DTU Bibliotek

Denne fil er downloadet fra

Danmarks Tekniske Kulturarv

www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på *www.tekniskkulturarv.dk/about*

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

625.70

VEJBYGNING

OG

KLOAKERING

TEKNISK BIBLIOTEK

KORTFATTET LÆREBOG

i

VEJBYGNING

OG

KLOAKERING

Udgivet paa Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles Foranstaltning med 6 Bilag

af

C. L. Feilberg.

København

1919

H. MEYERS BOGTRYKKERI. KØBENHAVN

FORORD.

Den foreliggende Lærebog er udarbejdet paa Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles Foranstaltning som Grundlag for Undervisningen i specielle Dele af Jord- og Vandbygningslæren.

Fremstillingen indeholder ikke noget væsentligt nyt. Afsnittet om Vejbygning er til Dels en Bearbejdelse af L. Feilberg's Forelæsninger over Vejbygning og støtter sig bl. a. til Artikler af forskellige Forfattere i »Teknisk Tidsskrift«, »Ingeniøren«, »Handbuch der Ingenieurwissenschaften« samt til Offentliggørelser fra »U. S. Department of Agriculture« og »The Road Board« i London. Afsnittet om Kloakering støtter sig fortrinsvis til Dansk Ingeniørforenings »Forskrifter vedr. Afløb fra Ejendomme«, O. K. Nobel: »Københavns nyere Kloakanlæg«, J. T. Lundbye: »Kommunal-hygiejnisk Ingeniørvæsen«, Imhoff: »Taschenbuch des Kanalisationsingenieurs« samt til Artikler i samme Tidsskrifter som foran nævnt og i »Maanedsskrift for Sundhedspleje«.

I Fremstillingen som Helhed er Hovedvægten lagt paa at meddele Oplysninger, der kan have Betydning ved Projektering af Veje og Kloaker paa mindre Arealer, der skal udstykkes til Bebyggelse. Derimod er Spørgsmaal om Anlæg af Jernveje og Kanalveje ladet helt ude af Betragtning. En Særstilling indtager Kapitlet om Jordarbejde, der er affattet forholdsvis udførligt under Hensyn til, at det derunder meddelte tillige har Betydning for andre Dele af Jord- og Vandbygningsfaget end netop Vejbygning og Kloakering.

Under Arbejdets Udførelse har jeg haft udmærket Hjælp af min Assistent, Ingeniør, cand. polyt. M. Borch, der bl. a. har tegnet de i Bogen benyttede Figurer.

Frederiksberg i September 1919.

INDHOLD.

Side

FØRSTE DEL. VEJBYGNING.

Indledning.

1. Træk af Vejbygningens Historie 11
2. Vort nuværende Vejvæsen 13
3. Stoffets Inddeling 13

Første Kapitel. Jordarbejde.

a. Forarbejder.

4. Undersøgelse af Jordoverfladens Form 14
5. Undersøgelse af Jordens Beskaffenhed 15

b. Udarbejdelse af Planen for et Jordarbejde.

6. Jordværkers Profilering 17
7. Jordmassers Afstemning 20
8. Jordvoluminers Beregning 22
9. Flytteafstandes Bestemmelse 28

c. Jordarbejdets Udførelse.

10. Udstikning og Afsætning 30
11. Afgravningers Udførelse 32
12. Paafyldningers Udførelse 37
13. Jordtransport 41
14. Biarbejder 50

Andet Kapitel. Veje paa Landet.

15. Indledning 54

a. Underbygningen.

16. Vejliniens Bestemmelse 54
17. Konstruktion af Længdeprofilet 56
18. Konstruktion af Tværprofilet 60
19. Projektets Udstyrelse 64

b. Vejbanens Befæstelse.

20. Jordveje 64
21. Grusveje 66
22. Skærveveje 67
23. Støvfrie Skærveveje 79
24. Chaussebrolægning 90
25. Andre Vejbefæstelser 92
26. Sidebaners Befæstelse 93
27. Offentlige Gangstier 94

Side

c. Gennemløb under Veje.

28. Dimensioner og Bundkote 94
29. Stenkister 95
30. Rørgennemløb 96
31. Støbte Gennemløb 98
32. Frontmure 100

Tredie Kapitel. Veje i bebyggede Kvarterer.

33. Indledning 102
34. Vejnettets Bestemmelse 103
35. Længdeprofilet 107
36. Tværprofilet 111
37. Kørebanens Befæstelse 117
38. Fortoves Befæstelse 123
39. Aabne Pladser 126
40. Projektets Udstyrelse 127

ANDEN DEL. KLOAKERING.

Indledning.

41. Historiske Oplysninger 131
42. Lovbestemmelser vedrørende Kloakanlæg 134
43. Stoffets Inddeling 136

Første Kapitel. Husspildevandsledninger.

44. Indvendige Spildevandsledninger 137
45. Underjordiske Afløbsledninger 141
46. Brønde 145
47. Bortledning af Regnvand og Grundvand 147
48. Projektets Udstyrelse 149

Andet Kapitel. Hovedledningssystemet.

49. Planen for et Kloakanlæg 150
50. Ledningsnettets Dimensionering 154
51. Arbejdets Udførelse 161
52. Eftersyn og Renholdelse af Ledningerne 164
53. Projektets Udstyrelse 166

Tredie Kapitel. Uskadeliggørelse af Spildevand.

54. Direkte Udløb i Havet, Søer eller Vandløb 168
55. Pumpeanlæg 174
56. Mekaniske Renseanlæg 175
57. Biologiske Renseanlæg 178
58. Overrislingsmarker 184
59. Rensning af Kloakvand i Fiskedamme 185

FØRSTE DEL

VEJBYGNING

INDLEDNING.

1. Træk af Vejbygningens Historie. Vejbygningskunsten stod i Oldtiden paa et temmelig højt Trin. Det fremgaar bl. a. af Levninger, som man mange Steder i Syd- og Mellemeuropa finder af gamle Veje fra Romertiden*). Disse Veje har været meget kunstfærdige og i høj Grad solide, og deres Kørebaner var ofte befæstet med et over 1 m tykt Stenlag, anbragt imellem svære Randsten. Stenlagets Beskaffenhed kunde være en Del forskelligt. Nederst blev gerne anbragt to eller flere Lag store Grundsten, hvis Mellemrum blev udfyldt med Stenstykker og Mørtel, saa at der fremkom et muret Fundament af ca. $^1/_2$ m samlet Tykkelse. For at Kørebanen ikke skulde være berøvet al Elasticitet, kom i Reglen derover et ca. 15 cm tykt Lag stampet Ler eller Ler blandet med Sand. Derpaa et Lag Smaasten blandet med Mørtel, og endelig øverst et Lag Grus med Mørtel, eller, om man vil, 2 Lag Beton af samlet Tykkelse omtrent som Murværket i Bunden. Det øverste Lag var af Hensyn til Vandafledningen afrundet med Fald til begge Sider. Vejene var særdeles bekvemme og forsynede med Milesten, Monumenter, Badesteder og Lokaler, hvor marcherende Tropper og rejsende Embedsmænd kunde faa Kvarter, og hvor der kunde skiftes Heste. De militære Veje, der førte fra Rom til Rigets store Stæder, var de fornemste. Mindre Veje førte fra en By til en anden, og endnu mindre private Veje fra Byerne til de store Jordegodser. Hvor Vejene skar Vandløb, var de forsynet med solide, murede Broer.

Denne Kultur gik i Middelalderen aldeles tabt. Man manglede Penge til

*) Curt Merckel: Die Ingenieurtechnik im Altertum, Berlin 1899.

at anlægge saa solide Veje og havde ikke Kundskaber til at bygge gode Veje til en billigere Pris, og Resultatet blev, at der saa godt som intet blev gjort. Det var i Virkeligheden først langt hen i det attende Aarhundrede, at man atter begyndte at beskæftige sig indgaaende med Vejbygning, og da navnlig i Frankrig, hvor der paa den Tid blev begyndt omfattende Vejbygningsarbejder og oprettet en særlig Skole »l'école des ponts et chaussées de France«.

Her i Landet var Vejene i gammel Tid meget slette, i mange Tilfælde overhovedet kun farbare for Fodgængere og Ridende. Endnu i 1770 var Vejen fra København til Roskilde i en saa daarlig Forfatning, at der behøvedes det meste af en Dag til at tilbagelægge den til Vogns, og Vejen fra Roskilde til Korsør var endnu ikke indgrøftet. I de fleste Egne kørte man paa den blotte Jord, og naar der var dannet alt for dybe Hjulspor, kørte man efter andre Linier. Engang imellem blev Grøfterne oprenset, hvor saadanne fandtes, og man lagde da gerne Dyndet ind paa Vejbanen for dermed at fylde Spor og Huller. For de vigtigste Vejes Vedkommende brugte man en Befæstelse ved Hjælp af Sand og Grus, som Bønderne lejlighedsvis blev beordret til at køre paa; men Gruset indeholdt ofte store Sten, der blev liggende uordnede paa Kørebanen til Fare for Færdslen, og nogen effektiv Forbedring naaedes ikke.

Men midt i det attende Aarhundrede besluttede man sig endelig til at gøre noget grundigt for Vejene. Aar 1764 blev der indkaldt tre franske Ingeniører, under hvis Ledelse Hovedvejene paa Sjælland blev planlagt og paabegyndt efter de nye, franske Metoder for senere at fuldføres af danske Ingeniører (Militæringeniører). Under 13. December 1793 udkom en Forordning om Vejvæsenet i Danmark, hvorefter Vejene deles i 3 Klasser: Hovedlandeveje, mindre Landeveje og Biveje, af hvilke de første skulde anlægges og vedligeholdes af Staten, de to sidste henholdsvis af Amts- og Sognekommunerne. Af § 53 i denne Forordning ser man, hvorledes Hovedlandevejene blev anlagt*). Bundlaget dannedes af store, helst flade Sten, der blev nedlagt mellem høje Randsten *(Bordursten)*, forkilet med smaa Stenstykker og sluttelig pakket med Ler. Ovenpaa dette Fundament anbragtes et Lag nogenlunde lige store, men væsentlig mindre Sten, saa at der alt i alt fremkom et Stenlag af ca. $^2/_3$ m Tykkelse mellem Randstenene. Øverst

*) Se endvidere Vogelius Steenstrup: Landstrassen, Copenhagen 1843.

kom endelig et ca. $^1/_4$ m tykt Lag Grus, der gik ud over Randstenene paa begge Sider og dækkede disse. Paa denne Maade blev vore ældste Hovedlandeveje anlagt. Det var nærmest en Efterligning af de gamle romerske Veje, dog med et noget mindre tykt Stenlag og uden Formuring.

Senere slog man af paa Stenlagets Tykkelse. En fransk Ingeniør *Trésaguet* var allerede i 1775 begyndt at bygge lette Veje med et enkelt Stenlag (Paklag), dækket med et Lag Grus eller Skærver. Og i 1820 fremkom Skotten *Mac Adams* Forslag til Befæstelse af Vejbanen med et enkelt Lag Skærver. Faa Aar efter indsaa *James Patterson* Betydningen af Vejkassens Afvanding og indførte Tromling af Stenlaget, og Vejbygningskunsten kom dermed i de fleste europæiske Lande ind i sit nuværende Spor.

2. Vort nuværende Vejvæsen hviler paa Lov af 21. Juni 1867*), hvorefter samtlige offentlige Veje her i Landet deles i to Klasser, nemlig 1) *Landeveje*, der bestyres og vedligeholdes af Amtskommunerne, og 2) *Biveje*, der sorterer under Sogne- og Købstadskommunerne og vedligeholdes af disse, for de større Vejes Vedkommende dog med Tilskud fra Amtsrepartitionsfondet. Ministeriet for offentlige Arbejder har den øverste Myndighed i alle Sager vedrørende Landeveje og fører Overtilsyn med disse ved en særlig Embedsmand, Overvejinspektøren. Amtsraadene udøver deres Administration af Landevejene ved Amtsvejinspektørerne og fører desuden Tilsyn med, at Sogneraadene vedligeholder Bivejene paa forsvarlig Maade. Over alle offentlige Veje skal de respektive Amtsraad og Sogneraad udfærdige officielle Fortegnelser, der for Bivejenes Vedkommende revideres hvert 5. Aar.

Private Veje ejes og vedligeholdes af Privatmænd eller Sammenslutninger af saadanne *(Vejejerlag)*. Dog maa hertil bemærkes, at den private Foretagsomhed ikke altid er frit stillet, men, i Særdeleshed naar Talen er om Nyanlæg af Veje, der skal tjene en fremtidig Bebyggelse, begrænset af forskellige Love og Vedtægter (se Punkt 36).

I Købstæderne behandles Vejsager gerne ved en af Kommunen ansat Stadsingeniør.

3. Stoffets Inddeling. I de følgende Kapitler er det kun de rent tekniske Spørgsmaal vedrørende Vejbygning, som skal gøres til Genstand for nærmere Omtale, og i den Forbindelse er den foran nævnte Inddeling af

*) H. Gram: Den danske Landboret, København 1912.

Vejene uden afgørende Betydning. Thi Vejes Bredde, Befæstelse, Vedligeholdelse etc. maa bestemmes under Hensyn til Vejenes praktiske Betydning og den Trafik, de skal bære, og stærkt befærdede Biveje eller Veje paa bebyggede Arealer kan i saa Henseende let overtræffe lidet benyttede Landeveje o. s. fr. Derimod falder det naturligt at skelne mellem *Veje paa Landet* (Landeveje i daglig Tale) og *Veje i bebyggede Kvarterer* (specielt Gader), da disse to Arter af Veje baade med Hensyn til Profil, Befæstelse og Afvanding adskiller sig nogenlunde skarpt fra hinanden.

Inden tekniske Enkeltheder ved forskellige Veje kan gøres til Genstand for nærmere Omtale, er det nødvendigt at beskrive det til ethvert Vejanlæg hørende Jordarbejde, der gaar ud paa ved passende Gennemgravninger og Paafyldninger langs Vejlinien at tilvejebringe en for Vejanlæget passende reguleret Jordoverflade *(Planum)*. Men dette Jordarbejde adskiller sig ikke paa afgørende Maade fra de Jordarbejder, der bliver at udføre ved forskellige andre Anlæg som f. Eks. Digeanlæg, Kanalanlæg, Vandløbsreguleringer, Planeringsarbejder el. l., og Spørgsmaalet om Jordarbejde skal derfor af Hensyn til disse andre Grene af Jord- og Vandbygningsfaget i det følgende behandles i al Almindelighed, skønt Fremstillingen derved paa enkelte Punkter bliver noget mere vidtløftig end strengt nødvendigt af Hensyn til Vejanlæg alene.

Fremstillingen er saaledes delt i tre Kapitler, nemlig første Kapitel om Jordarbejde i al Almindelighed, andet Kapitel om Veje paa Landet og tredie Kapitel om Veje i bebyggede Kvarterer.

FØRSTE KAPITEL. JORDARBEJDE.

a. Forarbejder.

4. Undersøgelse af Jordoverfladens Form. Det vigtigste af de Forarbejder, der maa gaa forud for Planlægning af et større Jordarbejde, af hvilken Art det end maatte være, er Opmaaling og Nivellement af det Terræn, hvorpaa Arbejdet skal udføres. Der medtages herved et noget større

Areal end det, der netop berøres af Jordarbejdet, og desuden alle saadanne i Nærheden liggende Enkeltheder, der kan være af Betydning for Arbejdet, saasom Bygninger, Veje, Stenkister, Rørledninger, Grøfter, Søer etc. samt nærliggende faste Punkter. Hvor faste Punkter mangler, anbringer man hist og her i Grænseskel eller paa lignende mindre udsatte Steder »Fixpæle«, der opmaales og nivelleres, for senere hen at tjene som Udgangspunkter ved de nødvendige Afsætninger i Marken.

Resultatet af Opmaalingen og Nivellementet fremstilles paa et Kort, der sædvanlig tegnes i Maalestoksforhold mellem 1:2000 og 1:500 og forsynes med Kotetal, Horizontalkurver eller et tilstrækkeligt Antal Profiler. Ved Planlægning af større Vejanlæg eller andre Jordarbejder med stor Udstrækning i en enkelt Retning foretrækker man i Reglen at indlægge Profiler. Og man benytter da gerne ét Længdeprofil efter Anlægets Midtlinie og et større Antal vinkelret derpaa indlagte Tværprofiler, dels Hovedprofiler for hver 50 m, dels Mellemprofiler paa alle Steder, hvor Forandringer i Terrænets Form eller andre særlige Forhold gør en nærmere Bestemmelse ønskelig. Hvor Talen er om Projektering af et sammenhængende System af Veje, der skal tjene en fremtidig Bebyggelse, benytter man bedst Kort i stort Maalestoksforhold 1:1000 à 1:500 og Horizontalkurver med ca. 0,25 m Distance.

Ved Anlæg af sidstnævnte Art er det af særlig Vigtighed, at man under Forarbejderne sikrer sig udtømmende Oplysninger om eksisterende Veje og Kloaker, Afvandingsmuligheder, Bevoksninger, Vandhuller, eksisterende og paatænkte Bebyggelser paa tilgrænsende Arealer etc., da alt dette kan have Betydning for Planlægningen.

5. Undersøgelse af Jordens Beskaffenhed. Foruden Opmaaling og Nivellering af Jordoverfladen maa man ofte foretage en Undersøgelse af Jordens Beskaffenhed ned til fast Bund eller i hvert Tilfælde til den Dybde, som man vil naa under Arbejdet. Dette kan ske ved Boring eller ved Gravning af Brønde.

1) *Boring* i dette Øjemed foretages med forholdsvis store Bor (ca. 10 cm i Diameter), da det ellers vil være vanskeligt af de optagne Prøver at slutte sig til Jordens Beskaffenhed og Fasthed. Efter de forskellige Maader, hvorpaa Borene bruges, deler man dem i to Grupper, Drejebor og Stødbor.

Til Drejeborene hører *Cylinderboret*, der kan bruges, hvor Jorden er af nogenlunde let Beskaffenhed. Det bestaar af en Pladejernscylinder, der

er opslidset efter en Frembringer og forneden lukket med et Staalskære, formet som en Omgang af en Vindelflade. Slidsen, der tjener til Rensning af Boret, kan have større eller mindre Vidde efter Jordens Beskaffenhed. I sprøde eller usammenhængende Jorder falder den helt væk, medens der til Gengæld forneden i Cylinderen kan anbringes en Kugleventil, der hindrer Boremelet i at falde ud *(Ventilbor)*. I federe, sammenhængende Jorder kan Slidsen gøres meget stor *(Skebor)*, eller Cylinderen kan helt udelades, saa at kun Vindelfladen bliver tilbage *(Spiralbor)*.

Stødborene anvendes, hvor der arbejdes i meget haard Bund, til Løsning af Jorden eller til Gennemboring af Sten. De almindeligst benyttede er *Mejselboret* og *Krydsboret* (se Fig. 1).

I ganske løs Jord og specielt, hvor der bores under Vand, er det nødvendigt at »fore« Borehullet med et Jernrør, der samles af forskellige Rørstykker og rammes ned, efterhaanden som Boringen skrider frem. Dette er tillige altid nødvendigt, hvor man benytter en Vandstrøm til at fjerne Boremelet *(Skylleboring)*.

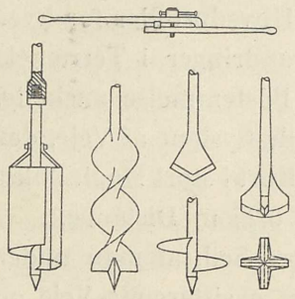


Fig. 1. Forskellige Typer af Jordbor.

