Stigninger, i Reglen maa undersøges nærmere begge to. Efter at man saaledes i hver af de forskellige Liniegrupper, som fra først af fremtræder som mulige Løsninger, har udskudt de uheldigste, ender man med foreløbig at have bestemt og indtegnet paa Kortet et vist Antal Linier, der skal undersøges nærmere ved Optegning af deres Længdeprofiler og omtrentlig Beregning af det nødvendige Jordarbejde.

Det er meget sandsynligt, at man ved Optegningen af en Linies Længdeprofil bliver opmærksom paa enkelte Strækninger, hvor en Forskydning af Linien vil gøre Profilet jævnere eller bringe en Bakke, der skal gennemgraves, nærmere til en Dal, der skal fyldes; hvis det herved er indlysende, at Ændringen formindsker Jordarbejdet, uden at gøre Linien længere, kan den indføres som en Rettelse, saaledes at den først valgte Beliggenhed opgives, men hvis Forskydningen virker gunstig i en bestemt Retning, men ugunstig i en anden, optegnes den baade i plan Figur og i Længdeprofil som en Variation, der skal undersøges nærmere.

Hvor to Linier skærer hinanden eller et enkelt Sted falder tæt ved hinanden, indlægger man sædvanlig Forbindelsesstykker mellem dem, saaledes at de forskellige Liniestykker kan kombineres paa forskellig Maade, og man derved kan blive i Stand til at udfinde den heldigste Kombination.

§ 24. Stationernes Antal og Beliggenhed.

1. Almindelige Bemærkninger.

Stationer (Holdepladser, Trinbrædter m. m.) bør lægges alle Steder, hvor det under Hensyn til Trafikken kan betale sig at anvende de herved foraarsagede Merudgifter til Banens Bygning og Drift, idet man dog maa huske, at en Egns Trafiktrang kan udvikles ved et saadant Stationsanlæg.

Man lægger selvfølgelig en Station saa nær Bebyggelsen (By, Landsby m. m.) som muligt, men dog saaledes at baade Stationen og Bebyggelsen kan udvides, og saaledes at Arealerhvervelsen ikke bliver for dyr.

Beliggenheden maa være aaben og overskuelig, for at Driftssikkerheden ikke skal lide. Frit og fladt Terrain egner sig derfor bedst.

Dybe og krumme Udgravninger samt Tunneler foran Stationen og lange Broer over Sporene bør undgaas.

Stationen bør ligge paa retlinet eller dog kun svagt krummet Strækning. I sidste Tilfælde er det da ofte hensigtsmæssigt, at Kurven ligger midt i Stationen, saaledes at der ved begge Ender kan blive retlinede Stykker, hvorfra Sporenes Forgrening kan foregaa. I Retning henimod en Station bør Fald større end $5\,^0/_{00}$ ikke anvendes i en Toglængdes Afstand fra denne, for at hindre at fraskilte Vogne ved et Togbrud løber ind paa Stationen, og for at man kan undgaa, at der køres forbi Indkørselssignalerne, hvis Bremsningen ikke udføres rettidigt. I vanskeligt Terrain (f. Eks. i Bjærgland) vil dette Krav dog ikke altid kunne tilfredsstilles.

Stationssporene bør ligge vandret; i vanskelige Tilfælde kan man dog tillade Stigninger paa indtil $2{,}5\,^0/_{00}$. For smaa Stationer kan man anvende stærkere Fald end $2{,}5\,^0/_{00}$, men det bør ogsaa her kun gøres, hvis Omstændighederne tvinger dertil. Hvor smaa Stationer ligger i stærkere Fald end $2{,}5\,^0/_{00}$, bør Opstillingsspor for Vogne ikke ligge i stærkere Fald end $2{,}5\,^0/_{00}$. Stationens vandrette Stykke skal mindst være lig største Toglængde, dog er det praktisk hertil at lægge 50 m ud over de to yderste Sporskifter paa Stationen. I Sletteland bliver det vandrette Stykke da som Regel 350—1000 m, i Bakkeland og Bjærgland mindst 200 m, alt efter Stationens Betydning og største Toglængde.

Stationen lægges helst i Terrainhøjde, men i hvert Fald ikke paa for høje Dæmninger eller i for dybe Udgravninger. I første Tilfælde bliver Jordarbejdet lille, og Udligning kan finde Sted indenfor Stationen, ligesom en god Afvanding som Regel er mulig. Høje Dæmninger og dybe Udgravninger gør Adgangen vanskelig; de første kræver desuden kostbare Bygningsfundamenter, de sidste store Jordarbejder og har desuden uheldig Indflydelse paa Grundvandsforholdene.

At lade Stationerne skære af større Broer for Veje eller Vandløb bør undgaas, da saadanne Broer bliver dyre at ombygge eller forlænge, hvis Stationerne ved senere Ombygninger f. Eks. skal gøres bredere.

2. Hensynet til Bebyggelsen.

Valget af en Stations Beliggenhed er af overordentlig stor Betydning for Bebyggelsens videre Udvikling og Trivsel, men da der ved Anlæget af en Jernbane er en Mængde andre Hensyn at tage, kommer Hensynet til den fremtidigede nye Bebyggelse ikke altid i første Række.

Er det en Hovedbane der skal bygges, maa Hovedvægten lægges paa, at Banen faar en vis Trafikevne, og de Krav, der derved fremkommer i Retning af Stigningsforhold og Kurveradier, binder Banens Retningslinie stærkt, saa det meget ofte bliver vanskeligt ved Traceringen at tage særlige Hensyn til Bebyggelsen.

For en Lokalbane er Kravene til Trafikevnen langt ringere, saa man kan anvende skarpere Kurver og stærkere Stigninger; Hensynet til de interesserede Kommuner kommer ved disse Baner frem i første Række, især hvor Talen er om en Privatbane, hvor Anlægskapitalen for en væsentlig Del tilvejebringes af Kommunerne, og hvor disse til Gengæld har Krav paa at faa anlagt en Station paa et Punkt, hvorfra Kommunen i sin Helhed kan betjenes paa passende Maade. Ved saadanne Baner kommer desuden det økonomiske Hensyn stærkt i Forgrunden, hvoraf følger, at Banen føres ad den Linie, der frembyder de gunstigste Terrainforhold og dermed det billigste Anlæg.[1])

Hertil kommer, at Anlæget af en Stationsplads altid kræver et Horizontalparti af betydelig Udstrækning, ligesom det maa forlanges, at Stationspladsen ligger bekvemt for den Hovedvej, der skal danne Forbindelsen ud til Stationens fjærnere Opland; hvad enten en saadan Vej skæres i Niveau, eller der skal bygges en Viadukt for den, indvirker dette Forhold paa Linieføringen og derved paa Stationens Beliggenhed.

Det vil da ses, at Stationspladsens Beliggenhed er bundet paa mange Maader, saaledes at større Forskydninger til den ene eller den anden Side som oftest udelukkes, og det Hensyn, der tages til den Bebyggelse, der i Forvejen findes, og til den, der kan ventes i Fremtiden, er derfor ofte altfor stærkt begrænset.

Foruden de banetekniske, terrainmæssige og økonomiske Hensyn, der saaledes maa tages baade ved den Maade, hvorpaa Banelinien føres igennem Terrainet og ved Valget af Stationsbygningens Plads, bør man ogsaa i videst mulig Grad tage Hensyn til den eksisterende og fremtidige Bebyggelse.

Hvor en Station lægges i eller ved en allerede eksisterende Bebyggelse, løber Banelinien sjældent igennem denne, men forbi den i kortere eller længere Afstand. Den nye Bebyggelse vil da altid have Tilbøjelighed til at danne sig imellem den ældre By og Stationen.

Ligger den ældre Bebyggelse højt paa en Bakke, som det ældre Haslev, og Stationen lægges mod Nord ved Bakkens Fod, medfører dette det uheldige Forhold, at Beboerne kommer til at leve paa en Nordskraaning. Haslev vilde have faaet en sundere Beliggenhed, hvis Banelinien var blevet ført Syd om den gamle By, og Stationen havde faaet sin Plads her.

---

[1]) »Bebyggelsesplaner for Landkommuner« udgivet af Landsforeningen »Bedre Byggeskik«, Kjøbenhavn 1918.

Allerede af Baneliniens periferiske Beliggenhed følger, at Stationsbygningen meget sjældent, i hvert Fald til at begynde med, kommer til at ligge centralt, hverken med Hensyn til en ældre Bebyggelse eller den, Stationen selv fører med sig.

At en central Beliggenhed i og for sig ofte vil være at foretrække, siger sig selv, og naar Stationen, som det er gjort i Grindsted, lægges i Nærheden, ganske tæt ved den ældre By, er der altid Mulighed for, at Stationsbygningen ad Aare kan faa en saadan Beliggenhed.

Naar Stationen lægges paa ganske ubebygget Terrain, vil den altid kunne lægges saaledes, at den kommer til at samle den kommende Bebyggelse tæt om sig; men man maa da først gøre sig klart, hvor denne Bebyggelse naturligt vil komme.

Den mere eller mindre centrale Beliggenhed og samtidig Muligheden for let Adgang til Stationen fra flere Sider er atter afhængig af, hvorvidt det er muligt at anbringe Stationen i Nærheden af et Vejkryds eller Vejknudepunkt af en eller anden Art.

En anden Mulighed er, at Stationsbygningen lægges ved en Vej, der skærer Banelinien, men det vil dog som oftest være Reglen, at Banelinien kommer til at danne en Art Grænse for Bebyggelsen, der altid vil have Tilbøjelighed til at danne sig paa den Side, hvor Stationsbygningen ligger. Der findes her i Landet en Mængde Eksempler herpaa. Skagen og Horsens er typiske og i begge disse Byer ønsker man derfor ved Stationernes forestaaende Ombygning at lægge Banelinierne længere ud fra Byen for at faa nyt Areal til Bebyggelse.

Det vil sikkert altid være klogt at skabe Muligheder for en Bebyggelse ogsaa paa den anden Side af Banelinien. Betingelsen herfor er let og bekvem Passage for Mennesker og Køretøjer over Banelegemet enten i Niveau med dette eller ved Hjælp af Viadukter. Men Forholdet er vist som Regel det, at Vejforbindelserne over Banelinien gennemgaaende er for faa.

Det synes at være en almindelig Kendsgerning, at Fabrikker og industrielle Anlæg særlig egner sig til at lægges ved Banelegemet ligeoverfor Stationen, hvor de har de lette Transportmuligheder. Man indretter sig da ofte saaledes, og saadanne industrielle Anlæg vil yderligere føre en Bebyggelse med sig, og i dette Forhold alene ligger da en Opfordring til at have Opmærksomheden henvendt paa god Forbindelse over eller under Banelinien.

Stationernes indbyrdes Afstand bestemmes dels ved de økonomiske og geografiske Forhold, dels ved de Krav, Trafikken stiller. Indlægger man en Station mere paa en Bane, vokser Trafikken paa denne og dermed Banens Indtægter, men paa den anden Side skal Stationens Anlægsudgifter forrentes og amortiseres, Driften bliver dyrere, ved at der kræves mere Personale, Togenes Standsning og Igangsætning koster Penge, og der gaar Tid med hertil og til Togenes Ophold paa Stationen.

Paa enkeltsporede Baner maa der i visse Afstande indlægges Krydsningsstationer; for at dette kan gøres med Sikkerhed maa man kende Køreplanen, men denne maa nødvendigvis lægges saaledes, at Stationer, der f. Eks. er nødvendige af økonomiske Grunde, kan benyttes som Krydsningsstationer. Den

største endnu tilladte Afstand mellem to Krydsningsstationer bestemmes dels ved Antallet af Tog i begge Retninger, dels ved Togenes Kørehastighed.

Med passende Mellemrum maa Lokomotiverne kunne forsynes med Kul og Vand. Størrelsen af disse Mellemrum afhænger af Lokomotivernes Konstruktion, af Banens Stignings- og Krumningsforhold, Togenes Vægt og Kørehastighed. Et Lokomotivs Vandforbrug er fem til seks Gange saa stort som Kulforbruget, og man regner i Almindelighed med otte Gange paa Grund af Damptabene.

Lokomotivernes Forsyning med Kul og Vand vil blive nærmere omtalt i 4. Hæfte S. 61.

§ 25. **Længdeprofilet.**

Naar Linien er indtegnet paa Kurvekortet, stationeres den, d. v. s. der afsættes i den Punkter med f. Eks. 200 m Afstand, og derefter konstrueres et Længdeprofil af Terrainet ved Hjælp af Skæringspunkterne med Horizontalkurverne. Maalestokken for Længderne vælges sædvanlig lig Kortets Maalestok, altsaa ved Brug af Generalstabskort 1 : 20 000, mens Maalestokken for Højderne vælges 20 eller hellere 40 Gange saa stor (1 : 1000 eller 1 : 500). Afsætningen lettes ved Brug af kvadreret Papir — helst med Maskevidde lig 1 mm svarende til 20 m for Længder og 1 eller 0,5 m for Højderne (Millimeterpapir). Dog kan enhver Slags kvadreret Papir benyttes, naar man ikke vil fastholde et bestemt Maalestoksforhold. Liniestationeringen overføres bedst i Forvejen paa det kvadrerede Papir, hvis den ikke passer med dettes Inddeling. Hvor Linien løber parallelt med Horizontalkurverne, maa dens Højde- eller Dybdepunkter bestemmes ved Interpolation mellem Kurverne. Paa Længdeprofilet markeres Skæringspunkterne med Veje og Vandløb og indskrives Stationsnumrene.

Naar Terrænprofilet er konstrueret, skal Længdeprofilet for Vejens eller Banens Planum, indtegnes derpaa. Ved Planum forstaar man Overfladen af Underbygningen, Vejlegemet, hvorpaa Vejbefæstelsen eller Overbygningen skal hvile, og for at kunne indlægge Planum rigtig paa alle de Steder, hvor Overkant af Vejens Kørebane eller af Banens Skinner skal have en bestemt Højde f. Eks. ved Skæringer med andre Veje, maa man først bestemme Tværprofilet for Vejen eller Banen og Konstruktionen af Vejbefæstelsen eller Baneoverbygningen for derved at faa fastslaaet den lodrette Afstand mellem Planum og Midten af Kørebanen eller Skinneoverkant. Med Hensyn til disse Spørgsmaal henvises for Jernbaners Vedkommende til 1. Hæfte, idet her kun bemærkes, at Vejbefæstelsen sædvanlig vil fylde ca. 24 cm og Baneoverbygningen 61,5 cm for Hovedbaner og 46,5 cm for Lokalbaner.

For at kunne udføre Jordberegningen maa man desuden fastslaa Tværprofilet før Indtegningen af Længdeprofilet for Planum. Jordberegningen baseres nemlig paa Højdeforskellen mellem Terrænprofilet og Planumsprofilet ved Hjælp af Relationen mellem Udgravningsdybden (eller Paafyldningshøjden) og Arealet af Udgravningens (eller Paafyldningens) Tværprofil, og denne Relation kan selvfølgelig først findes, efter at man har fastslaaet Vejens eller Ba-

nens Tværprofil, d. v. s. Planumsbredde, Grøftedimensioner og Skraaningsanlæg. Selve Indtegningen af Planum skal imidlertid reguleres ved Jordberegningen, og man maa derfor gaa forsøgsvis frem og eventuelt gentage Forsøget flere Gange, indtil man samtidig opnaar et tilfredsstillende Planumsprofil og en tilfredsstillende Jordberegning, der udviser en rimelig lille Udgravningsmasse, smaa Flytteafstande og om muligt Balance mellem Udgravning og Paafyldning.

Ligesom man ved Indtegningen af Linien paa Kortet med Fordel begynder med de tekniske Fikspunkter, saaledes vil man ogsaa under Indlægningen af Planumslinien paa Længdeprofilet staa sig ved først at markere alle de Steder, hvor Planumshøjden paa en eller anden Maade er bunden i Forhold til Terrænet.

Naar de forskellige Fikspunkter for Planum er mer eller mindre sikkert bestemte, skal Planumslinien indtegnes saaledes, at man holder sig indenfor de vedtagne Grænser for Stigningen og stræber efter at faa *smaa Udgravningsmængder, korte Flytteafstande, Jordtransport ned ad Bakke og Udligning.* Hvor vidt man i saa Henseende kan naa, beror især paa Terrænforholdene, hvor stærke Stigninger Terrænprofilet udviser i Forhold til Planum, og hvor store Højdeforskellene er mellem Dybde- og Højdepunkter. Det vil i Almindelighed være lettere at tilfredsstille de forskellige Fordringer paa en Gang ved et Vejanlæg end ved et Jernbaneanlæg, fordi man kan benytte saa meget stærkere Stigninger. Medens det ved et Vejanlæg i Terrain, der ikke er ganske særlig vanskeligt, er Hovedreglen, at man kan opnaa Udligning og endda holde Flytteafstandene nogenlunde smaa, vil det ved Jernbaneanlæg ofte blive nødvendigt at anvende Sideudgravninger og Sideaflejringer, dels fordi Udligning vanskelig kan opnaas, dels fordi dens Gennemførelse vilde give urimelig store Flytteafstande.

Ved Fastsættelsen af Knækpunkterne i Planumsprofilet bør man for saa vidt følge Terrainprofilet, at Planum ikke faar opadvendende Konkavitet i Afgravninger eller nedadvendende i Paafyldninger. En Planumsindlægning som vist i Fig. 96 er i Almindelighed forkastelig; baade Udgravningen ved a og Paafyldningen ved b vil blive mindre, naar den fuldttrukne Planumslinie erstattes med de punkterede Linier, hvorved Knækpunkterne forskydes til Overgangene mellem Afgravning og Paafyldning. Kun i enkelte Tilfælde kan opadvendende Konkavitet i Afgravninger og nedadvendende i Paafyldninger forsvares, f. Eks. hvor det gælder at skaffe den nødvendige Højdeforskel mellem en Vej og en Bane, for at Niveauskæring kan undgaas, eller tilstrækkelig vandret Længde for et Stationsanlæg paa hældende Terrain.

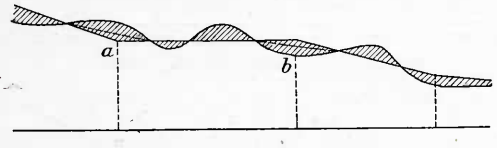


Fig. 96.

Ved Konstruktionen af en Vejs Længdeprofil maa man holde sig det klart, at for Færdslen overvindes en Højdeforskel lettere ved en enkelt Stigning end ved et buet Længdeprofil med vekslende Stigninger. Det er Middelstigningen, der betinger Læssets Størrelse, og enhver Afvigelse derfra, som

medfører Anvendelsen af svagere og stærkere Stigninger lige op til den tilladelige Maksimumsstigning, vil, som tidligere vist, medføre et Tab af Arbejdsmængde paa Grund af Trækkraftens Skiften. Paa den anden Side vil et ujævnt stigende Terrain tvinge til ogsaa at give Vejen vekslende Stigninger, dels fordi Bekostningen ved Jordarbejdet ellers vilde blive for stor, dels fordi Vejen ikke vilde blive tilstrækkelig let tilgængelig fra det omliggende Terrain.

Ved Forandringer af Stigningsforholdet gælder det nu om, at man ikke giver Længdeprofilet altfor skarpe Knæk, dels fordi en Del af Hestens Trækkraft spildes, naar den og Vognen staar i Stigninger med stor Forskel, dels fordi det kræver stor Agtpaagivenhed hos Kusken, især ved Kørsel ned ad Bakke. Man maa saaledes ikke gaa over fra en nogenlunde stærk Stigning i en Retning til en Stigning i modsat Retning, eller blot til vandret Vej, uden at indskyde Overgangsstykker med gradvis Forandring i Stigningen fra Stykke til Stykke. Sædvanlig opstilles en bestemt Stigningsskala, som skal gennemløbes fra vandret Vej til Maksimumsstigningen. Forskellen mellem to paa hinanden følgende Stigninger vælges derved sjældent mindre end Overgangen fra vandret Vej til en Stigning af 5 ‰.

Den almindelig anvendte Stigningsskala er følgende: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 ‰ o. s. v.

Længden af den enkelte Overgangsstigning bør vælges saa stor, at et forspændt Køretøj kan holde paa den, eller mindst ca. 10 m.

Det vil ikke i Praksis faa stor Betydning ved en almindelig Vej, om man vælger Stigningsdifferensen til 5 ‰ med 10 m Længde af Overgangsstigningen eller sætter Differensen til 10 ‰ med 20 m Længde for hver Stigning, naar man blot foretager en passende Forskydning af Knækpunkterne.

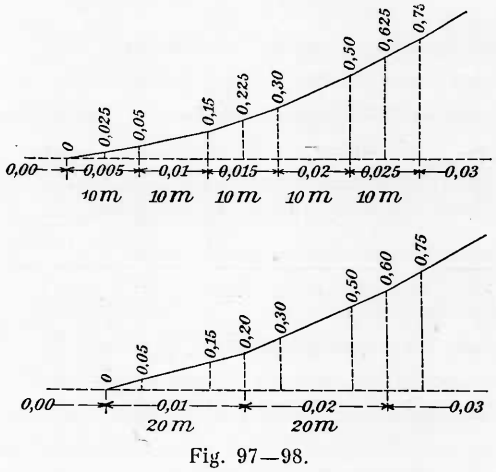


Fig. 97—98.

Fig. 97 og 98 viser Overgange fra vandret Vej til en Stigning af 30 ‰ for de to Tilfælde, og man ser, at hele Forskellen bestaar i, at Knækpunkterne ved den store Stigningsdifferens kommer til at ligge lavere, og at den formelle Overgang kun optager 40 m i Stedet for 50 m. I begge Tilfælde vil Overgangskurvens rette Linier tangere samme Cirkelbue, hvis Radius bestemmes ved

$$10 \text{ m} = R \cdot 0{,}005 \text{ eller } 20 \text{ m} = R \cdot 0{,}01,$$

altsaa $R = 2000$ m.

Denne Afrunding af Længdeprofilets Knæk efter en Cirkelbue med ca. 2000 m Radius kan betragtes som passende, hvor det midt paa en Vej gælder at skaffe hurtig Overgang mellem forskellige Stigninger. Paa en Længde af 40—50 m mellem vandret Vej og et Fald af 30 ‰ har Kusken Tid nok til at mindske Farten, inden den egentlige Kørsel ned ad Bakke begynder. Passer det med Terrainprofilet at

afrunde Knækket efter en større Radius, altsaa at bruge længere Overgangsstykker eller Overgangsstykker af forskellig Længde, saa gøres det naturligvis, og i specielle Tilfælde, hvor Kørslen i Forvejen er bundet til at foregaa langsomt, kan ogsaa en hurtigere Overgang mellem Stigningerne udføres.

Ved den foreløbige Undersøgelse af de forskellige Vejlinier, hvorom her er Tale, er det ikke absolut nødvendigt at indlægge alle de forskellige Overgangsstigninger, naar der blot er Plads til Udjævning af Knækkene. I hvert Tilfælde kan man nøjes med at afrunde Knækkene mellem længere Stigningsstrækninger med stor Differens efter en Skabelon dannet efter en 2000 m Cirkel, hvis Ordinater regnede fra Tangenten er multiplicerede med Forholdstallet for Længdeprofilets Højder og Længder. Ulejligheden herved er kun ringe, og den tilnærmende Beregning af Jordarbejdet, som skal udføres efter Indlæggelsen af Planum, vil komme Virkeligheden noget nærmere.

Ved Jernbaner kan den totale Differens mellem to paa hinanden følgende Stigninger aldrig blive saa stor som ved Veje, fordi største Stigning holdes saa meget mindre, og en Afrunding af Knækpunkterne bliver altsaa for saa vidt mindre nødvendig.

Ved Lægningen af Sporet skal Knækpunkterne i dette Længdeprofil imidlertid afrundes efter en Cirkelbue (se 1. Hæfte S. 166), hvilket ved smaa Stigningsdifferenser mellem de sammenstødende Planumstykker meget vel lader sig gøre ved at variere Ballastlagets Tykkelse. Jordplanums Længdeprofil formes nu altid saaledes, at der mellem Stigninger i modsat Retning indlægges et vandret Stykke, for hvis Længde man ofte foreskriver, at den mindst skal være lig største Toglængde, for at ikke Midten af Toget skal blive sammentrykket, naar den forreste Halvdel staar paa Stigning, den bageste paa Fald, hvilket navnlig er uheldigt i Kurve. Vender Konkaviteten nedad, indtræffer denne Ulæmpe ikke, men Udjævningen af Knækket i Ballasten skulde her ske ved en Formindskelse af Ballastlagets Tykkelse, og man indlægger da ogsaa i dette Tilfælde en vandret Strækning, der ogsaa kan gøres lig Togets Længde, men som strengt taget ikke behøver at være længere end Længden af det Stykke af den vandrette Tangent til Afrundingscirklen, der afskæres mellem de to Fald til modsat Side.

Da Planumsindlægningen skal reguleres ved en Jordberegning, maa dennes Udførelse gaa Haand i Haand med Indtegningen. De Metoder, der kan benyttes til Jordberegningen, er omtalt i Vej- og Jernbanebygning: 2. Hæfte. Her skal kun bemærkes, at det vilde være illusorisk at stræbe efter nogen stor Nøjagtighed. Sidehældning af Terrainet behøver man næppe at tage Hensyn til, hvis Højdedifferensen mellem Planum og Terrain ikke netop er lig 0; thi da vil de tilnærmende Beregningsmetoder give som Resultat, at der ikke er Jord at udgrave eller flytte, medens der i Virkeligheden kan være en ret betydelig Udgravning ved den ene Side og Paafyldning ved den anden.

Da man i Almindelighed tilstræber, at Udgravnings- og Paafyldningsmasserne skal dække hinanden, kan man med Fordel paa Forhaand efter Vejens eller Banens Tværprofil bestemme en Række sammenhørende Værdier af Udgravningsdybder og Paafyldningshøjder, der giver de samme Tværsnitsarealer og altsaa samme Volumen for samme Stationslængde. Da der ogsaa i Afgrav-

ninger skal gennemføres Grøfter paa begge Sider af Planum, vil den Planumsbredde, der bliver afgørende for Tværsnitsarealet, være større i Afgravning end i Paafyldning, naar den nyttige Planumsbredde skal være den samme. Hertil kommer saa endnu, at i Afgravningen forøger Grøfterne det udgravede Jordvolumen, medens Grøfterne langs en Paafyldning formindsker den Jordmængde, der skal skaffes til Veje andetsteds fra. Eksempelvis faas for en normalsporet Jernbane med 4,4 m nyttig Planumsbredde og Skraaningsanlæg a = 1,5, naar Hensyn tages til, at Jordens Løsning ved Dyrkning hæver Overfladen 5 cm, og at fast Jord udvider sig 2 % ved Overflytning fra Afgravning til Paafyldning, de i nedenstaaende Tabel anførte sammenhørende Værdier for Udgravningsmassen V pr. 20 m Længde i m³ og Paafyldningshøjden *h* og Afgravningsdybden *h'* i m:

V = 0	50	100	250	500	750	1000 m³
h' =	0,35	0,65	1,42	2,43	3,25	3,97 m
h =	0 48	0,87	1,77	2,77	3,65	4,38 m.

Naar den Jordmængde, som indgaar i selve Banelegemet, er fundet, kan hertil sædvanlig regnes et Tillæg af indtil 10 %, idet man flere Steder maa anvende større Grøftedybde end den normale og derfor maa udgrave mere Jord end beregnet, og ligeledes vinder Jord ved Udgravning eller bruger Jord til Opfyldning af Overkørselsramper udenfor Banelegemet, eftersom dette ligger i Afgravning eller Paafyldning.

§ 26. **Liniens Revision i Marken.**

Naar Liniebestemmelsen er ført saa vidt frem, som det lader sig gøre ved Arbejde paa Kortet, bør man for de bedste af Linierne foretage en Revision i Marken, inden det endelige Valg træffes. Da Terrainet i Almindelighed præsenterer sig forskelligt, eftersom man ser det med eller mod Faldet, bør Linierne gennemvandres i begge Retninger, og man vil da let blive opmærksom paa mindre Ændringer i Beliggenheden, som bør foretages, kan nøjere udpege de Steder, hvor der maa foretages en mere omfattende Opmaaling og Nivellement, for at man under Udarbejdelsen af Detailprojektet kan slaa Linien endelig fast, og kan fremdeles nu, da man kender de omtrentlige Udgravningsdybder paa de forskellige Steder af Dæmningernes Højde, foretage de nødvendige Jordundersøgelser, der muligvis kan faa Betydning ved Afgørelsen af et tvivlsomt Valg. Ligeledes kan Forholdene for Vandafledningen bedre bedømmes nu, da man temmelig nær kan angive Liniens Beliggenhed i Terrainet.

Det kan ved denne Revision blive nødvendigt at foretage en partiel Udstikning af Linien paa enkelte vanskelige Punkter, men man vil næppe behøve at gaa synderlig vidt dermed.

Forsaavidt man bestemmer sig til at foretage større Rettelser i Liniens Beliggenhed, maa de naturligvis indføres paa Kortet, og de deraf følgende Forandringer i Jordarbejdet beregnes.

Har man flere omtrent lige gode Linier, vil man i Almindelighed ved at

gennemgaa dem i Marken samle tilstrækkelige Momenter til at afgøre, hvilken der er den bedste, men selv om man mener efter Kortet at kunne udpege den bedste Linie, bør denne dog revideres i Marken af Hensyn til de Smaarettelser, der mulig kan vise sig hensigtsmæssige.

§ 27. Udfærdigelse af et foreløbigt Projekt.

Naar man er naaet saa vidt frem i Undersøgelserne, at man mener at kunne foreslaa en bestemt Vej- eller Banelinie, som den heldigste, skal Sagen i Reglen forelægges den Myndighed, der har den formelle Afgørelse.

Drejer det sig saaledes om en Jernbane til almindelig Person- og Godstrafik, skal der til Ministeriet for offentlige Arbejder indgives en Begæring om Koncession, og det er ved ministeriel Anordning foreskrevet, at denne Koncessionsbegæring skal være ledsaget af et Generalstabskort, hvorpaa Linien er angivet med en tydelig rød Linie, stationeret med 200 m. Punkter til nærmere Orientering, og et Længdeprofil, hvor Terrainlinien er angivet med sort, Planumslinien med rødt, mens Afgravningerne skal anlægges med graa Farve og Paafyldningerne med gul. Over Planum indskrives de benyttede Stigningsforhold. Profilerne skal være konstruerede i Forhold til en vandret Grundlinie — indtegnet med sort — hvis Højde over daglig Vande angives ved begge Endepunkter; Ordinaterne til Knækpunkterne i Planum indtegnes med rødt, og de til Knækpunkterne svarende Koter indskrives. Langs Grundlinien indskrives Stationsnumrene; Profilet skal tegnes saaledes, at Udgangspunktet for Banen, Station 0 lægges til venstre.

Stationers Beliggenhed angives paa Profilet ved en tyk rød Linie over Planum, hvorover med sort skrives Station eller Holdeplads, og paa Kortet ved Skravering med rødt af det Areal, som skal benyttes til Stationen. Paa Længdeprofilet mærkes Niveauskæringer og større Broanlæg.

Endelig skal Krumningsforholdene angives ved en blaa Linie under Grundlinien. Hvor Banen er retlinet, trækkes denne Linie parallelt med Grundlinien, medens Kurverne betegnes ved flade Buer fra Tangentpunkt til Tangentpunkt med Konkaviteten vendende opad eller nedad, eftersom Kurvecentret falder til venstre eller til højre for Linien, naar denne ses i Stationeringens Retning. I disse Buer indskrives Radiernes Størrelse med blaat.

Som Regel vil Linien strække sig over et større Antal Kortblade, der holdes adskilte, medens Længdeprofilet kan konstrueres i sammenhængende Længder paa 5 eller 10 km. Forsaavidt meget store og smaa Højder falder paa samme Profil, kan man vælge forskellig Højde for Grundlinierne for de forskellige Strækninger, men tegner dem i Forlængelse af hinanden, saa Længdeprofilet brydes ved, at de enkelte Stykker forskydes for hinanden.

Foruden Længdeprofilet skal som Bilag medfølge en Tegning af Banens eller Vejens Tværprofil, visende Overbygning eller Vejbefæstelse.

Bilagene til en Koncessionsbegæring skal kun indeholde Oplysninger om selve den Linie, paa hvilken man begærer Koncession, men ikke om de andre

Linier, som man har undersøgt for at finde den bedste. Men der er andre Tilfælde, hvor det gælder om i det foreløbige Projekt at fremstille ikke blot Enderesultatet, den valgte Linie, men ogsaa de Motiver, der har ledet til dens Valg, f. Eks. hvor en Underordnet forelægger Sagen for en Overordnet; i dette Tilfælde skal Projektet omfatte en Motivering af den valgte Linie, bilagt med et Kort, hvorpaa alle de undersøgte Linier er indtegnede, og Profiler med indlagt Planum og Jordberegning og sammenlignende Overslag over de bedste, hvorimellem Valget skal træffes. Paa Kortet indlægges den Linie, der anses for den bedste, med en kraftig rød Linie, de øvrige som Linier med andre Farver. For ikke at miste Skarpheden ved at anvende for tykke Linier, bør Linien indlægges som en fin sort Linie med Skygge af en gennemskinnende Farve.

Længdeprofilerne udstyres alle som foran beskrevet og mærkes med Nummer overensstemmende med Kortet og ved dette Nummers Understregning med en farvet Linie svarende til den anvendte Farveskygge paa Kortet, saa at man straks kan se, hvilke Linier og Profiler, der hører sammen.

Hvis Projektet handler om et Jernbaneanlæg, kan det blive nødvendigt foruden Længdeprofiler og Tværprofiler at udarbejde Skitser af en Del Stationsanlæg, da disses mere eller mindre heldige Udformning kan faa Betydning for Linievalget.

Ofte vil vel baade den projekterende Ingeniør og vedkommende Myndighed (Amtsraad, Koncessionssøger) være enige om at lade Prisen være afgørende for Valget af Vej- eller Banelinien, og i saa Henseende bliver det sammenlignende Overslag det vigtigste Bilag; men hvis en af de dyrere Linier frembyder særlig gunstige Forhold og derfor vælges, maa dette naturligvis fremhæves i Motiveringen. En tabellarisk Sammenstilling af de forskellige Liniers Længde, Anlægssum, Jordarbejde, Overbygning, Totalstigninger i begge Retninger, største Stigning, Længde af største Stigning, Middelstigning og virtuel Længde med passende Tekstforklaring vil i Almindelighed være et godt Hjælpemiddel til at fremstille Sagen klart for Folk, som ikke er Ingeniører.

§ 28. Detailprojektets Udarbejdelse.

1. Forarbejder i Marken.

Naar Retningslinien for Vejen eller Jernbanen er bestemt, skal der udarbejdes et detailleret Projekt, baseret paa en nøjagtig Opmaaling og Nivellement af Linien.

Det første, som i den Anledning skal foretages, er Liniens Udstikning i Marken. Fra vedkommende Autoritet, Ministeriet for offentlige Arbejder eller Amtsraadet, udstedes Bekendtgørelse om Linieudstikningen; Lodsejerne maa finde sig i, at Arbejdet foregaar over deres Jorder mod Erstatning for den forvoldte Skade. Hvis Udstikningen kan foregaa i Eftersommeren, efter at Kornet er mejet, vil Erstatningen for nedtraadt Sæd blive forholdsvis lille; Foraaret er ligeledes en heldig Tid, da Kornet endnu er saa lavt, at man nøjes med at nedtræde en Sti paa ca. 60 cm Bredde; ved Midsommertid, naar

Kornet er højt og hindrer den frie Udsigt, bliver man ofte nødt til at slaa et Skaar langs Linien og ødelægger derved Korn i 1,25 à 2 m Bredde. Arbejde om Vinteren, naar Jorden er frossen, er besværligt og langsomt.

Markarbejdet falder i fire Dele: Udstikningen, Stationeringen, Nivellementet og Opmaalingen, der under normale Forhold hver vil kræve $^1/_2$—$^3/_4$ Dages Arbejde pr. km; naar de kan fordeles paa forskellige Hænder, vil en Linie paa 30 km Længde i Almindelighed kunne gøres færdig i Marken paa en Maaned. Kontorarbejdet tager derefter omtrent lige saa lang Tid, og først naar dette er færdigt, kan Liniebesigtigelsen og Ekspropriationen foregaa. Besigtigelsen kan foregaa hele Aaret, naar kun Jorden ikke er dækket med dyb Sne, der skjuler Mærkepælene; Ekspropriationen kan daarlig udføres om Vinteren, da det saa er vanskeligt at bedømme Jordens Kvalitet. Man maa derfor ved Valget af Tidspunktet for Linieudstikningen tage Hensyn til Arbejdets Omfang, om man kan naa baade Besigtigelse og Ekspropriation samme Efteraar, eller om Ekspropriationen maa udsættes til næste Foraar.

Om Udstikningen og Stationeringen skal her kun fremhæves, at Maalingen af Vinklerne mellem Kurvetangenterne og selve Stationeringen maa udføres omhyggeligt, da Opmaalingen af alle Ejendomsskel, der har Betydning for Erstatningsberegningen, sædvanlig foretages paa Basis af den stationerede Midtlinie uden særlig gennemført Længdemaaling, ligesom Kortet konstrueres ud fra den brækkede Linie mellem Vinkelpunkterne. Den, der har udført Stationeringen, opgiver til Landinspektøren, som skal foretage Opmaalingen, Stationeringskonstanterne, d. v. s. hver Kurves Centervinkel, Radius, Tangentlængde, Kurvelængde, Tangentpunkternes Stationsnumre (f. Eks. St 103 + 14,88 m), Kurveafstanden fra Vinkelpunktet, og om Centrum falder til højre eller til venstre. Iøvrigt vil Stationeringsfejl, der ikke opdages, ogsaa give Fejl i Jordberegningen.

Naar Linien er stationeret, udføres Nivellementet med alle nødvendige Tværprofiler og Fladenivellement til 0,25 m Kurver paa saadanne Steder, hvor stærk Kupering af Terrainet gør det umuligt at fastslaa Liniens endelige Beliggenhed ved Udstikningen; Linien gennemføres selvfølgelig med sin Stationering, men man forbeholder sig under Udarbejdelsen af Detailprojektet at kunne foretage en lille Forskydning for derved at opnaa en bedre Jordfordeling.

Ved Tværprofilerne bestemmes dels særlig uregelmæssige Steder, dels Terrainets Sidehældning, der spiller en Rolle baade for Jordberegningen og for Fastsættelsen af Grøftebundskoterne; for Beregningens Skyld kunde man nøjes med Hældninger, der er større end 50 $^0/_{00}$, men af Hensyn til Grøftebundene, bør Tværprofiler optages overalt langs Dæmninger, hvor det skønnes, at Terrainet har Sidefald.

Foruden Midtlinie, Tværprofiler og eventuelt Fladenivellement maa der optages Nivellement af alle Veje, som skæres af Linien, ca. 100 m til hver Side, desto længere, jo stærkere Fald Vejen har, og af alle Grøfter, for saa vidt som der kan blive Brug for dem til Vandafledning, af Bundene i gamle Stenkister og Rørledninger, hvis Vidde samtidig maales, hvis det da ikke er sket tidligere. Drejer det sig om Vejanlæg, der fører tæt forbi Huse, maa Terrainhøjden ved disse medtages, da den kan faa Betydning for Anlægget af

Indkørsler fra den nye Vej, eventuelt endog for selve Vejens Højde og for Forandringer i dens Tværprofil.

Endelig kompletteres Jordundersøgelserne, og de ved Borehullerne nedrammede Pæle, hvorfra Boredybderne er maalt, inddrages i Nivellementet.

Det optagne Nivellement skal delvis indlægges paa Kortet, eller hellere paa en særlig Kopi af det, da man nødig makulerer Originalen, der bevares som Grundlag for Erstatningsberegning og Ejendomskort.

Højderne for Midtlinie og Tværprofiler, der specielt vedrører Jordberegningen, indskrives i Reglen ikke paa Kortet, men løse Koter for Veje, Grøfter, Hussokkeler o. lign. indskrives med sort, og Fladenivellementet indlægges som Horizontalkurver, tegnede med Terra Sienna.

Opmaalingen skal i Reglen omfatte en Strimmel paa ca. 100 m Bredde paa hver Side af Linien og medtage alt, hvad der findes af Ejendomsskel, Hegn, Grøfter, Bygninger, Veje, Vandløb, Vandhuller, Enge og Moser, større Træer, Plantninger og Haver. Hvor Vandafledningen frembyder særlige Vanskeligheder, saa at bestaaende Grøfter skal uddybes, eller nye Afledningsgrøfter graves, hvor der skal udføres større Vejforlægninger, og ved Stationsanlæg, kan det maaske blive nødvendigt at udstrække Opmaalingen noget længere til Siderne.

Det er mest praktisk at lade Opmaalingen udføre af den samme Landinspektør, som senere skal lede en eventuel Taksation af eksproprierede Arealer og udfærdige Erstatningsberegningen.

Kortet over Linien konstrueres sædvanlig i 1 : 2000, og samme Maalestok benyttes for Længdeprofilets Længder. Over Jernbanelinier udfærdiges Kortet i Form af en Planbog, hvis Sider hver kun indeholder Kort over indtil 1 km af Linien, for at Bogens Format ikke skal blive for stort. Originalkortene konstrueres sædvanlig for 2 km ad Gangen, og samme Længde faar de senere udstedte Ejendomskort. Paa Planbogsbladene indtegnes Midtlinien med rødt (Karmin), Stationspunkter og Tangent- og Vinkelpunkter cirkles, og Stationeringskonstanterne indskrives. Alt andet optrækkes med fine sorte Linier og farvelægges paa sædvanlig Maade: grundmurede Huse med Karmin, Træbygninger med Gummigut, Veje med Terra Sienna, Grøfter svagt blaat, Vandarealer stærkere blaat, Haver lysegraa o. s. v. Matrikulsskel, der findes i Marken, trækkes med tykke sorte Linier mellem cirklede Punkter — blinde Skel, som overføres fra Matrikulskortet, med stiplede Linier — og fremhæves ved graa Skygge (Tusch). Ejerlagsgrænser (Byskel) faar violet, og Sogneskel gul Skygge. Skelgrøfter, der findes i Marken, trækkes med to fine Linier, der angiver Grøftekanterne; Skyggen lægges langs den ene Kant, men Grænselinien regnes at ligge i Grøftemidten.

Matrikulsnumre og Ejernavne paaskrives med sort, By-, Sogne- og Amtsnavne paaskrives langs de paagældende Skel og over hvert Blad skrives, under hvilken By og Sogn Arealet henhører. De anførte Signaturer er obligatoriske for Jernbaneplanbøger. Ved Opmaaling af Vejlinier er ikke foreskrevet bestemte Regler, men Kortene udføres almindelig som Planbøger.

Drejer det sig om Udvidelse af en bestaaende Jernbane med et nyt Spor, udstikkes dettes Midtlinie ofte som Parallelkurve til det gamle Spor uden be-

stemt Redegørelse for Vinkelpunkter og Tangentpunkter, og Planbogsmaalingen baseres paa Ejendomskortene over den gamle Bane. Er det en Vej, der skal udvides, bortfalder Midtlinieudstikningen, og man foretager kun en Stationering, hvorved Nivellements- og Nummerpæle gerne slaas i Kanten af den gamle Vej enten indenfor eller udenfor Grøften og uden at staa i nogen bestemt Afstand fra Vejens Midtlinie. For saa vidt nu ikke Grænserne for den gamle Vej er bestemt fikserede ved et eksisterende Ejendomskort, skal Opmaalingen væsentligst omfatte de faktiske Grænselinier med alle tilstødende Skel, Bygninger o. s. v., og Bredden af den opmaalte Kortstrimmel kan i Reglen indskrænkes betydelig, navnlig til den Side af Vejen, hvor Udvidelsen ikke falder.

Det kan ofte være vanskeligt nok at konstatere Vejens virkelige Grænser. Bestaaende Hegn maa i Reglen respekteres, og langs uindhegnede Marker bør Landinspektøren opmaale saavel begge Grøftekanter som Pløjegrænsen, der normalt skulde ligge 62,8 cm (1 Alen) fra Grøftekanten, men meget ofte ligger nærmere. Det kan saa senere tages under Overvejelse, hvorvidt Vejvæsenet skal søge at hævde Ejendomsret til en fuld Vejalen og eventuelt til andre oprindelige Vejarealer, som Lodsejerne i Tidens Løb har tilegnet sig. Beviset for, at dette er sket, paahviler imidlertid Vejbestyrelsen og er i Reglen temmelig vanskeligt at føre, da det foreliggende Materiale (ældre Kort), som oftest er meget mangelfuldt.

For at man kan holde de langs Vejgrænserne parallelt løbende Linier ude fra hinanden, kan det være praktisk at konstruere Kortet i noget større Maalestoksforhold end det sædvanlige, f. Eks. 1 : 800, overensstemmende med de store Matrikulskort over Købstæderne.

2. Udfærdigelse af Detailprojektet for Underbygningen.

Detailprojektet skal indeholde alle nødvendige Profiler til en detailleret Beregning af Jordarbejdet og Redegørelse for Vandafledningen, samt Tegninger af alle specielle Bygninger for Vandafledningen, saasom Gennemløb, Stenkister og Rør, Overkørselskister o. s. v. For saa vidt større Broanlæg er nødvendige, behandles de sædvanlig som særskilte Projekter. Drejer det sig om en almindelig Vej, kan Projektet fuldstændiggøres ved Tilføjelse af en detailleret Profiltegning, der viser Befæstelse af Kørebane og Sidebaner eller Fortove, Beplantning o. s. v., medens der til Fuldstændiggørelse af et detailleret Jernbaneprojekt kræves ikke blot Detailtegning af Overbygningen paa fri Bane, men ogsaa Tegninger af Stationsanlæg og de særlige Sporkonstruktioner og Bygninger, der skal bruges paa Stationerne.

Her tænkes alene paa Projektet til Underbygningen, der i det væsentlige er ens, enten det gælder en almindelig Vej eller en Jernbane.

Selv om man kun tænker paa en saa stor Strækning, at dens Længdeprofil bekvemt kan tegnes paa et Stykke Papir, bliver det i Reglen umuligt at samle alle dertil hørende Tegninger paa en enkelt Plan; de forskellige Længdeprofiler vedrørende Jordberegningen, nemlig det egentlige Længdeprofil, Arealprofilet og Massekurven, holdes paa en Plan maaske sammen

med en Kopi af Opmaalingskortet, medens Tværprofiler, der har været benyttede til Jordberegningen, og de specielle Tegninger til Gennemløb m. m., anbringes paa særlige Planer.

Længdeprofilet for Midtlinien konstrueres sædvanlig i et Maalestoksforhold af 1 : 2000 for Længderne og 1 : 100 eller 1 : 200 for Højderne. De laveste Stationsnumre lægges til venstre paa Papiret. Højderne afsættes fra en Grundlinie, der helst maa have et simpelt Kotetal; for at spare Plads, kan man, naar Terrainet er kuperet, godt vælge forskellige Grundlinier for forskellige Stykker af Linien og enten afsætte den brudte Grundlinie med sine rigtige Koter, saa Profilet bliver sammenhængende, eller bryde Profilet, for at Grundlinien kan blive ret. Til Jernbanebesigtigelser skal foreligge et Længdeprofil, der sædvanlig tegnes i sammenhængende Længder paa 10 km, eventuelt med brudt Profil og med Højderne i Maalestoksforhold 1 : 200. Hvis man bruger Tabeller til Jordberegningen og bestemmer Højdeforskellen mellem Planum og Terrain ved Regning, er denne Maalestok fuldt tilstrækkelig. Bruger man derimod grafisk Jordberegning og bestemmer Profilhøjden ved Tegning, er det rigtigere at afsætte Højderne i 1 : 100 og kun nøjes med 1 : 200, hvis Højdeforskellem mellem Højde- og Dybdepunkter er meget stor. Langs Grundlinien indskrives Stationsnumrene med sort og Mellempunkternes Afstand i m fra nærmeste Stationspæl, de sidste med ganske fine Tal. For hvert 5. eller 10. Stationspunkt trækkes Ordinaten op med en tykkere Linie for Oversigtens Skyld. Terrainprofilet trækkes op med sort.

Planumslinien indtegnes efter de i det foregaaende omtalte Principper med Indlægning af alle Overgangsstigninger, der skal benyttes, og trækkes op med rødt, ligesom ogsaa særlige Ordinater til Knækpunkterne tegnes med rødt, og deres Afstande fra nærmeste Stationspunkt indskrives ved Grundlinien med røde Tal.

Arealerne mellem Terrainlinie og Planumslinie farvelægges, for Afgravninger med graat, for Paafyldninger med gult.

Foruden Planumslinien skal ogsaa indtegnes Grøftebundene. Hvor begge Grøfter ligger i samme Højde, altsaa som Regel i Afgravninger og langs Paafyldninger, hvor Terrainet ikke har Sidefald, indtegnes den fælles Bundlinie fuldt trukken med blaat. Er der Forskel paa Grøftebundenes Højde, angives den nærmeste d. v. s. den højre Grøft med en fuldt trukken og venstre Grøft med en punkteret blaa Linie.

Med Hensyn til Projekteringen af Grøfterne bemærkes følgende: Hvis Planum i Afgravninger og Terrainet langs Paafyldninger har et Længdefald af mindst 2 ‰, lægges Grøftebunden parallelt med henholdsvis Planum og Terrain i en Dybde under dem lig den vedtagne Normaldybde.

Har Planum i Afgravningen svagere Fald, maa man lade Grøftedybden variere, saa Bundens Længdefald bliver mindst 2 ‰. Hvis Planumslinien i Afgravningen f. Eks. er vandret, faar Grøften Hoved d. v. s. et Højdepunkt for Bunden omtrent midt i Afgravningen (Fig. 99), og har Planum svagt Fald, rykkes Højdepunktet hen mod den højeste Ende af Af-

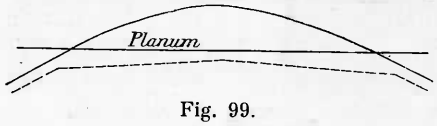


Fig. 99.

gravningen, saaledes at Grøftedybden bliver omtrent den samme i begge Ender. Er Udgravningsdybden særlig stor tæt ved den ene Ende, forskydes Grøftehovedet gerne noget hen imod den, fordi den Tilvækst i Udgravningsvolumen, som hidrører fra Grøftens Fordybning, vokser med Udgravningsdybden (Fig. 100). For ikke at faa Grøfterne i Afgravning dybere end højst nødvendigt, tillader man undertiden, at Dybden ved Grøftehovedet formindskes til omtrent $^3/_4$ af den normale Dybde.

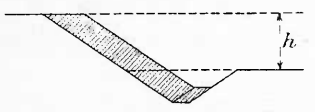


Fig. 100.

I Grøfter langs Paafyldning kan ofte forekomme Afvigelser fra Normaldybden. Skulde denne gennemføres, vilde man for hver lille Terrainfold faa et Dybdepunkt i Grøfterne, hvorfra Vandet skulde afledes til Siden, fra den laveste ved en Stikgrøft ud til Siden, fra den højeste ved et Gennemløb under Vejlegemet; men meget ofte kan Stikgrøft og Gennemløb spares, naar man blot fører Grøften med jævnt Fald gennem et lille Højdedrag (Fig. 101) til en endnu dybere Terrainfold, hvor der mulig findes en Tværgrøft, som under alle Omstændigheder kræver et Gennemløb.

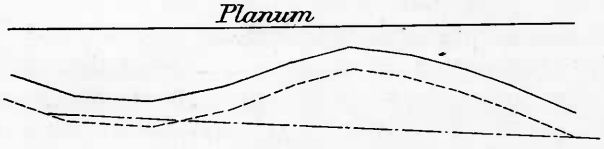


Fig. 101.

Ved Fordybningsgrøfter langs Dæmninger behøver man ikke at være saa ængstelig for at anvende Dybder paa 1,25 à 1,5 m som i Afgravninger, da det her kun er selve Grøftens Tværsnitsareal, som forøges med dens Dybde. Paa den anden Side vil man heller ikke gøre Dybden større end nødvendigt. I meget lange lave Paafyldninger skaffes Jorden ofte billigst tilveje ved Forøgelse af Grøfternes Dimensioner. Man kunde i saa Tilfælde maaske tillade sig at formindske Bundens Fald.

Da Grøftedimensionerne, navnlig hvor Fordybningsgrøfter anvendes, faar en ret væsentlig Indflydelse paa Jordmængden, bør man paa et ret tidligt Stadium klargøre sig Hovedtrækkene i Vandafledningen for at undgaa unødvendige Rettelser af Planumslinien.

Hvor en Dæmning føres over en kedelformet Fordybning uden Afløb, vil der i Grøfterne fremkomme Dybdepunkter, hvorfra Vandet ikke kan afledes uden meget stor Bekostning. Man nøjes da gerne med at forbinde de to Grøfter ved et Rør, der tillader Vandet fri Passage fra den ene Side af Dæmningen til den anden, saa det som tidligere kan afledes gennem Jorden ved kunstig eller naturlig Dræning.

Dybdepunkterne for Grøfterne vælges saa vidt muligt paa saadanne Steder, hvor der i Forvejen findes en Tværgrøft, som kræver et Gennemløb, og meget ofte vil man kunne samle flere Tværgrøfter til et enkelt Gennemløb, idet de højst beliggende optages i Længdegrøfterne langs Dæmningen; det kan derved maaske blive nødvendigt baade at give Grøften større Dybde og Bredde end normalt.

I Terrainfolder med stærkt Sidefald vil Dybdepunkterne i de to Grøfter ikke komme i samme Højde, naar Grøftedybden holdes normal, og rimeligvis heller ikke lige overfor hinanden. Beliggenheden kan f. Eks. være som *a* og

b i Fig 102. Stikgrøften, der leder Vandet bort, skal udgaa fra *a*, og hvorledes Gennemløbet skal lægges, beror tildels paa dets Konstruktion. Det skal, uafhængigt af Konstruktionen, lægges saa dybt, at det hviler paa fast Bund og helst holdes vinkelret paa Vejlinien for at blive saa kort som muligt. En glat og tæt Rørledning kan lægges med Fald fra Grøftebund til Grøftebund, men da Vandet saa strømmer ud af den med stor Hastighed, bør den ligge lige ud for Afløbsgrøften, og Dybdepunktet b skal altsaa forskydes til b_1. En Stenkiste foretrækker man i Almindelighed at lægge vandret eller kun med ganske svagt Fald (f. Eks. 10 ‰), og den højest liggende Grøft maa derfor uddybes ved Indløbet til Kisten. Dens Beliggenhed bør da, om muligt, forskydes til Siden, saa denne Uddybning af Grøften bliver saa lille som muligt. Er Sidefaldet som i Fig. 102 aftagende mod venstre, forskydes altsaa Dybdepunktet b i den Retning til b_2. Vandet skal da løbe et Stykke langs Dæmningen mellem Stenkisten og Stikgrøften, men da det forlader Kisten med ganske lille Hastighed, kan man let ved Stensætning beskytte Grøften mod Udskæring hidrørende fra den pludselige Forandring af Strømretningen.

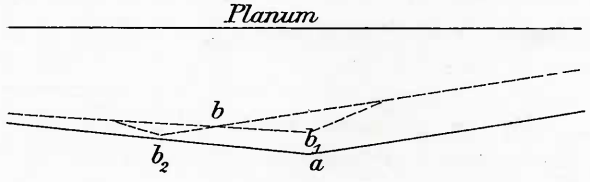


Fig. 102.

Paa Længdeprofilet skal indskrives Højden over daglig Vande for Terrainlinie, Planumslinie og Grøftebunde. Koterne skrives i m med 2 Decimaler nedenfra opad langs de respektive Ordinater, helst umiddelbart over Grundlinien; Terrainkoterne for alle nivellerede Punkter i Midtlinien, Planums- og Grøftekoter for alle Stationspunkter og alle Knækpunkter. Terrainkoterne skrives nærmest Grundlinien med sort, derover Planumskoterne med rødt og derover Koterne for højre og venstre Grøftebund med blaat. Hvis Grøftebundene ligger i samme Højde, udelades den øverste Kote.

Broer og Gennemløb angives paa Længdeprofilet ved sort eller rød Signatur, der viser Højderne i rigtig Maalestok. Betegnelsen f. Eks. 5 m Bro, 60 cm Stenkiste, 50 cm Betonrør o. s. v. indskrives med sort paa en lodret Linie over Planum, og hvis Bundkoten ikke falder sammen med Grøftekoten, kan den indskrives med blaat paa en vandret Linie i Højde med Bunden.

Stigningsforholdene indskrives med rødt ovenover Længdeprofilet, helst paa en vandret Linie, der deles i Afsnit ved Ordinaterne til Planumsknækkene. Ved Baneanlæg angives Stationsgrænserne paa samme Linie, og Stationens Navn indskrives med sort.

Endelig indskrives med sort over Planum Betegnelsen for alle skærende Veje, og alle Overkørsler (ved en Jernbane) betegnes ved Paaskriften off. Niv. Ovk. eller priv. Niv. Ovk.

Krumningsforholdene betegnes som Regel ved en blaa Linie under Længdeprofilets Grundlinie saaledes som omtalt S. 185.

Paa det Længdeprofil, der skal foreligge ved Besigtigelsesforretningen, skal Planum være indlagt med Angivelse af Stigningsforhold og Koter til Knækpunkterne samt foreløbigt Forslag til Gennemløbenes Størrelse. Antallet og

Beliggenheden af Overkørsler fastsættes formelt af Besigtigelseskommissionen tilligemed Vidden af Gennemløbene, saavel under Banen (Vejen) som under Overkørslerne, og en Fortegnelse over dem, med Angivelse af Beliggenheden, optages i Kommissionsprotokollen som særlige tekniske Bestemmelser. Da Overkørslerne kan medføre Anlæg af Ramper, der indvirker paa Jordarbejdets Størrelse, kan Jordberegningen først afsluttes efter Besigtigelsen, og til denne nøjes man derfor ofte med at indlægge en nogenlunde rigtig Planumslinie, der er baseret paa en omtrentlig Jordberegning og kan give tilstrækkelig Vejledning med Hensyn til Muligheden for Anbringelse af Overkørsler og Gennemløb.

Paa lignende Maade vil man ved Projektet til et almindeligt Vejanlæg straks kunne medtage alle de Overkørsler over Vejgrøfterne, der vedrører skærende offentlige eller private Veje, men desuden vil der sandsynligvis blive at anlægge et vist Antal private Markoverkørsler, hvorom der først kan træffes Bestemmelse ved Forhandlingen med Lodsejerne om Afstaaelse af Jord til Vejens Anlæg.

Rørledninger i selve Vejens eller Banens Grøfter kan ikke angives paa Længdeprofilet men bør indlægges paa Plantegningen. Ofte udtegnes den plane Figur for hele Strækningen d. v. s., der indlægges Planumskanter, Skraaninger og Grøfter paa Kopien af Planbogskortet. Man faar da en særdeles god Oversigt over Vandafledningen, naar Grøfternes Faldretning angives ved Pilespidser, og samtlige Gennemløbs Dimensioner indskrives paa Kortet, samt over Ramper, Parallelveje og Vejforlægninger. Ved særlig komplicerede Rampeanlæg kan det være ønskeligt at konstruere den plane Figur f. Eks. for at man kan udføre Jordberegningen ved Hjælp af Horizontalkurver; dette Arbejde bør udføres i Maalestoksforholdet 1 : 500.

Naar Plantegningen udføres fuldstændig, kan man af den se, hvilke Arealer, der skal erhverves fra de forskellige Ejendomme, og maale deres Størrelse. Til Vejledning under Ekspropriationsforretningen skal foreligge en Fortegnelse over de Arealer, der skal erhverves, med Angivelse af Matr. Nr., Ejernavn og omtrentlig Størrelse, hvilken Fortegnelse naturligvis kan skaffes til Veje uden nogen særlig nøjagtig Bestemmelse af Grænselinierne for Anlæget.

Til Brug ved Overslaget skal man endvidere beregne Skraaningsarealerne, hvis vandrette Projektion findes af Ekspropriationsarealerne ved at fradrage de Jordstrimler, der optages af Planum, Grøftebunde og Hegnsbanketter. Derfor sammenknytter man lettest Areal- og Skraaningsberegningen og opstiller den skematisk med Angivelse af de forskellige Breddemaal for hver Station, og faar derved det nødvendige Materiale til Optegning af den plane Figur.

Detailprojektet skal endvidere i en overskuelig Form give Oplysning om Jordarbejdets Størrelse og Jordens Fordeling til Brug dels ved Affattelsen af Overslaget, dels under Arbejdets Udførelse. Udføres Jordberegningen ved Hjælp af Tabeller, optegner man en Massekurve til Bestemmelse af Flytteafstandene og angiver Jordfordelingen i en Transporttabel. Bruges grafisk

Jordberegning, optegnes Arealprofil og Massekurve umiddelbart under Længdeprofilet.

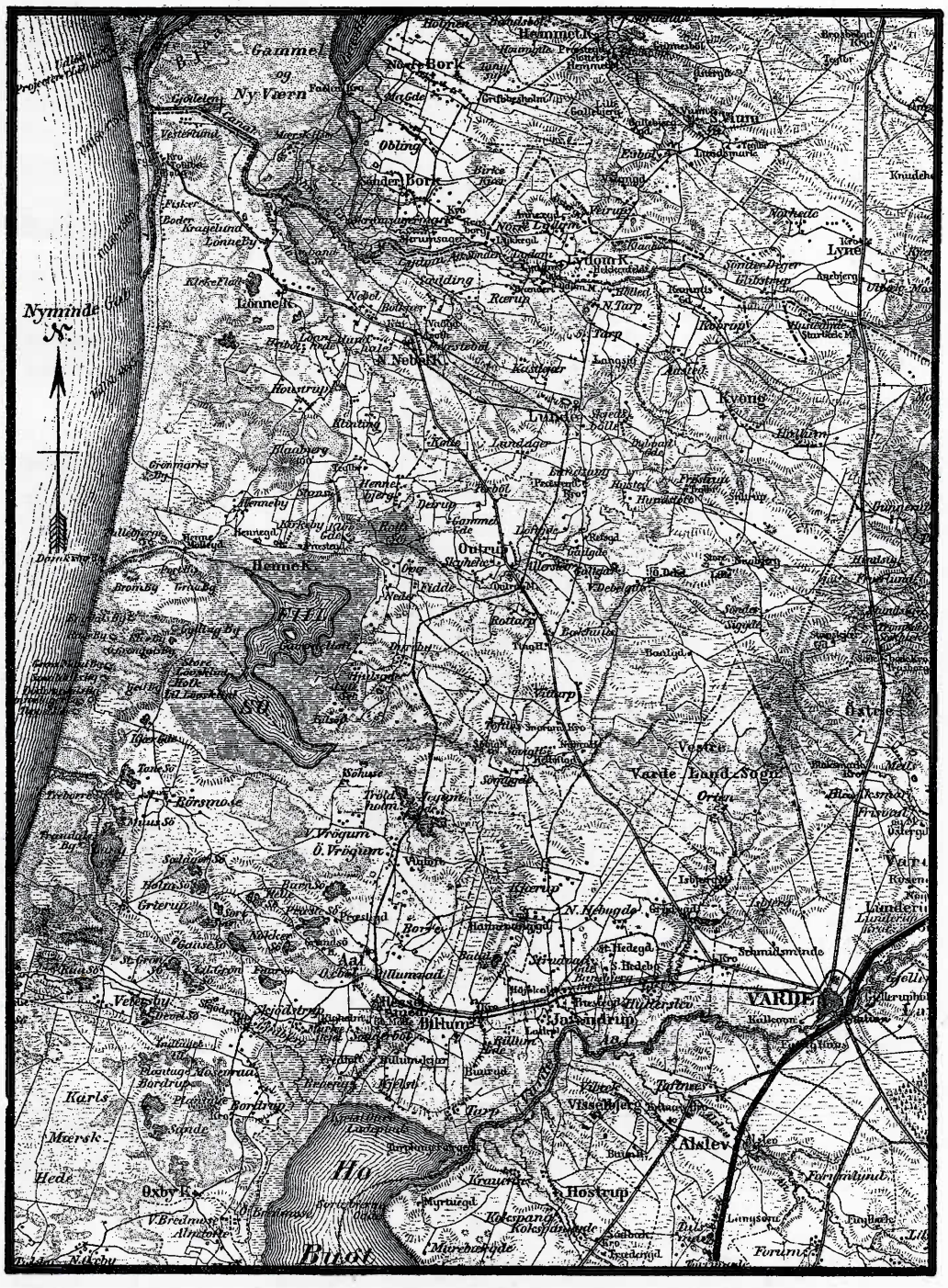
I Arealprofilet trækkes Planumslinien med rødt, selve Arealkurven med sort, idet man bruger fuldttrukne Linier baade for Længde- og Tværtransportkurverne og farvelægger samtlige Tværtransportarealer med en bestemt Farve f. Eks. blaat, og deler Længdetransportarealet ved Ordinaterne gennem Massekurvens Udligningspunkter, saaledes at sammenhørende Arealer i Paafyldning og Afgravning kan betegnes ved samme Nummer og en særlig Farvetone. Iøvrigt indskrives i Arealprofilet ikke andet end Procenttallene for den blivende Udvidelse af Jorden. Til den sædvanlige Synkning paa dyrket Mark tages simplest Hensyn ved Konstruktionen af Arealmaalestokken, til Synkning i Mose tages Hensyn ved at regne Paafyldningshøjden forøget med Halvdelen indtil to Trediedele eller mere af Dybden til fast Bund — der indlægges paa Længdeprofilet efter Boringerne — eftersom Dynd- eller Tørvejorden er mere eller mindre sejg; den Del af Paafyldningsarealet, der svarer til den synlige Dæmning, skilles ved en punkteret Linie fra den Del, der er givet som Tillæg paa Grund af den bløde Bund, og paa dette sidste Areal skrives: »Tillæg for blød Bund«.