Samtlige Bor ender foroven i en Tapskrue, hvormed de fastgøres til Borestangen. Denne dannes af 3—4 m lange Stykker Stangjern eller Rør, der samles ved Forskruninger, og manøvreres ved Hjælp af et Haandtag, der kan spændes fast i forskellig Højde. Ved Boring i større Dybde rejses en Buk, der bærer Taljer til Løftning af Boret, over Borehullet.

2) *Gravning af Brønde* giver de bedste Oplysninger om Jordbundens Beskaffenhed og Fasthed, men Fremgangsmaaden er forholdsvis bekostelig. I faste Lerjorder kan Brønde staa med lodrette Sider uden Afstivning, naar Dybden ikke er større end 2 à 3 m, og man giver dem da hyppigst cirkulært Tværsnit med 1 à 1,5 m Diameter. I løs Jord og ved større Dybde er Afstivning af Siderne en Nødvendighed, og man foretrækker i saa Fald et kvadratisk, stundom ogsaa aflangt rektangulært Tværsnit med 1,5 à 2 m Sidelinie. Afstivningen kan udføres med 4 à 5 cm tykke Planker, der rammes lodret ned langs Brøndens Sider, efterhaanden som Gravningen skrider frem, og afstives indbyrdes ved vandrette Tømmerrammer i 1,5 à 2 m indbyrdes Afstand (Fig. 2). Naar hele Plankelængden er taget i Brug, og Brønden skal graves dybere, rammes et nyt Sæt Planker

indenfor den underste Ramme i den færdige Del af Brønden o. s. v. Tværsnittet vil paa denne Maade efterhaanden indsnævres noget. Vil man undgaa det, kan man f. Eks. anvende »hollandske Rammer«, der samles nede i Brønden af Planker, der er tilskaaret som vist paa Fig. 3, og sikres i deres Stilling ovenpaa hinanden ved paaspigrede Lister.

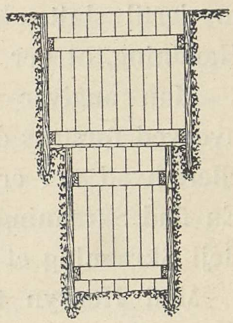


Fig. 2. Plankeafstivning i en Brønd.

Den udgravede Jord kan smides op af Brønden med Spade eller Skovl, idet man ved større Dybder betjener sig af Brixe i forskellig Højde, eller man kan hejse den op i Spande eller Kasser. Frembrydende Grundvand fjernes ved Øsning eller Pumpning.

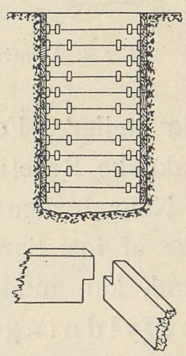


Fig. 3. Hollandske Rammer.

Resultatet af den beskrevne Jordbundsundersøgelse bliver for hvert enkelt Borehul eller Brønd et Profil af Jordskorpen, med Angivelse af de forskellige Lags Tykkelse og den Tid, der er medgaaet til at gennembore dem, og dernæst eventuelt en Række Prøver af de forskellige Jordarter, man har truffet paa. Har man foretaget en Række Boringer efter et bestemt Længde- eller Tværprofil, lader det sig gøre at indlægge Tykkelsen af de forskellige Jordlag i Profilet, tegne Grænselinierne imellem dem og betegne de forskellige Jordarter ved Farvesignaturer. Endelig maaler man som oftest Grundvandets Stand i de forskellige Huller paa samme Dag, naar disse har staaet aabne i nogen Tid.

Resultatet af Jordbundsundersøgelsen kan ogsaa indføres paa Kortet som Kotetal af forskellig Farve for de forskellige Jordlag. Hvis et enkelt Lag, f. Eks. et Tørvelag, har overvejende Betydning, kan man ogsaa indskrænke sig til at anføre Mægtigheden af dette Lag paa forskellige Punkter af Kortet med farvede Tal.

b. Udarbejdelse af Planen for et Jordarbejde.

6. Jordværkers Profilering. Jordværker kan enten være Afgravninger eller Paafyldninger. De maa i Følge Materialets Natur have simple Former og begrænses som Regel af en omtrent vandret Overflade *AB (Planum)* og

to dertil sluttende Sideskraaninger (Fig. 4). Disse maa have en saadan Hældning, at der ikke er Fare for, at Jorden skal skride ned.

Man angiver sædvanlig Skraaningernes Hældning ved deres Anlæg, hvorved forstaas deres vandrette Projektion for Enhed af Højde, eller, hvad der er det samme, *cot* af Skraaningens Vinkel med Horizonten. En flad Skraaning har saaledes et stort Anlæg (stort Areal at ligge paa), en stejl Skraaning et lille Anlæg.

Med Hensyn til Anlægets Størrelse kan almindeligt siges, at det bør svare til Friktionsvinklen for den paagældende Jordart, skønt tilstedeværende Kohæsion nok kan bevirke, at navnlig smaa Skraaninger*) for en Tid kan staa stejlere. For græsbevoksede Skraaninger benytter man ofte følgende praktiske Regel:

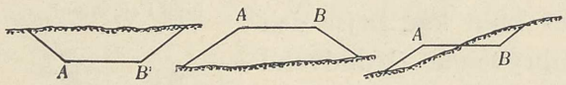


Fig. 4. Afgravnings- og Paafyldningsprofiler.

Naar Jorden ikke bestaar af Ler eller stærkt lerblandet Sand og heller ikke af løst Sand eller fast Klippe, og Skraaningerne ikke er beskyllet af Vand, kan man i Afgravninger anvende et Anlæg paa 1—1½, i Paafyldninger 1½—2, de smaa Tal svarende til smaa Skraaninger, for hvilke Kohæsion spiller den største Rolle, de store Tal svarende til store Skraaninger. Den Forskel, der gøres paa Afgravninger og Paafyldninger, hidrører fra, at Jorden er fastere i Afgravninger, hvor den ligger i sin naturlige Aflejring, end i Paafyldninger, hvor den er opfyldt paa kunstig Maade. Ved almindelige Vejanlæg anvender man i Henhold hertil hyppigt Anlæg af 1¼ og 1½ henholdsvis for Afgravninger og Paafyldninger og Anlæg 1 for lave Grøfteskraaninger. Ved samme Vej varierer man nødigt Anlægget, selv om Skraaningernes Højde varierer noget; paa særlig vanskelige Steder indskyder man da hellere en vandret Banket som vist paa Fig. 5. Ved Skraaninger, der er beskyllet af Vand, maa der som Regel anvendes en Beklædning og gives større Anlæg, f. Eks. 2—3 over Vandspejlet, 5—10 under Vandspejlet fra det Sted, hvor Beklædningen ophører. Med Hensyn til de ovenfor undtagne Jordarter bemærkes følgende:

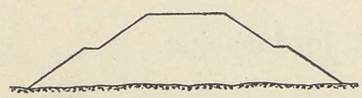


Fig. 5. Dæmning med »Banketter«.

Det Anlæg, som Ler behøver, beror paa

*) Smlgn. C. L. Feilberg: Teknisk Mekanik, Pag. 117.

Vandindholdet. Tørt og fastlejret Ler kan staa med stejle eller endog overhængende Skraaninger. Fugtigt Ler med saa meget Vand, at det danner en stiv Deig, behøver allerede et Anlæg af 2, og kommer mere Vand til, kan der behøves Anlæg 3 og 4, uden at man endda er fuldstændig sikker, idet Ler under ugunstige Omstændigheder kan forholde sig som en sejg Vædske, der langsomt flyder ud selv med nok saa stort Anlæg *(Flydeler)*. Spørgsmaalet om, hvor stort Anlæg man skal give Ler, beror derfor paa, i hvilken Grad man kan beskytte det imod Vand. Dette er imidlertid ikke let. Dels er Ler meget hygroskopisk, det tørrer langsomt under Dannelse af Revner og Ridser og optager gennem disse hurtigt Vand paany (slibrige Lerveje). Dels er det i Naturen forekommende Ler hyppigt gennemtrængt af Sandaarer, hvorigennem Grundvandet kan bryde frem, eller det er dog i hvert Fald dækket af et Muldlag, der holder paa Regnvandet. I begge Tilfælde vil Leret opblødes, og der indtræder Skred som antydet paa Fig. 6 paa det Sted, hvor Vandet træder frem i Skraaningen. Og er Skraaningen først begyndt at skride, danner der sig Vandsamlinger, der giver Anledning til yderligere Udblødning, og Ødelæggelsen skrider hurtig frem.

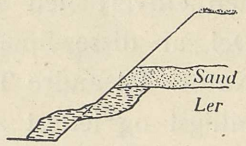


Fig. 6. Skred i en Afgravningsskraaning.

Til Forebyggelse af disse Ulemper har man ikke andet Middel end at dræne og beklæde Skraaningerne. Stort Anlæg alene sikrer ikke. Det har tværtimod vist sig, at man, naar Dræning og Beklædning anvendes, helst ikke maa give større Anlæg end ca. 2, idet der lettere danner sig Uregelmæssigheder og Vandsamlinger paa flade Skraaninger. Hvor man ikke har kunnet beskytte Ler imod Vand, har det undertiden været nødvendigt at begrænse dets Fremtrængen ved solide Beklædningsmure eller Bolværker. Der gives Flydeler og Blandinger af Ler med fint Sand, som det næsten ikke er muligt at standse paa anden Maade. Stærkt lerblandet Sand og Grus forholder sig i mange Tilfælde som Ler; ogsaa her bliver Reglen, at man anvender Dræning og Beklædning samt Anlæg 2, naar man ikke kan undgaa at arbejde deri.

Sand er, navnlig naar det er af fin Beskaffenhed, heller ikke noget heldigt Materiale i Skraaninger, men kan dog anvendes, hvor det ikke er udsat for at blive sat i Bevægelse af Vind eller Vand, naar man giver det et Anlæg af $1^3/_4$ à 2, dog at dette Anlæg ikke blot gives i Paafyldninger, men ogsaa i Afgravninger, da Sand ganske mangler Kohæsion. Sandet staar bedst, naar det er lidt fugtigt; i Klitterne kan man se det staa under

ca. 45°, men ved skrap Tørring og i Regnvejr skrider det ned. En vis Art fint Sand, undertiden blandet med findelt Kalk, kan, opblødt af Vand *(Flydesand)* være ligesaa vanskeligt at arbejde med som Flydeler, saa at det paa enhver Maade bør undgaas. Skraaninger af Sand bør saa vidt muligt dækkes med et Lag Muldjord og tilsaas med Græs.

Fast Klippe holder sig desto bedre, jo stejlere den staar. En flad Skraaning vil lettere grønnes og senere beskadiges af Frost. Af Hensyn til Stabilitet og Udseende giver man dog gerne et lille Anlæg $^1/_6$ à $^1/_8$, men ikke mere, medmindre Klippen har en skifret Struktur og en Adskillelse efter Lagdelingen kan frygtes.

7. Jordmassers Afstemning. Forud for ethvert Jordarbejde maa der være udarbejdet en Plan, der viser, hvor der skal graves Jord af, og hvor der skal fyldes Jord paa, til hvilke Dybder og Højder dette skal ske, hvor den ethvert Sted afgravede Jord skal lægges hen etc. Undertiden kan en Del af disse Spørgsmaal paa Forhaand være besvaret ifølge Opgavens Natur. Til andre Tider har man frie Hænder, og det vil da i Reglen være billigst og lettest at frembringe Jordværket dels ved Afgravning dels ved Paafyldning, idet man afpasser disse Størrelser saaledes, at den ved Afgravningen vundne Jordmasse netop er stor nok til at danne Paafyldningen. Det herved udtrykte Princip kalder man »*Udligningsprincippet*«. Ved at anvende det faar man det mindste Rumfang Jord at tage under Behandling, og der bliver intet Areal at erhverve udenfor Anlægets Grænser. For at opnaa Udligning maa man under Planlægningen som Regel gaa forsøgsvis frem, saaledes at snart en, snart en anden Sammenstilling af Planumshøjder, Stigninger, Fald etc. gøres til Genstand for nærmere Undersøgelse, indtil man finder en Løsning, der tilstrækkelig nøje tilfredsstiller Kravet, samtidig med at den ellers er praktisk anvendelig og svarer til sit specielle Formaal (smlgn. Punkt 15 o. flg.).

Der er imidlertid mange Tilfælde, hvor Udligningsprincippet ikke anvendes, men hvor den Jord, der vindes ved Afgravningen, helt eller delvis lægges til Side udenfor Anlægets Grænser, samtidig med at den Jord, der behøves til Paafyldningen, hentes andetsteds fra. Dette Princip kaldes »*Ud- og Indsætningsprincippet*«. Det anvendes f. Eks. i Tilfælde, hvor den Jord, der vindes i Afgravningerne, er uskikket til at danne gode Paafyldninger (Tørv, fint Sand, Flydeler etc.), eller hvor Flytteafstandene er saa store, at

det ikke kan betale sig at tilstræbe Udligning. Men Forholdet kan ogsaa være saadan, at Udligning ifølge Arbejdets særlige Natur er uopnaaelig (f. Eks. ved Digeanlæg), eller at praktiske og æstetiske Hensyn træder hindrende i Vejen, saaledes som det ofte er Tilfælde ved Vejanlæg paa bebyggede Arealer etc. I saadanne Tilfælde nødes man til at have »døde Afgravninger«, hvorfra Jord hentes til Paafyldningen, eller »døde Paafyldninger«, hvor overflødig Fyld henlægges. I Nærheden af større Byer vil man ofte kunne faa anvist Steder, hvor Fyld kan hentes eller aflæsses; men hvor det ikke er Tilfælde, kan det blive nødvendigt at erhverve Areal specielt i samme Øjemed.

Ved Afstemning af Afgravnings- og Paafyldningsvoluminer imod hinanden maa man for det første tage Hensyn til, at Jordmassen udvider sig betydeligt (ofte 20—30 %, stive Jorder endog indtil 50 %) ved Løsning fra sin naturlige Aflejring, og at den kun delvis synker sammen igen (sætter sig) i Paafyldningerne, saaledes at der fremkommer en blivende Udvidelse som Resultat af Flytningen. Størrelsen af denne blivende Udvidelse kan være meget forskellig.

For rent Sand er den forsvindende.
- sandblandet Ler kan den være ca. 2 %.
- Mergel - - - - 3 %.
- stift Ler - - - - 5 %.
- fast Klippe - - - 8 à 10 %.

Dernæst maa man som Regel regne med, at Grunden synker under Paafyldningerne. Ved Pløjeland paa fast Undergrund kan det ofte dreje sig om 5—10 % af det kultiverede Jordlags Tykkelse; paa Eng og Mose kan Synkningen være meget betydelig, til Tider ganske uberegnelig.

Hvor man slet ikke behøver at paaregne nogen Synkning, som f. Eks. ved gammel, fastlejret Grund eller Klippe, maa man ifølge det foregaaende give et Tillæg til Afgravningerne, eller hvad man i Praksis hyppigt foretrækker, trække fra Paafyldningerne. Man reducerer Paafyldningerne med det Antal Procent, som den blivende Udvidelse skønnes at andrage, for sandblandet Ler f. Eks. 2 %. Er Grunden, hvorpaa man fylder op, af løsere Beskaffenhed, vil Synkningen kunne faa Overvægten, saa at der ved Afstemningen maa gives et Tillæg (1—5 %) til Paafyldningerne. Ved Opfyldning paa Mose- og Engbund maa dette Tillæg gøres endnu større, stundom 20—25 % eller mere. Selvfølgelig er der intet til Hinder for, at den blivende

Udvidelse og Synkningen kan gaa lige op; i saa Fald behøves ingen Reduktion af Paafyldningerne.

Da saavel Synkning som Sætning tager Tid, stundom flere Aar, maa Paafyldninger altid opføres med en passende Overhøjde. Hvor meget der er nødvendigt, afhænger bl. a. af Fyldens Beskaffenhed og den Maade, hvorpaa den anbringes, om den stampes fast eller ikke. Ved høje Dæmninger maa man ofte kræve en Overhøjde paa 5 à 10 % selv ved omhyggelig Udførelse.

8. Jordvoluminers Beregning kan aldrig foretages med stor Nøjagtighed. De forskellige i Punkt 7 nævnte Forhold i Forbindelse med den Omstændighed, at man ikke er i Stand til at bestemme Jordoverfladens Form med fuld Nøjagtighed, bevirker, at Beregningsresultaterne ikke kan blive andet end tilnærmende. Man kan i Reglen ikke opnaa Kubikmeters Nøjagtighed og bør aldrig regne med Brøkdele deraf.

Fremgangsmaaden ved Beregningen maa i væsentlig Grad rette sig efter Jordværkernes særlige Art og den Maade, hvorpaa Jordoverfladens Form er bestemt ved Nivellementet. I det følgende skal skelnes mellem a) Jordværker uden bestemt Længdeudstrækning, saasom større aabne Pladser ved Vejanlæg, Planeringer for Vandingsanlæg etc. og b) Jordværker med udpræget Længderetning, saasom Vejdæmninger og Gennemskæringer, Diger, Kanaler etc.

a. Jordværker uden bestemt Længdeudstrækning.

1) Hvis Jordoverfladens Form er bestemt ved Horizontalkurver, og det f. Eks. drejer sig om at bestemme Volumenindholdet af en Bakke over en given vandret Plan, kan man beregne de skiveformige Voluminer, der ligger mellem to og to paa hinanden følgende Horizontalplaner ved den tilnærmende Formel:

$$V = {}^1/_2\, h\, (A_1 + A_2), \qquad (1)$$

hvori A_1 og A_2 betegner de af de respektive Kurver indesluttede Arealer og h Distancen. Ved at summere alle Skiver finder man sluttelig hele Bakkens Volumen.

Hvis Antallet af Horizontalkurver er stort, kan man ved Beregningen med Fordel benytte sig af *Simpsons* Formel, der giver det samlede Volumen:

$$\Sigma V = \frac{h}{3}(A_1 + 4A_2 + 2A_3 + 4A_4 + \ldots A_n). \qquad (2)$$

Hvis den Jordoverflade, man ønsker at fremstille, ikke netop er en vandret Plan, men en anden maaske krum Flade, bestemt ved særlige Horizontalkurver (stiplede i Fig. 7), kan en ganske lignende Beregningsmaade anvendes. Arealerne A bliver i saa Fald at udmaale mellem respektive ny og gamle Horizontalkurver i samme Niveau.

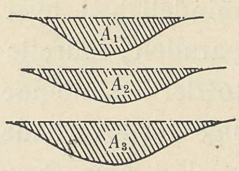


Fig. 7. Terrænregulering efter Kurver.

2) Er Jordoverfladens Form bestemt ved Indlæggelse af et Kvadratnet og Nivellement over dettes Vinkelspidser, vil man som Regel foretrække en anden Beregningsmaade, hvorved det søgte Jordvolumen tænkes delt i lodrette Prismer (Fig. 8) med Inddelingens Kvadrater som Normalsnit. Kaldes Kvadratsiden s og Paafyldningshøjder eller Afgravningsdybder over Vinkelspidserne i et af Kvadraterne h_1, h_2, h_3 og h_4, bliver det tilsvarende Volumen med Tilnærmelse:

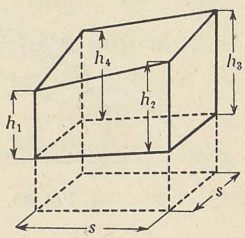


Fig. 8.

$$V = \frac{s^2}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4), \qquad (3)$$

hvorefter det samlede Volumen kan findes ved Summation.

Størrelserne h bliver at beregne som Differenser mellem de ved Nivellementet fundne Terrænkoter og de tilsvarende ny Koter for den Overflade, man ønsker at fremstille. Hvor denne Differens er Nul, ligger Grænsen mellem Paafyldning og Afgravning (Fig. 9). I Nærheden af denne Grænse findes baade for Paafyldning og Afgravning en Række mindre Voluminer med tilnærmelsesvis trekantet eller trapezoidal Grundflade. De kan beregnes med Tilnærmelse paa ganske tilsvarende Maade, nemlig som Produktet af Grundfladen og Middeltallet af Højderne i Vinkelspidserne.