Massekurven tegnes med en sort Linie. For hvert Transportomraade skal angives Jordmængde og Middelflytteafstand samt Nummeret for de tilsvarende Arealer i Arealprofilet. Det gøres sædvanlig ved at indtegne de Rektangler, der repræsenterer Flyttearbejdet som Produkt af Middelflytteafstand og Jordmængde og paa dem indskrive Grundliniens Længde i m og Højden i m^3. Rektanglernes Sider kan tegnes med fuldttrukne farvede eller punkterede sorte Linier.

Længdeprofilplanerne kan bekvemt gøres saa lange, at der paa hver er rigelig Plads til 2000 m. En vilkaarlig Deling kan ofte blive generende for Projekteringsarbejdet, hvis Delingslinien falder midt i en Afgravning eller Paafyldning, men naar Papiret holdes rigelig stort, kan man i Almindelighed bøde paa denne Ulempe ved at lade Planerne overdække hinanden lidt; dog bør i saa Fald Kotepaaskrivning og Farvelægning kun strække sig over det bestemte Antal Stationer.

Paa hver Plan skal findes de nødvendige Maalestokke for Længder, Højder, Profilarealer og Jordvoluminer samt den specielle Arealmaalestok, hvorved Profilarealet findes som Længde, idet man gaar ud fra Udgravningsdybde eller Paafyldningshøjde, og Reduktionsmaalestokken, hvorved Volumen mellem to Profiler findes som en Længde, idet man gaar ud fra Profilarealerne.

Naar man til Jordberegningen skal benytte Tværprofiler optagne ved Nivellement i Marken, maa Profilerne konstrueres i passende Maalestok, ens for Længder og Højder, som Regel 1 : 100, saa Tværprofilerne passer med Længdeprofilets Højdemaalestok. De enkelte Punkter i et Profil afsættes fra en Grundlinie med paaskreven Kote; langs Grundlinien skrives de vandrette Maal mellem Punkterne og paa Ordinaterne de enkelte Punkters Koter. Profilet trækkes op med sort, Terrainlinien med en kraftig Linie, Midtlinien stiplet, alt andet med ganske fine Linier.


Gammel
og
Ny Værn
Nymindegab
Nymindegab Kirke
Nymindegab Fiskerleje
Nymindegab Strandhuse
Nymindegab Strandhuse
Nymindegab Strandhuse

Vejens eller Banens Tværprofil indtegnes og beskrives med Koter og Længdemaal som Terrainprofilet. Afgravningsareal anlægges med graat, Paafyldningsareal med gult, og paa hver enkelt Del indskrives Størrelsen i m². Over Profilet skrives Stationsnummer og overskydende Areal, der mærkes med + eller ÷, eftersom Afgravning eller Paafyldning har Overvægten, samt Arealet svarende til Tværtransporten. Indskrivningen af Arealerne har til Hensigt at lette en Revision af Jordberegningen, mens Indskrivningen af Koter og vandrette Afstande sker for lettere at kunne benytte de tegnede Profiler ved Afsætningen i Marken under Arbejdets Udførelse.

I Fig. 103—110 er vist nogle Eksempler paa, hvorledes man her i Landet udfærdiger nogle af de vigtigere Tegninger til et Jernbaneanlæg, Fig. 111 viser en Oversigtstegning over Længdeprofilet til et Stykke af Banen fra Nyborg til Strib.

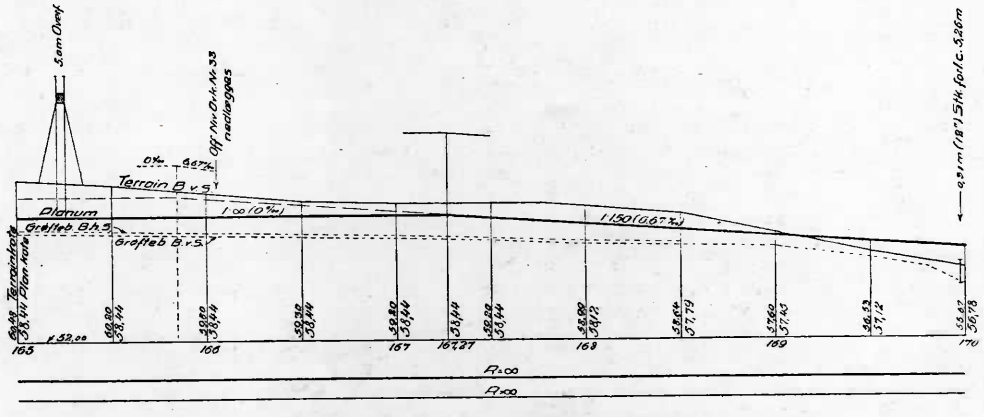


Fig. 104. De danske Statsbaner. Planbog.

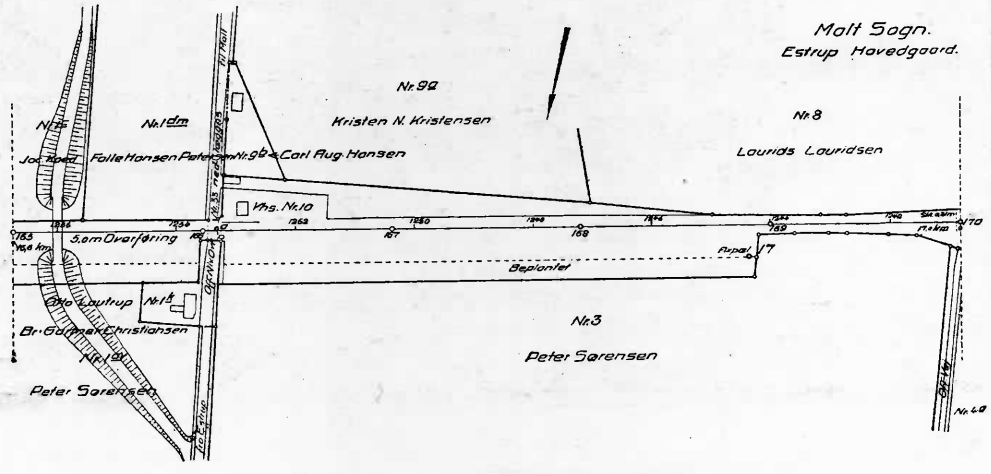
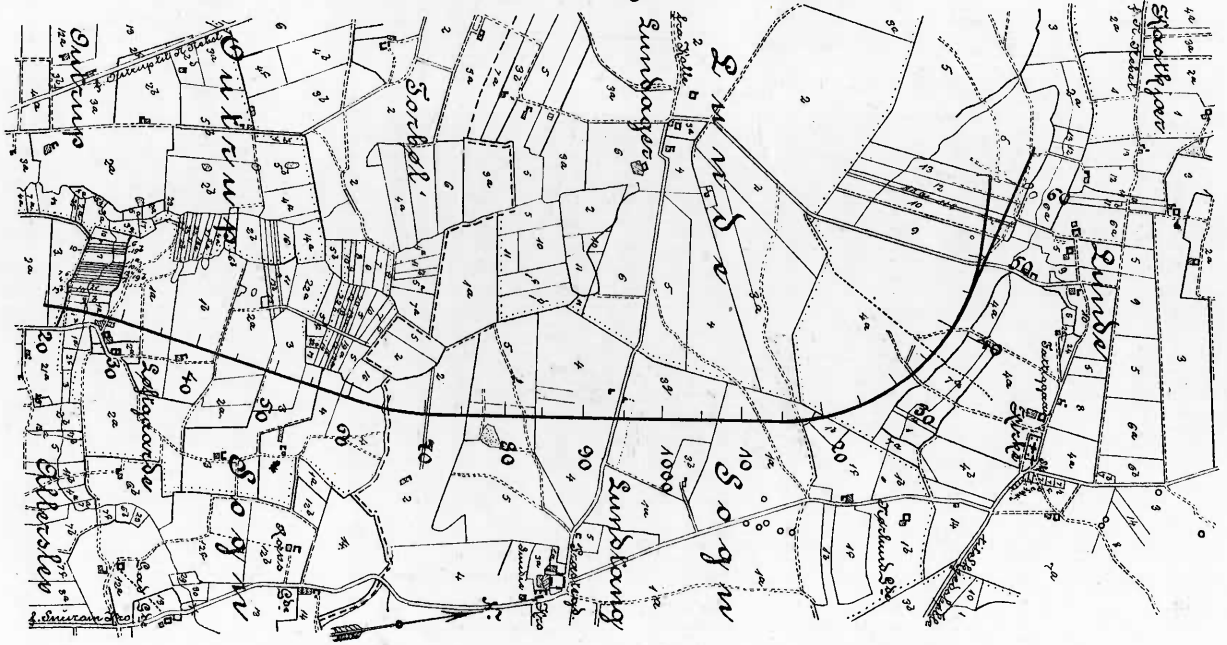


Fig. 105. De danske Statsbaner. Planbog.

Ribe Amt.

Vester Herred.


Ølgod
Lundager
Lund
Lundsgaard
Lundsgaard
Ølgod
Ølgod
Ølgod

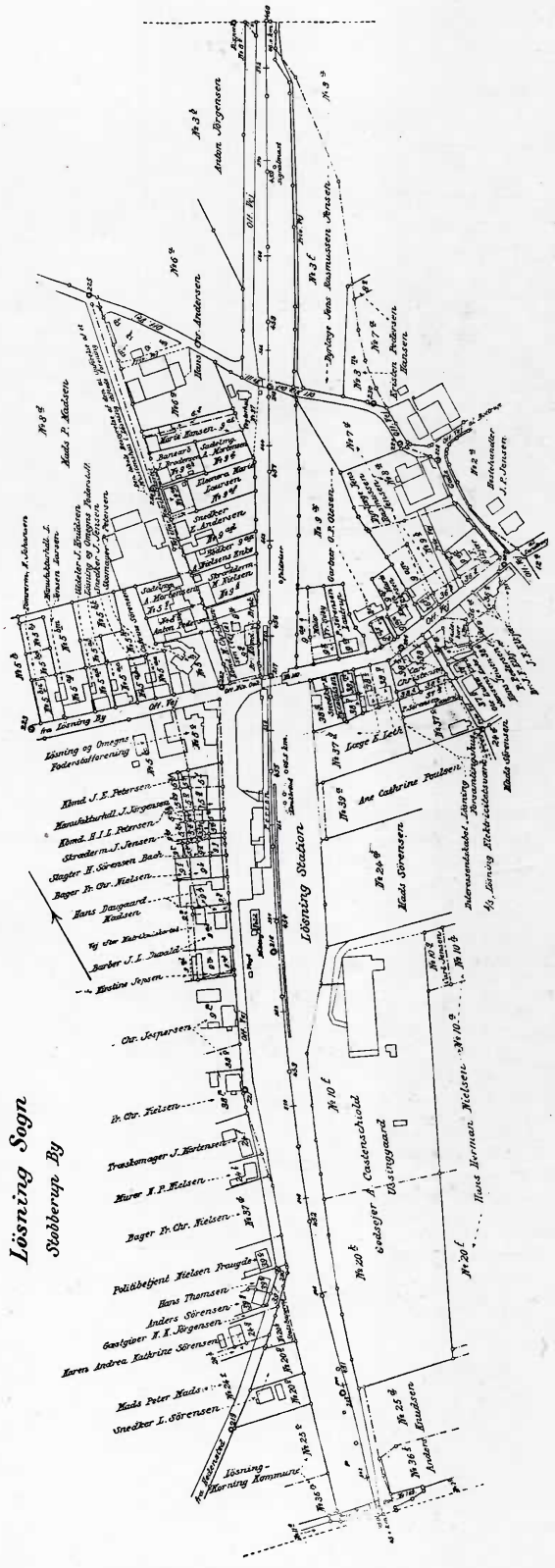


Fig. 107. De danske Statsbaner. 2. Spor Daugaard—Hesselager. Planbog.

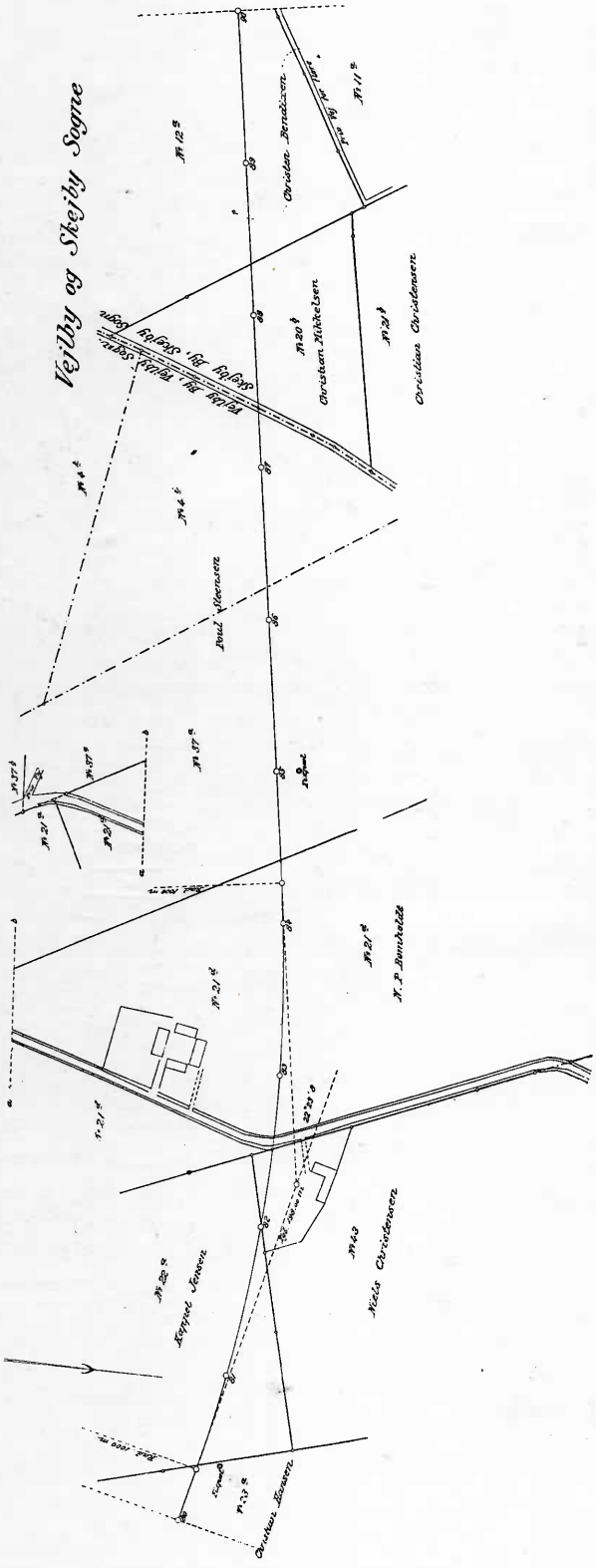


Fig. 108. De danske Statsbaner. Aarhus—Randers Banen. Planbog.

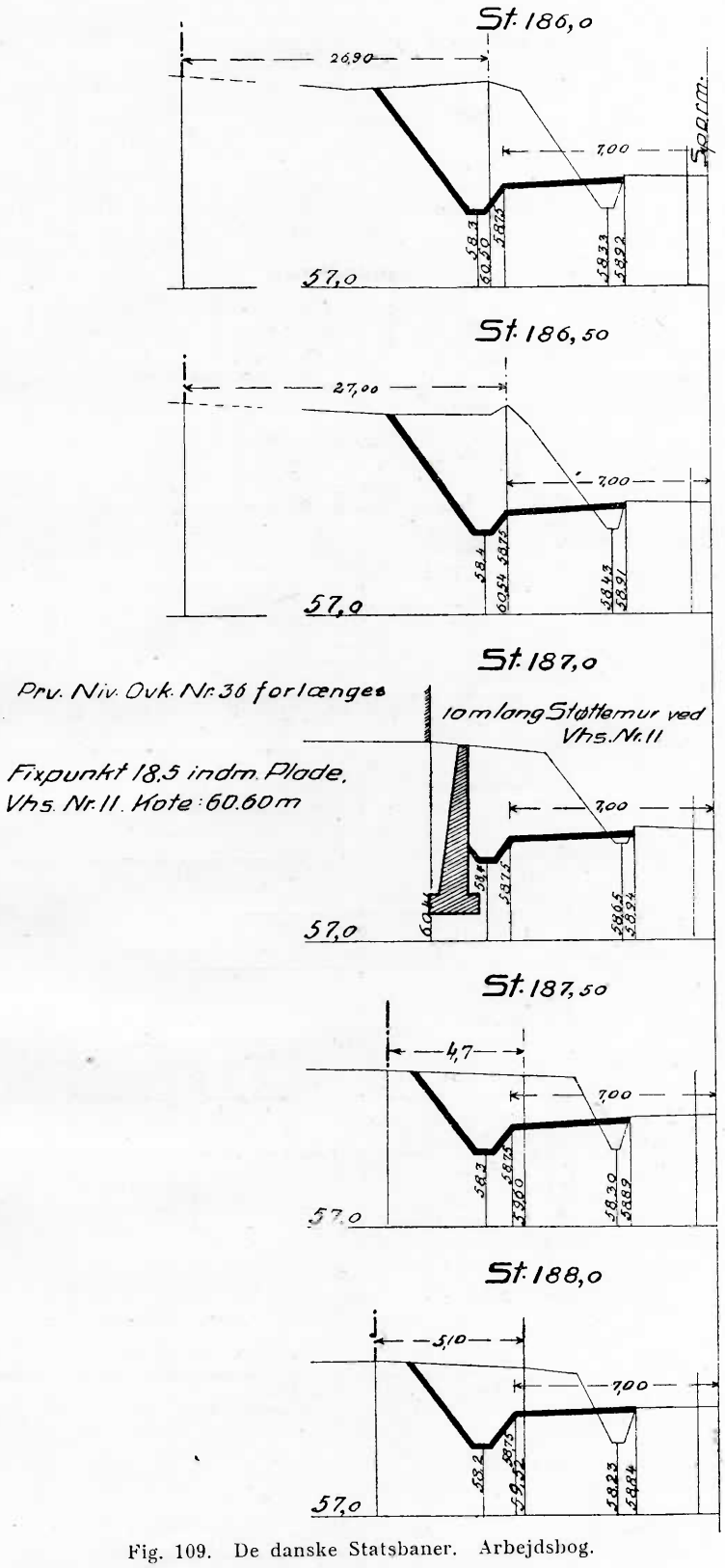
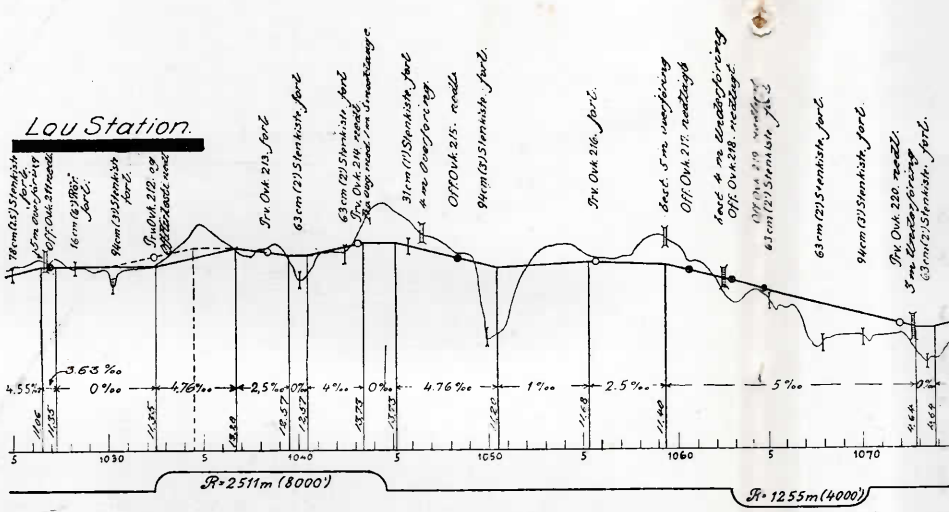


Fig. 109. De danske Statsbaner. Arbejdsbog.

De danske Statsbaner.
Oktober 1921.



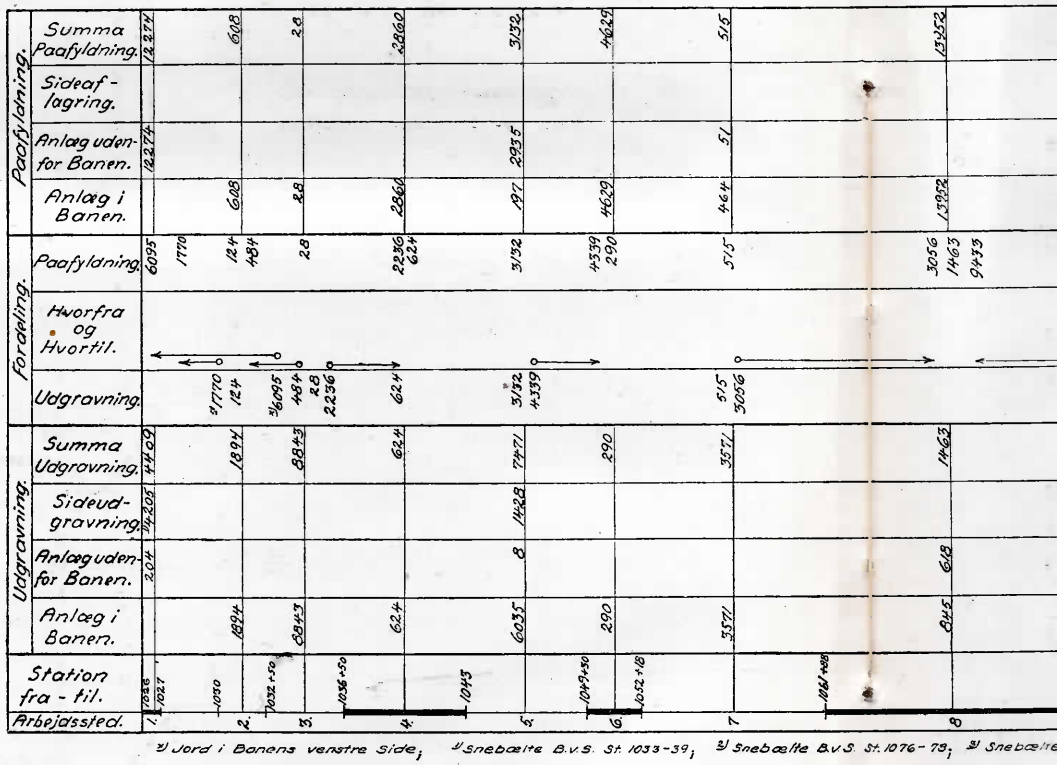
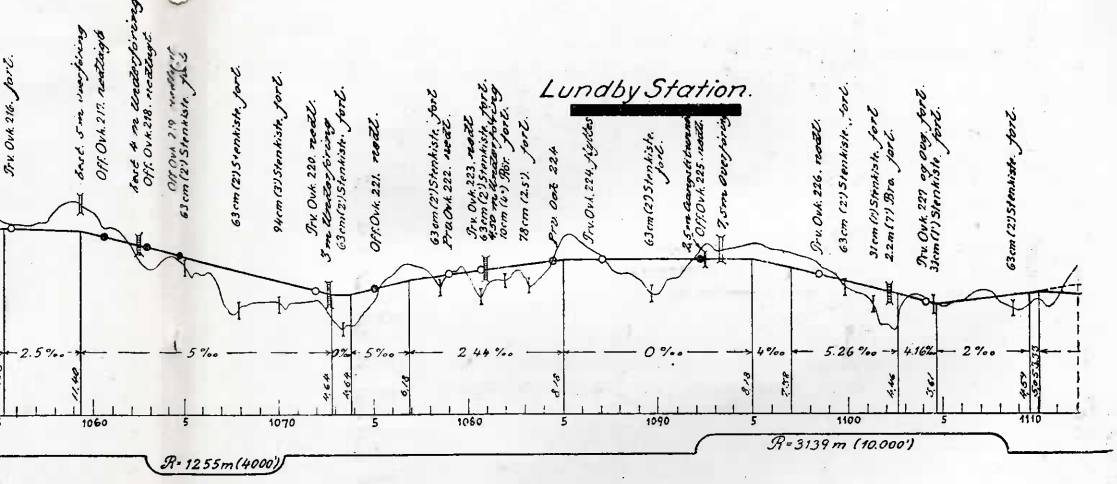
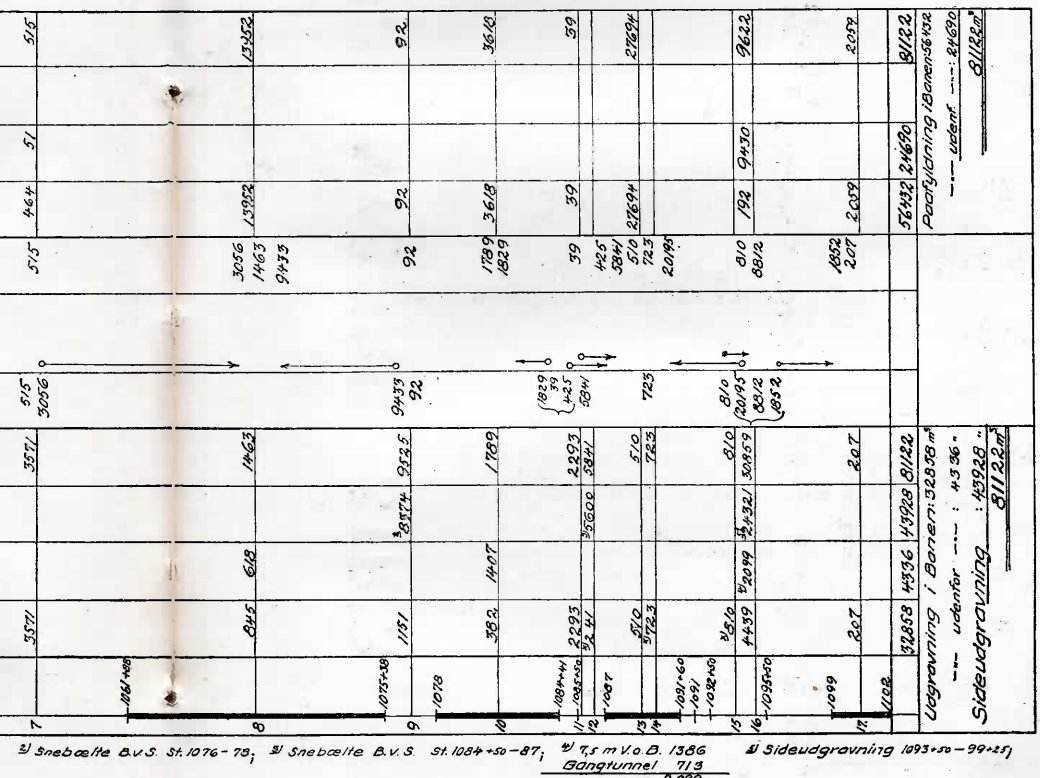


Fig. 110. De danske Statsbaner. Det

2. Spor Næstved–Masnedsund.





. 110. De danske Statsbaner. Detailprojekt.

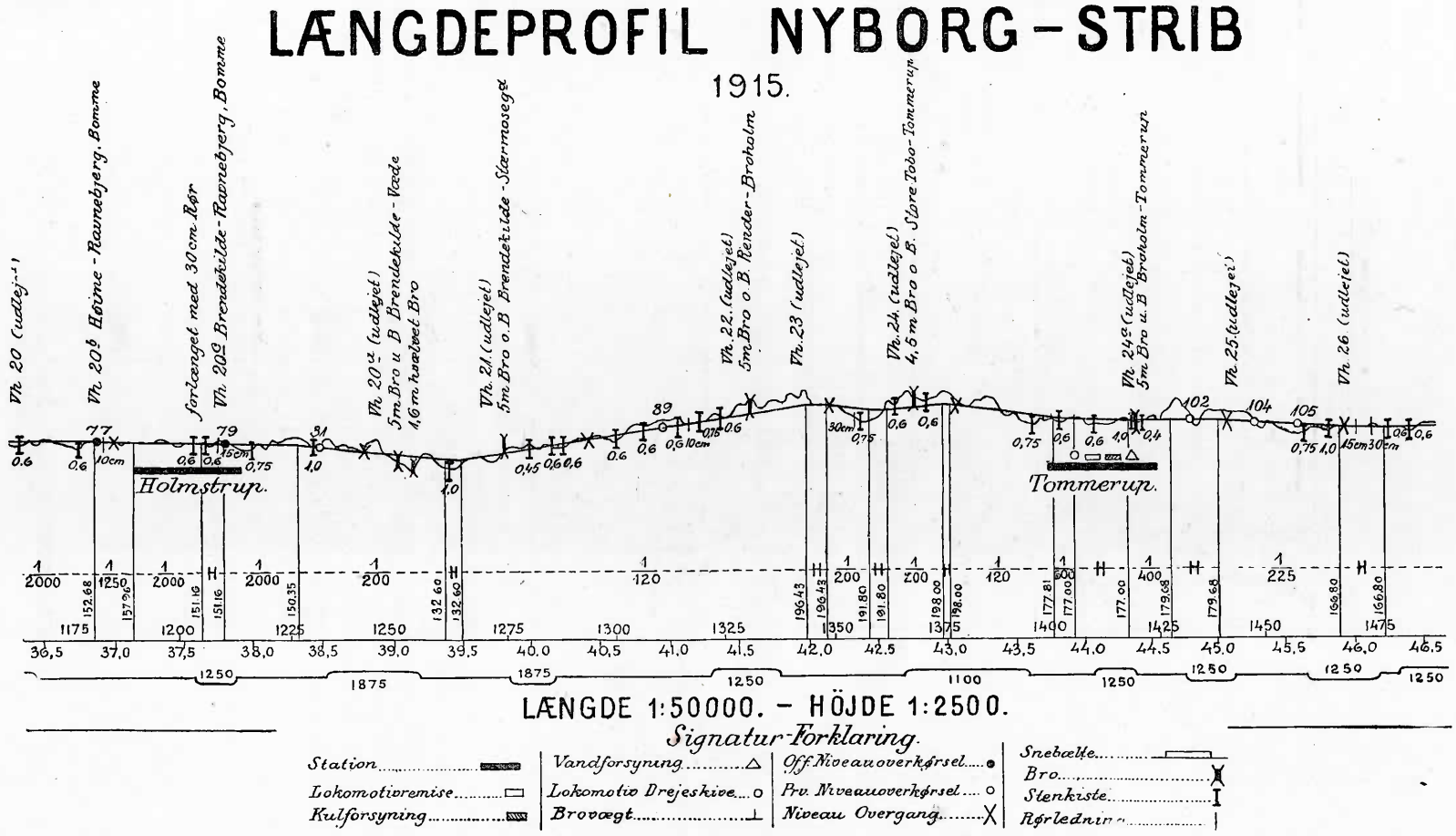


Fig. 111. De danske Statsbaner. Længdeprofil.

§ 29. Hvornaar bør en Jernbane bygges.

En Jernbane bygges altid med et bestemt Maal for Øje, og Opgaven stilles den projekterende Ingeniør saaledes, at dette Maal skal søges naaet, men indenfor de herved fremkomne Grænser vil som Regel flere Løsninger være mulige. Spørgsmaalet bliver saa, om den af Ingeniøren valgte Linie ogsaa svarer til Formaalet, om den altsaa bør bygges.

Er det private Personer, der udfører Baneanlægget, er naturligvis den vigtigste Hensigt med det, at det skal kunne give et passende Overskud. Og naar Staten selv udfører Baneanlæg, vil den ofte lade sig lede af den samme Betragtning; men den kan undertiden lade sig nøje med en beskeden Forrentning, hvis den almene Nytte af Banen, der viser sig, ved at Befolkningen bliver mere velhavende og faar større Skatteevne, ved at Handel og Industri vokser, giver Staten indirekte Fordele. Ligeledes kan det være rigtigt at bygge en Bane, der ikke eller kun i ringe Grad kan forrente Anlægskapitalen, hvis den bevirker en Trafiktilvækst for et bestaaende Banenæt, i hvilket den indgaar som et nyt Led.