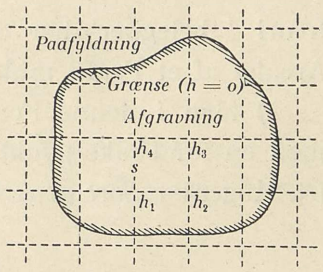


Fig. 9. Planering af et Terræn.

b. Jordværker med udpræget Længderetning.

Jordværker af denne Art er i Reglen bestemt ved et Længdeprofil efter Værkets Midtlinie og en Række derpaa vinkelrette Tværprofiler (smlgn. Punkt 4), og Volumenberegningen foretages da bedst fra Tværprofil til Tværprofil. De enkelte Voluminer, der herved bliver at beregne, faar i Almindelighed hver især Form omtrent som et Prismatoide, begrænset af to parallele, lodrette Tværprofiler A_1 og A_2, et Planum af konstant Bredde B, to dertil sluttende Sideskraaninger med samme Anlæg a samt den oprindelige Jordoverflade (Fig. 10).

Det maa forudsættes i Beregningen, at Terrænlinien MN i alle Profiler er ret. Skulde dette ikke være Tilfælde, indlægger man i Profilet en ret Linie, der uden nævneværdig Fejl kan træde i Terrænliniens Sted, idet man sørger for, at den skærer lige saa meget af Tværsnittet, som den føjer til det. Profilhøjderne h_1 og h_2 bestemmes af Længdeprofilet, hvor baade Terrænlinien efter Jordværkets Midte og det fremtidige Planum maa være indlagt.

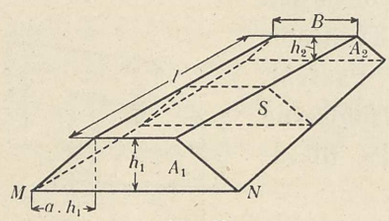


Fig. 10.

Under Forudsætning af plant Terræn mellem Profilerne kan det beskrevne Volumen beregnes eksakt efter Formlen for et Prismatoide:

$$V = \frac{l}{6}(A_1 + 4S + A_2) = Sl + \frac{l}{6}(A_1 - 2S + A_2), \qquad (4)$$

hvori l betegner den vandrette Afstand mellem Profilerne A_1 og A_2 og S Arealet af et Profil midt imellem disse (Midtersnittet).

1) Men i denne Formel vil sidste Led hyppigt være saa lille, at man med en for Praksis fuldt ud tilstrækkelig god Tilnærmelse kan se bort derfra (Ingeniør *Sørensens* Metode) og sætte:

$$V = S \cdot l. \qquad \textbf{(5)}$$

Det Volumen, man derved faar, er i Virkeligheden lidt for lille, og den Fejl, der begaas, ses at være:

$$f = \frac{l}{6}(A_1 - 2S + A_2). \qquad (6)$$

a) Er Terrænet uden Sidehældning (*MN* vandret), har man fremdeles:

$$A_1 = h_1 (B + a h_1), \tag{7}$$
$$A_2 = h_2 (B + a h_2) \text{ og}$$
$$S = \frac{h_1 + h_2}{2}\left(B + a\frac{h_1 + h_2}{2}\right),$$

der indsat i (5) og (6) efter nogen Regning giver:

$$V = \frac{l}{2}\left(B (h_1 + h_2) + \frac{a}{2}(h_1 + h_2)^2\right) \tag{8}$$

og

$$f = \frac{al}{12}(h_1 - h_2)^2. \tag{9}$$

Til Benyttelse af disse Formler er udregnet Tabeller*) dels over Voluminet V for varierende Værdier af B, a og $(h_1 + h_2)$ for en Profilafstand af 100 m, dels over Fejlen f for varierende Værdier af a og $(h_1 - h_2)$.

b) Har Terrænet i et Profil Sidehældning $\operatorname{tg}\beta = \frac{1}{m}$, kan man anvende en ligeledes af *Sørensen* angivet tilnærmende Beregningsmaade, hvorved det usymmetriske Profil omdannes til et symmetrisk med samme Areal, men noget større Højde, hvorefter Volumenberegningen gennemføres som beskrevet under a).

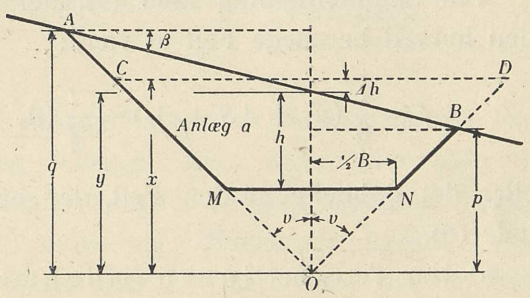


Fig. 11.

Forholdet er anskueliggjort paa Fig. 11, hvor Stykket Δh er det Tillæg, man skal give Afgravningsdybden h for regningsmæssigt at kompensere Sidehældningen. Skal Profilerne *ABNM* og *CDNM* være lige store, maa $\triangle AOB = \triangle COD$, men heraf følger atter med Figurens Betegnelser:

$$x^2 = p \cdot q.$$

Efter Figuren har man fremdeles, idet Anlæget $a = \operatorname{tg} v$,

$$y = q - q \operatorname{tg} v \operatorname{tg}\beta = p + p \operatorname{tg} v \operatorname{tg}\beta, \text{ hvoraf}$$

*) C. L. Feilberg: Volumentabeller. København 1909.

$$x^2 = p \cdot q = \frac{y^2}{1 - \operatorname{tg}^2 v \operatorname{tg}^2 \beta} = y^2 \frac{m^2}{m^2 - a^2}, \text{ og } x = y \sqrt{\frac{m^2}{m^2 - a^2}}.$$

Heraf faas endelig

$$\Delta h = x - y = y \left(\sqrt{\frac{m^2}{m^2 - a^2}} - 1 \right) = k y = k \left(h + \frac{B}{2a} \right), \qquad (10)$$

idet

$$k = \sqrt{\frac{m^2}{m^2 - a^2}} - 1. \qquad (11)$$

Værdier af Koefficienten k kan udregnes en Gang for alle svarende til en Række forskellige Værdier for a og m, saaledes at Δh let kan beregnes efter (10). Sidehældninger mindre end $^1/_{20}$ kan som Regel lades ude af Betragtning i Volumenberegningen.

2) I Praksis benytter man meget ofte en anden tilnærmende Beregningsmaade, den saakaldte ***Prismemetode***, hvorefter det mellem to Tværprofiler liggende Volumen regnes at være:

$$V = \frac{l}{2} (A_1 + A_2). \qquad (12)$$

Ved Sammenligning med (4), der angiver det nøjagtige Volumen, ses den herved begaaede Fejl at være:

$$f = \frac{l}{6} (A_1 + 4S + A_2) - \frac{l}{2} (A_1 + A_2) = -\frac{l}{3} (A_1 - 2S + A_2), \qquad (13)$$

eller det dobbelte af den Fejl, der begaas ved at anvende *Sørensens* Metode (6).

a) Har Terrænet ingen Sidehældning, gælder Ligning (7) til Bestemmelse af Profilarealer i de forskellige Tværsnit. Fejlen bliver i dette Tilfælde

$$f = -\frac{al}{6} (h_1 - h_2)^2, \qquad (14)$$

og Fortegnet viser, at det tilnærmende Volumen er for stort, hvad der i Praksis er en Fordel, for saa vidt som man derved i Reglen er paa den sikre Side.

Til Lettelse ved Beregningen udarbejder man i Reglen Arealtabeller efter (7), der angiver Profilarealet for varierende Værdier af Profilhøjden h og for de Planumsbredder og Skraaningsanlæg, som finder Anvendelse.

Herved kan man med Fordel benytte sig af, at 2den Ordens Differenser i A er konstante for ækvidistante Værdier af h, idet A nemlig er en 2den Grads Funktion af h.

Naar Voluminet mellem to Profiler er beregnet efter (12), kan Fejlen, om man vil, bestemmes efter (14) og fradrages. Men i Reglen ser man bort derfra.

b) Hvis Terrænet har Sidehældning, kan man [1]) omforme Profilet efter *Sørensens* Metode (10), eller [2]) bestemme Profilarealet direkte ved at opløse det i Trekanter og Firkanter og beregne disse, eller maaske bedst [3]) konstruere Profilet i bestemt Maalestoksforhold og udmaale Arealet med Passer og Lineal eller ved Hjælp af Planimeter. Hvor man ved Anlæg af indgrøftede Veje gaar over fra Paafyldning til Afgravning paa Terræn med stærk Sidehældning (Fig. 12a), eller hvor det drejer sig om Uddybning af et Vandløb af uregelmæssigt Profil (Fig. 12b), forekommer stundom Arealer af saa kompliceret Beskaffenhed, at en direkte Udmaaling af dem paa en Tegning er den eneste brugelige Løsning.

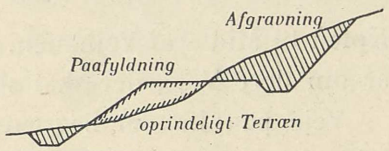


Fig. 12a. Vejprofil paa stærk Sidehældning.

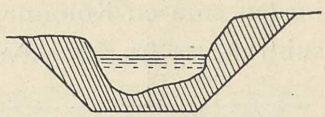


Fig. 12b. Uddybningsprofil.

Ved Jordværker af det paa Fig. 12a antydede Profil, der dannes dels ved Afgravning dels ved Paafyldning, foretager man bedst Volumenberegningen paa den Maade, at man mellem respektive Profiler beregner Afgravningsmasse og Paafyldningsmasse hver for sig. Differensen imellem dem vil da udgøre det samlede Overskud eller Underskud mellem Profilerne, medens Resten af Jordmassen skal have en Sideflytning vinkelret paa Værkets Længderetning. En ganske lignende Sideflytning finder Sted, hvor man ved indgrøftede Veje benytter Grøftejorden helt eller delvis til Dæmningsfyld i samme Profil, eller hvor Muldjord graves af og lægges til Side for senere at bruges til Beklædning af Dæmninger sammesteds, eller hvor Ramper skal opføres for skærende Veje o. a. Al saadan Sideflytning maa naturligvis føres nøjagtigt i Regning, men den maa holdes ude fra Beregningen af de Voluminer, der skal flyttes i Jordværkets Længderetning. Beregningen udføres iøvrigt efter ganske samme Principper.

Hvis Jordværket specielt skal danne Underbygningen for en Vej,

skal Profilet, naar Vejen engang befæstes, ikke afsluttes foroven med en vandret Planumslinie, men med en brudt Linie (*abcdef* paa Fig. 13), hvis Forløb er nærmere bestemt ved Vejens Befæstelse og Oprunding og Sidebanernes Fald. Ved Volumenberegningen tænker man sig imidlertid altid denne brudte Linie erstattet med en vandret Planumslinie (punkteret paa Fig. 13), hvad naturligvis er tilladeligt, naar man indlægger denne saaledes, at den netop begrænser samme Profilareal. Men Planumsbredden bliver ikke ganske den samme som Vejbredden, ligesaa lidt som Planumskoten bliver den samme som Koten til Midte af Vejbanen. Dette sidste har navnlig Betydning, hvor Talen er om flere Veje, der skal skære hinanden i Niveau.

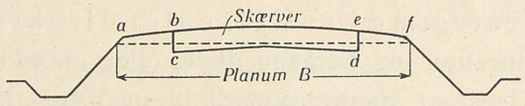


Fig. 13. Planumslinie for et Vejprofil.

Veje paa Landet begrænses som Regel af Grøfter, der i Paafyldning løber langs Dæmningsfoden, men i Afgravninger langs Vejbanen. Under Volumenberegningen fører man bl. a. af Hensyn til Sideflytningen bedst Grøftejorden som en Kolonne for sig, der efter Omstændighederne adderes til eller subtraheres fra Hovedvoluminerne. Dette volder i og for sig ingen Vanskelighed, men det vil forstaas af Fig. 14, at Planumsbredden i Afgravning foruden Vejbredden altid maa omfatte begge tilgrænsende Grøfters Bredde i Planumshøjde. Grøfternes Bredde afhænger imidlertid af deres Dybde, og denne kan undertiden variere en Del. Og Forholdet bliver derfor saaledes, at man, medens man i Paafyldning som Regel har konstant Planumsbredde, i Afgravning faar en væsentlig større og ofte fra Profil til Profil varierende Planumsbredde at regne med.

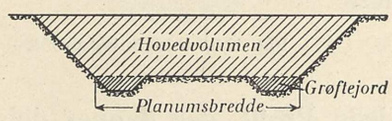


Fig. 14. Vejprofil i Afgravning.

Ved Volumenberegninger benytter man sig saa godt som altid med Fordel af en skematisk Opstilling.

9. Flytteafstandes Bestemmelse. Størrelsen af et Jordarbejde afhænger fornemlig dels af Voluminet (nøjagtigere Vægten) af den Jordmasse, der skal flyttes, og dels af Flytteafstanden, idet man gaar ud fra, at Flytningen i det væsentlige skal foregaa i vandret Retning. Produktet af disse to Størrelser kalder man *Transportarbejdet,* hvilken Betegnelse naturligvis ikke maa forveksles med Begrebet mekanisk Arbejde.

Skal en Jordmasse af Volumen V (Fig. 15) graves af paa Strækningen AB og flyttes hen paa Strækningen BC, vil de forskellige Jordpartikler faa højst forskellig Flytteafstand. Men det samlede Transportarbejde vil i Størrelse være udtrykt ved Produktet af Voluminet V og Afstanden F mellem Tyngdepunkterne henholdsvis i Afgravnings- og Paafyldningsvoluminet. Denne Afstand kalder man derfor *Middelflytteafstanden.*

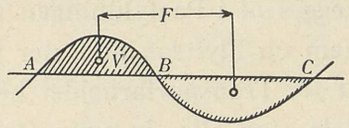


Fig. 15.

Da en Bestemmelse af de nævnte Tyngdepunkter er besværlig, tager man ved Projekteringer undertiden Tyngdepunkterne af Arealerne i Længdeprofilet i Stedet for Voluminernes Tyngdepunkter *(Umpfenbach)*, eller man opsøger de to lodrette Planer, der deler henholdsvis Afgravningen og Paafyldningen i lige store Dele og tager disse Planers indbyrdes Afstand som Middelflytteafstand *(Henz).*

En bajersk Ingeniør *Bruckner* har imidlertid angivet en Metode, der giver langt større Overskuelighed og Nøjagtighed. Man afsætter efter hans Forslag i samtlige Tværprofiler ud fra en Abscisseakse i Jordværkets Længderetning Ordinater ΣV, der efter en eller anden Maalestok repræsenterer de Jordvoluminer, der haves i Behold i det paagældende Profil til videre Transport i Længderetningen. I Profil 0 altsaa en Ordinat 0, i Profil 1 en Ordinat svarende til Jordvoluminet mellem 0 og 1, i Profil 2 det samme Volumen forøget med Voluminet mellem 1 og 2 o. s. v. Enhver Ordinat bliver paa denne Maade Summen af samtlige Afgravninger og Paafyldninger fra Punkt 0, regnede med Fortegn, Afgravninger + og Paafyldninger ÷. Ved at forbinde alle disse Ordinaters Endepunkter faar man en brudt Linie, den saakaldte *Transportkurve* eller *Massekurve* (Fig. 16), der ved sin Skæring med Abscisseaksen viser de Punkter, hvor man har Udligning (Jordbeholdning Nul), og som har sine Højdepunkter i de Profiler, der ligger paa Grænsen mellem Paafyldning og Afgravning.

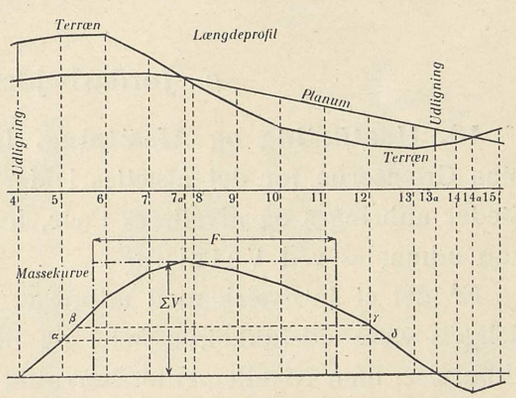


Fig. 16. Bruckners Kurve.

Kurven kan benyttes til Bestemmelse af Flytteafstande for de enkelte Voluminer paa den Maade, at man trækker Linier parallele med Abscisseaksen gennem alle Kurvens Knækpunkter og dernæst regner, at den Jord, der f. Eks. svarer til Ordinattilvæksten fra Punkt α til β (Fig. 16), skal lægges af i Paafyldningen mellem Punkt γ og δ og altsaa transporteres gennem en Flytteafstand, der kan udmaales fra Midten af Linien $\alpha\beta$ til Midten af $\gamma\delta$. Transportarbejdet herved repræsenteres af Arealet $\alpha\beta\gamma\delta$. Og saa fremdeles for alle de andre Voluminer. Det samlede Transportarbejde for hele Jordmassen ΣV imellem 4 og 13 a repræsenteres af Arealet mellem Transportkurven fra 4 til 13 a og Abscisseaksen. Det er ganske vist ikke givet, at man vil aflægge Jorden netop paa den Maade som ovenfor antaget, men det gør intet til Sagen, da det samlede Arbejde naturligvis er uafhængigt af Maaden, hvorpaa Jorden fordeles.

Ønsker man at bestemme Middelflytteafstanden F for hele Voluminet ΣV, behøver man blot at dividere Summen af de enkelte Transportarbejder med ΣV. Paa Tegningen lader dette sig let udføre, idet man ad geometrisk Vej omdanner Arealet mellem Transportkurven og Abscisseaksen til et Rektangel af samme Størrelse og med Højden ΣV (stiplet paa Fig. 16). Bredden af dette Rektangel maa nemlig repræsentere den søgte Middelflytteafstand.

Transportberegninger opstilles ligesom Jordberegninger bedst skematisk.

c. Jordarbejdets Udførelse.

10. Udstikning og Afsætning. Inden Jordarbejdet kan paabegyndes, maa Grænserne for det afsættes i Marken, og der maa tillige paa passende Steder anbringes og nivelleres Pæle, hvorfra Jordværkets Højder og Dybder kan udmaales ved Vatring.

Er det et Jordværk med udpræget Længderetning, vil Midtlinien almindeligvis være udstukket, afpælet og nivelleret allerede ved Forarbejdernes Udførelse, men Nivellementet bør altid kontrolleres, og mulige nye Mellempunkter indskydes. Dernæst afsættes Grænserne for det Areal, hvorpaa Jordværket skal udføres, ved Hjælp af Ordinater til begge Sider af Midtlinien, f. Eks. ud for hver Nivellementspæl.

Hvor Jordoverfladen er uden Sidehældning, faar de to Ordinater samme Størrelse, nemlig

$$y = {}^1/_2 B + ah. \qquad (15)$$

Har Jordoverfladen Sidehældning $\operatorname{tg}\beta = \frac{1}{m}$, bestemmes de to vandrette Ordinater y_1 og y_2 (Fig. 17) ved følgende Regning:

$$y_1 = {}^1/_2 B + a(h + x_1) = mx_1; \quad y_2 = {}^1/_2 B + a(h - x_2) = mx_2, \qquad (16)$$

hvoraf

$$y_1 = ({}^1/_2 B + ah)\frac{m}{m - a}; \quad y_2 = ({}^1/_2 B + ah)\frac{m}{m + a}. \qquad (17)$$

Er Terrænlinien meget uregelmæssig, gaar man bedst forsøgsmæssigt til Værks i Marken, idet man vælger et Punkt A eller B (Fig. 17) paa Skøn og maaler de tilsvarende Afstande x og y ved Hjælp af Vaterpas. Hvis de fundne Værdier tilfredsstiller første Del af Ligningerne (16), ligger Punktet netop paa Skraaningen, hvis ikke, gør man et nyt Forsøg o. s. fr.