Bedømmelsen af, om en Bane bør bygges, kræver Kendskab dels til Anlægsudgifterne og dels til de ventede Driftsindtægter og Driftsudgifter.

Til Anlægsudgifterne hører: Alle Udgifter til Forarbejder, til Arealerhvervelse, til Udførelse af Over- og Underbygning samt Bygninger, til Banens hele Udstyrelse og Forsyning med rullende Materiel, Renter af Anlægskapitalen under Arbejdets Udførelse, Udgifter ved Pengenes Tilvejebringelse o.s.v. Anlægsudgifterne, hvis væsentligste Del er de egentlige Byggeudgifter, kan beregnes paa Grundlag af et godt udført foreløbigt Projekt med en til Bedømmelse af, om Banen bør bygges, fuldt tilstrækkelig Nøjagtighed. Drejer det sig kun om en tilnærmet Bedømmelse, kan ogsaa en skønsmæssig Bestemmelse af Anlægsudgifterne for den paatænkte Linie foretages paa Grundlag af Erfaringsresultater. Nedenstaaende Tabel 31 giver Byggepriserne for forskellige danske Baner.

Tabel 31.

	Byggepris pr. km
	Kr.
Lyngby—Vedbæk Banen . .	74 000
Østsjællandske Bane	80 000
Præstø—Næstved Banen. . .	49 300
Lollandske Baner.	64 800
Svendborg—Nyborg Banen .	59 300
Odense—Svendborg — .	75 500
Nyborg—Faaborg — .	60 000
Horsens—Odder — .	56 300
Aarhus—Hammel — .	55 600
Langelandsbanen	65 000
Nordfynske Bane	52 000
Statsbanerne.	110 000

Driftsoverskudet d. v. s. det Beløb, med hvilket i et bestemt Tidsrum Banens samlede Driftsindtægter overstiger Driftsudgifterne, kan kun findes paa Grundlag af Kendskab til den ventede Trafiks Størrelse, thi denne paavirker baade Driftsindtægterne og — til en vis Grad — Driftsudgifterne. I Almindelighed kan Trafikmængden sættes proportional med Indbyggerantallet i Banens Opland. Dette, der nu i Almindelighed anses som det rigtige Princip for Vurdering af Trafikken er første Gang angivet af *Michel* (Annales des ponts et chaussées 1868). Paa Grundlag af den franske Jernbanestatistik for 1866 har han beregnet, at der pr. Indbygger i Stationsbyerne med tilhørende Opland i Gennemsnit pr. Aar blev befordret 6,5 Rejsende og 2,1 ts Gods. I stærkt trafikerede Egne forhøjes dette Antal til $1^1/_3$ Gange saa meget, og i rent agerdyrkende Egne reduceres det til $^2/_3$. Antallet af ankommende og afgaaende Tons Gods og Personer vil i Gennemsnit være lige store. En L km lang Grenbane, hvis Endestation og tillige eneste Station med Opland har E Indbyggere, vil altsaa faa en aarlig Trafik paa 13 EL Personkm og 4,2 EL Tonkm. Er der flere Stationer, hvor E_1 E_2 E_3 ... og L_1 L_2 L_3 ... er Indbyggerantal og Afstand fra Banens Tilslutningsstation, bliver den samlede Trafik paa Banen

$$V = 17{,}2 \cdot \Sigma (E \cdot L).$$

Denne Beregning er ganske vist ikke helt rigtig, da jo ikke hver Rejsende og ikke hver Ton Gods kører til Tilslutningsstationen; det vil kun tilnærmelsesvis være Tilfældet ved mindre Linier, især ved de til Hovedbanerne hørende Grenbaner. Man vælger derfor som gennemsnitlig Rejse- og Transportlængde en anden Størrelse og ikke sjældent Banens halve Længde. Kaldes denne Længde L_d, bliver ovenstaaende Formel

$$V = 17{,}2 \cdot \Sigma (E) \cdot L_d.$$

For nogle danske Baner skal fra Tiden omkring 1910 gives nogle Oplysninger om Oplands-Befolkningsmængden og den aarlige Indtægt af Personer og Gods (Tabel 32).

Indbyggerantallet pr. km var

Aarhus—Hammelbanen	360
Randers—Hadsund —	325
Horsens—Tørring —	356
Aarhus—Odder—Horsens- og Odder—Houbanen	304

Størrelsen af den Person- og Godstrafik, man kan vente. staar selvfølgelig i nøje Forbindelse med den paagældende Egns økonomiske Forhold. Den største Forsigtighed maa anbefales ved den Slags Vurderinger. De Baner, der endnu vil blive at bygge her i Landet, vil i Hovedsagen komme til at ligge i Egne med ringe økonomisk Betydning. Godstrafikken vil holde sig indenfor meget beskedne Grænser, og i Sammenhæng hermed vil Persontrafikken heller ikke være videre livlig, hvis ikke ganske særlige Forhold gør sig gældende, at f. Eks. Udflugtssteder el. lgn. ligger ved Banen. Det

Tabel 32.

Jernbane	Indbygger-antal	Indtægt af Person-befordring		Indtægt af Gods-befordring	
		ialt	pr. Indb.	ialt	pr. Indb.
		Kr.	Kr.	Kr.	Kr.
Sydfynske Jernbaner: Odense – Svendborg . . . . . Svendborg – Nyborg . . . . . Nyborg – Faaborg . . . . . Odense – N. Broby – Faaborg	59 300	449 300	7,60	369 400	6,25
Aarhus – Odder – Horsens og Odder – Hou	21 000	215 100	10,20	139 000	6,60
Hammel – Aarhus	14 000	106 600	7,60	103 800	7,40
Randers – Hadsund	13 000	86 900	6,70	86 600	6,70
Ebeltoft – Trustrup	4 400	28 400	6,50	34 100	7,80
Horsens – Tørring	10 000	57 900	5,80	69 900	7,00
Horsens – Bryrup	9 500	68 500	7,20	69 100	7,30
Horsens – Juelsminde	9 900	74 200	8,20	59 000	6,60
Ialt for ovennævnte jydske Baner	81 800	637 600	7,80	561 500	6,90

turde maaske være tilstrækkeligt kun at regne med een Rejsende pr. Indbygger i Stationsbyen, og selv dette har undertiden vist sig at være for meget ved Lokalbaner. Det vil altid være fordelagtigt at vælge Driftsresultaterne fra nærliggende paa lignende Maade beliggende Baner som Grundlag for det Skøn, der skal foretages. Størrelsen af Godstrafikken kan beregnes nogenlunde paa Grundlag af den eksisterende Vejfærdsel, men man maa ikke overse, at denne ikke straks gaar helt over til Jernbanen, men holder sig ved Siden af denne. Og med en Stigning af Trafikken skal man være forsigtig at regne, hvis man ikke vil skuffes føleligt. Man bør kun regne med, hvad der findes i Øjeblikket og bør kun lade Haabet om en Forøgelse af Trafikken faa Indflydelse paa Anlæget af Stationerne, hvis enkelte Dele bør bygges, saaledes at de i Fremtiden kan udvides. Man maa herved erindre, at Trafikstigningen altid vil holde sig indenfor beskedne Grænser i agerdyrkende Egne, medens en Tilvækst kan ventes i Industriegne.

Foruden Kendskab til Størrelsen af den Trafik, der kan ventes, kræver Bedømmelsen af, om en Jernbane skal bygges, som allerede omtalt, ogsaa Kendskab til Driftsudgifterne. Disse er dels foranderlige, dels uforanderlige. Til de sidste hører alle de Udgifter, der er ens, enten Trafikken er stor eller lille, medens de første paavirkes væsentlig af Trafikkens Størrelse, de vokser og daler med Trafikken, som f. Eks. Transportudgifterne, Udgifterne til Vedligeholdelse af det rullende Materiel, Arbejdsløn o. s. v. I nøje Sammenhæng med Banens Stignings- og Krumningsforhold staar Størrelsen af Driftsudgifterne, der vokser betydeligt især med de anvendte Stigninger.

I Praksis bestemmes ofte en Banes Udgifter som en Procent af den

med saa stor Omhu som muligt fundne Indtægt. Naar man gaar frem med Forsigtighed og Forstaaelse, naar man lader en passende Sagkundskab raade og gaar frem med Omhu ved Bestemmelsen af Procenttallet paa Grundlag af Erfaringerne fra Baner under lignende Forhold, vil man herved kunne komme til Resultater, der under Hensyn til hele Usikkerheden ved saadanne Undersøgelser dog maa kaldes tilfredsstillende og i Almindelighed vil stemme med Virkeligheden.

Denne Fremgangsmaade forudsætter ganske vist, at det drejer sig om en Bane, hvis Tariffer, Anlæg, og Driftsforhold nogenlunde stemmer med den eksisterende Banes, saa at Driftskoefficienten d. v. s. Forholdet mellem Udgifter og Indtægter i Procent af disse sidste uden videre eller dog med smaa let foretagne Rettelser kan overføres paa den projekterede Bane. Dette vil ikke altid være muligt, og i saadanne Tilfælde maa man finde Driftsudgifterne ved at opstille et specificeret Overslag over dem. Paa Grundlag af Overvejelserne over Person- og Godstrafikkens Størrelse, Art og Retning samt paa Grundlag af det foreløbige Projekt til Banen, maa der gøres Udkast til en nøjagtig Plan for Driften, Antallet af Tog maa bestemmes ligesom Størrelsen af det nødvendige Stations-, Linie- og Togpersonale; endvidere maa Udgifterne til Togene findes, til Banens Vedligeholdelse o. s. v. Opstilling af et saadant Overslag kræver selvfølgelig et grundigt Kendskab til hele Driften og kan kun foretages af Fagfolk med lang Erfaring i Driftens forskellige Grene.

Som Eksempel paa, hvorledes et kalkulatorisk Overslag og et Driftsbudget for et Baneanlæg kan opstilles, skal gengives et af Direktør Kier i 1909 udarbejdet kalkulatorisk Overslag og et Driftsbudget for en den Gang paatænkt elektrisk Jernbane fra Aarhus til Randers[1]).

Banens Driftsindtægt kan selvfølgelig kun beregnes efter et Skøn og ved Sammenligning med lignende her i Landet bestaaende Jernbaneanlæg, idet der tages Hensyn til den stærkere Persontrafik, som kan paaregnes ved den gennem elektrisk Drift skabte hyppigere Toggang.

Til Sammenligning blev benyttet Odense—Svendborg Banen, som ligeledes forbinder to ret betydelige Byer og gaar gennem et godt Opland; men den gennemgaaende Trafik til og fra Statsbanerne maa fradrages, da denne ikke kan ventes overført paa den elektriske Bane mellem Aarhus og Randers, men derimod kun en Del af den lokale Trafik mellem disse to Byer. Odense—Svendborg Banen havde i Driftsaaret 1907—08 en Indtægt af Personer og Gods, befordret mellem Landstationerne og Byerne og mellem Landstationerne indbyrdes, af henholdsvis ca. 128 500 Kr. og ca. 94 000 Kr., og den gennemgaaende Trafik mellem Landstationerne og Statsbanerne gav en Indtægt af 9600 Kr. og 30 300 Kr. henholdsvis for Personer og Gods. Indtægten af Oplandstrafikken udgjorde altsaa ialt ca. 138 100 Kr. for Personer og ca. 124 300 Kr. for Gods, tilsammen ca. 262 400 Kr.

Indbyggerantallet i Odense—Svendborg Banens Opland er opgjort til 18 000, og Indtægten pr. Indbygger blev herefter for Persontrafik 7,70 Kr. og for Godstrafik 6,90 Kr. (ialt 14,60 Kr.).

Odense—Nørre Broby—Faaborg Banen (52 km) havde i Driftsaaret 1907—08, beregnet paa lignende Maade en lokal Oplandstrafik til Beløb ca. 79 100 Kr. for Personer og ca. 39 600 Kr. for Gods, og en gennemgaaende Oplandstrafik af ca.

[1]) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1911, S. 33.

3100 Kr. og ca. 4800 Kr., ialt ca. 82 200 Kr. for Personer og ca. 44 400 Kr. for Gods, tilsammen ca. 126 600 Kr. Indbyggerantallet var opgjort til 11 200, saaledes at Indtægten pr. Indbygger herefter for denne Bane blev for Persontrafik 7,30 Kr. og for Godstrafik 4,00 Kr.

Indtægten for Oplandstrafikken paa Aarhus–Randers Banen blev da anslaaet for Personer til 7,50 Kr. og for Gods til 5,00 Kr. pr. Indbygger, og idet den Oplandsbefolkning, der kunde paaregnes at benytte Banen, blev beregnet til 23 600 til Persontrafik og 15 600 til Godstrafik, da Konkurrencen med de nærliggende Statsbaner maatte antages at virke stærkere paa Godstrafikken end paa Persontrafikken, vilde Indtægten blive henholdsvis 78 000 Kr. og 177 000 Kr.; men hertil maatte lægges et Beløb for den forøgede Trafik, som paaregnedes at følge med den hyppigere Toggang ved elektrisk Drift — 50 % for Persontrafikkens Vedkommende, saa denne kunde beregnes til en Indtægt af 265 500 Kr., medens der ikke regnedes med nogen Stigning i Godstrafikken.

Om Trafikken mellem Aarhus og Randers oplyste Statsbanerne, at denne for Personer udgjorde ca. 77 000 Kr. og for Gods ca. 82 000 Kr. Man paaregnede da, at den elektriske Bane under Hensyn til dels den hyppigere Toggang og dels den kortere Vejlængde (lavere Takster) vilde tage Halvdelen af Trafikken, og at der hertil yderligere vilde komme en Stigning, saa den elektriske Banes Indtægt af Trafik mellem Aarhus og Randers kunde beregnes til 77 000 Kr. for Personer og 41 000 Kr. for Gods.

Indtægten paa den elektriske Bane fra Aarhus til Randers skulde da blive:

Oplandstrafik		
Personer	Kr. 265 500	
Gods	- 78 000	
		Kr. 343 500
Aarhus–Randers og omvendt		
Personer	Kr. 77 000	
Gods	- 41 000	
		- 118 000
Rejsegods, Post og tilfældige Indtægter		- 13 500
	ialt ...	Kr. 475 000

Driftsudgifterne er nedenfor beregnede for 12 Person- og 2 Godstog daglig i hver Retning og iøvrigt efter de Erfaringer, der havdes ved fyenske Jernbaner. Elektricitetsprisen var sat til 7 Øre pr. KWT.

Den samlede Driftsudgift er derefter anslaaet til 308,000 Kr., og Jernbanens aarlige Driftsoverskud vilde blive

Indtægt	Kr. 475 000
Udgift	- 308 000
Overskud	Kr. 167 000

Kalkulatorisk Overslag over Udgifterne ved Anlæget af en elektrisk Jernbane fra Aarhus til Randers.

Længde ca. 48 km, Sporvidde 1,435 m.

A. Ekspropriation.		
1. a) Erstatning for bestandigt afstaaet Areal m. v. 48 km à 8000 Kr.	384,000	
b) Tilslutninger m. v.	50,000	
2. Kommissionsforretninger, ledende Landinspektør, Regeringens Tilsyn, 48 km à Kr. 600	29,000	
		463,000

		Overført	463,000
B. Anlægget.			
1. Erstatning for midlertidigt og tilfældigt Tab:			
48 km à 120 Kr.		6,000	
2. Fremstilling af Planum:			
Jordarbejde, incl. Sikrings- og Beklædningsarbejder: ca. 330,000 m³ à 1 Kr.....		330,000	
3. Overskæring med Vandløb og Veje:			
Til Rør i Stenkister m. v. anslaas	12,000		
Til 4 Broer og 1 Viadukt v. Aarhus	60,000		
Til Vejoverskæringer og Lukkeindretninger....	36,000		
		108,000	
4. Overbygning — 25 kg Skinner:			
48 km Hovedspor, 4 km Sidespor (52 km Spor à 17,000 Kr.)		884,000	
5. Elektriske Ledninger og Signaler:			
Troljeledning	265,138		
Fødeledning	51,426		
Jordledning	10,465		
	327,029		
Telegraf- og Telefonledning	10,000		
Signaler og Sikringer	57,971		
		395,000	
6. Stationsanlæg:			
9 Mellemstationer à 15,000 Kr.	135,000		
9 Trinbrædter (Vogterhuse m. Ventesal) à 4000 Kr.	36,000		
Randers og Aarhus Stationer og Tilslutn.	250,000		
Belysning af Stationerne (fra Krafledning)	36,000		
Vognremiser i Randers og Aarhus samt Værksteder	90,000		
Chausseringsarbejder	30,000		
		577,000	
7. Bevogtning og Indhegning:			
10 Vogterhuse à 3000 Kr.....	30,000		
Indhegning	24,000		
		54,000	
8. Faldvisere, Kilometersten, Højdemærker		2,000	
			2,356,000
C. Driftsmateriel og Inventar.			
7 Motorvogne à 50,000 Kr.		350,000	
7 Bivogne à 10,000 Kr.		70,000	
3 Elektromotiver à 75,000 Kr.		225,000	
60 Godsvogne à 2500 Kr.....		150,000	
Inventar etc.		15,000	
			810,000
D. Forarbejder, Administration, Polititilsyn, Sygekasse samt tilfældige Udgifter:			
Ca. 7 pCt. af 3,166,000 Kr.			221,000
			3,850,000

Drifts-Budget.

Udgifter.

I. Administration.		
a. Bestyrelsen, Revision	2,000	
b. Lønning til Direktør og Hovedkontor.....	7,000	
At overføre	9,000	

	Overført 9,000	
c.	Rejse- og Repræsentationsudgifter 700	
d.	Kontorudgifter, Opvarmning og Rengøring 1,000	
e.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar 200	
f.	Andre og tilfældige Udgifter 100	
		11,000
II.	Driftsafdelingen.	
a)	Stationstjenesten:	
1.	Lønning til Stationspersonalet 53,000	
2.	Udgifter v. midlertidig Forflyttelse og Konstitutioner 1,500	
3.	Uniformer 2,500	
4.	Kontorhold, Opvarmning og Rengøring af Stationerne 5,000	
5.	Køreløn 1,000	
6.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar 1,500	
7.	Andre og tilfældige Udgifter 500	
		65,000
b)	Togtjenesten:	
1.	Løn til Togpersonalet 9,600	
2.	Uniformer 800	
3.	Rengøring af Vogne 800	
4.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar 200	
5.	Andre og uforudsete Udgifter 100	
		11,500
III.	Baneafdelingen.	
a.	Lønning til Banemester, Baneformand, Banearbejdere og Ledvogtere samt Ekstraarbejdere 39,000	
b.	Uniformer 1,200	
c.	Banelegemet m. Broer og Stenkister samt Veje og Holdepladser 500	
d.	Overbygningen 1,000	
e.	Stationsbygninger og Vogterhuse samt Remiser m. v. 2,000	
f.	Hegn, Stakit, Led og Bomme 200	
g.	Signaler etc. 1,000	
h.	Telegraf og Telefon samt Troljeledning m. v..... 5,000	
i.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar..... 2,000	
k.	Andre og uforudsete Udgifter 100	
		52,000
IV.	Maskinafdelingen.	
a)	Driften:	
1.	Lønning til Vognstyrere, Pudsere og Ekstraarbejdere 16,000	
2.	Uniformer 1,000	
3.	Udgift til Strøm 1,500,000 KWT. à Kr. 0,07 105,000	
4.	Smøring og Pudsning 2,000	
5.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar..... 300	
6.	Andre og tilfældige Udgifter 200	
		124,500
b)	Vedligeholdelse:	
1.	Lønning til Værkmester, Arbejdere og Ekstraassistance 11,600	
2.	Opvarmning og Rengøring af Værksteder 1,000	
3.	Vedligeholdelse af Driftsmateriel 13,000	
4.	Anskaffelse og Vedligeholdelse af Maskiner, Værktøj og Inventar 2,000	
5.	Andre og tilfældige Udgifter 400	
		28,000
	At overføre ..	292,000

		Overført	292,000
V.	Forskellige Udgifter.		
	a. Ulykkesforsikring, Forsikringsforening, Sygekasse..	5,000	
	b. Skatter	4,000	
	c. Benyttelse af fremmede Baners Materiel	3,000	
	d. Billetter, Tryksager, Avertissementer	3,000	
	c. Andre og tilfældige Udgifter	1,000	
			16,000
		Ialt.....	308,000

ad I b.	Direktøren (fælles med Værk, opføres halvt her).....	Kr.	3,000
	1 Bogholder	—	2,000
	1 Assistent	—	1,200
	Anden Assistance	—	800
		Kr.	7,000
ad II a. 1.	Stationsforstanderen i Aarhus tillige Trafikleder	Kr.	3,000
	Stationsforstanderen i Randers	—	2,500
	9 Stationsforstandere paa Krydsningsstationer à 1200 Kr.	—	10,800
	9 stationsbest. Portører paa Holdepladser à 1,000 Kr...	—	9,000
	1 Overassistent i Aarhus	—	2,000
	2 Assistenter à 1200 Kr.	—	2,400
	2 Assistenter à 1000 Kr.	—	2,000
	20 Portører (9 paa Krydsningsst., og 11 i Ar og Rd) à 1000 Kr.	—	20,000
	Elever og Ekstraassistance	—	1,300
		Kr.	53,000
ad II b. 1.	8 Konduktører à 12,000 Kr.	Kr.	96,000
ad III a.	1 Banemester og en Overmontør (Liniemester) à 2000 Kr.	Kr.	4,000
	8 Bane og Ledningsformænd à 1,100 Kr.	—	8,800
	18 Banearbejdere à 900 Kr.	—	16,200
	10 Ledvogtere à 800 Kr.	—	8,000
	Ekstraassistance	—	2,000
		Kr.	39,000
ad IV a. 1.	8 Vognstyrere à 1,500 Kr.	Kr.	12,000
	4 Pudsere à 900 Kr.	—	3,600
	Ekstraassistance	—	400
		Kr.	16,000
ad IV b. 1.	1 Værkmester	Kr.	2,000
	8 Arbejdere à 1,200 Kr.	—	9,000
		Kr.	11,600

For at man kan faa en Ide om en af de danske Privatbaners økonomiske Forhold skal nedenfor gives nogle Oplysninger om Aarhus—Odder—Hou Banen (aabnet 1884). Banens Længde i Drift er 36,2 km, Aktiekapitalen 1 050 000 Kr. (fordelt paa Aarhus Amtsraad 200 000 Kr., Aarhus Byraad 150 000 Kr., 7 Sognekommuner 330 000 Kr., Private 370 000 Kr.).

Banens Personale bestod den 31. Marts 1920[1]) af

Driftsbestyrer (Ingeniør og Kasserer)	1 (1)	Stationsarbejdere	12 (5)
Fuldmægtige	1	Billetsælgersker (Form.s Hustruer)	2 (2
Stationsforstandere (den ene tillige Bogholder)	8 (7)	Togførere	4 (2)
Stationsmestre	2	Togbetjente	6 (6)
Overassistenter	0 (1)	Overbanemestre	1
Assistenter	17 (7)	Banemestre	0 (1)
Medhjælpere	1	Baneformænd	6 (6)
Kontorister	1	Ledvogtersker (Form.s Hustruer)	3 (3)
Elever	6 (6)	Lokomotiv- og Værkmestre	1 (1)
Rangerformænd	1	Lokomotivførere	6 (5)
Pakhusformænd	1	Lokomotivfyrbødere	5 (6)
Overportører	3 (1)	Pudsere	2 (6)
Portører	4 (5)	Haandværkere	6 (5)
		ialt	100 (72)

Stationstjenesten i Aarhus udføres af Statsbanernes Personale.

Driftsmateriellet omfattede 5 (6) Lokomotiver, 15 (14) Personvogne, 2 (2) kombinerede Person- og Kedelvogne, 2 (2) Postvogne, 3 (3) Bagagevogne, 111 (94) Gods- og Kvægvogne; det samlede Antal Pladser i Personvogne var 640 (600) og den samlede Bæreevne af Gods- og Kvægvogne 1 040 000 (835 000) kg.

Togenes Gennemsnitsstørrelse var i 1919/20 17,1 (14,36) Aksler, Besætningen af Personvogne 35,35 % (26,22), Belastningen af Gods- og Kvægvogne 44,38 % (38,72), Middeltransportlængden af hver Rejsende 14,19 (13,66) km, af hver Ton Gods og Kvæg 18,10 (18,17) km, Indtægten af hver Rejsende pr. km. 4,36 (3,20) Øre, af hver Ton Gods og Kvæg pr. km 23,37 (9,63) Øre.

Banens Indtægt var (Tabel 33):

Tabel 33.

	1919—20		1913—14	
Personbefordring		298 171,99		163 511,39
Befordring af Rejsegods		6 465,40		2 367,80
Gods- og Kreaturbefordring		423 488,95		145 932,49
Befordring af Frimærkepakker		12 851,95		5 801,46
Postbefordring		12 646,06		6 494,56
Forskellige Indtægter:				
Telegrambefordring	2 665,28		589,04	
Andre Indtægter ved Stationerne	6 346,47		527,65	
Renter	3 994,77		3 152,73	
Salg af Materialier	1 659,16		2 846,29	
Lejeindtægter	3 885,91		2 046,40	
Fremmede Baner for Lokomotiv- og Vognbenyttelse	3 096,00		1 980,39	
Arbejder for fremmede	1 065,07		1 277,25	
Indtægt af Værkstedet	18 771,96		5 551,32	
		41 484,62		17 971,07
Den samlede Indtægt		795 108,97		342 078,77

[1]) Tallene i Parentes angiver Forholdet den 31. Marts 1914.

Banens Udgift var (Tabel 34):

Tabel 34.

	1919—20		1913—14	
I. *Bestyrelsen og almindelige Udgifter.*				
Bestyrelsen, dennes Rejseudgifter, Revision, Generalforsamling	3 173,33		1 973,76	
Lønning til Driftsbestyrer og Personale paa Hovedkontoret	23 288,55		10 350,00	
Ekstraasistance, Skrivearbejde	1 182,28		252,50	
Rejseudgifter	350,72		170,47	
Kontorudgifter, Porto, Bekendtgørelser, Bladhold	1 320,25		891,78	
Billetter, Godsfrimærker, Tryksager, Protokoller m. m.	7 715,14		2 638,21	
Opvarmning, Belysning, Rengøring	2 188,76		563,88	
Anskaffelse og Vedligeholdelse af Kontorinventar	209,63		251,31	
Skatter, Telefonabonnement, Forsikringer, Vandafgift m. m.	3 889 24		5 790,38	
Uforudsete Udgifter, Provision	27,28		131,90	
		43 345,18		23 013,19
II. *Driftsafdelingen.*				
A. Stationstjenesten.				
Lønninger og midlertidig Assistance	102 813,91		35 697,02	
Dagpenge og Forflyttelsesudgifter	4 028,38		1 029,75	
Uniformer og Udrustningsgenstande	3 729,27		546,67	
Kontorhold, Belysning. Opvarmning og Renholdelse af tjenstlige Lokaler	15 003,79		5 817,97	
Køreleje og Budløn for Godsudbringning	914,18		724,31	
Anskaffelse og Vedligeholdelse af Stationsinventar	1 692,52		1 315,91	
Erstatning for bortkomne og beskadigede Genstande	4 146,87		582,38	
Uforudsete Udgifter, Refusioner	239,85		182,00	
		132 568,77		45 896,01
B. Togtjenesten.				
Lønninger og midlertidig Assistance	26 947,84		9 896,70	
Kørepenge	5 562,75		3 239,70	
Natpenge og Dagpenge samt Overnatningslokaler	816,70		405,50	
Uniformer og Udrustningsgenstande	3 368,18		789,12	
Rengøring, Belysning, Opvarmning og Smøring af Vogne	10 230,15		3 528,40	
Anskaffelse og Vedligeholdelse af Toginventar	1 762,44		2 110,58	
Uforudsete Udgifter	—		—	
		48 688,06		19 970,00
III. *Baneafdelingen.*				
Lønninger til Overbanemester og Formænd	19 259,01		11 042,48	
Bopælsgodtgørelser	—		200,00	
At overføre	19 259,01	224 602,01	11 242,48	88 879,20

	1919—20		1913—14	
Overført	19 259,01	224 602,01	11 242,48	88 879,20
Dagløn til Ekstraarbejdere.	25 128,40		7 931,81	
Olie og andre Forbrugsgenstande	153,42		38,78	
Uniformer og Udrustningsgenstande	1 297,60		135,90	
Banelegemet med Broer, Stenkister og Rørledninger	426.20		67,60	
Overbygning	22 147,85		7 331,43	
Overkørsler, Veje, Holdepladser og Perroner	616,01		396,63	
Telegraf og Telefon	1 082,48		471,38	
Mastesignaler, Sporskiftesikringsanlæg, Faldvisere, Mærkesten. Advarselstavler, Skilderhuse, Indhegning, Ledde og Bomme samt Folde og faste Ramper	1 001,71		1 140,11	
Drejeskiver. Vandkraner, Cisterner, Kulgaarde, Løftekraner og Brovægte	799,08		170,83	
Vedligeholdelse af Bygninger	12 131,08		4 101,07	
Beplantning	10,00		68,72	
Anskaffelse og Vedligeholdelse af Værktøj og Redskaber	2 248,16		614,70	
Snekastning og Foranstaltning imod Snelæg	6 392,94		602,53	
Uforudsete Udgifter	—		30,00	
		92 693,94		34 344,03
IV. *Maskinafdelingen.*				
Lønninger og midlertidig Assistance. . . .	46 946,83		19 458,67	
Kørepenge	8 034,94		3 657,20	
Natpenge og Dagpenge samt Overnatningslokaler.	810,70		405,50	
Brændsel til Lokomotiverne	173 028,08		24 773,83	
Uniformer og Udrustningsgenstande	1 899,47		243,55	
Olie, Talg, Petroleum m. v. til Belysning og Smøring af Lokomotiver.	4 478,48		1,187,63	
Materialer til Pakning og Pudsning	1 626,79		783,65	
Vandforsyning, Udlevering af Kul, Rengøring og Belysning i Remiser	718,36		407,70	
Vedligeholdelse af Lokomotiver	21,108,92		5 063,24	
— - Vogne	40 983,73		19 893,71	
Anskaffelse og Vedligeholdelse af Inventar til Remiser og Kulgaarde	302,07		101,56	
Uforudsete Udgifter	—		—	
		299 938,37		75 976,24
V. *Forskellige Udgifter.*				
Pensioner og Understøttelser	6 594,09		1 027,96	
Tilskud til:				
Sygekassen	2 852,40		570,30	
Alderdoms- og Forsørgelseskassen	358,56		583,20	
Pensionskassen	9 651,58		4 760,80	
Ulykkesforsikring	583,44		579,40	
Forsikringsforeningen	535,65		536,10	
Benyttelse af fremmede Baners Materiel .	—		2 231,35	
At overføre . . .	20 575,72	617 234,32	10 289,11	199 199,47

	1919—20		1913—14	
Overført	20 575,72	617 234,32	10 289,11	199 199,47
Til Statsbanerne for Opstilling af Godsafregning og for Benyttelse af Aarhus Statsbanestation	5 031.92		8 969,44	
Gratiale til Personalet	230,55		701,00	
Uforudsete Udgifter	97,50		1 097,63	
		25 935,69		21 057,18
Dyrtidstillæg for de to første Kvartaler. .		68 406,61		1 252,14
Nye Arbejder og Udvidelser af bestaaende Anlæg				
Den samlede Udgift		711 576,62		221 509,79

	1919—20	1913—14
Indtægten har udgjort	795 108,97	342 078,77
Udgiften har udgjort	711 576,62	221 509,79
Driftsoverskud	83 532,35	120 568,98
Deraf Tantième til Driftsbestyreren	4 176,62	4 822,76
Restoverskud	79 355,73	115 746,22
Hertil kommer: Beholdning fra forrige Driftsaar	33 382,07	—
Henlægges 15 % af Restoverskud til Reservefonden	—	17 361,93
Overskud	112 737,80	98 384,29

I Tabel 35 vil findes en Oversigt over Driften af alle danske Baner 1919—20.

Tabel 35.

	Banenettets Længde	Personale	Rejsende	Person-kilometer	Fragt og Kreaturfærdsel	Tonkilometer	Togkilometer	Indtægt	Udgift	Overskud
	km	Antal	Tusinde	1000 km	1000 ts	1000 km	1000 km	1000 Kr.	1000 Kr.	Overskud
Statsbanerne	2 065	16 714	31 723	1 157 110	8 204	795 777	12 141	138 674	164 301	÷25 627
Privatbanerne . . .	2 229	3 790	13 909	207 914	4 262	80 253	5 840	37 930	32 617	5 313
Tilsammen 1919—20	4 294	20 504	45 632	1 365 024	12 466	885 030	17 981	176 604	196 918	÷20 314
Tilsammen 1918—19	4 263	18 904	42 254	1 230 573	11 451	760 066	16 229	120 723	131 678	÷10 955
Tilsammen 1917—18	4 151	18 428	38 081	1 151 219	10 370	747 206	15 600	95 138	102 578	÷ 7 440

Yderligere Oplysninger om Driften af de enkelte danske Baner vil dels kunne findes i Statsbanernes aarlige Driftsberetninger, dels i Statistiske Efterretninger.