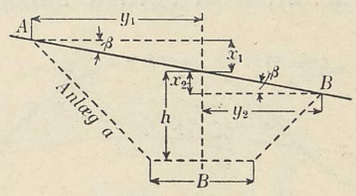


Fig. 17.

De paa denne Maade fundne Punkter i Grænserne afmærkes med Pløke; om ønskes, kan man for yderligere Tydeligheds Skyld grave eller pløje en Fure, der forbinder dem indbyrdes.

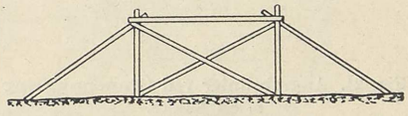


Fig. 18. Dæmningsprofil afmærket med en Lægtebuk.

Dernæst maa Jordværkets Højder eller Dybder betegnes. Til at betegne Højder kan man benytte Stokke eller Lægter, som med deres øverste Ende viser Jordværkets Højde, eller man viser hele Profilet ved en Ramme af Lægter som antydet paa Fig. 18. Til Dybders Betegnelse fastgør man *Mirer* paa dertil anbragte Tværplanker i en bestemt Højde h over Jordværkets Bund (Fig. 19). En bevægelig Mire af samme Højde vil da, naar den flugter med to faste, angive Jordværkets Bund med sin nedre Ende. Hvor Afgravningen er for bred til, at man paa denne Maade kan anbringe Planker tværs over den, maa man lade smaa Jordkegler blive staaende med Pæle, hvorfra man kan maale,

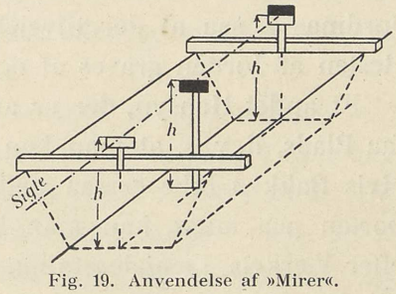


Fig. 19. Anvendelse af »Mirer«.

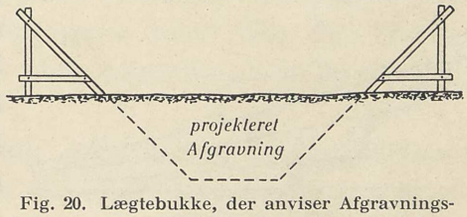


Fig. 20. Lægtebukke, der anviser Afgravningsskraaningers Retning.

eller man maa anbringe nye Pæle uden for Afgravningens Grænser. I saadanne Tilfælde angiver man undertiden Skraaningernes Retning ved Lægtebukke som antydet paa Fig. 20.

11. Afgravningers Udførelse.

Arbejdet begynder sædvanligt med Afgravning og Henlægning af Muldjorden (specielt Græstørv eller Lyngtørv), der bevares til senere Beklædning af Jordværket. Derefter tager man fat paa den egentlige Afgravning.

1) Drejer det sig om ***Gennemskæring af en Bakke***, f. Eks. *ACB* i Fig. 21, hvor Jorden antages at skulle transporteres til venstre over *A*, begynder man bedst Arbejdet ved Afgravningens Rand (*A*) dér, hvor den grænser til Paafyldningen. For at kunne faa Afløb for Vand, der kan samle sig paa Arbejdspladsen, graver man sig ind i Bakken, saadan at man stadig har et svagt Fald, helst ikke under 10 ‰ imod sig. Undertiden kan man af Hensyn hertil ikke straks grave ned til fuld Dybde. I Bakken Fig. 21 maa man f. Eks. stoppe op, naar man har naaet Linien *AC*, for derefter at gøre et smalt Indsnit igennem den resterende Jordmasse, saa at der tilvejebringes Vandafledning over *B*. Først da kan Resten af Jorden graves af og flyttes over *A*.

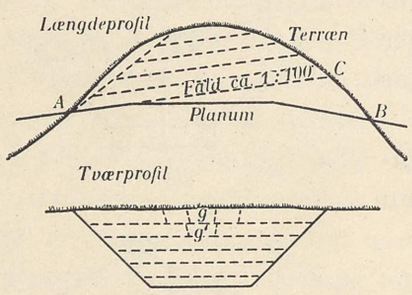


Fig. 21. Angrebslinier ved Gennemskæring af en Bakke.

Et andet Hensyn, der er at tage ved Afgravninger, er, at Arbejderne kan faa Plads, d. v. s. at man kan skaffe tilstrækkelig lange Angrebslinier. Hvis Bakken ikke er saa stejl, at det lægger Hindringer i Vejen for Transporten paa langs, kan man begynde med at grave en Grøft (*g* i Fig. 21) efter Værkets Længderetning og udvide den til begge Sider, indtil Pladsen tillader, at man anlægger en ny Grøft (*g'*) i næste Lag, samtidig med at man arbejder videre paa det første o. s. v. Er Bakken derimod saa stejl, at den ikke uden Vanskelighed kan befares i Faldretningen (ved Transport med Trillebøre mere end ca. 1:12), er man nødt til at lægge sine Angrebslinier efter Hori-

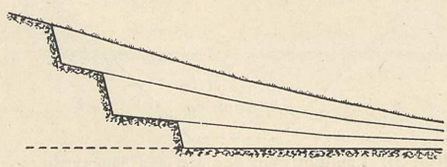


Fig. 22. Angreb efter Horizontalkurver.

zontalkurver (Fig. 22). I denne Retning har Værket ganske vist som Regel ikke stor Udstrækning; men man kan til Gengæld straks aabne flere Angrebslinier terrassevis over hinanden. For at faa passende ringe Fald til Transporten maa man ofte køre betydelige Omveje. Ved Jordtransport med Sporvogne angriber man helst efter Længderetningen for at undgaa for hyppig Omlægning af Sporene, men Faldet paa Sporbanen maa nødig overstige ca. 1:40 (se Punkt 13). Selv om Bakken ikke er særlig stejl, maa man derfor ofte aabne Angrebslinierne ved Hjælp af Trillebøre.

Ved begge de beskrevne Fremgangsmaader foretager man som oftest Afgravningen lagvis. Ved Brug af Trillebøre kan Lagtykkelsen passende være ca. 1 m. Ved Brug af Arbejdsvogne og navnlig Sporvogne, for hvilke

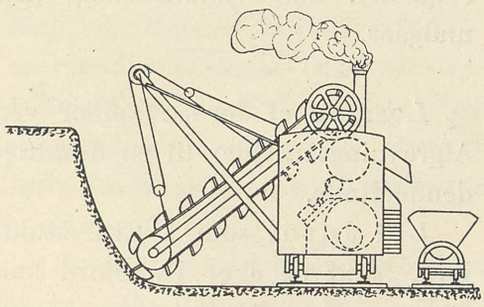


Fig. 23. Spandkædemaskine.

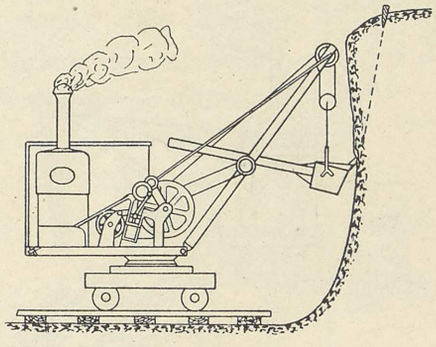


Fig. 24. Skovlmaskine.

Flytning af Sporene er besværlig og kostbar, gaar man gerne til større Lagtykkelser, f. Eks. 3 à 4 m.

Hvor Gravemaskiner anvendes, undgaar man al ikke strengt nødvendig Flytning af Maskiner og Spor og søger derfor som Regel at udføre hele Afgravningen i et Lag, idet man arbejder sig ind i Bakken forneden i Planumshøjde (Fig. 23). Hvis Graveredskaberne ikke rækker helt op til Bakkens Overkant, kan man undergrave Skraaningerne og bringe den øverste Del af Jordmassen til at styrte ned ved Hjælp af Trækiler, der rammes ned i nogen Afstand fra den overhængende Rand (Fig. 24). Kun ved meget store Afgravningsdybder foretager man Afgravningen i to eller flere Lag.

2) Drejer det sig om en ***dybtliggende Afgravning***, f. Eks. Uddybning af et Vandløb, Gravning af en Fyldgrav for et Dige el. l., bliver det som Regel nødvendigt at benytte Pumpning til at fjerne Regnvand og tilsivende

Grundvand fra Arbejdspladsen, og denne maa i saa Fald ofte beskyttes mod tilstrømmende Overfladevand ved *Fangedæmninger.*

Skal Afgravningen ske ved Haandkraft, lægger man Angrebslinier paa lignende Maade som foran omtalt, almindeligt saaledes at Jorden afgraves i Bænke af ca. 1 m Højde og 1 à 2 m Bredde. I Fyldgrave lader man undertiden smaa Kamme blive staaende vinkelret paa Bundens Længderetning, for at de som Fangedæmninger kan beskytte den bagved liggende Arbejdsplads mod tilstrømmende Vand fra den færdige Grav. Ved Transport med Trillebøre bør Trillebanernes Stigning ikke gøres stærkere end ca. 1:18.

Ved Anvendelse af nedadvirkende Gravemaskiner, der bevæger sig paa Spor langs Fyldgravens Rand (Fig. 25) eller Uddybningsmaskiner, der bæres af Pramme eller Pontoner (Fig. 26), kan Vandlænsning helt undgaas.

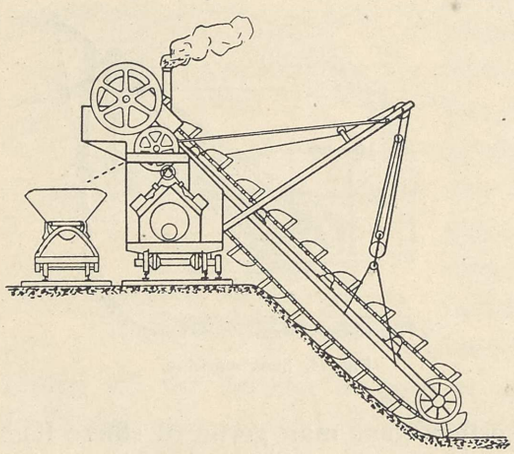


Fig. 25. Nedadvirkende Gravemaskine.

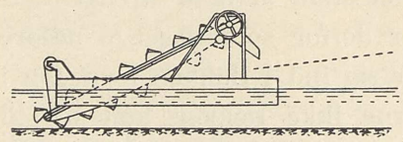


Fig. 26. Uddybningsmaskine.

Løsning af Jorden spiller ved Afgravningsarbejder tit en fremtrædende Rolle.

Let Jord, som f. Eks. Muldjord, Sand og skør Tørvejord kan tages op med Skovl uden nogen forudgaaende Løsning. Skovlen maa helst have Jernblad med lidt opadbøjede Rande.

Middelfast Jord, som f. Eks. leret og fastlejret Sand og Grus, fugtigt Ler og sejg Tørvejord kræver Løsning med Spade (Fig. 27). Hvor Afgravningen sker i tykke Lag kan man undertiden med Fordel som Middel til Løsning anvende Undergravning og Nedstyrtning af Jorden paa lignende Maade som tidligere omtalt for Gravemaskiner.

Tung Jord, som f. Eks. fast og tørt Ler, Mergel og stenet Jord maa gerne løsnes med Bredhakke (Fig. 28 nederst), inden den kan tages op med Haandredskaber. I nogle Tilfælde har man med Fordel anvendt Spræng-

ning med Krudt eller Dynamit til Løsning af Jorden*); men Metoden har ikke stor Betydning, efter at Gravemaskiner, der kan tage endog meget fast Jord uden forudgaaende Løsning, har vundet almindelig Udbredelse ved større og vanskelige Arbejders Udførelse.

Smaa Sten løsnes med Spidshakken (Fig. 28 øverst). Større Sten kan kløves med Staalkiler, der drives ind i Huller, som hugges med Mejsel i Stenens Overflade i den Plan, hvorefter man ønsker Stenen kløvet. Endnu større Sten og fast Klippe maa sprænges med *Dynamit, Sprænggelatine, Aerolit* eller forskellige andre hurtigt eksploderende *(brisante)* Sprængstoffer, som gaar i Handelen. Store Sten, som ligger blottede til alle Sider, kan sprænges ved Hjælp af Dynamitpatroner, som anbringes enten under Stenen i et Hul i Jorden eller løst ovenpaa den, dækket med en »Hat« af tætpakket Ler*). Ved Sprængning af større, sammenhængende Klippemasser maa Ladningerne anbringes i dybe Borehuller af 3—4 cm Diameter, som lukkes med Fordæmninger af Sand og fast stampet Ler. Borehullerne udføres for Haanden med Mejselbor eller ved Hjælp af Boremaskiner.

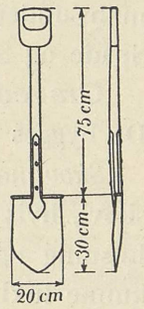


Fig. 27. Spade.

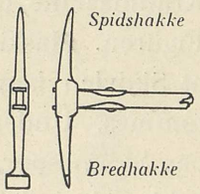


Fig. 28. Krydshakke. (Bred- og Spidshakke).

Sprængningen indledes ved Ledeild (f. Eks. Stupinertraad) eller ved elektrisk Strøm. Krudt bringes til Eksplosion umiddelbart ved Ledeilden, Dynamit derimod kun ved Detonation af en Knaldkviksølvhætte, der selv tændes ved Ledeilden.

Bekostningen ved Løsning og Læsning af Jorden beregnes bedst af den Tid, som medgaar dertil. Man kan i saa Henseende ved Overslagsberegninger gaa ud fra, at der til Løsning af 1 Kubikmeter Jord maalt i Afgravningen vil medgaa:

for let Jord	0 —0,5	Arbejdstimer	for 1 Mand,
» middelfast Jord .	0,5—1,5	—	—
» tung Jord	1,5—2,5	—	—
» meget stenet Jord	2,5—3,0	—	—

*) Se Sv. Mosskulturfören. tidskr. nr. 1. 1915. Föredrag af *Hj. von Feilitzen.*

Til Læsning af 1 Kubikmeter Jord, ligeledes maalt i Afgravningen, vil der som Regel medgaa:

ved Brug af Trillebøre . . 0,7—0,8 Arbejdstimer for 1 Mand,
» » » Vogne . . . . 0,8—1,0 — —

Til Anskaffelse og Vedligeholdelse af Redskaber, der kommer til Anvendelse ved Jordens Løsning, saasom Hakker, Kiler, Mukkerter etc. regner man undertiden i Overslaget 7 à 10 % af Arbejdslønnen ved Løsningen. Spade og Skovl paahviler det som Regel Jordarbejderen selv at skaffe.

Gravemaskiner benyttes nu om Stunder ved alle store Jordarbejder. De bygges enten som Skovlmaskiner eller som Spandkædemaskiner.

Skovlmaskiner (Fig. 24) arbejder med en enkelt stor Pladejerns-Graveskovl, hvis Kant er forsynet med Staalskære og undertiden Staaltænder til Løsning og Afgravning af Jorden, og hvis Bund er indrettet til nemt at kunne lukkes op, saa at Indholdet tømmes ud i givet Øjeblik, naar Skovlen svinges henover Læssevognene. Skovlen er forsynet med solidt Skaft og manøvreres fra en Kranudlægger ved Hjælp af Tandhjul og Taljetræk og en Kraftmaskine (som Regel en Dampmaskine). Arbejdsmaaden vil forstaas af Figuren. Maskineriet er som oftest monteret paa et drejeligt Understel, saa at Skovlen kan arbejde i alle Retninger og svinges helt ud til Siden for at tømmes. Understellet bærer Hjul, saa at hele Maskinen kan føres fremad paa Skinnespor, efterhaanden som den i halvkredsformige Angrebsflader arbejder sig ind i Bakken.

Skovlen har paa mindre Maskiner ofte et Rumfang af ca. 1 m^3 og Kraftmaskinen svarende hertil en Styrke af 10—15 eff. HK. Dagsarbejdet i 10 Timer angives*) til 2—300 m^3 middelfast Jord maalt i Afgravningen, og Driftsudgifterne incl. Renter, Afskrivning, Vedligeholdelse, Betjening, Brændsel etc. til ca. 90 Kr. om Dagen (regnet efter Priser i 1914). Men der benyttes ogsaa langt større Maskiner.

Spandkædemaskiner arbejder med mange smaa Gravespande, der hver især er forsynet med Staalskære, og som er monteret paa en fælles, solid Kæde uden Ende. Kæden bevæger sig over et System af Kædeskiver, der er anbragt i en stilbar Ramme, og drives rundt ved Hjælp af en Kraftmaskine (Dampmaskine, Forbrændingsmotor eller Elektromotor). Rammen manøvreres ved Taljetræk og Tandhjul og bringes i Stilling som vist i Figurerne,

*) Handbuch d. Ingenieurwissenschaften. I Teil, II Band, og samme Værk IV Teil, I Band.

naar Maskinen skal arbejde. Spandene fyldes med Jord, naar Spandkæden slæbes hen over Skraaningerne, og tømmes igen i det Øjeblik, den passerer den øverste Kædeskive (Fig. 29). Jorden falder ned paa en Slidsk eller et Transportbaand, som fører den til Læssevognene.

Maskinerne kan være bygget med højt eller dybt liggende Gravepunkt (Fig. 23 og 25). De første monteres undertiden paa drejeligt Understel og angriber da paa lignende Maade som Skovlmaskiner. De sidste bevæger sig hyppigst paa Skinnespor langs Afgravningens Rand og tager Jorden lagvis i parallele Striber.

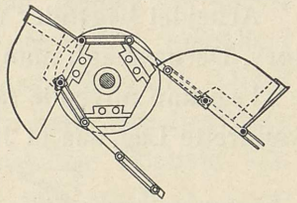


Fig. 29. Øverste Kædeskive.

Spandkædemaskiner bygges i meget forskellig Størrelse. For mindre Maskiner har man ofte en Kraftmaskine paa 20—30 eff. HK. og paaregner da et Dagsarbejde af 500—800 m^3 i middelfast Jord. De samlede Driftsudgifter for en saadan Maskine kunde i 1914 andrage 200—300 Kr. om Dagen.

Uddybningsmaskiner kan bygges efter ganske lignende Principper som Gravemaskiner, men monteres paa Pramme eller Pontoner. Fig. 26 viser til Eksempel en lille Spandkædemaskine, som er beregnet til Uddybning af Vandløb og drives ved en Petroleumsmotor.

En Særstilling blandt Uddybningsmaskiner indtager *Ekskavatoren* (Fig. 30), der arbejder paa speciel Maade. Den hænger frit i Staaltraadstove og graver sig ved sin egen Vægt ned i Bunden i det Øjeblik, den fires raskt ned i aaben Tilstand. Naar Ophejsningstovet derpaa strammes, lukker Kæberne sig sammen og tager en Del Fyld med op. Ekskavatoren arbejder naturligvis bedst i blød Bund. Den manøvreres ved Hjælp af en Svingkran og et Dampspil, der er monteret paa en Ponton. Fylden aflæsses gerne i Pramme.

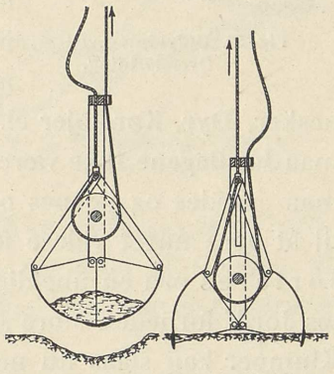


Fig. 30. En Ekskavator dels i aaben dels i lukket Tilstand.

12. Paafyldningers Udførelse.

Ved Paafyldninger har man i sin Magt at v r a g e mindre anvendeligt Materiale. Af saadant kan nævnes 1) f e d t L e r, der lægger sig i Klumper med mellemliggende Hulrum og skrider, naar det opblødes, 2) H u m u s-

jord, der svinder under senere Formuldning og som Dæmningsfyld mangler Fasthed og Styrke, 3) frossen Jord, der synker sammen ved indtrædende Tø, og 4) opblødt Jord, der vanskeligt tørrer i Dæmninger og derfor giver Tilbøjelighed til Skred og Revnedannelse.

Arbejdet begynder med Afgravning og Henlægning af Muldjord eller Græstørv. Dernæst kan man gaa frem paa to væsentligt forskellige Maader, idet man enten kan anvende *lagvis Opførelse* (Fig. 31), hvorved Fylden anbringes i vandrette Lag, saa at Jordværket efterhaanden vokser i Højde, eller *Overstyrtning* (Fig. 32), hvorved Fylden styrtes ud fra Kronen af Jordværket, som derved straks faar sin fulde Højde, men efterhaanden vokser i Længderetningen.



Fig. 31. Lagvis Opførelse af en Dæmning.

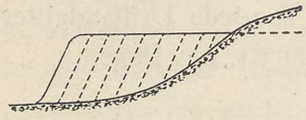


Fig. 32. Opfyldning ved Overstyrtning.

Den sidste Fremgangsmaade er den bekvemmeste, naar Fylden tages fra et Sted, der ligger væsentligt højere end Terrænet, hvorpaa der fyldes op; men den første Fremgangsmaade giver som Regel den fasteste og tætteste Dæmning, i Særdeleshed naar man sørger for, at de enkelte Jordlag komprimeres ved Tromling, Stampning, Færdsel af Mennesker, Dyr, Køretøjer el. a. For at denne Komprimering skal kunne virke, maa Jordlagene ikke være tykkere end 15—30 cm, og Jorden i de enkelte Lag maa spredes og jævnes omhyggeligt. Ved Overstyrtning er man ikke i Stand til at gøre noget videre for Jordens Sammentrykning, og Jorden vil desuden sorteres paa en uheldig Maade, idet der foroven kommer til at ligge fin og løs Jord, forneden store Jordklumper med Hulrum imellem. En Del af disse Klumper kan slaas itu med Køller, men nogen væsentlig Forbedring opnaas ikke. Ved Overstyrtning maa man derfor være forberedt paa en betydelig Sætning, hvad blandt andet maa tages i Betragtning ved Fastsættelse af den fornødne Overhøjde (se Punkt 7). Kun hvor der fyldes paa med rent Sand kan begge Fremgangsmaader give lige gode Jordværker. Skal Dæmninger staa for Vandtryk, maa man altid anvende lagvis Opførelse i tynde Lag og omhyggelig Stampning. Naar Fylden vindes paa et Sted, som ligger relativ højt, og man alligevel ønsker at anvende lagvis Paafyldning, kan man styrte Jorden ud fra et Stillads (Fig. 33) og sprede den lagvis forneden.

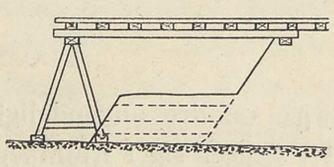


Fig. 33. Udkastning fra Stillads.

Hvor en Dæmning skal gennemskæres af en Rørledning eller en Stenkiste, maa man udvise særlig Forsigtighed under Paafyldningen. I Reglen vil man gaa frem paa den Maade, at Rørledningen nedlægges først, hvorefter Jord fyldes paa lagvis og ligeligt paa begge Sider af Røret, for at dette ikke skal komme ud af Stilling. Er Grunden blød, gælder det om at undgaa, at Røret synker paa uensartet Maade, da det derved let knækker; men hvis man af den Grund vil fundere Ledningen paa Pæleværk, bliver Følgen let, at Dæmningen slaar Revner lige ovenover, naar den begynder at synke, og Ledningen ikke følger med. Under vanskelige Forhold kan det derfor blive nødvendigt at opføre Dæmningen til fuld Højde først, afvente Synkningen og senere grave ud igen for at lægge Røret.

Har Terrænet stærkt Sidefald, kan der være Fare for, at Dæmningen glider ud til Siden, eller at den faar Længderevner som Følge af uensartet Sætning. Glidning modvirkes ved Aftrapning af Terrænet, som vist paa Fig. 34 med Trin paa 0,5—1 m Højde, idet man paa denne Maade undgaar en gennemgaaende Fuge i den oprindelige Terrænoverflade. Samtidig dræner man Skraaningen omhyggeligt, hvis den er fugtig. Hvor disse Foranstaltninger ikke slaar til, kan man yderligere anvende en Kontrabanket foran Skraaningens Fod. Den føres ned til fast Bund og maa helst bestaa af en tung, ikke let forskydelig Jordart, f. Eks. Grus eller Smaasten. Oversiden gives svagt Fald af Hensyn til Vandafledningen. Uensartet Sætning modvirkes ved lagvis Opførelse og Tromling eller Stampning.

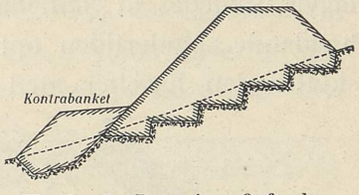


Fig. 34. En Dæmnings Opførelse paa stærk Sidehældning.

Opførelse af Dæmninger paa Mosebund kræver altid Forsigtighed. Synkningen vil ofte være langt større, end hvad der svarer til Tørvens Komprimering, idet der let finder en Forskydning Sted i Tørvemassen, saaledes at denne viger ud til Siderne og »slaar op« i nogen Afstand fra Dæmningen (Fig. 35). Den store Synkning rummer tillige Fare for, at Synkningen bliver uensformig, hvorved Dæmningen slaar Revner. Jo større Mægtighed Dæmningen har i Forhold til det komprimerede Moselag, desto større er Sandsynligheden erfaringsmæssigt for, at dette kan bære uden at vige ud til Siderne.

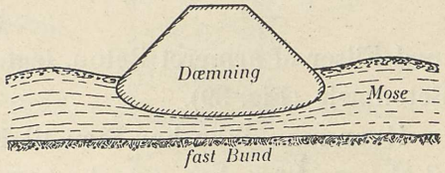


Fig. 35. Dæmning paa Mosebund.

Sikrest bliver det altid at grave Mosen igennem til fast Bund og fundere Dæmningen derpaa. Lette Grusveje bygger man paa god, sammenhængende Mose undertiden saaledes, at Vejen i det væsentlige svæver paa Mosens Overflade. I saa Fald er det af Vigtighed at anvende let Dæmningsfyld, f. Eks. Tørvejord, der drænes omhyggeligt. Opførelse af Dæmninger paa Hængesæk bør undgaas.

Ved Opførelse af Dæmninger i Vand gælder det om, at Fylden ikke opslemmes og føres bort af Vandet. Hvis man har Sten til Raadighed, kan man opføre to Stendæmninger (Fig. 36), der naar til Vandoverfladen, og fylde op imellem dem med stenet eller gruset Fyld, der ikke let vaskes ud. Skal der spares paa Stenene, lader det sig gøre at anbringe baade Stenene og Fylden lagvis, saaledes at Skillefladen mellem dem bliver lodret eller svagt overhældende. Undertiden opfører man først Dæmningen helt af Jord og beskytter den bagefter med en Stenkastning, bedst bestaaende af smaa Sten inderst og store Sten yderst, da Udvaskning af Fylden paa denne Maade modvirkes. Man kan ogsaa beklæde Skraaningen med kløvede Sten (Fig. 37), lagt i 20—30 cm groft Grus *(sammenhugget Stenglacis)* eller med Betonfliser i regelmæssigt Forbandt, ligeledes i groft Grus (Fig. 38). Beklædningen maa strække sig fra noget under laveste til et Stykke over højeste Vandstand og maa sikres forneden mod Underskylning og deraf følgende Skred ved en Spundsvæg, en Banket eller maaske blot en Pælerække med Tvinger. Under vanskelige Forhold har man med Held anvendt en Beklædning med Fliser af armeret Beton, lagt i Grus og sikret i deres Stilling med smaa Betonpæle (Fig. 39).

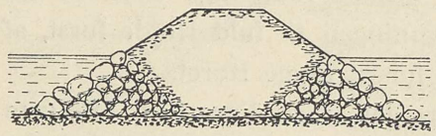


Fig. 36. En Dæmning opført i Vand.

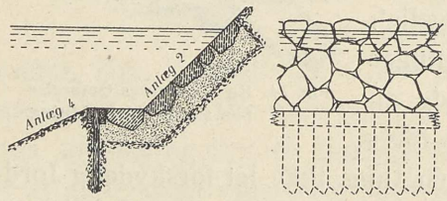


Fig. 37. Sammenhugget Stenglacis.

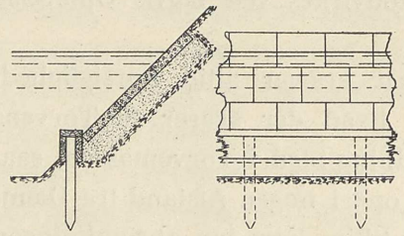


Fig. 38. Sikring af en Skraaning med Betonfliser.

Hvor man ikke har Sten til Raadighed, eller hvor Grunden er for blød til at bære Sten, kan man beskytte Dæmningens Sider ved Hjælp af *Faskiner*,

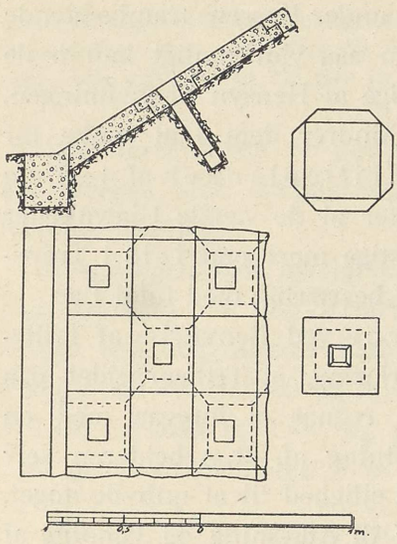
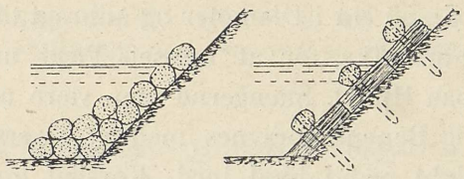


Fig. 39. Beklædning af Skraaninger ved Kammerslusen i Ribe Diget.



a. b.

Fig 40. Beklædning med Faskiner.

d. v. s. Grenbundter af 3—4 m Længde og 0,3—0,4 m Tykkelse, sammensnørede med Staaltraad. De lægges enten paa langs i flere Lag oven paa hinanden ved Foden af Dæmningen (Fig. 40 a) eller samles ved Hjælp af lange *Bindefaskiner* til Madrasser af regelmæssig Form, der lægges som en Beklædning paa Skraaningen (Fig. 40 b). De fastholdes i deres Stilling ved Hjælp af smaa Pæle. Undertiden fylder man Faskiner med Sten for at faa dem til at synke af sig selv, naar de lægges ud.

Hvor Vanddybden kun er ringe, kan man ofte opnaa en tilstrækkelig god Sikring ved at beklæde Skraaningens Sider med Græstørv lagt paa Højkant *(Lagtørv)*.

13. Jordtransport.

Jordtransport over ganske smaa Afstande sker ved Kastning med Skovl eller Spade. Hvert Kast rækker 3 højst 4 m i vandret Retning eller omtrent det halve i lodret Retning, og en Arbejder kan gennemsnitlig overkomme at kaste 10—12 m^3 i en 8 Timers Arbejdsdag. Ved Transport over længere Afstande benytter man sig af Transportredskaber.

1) ***Trillebøre*** (Fig. 41). De ved Jordtransport almindeligt anvendte Trillebøre kan regnes at rumme ca. 0,06 m^3 Jord maalt i Afgravning. Selve Børenes Rumfang er følgelig noget større, ofte ca. 0,1 m^3 i strøget Maal (smlgn. det i Punkt 7 anførte om Jords øjeblikkelige Rumudvidelse ved Løsning). Hjulet er som Regel af Støbejern,

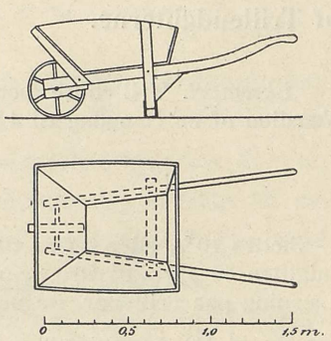


Fig. 41. En Trillebør.

35—50 cm i Diameter og anbragt tilbagetrukket under Kassens fremhældende Forstykke, for at Læssets Vægt under Kørslen saa vidt muligt kan hvile paa Hjulet. Stængerne maa være nogenlunde lige af Hensyn til Væltningen, og Benene forsynes med et Tværstykke, der hindrer dem i at synke for dybt ned i blød Jord. Kørslen foregaar paa Trilleplanker af 4—5 cm Tykkelse, der udlægges paa Jordoverfladen, efter at de værste Ujævnheder i denne er rettet af. Trillebanen maa nødig stige mere end 1:18 i Transportretningen, da Trillearbejdet ellers bliver for besværligt med fuldt Læs.

Til Bestemmelse af Transportudgifterne ved Benyttelse af Trillebøre kan man gaa ud fra den praktiske Erfaring, at Trillearbejdet paa nogenlunde vandret Bane gennemsnitlig kan regnes at foregaa med en Hastighed af 40 m pr. Minut under Forudsætning af, at Arbejderen selv triller den tomme Bør tilbage og derved faar Lejlighed til at udhvile noget. Skønner man endvidere, at der ved hver Tur til Aflæsning og Vending af Børen, tilfældige Afsporinger o. a. medgaar f. Eks. 1 Minut, bliver Bekostningen ved hver Tur:

$$(2F:40+1)\frac{G}{480}=\frac{F+20}{9600}\cdot G,$$

naar F er Flytteafstanden i m og G Værdien af en Gangdag paa 8 Timer (480 Minutter). Regner man i Overensstemmelse med det foregaaende, at der skal 17 Ture med Trillebøren til at flytte 1 m³, bliver Transportudgiften pr. m³

$$p=17\cdot\frac{F+20}{9600}\cdot G=\frac{F+20}{560}\cdot G. \qquad (18)$$

Hertil kommer Udgifter til Anskaffelse og Vedligeholdelse af Trillebøre og Planker, som ved Overslagsberegninger undertiden kalkuleres til 10 % af Trilleudgifterne.

Eksempel. Trillebøre benyttes sjældent ved Transportafstande over 100 m. Sættes Værdien af en Gangdag til 4 Kr., bliver Udgiften efter (18) for den nævnte Afstand

$$p=\frac{120}{560}\cdot 400=86 \text{ Øre.}$$

Sættes 10 % eller 9 Øre til Vedligeholdelse af Trillebøre og Planker, bliver Transportudgiften $86+9=95$ Øre pr. m³. Hertil kommer saa Prisen for Løsning af Jorden og Læsning paa Trillebør. Regnes der til hvert af disse Arbejder at medgaa $^3/_4$ Time pr. m³ (se Punkt 11), bliver Prisen for dem begge tilsammen $2\cdot{}^3/_4\ \frac{G}{8}=75$ Øre, som lagt til

Transportudgiften giver Totalprisen for Jordarbejdet 95 + 75 = 170 Øre pr. m³. Hertil kan endelig føjes nogle Øre til Vedligeholdelse af Hakker o. a., saaledes at Summen f. Eks. kan afrundes til 175 Øre pr. m³.

Hele Beregningen er naturligvis yderst tilnærmet, og hvis Transporten skal foregaa mod stærke Stigninger, bliver Prisen let en Del højere, end Formlen angiver.

Beregningen kan iøvrigt ogsaa stilles op paa en helt anden Maade, idet man gaar ud fra den Erfaring, at en Arbejder gennemsnitlig ved Trillearbejde paa nogenlunde vandret Bane er i Stand til at udføre et Transportarbejde paa ca. 800 000 kg m i en 8 Timers Arbejdsdag. Naar Middelvægten af Jord anslaas til 1700 kg pr. m³, bliver Bekostningen for Transport af 1 m³ gennem Afstanden F m herefter

$$p = 1700 \cdot F \cdot G : 800\,000 = \frac{F \cdot G}{470}. \qquad (19)$$

Eksempel. For $F = 100$ m og $G = 4$ Kr. faas ved denne Beregningsmaade pr. m³

$$p = 100 \cdot 400 : 470 = 85 \text{ Øre.}$$

For $F = 105$ m giver (18) og (19) nøjagtigt samme Resultat.

Ved Transport over større Afstande bliver Anvendelse af Trillebøre uøkonomisk og tager for lang Tid. Man kan da gaa over til at bruge

2) *Firhjulede Arbejdsvogne* (Fig. 42). De almindelige Arbejdsvogne, der benyttes her i Landet, rummer ca. 1 m³ Jord, maalt i Afgravning, og trækkes gerne af et Forspand paa 2 Heste. Paa daarlige Veje eller ved Kørsel paa den bare Jord har 2 Heste dog ondt ved at trække fuldt Læs, og man maa da nøjes med Læs paa $^1/_2$—$^3/_4$ m³. Paa Læssestederne og paa andre meget opkørte Steder maa der endda lægges en Svellebro paa Jorden, for at Vognen ikke skal synke i. Gennemsnitshastigheden for en Jordtransport under saadanne Forhold kan erfaringsmæssigt anslaas til ca. 70 m/Min., paa gode, stenlagte Veje til omtrent det dobbelte. Vogne med Forspand og Kusk tilvejebringes i Reglen ved Lejemaal i Dagevis.

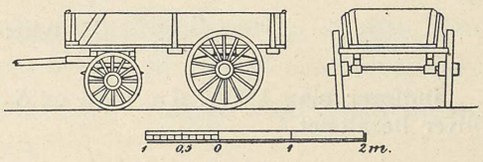


Fig. 42. En Arbejdsvogn.

Læsning af Arbejdsvogne tager lidt længere Tid end Læsning af Trillebøre, fordi Jorden skal smides noget højere. Aflæsningen foregaar paa

den Maade, at Vognens Endestykke og Sidefjæle løftes af, saa at Jorden kan skuffes ned med en Skovl.

Har man stadig 4 eller 5 Mand parat til Læsning af Vognen og 1 eller 2 Mand foruden Kusken parat ved Aflæsningen, kan den samlede Tid, der gaar med til disse Arbejder og til at vende Vognen o. a., maaske anslaas til 15 Minutter for hver Tur. Kalder vi Værdien af en Spanddag paa 8 Timer, herunder 2 Heste, Vogn og Kusk, for S, bliver Transportudgiften for hver Tur, paa daarlig Vej

$$\left(\frac{2F}{70} + 15\right)\frac{S}{480} = \frac{F + 525}{16800} \cdot S.$$

Antager vi i Overensstemmelse med det foranstaaende, at der gaar f. Eks. $^2/_3$ m³ pr. Læs, bliver Transportudgiften for 1 m³

$$p = 1{,}5 \cdot \frac{F + 525}{16800} \cdot S = \frac{F + 525}{11200} \cdot S. \qquad (20)$$

Benytter man Sættevogne, kan Opholdet til Læsning, Aflæsning etc. afkortes til ca. 10 Minutter, hvorved Tallet 525 i Ligning (20) ændres til 350; men man faar til Gengæld en lille Merudgift til Leje af flere Vogne.