§ 30. **Sammenligning mellem forskellige Vej- eller Banelinier.**

Som Resultat af den foreløbige Undersøgelse af en projekteret Vej eller Jernbane vil der i Almindelighed komme til at foreligge flere forskellige Linier,

der hver for sig giver en rimelig Løsning, og hvorimellem det gælder at vælge den bedste. Man maa derfor udarbejde et kalkulatorisk Overslag over Anlægsudgifterne, hvis vigtigste Poster bliver Udgifterne til Jordarbejde, Gennemløb og Broer, og Vejbefæstelse eller Baneoverbygning. Ved Jernbaner kommer hertil endnu Stationsanlæg, der dog i Reglen kan udelades af Overslagene, da det kun gælder om Sammenligning mellem disse, og Stationerne i Almindelighed vil kræve omtrent samme Beløb, enten den ene eller den anden af Linierne vælges. Større Grund kunde der være til at optælle Vejskæringerne for de forskellige Linier og undersøge, om ikke særlig lange Ramper eller Forlægninger, især af de større Veje, kræver særlige Udgifter til Vejbefæstelse.

Foruden Anlægsudgifterne bør imidlertid ogsaa Driftsudgifterne bestemmes. Her kan man ogsaa i denne Sammenhæng udelade alle de Udgifter, der vil være fælles for alle Linierne, og alene tage Trækkraften i Betragtning, der væsentligst vil afhænge af Stignings- og Krumningsforholdene. En vejledende Oversigt kan man allerede faa ved at sammenstille tabellarisk de forskellige Stigninger med Angivelse af Størrelse og Længde, Summen af alle Stigninger i samme Retning, Kurveradier og Kurvelængder; men en nøjere Sammenligning faas dog bedst ved Bestemmelse af Liniernes virtuelle Længde, hvorved forstaas den Længde, som en retlinet, vandret Færdselsvej af samme Beskaffenhed skulde have, for at Udgiften til Trækkraft kunde blive den samme som for den virkelig foreliggende Linie. Da Udgifterne til Trækkraft paa vandrette Veje af forskellig Længde er proportionale med Længderne vil de virtuelle Længder afgive et Maal for de forskellige Liniers Traktionsudgifter. Spørgsmaalet har maaske formelt størst Interesse for Jernbaner, hvor baade Driftsudgifter og Forrentning af Anlægskapitalen skal afholdes af Fragtindtægten, medens Udgiften til Trækkraft paa en almindelig Vej er fordelt paa mange Hænder; men selv om en ensidig Fremhæven af Anlægskapitalens Betydning ved Valget mellem to Vejlinier fastholdes, kan Bestemmelsen af deres virtuelle Længder dog faa Betydning, naar Anlægsudgifterne er omtrent lige store.

Spørgsmaalet om en Banes virtuelle Længde har interesseret Jernbaneingeniørerne paa et meget tidligt Tidspunkt, idet *Carl Ritter von Ghega* allerede 1844 behandlede det.

I det følgende skal til Belysning af Problemet gengives en Behandling [1]) af det, der er fremkommet i Anledning af Gotthardbanens Elektrificering; man vil af Udviklingen se, at »den virtuelle Længde« ikke alene kan benyttes til at sammenligne forskellige Banelinier med samme Driftssystem, men ogsaa til at sammenligne samme Banelinie med forskellige Driftssystemer. Den følgende Undersøgelse skal kun dreje sig om fuldt læssede Godstog, da Lokomotiverne i Almindelighed kun udnyttes fuldstændig ved Godstog, mens Il- og Persontog er meget afhængige af Variationerne i Trafikken.

Der indføres Begrebet, den virtuelle Koefficient α, der multipliceret med Liniens virkelige Længde L giver den virtuelle Længde L_v. De virtuelle Længder L_v giver da et Maal for de forskellige Liniers Økonomi, idet de tjener som Middel til Sammenligning mellem de vigtigste Transportudgifter.

[1]) Steiner: Die virtuellen Längen bei elektrisch betriebenen Bahnen. Zürich 1919.

Den virtuelle Koefficient α bestemmes ved den Vægt Q i ts, som et Lokomotiv med Vægt i tjenstfærdig Stand M_d og Adhæsionsvægt M_a kan trække. Er paa et Stykke med Stigning s og Længde L Togvægten Q_s, kan Lokomotivet paa vandret Bane transportere mere nemlig Q_h; eller med samme Arbejdsudvikling kan Lokomotivet transportere Togvægten Q_s paa vandret Bane over en større Længde L_v end paa Stigningen s. Forholdet

$$\alpha = \frac{Q_h}{Q_s} \tag{1}$$

kan altsaa ogsaa skrives som Forholdet mellem Længderne

$$\frac{L_v}{L}$$

hvor L_v er den virtuelle Længde

$$L_v = \frac{Q_h}{Q_s} \cdot L = \alpha \cdot L. \tag{2}$$

Den virtuelle Koefficient α er altsaa Forholdet mellem Togvægten paa vandret Bane og Togvægten paa stigende Bane, idet der tages Hensyn til de Toghastigheder, der anvendes.

Adhæsionskoefficienten f er udtrykt ved

$$f = \frac{\text{Trækkraften ved Hjulets Omkreds i kg}}{\text{Lokomotivets Drivhjuls Tryk paa Skinnerne i ts,}}$$

og er R_t Lokomotivets Modstandskoefficient regnet som Vogn uden Maskine, R_g Modstandskoefficienten svarende til Togvægten, har man

$$f \cdot M_a = [(R_t + s) \cdot M_d] + [(R_g + s) \cdot Q]. \tag{3}$$

Trækkraften ved Drivhjulenes Omkreds: $f \cdot M_a$ er lig Modstanden fra Lokomotiv og Vogne.

Er Modstandskoefficienten paa lige og vandret Vej R_0, bliver den paa Stigning s

$$R = R_0 + s,$$

og man kan med stor Tilnærmelse sætte

$$R_t = R_g = R_0.$$

Køres paa Stigning indsættes R_s i Stedet for R_0, og køres paa vandret Vej. indsættes R_h i Stedet for R_0.

Ligning (3) bliver da til

$$f \cdot M_a = (M_d + Q)(R_s + s) \tag{4}$$

Ved at indføre

$$d = \frac{M_d}{M_a} \tag{5}$$

findes følgende Udtryk for Togvægtene

$$Q_h = M_a \left(\frac{f}{R_h} - d \right)$$

$$Q_s = \left(\frac{f}{R_s + s} - d \right) \cdot M_a$$

Den virtuelle Koefficient α bestemmes da ved

$$\alpha = \frac{Q_h}{Q_s} = \frac{\left[\frac{f}{d \cdot R_h} - 1\right] \cdot (R_s + s)}{\frac{f}{d} - (R_s + s)}. \qquad (6)$$

Modstandskoefficienten R beregnes efter de § 13, Punkt 2 angivne Formler, og er, som det vil ses af disse, afhængig af Hastigheden. For Baner, der ligger i Kurve, maa den Stigningsmodstand, der svarer til Modstanden i den paagældende Kurve, lægges til den egentlige Stigningsmodstand. Kurvemodstanden beregnes ved de samme Sted angivne Formler.

Den virtuelle Koefficient er forskellig for Dampdrift og elektrisk Drift, og dette ligger i

1) Adhæsionskoefficienten f er ved elektrisk Drift større end ved Dampdrift.

2) Forholdet $d = \frac{M_d}{M_a}$ er, da der ikke benyttes Tender paa elektriske Baner, betydelig mindre paa elektriske Baner end paa Dampbaner.

3) Stigninger kan passeres med større Hastighed ved elektrisk Drift end ved Dampdrift

ad 1) For Dampdrift kan i Almindelighed benyttes en Koefficient for den glidende Friktion

$$f = \frac{1000}{7}.$$

For elektrisk Drift kan man sætte

$$f = \frac{1000}{6}.$$

ad 2) *W. Kummer* har foreslaaet at regne Vægten af Damplokomotivets Tender med til Lokomotivvægten M. M er da ved Dampbaner Vægten af Lokomotiv og Tender, ved elektriske Baner Vægten af det elektriske Lokomotiv alene. For elektriske Motorvogne er M Vægten af Vognens elektriske Udrustning forøget med Vægten af det Tillæg til de bærende mekaniske Dele, som den elektriske Udrustning kræver.

Under denne Forudsætning bliver Forholdet $d = \frac{M_d}{M_a}$ betydeligt større for Dampdrift end for elektrisk Drift, d. v. s. at Banelinien bliver økonomisk uheldigere stillet ved Dampdrift end ved elektrisk Drift.

Efter *Steiner* kan man for Damplokomotiver (beregnet for de schweiziske Baners Lokomotiver i 1916) sætte

$$d = 2{,}00,$$

og for elektriske Lokomotiver

$$d = 1{,}30.$$

De virtuelle Længder er afhængige af den valgte Hastighedsskala for de forskellige Stigningsforhold. I nedenstaaende Tabel 36 er opstillet de Hastigheder, der nu anvendes paa Gotthardbanen med Dampdrift, og de Hastigheder, der vil blive anvendt, naar den elektriske Drift begynder.

Kørehastigheden forøges mere paa Stigningerne end paa vandret Bane ved Overgang fra Dampdrift til elektrisk Drift.

Talværdierne af α skal nu bestemmes for tre forskellige Tilfælde:

1. Samme Bane benyttes med samme Kørehastighed baade ved Dampdrift og ved elektrisk Drift.

2. Banen benyttes ved Dampdrift og ved elektrisk Drift med forskellige Hastigheder, svarende til Drivkraften.

Tabel 36

Paa Stigning	Iltog		Persontog		Godstog	
	elektrisk	Damp	elektrisk	Damp	elektrisk	Damp
$^0/_{00}$	km/Time	km/Time	km/Time	km Time	km/Time	km/Time
0	85	85	70	55	40	35
5	80	80	70	55	40	35
10	75	68	70	55	40	35
15	68	55	61	50	38	28
20	58	46	51	40	33	23
26	50	40	42,5	31	27,5	19

3. Af to forskellige Linier benyttes den ene med Dampdrift, den anden med elektrisk Drift, og med forskellige Kørehastigheder.

Nedenfor er angivet tre Tabeller over de numeriske Værdier af α. En Sammenligning mellem Værdierne i Tabel 37 og 38 giver Oplysninger om en og sam e Banes Driftsforhold ved Anvendelse af Damp eller Elektricitet; for begge Driftsarter er valgt samme Kørehastighed. En Sammenligning mellem Værdierne α i Tabel 37 og 39 giver den virkelige Forskel mellem de virtuelle Længder ved elektrisk Drift og Dampdrift baade for samme Banelinie og for forskellige Linier mellem to Punkter.

Ved Beregningen nedenfor er benyttet

$$R_0 = 1{,}2 + 0{,}02 \cdot V + 0{,}0005\, V^2$$

$$\alpha = \frac{\left[\frac{f}{d \cdot R_h} - 1\right] \cdot (R_s + s)}{\frac{f}{d} - (R_s + s)}.$$

For Dampdrift har man:

$$f = \tfrac{1000}{7}; \quad d = 2{,}0; \quad R_h = 2{,}51 \text{ kg/t}$$

og altsaa

$$\alpha = \frac{27{,}422\,(R_s + s)}{71{,}428 - (R_s + s)}.$$

For elektrisk Drift har man:

a) For de Hastigheder, der anvendes ved Dampdrift

$$f = \tfrac{1000}{6} \text{ kg/t}; \quad d = 1{,}3; \quad R_h = 2{,}51 \text{ kg/t}$$

og altsaa

$$\alpha = \frac{51{,}015 \cdot (R_s + s)}{128{,}205 - (R_s + s)}.$$

b) For de Hastigheder, der i Virkeligheden anvendes ved elektrisk Drift

$$f = \tfrac{1000}{6} \text{ kg/t}; \quad d = 1{,}3; \quad R_h = 2{,}80 \text{ kg/t}$$

og altsaa

$$\alpha = \frac{44{,}787 \cdot (R_s + s)}{128{,}205 - (R_s + s)}.$$

De virtuelle Koefficienter α bliver da

Tabel 37. Værdierne af α for Dampdrift.

Stigning s	Hastighed V	$R_s + s$	Virtuel Koefficient α
‰	km/Time		
0	35	2,513	1,00
3	35	5,513	2,29
5	35	7,513	3,22
10	35	12,513	5,82
15	28	17,152	8,67
20	23	21,925	12,15
25	20	26,800	16,47
30	20	31,800	22,01
35	20	36,800	29,14
40	20	41,800	38,69
45	20	46,800	52,11
50	20	51,800	72,37

Tabel 38. Værdierne af α for elektrisk Drift med samme Hastighed som ved Dampdrift.

Stigning s	Hastighed V	$R_s + s$	Virtuel Koefficient α
‰	km/Time		
0	35	2,513	1,00
3	35	5,513	2,29
5	35	7,513	3,18
10	35	12,513	5,52
15	28	17,152	7,88
20	23	21,925	10,52
25	20	26,800	13,48
30	20	31,800	16,83
35	20	36,800	20,54
40	20	41,800	24,68
45	20	46,800	29,33
50	20	51,800	34,59

Tabel 39. Værdierne af α for virkelig elektrisk Drift.

Stigning s	Hastighed V	$R_s + s$	Virtuel Koefficient α
‰	km/Time		
0	40	2,800	1,00
3	40	5,800	2,12
5	40	7,800	2,90
10	40	12,800	4,97
15	38	17,682	7,17
20	33	22,405	9,48
25	28	27,152	12,03
30	28	32,152	14,99
35	28	37,152	18,27
40	28	42,152	21,93
45	28	47,152	26,06
50	28	52,152	30,71

Man vil ogsaa heraf se, hvorledes den elektriske Drift navnlig paa stærke Stigninger er fordelagtigere end Dampdrift.

Som Eksempel paa Størrelsen af den virtuelle Længde, det virtuelle Forholdstal og største virtuelle Koefficient, beregnet efter Lindners[1]) Metode, skal nedenfor gives Oplysninger om nogle norske Baner (Tabel 40).

Tabel 40.

Bane	Banelængde	Virtuelle Længde		Virtuelle Forholdstal		Største virtuelle Koefficient	
		Op	Ned[1])	Op	Ned[1])	Op	Ned[1])
	km	km	km				
Kristiania—Riksgrensen.	170,1	329	266	1,9	1,6	9,4	5,3
Ski—Sarpsborg	79,0	141	180	1.8	2,3	5,9	5,6
Kristiania—Gjövik	123,3	387	345	3,1	2,8	8,8	8,1
Kristiania—Drammen . .	52,9	112	108	1,1	2,0	5,9	6,7
Drammen—Skien . . .	151,2	300	294	2,0	2,0	8,0	5,8
Hønefoss—Gulsvik . . .	51,2	123	103	2,4	2,0	7,7	5,7
Gulsvik—Ustaoset . . .	122,5	447	105	3,6	0,9	7,9	5,6
Ustaoset—Voss	122,5	208	564	1,7	4,6	7,7	8,5
Voss—Bergen	107,0	204	228	1,9	2,1	9,5	9,0
Narvik—Riksgrensen (Ofotbanen)	41,9	230	22	5,5	0,5	6,8	3,6
Hovedbanen (Kristiania —Eidsvold)	67,8	153	101	2,3	1,5	9,9	7,2

[1]) »Ned« betegner Retningen til Kristiania, Ofotbanen dog til Narvik.

Ved »*Tariflængde*« forstaas den Længde, der lægges til Grund ved Beregning af Banens Priser, for at man, uden at forandre de almindelige Enhedspriser, dog kan holde Banestykker med særlig vanskelige og kostbare Driftsstrækninger skadesløse for deres højere Driftsudgifter. Man har saaledes undertiden for Baner, der har stærkere Stigningsforhold end 15 ‰ multipliceret Længden af saadanne Strækninger med 1,5 ved Takstberegningen; det er altsaa paa en Maade en Anvendelse af Princippet om den virtuelle Længde. Noget lignende gøres paa de danske Statsbaner for Færgeoverfarternes Vedkommende.

§ 31. Forretningsgangen ved Vej- og Jernbaneanlæg.

1. Liniens endelige Vedtagelse og Besigtigelse.

Da Anlæget af offentlige Samfærdselsveje spiller en saa stor Rolle for et Lands økonomiske Udvikling og griber ind i saa mange private Forhold, er det naturligt, at Statsmagten ved Lovbestemmelser søger at skaffe gunstige Betingelser for Udfø-

[1]) *Lindner* (Zürich 1879) sætter den virtuelle Længde

$$L_v = (\alpha + \beta - 1) . L,$$

hvor L er den virkelige Længde, α er Forholdet mellem Togmodstandene paa stigende og paa vandret Bane, β den tilsvarende Koefficient for Kurverne.

relsen og at regulere den saaledes, at private Interesser ikke krænkes uden Erstatning, men heller ikke kan stille sig hindrende i Vejen for en almennyttig Foranstaltning. Ved Jernbaneanlæg, der ere bestemte for almindelig Person- og Godsbefordring, sikrer Staten sig desuden en indgribende Kontrol med Udførelsen at Arbejdet, fordi en mangelfuld Konstruktion af Banen eller dens Materiel kan udsætte Hvermands Liv eller Ejendom for Fare, medens en privat Bane, bygget paa privat Grund, f. Eks. i industrielt Øjemed, næppe underkastes særlig Kontrol ud over det, som gælder for al anden industriel Virksomhed.

De Lettelser, som Staten byder for Jernbaneanlæg, gaar i Almindelighed ud paa Tilstaaelse af Ekspropriationsret og større eller mindre kontante Tilskud til Anlægget, men kan ogsaa antage andre Former. Eksempelvis skal blot nævnes, at private Selskaber, der har anlagt Baner i kolonisatoriske Øjemed i ubebyggede Egne, undertiden af Staten har faaet overdraget som Ejendom store Landstrækninger langs de nye Banelinier.

Sikkerhed for god og forsvarlig Udførelse søger man opnaaet, dels ved en direkte Kontrol fra Statens Side, dels ved at paalægge Baneselskaberne en vidtgaaende Erstatsningspligt i Tilfælde af Ulykke paa Liv eller Ejendom.

I Almindelighed vil et Tilsyn fra Statens Side, baade med Anlæg og Drift, ikke befri det private Baneselskab fra Erstatningspligt for Ulykker, foraarsagede ved Fejl i Materiellet eller fra Funktionærernes Side, en Pligt, som Staten i Reglen ogsaa paatager sig for sine egne Baner.

I Danmark dannes Grundlaget for Lovbestemmelserne om Jernbanebygning af Ekspropriationsloven af 5. Marts 1845, der senere er suppleret med en Række forskellige Love.

For at en Bane kan nyde godt af de lovmæssige Regler, maa der af Rigsdagen vedtages en særlig Lov, der enten foreskriver, at den skal bygges for Statens Regning, eller giver Ministeriet for offentlige Arbejder Bemyndigelse til at meddele Private Koncession paa dens Bygning og saa i Reglen tillige fastsætter visse Kvotadele af Anlægsudgifterne, der skal ydes som Bidrag af Stat eller Kommune. Eksempelvis kan nævnes, at flere private Baner i den senere Tid bygges paa den Maade, at et Amtsraad faar Koncession paa Anlæg og Drift af Banen, og at Halvdelen af Kapitalen tilvejebringes ved Aktietegning af Amtet, de interesserede Sogne- og Købstadkommuner og Privatmænd, medens Staten indtræder som Aktionær i Anlægget med den anden Halvdel af Kapitalen.

Der foreligger Eksempler paa saadanne særlige Jernbanelove, der omfatter et større Antal af forskellige Linier, for hvilke end ikke den foreløbige Undersøgelse er tilendebragt; som Regel maa man dog gaa ud fra, at Linien skal være nogenlunde bestemt, inden Loven om dens Bygning kan vedtages.

Drejer det sig om en Statsbane, vil Forundersøgelserne, saavelsom den endelige Projektering og Ledelsen af Bygningen, blive udført af Statsbanernes Baneafdeling.

Til en privat Bane kan derimod enhver gøre Forslag ved at indsende Koncessionsbegæring, ledsaget af et foreløbigt Projekt, til Ministeriet for offentlige Arbejder, der saa lader Linien undersøge nærmere af Statens tekniske Tilsyn med Privatbaneanlæg.

Naar Linien er foreløbig godkendt, Loven om Banens Bygning vedtaget og de derved stipulerede Pengemidler sikrede, foretages Udstikning, Opmaaling og Nivellement, og der udnævnes af Kongen en Kommissarius som Formand for en Besigtigelses- og Ekspropriationskommission, og af Ministeriet for offentlige Arbejder en ledende Landinspektør som Formand for en Taksationskommission.

Besigtigelses- og Ekspropriationskommissionen bestaar, foruden af den kongelige Kommissarius, af fire Medlemmer, hvoraf de to udnævnes af Ministeriet for hele Baneanlægget, de to andre af Amtet for den Strækning af Banen, der ligger i vedkommende Amt. Til Deltagelse i Kommissionens Forhandlinger udnævnes for hver Sogne- og Købstadkommune af vedkommende Kommunalbestyrelse to Dele-

gerede, der skal bistaa Kommissionen med Oplysninger vedrørende lokale Forhold og forebringe Sogne- eller Byraadets Ønsker angaaende Stationer og Vejforbindelser, med Fuldmagt til paa dets Vegne eventuelt at overtage en Vedligeholdelsespligt, som i den Anledning maatte blive paalagt det af Kommissionen. For saa vidt Landeveje eller Hovedvandløb berøres af Banen, lader Amtet møde ved sin Vejinspektør og Vandløbsinspektør.

I Kommissionens Møder deltager endvidere den ledende Landinspektør, den Ingeniør, der har foretaget Linieudstikningen — for Statsbaners Vedkommende Overingeniøren — samt ved private Baner Koncessionshaveren og Statens kontrollerende Ingeniør.

Til Brug for Kommissionen skal foreligge: Planbogen i to Eksemplarer, minorerede Matrikulskort i 1 : 20000, med Linien indlagt over de rigtige Lodder, i tilstrækkelige Eksemplarer til hver af Deltagerne i Kommissionsforhandlingerne, samt Længdeprofil med indlagt Planum, og Beskrivelse af Linien med Forslag til Gennemløb, Overkørsler og Stationsanlæg. Kommissionen gennemvandrer den udstukne Linie og godkender den eller forlanger Forslag til dens Forlægning, træffer Afgørelse om Gennemløbenes Størrelse og Beliggenhed, Overkørsler og Stationer, og optager derover en Protokol, hvis Bestemmelser bliver Norm for Banens Bygning. Til Afgørelse af Detailspørgsmaal vedrørende Afvanding udenfor Banelegemet afholdes en Vandsynsforretning, hvor Sagen forhandles mellem den projekterende Ingeniør og Vandsynsmændene.

Efter at eventuelle Ændringer i Linien er udførte og godkendte, indstiller Kommissionen hele Linien med Fordelingen af Stationerne til Approbation af Ministeriet for offentlige Arbejder.

Lovbestemmelserne vedrørende Anlæg af nye offentlige Veje indcholdes i Forordningen af 13. December 1793 om Bygning af Veje i Danmark og Loven af 6. April 1860 om Vejbestyrelsens Overgang til Amts- og Sognekommunerne. Med det kommunale Selvstyre i Vejsager følger, at Formerne for Forretningsgangen ved nye Vejes Anlæg er lidt mindre faste end ved Jernbaneanlæg.

Vejbestyrelsen lader udarbejde et Projekt — i Reglen af Amtsvejinspektøren — og naar dette er vedtaget, af Amtsraadet for Landevejene, af Sogneraadet for Bivejene, indhentes henholdsvis Ministeriet for offentlige Arbejders eller Amtsraadets Samtykke til, at Vejanlæget udføres efter Projektet. Naar Linien er udstukket, foretages helst en Besigtigelse af den ved en Forretning, der ledes af Vejinspektøren paa Amtets Vegne, med Delegerede fra Amtsraad, de interesserede Sogneraad, Vandsynsmænd, samtlige Lodsejere og den Landinspektør, der skal lede mulige Taksationer af eksproprierede Arealer. Til denne Forretning skal foreligge et Kort (Planbog) over Linien, der er udarbejdet af Landinspektøren, samt Projektet. Forhandlingerne drejer sig om Hensigtsmæssigheden af de ved Projektet foreslaaede Foranstaltninger for Vandafledningen, om Gennemløb under Vejen og Anbringelsen af Overkørsler til Ejendommene, og de vedtagne Bestemmelser indføres i en Protokol af Vejinspektøren. Tillige skal man om muligt faa Lodsejernes Billigelse af det fremlagte Projekt og undersøge, hvorvidt de frivillig vil afstaa Jorden mod en vis Betaling efter fælles Overenskomst, eller den skal eksproprieres. Selv om Jorden bliver erklæret for eksproprieret, gør Vejinspektøren Forligstilbud paa Amtsraadets Vegne, og modtages det ikke, maa Erstatningen fastsættes ved Taksation.

Besigtigelsesforretningen er ikke bestemt foreskrevet ved Vejanlæg og erstattes undertiden dels ved en Vandsynsforretning, dels ved private Forhandlinger mellem Vejinspektøren og de enkelte Lodsejere.

2. Ekspropriationen.

Naar Besigtigelsen af en Banelinie er tilendebragt, skal Jordberegningen revideres, hele Projektet gøres færdigt, og Arbejdet bortliciteres. Efter at Fortegnelsen over de Arealer, der skal erhverves, er udarbejdet, kan Ekspropriationen foregaa.

Ved Bekendtgørelser i de stedlige Blade indvarsles Lodsejerne til at give Møde for Ekspropriationskommissionen, hvilken Bekendtgørelse tillige tjener til Efterretning for Pantekreditorer.

Ekspropriationen udføres af den samme Kommission, som har foretaget Besigtigelsen, og dens Møder overværes af Repræsentanter for Koncessionshaverne, Anlægsingeniøren, den ledende Landinspektør og Anlægsentreprenøren — hvis Arbejdet er bortliciteret —, idet visse Erstatninger for midlertidig Skade skal udredes direkte af ham.

Kommissionen forhandler med hver enkelt Lodsejer og gør Forligstilbud med Hensyn til Erstatningen for det afgivne Areal efter at have taget dette i Øjesyn. Tilbudet omfatter Jordprisen, Tab af Afgrøde eller udført Markarbejde, fremtidige Driftsulemper, Omlægning af Sædskifter, Forandring af Drænledninger og Vandinger, eksproprierede Bygninger og Omtækning med ildfast Tag af Bygninger, der ligger for nær ved Banen.

Hvis Forligstilbudet ikke modtages, henvises Erstatningens Fastsættelse til Taksationskommissionen, men for saa vidt Jorden har forskellig Ejer og Bruger, bestemmer Ekspropriationskommissionen det Forhold, i hvilket Erstatningen skal fordeles imellem dem; Jorden kan f. Eks. være bortforpagtet og Forpagteren faa tilkendt dels hele Erstatningen for midlertidig Skade, dels Godtgørelse fra Ejeren af en Del af Afgiften for den resterende Forpagtningstid. Ved bortfæstede Jorder godtgør Ejeren Fæsteren 4 % af Erstatningssummen i den aarlige Fæsteafgift.

Til Afstaaelse for bestandig kan eksproprieres alt til selve Banen og dens Tilbehør nødvendigt Areal, nye Vejforbindelser samt saadanne fraskaarne Hjørner, der er for smaa til at drives som selvstændig Lod og vanskelig kan faa Forbindelse med Hovedlodden. Man søger saa vidt muligt at opnaa Magelæg mellem slige fraskaarne Hjørner eller Overenskomst med en Nabo om, at han overtager det mod Afkortning i sit Erstatningsbeløb. Opnaas en saadan Ordning ikke, forbliver et fraskaaret Hjørne i Banens Besiddelse og faar da særligt Matrikulsnummer.

Taksationskommissionen bestaar af den ledende Landinspektør som Formand og fire edsvorne Taksatorer, to faste, der udnævnes for hele Banen af Ministeriet for offentlige Arbejder, og to lokale, der udnævnes af Amtet for Landkommunernes Vedkommende og af Kommunalbestyrelsen for Købstæderne, samt endelig en af Ministeriet valgt Opmand til Afgørelse af Uenighed mellem Taksatorerne. Til Vurdering af specielle Ting, som Bygninger, Haveanlæg, Skove, kan Kommissionen tilkalde særlige Sagkyndige.

Formanden klarlægger de forskellige Momenter, der bliver at tage i Betragtning ved Taksationen, men har selv ikke nogen Stemme med Hensyn til Erstatningsbeløbets Størrelse, der afgøres ved Stemmeflerhed. Ved lige Stemmer for to forskellige Beløb, f. Eks. de faste Taksatorer mod de lokale, afgør Opmanden Sagen alene, enten ved at vælge et af de foreslaaede Beløb eller ved at gaa imellem dem. Over de foretagne Taksationer fører den ledende Landinspektør en Protokol, hvoraf Ekstraktudskrifter tilstilles de enkelte Lodsejere.

Som ledende Princip i Forordningen af $^5/_3$ 1845 gælder oprindelig, at den Mand, hvis Ejendom berøres af Jernbanen, skal have fuld Erstatning for al Skade og Ulempe efter en rimelig Pris svarende til vedkommende Tings Værdi i Handel og Vandel. Affektionsværdi betales ikke, og det tages ikke i Betragtning, at en Ejendom mulig kan stige i Værdi paa Grund af Baneanlægget. Derimod tages Hensyn til saadanne Forhold, der i Almindelighed giver Ejendommen forøget Værdi, f. Eks. en særlig smuk Beliggenhed, ligesom en Ejendoms Skatteforhold selvfølgelig har Betydning for Værdiansættelsen.

Det kan imidlertid hænde, at et Baneanlæg influerer paa Ejendomme, hvorfra der ikke tages Jord til Banen. Eksempelvis kan Vandet gaa bort i Brønde i Nærheden af dybe Gennemskæringer, og hvis Brøndens Ejer har afgivet Grund til Banen, vil han ogsaa faa Erstatning for at grave sin Brønd dybere, medens Naboen, som ikke har afgivet Jord, i Almindelighed næppe vil faa Erstatning for sin Brønd.

Hvor saadanne Forhold fremtræder grelt, kan de sædvanlige Erstatningsregler synes ubillige, men er det næppe, da Banen maa have samme Dispositionsret over sit Areal, f. Eks. til Udgravning eller Anlæg af dybe Brønde, som enhver anden Lodsejer.

Bestemmelserne i Loven af $^{12}/_{4}$ 1889 om Erstatning for Skade, foranlediget ved Opstilling af Sneskærme paa Banens Grund, er mere liberale, idet enhver Lodsejer, hvis Jord skades ved Snelæg, der foranlediges af Skærmene, kan gøre Fordring paa Erstatning. Dennes Størrelse er i Reglen blevet fastsat til et Pengebeløb én Gang for alle omtrentlig svarende til fuld Jordpris for en Jordstrimmel af 5,65 m (9 Alens) Bredde langs Banen.

Til Baneanlæget kan eksproprieres Jord ikke blot til permanent Brug, men ogsaa til midlertidig Benyttelse til Oplagspladser, til Udgravning af Fyld eller Ballast. Erstatningen herfor fastsættes i Reglen som Forskellen mellem Jordens Værdi før og efter Benyttelsen, hver for sig bestemt ved særlig Taksation, men uden Hensyn til Specialværdien af det bortførte Jord- eller Grusmateriale. Denne Bestemmelse er ved Lov af $^{15}/_{5}$ 1868 udvidet til ogsaa at omfatte Vedligeholdelsen af Statsbanerne i Analogi med Bestemmelser, der gælder for offentlige Veje, dog med den Forskel, at der erlægges særlig Betaling for Værdien af de Sten, der bortføres fra Ejendommen.

Grundreglerne for Ekspropriation til Vejanlæg ere givne i den Del af Forordningen af $^{13}/_{12}$ 1793, som vedblev at gælde, efter at Vejbestyrelsen ved Lov af $^{6}/_{4}$ 1860 var overført til Kommunerne. Lodsejerne er derefter pligtige at afgive Jorden mod »billig« Erstatning, dels af Jordværdien, dels af Tab og Skade, der paa anden Maade paaføres Lodsejeren ved Vejanlægget, f. Eks. Afgrødetab, Overskæring af Jordlodden, midlertidig Benyttelse af visse Arealer o. s. v.