Eksempel 1. Hvis man ved Regning vil danne sig et Skøn over, ved hvilken Afstand Transport med Trillebøre bliver lige saa dyr som med Arbejdsvogne, kan man sætte Udgifterne efter Formlerne (18) og (20) lige store, idet man dog til begge adderer de respektive Læsningsudgifter (se Punkt 11). Man faar derved

$$\frac{F + 20}{560} \cdot G + 0{,}10\, G = \frac{F + 525}{11200} \cdot S + 0{,}12\, G.$$

Indfører man f. Eks. $G = 4$ Kr. og $S = 16$ Kr. og løser Ligningen med Hensyn til F, bliver Resultatet

$$F = 120 \text{ m}.$$

Eksempel 2. Jordtransport med Arbejdsvogne foregaar undertiden over ret lange Strækninger. Sættes f. Eks. $F = 1000$ m, bliver Transportudgiften efter Ligning (20), naar $S = 16$ Kr.,

$$p_{1000} = 1525 \cdot 16 : 11200 = 218 \text{ Øre pr. m}^3.$$

Lægges hertil for Løsning og Læsning tilsammen 1,8 Arbejdstimer à 50 Øre = 90 Øre, faas Totaludgiften for Jordarbejdet

$$218 + 90 = 308 \text{ Øre pr. m}^3,$$

som under Hensyn til Vedligeholdelse af Hakker o. a. passende afrundes til 315 Øre pr. m³.

Hvis Kørslen helt eller delvis kan foregaa paa god Vej, maa passende Hensyn tages dertil ved Ændringer i Ligning (20).

3) *Sporvogne* anvendes i vore Dage meget almindeligt til Jordtransport ved større Jordarbejder. De forekommer i Handlen i mangfoldige Konstruktioner, af hvilke de almindeligst anvendte er af Jern og indrettet paa at kunne tippes til begge Sider.

Disse Tipvogne *(Sidetippere)* bestaar af en Undervogn, der under Tipningen bliver staaende fast paa Skinnerne, og en bevægelig Overdel, Kassen af Form omtrent som et tresidet Prisme med afrundede Kanter.

Undervognen udføres som en Ramme af Profiljern eller Træ, der for neden bærer Lejer for Hjulakslerne og for oven ved begge Ender Bukke eller Buer af Profiljern, som bærer Kassen. Hjulene er støbte og forsynet med indvendig, sjældnere dobbelt Sporkrans. De sidder som Regel fastkilet paa Hjulakslen, da Vognen sporer bedst paa den Maade. Kun hvor Transporten skal foregaa i meget skarpe Kurver, foretrækker man Vogne med Hjul, der drejer sig frit omkring faste Aksler uafhængigt af hinanden. Foruden Hjul og Bukke bærer Undervognen Koblinger til Forbindelse med andre Vogne og eventuelt Bremseanordning.

Selve Kassen, som skal optage Jordfylden, udføres af 3—4 mm tykt Pladejern med Vinkeljernsforstærkninger, og anbringes, saa den kan tippes paa Undervognens Bukke. Skal Tipningen foregaa let, maa den kunne indledes, uden at Tyngdepunktet for Kasse og Jordfyld skal løftes nævneværdigt; paa den anden Side maa Kassens Tyngdepunkt ikke falde unødvendig dybt ned under Tipningen, da det i saa Fald bliver besværligt at rejse den op i Stilling igen. De almindeligst anvendte Konstruktioner i saa Henseende er vist paa Fig. 43 og 44. I det ene Tilfælde hviler Kassen med sin nederste afrundede Kant paa Bukkens Overside og ruller paa den ved Tipningen, i det andet Tilfælde hviler den med en Vinkeljernsflange paa en Profiljernsbue og tipper ved at rulle paa den. I begge Tilfælde begrænses Væltningen ved Anslag eller Modhager, ligesom Kassen sikres i Midt-

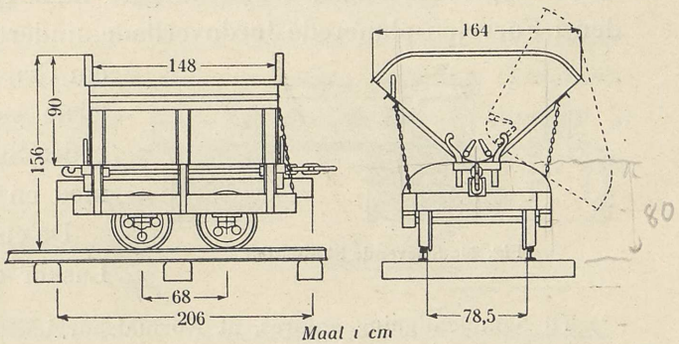
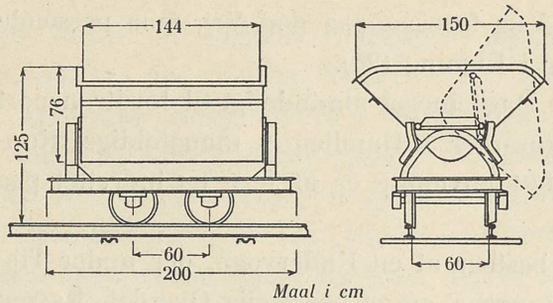


Fig. 43. Tipvogn til Jordtransport.



Maal i cm

Fig. 44. Tipvogn til Jordtransport.

stillingen ved en Kæde eller en Bolt, der hurtigt kan anbringes og fjernes.

Tipvognes Størrelse kan være højst forskellig. Ikke sjældent er Kassens Rumindhold $^3/_4$—1 m^3, svarende til et lignende Kvantum Jord, maalt i fastlejret Tilstand, naar Kassen fyldes med Top, og Vognens Egenvægt kan i saa Fald være 300—400 kg. I 1914 var Indkøbsprisen for gangbare Tipvogne i Gennemsnit 35—50 Øre pr. kg af deres Vægt.

Sporet bestaar af 2 Staalskinner, som fastgøres paa Tværsveller af Træ eller Jern, i en bestemt indbyrdes Afstand, Sporvidden. Skinnerne valses gerne med Profilform omtrent som vist paa Fig. 45 *(Vignolskinner)* og i Længder af 6—7 m eller mindre; Skinnevægten er almindeligt 6—8 kg pr. løb. m. Sporvidden, som maales fra Inderkant til Inderkant af Skinnehoved, er ofte 600—800 mm. Hvor smaa Damplokomotiver anvendes, er den noget større, f. Eks. 800—900 mm, og Skinnerne maa dertil være sværere, f. Eks. 12—15 kg pr. løb. m*) eller mere. Sporet anbringes paa noget forskellig Maade, eftersom Banen skal være mere eller mindre let transportabel.

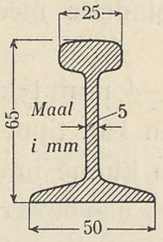


Fig. 45. Profil af en Vignolskinne med Vægt 8 kg pr. løb. m.

Faste Spor, som skal ligge i længere Tid paa samme Sted, bygges som almindelige Jernbanespor. Svellerne er som Regel af Træ, af Dimensioner f. Eks. 8 × 16 × 120 cm og imprægnerede imod Angreb af Raad. De henlægges med ca. 1 m indbyrdes Afstand paa den i Forvejen planerede Jordoverflade, undertiden i et Ballastlag paa 10—16 cm Grus. Skinnerne fastgøres til Svellerne ved Hjælp af Skinnesøm eller bedre Skinnebolte, der for oven griber med en Hage om Skinnefoden.

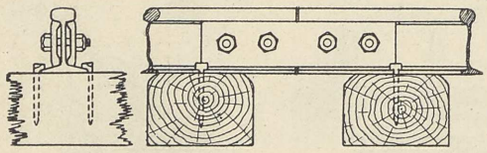


Fig. 46. Svævende Skinnestød.

De enkelte Skinnestykker samles ved Lasker og Bolte som vist paa Fig. 46.

*) Til Sammenligning anføres, at Normalsporvidden er 1435 mm, og at Skinnevægten for De danske Statsbaners nyere Spor er 45 kg pr. løb. m.

Sker Forbindelsen mellem to Sveller *(svævende Stød)*, bør disse to lægges noget tættere end de andre; sker Forbindelsen lige over en Svelle *(fast Stød)*, maa man under Skinnen paa dette Sted anbringe en Underlagsplade af Jern. I begge Tilfælde maa man sørge for at give noget Spillerum for Skinnernes Længdeudvidelse under Temperaturvariationer. I Krumninger bruger man Skinner, der bøjes lidt med en Slags Dunkraft, og da Stødene i de to Skinnestrenge gerne skal falde lige over for hinanden, maa man tiltillige bruge Skinnestykker af lidt forskellig Længde.

Transportable Spor bruges paa selve Arbejdspladserne, hvor Fylden læsses eller aflæsses, og hvor det er nødvendigt jævnlig at flytte Sporet, efterhaanden som Jordarbejdet skrider frem. De bestaar af korte Skinnestykker, der samles to og to ved Hjælp af lette Sveller til Rammer, der henlægges paa den kun raat afrettede Jordoverflade og forbindes ved Hjælp af Lasker og Bolte eller ved simple Hageforbindelser. I Kurver benyttes særlige Rammer med krumme Skinner.

Jo kortere Rammerne er, desto lettere flyttes Sporet, og desto bedre kan det ligge paa en ujævn Flade. Hvor Sporene ikke skal flyttes alt for ofte, benytter man Skinnelængder mellem 2 og 4 m og lette Træsveller *(halvtransportable Spor)*. Men hvor hurtig Flytning er en Hovedsag, benytter man ganske korte Skinner paa 1,2—2 m Længde, fastgjorte paa lette Staalsveller *(heltransportable Spor)*. Saadanne korte Rammer kan uden videre benyttes i Kurver, naar Kurveradien ikke er mindre end ca. 15 m.

Paa ujævn Bund vil det ofte ske, at en af Svellerne i en Sporramme som de beskrevne bliver mangelfuldt eller slet ikke understøttet, hvorved Skinnerne paa dette Sted naturligvis bliver stærkere paavirket end ellers. For transportable Spor vælger man derfor bedst Skinnevægten rigelig, saa at Skinnerne har Styrke til at taale nogen Ekstrapaavirkning.

Sporskifter er nødvendige, hvor Sporet deler sig ved Vigespor, Læssespor o. l. De forekommer i forskellige til dels meget primitive Konstruktioner som f. Eks. Fig. 47, hvor man simpelthen udelader de Stykker af det ene Spor, som vilde være til Hinder for Bevægelsen paa det andet. Vognen ledes ind paa det ene eller det andet Spor ved, at man udøver et Tryk paa den efter Siden. Fig. 48 viser det almindelige Jernbanesporskifte, der

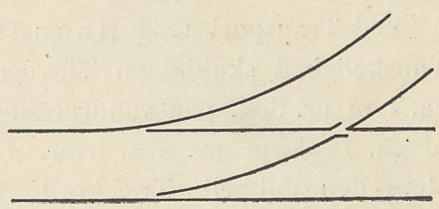


Fig. 47. Primitivt Sporskifte.

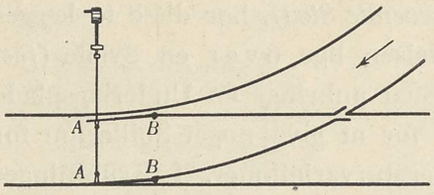


Fig. 48. Selvvirkende Sporskifte.

adskiller sig fra det forrige ved, at der er tilføjet to bevægelige, tilskærpede Tunger *AB*, der kan stilles, saaledes at de leder Vognen ind paa det ene eller det andet Spor. Tungerne føres af en fælles Trækstang og glider under Bevægelsen paa dertil indrettede Glideflader. Staar et saadant Sporskifte urigtigt for Vogne, der kører i Pilens Retning, vil Sporkransene selv trykke Tungerne til Side (deraf Navnet *selvvirkende Sporskifte*).

Ved kalkulatoriske Overslagsberegninger over Udgiften til Spor gaar man gerne ud fra Skinnevægten og fra Kubikindholdet af Træsveller. I 1914 kunde man derved regne ca. 20 Øre pr. kg Staal og ca. 60 Kr. pr. m^3 Træ. Prisen for et 600 mm Spor af 7 kg Skinner og $8 \times 16 \times 110$ cm Træsveller med Lasker, Bolte o. a. kunde ligge mellem $3^1/_2$ og 4 Kr. pr. løb. m excl. Jordregulering og Ballast. Spor med Staalsveller og navnlig heltransportable Spor var noget (10—35 %) dyrere.

Trækkraften kan være Haandkraft, Hestekraft eller ved store Jordtransporter over lange Afstande Lokomotivkraft. Modstandskoefficienten, d. v. s. Forholdet mellem Trækkraft og Bruttovægt paa vandret Bane, kan være $\mu = 0{,}008$—$0{,}01$, eftersom Sporet lægges mere eller mindre omhyggeligt; ved faste Spor, der lægges i Ballast med samme Omhu som almindelige Jernbanespor, kan Modstanden dog bringes væsentligt ned, omtrent til det halve. Bruttovægten af en Tipvogn, som f. Eks. rummer 1 m^3 Jord i fastlejret Tilstand, kan anslaas til $1600 + 400 = 2000$ kg, og den nødvendige Trækkraft paa vandret Bane bliver da ca. $2000 \times 0{,}01 = 20$ kg. Foregaar Transporten mod en Stigning paa $\frac{1}{m}$, vokser Trækkraften derved meget nær med $\frac{1}{m} \times$ Bruttovægten (se Punkt 17). Mod en Stigning af 1:100 er den i dette Tilfælde specielt fordoblet.

Ved Transport med Haandkraft kan 2 Mand i Praksis uden større Vanskelighed skubbe en Tipvogn som den omtalte med en Hastighed af ca. 1 m pr. Sek. paa vandret Bane og udvikler derved en Arbejdsmængde af ca. 10 kgm pr. Sek. hver. I Stigninger kan de en kortere Tid præstere den dobbelte Trækkraft eller lidt mere, naar Hastigheden samtidig

reduceres noget; men er Stigningen enten langstrakt eller stærkere end ca. 1 : 100, maa der flere Arbejdere til.

Bruges Hestekraft, kan man gaa ud fra, at en middelsvær Hest kan præstere en Trækkraft af ca. 60 kg ved en Hastighed af 1,25 m pr. Sek., naar den faar Lejlighed til at udhvile paa Tilbageturen og i Tiden, medens Vognene tippes. En Hest kan herefter trække 3 Vogne paa vandret Bane. I kortere Tid taaler Hesten at præstere den dobbelte Trækkraft, naar Hastigheden sættes noget ned. Den kan altsaa trække mod korte Stigninger paa indtil 1 : 100, men ved stærkere eller langstrakte Stigninger maa Forspandet forøges passende.

Ved Lokomotivdrift benyttes som Regel større Vogne, der kobles sammen til lange Vogntog. Kørehastigheden kan være 15—20 km i Timen eller mere, og den fornødne Maskinkraft beregnes paa lignende Maade som ovenfor, idet man erindrer, at en mekanisk H. K. er 75 kgm pr. Sek. Ofte bruges smaa Damplokomotiver paa 50—100 H. K.

Efter det foregaaende vilde det nok være muligt at opstille en almindelig Formel for Udgiften til Trækkraft ved Transport med Sporvogne i Lighed med Formlerne (18) og (20) for Transport med Trillebøre og Arbejdsvogne, men det vilde være vanskeligere, fordi Faldet i Transportretningen i dette Tilfælde spiller en meget afgørende Rolle for Udgiften. En saadan Formel vilde heller ikke have saa megen Interesse som hine andre, fordi Udgifterne til Anskaffelse og Vedligeholdelse af Vogne og Spormateriel, Omlægning af Spor o. a. er en saa betydelig Del af den samlede Udgift for Transportarbejdet, at man ikke kan nøjes med at føre den rent skønsmæssig i Regning saaledes som ved de primitive Flytteredskaber. Man gør derfor rettere i at anstille Overslagsberegninger i hvert enkelt Tilfælde under passende Hensyn til Jordmængder, Flytteafstande, Terrænforhold o. s. v.

4) Ved Transport af store Jordmængder over ganske smaa Afstande benytter man sig undertiden af andre mekaniske Hjælpemidler. Fig. 49 viser til Eksempel et *Transportbaand*, der blev benyttet ved Transport af Fylden til Havdiget ved Ribe i Forbindelse med en Gravemaskine.

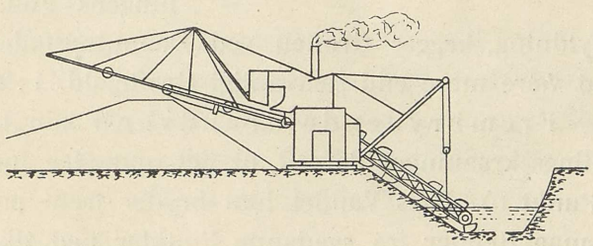


Fig. 49. Transportbaand, benyttet ved Opførelse af Havdiget ved Ribe.

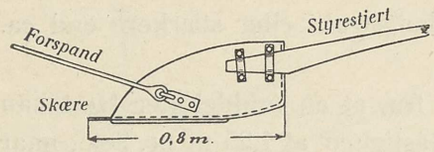


Fig. 50. En Muldsluffe.

5) ***Muldsluffen*** (Fig. 50) benyttes undertiden med Fordel til Planeringsarbejder, hvor Jorden ikke skal transporteres ret langt. Den bestaar af en skovlformig Jernkasse, der fortil er forsynet med Staalskære omtrent som en Plov og bagtil med Styrestjerte. Den slæbes ved Hestekraft hen over Jorden, hvis Overflade maa være passende løs eller i modsat Fald først løsnes ved Pløjning. Naar Stjertene løftes, gaar Skæret i Jorden, og Sluffen fyldes; naar Stjertene derefter trykkes ned, glider Sluffen hen over Jorden og virker som Transportredskab, indtil man sluttelig tipper i Bevægelsesretningen ved at løfte Stjertene og dernæst straks slippe dem. Modstandskoefficienten for Slæbningen angives til ca. $^1/_3$. Undertiden monterer man Sluffen paa Hjul, hvorved Modstandskoefficienten bringes betydeligt ned.

14. Biarbejder.

1) *Jordværkernes Afvanding* er af væsentlig Betydning for deres Bevaring, og der maa tages Hensyn saavel til Overfladevand som til frembrydende Kilder.

Overfladevand kan det blive nødvendigt at sikre sig imod, hvor det tilstødende Terræn har Fald hen imod Jordværket. Det kan simpelt hen ske ved Anlæg af Grøfter. Hvis det er en Afgravning, Talen er om, kan Grøften anlægges langs Skraaningens øvre Kant, som vist paa Fig. 51. Den maa af Hensyn til Faren for Filtration have rigeligt Fald, helst ca. 1:100, og maa om fornødent have skiftende Fald med Dybdepunkter, hvorfra Vandet i stensatte Render eller Plankekasser ledes til Grøften ved Skraaningens Fod. Hvis Jordværket er en Paafyldning, lægges Grøften ved Dæmningsfoden, og Faldet behøver da ikke at være mere end sædvanligt Grøftefald, 1:200 à 1:300.

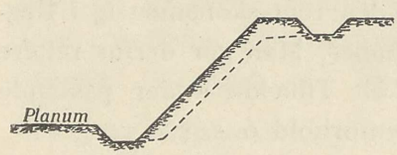


Fig. 51. Sikring af en Afgravning mod Overfladevand.

Frembrydende Grundvand kan hyppigt volde Besvær i Afgravningsskraaninger derved, at det opbløder Jorden og bevirker Skred (smlgn. Punkt 6). Hvis Vandet blot bryder frem paa enkelte Punkter, graver man smaa Render fra saadanne Punkter ned til Grøften ved Skraaningens Fod og fylder dem med Sten eller Faskiner, gennem hvis Mellemrum Vandet

da vil søge ned med saa ringe Hastighed, at det ikke giver Anledning til Udskæring. Er der flere Kilder i Nærheden af hinanden, kan man samle de derfra kommende Render i en fælles Hovedledning (Fig. 52).