For saa vidt Lodsejeren ikke modtager det Forligstilbud, som Vejinspektøren gør ham paa Amtets Vegne, skal Erstatningen fastsættes ved Taksation, der udføres af to af Retten i den paagældende Jurisdiktion udmeldte og edsvorne Mænd ved en Forretning, som ledes af en Landinspektør, ligesom ved Taksationsforretninger i Anledning af Jernbaneanlæg. Den ledende Landinspektør har heller ikke her nogen Stemme med Hensyn til Erstatningssummens Størrelse, men skal sørge for, at de forskellige Momenter til dens Fastsættelse ligger klart for Taksatorerne. Ved Ekspropriationer til Vejanlæg er det Hovedreglen, at de til Vejen afstaaede Arealer ikke skyldsættes særlig, saa at ingen paa dem faldende Kvotadel bortfalder, saaledes som ved Jernbaneanlæg. Skatterne forbliver med visse Undtagelser uforandrede hvilende paa Hovedejendommen. I alle Tilfælde, hvor Skattebyrden paa Hovedejendommen bliver uforandret, uagtet der afgives Jord til Vejen, maa der tages Hensyn dertil ved Erstatningens Fastsættelse, og derom maa den ledende Landinspektør altsaa skønne ved Hjælp af Arealfortegnelsen og Boniteringstaksterne paa Matrikulskortet

Derimod er det lige saa lidt ved Vejanlæg som ved Jernbaneanlæg tilladt at tage Hensyn til, at Ejendommen mulig kan stige i Værdi paa Grund af Vejens Anlæg, for saa vidt det drejer sig om Amtskommuner eller Købstæder. I Kjøbenhavn, ved Ekspropriation til Gadeanlæg, kan et saadant Hensyn tages, hvorved de kontante Erstatningsbeløb undertiden kan formindskes ganske betydeligt. I enkelte andre Lande, f. Eks. i Frankrig, er dette Princip helt gennemført i Ekspropriationslovgivningen.

Efter at Erstatningerne er fastsatte, bliver Taksationsforretningen afhjemlet ved Taksationsmændenes edelige Bekræftelse inden den Ret, ved hvilken de er udmeldte.

Er Vejvæsenet eller Lodsejeren ikke tilfreds med Taksationen, staar det enhver af Parterne frit at begære Overtaksation, naar det blot sker inden Afhjemlingen, hvilket praktisk betyder, at Begæringen derom skal fremsættes snarest muligt. Overtaksationen udføres derefter af fire ved samme Ret udmeldte Overtaksationsmænd og skal ledes af samme Landinspektør, som har ledet den første Taksationsforretning. Omkostningerne herved paalægges den Part, hvem Sagen gaar imod.

Ekspropriationen kan omfatte ikke blot de til Vejen eller dens Tilbehør nødvendige Arealer (Stenpladser f. Eks.), men ogsaa Vejmateriale, som Jord, Sten, Grus

og Sand. I Forordningen af 13' December 1793 bestemmes, at Vejbestyrelsen er berettiget til at tage disse Materialer, hvor de findes nærmest Vejen, og at vedkommende Ejer er pligtig at finde sig i disse Materialers Opgravning uden Betaling, men mod »billig« Erstatning for den Skade, der ved Grusgravning og Kørsel paaføres hans Ejendom. Selve Vejmaterialet behøver Vejbestyrelsen altsaa ikke at betale.

Er en Grusgrav aabnet paa privat Grund, betales aarlig for Afsavnet af Jorden, og naar den atter forlades, betales for dens Sløjfning og den nødvendige Grundforbedring, for at den atter kan blive Agerland, samt den mulige bestandige Forringelse af Ejendommens Værdi. Erstatningen fastsættes ved mindelig Overenskomst eller ved Taksation efter de sædvanlige Regler.

Haver og Lystskove ere fritagne for Forpligtelsen til at afgive Vejmateriale. Retten for Vejvæsenet til at tilegne sig Sten paa Markerne maa ligeledes anses betinget af, at Ejeren ikke selv ved at opgrave dem, eller køre dem sammen i Bunker, ved Sprængning eller anden Bearbejdelse har tilkendegivet selv at ville benytte dem, forinden det ved Kirkestævne eller paa anden Maade er lovlig bekendtgjort, at Vejvæsenet i Anledning af stedfindende Landevejsarbejder der i Egnen vil benytte sin Rette til at tage Sten paa Markerne.

Hvor Fortidsminder agtes berørte ved Vejanlæg, maa det ikke ske, forinden Nationalmusæet har faaet Underretning derom og Lejlighed til at anstille en Undersøgelse og udtale sig om, hvorvidt Mindesmærket mulig bør bevares.

3. Ejendomskort og Erstatningsberegning.

Naar Anlæget er saa vidt fuldført, at de endelige Grænser er afmærkede ved Hegn eller paa anden Maade, lader den ledende Landinspektør foretage en Opmaaling af de nye Grænser og indlægger dem, med paaskrevne Maal, paa Planbogsopmaalingen; Kopier af denne Opmaaling, ligeledes med Maal til alle Grænsepunkter, udfærdiges som Ejendomskort og afgiver for Fremtiden Hjemmel for Banens eller Vejvæsenets Ejendomsret. Ejendomskortene over Baner udfærdiges i to Eksemplarer og udstedes med de samme Signaturer som Planbogen, kun med den Forskel, at Midtlinien trækkes med en blaa Linie, og at Grænserne for de under Banen indragne Arealer fremhæves ved grøn Skygge og Maal indskrevne med blaat, medens eksproprierede Arealer, der faar særligt Matrikulsnummer og Skyldsætning og holdes udenfor Banen, overlægges med svag rød Farve og skygges med rødt. Vej- og Vandløbsforlægninger, offentlige og private Vejramper udenfor det egentlige Banelegeme og Stationsveje, der overtages af det kommunale Vejvæsen til Vedligeholdelse, indrages ikke under Banen, men bliver formelt under de oprindelige Ejendomme; paa Ejendomskortet holdes de altsaa udenfor den grønne Skygge

For Ejendomskortet over en almindelig Vej er der ikke foreskrevet bestemte Signaturer, men Grænselinierne fremhæves ofte, f. Eks. ved grøn Skygge, og til alle Grænsepunkter skal Maalene indskrives paa Kortet.

Paa Grundlag af sine Opmaalinger og Ekspropriations- og Taksationskommissionernes Protokoller udfærdiger den ledende Landinspektør en detailleret Erstatningsberegning, der for hver enkelt Lodsejer indeholder samtlige Erstatningsposter med Angivelse af de afstaaede Arealers Størrelse og særlig Rubricering, eftersom de er inddragne under Banen (grøn Skygge), erhvervede udenfor Banen og mulig atter afhændede (rød Skygge) eller forbliver under Ejendommen (uden Skygge paa Kortet). Af samtlige Erstatninger for varig Skade beregnes 4% Rente fra Ekspropriationsdagen til Udbetalingsdagen, enten en af den kongelige Kommissarius fastsat Termin, inden hvilken samtlige Beregninger kan være færdige og det afsluttende Regnskabsmøde holdt, eller den virkelige Udbetalingsdag, for saa vidt Lodsejerne inden Regnskabsmødet forskudsvis har hævet en større eller mindre Del af Erstatningsbeløbet. Enhver Lodsejer maa fremlægge Attest fra sine Panthavere, at de tillader, at Erstatningssummen udbetales til Ejeren, men kan saa ogsaa hæve Forskud paa den saa hurtig efter Ekspropriationen, som den ledende

Landinspektør med nogenlunde Sikkerhed kan bedømme Erstatningens Størrelse, og indenfor det af ham opgivne Beløb.

For Vejanlæg udfører den ledende Landinspektør en Erstatningsberegning ligesom for Jernbaner, og naar Erstatningerne ere opgjorte og samtlige Arbejder i Marken færdige, bør der helst afholdes en Afslutningsforretning med samme Deltagere som ved Besigtigelsen, hvorved fremlægges en Beskrivelse af Vejen med alle Underløb, Rørledninger og Overkørsler og Angivelse af deres Dimensioner og Konstruktion. Indholdet vil væsentlig blive det samme som af den ved Besigtigelsen optagne Protokol med Indførelse af de Ændringer, som under Arbejdet har vist sig nødvendige og hensigtsmæssige. Denne Beskrivelse saavel som Ejendomskortene faar ved Forretningen Paategning om, at de for Fremtiden tjener som Hjemmel ved Afgørelse af Tvistemaal mellem Vejvæsenet og Lodsejerne.

Foruden Erstatningsberegningen skal den ledende Landinspektør ogsaa udfærdige og indsende til Matrikulskontoret en Beregning over Afgangen i Ejendoms skatter for de til en Bane indtagne Arealer ledsaget af et Matrikulskopikort med Banens Grænser indlagte. De dertil fornødne Matrikulskopikort og Udskrifter af Matrikulen rekvireres mod Betaling i Matrikulskontoret. For Vejanlæg indsender den ledende Landinspektør ligeledes Matrikulskopikort med Grænserne for den nye Vej og Beregning over de Arealer, for hvilke der skal gives Afgang i Ejendomsskatter, men de dertil fornødne Kort kan gennem Amtet rekvireres uden Vederlag i Matrikulskontoret.

§ 32. Eksempel paa den foreløbige Bestemmelse af en Jernbanelinie.

Opgave.

Som Del af en Jernbane imellem Næstved og Ringsted skal der udarbejdes en Tracé til Overgangen over Susaadalen valgt saaledes mellem Linien Sandby-Vetterslev i Øst og Vrangstrup i Vest, at der kan lægges Station for Sandby og Holdeplads for Høm. Banen tænkes bygget som normalsporet let Lokalbane. Tracéen behandles kun for Strækningen imellem Sandby Station og Høm Holdeplads.

Indledning.

En letbygget Lokalbane mellem Ringsted og Næstved vil indtil Sandby i store Træk komme til at følge Hovedlandevejen mellem de to Byer. Fra Sandby mod Syd indtil Herluflille og Herlufmagle findes langs Landevejen ingen større samlet Bebyggelse, medens der i Terrainet Vest for Landevejen ligger de store Landsbyer Glumsø og Skjelby. Som Bebyggelsen er, kan der formentlig ikke være Tvivl om, at Banen vil blive ført over Glumsø; om den herfra vil blive ført videre over Skjelby eller Herlufmagle er derimod naturligvis mindre afgjort. men dette er for den foreliggende Opgave uden Betydning. Men Banen bør altsaa ved Sandby ende saaledes, at den kan fortsættes mod Glumsø, der ligger ca. 4 km ret SV. for Sandby.

Terrainbeskrivelse.

Betragter man Terrainet mellem Høm og Sandby (paa Kortet (Fig. 112) er lagt Skygge langs Horizontalkurverne*), men Kortets Farvelægning bør helst udføres saaledes, at der f. Eks. paa Arealet mellem 10 og 20 m Kurverne lægges gul Farve, mellem 20 og 30 m Kurverne grøn, mellem 30 og 40 m Kurverne neutral, mellem 40 og 50 m Kurverne rød o. s. v., for at Terrainets Form skal træde tydeligt frem) springer det straks i Øjnene, at det faar sit Præg ved de fremtrædende Bakkepartier, der

*) Farverne er ikke overført, men Skyggen viser sig sort i Fig. 112.

grupperer sig omkring de efter danske Forhold betydelige Aaløb, Susaaen og Ringsted Aa, og den mindre Lilleaa. Susaaen kommer fra Vest, optager ved Vrangstrup Ringsted Aa og løber derefter mod Syd-Øst mellem Sandby og Vetterslev i en Afstand af ca. 1400 m fra Sandby. Ringsted Aa har mellem Vrangstrup og Høm Hovedretning fra Øst mod Syd-Sydvest; mellem Ringsted og Høm er dens Hovedretning Nord—Syd; den passerer saaledes Nord-Vest om Høm i en Afstand af ca. 700 m.

Nord for Høm modtager Ringsted Aa Tilløb af Lilleaa, der kommer fra Egnen om Tolstrup med Hovedretning Øst—Vest. Høm ligger ca. 800 m Syd for Lilleaa. Lilleaaens Bredde og Vandføring er i Forhold til Susaas og Ringsted Aas lille; den faar Betydning for et Jernbaneanlæg mellem Ringsted og Høm, ved at dens Dal skærer sig ind vinkelret paa Linien Ringsted—Høm, og Højdeforskellen mellem dens Bredder og Høm er ca. 20 m.

Syd for Susaaen, umiddelbart Syd for Linien Sandby—Tybjerg hæver Terrainet sig i en fremtrædende Højderyg til Højder af indtil 60—70 m. Mod Vest taber denne Højderyg sig og falder allerede ca. 1000 m Vest for Sandby til en Højde af ca. 40 m, mens Højden umiddelbart Syd for Sandby er ca. 60 m.

Nord-Vest for Linien Sandby—Vetterslev løber en lavere Udløber fra Højdepartiet i nordvestlig Retning imod Vrangstrup. Udløberen staar med en meget smal Hals omtrent i selve Linien Sandby-Vetterslev i Forbindelse med Højderyggen. Vest for denne Udløber gaar en større Lavning fra Vrangstrup ned mod Sandby.

I Rummet Øst for Susaa—Ringsted Aa er Højdepartierne lavere (indtil 40—50 m) i det Terrain, der berøres i den foreliggende Opgave. Øst for Linien Vetterslev —Mulstrup findes saaledes et saadant sammenhængende Højdeparti med Højder over 40 m. Landsbyen Høm ligger højt paa en enlig Knude, hvis største Højde umiddelbart Øst for Landsbyen naar 45 m. Mod Nord begrænses det foreliggende Terrain af Højderne Syd for Ringsted og Jernbanelinien Roskilde-Ringsted. Fra alle disse Højdepartier falder Terrainet ned mod de omtalte Aaer.

Susaaens Bredder ligger indenfor det opgivne Overgangsrum mellem Vrangstrup og Linien Sandby-Vetterslev i en Højde af 10 à 11 m. Dalbundens Bredde er ca. 150 m.

Terrainet Vest for Ringsted Aa berøres ikke af Banestykket Høm—Sandby.

Motivering af den valgte Linie.

Da som ovenfor nævnt Forlængelsen af Linien fra Sandby mod Næstved sikkert maa komme til at gaa over Glumsø, og da det høje Terrain Sandby—Tybjerg gør det vanskeligt at føre en Bane fra Sandby ind i Rummet mellem Sandby og Tybjerg, falder det naturligt at lægge Sandby Station Nord for Byen med Adgang fra den offentlige Bivej til Vrangstrup, som Banen skærer i Niveau. Stationen kommer til at ligge saaledes, at der eventuelt kan lægges Spor ind til Sandby Mejeri. Af Hensyn til Banens Videreføring mod Glumsø og til Beliggenheden af Horizontalkurverne maa Stationens Hovedretning blive Vest—Øst.

Beliggenheden af Høm Trinbrædt afhænger af Liniens Videreføring til Ringsted, og specielt af, om den føres ind til Ringsted Station fra Øst eller Vest. Da nu Ringsted Aa ligger meget tæt Vest for Ringsted Station og Terrainet falder stejlt fra Stationen ned mod Aaen, vil en Indføring fra Vest ikke kunne praktiseres med en rimelig Krumningsradius uden en bekostelig Dobbeltskæring med Ringsted Aa.

En Indføring til Ringsted Station fra Øst vil derimod nemmere kunne udføres, idet man paa det sidste Stykke kan følge langs Kjøgebanen. Og medens en Indføring fra Vest vil kræve en nogenlunde retvinklet Skæring med Lilleaaens Dal, vil en Indføring fra Øst give en mere lempelig Skæring, der desuden vil komme til at ligge højere oppe paa Aaløbet, hvor Højdeforskellen mellem dettes Bredder og det omgivende Terrain er mindre.

Fra Høm maa Banelinien derfor gaa over imod Tolstrup, og Høm Trinbrædt

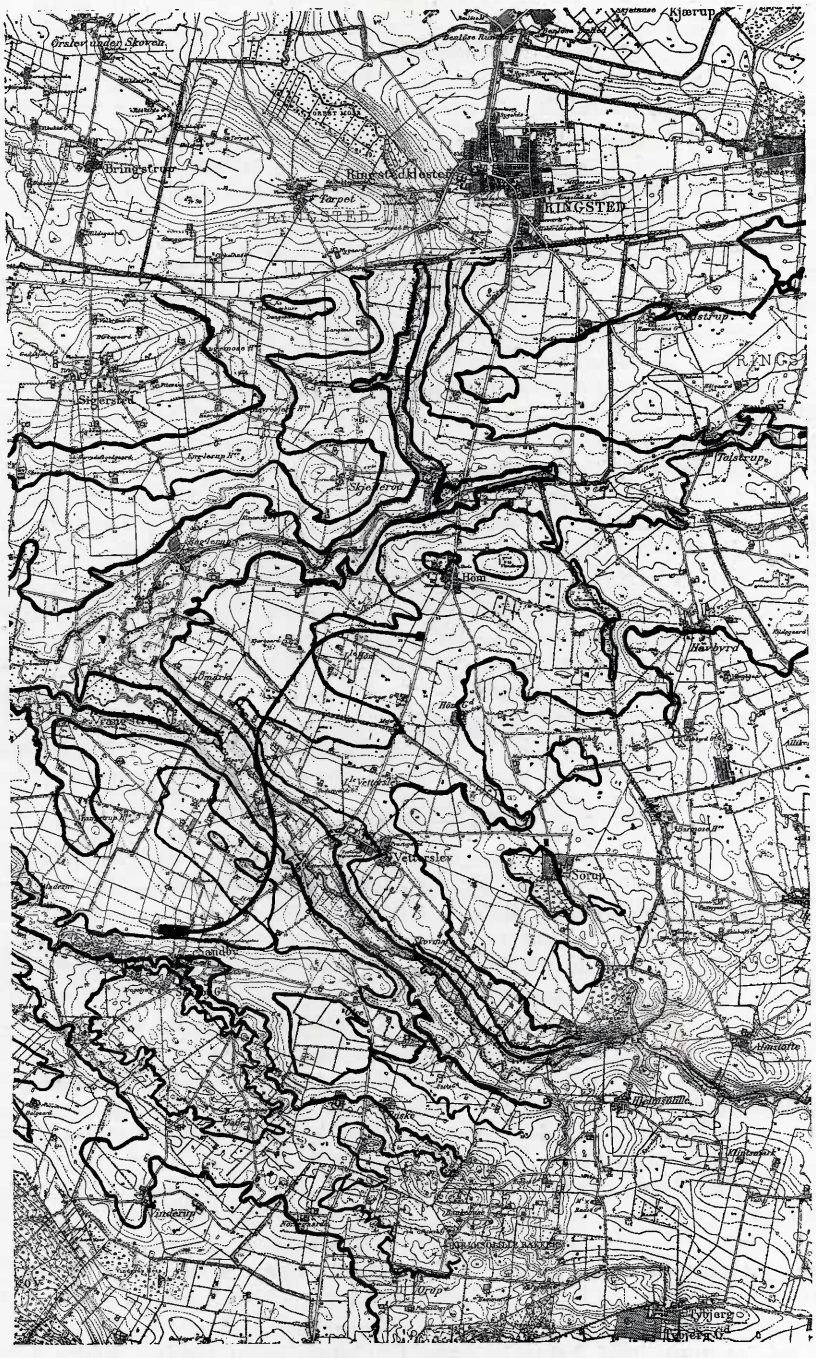


Fig. 112. Kort over Terrainet mellem Sandby og Høm.

vil passende kunne lægges med Retning Vest—Øst, paa Nord- eller Sydskraaningen af Bakkepartiet ved Høm.

Sydskraaningen er valgt, da man derved undgaar enten at faa Trinbrædt og Bane for langt ned i Dalen mod Kote 20, hvilket er uheldigt, da Banen igen skal stige op imod Ringsted, eller hvis man vil holde Trinbrædtet omtrent i Kote 30, vil Banen Syd—Vest for Høm komme til at passere den Slugt, der her, med Bunden i Kote 24, løber ind i Højdepartiet Syd for Høm. Nord for Høm vil den endvidere blive stærkt bundet af den derværende Bebyggelse.

Ved at benytte den Saddel, der findes Syd for Høm, mellem denne By og Højdepartiet Syd for Linien Vetterslev—Mulstrup, til Banens Passage forbi Høm, vil man paa et langt Stykke kunne følge 32,5 m Kurven, med rimelig Tilslutning til Banestykkerne mod Sandby og Ringsted. Høm Trinbrædt kommer derved til at ligge bekvemt baade for Høm og for Lille Høm, umiddelbart ved Hovedlandevejen Ringsted—Næstved, som Banen skærer i Niveau.

Overgangen over Susaaen.

Banens Skæring med Susaaen maa vælges saaledes, at man faar saa lille en Paafyldningsmængde som muligt i selve Aadalen, at Jorden til denne Paafyldning kan faas nogenlunde i Nærheden, og at Skæringen med de offentlige Biveje Vetterslev—Ømark og Vetterslev—Vrangstrup kan udføres paa tilfredsstillende Maade.

Paafyldningsmængden kan blive lille, enten ved at Dæmningen bliver lang og lav, eller ved at den bliver kort og høj, idet den dog i alle Tilfælde vil kræve en betydelig Jordmængde.

Banens Nedføring i Aadalen fra Sandby er nogenlunde givet ved, at Skæringen skal finde Sted Vest for Linien Sandby—Vetterslev (Vejen Sandby—Vetterslev), hvoraf følger, at man i det hele taget bør blive Nord for Vejen, saa Skæring med denne undgaas. Af den fastslaaede Beliggenhed af Sandby Station og af Beliggenheden af den Ryg, der løber op mod Vrangstrup, og som bør skæres paa det smalleste Sted, følger derefter, at Banen bør føres saa tæt ind til Vejen Vetterslev —Vrangstrup som muligt.

Skæringen med Vejen Vetterslev—Vrangstrup foregaar med en Højdeforskel mellem Banens og Vejens Planum paa ca. 6 m, saa der passende kan bygges Bro over Banen for Vejen. Hertil kræves netop en Højdeforskel af ca. 6 m, saa Broens Piller ikke vil blive højere end nødvendigt.

Dæmningen kan nu blive lang og forholdsvis lav, ved at Banen først ved Ømark drejer ind i det høje Terrain Nord-Øst for Susaaen. Dæmningshøjden kan derved reduceres til højest ca. 7,5 m, Længden bliver ca. 1200 m. Men Paafyldningsmængden bliver stor, og det vil blive vanskeligt at skaffe Jord. Der kan ikke blive Jord nok Syd fra, og fra Nord kan kun faas en forholdsvis lille Jordmængde, idet Afgravningsdybden ved Ømark i den Tunge, der fra Vetterslev gaar op imod Ømark kun kan blive højst ca. 5 m, og Tungen er her ret smal. Den manglende Jord maa altsaa i stor Mængde tages i en Sideudgravning. Endvidere bliver Skæringen med den offentlige Bivej Vetterslev—Ømark uheldig, idet Højdeforskellen mellem Banens og Vejens Planum bliver ca. 5 m, saa der i alle Tilfælde maa bygges Rampe for Vejen, der her tilmed ligger i Fald (selv om man bygger Bro over Banen).

Vil man gøre det modsatte og gøre Dæmningen kort og høj, ved f. Eks. at skære igennem den omtalte Tunge Nord for Susaaen mellem Vetterslev og Kote 36, vil Dæmningens Længde reduceres til ca. 600 m, dens største Højde vil blive ca. 17,5 m. Men i Tungen Nord for Susaaen vil Udgravningsdybden blive ca. 10 m, saa man faar for meget Jord og en forholdsvis dyr Bro for Vejen Vetterslev—Ømark.

Der er derfor valgt en Mellemvej og Skæringen er lagt gennem Tungen Nord for Susaaen paa et saadant Sted, at der bliver en passende Højdeforskel paa ca.

6 m mellem Banens og Vejens Planum i Skæringspunktet, saa der for rimelig Bekostning kan bygges Bro for Vejen over Banen. Og som den beregnede Planumslinie viser, kan man faa en passende Jordafstemning.

Skæringen mellem Banen og Susaaen kan forskydes til St 18^{80}, ved en Omlægning af Aaen, hvorved man opnaar, at Broens Piller kan bygges uforstyrret af Vandet i Aaen, og Kortet viser, at en saadan Ordning vil være hensigtsmæssig.

Da dermed Overgangen over Susaaen, samt Beliggenheden af Sandby Station og Høm Billetsalg er slaaet fast, giver den resterende Del af Linien sig af sig selv, og den samlede Banelinie er bestemt.

Beskrivelse af den valgte Linie.

Banen begynder altsaa paa Sandby Station, der er retliniet og beliggende umiddelbart Nord for Sandby ved den offentlige Bivej til Vrangstrup, som den skærer i Niveau (Planum 46,5 cm under Vejen af Hensyn til Overbygningens Højde). Umiddelbart udenfor Stationen (i St 3) drejer Banen derefter i en 500 m Kurve tilvenstre indtil St 5^{10}, hvor den fortsættes i et retliniet Stykke indtil St 5^{90}. Herfra og til St 19^{20} føres den derefter gennem en 900 m Kurve ned i Susaadalen, og selve Aaen passeres i denne Kurve. Som allerede omtalt forlægges Aaen, idet der graves nyt Leje for den, saa Broen kan bygges uden at generes af Vandet. Den offentlige Bivej Vetterslev—Vrangstrup føres paa Bro over Banen. Banen er derefter retliniet fra St 19^{20} til St 23^{60}, hvorfra den gennem en 500 m Kurve føres til højre ind igennem den fra Vetterslev udløbende Tunge indtil St 28^{00}. Den offentlige Bivej Vetterslev—Ømark føres over Banen paa Bro som ovenfor omtalt. Paa Resten af Strækningen er Banen endelig retliniet undtagen paa Strækningen St 25^{60} til St 40^{60}, hvor den gennem en 500 m Kurve drejes saa meget, at den omtrent skærer Landevejen Ringsted—Næstved under ret Vinkel i St. 47^{00}. Skæringen foregaar i Niveau, saaledes at Anlæg af Rampe er unødvendigt, hvad der er af Betydning ved en saa befærdet Vej.

Broerne for de to offentlige Biveje Vetterslev—Ømark og Vetterslev—Vrangstrup tænkes byggede af Jernbeton. Jernbanebroen over Susaaen, der formentlig kræver et frit Gennemstrømningsprofil af 20 m, er tænkt udført som aaben Dækbro med Pladejernsdragere paa Piller af Beton med Granitparement; der gaas ud fra, at Bunden er fast, saa Pælefundering ikke bliver nødvendig.

Planum er indlagt saaledes, at den offentlige Bivej Sandby—Vetterslev skæres i Niveau (46,5 cm under Vejen) og vandret indtil St 10^{00}. Herfra falder Planum 9,4 $^0/_{00}$, svarende til Maximumsfaldet i en 900 m Kurve, saaledes at den skærer den offentlige Bivej Vetterslev—Vrangstrup i en Dybde af 6 m, saa der kan bygges Bro for Banen over Vejen. Susaaens nuværende Løb passeres paa en indskudt vandret Strækning, og derefter stiger Planum igen fra St 19^{60} til St 29^{00} med 8,9 $^0/_{00}$, svarende til Maximumsstigningen i en 500 m Kurve. Fra St 29^{00} til St 33^{60} er der atter indlagt et vandret Stykke, hvorefter Banen med samme Maksimumsstigning løber op paa Højderne Syd for Høm. Efter et kort vandret Stykke fra St 30^{50} til St 41^{00} falder Banen med et Fald paa 0,9 $^0/_{00}$ ned mod Høm Billetsalgsted, der er lagt i denne Udgravning for at skaffe Niveauskæring med Næstved—Ringsted Landevej.

Jordfordeling.

Jordudligning er tilvejebragt i St 18^{80}. Her bygges Broen over Susaaen, og Udligningen er at forstaa saaledes, at der i dette Punkt er brugt al Jord, der vindes fra St 0 til St 18^{80}. Fra Nord modtages ved Susaaen noget mere Jord end nødvendigt til Dæmningen, og denne Jord ca. 5200 m^3 kan f. Eks. benyttes ved Omlægningen af Aaen. Til hele Dæmningen er beregnet ca 72700 m^3, saa nogen Reserve er det vel ogsaa rigtigt at have.

Udligningspunkter findes endvidere i St 29^{00} og i St 31^{40} paa de vandrette

Stykker af Planum samt i St 44^{80}. Ved dette sidste opnaas, at Jorden fra Høm Billetsalgsted ikke skal transporteres op ad Bakke; de 793 m^3 tænkes anvendt paa Strækningen mod Ringsted.

Jordtransporten foregaar intet Sted mod Faldet.

Der gives derefter en Beskrivelse af Planum paa fri Bane, af Skraaninger, Grøfter, Vejforbindelser, Gennemløb, Overbygning, Hegn, Stationspladser, Stigningernes Reduktion i Kurver m. m. Det nødvendige Grundlag for Udarbejdelsen af denne Beskrivelse vil findes under de paagældende Afsnit i A. R. Christensen: Vej- og Jernbanebygning, Hæfte 1—4.

Beregning af Jordarbejdets Størrelse.

Ved Beregningen af Jordarbejdets Størrelse (Jordmængder, Skraaningsareal samt Ekspropriationsareal) er der gaaet ud fra, at Terrainet er vandret i Retning vinkelret paa Banens Midtlinie, og at Banens Tværprofil paa fri Bane er det ovenfor omtalte. Beregningen er udført efter Prismemetoden med en Stationsafstand af 20 m. Der er taget Hensyn til de øverste Jordlags Sammentrykkelighed ved Korrektionen 0,05 for Værdien h og til Jordens blivende Udvidelse ved Korrektionen $\frac{98}{100}$.

Afgravning.

Idet G er Tværsnitsarealet af en enkelt Grøft (uden Hensyn til Fordybningsgrøfter), T Tværsnitsarealet af den over Planum liggende Trekant (Afskraaningen af Banketterne føres ikke i Regning, men tænkes frembragt ved den Færdsel, der foregaar paa dem), a Skraaningsanlægget (= 1,5), h Dybden af Afgravningen maalt til Planum, er Volumen V_A for den fastsatte Stationsafstand af 20 m.

$$V_A = 20(6{,}8(h - 0{,}05) + a(h - 0{,}05)^2 + 2G - T),$$

hvor

$$2G = 2(0{,}3 \cdot 0{,}3 + 0{,}3 \cdot 0{,}45) = 0{,}45 \text{ m}^2$$
$$T = 0{,}05 \cdot 2{,}2 = 0{,}11 \text{ -}$$

eller

$$V_A = 20(6{,}8(h - 0{,}05) + 1{,}5(h - 0{,}05)^2 + 0{,}34)$$
$$= 136(h - 0{,}05) + 30(h - 0{,}05)^2 + 6{,}8.$$

Paafyldning.

Med samme Betegnelser, G for Grøfteareal, T for Trekanten over Planum, a for Skraaningsanlægget (= 1,5) og med Betegnelsen h for Planums Højde over Jordoverfladen i Paafyldning, med 2b for Planumsbredden, er Volumen V_P for den fastsatte Stationsafstand af 20 m.

$$V_P = \frac{98}{100} \cdot 20(2b(h + 0{,}05) + a(h + 0{,}05)^2 + T) - 20 \cdot 2G,$$

hvor

$$2G = 2(0{,}3 \cdot 0{,}25 + 1{,}5 \cdot 0{,}25^2) = 0{,}3375 \text{ m}$$
$$T = 0{,}05 \cdot b$$

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;
$V_P = 86{,}24(h + 0{,}05) + 29{,}4(h + 0{,}05)^2 - 4{,}594$; $2b = 4{,}4$ m,
- $2{,}5 \text{ m} \leqq h < 5{,}0$ m;
$V_P = 96{,}04(h + 0{,}05) + 29{,}4(h + 0{,}05)^2 - 4{,}349$; $2b = 4{,}9$ m,
- $5{,}0 \text{ m} \leqq h < 7{,}5$ m;
$V_P = 105{,}84(h + 0{,}05) + 29{,}4(h + 0{,}05)^2 - 4{,}104$; $2b = 5{,}4$ m o. s. v.

For Stationspladsen i Sandby er i Beregningen af Jordarbejdets Størrelse med Tilnærmelse regnet med en Planumsbredde af 40 m, med Jordlegemets Overside begrænset af Planum og iøvrigt med samme Forudsætninger, Korrektioner og Betegnelser som ovenfor for fri Bane.

Man faar da

Afgravning

$$V_A = 20(42{,}4(h - 0{,}05) + 1{,}5(h - 0{,}05)^2 + 0{,}45)$$
$$= 848(h - 0{,}05) + 30(h - 0{,}05)^2 + 9{,}0$$

Paafyldning

$$V_P = \tfrac{98}{100} \cdot 20(40(h + 0{,}05) + 1{,}5(h + 0{,}05)^2) - 20 \cdot 0{,}3375$$
$$= 784 \cdot (h + 0{,}05) + 29{,}4(h + 0{,}05)^2 - 6{,}75.$$

For Billetsalgstedet i Høm er i Beregningen af Jordarbejdets Størrelse med Tilnærmelse regnet med en Planumsbredde af 10 m og iøvrigt som ovenfor for Stationspladsen.

Man faar da

Afgravning

$$V_A = 20(12{,}4(h - 0{,}05) + 1{,}5(h - 0{,}05)^2 + 0{,}45)$$
$$= 248(h - 0{,}05) + 30(h - 0{,}05)^2 + 9{,}0.$$

Paafyldning

$$V_P = \tfrac{98}{100} \cdot 20(10{,}0(h + 0{,}05) + 1{,}5(h + 0{,}05)^2) - 20 \cdot 0{,}3375$$
$$= 196(h + 0{,}05) + 29{,}4(h + 0{,}05)^2 - 6{,}75.$$

Ved Hjælp af disse Formler er derefter beregnet de nedenfor angivne Jordberegningstabeller for fri Bane, Stationsplads og Billetsalg. Beregningen af Tabellerne er udført efter Sætningen om den konstante Differens af 2den Orden.

Beregning af Skraaningsarealets Størrelse.

Skraaningsarealet maa som anført beregnes af Hensyn til Beregningen af den Udgift, som Reguleringen og Beklædningen af Skraaningerne medfører. Stationsafstanden er som ovenfor 20 m, de aflæste Højder kaldes h, Antallet af Stationslængder à 20 m kaldes n, og man faar da, naar der ses bort fra Sidehældninger og Fordybningsgrøfter, Skraaningsarealet paa fri Bane.

Afgravning

$$A_A = 20\left[\Sigma 2h\sqrt{1{,}5^2 + 1^2} + 4n\sqrt{0{,}3^2 + 0{,}45^2}\right] = 72{,}08\sum_0^n h + 43{,}25 \cdot n.$$

Som man vil bemærke, er der ikke taget Hensyn til Afskraaningen af de 60 cm brede Banketter i Terrainhøjde.

Paafyldning

$$A_P = 20\left[\Sigma 2h\sqrt{1{,}5^2 + 1^2} + 4n\sqrt{0{,}25^2 + 1{,}5^2 \cdot 0{,}25^2}\right] = 72{,}08\sum_0^n h + 36{,}04 \cdot n.$$

Skraaningsarealerne for Stationsplads og Billetsalg beregnes efter de samme Formler som for fri Bane.

Beregning af det eksproprierede Areals Størrelse.

Det til Banens Anlæg nødvendige Areal maa beregnes af Hensyn til Beregningen af den Erstatning, der skal ydes de paagældende Ejere og Brugere af Jorden.

Idet der ogsaa her regnes med en Stationsafstand af 20 m, et Antal Stationslængder af n, og idet de aflæste Højder kaldes h, faar man for fri Bane, naar der ses bort fra Sidehældning og Fordybningsgrøfter, et Areal bestemt ved

Afgravning

$$A_a = 20\,[4{,}4n + 2 \cdot 1{,}5 \cdot \sum_0^n h + n(2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 0{,}60)] = 160n + 60 \sum_0^n h.$$

Paafyldning

$$0 < h < 2{,}5 \text{ m } A_P = 20\,[4{,}4 \cdot n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n \cdot 2 \cdot 2{,}4] = 184n + 60 \sum_0^n h$$

$$2{,}5 \text{ m} \leqq h < 5{,}0 \text{ m } A_P = 20\,[4{,}9 \cdot n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n \cdot 2 \cdot 2{,}4] = 194n + 60 \sum_0^n h$$

$$5{,}0 \text{ m} \leqq h < 7{,}5 \text{ m } A_P = 20\,[5{,}4 \cdot n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n \cdot 2 \cdot 2{,}4] = 204n + 60 \sum_0^n h$$

o. s. v.

For Stationsarealer gælder følgende Udtryk, idet der regnes med 40 m Planumsbredde.

Afgravning

$$A_a = 20\,[40n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n(2 \cdot 1{,}12 + 2 \cdot 0{,}60)] = 872 \cdot n + 60 \sum_0^n h.$$

Paafyldning

$$A_P = 20\,[40n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n \cdot 2 \cdot 2{,}4] = 896 \cdot n + 60 \sum_0^n h.$$

For Billetsalgstedet gælder følgende Udtryk, idet der regnes med 10 m Planumsbredde.

Afgravning

$$A_a = 20\,[10n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n(2 \cdot 1{,}2 + 2 \cdot 0{,}60)] = 272 \cdot n + 60 \sum_0^n h.$$

Paafyldning

$$A_P = 20\,[10n + 2 \cdot 1{,}5 \sum_0^n h + n \cdot 2 \cdot 2{,}4] = 296 \cdot n + 60 \sum_0^n h.$$

Beregningen af Skraaningsarealer og Ekspropriationsarealer udføres ved Hjælp af de ovenfor udledede Formler. Da det er uden Betydning at kende de paagældende Arealers Fordeling ved en foreløbig Liniebestemmelse, er Beregningen udført ved Indsættelse af n og Σh for Afgravning for sig og Paafyldning for sig.

Sideflytning.

Ved Beregningen ovenfor af den Jordmængde, der skal længdeflyttes, er der i Paafyldning og i smaa Afgravninger regnet, at Grøftejorden benyttes ved Tilvejebringelse af de Opfyldninger, der i begge Tilfælde skal tilvejebringes. Denne Grøftejord indgaar derfor ikke i de Jordmængder, der skal længdeflyttes, men maa beregnes særskilt som en Sideflytning.

Idet der som ellers regnes med en Stationsafstand af 20 m, en Korrektion til Højderne h paa 0,05 m paa Grund af de øverste Jordlags Sammentrykkelighed, en

Korrektion til Jordmængden paa Grund af den blivende Udvidelse, ingen Fordybningsgrøfter og ingen Sidehældning, bliver den Jordmængde, der skal sideflyttes, bestemt paa følgende Maade for fri Bane.

Afgravning og Paafyldning

$$h = 0{,}00 \text{ m}.$$

I Grøfterne udgraves:

$$2 \cdot 20\,[0{,}25 \cdot 0{,}3 + 1{,}5 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}25] = 6{,}75 \text{ m}^3.$$

For Planum paafyldes:

$$19{,}6\,[0{,}05 \cdot 2{,}2 + 0{,}05 \cdot \tfrac{1}{2}(4{,}4 + 4{,}4 + 2 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}05)] = 6{,}5415 \text{ m}^3$$

Sideflytning: 6,5 m³.
Længdeflytning: 0,2 m³.

Afgravning

$$h = 0{,}05 \text{ m}.$$

I Grøfterne udgraves:

$$2 \cdot 20\,[0{,}3 \cdot 0{,}3 + 1{,}5 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}3] = 9{,}0 \text{ m}^3.$$

For Planum paafyldes:

$$19{,}6 \cdot \tfrac{1}{2}\,0{,}05 \cdot 4{,}4 = 2{,}2 \text{ m}^3.$$

Sideflytning: 2,2 m³
Længdeflytning: 6,8 m³.

Paafyldning

$$h \geqq 0{,}05 \text{ m}.$$

I Grøfterne udgraves:

$$2 \cdot 20\,[0{,}25 \cdot 0{,}3 + 1{,}5 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}25] = 6{,}75 \text{ m}^3 \sim 6{,}8 \text{ m}^3.$$

For Planum paafyldes mindst:

$$19{,}6\,[0{,}05 \cdot 2{,}2 + 0{,}1 \cdot \tfrac{1}{2}(4{,}4 + 4{,}4 + 2 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}1)] = 11{,}074 \text{ m}^3.$$

Sideflytning i alle Tilfælde: 6,8 m³.

For Stationspladsen er Sideflytningen bestemt paa lignende Maade og med de samme Forudsætninger:

Afgravning og Paafyldning

$$h = 0{,}00 \text{ m}.$$

I Grøfterne udgraves:

$$6{,}75 \text{ m}^3.$$

For Planum paafyldes:

$$19{,}6\,\tfrac{1}{2}\,0{,}05\,(40 + 40 + 2 \cdot 1{,}5 \cdot 0{,}05) = 39{,}3 \text{ m}^3.$$

Sideflytning: 6,8 m³
Længdeflytning: 32,5 m³.

Afgravning

$$h = 0{,}05 \text{ m}.$$

Sideflytning: 0 m³.

Paafyldning

$$h \geqq 0{,}05 \text{ m}.$$

Sideflytning: 6,8 m³.

For Billetsalgstedet bliver Sideflytningen af samme Størrelse som for Stationspladsen for de samme Værdier af h.

Overslag [1])

til Strækningen Sandby—Høm af Jernbanen Næstved—Ringsted

(incl. den skønnede Udgift til Sandby Station og Høm Billetsalgsted samt til de paa Strækningen faldende Broanlæg).

A.	Ekspropriation og Ulempeerstatning:			
	8,75 ha. à 4,000 Kr.	35 000 Kr.		
				35 000 Kr.
B.	Jordarbejde:			
	Udgravning og Transport af Jord, 84 750 m³ à 2,50 Kr.	211 875	-	
	Sideflytning af Jord, 620 m³ à 1,25 Kr.	775	-	
	Tillæg for Fordybningsgrøfter og Vejskæringer	5 750	-	
	Regulering og Beklædning af Skraaninger, 51 600 m² à 0,65 Kr.	33 540	-	
	Jordarbejde ved Forlægning af Susaaen	10 000	-	
				261 940 -
C.	Gennemløb 4,7 km à 2000 Kr.	9 400	-	
				9 400 -
D.	Broer:			
	Bro over Banen i St 12⁴⁰ for den offentlige Bivej Vetterslev—Vrangstrup	20 000	-	
	Bro over Banen i St 26⁸⁰ for den offentlige Bivej Vetterslev—Ømark	20 000	-	
	20 m Bro for Banen i St 18⁸⁰ over Susaaen	100 000	-	
				140 000 -
E.	Overbygning, 4,7 km à 34 000 Kr.	159 800	-	
				159 800 -
F.	Stationsanlæg:			
	Sandby Station	72 000	-	
	Høm Billetsalgsted	5 000	-	
				77 000 -
G.	Telefonanlæg:			
	Ledning langs Banen, 4,7 km à 1500 Kr.	7 050		
				7 050 -
H.	Led, Bomme m. m.:			
	Faldvisere, Afmærkning og lign., 4,7 km à 300 Kr.	1 410	-	
				1 410 -
I.	Administration og uforudsete Udgifter:			
	Administration, ca. 5 pCt.	34 000	-	
	Uforudsete Udgifter, ca. 4 pCt.	26 400	-	
				60 400 -
			Ialt	752 000 Kr.

[1] Overslagspriser 1922

Tabel 41. Jordberegningstabel

for en letbygget Jernbane med 4,4 m Planumsbredde paa fri Bane i Terrain uden Sidehældning.

h i m, Volumen i m³.

Afgravning.

h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,00	0,2	163,1	386,1	669,1	1012,1	1415,1	1878,1	2401,1	2984,1	3627,1	4330,1
0,05	6,8	172,8	398,8	684,8	1030,8	1436,8	1902,8	2428,8	3014,8	3660,8	
0,10	13,7	182,7	411,7	700,7	1049,7	1458,7	1927,7	2456,7	3045,7	3694,7	
0,15	20,7	192,7	424,7	716,7	1068,7	1480,7	1952,7	2484,7	3076,7	3728,7	
0,20	27,9	202,9	437,9	732,9	1087,9	1502,9	1977,9	2512,9	3107,9	3762,9	
0,25	35,2	213,2	451,2	749,2	1107,2	1525,2	2003,2	2541,2	3139,2	3797,2	
0,30	42,7	223,7	464,7	765,7	1126,7	1547,7	2028,7	2569,7	3170,7	3831,7	
0,35	50,3	234,3	478,3	782,3	1146,3	1570,3	2054,3	2598,3	3202,3	3866,3	
0,40	58,1	245,1	492,1	799,1	1166,1	1593,1	2080,1	2627,1	3234,1	3901,1	
0,45	66,0	256,0	506,0	816,0	1186,0	1616,0	2106,0	2656,0	3266,0	3936,0	
0,50	74,1	267,1	520,1	833,1	1206,1	1639,1	2132,1	2685,1	3298,1	3971,1	
0,55	82,3	278,3	534,3	850,3	1226,3	1662,3	2158,3	2714,3	3330,3	4006,3	
0,60	90,7	289,7	548,7	867,7	1246,7	1685,7	2184,7	2743,7	3362,7	4041,7	
0,65	99,2	301,2	563,2	885,2	1267,2	1709,2	2211,2	2773,2	3395,2	4077,2	
0,70	107,9	312,9	577,9	902,9	1287,9	1732,9	2237,9	2802,9	3427,9	4112,9	
0,75	116,7	324,7	592,7	920,7	1308,7	1756,7	2264,7	2832,7	3460,7	4148,7	
0,80	125,7	336,7	607,7	938,7	1329,7	1780,7	2291,7	2862,7	3493,7	4184,7	
0,85	134,8	348,8	622,8	956,8	1350,8	1804,8	2318,8	2892,8	3526,8	4220,8	
0,90	144,1	361,1	638,1	975,1	1372,1	1829,1	2346,1	2923,1	3560,1	4257,1	
0,95	153,5	373,5	653,5	993,5	1393,5	1853,5	2373,5	2953,5	3593,5	4293,5	

Paafyldning.

0,00	÷ 0,2	118,4	295,8	562,1	866,8	1280,2	1712,3	2203,3	2832,2	3450,6	4226,5
0,05	4,3	125,8	306,2	575,9	883,6	1300,4	1735,5	2229,4	2861,8	3483,1	
0,10	9,0	133,5	316,7	589,9	900,6	1320,7	1758,8	2255,7	2891,4	3515,7	
0,15	13,8	141,2	327,4	604,0	917,6	1341,2	1782,2	2282,0	2921,2	3548,4	
0,20	18,8	149,1	338,3	618,3	934,9	1361,9	1805,8	2308,6	2951,2	3581,3	
0,25	23,9	157,2	349,3	632,7	952,2	1382,7	1829,6	2335,3	2981,3	3614,4	
0,30	29,2	165,4	360,4	647,3	969,7	1403,6	1853,5	2362,1	3011,6	3647,6	
0,35	34,6	173,8	371,7	662,1	987,4	1424,7	1877,5	2389,1	3042,0	3680,9	
0,40	40,2	182,3	383,2	676,9	1005,2	1446,0	1901,7	2416,2	3072,5	3714,4	
0,45	45,9	190,9	394,8	691,9	1023,2	1467,4	1926,0	2443,4	3103,2	3748,1	
0,50	51,7	199,7	431,7	707,1	1041,3	1488,9	1950,5	2545,1	3134,1	3781,9	
0,55	57,7	208,7	444,1	722,4	1059,5	1510,6	1975,1	2573,1	3165,1	3815,8	
0,60	63,9	217.7	456,6	737,9	1077,9	1532,4	1999,9	2601,3	3196,2	3849,9	
0,65	70,2	227,0	469,3	753,5	1096,5	1558,4	2024,8	2629,7	3227,5	3884,1	
0,70	76,6	236,4	482,1	769,2	1115,2	1576,5	2049,9	2658 2	3258,9	3918,5	
0,75	83,2	245,9	495,1	785,1	1134,0	1598,8	2075,1	2686,8	3290,5	3953,0	
0,80	90,0	255,6	508,2	801,2	1153.0	1621,2	2100,4	2715,6	3322,2	3987,7	
0,85	96,8	265,4	521,4	817,4	1172,1	1643,8	2125,9	2744,6	3354,1	4022,5	
0,90	103,9	275,4	534,8	833,7	1191,4	1666,5	2151,6	2773.6	3386,1	4057,4	
0,95	111,0	285.5	548,4	850,2	1210,9	1689,3	2177,4	2802,9	3418,3	4092,5	

Tabel 42. Jordberegningstabel for Stationspladser.

h	Afgravning: Planumsbredde 10 m	20 m	30 m	40 m	50 m	Paafyldning: Planumsbredde 10 m	20 m	30 m	40 m	50 m
0,00	÷3,3	÷13,3	÷23,3	÷33,3	÷43,3	+3,3	+13,3	23,3	33,3	43,3
05	+9,0	+9,0	+9,0	+9,0	+9,0	13,1	32,7	52,3	71,9	91,5
10	21,5	31,5	41,5	51,5	61,5	23,3	52,7	82,1	111,5	140,9
15	**34,1**	54,1	74,1	94,1	114,1	**33,6**	72,8	112,0	151,2	190,4
20	46,9	76,9	106,9	136,9	166,9	44,1	93,1	142,1	191,1	240,1
25	59,8	99,8	139,8	179,8	219,8	54,7	113,5	172,3	231,1	289,9
30	72,9	122,9	172,9	222,9	272,9	65,5	134,1	202,7	271,3	339,8
35	86,1	146,1	206,1	266,1	326,1	76,4	154,8	233,2	311,6	390,0
40	99,5	169,5	239,5	309,5	379,5	87,4	175,6	263,8	352,0	440,2
45	113,0	193,0	273,0	353,0	433.0	98,6	196,6	294,6	392,6	490,6
50	126,7	216,7	306,7	396,7	486,7	109,9	217,7	325,5	433,3	541,1
55	140,5	**240,5**	340,5	440,5	540,5	121,4	**239,0**	356,6	474,2	591,8
60	154.5	264,5	374,5	484,5	594,5	133,1	260,5	387,9	515,3	642,7
65	168,6	288,6	408,6	528,6	648,6	144,9	282,1	419,3	556.5	693,7
70	182,9	312,9	442,9	572,9	702,9	156,8	303,8	450,8	597,8	744,8
75	197,3	337,3	477,3	617,3	757,3	168,9	325,7	482.5	639,3	796,1
80	211,9	361,9	511,9	661,9	811,9	181,1	347,7	514,3	680,9	847,5
85	226,6	386,6	**546,6**	706,6	866,6	193,5	369,9	**546,3**	722,7	899,1
90	241,5	411,5	581,5	751,5	921,5	206,0	392,2	578,4	764,6	950,8
95	256,500	436,500	616,500	796,500	976,500	218,65	414,65	610,65	806,65	1002,65
1,00	271,675	461,675	651,675	841,675	1031,675	231,4635	437,2635	643,0635	848,8635	1054,6635
$\Delta_2 V$	0,15	0,15	0,15	0,15	0.15	0,147	0,147	0,147	0,147	0,147

Volumen er for $h = 0{,}95$ m og $h = 1{,}00$ m angivet saaledes, at Tallene kan bruges til Beregning af $\Delta_1 V$, hvis Jordmængderne skal beregnes for $h > 1{,}00$ m.

§ 33. Tillæg.

1. Ved Projektering af letbyggede, enkeltsporede Jernbaner kan anvendes følgende Tal.

Jordarbejde.

Bredde af Jordplanum paa fri Bane ..... 4,4 m
For Dæmninger af Højde..... 2,5 m
forøges Bredden med ..... 0,5 m
og fremdeles med ..... 0,5 m
for hvert Tillæg i Dæmningshøjden af ..... 2,5 m
Paa lige Strækninger og paa Strækninger i Kurve med Radius lig og større end ..... 1000 m
gives Planum en Oprunding af mindst ..... 5 cm
Paa Strækninger liggende i Kurve med Radius mindre end ..... 1000 m
gives Planum eensidig Sidehældning mod Kurvens indvendige Side med et Fald af mindst ..... 10 cm

De Planumskoter, der skrives paa Længdeprofilet, angiver Planumskant (ved eensidig Sidehældning den indre).
For Stationer angives Planumsbredde og Sidehældning paa Stationsplanerne.

Dybden af Grøfterne er normalt	0,30 m
Bundbredde af Grøfterne er normalt paa fri Bane	0,25—0,30 m
Bundbredde af Grøfterne er normalt paa Stationerne	0,30 m
Skraaningsanlæget er normalt	1,5
Skraaningerne beklædes i en Tykkelse af mindst	0,10 m
Faldet paa Grøfterne skal for rent Vand være mindst	2 ‰
Faldet paa Grøfterne skal for urenset Spildevand være mindst	5 ‰
Grøfternes Sider og Bund stensættes, hvor Faldet er	100 ‰
og hvor Faldet med stadig Vandføring er større end	50 ‰
Eventuel Banket i Afgravning gives en Bredde af mindst	0,60 m
Grøfter langs Paafyldninger lægges i en Afstand fra Paafyldningernes Fod af mindst	0,60 m
Langs begge Sider af Banen reguleres med jævnt Fald mod Banegrøften en Jordstrimmel af Bredde ca.	0,60 m
Træstubbe ryddes i en Dybde under Planum af mindst	0,50 m
Havearealer dækkes med Muldjord i en Tykkelse af	0,30 m

Gennemløb under Banen.

Saltglasserede Rør
med Mundinger af Græstørv og Skyllesten af Granit for Overfladevand.

Mindste Diameter for Dræning	10 cm
Mindste Diameter for Overfladevand	20 cm
Største Diameter for Overfladevand	30 cm

Monierrør
med Mundinger af Beton eller Granitmurværk.

Mindste Diameter	30 cm
Største Diameter	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

Anlæg af Overkørsler, Overgange og Stier samt Vejforlægninger, Parallelveje og farbare Adgange.[1])

Mindste Diameter for Gennemløb 15 cm

	Landeveje	Biveje	Private Veje
1. Viadukter over eller under Banen indrettes saaledes, at Vejen faar en fri Bredde af mindst	7,5 m	5,0 m	3,0 m
2. Banens Krydsning med Veje i Niveau maa i Reglen ikke ske under en mindre Vinkel end.	40°	40°	40°
3. Bredden af de nye Vejstykker og Ramper skal mindst være saa stor som den tilsvarende gamle Vejs, ved Enden af Ramperne som den gamle Vejs, dog ved private Veje mindst ..... derfra forløbende til Lukkeindretningerne eller			4,0 m

[1]) se iøvrigt Vej- og Jernbanebygning, 1. Hæfte S. 189 o. flg.

		Landeveje	Biveje	Private Veje
	til en Afstand af 5 m (ved Landeveje 6 m) fra Midten af Sporet, hvor Bredden skal være mindst	7,5 m	6,0 m	4,5 m
4.	Stigningsforholdet maa i Reglen ikke være stejlere end	33 ‰	50 ‰	80 ‰
	I en Bredde af 5 m til hver Side af Sporets Midtlinie (ved Landeveje dog 6 m) lægges Vejen i Højde med nærmeste Skinne; dog skal — naar Rampen har Fald mod Banen — Vejbanens Overflade i 3 m Afstand fra Skinnen ligge 8 cm under denne. Hvis Vejen passerer flere Spor, bliver det vandrette Vejstykke at udvide med Afstanden mellem Sporene. Overgangene i Stigningerne afrundes saa vidt fornødent.			
5.	Chaussering m. v.			
	Det ovenfor fastsatte vandrette Vejstykke over Banen forsynes med en chausseret Kørebane			
	i en Bredde af	5,0 m	4,0 m	3,0 m
	og i en Tykkelse af	24 cm	18 cm	16 cm
	Ved Niveauoverkørsler anbringes kun Kontraskinner for saa vidt det udtrykkeligt bestemmes af Kommissionen. (Forordningen af 5. Marts 1845). Udenfor det ovenfor omtalte vandrette Vejstykke bygges Kørebanen i Reglen som den gamle Vejs, dog saaledes, at Bredden paa de nærmeste 8 m fra den vandrette Strækning forløber jævnt ind til denne, og med en saadan Forstærkning af Vejbanen, som Anlægsbestyrelsen bestemmer.			
6.	Krumningsradius paa de forandrede Vejstykker maa i Reglen ikke være under	30 m	20 m	15 m
7.	Andre Bestemmelser for Ramper og Vejstykker, Jordarbejdet, Grøfter, Hoved- og Sideløb udføres efter de for selve Banen gældende Regler. Ved en Dæmningshøjde af over 1,5 m anbringes Sikkerhedsrækværker.			
8.	Overgange skal gruses og tørlægges i en Bredde af mindst 1,5 m. De anlægges med en Stigning, der i Reglen ikke maa være stejlere end 200 ‰.			
9.	Under særlige Omstændigheder vil Kommissionen kunne vedtage Forandringer i de ovenfor givne Regler, ligesom den ogsaa afgør, hvorvidt Overkørsler bliver at brolægge samt at forsyne med Lukningsindretninger eller Vejsignaler. Saafremt en Overkørsel forsynes med Led, skal Vidden normalt være	6,5 m	5,0 m	4,0 m
	Leddene anbringes vinkelret paa Vejretningen, indrettes til at aabne indad mod Banen og saaledes, at Ledfløjen ikke kan komme nærmere end 2,5 m til nærmeste Spors Midtlinie. Mekaniske Lukningsindretninger kan anvendes ved Overkørsler, der ikke ligger over 600 m fra det Sted, hvorfra de bevæges, forsaavidt de kan			

	Landeveje	Biveje	Private Veje
overses fra dette Punkt. Vidden maa ikke være mindre end de til samme Vejklasse svarende Leds.			
Saafremt Banen indhegnes, kan der for Overgange bestemmes Drejekors eller selvlukkende Laager i Hegnet.			
Paa Ramper, der har en Højde over 1,5 m, indlægges stødende til Horizontalpartiet en Overgangsstigning af Længde	12 m	10 m	8 m
og med en Stigning af	25 ‰	30 ‰	40 ‰
Horizontalpartiet chausseres med	Skærver	Skærver	Singels
i en Tykkelse af	24 cm	18 cm	16 cm
Udenfor Horizontalpartiet og indtil den gamle Vej chausseres som paa denne, dog ikke ringere end	Skærver	Skærver	
i en Tykkelse af	20 cm	18 cm	
Vejforlægninger gøres som de forlagte Veje, dog ikke med Chaussering ringere end med	Skærver	Skærver	
i en Tykkelse af	20 cm	18 cm	
Bredden af Parallelveje og farbare Adgange gøres mindst			5,0 m
Vejrabatter og Gangstier chausseres med	Grus	Grus	
i en Tykkelse af	8 cm	8 cm	
Parallelveje og farbare Adgange chausseres med			Grus
i en Tykkelse af			8 cm
Sikkerhedsrækværker anbringes, hvor			
1. Rampens Højde over Terrainet er over	1,5 m		
2. den samlede Højde af Grøft og Rampe overstiger	2,0 m		
3. Terrainformen iøvrigt nødvendiggør det.			
Rampens Bredde udvides for hvert Rækværk med	0,30 m		
Mindre vigtige offentlige Veje skal mindst opfylde de for private Veje gældende Bestemmelser.			

Gennemløb under Overkørsler, farbare Adgange m. m udføres efter de samme Regler, der gælder for Gennemløb under Banen. — Betonrør maa ikke anvendes.

Ved alle offentlige Niveauoverkørsler og Overgange samt ved enkelte private Overkørsler anbringes Advarselstavler med Inskription paa begge Sider af Banen efter nærmere Bestemmelse og i Henhold til Ordensreglementet for uindhegnede private Jernbaner.

Ramper gives Oprunding, saaledes at Kanten ligger 20 cm over Vejmidten.

Alle ovenfor nævnte Chausseringstykkelser gælder for tromlet Tilstand.

Alle offentlige Veie udføres med Paklag. Ramper for private Veje og disses Forlægninger samt private Parallelveje og farbare Adgange befæstes ligesom den oprindelige Vej. Hvor ingen Vej findes, belægges Ramperne m. m. med Grus, saa de bliver gode og faste.

Overbygning.

Sporvidde	1,435 m
Afstand mellem Skinnetop og indre Planumskant med Underlagsplader	46,5 cm
Afstand mellem Skinne og Kontraskinne paa lige Strækninger	6,7 cm
Denne Afstand skal ved Kontraskinnens Ende være	10 cm
Overgangen sker paa en Længde af mindst	20 cm
Sporrillens Dybde mindst	4,2 cm

Radius i Kurven i m	Sporudvidelse i mm	Sporforhøjelse i mm
320	17	75
400	15	60
500	12	50
600	10	40
700	7	35
1000	0	25

Radius for Kurver i Sporskifter	ca. 210 m
I en Afstand af	5 m
fra Tungespids og Hjærtestykke gøres Sporudvidelsen	1,5 cm
Sporvidde ved Tunge og Hjærte	1,435 m
Der anvendes en Kurveskinne for hver	2^0
Spillerum i Skinnestødene.	
Varmt Sommervejr i Solskin	4 mm
Køligt —	6 mm
Mildt For- og Efteraar	6 mm
Koldt - - —	8 mm
Frostvejr	10 mm
Vægt af Skinner pr. Meter	22,45 kg
Længde af Skinner (normal)	12,000 m
— - — (Kurveskinner)	11,950 m
Højde af Skinner	9,5 cm
Bredde af Skinnefod	8,9 cm
— - Skinnehoved	5,1 cm
Tykkelse af Skinnekrop	1,0 cm
Vægt pr. Par Z-Laske	11,51 kg
Antal Bolte pr. Par Z-Laske	4 Stk.
Vægt pr. Stk. Bolt	0,386 kg
Længde af Bolt med Hoved	10,5 cm
— uden —	9,1 cm
Diameter af Bolt	1,9 cm
Vægt pr. Stk. Spiger	0,286 kg
Længde af Spiger	14,0 cm
Tykkelse af Spiger	1,6 cm
Vægt pr. Stk. Underlagsplade	2,337 kg
Længde af —	15,9 cm
Bredde af —	16,5 cm
Tykkelse af —	1,0 cm
Antal Sveller (imprægnerede) pr. normal Skinnelængde 12 m	17 Stk.
Svelleafstand for Svellerne ved Stødene fra Midte til Midte	56,6 cm
Svelleafstand for de øvrige Sveller fra Midte til Midte	71,5 cm
Antal Spiger pr. Stk. Svelle med Underlagsplade	6 Stk.
Tykkelse af Svelle	ca. 15 cm
Bredde - —	- 20 cm
Længde - —	- 2,4 m
Kubikindhold af Svelle	- 0,07 m^3
Vægt (normal) - —	- 50 kg
Tykkelse af Sporskiftetønmer (imprægneret)	- 15 cm
Bredde - —	- 20 cm
Længde - —	ca. 2,5-4,25 m
Tykkelse af Ballast under Svellerne mindst	16 cm
— - - over —	3 cm

Bredde af Ballast paa fri Bane foroven ..... 2,71 m
— - — - - — forneden ..... 3,86 m
— - — - Stationerne vises paa Stationsplanerne.

Stationer og Stationsindretninger.

Skelgrøfter anbringes langs Ekspropriationsgrænsen (dog ikke ved Banehegn) i en Afstand derfra af ca. ..... 0,60 m
Afstand mellem Spormidte og Planumskant mindst ..... 3,20 m
Bredde af Adgangsvej ..... 7,50 m
— - Chaussering ..... 4,50 m
— - Læsseveje og Chaussering deraf ..... 4,50 m
— - — - — - paa større Stationer ..... 5,00 m
Adgangsvejens Oprunding ..... 16 cm
Læssevejens Forkants Afstand fra Spormidten ..... 1,25 m
— Vendeplads' Bredde ..... 12,00 m
— — Chaussering ..... 20 cm
Tykkelse af Chaussering (Singels) paa Forplads, Adgangs- og Læsseveje efter Tromling ..... 20 cm
hvoraf den halve Tykkelse udføres som Paklag.
Tykkelse af Grusbelægning paa Vejrabatter, Godspladser og udvidet Planum 8 cm
Afvisersten langs Læsseveje anbringes i en gennemsnitlig indbyrdes Afstand af (raat kløvede kalkede Sten 0,3 × 0,3 × 0,75 m) ..... 12,00 m
Bredde af Perroner ..... 6,25— 7,00 m
— - Mellemperroner ..... 1,10— 2,60 m
Længde af Perroner med Nedløb ..... 75,00—85,00 m
Hoved- og Mellemperroners Enderampers Fald ..... 100 ‰
Tykkelse af Chaussering af Perroner og Trottoirer ..... 8—10 cm
hvoraf den nederste halve Tykkelse bestaar af Singels- eller Murstensskærver og den anden halve Tykkelse af lerholdigt Grus.
Perronernes Indfatninger bestaar ofte af lagdelt Græstørv paa Landstationer, Monier-Væg paa vigtigere Stationer.
Perronforkantens Afstand fra Spormidten ..... 1,60 m
Afstand fra Spormidte til Kant af Læsseperroner eller Sideramper ..... 1,65 m
Mellem Sporkasserne skal Terrainet reguleres i samme Højde som disses Bund. Mellemrummet mellem Sporene fyldes med Ballast til almindelig Ballasthøjde. Dette gælder for alle Spor, hvis Afstanden fra Midte til Midte ikke overstiger ..... 4,7 m
Læssevejen bør som Regel ligge modsat Hovedbygningen, for at Sidesporet kan ligge ud for Hovedbygningen og eventuelt benyttes som Omløbsspor. Denne Stationstype kan dog ikke anvendes, hvor der ikke findes en Banen skærende offentlig Vej ved den ene Ende af Stationen.
Et Punkt imellem Hovedbygning og Varehus skal ligge midt for Perronen og for Omløbssporet, for at Tog i begge Retninger kan have Midten af Togstammen midt for Hovedbygningen og Pakvognen ud for Varehuset.
Sporskifterne ved Omløbssporet skal ligge saaledes, at et Tog, der holder midt ud for Perronen, ikke hindrer et modgaaende Tog i at krydse eller selve Toget i at sætte ind paa Sidesporet. Frispormærkerne bør derfor ligge udenfor Perronens Ender.
Et Læssespor, som ikke ligger ud for Perronen, bør, fra den nærmeste Ende af Perronen, have sit Sporskifte i en Afstand af ..... ca. 15 m
Sporskiftet nærmest den Banen skærende Vej bør ligge i en Afstand fra dennes nærmeste Kant af ..... ~~35~~ 30 m

Ligger Sidesporet ud for Perronen, bør der være frit Spor langs hele Perronen.