Viser der sig Vand efter en fortløbende Linie paa Skraaningen, saaledes som Tilfældet er, naar et vandførende Lag overskæres, maa der anlægges et Dræn af tilstrækkelig Dybde til at kunne overskære dette. Man anvender som Regel dertil en Grøft, som fyldes med Sten. Undertiden brolægger man Bunden i Grøften og afdækker foroven med flade Sten, saa at Muldlag og Græsklædning kan føres hen over den (Fig. 53). Drænet maa i alle Tilfælde have fornødent Fald og Afløb, som Regel til Grøften ved Skraaningens Fod. Hvor det vandførende Lags Tykkelse er ringe, kan almindelige Drænrør anvendes.

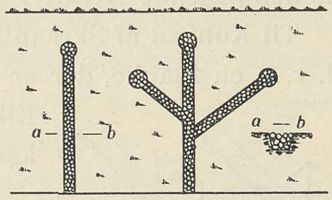


Fig. 52. Stenfyldte Render til Afledning af frembrydende Grundvand.

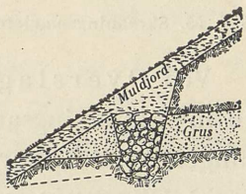


Fig. 53. Lukket Stendræn.

Hvis Vandet bryder frem over hele Skraaningen uden at være lokaliseret til enkelte Steder, kan det blive nødvendigt at dræne hele denne, paa lignende Maade som almindelig Agermark, ved Hjælp af Drænrør. Som Regel anvendes en Tværdræning med Sugedræn i forskellig Højde i Værkets Længderetning og Samledræn vinkelret derpaa (Fig. 54).

Eksisterende Drænledninger, som overskæres ved Afgravningen, maa enkeltvis eller samlet afvandes til Grøften ved Skraaningens Fod.

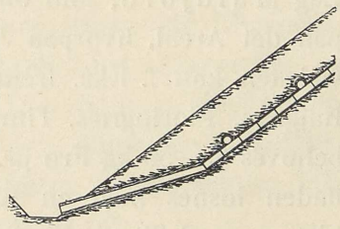


Fig. 54. Dræning af en Afgravningsskraaning.

2) *Skraaningers Regulering.* Det er herved en Hovedregel, at Arbejdet saa vidt muligt kun maa komme til at bestaa i Fjernelse af Jord, da Jord, som maatte blive tilført senere i tynde Lag, kommer til at ligge mindre sikkert. I Afgravninger maa man undertiden begynde Reguleringen, før fuld Dybde er naaet, idet Skraaningerne mulig ellers ikke vil holde sig. Ved Paafyldninger udsætter man bedst Regulering, til Synkning og Sætning har fundet Sted, dog saaledes at Reguleringen i det raa allerede foretages under Arbejdet, ved lagvis Opførelse f. Eks. for hver $1^1/_2$—2 m Højde, da der ellers vil blive for megen Jord at fjerne tilsidst.

Den endelige Regulering maa som Regel begynde med, at man

ved et Nivellement eftergaar de Mærker, der angiver Jordværkets Form, og anbringer flere f. Eks. med 15—30 m indbyrdes Afstand. Efter disse Mærker foretager man dernæst med Skovl og Spade Afretning af smalle Bælter tværs paa Værket i de nævnte Afstande. Senere fuldfører man de mellemliggende Arealer, idet man flugter mellem de afrettede Bælter.

Til Kontrol af Skraaningernes Anlæg betjener man sig af en Retskede, d. v. s. en Planke, der er strøget paa Kant, samt Waterpas og Lodsnor. Eller man benytter særlige Skraaningsmaalere, der kan være indrettet som vist paa Fig. 55.

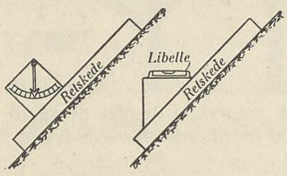


Fig. 55. Skraaningsmaalere.

Efter Afretningen klapper man sædvanlig Skraaningerne, for at de bedre skal kunne holde sig. Hertil bruges en Klapper, der ser ud som en Skovl, men har et Stykke Planke i Stedet for Blad.

Ved Overslagsberegninger kan man gaa ud fra, at Regulering af 10 m² Skraaningsareal vil kræve 1—2 Arbejdstimer ved Afgravningsskraaninger, 2—3 Timer ved Paafyldningsskraaninger.

3) ***Skraaningers Beklædning.*** Til at beskytte Skraaninger mod de tilfældige Forstyrrelser, som afvekslende Vejrlig kan fremkalde, anvendes i Reglen Beklædning med et Græsdække. For at skaffe Vækstbetingelser for dette er det ofte nødvendigt at belægge Skraaningerne med et 8—16 cm tykt Lag Muldjord, som om muligt vindes ved at afskovle det øverste Jordlag paa det Areal, hvorpaa Jordarbejdet foretages (se Punkt 11 og 12). Græsvæksten kan f. Eks. fremkaldes ved Udsaaning af en Blanding af alm. Rajgræs, Fioringræs, Timothe og Engrapgræs, og der vil i Almindelighed behøves 35—50 kg Frø pr. ha af Skraaningsarealet. Før Saaningen bør Overfladen løsnes med en Rive, der bedst føres i vandret Retning; bagefter klappes med Skovl. Hvor Rødder af Kvikgræs kan fremskaffes i passende Mængde, skal det være tilstrækkeligt til at fremkalde Græsvækst at blande dem i Muldjorden, som lægges paa Skraaningerne.

Hurtigere og sikrere tilvejebringes Beskyttelsen ved Belægning med Græstørv eller Lyngtørv, hvor saadanne kan fremskaffes. De skæres paa Steder, hvor der er tæt og kraftig Græsvækst, og gøres sædvanlig ca. 0,3 m i Kvadrat og 8—10 cm tykke. Man betjener sig derved af Spade eller af Græstørvplove og Græstørvskovle (Fig. 56), der trækkes frem af en Mand ved Hjælp

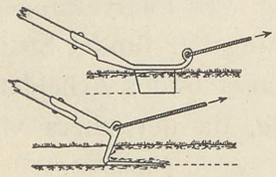


Fig. 56. Redskaber til Afskæring af Græstørv.

af et Tov, medens de styres af en anden. Tørvene opbevares i Stabler for ikke at udtørres og lægges paa Skraaningerne paa Fladen *(Dæktørv)* i vandrette Rækker, idet man begynder ved Skraaningens nedre Kant og sørger for skiftende Stød. Undertiden skærer man hellere Tørven af i lange Strimler, der rulles op om sig selv og senere anbringes paa Skraaningen som et Tæppe. Er Jorden i Skraaningen kun daarligt skikket for Plantevækst, kan det blive nødvendigt at anbringe et Lag Muld under Tørven. I Tilfælde, hvor Skraaningen er meget stejl, eller hvor det kommer an paa at faa en særlig stærk Beklædning, lægger man Tørvene lagvis *(Lagtørv)* paa den i Fig. 57 antydede Maade. Græssiden vendes nedad undtagen øverst oppe.

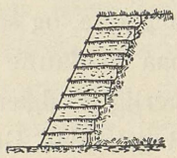


Fig. 57. Beklædning med Lagtørv.

Skraaningers Sikring i Vand ved Hjælp af Stenklædning er tidligere omtalt (Punkt 12). Men Stenklædning kan ogsaa komme til Anvendelse paa Land, hvor det gælder om at faa en Skraaning til at staa med ringe Anlæg. I saa Fald lægger man ofte Stenene i Muldjord for at give Betingelser for en Græsvækst imellem dem. Man kan anvende kløvede Sten, der lægges med Fladen opefter i uregelmæssigt Forbandt som et *Stenglacis*, eller raa Sten, der sættes op i mere regelmæssigt Forbandt med Skillefuger vinkelret paa Skraaningens Plan. Meget stejle Skraaninger sikres ved Beklædningsmure af Beton eller Murværk*).

Ved Overslagsberegninger kan man gaa ud fra, at Beklædning af en Skraaning med et 10 cm tykt Lag Muld med tilhørende Efterpudsning vil kræve 4 Arbejdstimer pr. 10 m², idet Muldjordens Afgravning og Flytning fra og til Arbejdsstedet beregnes særskilt (nemlig som Sideflytning, se Punkt 8). Beklædning med Græstørv paa Fladen, derunder indbefattet Tørvenes Skæring, men ikke deres Flytning, kan regnes at tage samme Tid. Lægning af et Stenglacis vil tage 4—8 Timer pr. 10 m².

4) ***Rydning*** af Træer og Buske maa ikke forglemmes ved Overslagsberegninger, skønt Arbejdstiden naturligvis kun kan anslaas ganske raat. Undertiden beregner man til Rydning af en Hæk 1—3 Arbejdstimer pr. løb. m og for Buskads 3—5 Arbejdstimer pr. 10 m². Træer betales pr. Stk. efter deres Størrelse og Stammens Tykkelse.

---

*) Se Forf.: Teknisk Mekanik, Punkt 72.

ANDET KAPITEL. VEJE PAA LANDET.

15. Indledning. Ved Veje paa Landet tænkes i denne Forbindelse paa Veje, som fører gennem aabent Terræn eller Terræn med meget spredt Bebyggelse, og som derfor fortrinsvis tjener en gennemgaaende Trafik. Færdslen paa saadanne Veje vil normalt ikke være saa stor, at der kræves Anlæg af særlig Fodgængerbane, og man kan, da Terrænet er frit til Siderne, som Regel uden Gene afvande Vejarealet til aabne Sidegrøfter.

Beskrivelsen af Vejanlæg af denne Art falder naturligt i to Hovedafsnit, omhandlende henholdsvis a) Underbygningen, d. v. s. det Jordarbejde, som gaar ud paa ved hensigtsmæssige Gennemgravninger og Paafyldninger at tilvejebringe en for Vejanlægget passende reguleret Jordoverflade, det saa kaldte *Planum*, og b) selve Vejbanens Befæstelse og øvrige Indretning med Henblik paa den Trafik, som Vejen skal bære.

Medens Emnet for Afsnit b ikke tidligere er omtalt i denne Fremstilling og derfor maa behandles fra Grunden som noget helt nyt, er Jordarbejde allerede i det væsentlige beskrevet i første Kapitel om Jordarbejde i Almindelighed, saaledes at der her under Afsnit a kun bliver at tilføje, hvad der kan have speciel Betydning for Vejanlæg; det gælder navnlig Spørgsmaal om, hvilke Krav man maa stille til en Vejlinies Beliggenhed og fremdeles til Længde- og Tværprofiler for det Jordlegeme, der specielt skal tjene som Underbygning for en Vej.

Tilsidst skal i et særligt Afsnit c) gives en kort Beskrivelse af de paa Landet almindeligt forekommende Gennemløb under Veje.

a. Underbygningen.

16. Vejliniens Bestemmelse. Hertil behøves et Oversigtskort med Højdekurver, f. Eks. Generalstabens Maalebordsblade i Maalestoksforholdet 1:20 000. Idet Udgangspunktet for Vejen og de vigtigste Punkter, den skal berøre, som oftest paa Forhaand vil være givne, bliver Opgaven kun at finde den Linie, ved hvilken disse Punkter bedst kan forbindes, saaledes at man faar den bedste Vej for den mindst mulige Bekostning. I saa Henseende

gælder det ved Projekteringen navnlig om at faa klart og udtømmende frem, hvilke rimelige Muligheder der er, uden at nogen overspringes. Man gør i Reglen bedst i at begynde paa de Steder, hvor Vanskeligheder især findes. Hvor der er Vandløb, Moser, Engdrag, større Bakke- og Dalstrøg, bebyggede Steder etc., vil det hyppig være saaledes, at der kun er nogle enkelte Overgangssteder at vælge imellem, og disse bør udpeges først. Tilbage staar da kun at bestemme Forbindelseslinierne imellem dem og kombinere dem paa alle brugelige Maader. Dette kan ske paa Kortet eller i Marken. Hvor Kort anvendes, er det i alle Tilfælde nødvendigt at foretage en Rekognoscering af Terrænet efter de Linier, om hvis Brug der kan blive Spørgsmaal, da man ellers ikke kan være sikker paa, at alle paa Terrænet værende Genstande, Ujævnheder o. a. bliver paaagtede i tilstrækkelig Grad.

Ved Bestemmelsen bliver der at paase, at Vejlinien faar en heldig Form og Beliggenhed i Terrænet. Den maa i Grundplan helst være sammensat af rette Linier med tangerende Cirkelbuer, og Radierne til disse maa ikke gerne være mindre end ca. 50 m. To Krumninger med Konkavitet til modsatte Sider maa nødig følge umiddelbart paa hinanden, da den frie Udsigt over Vejen derved hæmmes meget stærkt til Fare for den hurtige Trafik. Stærke Krumninger maa fremdeles nødig falde sammen med stærke Stigninger. Og endelig gælder det om, at Vejlinien kan faa et heldigt Længdeprofil med et Minimum af Jordarbejde.

For at kunne skønne over det sidste, vil det ofte være praktisk at optegne et Længdeprofil i lille Maalestok for hver af de Vejlinier, der kan blive Tale om, f. Eks. som det kan faas af Generalstabskortet eller ved flygtige Nivellementer af tilsvarende Nøjagtighed, og derpaa indlægge Vejens vigtigste Stigninger og Fald og foretage en omtrentlig Jordberegning (foreløbige Vejprojekter). Efterhaanden som en Linie viser sig at staa tilbage for en anden, udskydes den, og paa den Maade forringes Antallet. Bliver der endelig to eller flere Linier tilbage, om hvilke man vedvarende maa være i Tvivl, kan det blive nødvendigt at udarbejde detailleret Projekt for enhver af dem.

Naar Vejlinien, som skal lægges til Grund for det detaillerede Projekt, saaledes er fastslaaet, hvad den i Henhold til det sagte først bliver i Terrænet, begynder Forarbejderne i Marken, saaledes som beskrevet i Punkt 4 under Jordarbejde, med Udstikning og Nivellering af Vejlinien, Kortlægning af det tilgrænsende Terræn, Nedramning af Fixpæle, Jordbundsundersøgelser

etc. Ved Kortlægningen medtages normalt Terrænet mellem to Linier, parallele med Vejens Midtlinie i 30—40 m Afstand derfra, men uden for disse medtages desuden alt, hvad der kan være af Betydning for Vejen. Ejendomsskel indmaales omhyggeligt, og Lodsejernes Navne opføres paa de enkelte Lodder.

17. Konstruktion af Længdeprofilet. Hertil kræves først og fremmest et nøjagtigt Længdeprofil af Terrænet efter Vejlinien. Paa dette Længdeprofil, som maa fremgaa af det ved Forarbejderne foretagne Linienivellement, bliver Opgaven derefter at indlægge Længdeprofilet for Vejen eller rettere af det Planum, der skal fremgaa som første Resultat af Jordarbejdet, og paa hvilket det befæstende Sten- eller Gruslag senere anlægges.

Man begynder bedst med at udpege alle saadanne Punkter i Længdeprofilet, der nødvendig maa have en given Højde, saasom 1) Endepunkterne, hvor Vejen skal støde til andre Veje, 2) Overskæringer med solidt befæstede Hovedveje, hvis Højde ikke uden stor Bekostning og Gene for Færdslen kan forandres (Biveje af mindre Betydning kan undertiden omlægges), og 3) Steder, hvor man af Hensyn til Grundvand maa kræve en vis mindste Højde, f. Eks. ved Søer, Enge og Moser, hvor Planum bør holdes 0,5—1 m over højeste Vandstand.

Det gælder dernæst om at forbinde disse Punkter paa den bedst mulige Maade, og i saa Henseende gælder følgende Hovedregler.

1) Stigningerne maa ikke overskride en vis Maksimalværdi.

Stigningers Størrelse maales ved *Stigningsforholdet*, d. v. s. tg af den Vinkel, som Vejen danner med den vandrette Retning; Stigningsforholdet $\frac{1}{n}$ betegner altsaa en Stigning af 1 Meter paa n Meter. Grænseværdien for Stigningsforholdet beror paa Vejens Art og Betydning. Ved Veje for Fodgængerfærdsel alene er $^1/_6$ à $^1/_7$ en Grænse, som ikke bør overskrides. Ved Veje for Vognfærdsel bliver det navnlig Vanskeligheden ved Kørsel op ad Bakke med tunge Læs, som er afgørende. Man har til Bedømmelse af dette Forhold anstillet følgende Betragtning.

Er Bruttovægten af en læsset Vogn P, kan den nødvendige Trækkraft paa vandret Vej sættes til

$$t = \mu \cdot P, \qquad (21)$$

hvor *Modstandskoefficienten* μ har følgende omtrentlige Værdier for forskellige Slags Veje:

For Jordveje og løse Grusveje	$\mu = {}^1/_{10}$ à $^1/_{20}$
» Macadam og faste Grusveje	$^1/_{30}$ à $^1/_{40}$
» Asfaltmacadam, Chaussebrolægning, alm. Brolægning o. l.	$^1/_{50}$ à $^1/_{75}$
» engelsk Brolægning	$^1/_{90}$ à $^1/_{100}$
» presset Asfalt og god Støbeasfalt	$^1/_{100}$ à $^1/_{120}$

Opad Bakke (Fig. 58) behøves en større Trækkraft, bestemt ved

$$T = \mu \cdot P \cos \alpha + P \sin \alpha,$$

eller, da α er en lille Vinkel, med tilstrækkelig Tilnærmelse

$$T = \mu \cdot P + P \operatorname{tg} \alpha = t + \frac{1}{n} P, \qquad (22)$$

hvor $\frac{1}{n}$ er Stigningsforholdet. Det vil sige, at der opad Bakke kræves et Tillæg til Trækkraften paa $\frac{1}{n}$ af Læssets Bruttovægt.

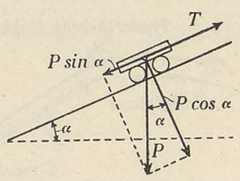


Fig. 58.

Regner man, at en Hest i en ikke for langvarig Stigning kan præstere indtil fordoblet Trækkraft, naar Kørehastigheden samtidig formindskes tilsvarende*), bliver den største tilladelige Stigning bestemt ved $\mu = \frac{1}{n}$, saaledes at de ovenstaaende Værdier af μ netop angiver de største tilladelige Stigningsforhold for forskellige Slags Veje. Samtidig vil det forstaas, at disse Stigningsforhold netop angiver Grænserne, ved hvilke et Køretøj selv kan holde sig i Bevægelse nedad Bakke. Det er værdt at lægge Mærke til, at Maksimalstigningen er mindst for gode Veje, fordi disse nemlig tillader det største Læs, og omvendt.

I vore Dage, hvor Fragtkørsel med tunge Læs ved Hestekraft ikke spiller den Rolle som tidligere, har en saadan Beregning ikke længere afgørende Betydning, og efterhaanden som Motorkøretøjer bliver almindelig anvendt ogsaa til Arbejdskørsel, maa Grundlaget for Beregninger angaaende Stig-

*) Om Trækdyrs Arbejdsevne se f. Eks. Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch III Teil, eller Handbuch der Ingenieurwissenschaften I Teil 1. Band.

ningsforhold snarere blive rent økonomisk, saaledes at man i hvert enkelt Tilfælde kalkulerer de aarlige Driftstab, som en stor Stigning betyder, under Hensyn til Trafikens Art og Størrelse for at se, hvorvidt det betaler sig at grave Bakken igennem. Visse Maksimalstigninger vil man dog ved hvert enkelt Vejanlæg søge at overholde, og hvor der ikke er særlige Vanskeligheder at overvinde, vil følgende Grænser være passende:

For fortrinligt vedligeholdte Hovedveje. . . . . $^1/_{24}$—$^1/_{30}$
- alm. macadamiserede Biveje . . . . . $^1/_{18}$—$^1/_{24}$
- gode Grusveje . . . . . $^1/_{15}$—$^1/_{18}$
- Jordveje . . . . . indtil $^1/_{12}$.