Sidesporet bør altid kunne forlænges bort fra den Banen skærende Vej mindst ..... 35 m

Varehuset bør altid ligge i Retning af en bestemt Endestation i Forhold til Hovedbygningen, for at Pakvognen altid kan være udfor Varehuset, naar Toget holder foran Perronen.

Sporskiftets Hældning	1 : 9
— Længde	24,005 m
Sporskifteelementet a	9,65 m
— b	14,355 m

Overbygningens Højde.

Skinnens Højde (22,45 kg pr. m)	95 mm
Svellens Højde	150 mm
Ballasttykkelse	160 mm
Underlagspladens Tykkelse	10 mm
Planums Oprunding	50 mm
Skinnetop over Planum	465 mm

Koter.

Naar Planumskoten sættes til	0,000 m
bliver Koten (uden Underlagsplade) for	
Sporkasse	0,050 m
Skinnetop	0,455 m
Læssevejens Forkant	0,405 m
Læssevejens Bagkant	0,293 m
Perronernes Forkant	0,715 m
Hovedperronens Bagkant	0,877 m
Hovedbygningens Gulv	0,905 m
Hovedbygningens Forplads (ved nederste Trappetrin)	0,425 m
Varehusets Gulv	1,475 m
Varehusets Perron	1,475 m
Varehusets Forplads (ved Platformen)	0,535 m
Sideramper	1,475 m
Enderamper	1,695 m

Afstand mellem Spor paa Stationer og Holdepladser	4,50 m
og for Omløbsspor	4,70 m

Hvor der mellem 2 Spor med 4,5 m Sporafstand skal anbringes Mellemperron, faar denne 25 ‰ Fald paa de første 1,10 m fra Forkanten og 250 ‰ Fald paa det sidste Stykke.

Hvor der mellem 2 Spor med 4,7 m Sporafstand skal anbringes Mellemperron, faar denne 25 ‰ Fald paa de første 1,33 m fra Forkanten og 250 ‰ Fald paa det sidste Stykke.

Hvor der mellem 2 Spor skal anlægges en ensidig Perron forøges Sporafstanden ofte til ..... 6,50—7,50 m

Sporafstande paa Stationer bør iøvrigt være Mangefold af ..... 4,50 m

Mellem sammenløbende Spor skal anbringes Frispormærker paa det Sted, hvor Afstanden fra Midte til Midte af Sporene er:

a) mellem Hovedspor	4,00 m
b) mellem Hoved- og Sidespor	3,60 m
c) mellem Sidespor	3,25 m
d) mellem Hovedspor og Sidespor til den fri Bane	4,00 m

Frispormærker skal naa op over Ballasten ..... 50—80 mm
Varehusets Perronforkants Afstand fra Spormidten ..... 2,00 m
Varehusperronens Bredde paa det vandrette Stykke ..... 5,00 m
Varehusperronens Rampers Fald ..... 125 ‰
Godspladsens Bredde normalt ..... 8,75 m
— Fald ..... 25 ‰
Afstand mellem Hovedbygningen (naar denne ligger mellem Perron og Forplads) og yderste Kant af Forpladsen ..... 13,5—14,0 m
og heraf er Rabatten ..... 1,5 m
Fald paa Forpladsen ..... 25 ‰
Afstand mellem Midten af Hovedbygning og Varehus ..... 28 m
Længde af Læssespor fra ..... 35 m
Hovedkloaken lægges saa dybt, at Kældere kan afvandes.
Plankeværk sættes omkring Gaardspladser.
Omkring Bygninger brolægges ofte med 2. Sort Brosten ud mod Veje og Pladser i en Bredde af ..... 1,25 m
Allétræer plantes langs Adgangsvejen og i Kanten af Stationspladser.
Stationspladser indhegnes med 1,1 m højt 4- eller 5-traadet Banehegn med de nødvendige Ledde og Laager. Hegnspælene er 1,73 m lange og sættes i 2 m indbyrdes Afstand. Traaden er 5—5,2 mm tyk.
Til Havearealer anbringes paa passende Steder Adgangsramper med de nødvendige Rørgennemløb.
Sporskifter afvandes ved Dræn af 8 cm Drænrør, der lægges i en 30 cm bred og 25 cm dyb Grøft og dækkes indtil 20 cm over Rørets Overkant med et Singelslag.
Stationspladser afvandes ved Dræn af mindst 8 cm Drænrør, dækkede med et Singelslag, der mindst er 8 cm paa hver Side af Røret og 15 cm over det. Planum afrygges mod Drænledningerne med et Fald af 20—40 ‰
Afstand mellem Samledræn ..... 20—100 m
Drænledningernes mindste Fald ..... 3 ‰
— Bundløb i Dybde under Terrainet mindst ..... 0,75 m
Retningsforandringer og Forgreninger udenfor Gennemløbsbrønde udføres ved glasserede Grenrør og Bøjninger.
Samledræn, der føres til Spildevandssystemets Gennemløbsbrønde, forsynes med U-Vandlaas og udmunder over Bundløbet mindst ..... 20 cm
Hvor Spildevand renses i Septic Tank, kan Faldet paa Ledningen fra denne formindskes til ..... 5 ‰
Paa Købstadstationer og større Landstationer anbringes fast Enderampe.
Folde med fast Rampe lægges med Rampen ved Sidesporets Tangentpunkt.
Overdækkede Folde udføres med Egestolper og Brolægning udgydt med Cementmørtel; de afvandes ved en 30 cm glasseret Rørbrønd med Vandlaas og Rist i støbt Karm med 10 cm glasseret Rørledning til nærmeste Grøft eller, hvor denne ikke kan komme tilstrækkelig dybt i Jorden, ved brolagt Rendesten.
Størrelsen af overdækkede Folde paa smaa Stationer ..... 8,0 × 7,4 m
Rampens Bredde mellem Rækværkerne (fast Rampe) ..... 1,57 m
Foldens Forkants Afstand fra Spormidte ..... 5,65 m
Rampens Stigning paa det nederste Stykke ..... ca. 170 ‰
Rampens Stigning paa det øverste 2,8 m lange Stykke ..... 25 ‰
Rampens hele Længde ..... 10,0 m
Enderampers Længde ..... 11,9 m
hvoraf 8,7 m har Stigning ..... ca. 135 ‰
og 3,2 m har Stigning ..... 25 ‰
Rampens Bredde mellem Rækværkerne ..... 3,8 m

Rampen er brolagt i en Bredde af	3,2 m
Drejeskivernes Diameter kan være	6,5—13,0 m
Drejeskiver afvandes ved en 10 cm glasseret Ledning til nærmeste Grøft eller Ledning.	
Skelpæles Længde	1,35—1.50 m
hvoraf over Jorden højest	0,25—0,40 m
Skelpælenes Tykkelse og Bredde	8 cm
Kilometersten anbringes for hver	0,5 km

Broer.

Bropiller for aabne Broer skal maalt vinkelret paa Banens Midtlinie have en Bredde af mindst	5,0 m
Dragerunderkanten skal over højeste Vandstand ligge mindst	30 cm
Sveller paa aabne Broer er 23,5 × 23,5 cm med Længde	5,4 m
Mellem Skinnerne lægges Rilleplader af Tykkelse	5 mm
Under Lejepladerne lægges Blyplader af Tykkelse	5 mm
Lejestenenes Tykkelse mindst	40 cm
Fundamentboltene bores ned i Dragerstenene mindst	20 cm
Afstand mellem Rækværkerne	4,7 m
Overbygningen kan udføres af Jerndragere indstøbte i Cementmørtel eller Beton af smaa Skærver ved Spændvidder indtil	8 m
Under Broer belægges Vandløbets Sider og Bund med Glacis af Sten med Dybde	30 cm
paa Singelsunderlag af Tykkelse	15 cm
Paramentsstenenes Dybde i Muren mindst	0,3 m
— Længde	0,5—1,3 m
— Liggeflader planhugges fra Forkanten i en Bredde af mindst	10 cm
Bindernes Dybde mindst det dobbelte af Løbernes, maalt fra Forkant til det Sted, hvor Binderroden er bredest.	
Vindtrykket ved belastede Jernbanebroer	170 kg pr. m²
Vindtrykket ved ubelastede Jernbanebroer	270 —
Vandret Tryk i Højde med Haandlisten paa Gade- og Vejbroers Rækværker	40 kg pr. m
Vandret Tryk i Højde med Haandlisten paa Jernbanebroers Rækværker	25 —

Tilladelige Paavirkninger.

Blødt Staal, naar der tages Hensyn til Vindtrykket:

Nittede Pladejerns Hoveddragere	1000 kg pr. cm²
— Gitter Hoveddragere, Hoved og Fod	1000 —
— — — Gitteret	900 —
Valsede Hoveddragere, almindelige Profiler	900 —
— — , bredflangede Profiler i Vejbroer	850 —
— — , bredflangede Profiler i Jernbanebroer	850 —
Tværdragere og sekundære Længdedragere	800 —

Støbejern.

Paavirkning til Træk	250 kg pr. cm²
— - Tryk	500 —
Staalstøbegods	1200 —

Træ.

Fyrretræ til Bøjning	60	kg pr. cm²
Pælehoveder	20	—

Sten og Murværk.

Tryk paa Lejesten	30	—
Tryk paa Betonfundamenter (stampet Beton)	20	—
Tryk paa Murværk af haardbrændte Sten i Cementmørtel	15	—
Tryk paa god Byggegrund	3—5	—

Jernbeton.

1. Ved Konstruktioner for Banelegemet:

   Jern. Paavirkning til Træk, dog ikke over 1000 kg pr. cm². $r_i = \frac{g+p}{g+4p} \cdot 3500$

   Beton. Paavirkning til Tryk, dog ikke over 35 kg pr. cm². $r_b = \frac{g+p}{g+6p} \cdot 180$

   Beton. Paavirkning til Træk 0

   g er Egenvægten, p den tilfældige Belastning multipliceret med en Stødkoefficient, 1,1 for Gangbroer og 1,2 for Vejbroer. Ved Støbning af Prøvebjælker godtgøres, at Brudbelastningen for en Prøvebjælke er mindst 180 kg.

2. Ved Husbygningskonstruktioner:
   Dansk Ingeniørforenings Normer for Jernbetonkonstruktioner anvendes.

Veje og Gader.

Brolægningsmaterialier.

1. Sort hugne Granitkantsten.

Tykkelse foroven	14.4 cm
— forneden mindst	18 cm
Højde	31,5 cm
Forsiden hælder 1 : 5 paa de øverste	13 cm
Længde mindst	80 cm
Endefladerne fugehugne i en Dybde af mindst	7,5 cm

Udkløvede Kantsten.

Højde mindst	30 cm
Tykkelse	10—13 cm
Længde mindst	50 cm

Rodens Areal mindst $^2/_3$ af Hovedets.

Brosten med særlig Behugning.

Længde	15—30 cm
Bredde	12—14 cm
Højde	15—16 cm

Rodens Areal mindst $^4/_5$ af Hovedets.

1. Sort Brosten.

Længde	15—25 cm
Bredde	12—15 cm
Højde	18—20 cm

Rodens Areal mindst $^3/_4$ af Hovedets.

1. Sort lave Brosten
   afviger ved, at Højden kun er ..... 16—18 cm

2. Sort Brosten.
Længde ..... 13—26 cm
Bredde ..... 10—16 cm
Højde ..... 16—21 cm
Rodens Areal mindst $^1/_2$ af Hovedets.

2. Sort lave Brosten
afviger ved, at Højden kun er ..... 14—18 cm
og Rodens Areal mindst $^2/_3$ af Hovedets.

3. Sort Brosten.
Længde ..... 13—26 cm
Bredde ..... 10—17 cm
Højde ..... 15—21 cm
Rodens Areal mindst $^1/_3$ af Hovedets.

Almindelige Chaussébrosten.
Hovedets Størrelse (Areal i Middel 80 cm²) ..... 65—100 cm²
— Sidelinier til Bueforbandt ..... 7—10 cm
— — - andet Forbandt ..... 8—10 cm
Stenens Højde ..... 9—10 cm

Store Chaussébrosten.
Alle 3 Sidelinier varierer enten fra ..... 10—12 cm
eller fra ..... 12—14 cm

Fortovsten.
Stenens Højde ..... 10—13 cm
Hovedets Areal ikke over ..... 140 cm²
— Længde og Bredde ..... c. 10 cm
Rodens Areal mindst $^2/_3$ af Hovedets.

Ældre Bordursten.
Bredde ..... 35 cm
Højde ..... 20 cm
Længde mindst ..... 1 m
Forkanten og Endefladerne hugget i en Dybde af mindst ..... 9 cm
Bagkanten hugget i en Dybde af ..... c. 2,5 cm

Ophøjede Gangstier.
Oprunding ..... 0,025—0,04
Sidefald (ved ensidigt Tværfald) ..... 0,0125 - 0,02
Randstenens Højde over Rendestensbunden ..... 8—15 cm
Bundlagets Tykkelse (f. Eks. af Nøddesten) ..... 8 cm
Dæklagets Tykkelse (Grus) ..... 2,5—5 cm

Vejgrøfter og Skraaninger.
Skraaningsanlæg i Paafyldning 1,5
— i Afgravning 1,25

Grøfteskraaningers Anlæg:
Afgravning: begge Skraaninger 1,25
Paafyldning: mod Vejen 1,5
— mod Terrainet 1,0

Grøftedybde, normalt	0,6 m
Grøftens Bundbredde	0,3 m

Stenforbrug ved Vejarbejde.

Færdigvalsede Skærvelags Volumen	V
Skærverne fylder i løst Maal	1,60 V
Hertil svarer af raa Sten: Landsten	1,39 V
Søsten	1,27 V
Grusforbrug	0,2 V

Gaders Tværprofil.

I Kjøbenhavn er Kørebanen	$^3/_5$
hvert Fortov	$^1/_5$
af hele Gadebredden.	
Ved det ældre kjøbenhavnske Rendestensprofil er Bredden af	
Revieret (mod Fortovet)	0,60 m
Forbundtet (mod Kørebanen)	0,60 m
Revier- og Forbundtliniens Dybde under Bordurkanten	3 cm
Bundliniens Dybde under Bordurkanten	8—25 cm
Rendestenens Længdefald	5—6,5 ‰
der kan dog anvendes	2,5—3 ‰
Ved det nyere kjøbenhavnske Rendestensprofil er Bredden af	
Rendestensbunden	c. 15 cm
Forbundtet	45 cm
Revieret findes ikke.	
Forbundtliniens Dybde under Bordurkanten	5—6 cm
Bundens Dybde under Forbundtlinien	5—10 cm
Ved det nyeste kjøbenhavnske Rendestensprofil er Bredden af	
Rendestensbunden	c. 15 cm
Revier og Forbundt findes ikke.	
Bundens Dybde under Bordurkanten	9—15 cm

Kørebaners Oprunding.

Grusbaner (1 : 25—1 : 40)	0,025—0,04
Skærvebaner (1 : 50—1 : 80)	0,0125—0,02
Stenbrolægning (1 : 60—1 : 80)	0,0125—0,0165
Stenbrolægning paa Skærve- og Betonfundament (1 : 60—1 : 80)	0,0125—0,0165
Klinkerbrolægning (1 : 80)	0,0125
Træbrolægning (1 : 80—1 : 100)	0,0125—0,01
Asfalt (1 : 80—1 : 100)	0,0125—0,01

Brolægning paa Sandfundament.

Fundamentets Tykkelse paa særlig god Grund	10—15 cm
— — - almindelig Grund	20—25 cm
— — - blødere Grund	40—50 cm
Et Enmandsstempel vejer	c. 30 kg
- Firmandsstempel —	c. 90 kg

Brolægning paa Skærvefundament.

Sten med særlig Behugning:

Skærvelagets Tykkelse	15—20 cm
— Oprunding (som færdig Kørebane) (1 : 60—1 : 80)	0,0125—0,0165
Sandlagets Tykkelse	c. 2 cm

Brolægning paa Betonfundament.

Sten med særlig Behugning:

Skærvebeton	1 : 5 : 9
Grusbeton	1 : 8
Betonlagets Tykkelse	15—20 cm
— Oprunding (som færdig Kørebane) (1 : 60—1 : 80)	0,0125—0,0165

Træbrolægning.

Blokkenes Bredde (Dansk Eg)	8 cm
— Længde	13—16 cm
— Højde	10 cm
Fundament af Grusbeton eller Skærvebeton, Tykkelse	15—20 cm
Betonlagets Oprunding (som færdig Kørebane) (1 : 80—1 : 100)	0,01—0,0125
Bredde af Dilatationsfuger langs Bordurkanterne	c. 2 cm

Pressede Asfaltkørebaner.

Fundament af Grusbeton 1 : 8 i Tykkelse	20 cm
Betonlagets Oprunding (som færdig Kørebane) (1 : 80—1 : 100)	0,01—0,0125
Det færdige Asfaltlags Tykkelse	5—6 cm

Støbeasfalt.

Asfaltmastiks—Goudron—Grus i Forhold efter Vægt (Kørebaner)	100 : 4 : 60
— — — - — — — (Fortove)	100 : 5 à 6 : 50
Grusets Kornstørrelse	1—5 mm
I Gaarde er:	
Betonfundamentets Tykkelse	12—15 cm
Asfaltlagets Tykkelse	25 mm
Paa Fortove er:	
Betonfundamentets Tykkelse	8—10 cm
Asfaltlagets Tykkelse	16 mm

Fortove.

Afstand mellem 2 Rækker Bordursten	c. 60 cm
Brolægning paa Sandfundament af Tykkelse	8—15 cm
Granitfliser,	
Størrelse f. Eks.	30 × 30 cm
Tykkelse	c. 15 cm
Betonfliser,	
Størrelse f. Eks.	62,5 × 80 cm
Tykkelse	ca. 7,2 cm
Lerfliser,	
Størrelse f. Eks.	15 × 15 cm
Tykkelse	5—8 cm
Sandlagets Tykkelse	ca. 10 cm
Tjærebeton.	
Fundament af Harpesten eller Flinteskærver i Tykkelse	6 cm
1. Lag af tjærede $^1/_2$" Granitskærver i Tykkelse	2,5 cm
2. — - — $^1/_4$" — - —	2,5 cm

Derefter fyldes Mellemrummene med tjæret Sand, og Laget dækkes med utjæret skarpt Grus.

2. Overslagspriser [1]).

Jordarbejde.

Den samlede Udgift til Udgravning, Flytning og Aflæsning af Jord vil ved Jernbaneanlæg som Regel ligge omkring ..... pr. m³ Kr. 2,50

Befæstelse af Skraaninger.

10 cm Muldjordsbeklædning	pr. m²	Kr. 0,50
15 - —	-	- - 0,65
Beklædning med Dæktørv	-	- - 0,90
— - — og 10 cm Muldjord	-	- - 1,25
Beklædning med Lagtørv	-	- - 1,25
24 cm Stenglacis paa Ral	-	- - 10,00
30 - — - -	-	- - 14,00

Spormaterialier m. m.

Skinner m. m.

Ved Licitation i 1909 har Nordvestfynske Jernbane faaet tilbudt (ufortoldet, frit over Bolværk) leveret i Odense, Middelfart og Bogense:

22,37 kg Skinner	pr. tn	Kr. 103,00—112,50
Fuldtungeskinner	—	185,00—187,00
Lasker	—	140,00—150,00
Underlagsplader	—	140,00—150,00
Laskebolte	—	173,25—218,50
Spiger	—	154,00—180,00

Frederiksværk—Hundested Banen har i 1915 faaet tilbudt:

Laskebolte	pr. tn	Kr. 218,00—260,00
Spiger	—	153,92—226,00
Fjederringe	pr. 1000 Stk.	16,40— 20,10

Sveller (Priser i 1914).

$^{15}/_{20}$ cm Fyrresveller 2,40 m lange, uimprægnerede	pr. Stk.	Kr.	1,75
$^{15}/_{20}$ - — 2,40 — imprægnerede	—	-	2,50
$^{15}/_{20}$ - Sporskiftetømmer, uimprægneret	pr. m	-	1,20
$^{15}/_{20}$ - — imprægneret	—	-	1,60
$^{13}/_{26}$ - Fyrresveller 2,60 m lange, uimprægnerede	pr. Stk.	-	4,10
$^{13}/_{26}$ - — 2,60 — imprægnerede	—	-	5,00
$^{13}/_{26}$ - Bøgesveller, 2,60 — uimprægnerede	—	-	4,15
$^{13}/_{26}$ - — 2,60 — imprægnerede	—	-	5,70
$^{13}/_{26}$ - Sporskiftetømmer (Fyr), uimprægneret	pr. m	-	2,00
$^{13}/_{26}$ - — - imprægneret	—	-	2,50

Ballast.

Grusballast indlagt i Sporet	pr. m³	Kr.	4,00
Stenballast —	—	-	8,00

Lægning af Spor.

Arbejdsløn for 22,5 kg Skinner	pr. m	-	2,50

[1]) Hvor intet andet er opgivet, er regnet med Priser 1922.

Overbygning.

De danske Statsbaner, Overbygning	VB, Stenballast	pr. m	Kr. 65,00
— —	IV Bj. —	—	- 58,00
— —	IV - Grusballast	—	- 44,00
— —	III A og B Grusballast	—	- 40,00
Danske Privatbaner 22,45 kg Spor		—	- 34,00

Tillægspriser for Sporskifter og Sporskæringer.

Overbygning VB.	Almindeligt Sporskifte	pr. Stk.	Kr. 800,00
— -	1/2 Krydsningssporskifte	—	- 2900,00
— -	1/1 —	—	- 4300,00
— IV Bj.	Almindeligt Sporskifte	—	- 650,00
— -	1/2 Krydsningssporskifte	—	- 1700,00
— -	1/1 —	—	- 3400,00
— III A og B	Almindeligt Sporskifte	—	- 500,00
— —	1/2 Krydsningssporskifte	—	- 1600,00
— —	1/1 —	—	- 3000,00
22,45 kg Spor.	Almindeligt Sporskifte	—	- 400,00
—	1/2 Krydsningssporskifte	—	- 1500,00
—	1/1 —	—	- 1700,00

Niveauoverkørsler.

For Landeveje (ekskl. Led og Bomme)	pr. Stk.	Kr. 1900,00
- off. Biveje (— —)	—	- 1050,00
- private Overkørsler (ekskl. Led og Bomme)	—	- 300,00
Bomme til Landevej	pr. Sæt	- 2000,00
Led til off. Bivej	—	- 600,00

Bygninger.

Hovedbygning.

Købstadstationer, grundmurede, Areal ca. 300 m²		
1 Etage	pr. m²	Kr. 260,00
2 Etager	—	- 320,00
Større Landstationer, grundmurede, Areal ca. 200 m²		
1 Etage	—	- 250,00
2 Etager	—	- 300,00
Mindre Landstationer, grundmurede, Areal ca. 100 m²		
1 Etage	—	- 200,00
Smaa Landstationer, grundmurede, Areal ca. 65 m²		
1 Etage	—	- 200,00

Varehus.

Købstadstationer, grundmurede, Areal 300—1200 m²	pr. m²	Kr. 125,00
Større Landstationer, grundmurede, Areal 100—200 m²	—	- 125,00
Mindre Landstationer, Træ, Areal ca. 60 m²	—	- 80,00
Smaa — — — - 40 -	—	- 80,00

Udhus.

Købstadstationer, grundmurede, Areal 50—100 m²	pr. m²	Kr. 200
Større Landstationer, grundmurede, Areal 50—60 m²	—	- 150
Mindre Landstationer, grundmurede, Areal 40—50 m²	—	- 140
Smaa Landstationer, grundmurede, Areal c. 40 m²	—	- 130

Remiser.

Remise for P- og R-Maskiner	pr. Plads	Kr. 15000

Remise for K- og D-Maskiner	pr. Plads	Kr. 12000
— - Ranger- og Privatbanemaskiner	—	- 8000

Folde.

Overdækket Svinefold Rum á 4,00 × 6,02 m pr. Rum		Kr. 1000

Faldvisere o. lign.

Faldvisere, Kilometersten m. m.: Hovedbaner	pr. km	Kr. 400
— — — : Privatbaner	—	- 300

Perronforkanter.

Lave Jernbetonforkanter, 26 cm over S. O., støttede af Skinnestolper for hver 2 m	pr. m	Kr. 10,00

Perrontunneler m. m.

Perrontunnel	pr. m	Kr. 1500
Tillæg pr. Nedgang		- 5000
Perrontag	pr. m^2	- 40

Perronbefæstelse.

8 cm Tjærebeton paa 5 cm Grus eller Skærver	pr. m^2	Kr. 6,00
2 cm Coulé-Asfalt paa 10 cm Beton	—	- 13,00
Kinnekullefliser	—	- 14,00
Skrombergafliser eller Ironbricks	—	- 16,00
Gangstimakadamisering med 4 cm Dæklag af skarpt Grus paa 8 cm Bundlag af Nøddesten	—	- 2,50
Grusbelægning (8 cm)	—	- 1,50

Veje og Gader.

Brolægning med 1. Sort Sten paa 20 cm Sandfundament	—	- 20,00
Brolægning med 2. Sort Sten paa 20 cm Sandfundament	—	- 18,00
Brolægning paa Skærvefundament	—	- 40,00
— - Betonfundament	—	- 45,00
5 cm Compriméasfalt paa 20 cm Betonfundament	—	- 42,50
Chaussébrolægning med Fundament af 12 cm Skærvelag paa 10 cm Paklag	—	- 17,50
Chaussébrolægning paa Fundament af gammel Chaussering, med Udbedring af denne	—	- 12,50
Makadamisering af 12 cm Skærvelag paa 10 cm Paklag	—	- 7,50
Tjæremakadamisering af et Lag 12 cm tjærede Skærver paa 10 cm Paklag, dækket af et 6 mm tykt Lag Tjære, Strandsand, Melkalk og Cement	—	- 9,00
Chaussering med 22 cm harpet Grus	—	- 4,80
Kørebane af 20 cm uharpet Grus, uden Tromling	—	- 3,00

Fortove.

Almindelig Fortovsbrolægning paa 15 cm Sandfundament	—	- 17,50
Betonfliser	—	- 16,00
Granitfliser, ca. 15 cm tykke, med pikhugget Overflade	—	- 30,00
1. Sort Granitkantsten	pr. m	Kr. 12,50

Udkløvede Kantsten	pr. m	Kr. 6,00
Hugne Bordursten, 35 cm brede	—	- 16,00

Se desuden under Perronbefæstelse.

Indhegninger.

Traadhegn paa fri Bane. 4 Traade, 2,5 m mellem Stolperne	pr. m	Kr. 2,00
Traadhegn paa Stationer. 5 Traade, 2,0 m mellem Stolperne	—	- 2,50
Stakit. 1,1 m højt. 6,5 × 2,5 cm Lægter paa 2 Stk 10 × 5 cm Løsholter. Stolper af 22,5 kg Skinner med Betonfod i 2,5 m Afstand. Træet ru og karbolineret	—	- 10,00
Sikkerhedsrækværk for Landeveje	—	- 12,00
— - off. Biveje og private Veje	—	- 8,00
Plankeværk med vandret Klinkebeklædning af høvlede $^5/_4$" 2. Sort Brædder, 2,2 m højt, med Fyrretræsstolper af 13,1 × 15,7 cm Tømmer, 1,88 m fra Midte til Midte, Stivere i Jorden samt Dækbrædt	—	- 25,00

Ramper.

Enderampe med Frontmur af Beton, Stopper af Tømmer og Skinner, Rækværk af Skinner og Profiljern samt 2. Sort Brolægning	pr. Stk.	Kr. 2500

Drejeskiver.

20 m Drejeskive	pr. Stk.	Kr. 50000
14 - —	—	- 35000
6,5 - —	—	- 25000
Vogndrejeskive	—	- 10000

Kraner.

5,5 ts Læssekran	pr. Stk.	Kr. 6000
3 - —	—	- 4000
2 - Kulkran	—	- 5000

Linietelegraf- og Telefonanlæg.

Hovedbane	pr. km	Kr. 2500
Sidebane	—	- 2000
Privatbane	—	- 1500

Kulgaarde.

Kulgaardsindhegning	pr. m	Kr. 30
Kulgaardsbelægning	pr. m²	- 2

Fyrgrave og Eftersynsgruber.

10 m lang Fyrgrav med Sidemure af Beton med Granitparement og Granittrappetrin ved Enderne	pr. Stk.	Kr. 3000

Pladsbelysning.

Almindelig Statsbane-Landstation	pr. Stk.	Kr. 2000
— Privatbane- —	—	- 1000

Askekasser.

3,77 × 4,71 m Askekasse med Monierindhegning		Kr. 1000

Stenkister.

50 cm Stenkister	pr. m	Kr. 100
65 - —	—	- 120
80 - —	—	- 140
95 - —	—	- 170
110 - —	—	- 200
125 - —	—	- 230
140 - —	—	- 260
For Stenkister og Rørgennemløb kan som samlet Pris regnes for		
Hovedbaner	pr. km	Kr. 3000
Sidebaner	—	- 2500
Privatbaner	—	- 2000

Rullende Materiel.

Lokomotiver.

27 ts Tenderlokomotiv	pr. Stk.	Kr. 80000

Vogne.

Boggiepersonvogne I—II Klasse	pr. Stk.	Kr. 65000
— III —	—	- 50000
2 akslede Personvogne I—II Klasse	—	- 30000
— III —	—	- 25000
Post- og Bagagevogne med Skruebremse	—	- 16000
Stykgodsvogne —	—	- 12500
2 akslede lukkede Godsvogne med Skruebremse	—	- 8000
— — uden —	—	- 7000
2 akslede aabne Godsvogne med Skruebremse	—	- 6500
— — uden —	—	- 6000

Broer.

2,5 m Bro for Vandløb	pr. Stk.	Kr. 6000
6,0 - —	—	- 12000

for Enkeltspor og mindre Dæmningshøjder.

Samlede Tillægspriser for Stationer og Holdepladser.

Landstation paa Hovedbane, Krydsnings- og Læssespor m. m. Hovedspor VB.	Kr. 235,000
Holdeplads paa Hovedbane, Krydsnings- og Læssespor m. m. Hovedspor VB	- 210,000
Landstation paa Hovedbane, Krydsnings- og Læssespor m. m. Hovedspor IV Bj.	- 215,000
Holdeplads paa Hovedbane, Krydsnings- og Læssespor m. m. Hovedspor IV Bj.	- 195,000
Holdeplads paa Hovedbane, uden Krydsningsspor, men med Læssespor m. m. Hovedspor IV Bj.	- 135,000
Billetsalgssted paa Hovedbane, uden Krydsningsspor, men med Læssespor m. m. Hovedspor IV Bj.	- 75,000
Holdeplads paa Sidebane, Krydsnings- og Læssepor m. m. Hovedspor III, uden Sikringsanlæg	- 150,000

Holdeplads paa Sidebane, uden Krydsningsspor, men med Læssespor m. m. Hovedspor III	Kr. 122.000
Billetsalgssted paa Sidebane, uden Krydsningsspor, men med Læssespor m. m. Hovedspor III	- 65,000
Billetsalgssted paa Sidebane, uden Krydsnings- og Læssespor m. m. Hovedspor III	- 25.000
Holdeplads paa Privatbane med Krydsnings- og Læssespor m. m.	- 72,000
— - — uden — men med — —	- 58.000
Trinbrædt - — - — — — —	- 20,000
— - — - — og uden — —	- 5,000