Denne Skala stemmer for saa vidt med det foregaaende, som man ved gode Veje, hvor der ofres meget paa Vejbanens Befæstelse, ogsaa ser sin Fordel ved at bekoste et stort Jordarbejde for at holde Stigningerne smaa og omvendt. Paa Fig. 59 er som Eksempel paa stærke Stigninger vist et Længdeprofil af Frederiksberg Bakke.

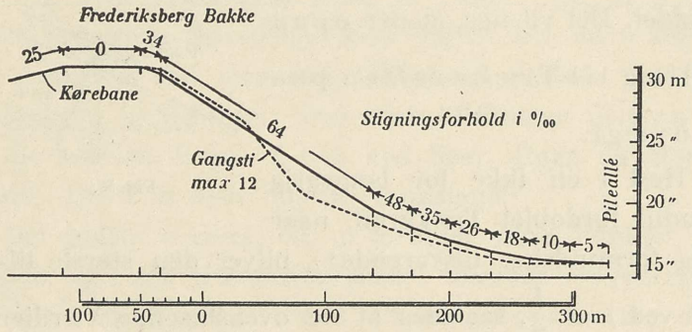


Fig. 59. Profil af Frederiksberg Bakke.

Selvfølgelig skal man ikke gaa til Grænsestigningen, saafremt man kan nøjes med en mindre Stigning uden alt for stor Bekostning. Og man bør heller ikke anvende den paa alt for lange Strækninger.

Dernæst maa Længdeprofilet have en for Færdslen heldig Form, og i saa Henseende maa forlanges,

2) at der ikke er skarpe Knæk i Længdeprofilet. Man bør ikke passere fra en større Stigning til en væsentlig mindre eller til vandret Bane, uden at der indskydes et passende Antal *Overgangsstigninger* derimellem. Den stærkeste Stigning, *Hovedstigningen* vil derfor normalt komme til at ligge midtvejs paa Bakken (Fig. 60 a), medens der baade for oven og for neden forekommer svagere Overgangsstigninger.

De vandrette Afstande mellem Knækpunkterne i samme

Overgang holdes saa vidt muligt lige store. Rimeligt vil det være at lægge dem i 50 m Punkterne, men hvor Forholdene kræver det, lægger man dem ogsaa væsentligt tættere. Knækkene bør desuden have nogenlunde samme Størrelse og ikke være for bratte. Differensen mellem to paa hinanden følgende Stigningsforhold gøres saaledes ikke gerne større end 5 à 10 ‰ (svarende til Vinkler paa ca. 20′—40′), og Overgangen kan f. Eks. ordnes som vist paa Fig. 60 a, hvor Afstanden mellem Knækkene er holdt en Del kortere ved Bakketoppen end ved Foden, fordi det erfaringsmæssigt giver Bakken en smukkere Form, at man fremhæver den opadvendende Konkavitet (smlgn. Punkt 35).

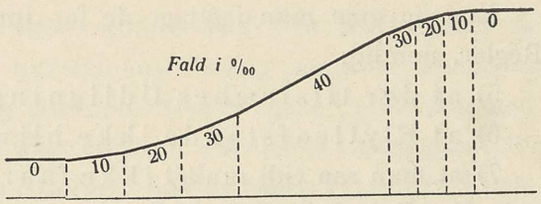


Fig. 60 a. Bakke med Overgangsstigninger.

Af samme Grund foretrækker man undertiden ved Bakkens Fod en Overgang af mere parabellignende Form, f. Eks. ved Anvendelse af følgende stigende Skala for lige lange Overgangsstrækninger:

$$1:\infty,\ 1:200,\ 1:100,\ 1:60,\ 1:40,\ 1:30,\ 1:24,\ 1:20,$$

og det samme kan naturligvis opnaas ved Anvendelse af ækvidistante Stigningstal, naar man gradvis forøger Overgangsstrækningernes Længde.

I alle Tilfælde kan en Stigningsskala som den i Fig. 60 b viste, hvis Højder er forstørret i samme Forhold som Længdeprofilets Højder (smlgn. Punkt 19), være til betydelig Lettelse under Konstruktionen og til Vejledning ved Valg af Stigningsforhold.

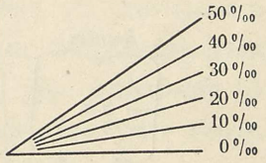


Fig. 60 b. Stigningsskala.

3) Stigninger og Fald maa ikke veksle for hyppigt, men den en Gang erhvervede Løftehøjde bevares. Paa Bakketop og i Dalbund lægges derfor gerne vandrette Strækninger som den naturlige Overgang mellem Stigninger og Fald.

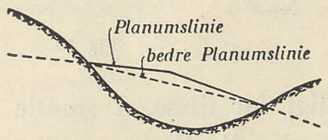


Fig. 61. Fejlagtig Profilform.

4) Udadgaaende Knæk i Paafyldninger og indadgaaende Knæk i Afgravninger bør som Regel undgaas, da Vejen vil blive bedre og billigere, om de udelades (Fig. 61). Kun i Overgangsstigninger vil de undertiden kunne forsvares.

Endelig maa man iagttage de for Jordarbejde i Almindelighed gældende Regler, nemlig:

5) at der tilstræbes Udligning,

6) at Flytteafstande ikke bliver for store, samt

7) at man saa vidt muligt ikke faar Jordtransport op ad Bakke, over Vandløb, befærdede Veje etc.; men at Udligningspunkterne falder paa bekvemme Steder.

Jordberegningen gennemføres derefter som beskrevet i Punkterne 8—9.

18. Konstruktion af Tværprofilet. Tværprofilet omfatter dels Vejbanen, hvorpaa Færdslen foregaar, dels Underbygningen med Skraaninger og Sidegrøfter. Vejbanen med det befæstende Stenlag skal senere gøres til Genstand for nærmere Beskrivelse i Afsnit b om Vejbefæstelsen, men allerede i denne Forbindelse er det naturligt, at vi beskæftiger os med Spørgsmaal om Bredde og Form af Vejbanen saavel som med andre Forhold, der har afgørende Betydning for Vejens Underbygning, specielt for den Planumsbredde, der bliver at indføre i Jordberegningen.

I *Vejbanen* skelner man imellem Kørebanen, hvorpaa Vognfærdsel foregaar, og Sidebanerne, der kan benyttes som Gangstier, Cyklestier, Oplagsplads for Materialer o. l., samtidig med at de danner den nødvendige Indfatning for de befæstende Stenlag paa Kørebanen.

Kørebanen kan, hvor to Læs af 3 m Bredde*) paa Vogne med 1,5 m Sporvidde skal kunne mødes med 0,5 m Spillerum, ikke være mindre end 5 m bred (Fig. 62). Hvor man gaar lavere, f. Eks. til $4^1/_2$ m, gør man Regning paa, at Vogne i slige vanskelige Tilfælde kører ud paa Sidebanerne, hvad dog, hvis det indtræffer nogenlunde hyppig, vil være ret uheldigt for disse. I smalle Kørebaner slides der desuden let Spor i Stenlaget, fordi alle Vogne uvilkaarlig kører paa Midten. Hvor Trafiken er stor, gør man derfor hellere Kørebanen noget bredere end 5 m, f. Eks. $5^1/_2$—6 m.

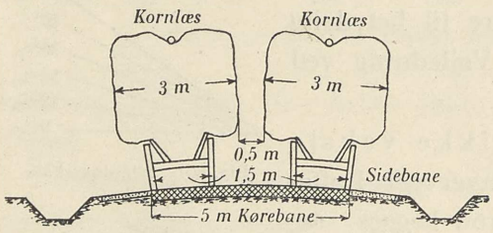


Fig. 62.

*) I Plakat af 27. Maj 1848 om Konstruktion af Vogne, som skal kunne benyttes paa Hovedlandevejene i Sjælland, foreskrives, at intet Læs maa have større Bredde end 10′.

Sidebanerne kan ikke godt være mindre end 1 m brede, naar de skal have Styrke nok til at holde Kørebanens Stenlag sammen under de Tryk, der virker derpaa; men hyppig gør man dem bredere i andet Øjemed. Skal de f. Eks. anvendes til Gangsti eller Cyklesti eller som Oplagsplads for de til Vejens Udbedring nødvendige Skærver, bør de være $1^1/_2$—2 m brede, og skal de befæstes med Grus som *Sommerveje* for let Færdsel i den gode Aarstid eller som Ridestier, maa de være 2—3 m brede. Endnu bredere bør de være, hvis de desuden skal afgive Plads for en Træ række.

Biveje, der befæstes med Grus og befares over det hele, har ofte en samlet Bredde af 5—6 m.

Paa Plan 2 i Bilagene er vist Tværprofiler af forskellige Landeveje og Biveje her i Landet.

Vejbanens Form bestemmes under Hensyn til Vandafledningen. Som Regel giver man Fald fra Midten til begge Sider, og Kørebanen kan i saa Fald passende afrundes efter en Parabelbue, medens Sidebanerne, for ikke at faa for stærkt Sidefald, gøres plane og lægges tangentielt til denne (Fig. 63). Kørebanens *Oprunding* maales ved Forholdet (*ab : cd*) mellem Pil og Korde. For en Parabelbue er Stykket *ab* (Fig. 63) = *ag*, og Sidebanernes Hældning maa derfor ved den beskrevne Profilform blive det firdobbelte af Oprundingen. Er denne f. Eks. 1 : 48, bliver Sidebanernes Hældning (eller, om man vil, Kørebanens Sidefald ved Randene) 1 : 12. Dette er imidlertid selv for macadamiserede Veje et stærkt Sidefald, der i fedtet eller glat Føre kan give Anledning til, at Vogne og Cykler skrider ud, og skal Kørebanens Oprunding være større, bliver Forholdet endnu værre. I mange Tilfælde sammensætter man derfor hellere Profilet af 2 rette Linier med passende Hældning og en mellem dem indskudt, tangerende Parabelbue (Fig. 64) paa den midterste Del af Kørebanen. At give Sidebanerne mindre Hældning end Kørebanens Rande (Fig. 65) er forkasteligt, da Vejsøle i saa Fald vil samle sig i Knækket.

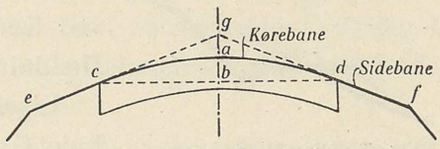


Fig. 63.

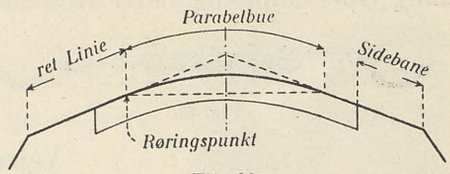


Fig. 64.

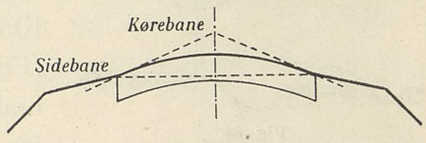


Fig. 65

Hvor stor Oprundingen skal være, for

at Vejen kan holde sig passende tør i den daarlige Aarstid, beror paa Vejbanens Beskaffenhed. Jo fastere og glattere og mere omhyggelig udført Vejbanen er, desto mindre behøver Oprundingen at være, og omvendt. Ligeledes har Vejens Fald efter Længderetningen Betydning, idet et stærkt Fald hjælper til ved Vandafledningen. Almindeligt kan man regne følgende Oprundinger som passende

for Jordveje og Grusveje . . . . . $^1/_{25}$—$^1/_{35}$
- Skærveveje . . . . . $^1/_{35}$—$^1/_{50}$
- Tjæremacadam o. l. . . . . $^1/_{40}$—$^1/_{55}$
- Chaussebrolægning og Asfaltmacadam. . . . $^1/_{50}$—$^1/_{60}$

Gruslagte eller ubefæstede Sidebaner gives i Reglen en Hældning af $^1/_{12}$—$^1/_{18}$.

I sjældnere Tilfælde foretrækker man eensidig Afvanding. Saaledes vil man, hvor Vejen er indskaaret i en Bakkeskraaning og paa samme Sted har skarp Kurve, af Hensyn til Faren ved Kørsel i glat Føre helst have Vejen plan med Hældning ind imod Skraaningen (Fig. 66).

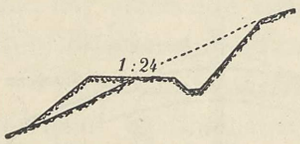


Fig. 66. Vejprofil paa stærkt Sidehæld.

Ligeledes har man stundom, hvor Vejen har forhøjet Gangsti ved den ene Side, givet Vejbanen eensidig Oprunding fra modsat Side (Fig. 67), men skal Afvandingen af Kørebanen nærmest Gangstien være tilfredsstillende, faar man paa denne Maade let saa stort Sidefald, at det er generende for Færdslen i glat Føre. Som Regel foretrækker man derfor dobbelsidig Oprunding og lader Afvandingen foregaa under Gangstien ved Hjælp af Underløb, f. Eks. af 15 cm glaserede Rør eller Trækasser af lignende Tværsnitsareal for hver 30—35 m af Vejen (Fig. 68). Bedst vil det altid være at anlægge Gangstien helt uden Forbindelse med Kørevejen og adskilt fra denne ved Vejgrøften (Fig. 69), men det kan da undertiden være nødvendigt at have endnu en lille Grøft uden for Gangstien til Beskyttelse af denne mod

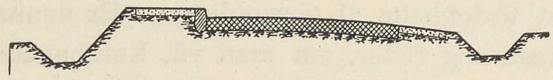


Fig. 67. Profil med eensidigt Fald bort fra en Gangsti.

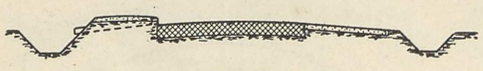


Fig. 68.

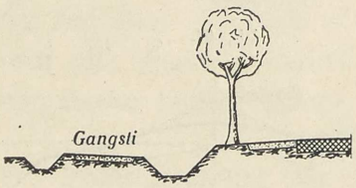


Fig. 69.

Markvandet. Gangstier anvendes som Regel kun i Nærheden af større Byer, hvor Færdslen paa Vejen er stærk.

Skraaninger og Grøfter. Udførelsen af disse er i det væsentlige allerede beskrevet under Jordarbejde. Sædvanlig har man Grøfter paa begge Sider af en Vej, kun undtagelsesvis kan man i Paafyldninger undvære Grøft, hvor Terrænet har rigeligt Sidefald bort fra Vejen (Fig. 66). I Afgravninger, hvor Grøfterne tjener til Afvanding af Planum, bør Grøftedybden ikke være mindre end $^2/_3$ m; ved Paafyldninger kan man nøjes med noget mindre, f. Eks. $^1/_2$ m, i enkelte Højdepunkter *(Grøftehoveder)* endog $^1/_3$ m. Bundbredden gøres sædvanlig $^1/_2$ m, saa at Grøften bekvemt kan renses op med Skovl.

Vejgrøfterne maa have passende Fald efter Vejens Længderetning, f. Eks. $^1/_{200}$—$^1/_{300}$. Paa fladt Terræn og paa Terræn med vanskelige Afløbsforhold kan det undertiden blive nødvendigt at skaffe Grøfterne Fald paa kunstig Maade ved paa sine Steder at grave dem dybere end ellers nødvendigt *(Fordybningsgrøfter)*, og under saadanne Forhold nøjes man da gerne med svagere Fald, f. Eks. $^1/_{500}$, for ikke at faa for stort Jordarbejde. Navnlig i Afgravninger er dybe Grøfter kostbare, fordi hele Gennemskæringens Bredde bliver relativ stor (smlgn. Punkt 8, sidste Stykke).

Saa ofte man kan, leder man Grøfternes Vand bort fra Vejens Areal ved Hjælp af Stikgrøfter til Siden. Hvor der kun er Afløb til den ene Side, maa Grøftevandet fra den modsatte Side ledes under Vejen i et Rørgennemløb eller en Stenkiste. Hvor Grøfternes Fald er større end ca. $^1/_{30}$, maa de brolægges i Bunden, hvis Jorden ikke er af særlig fast Beskaffenhed. Langs den udvendige Kant af Grøfter og Afgravninger for offentlige Veje er en Bredde af 1 Alen paa hver Side, den saakaldte *Vejalen*, gerne udlagt som Vejens Ejendom som Sikkerhed for Skraaningernes Bevarelse.

I den nyere Tid har man for at formindske Faren for Ulykkestilfælde ved Automobilkørsel undertiden erstattet Vejgrøfterne med lukkede Dræn*), f. Eks. af 8—10 cm brændte Lerrør, der nedlægges i godt 1 m Dybde og dækkes med groft Grus (Fig. 70). De kan passende have et Fald af 2—3 $^0/_{00}$, men bør i særlige Tilfælde gøres til Genstand for Beregning paa lignende Maade som almindelige Drænledninger.

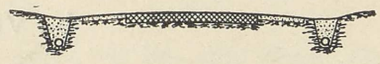
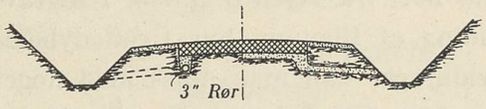


Fig. 70. Vej med Sidedræn i Stedet for Vejgrøfter.

*) Se f. Eks. U. S. Department of agriculture. Office of public roads. Bulletin Nr. 29—48.

Hvad enten man anvender aabne Grøfter eller lukkede Dræn ved Siderne af Vejen, er det paa fugtig Grund og i dybe Gennemskæringer i vandrig Jord formaalstjenligt at dræne Jordlegemet under selve Kørebanens befæstende Lag ved to eller flere Dræn i Vejens Længderetning (Fig. 71 a). De kan udføres som stenfyldte Grøfter af ca. 30 cm Dybde, der graves med skiftende Fald i Vejens Længderetning, saa at de for hver ca. 50 m faar et Dybdepunkt, der afvandes til Vejgrøften. Er Jorden af leret Beskaffenhed, kan det tilmed være praktisk at lægge et 5—8 cm tykt Lag Grus som et Fladedræn under hele Kørebanens Stenlag. I lettere Jord kan Dræning med Fordel udføres af 8 cm brændte Lerrør, der nedlægges og afvandes paa lignende Maade som Stendræn. Undertiden kan man ogsaa nøjes med et Fladedræn alene med Stikledninger til Grøfterne (Fig. 71 b).



a. b.

Fig. 71. Dræning af et Vejlegeme.

19. Projektets Udstyrelse. Længdeprofilet tegnes som Regel i Maalestoksforholdet 1:2000 for Længder og 1:200 eller 1:100 for Højder. De for Jordberegningen eventuelt nødvendige Tværprofiler tegnes sædvanlig i Maalestoksforholdet 1:100 eller 1:50.

Profiler af Terrænet signeres med en sort Linie, Profiler af Planum med en rød. Grøftebundene indtegnes med en blaa Linie, og for saa vidt der er Forskel paa deres Højde, kan den ene punkteres. Koter indskrives paa Profilet med samme Farver, og de for Planum benyttede Stigningsforhold indskrives under dette med rødt.

Afgravninger farvelægges overalt i Projektet med graa, Paafyldninger med gul Farve, og tilsvarende Randfarver anlægges paa Transportkurven.

Paa Længdeprofilet maa alle skærende Veje, Vandløb, Grøfter etc. angives. Forslag til nye Stenkister, Rørgennemløb, Vejramper, Forlægning af Veje o. l. indlægges saavel paa Profilet som paa Kortet med rødt.

b. Vejbanens Befæstelse.

20. Jordveje. Paa fast Bund kan Jordveje undertiden gøre god Fyldest for let Trafik. Om Vinteren, naar Vejene er fugtige, danner Færdslen dog let dybe Hjulspor, hvori der samler sig Regnvand, som giver Anledning til Ud-

blødning og Ødelæggelse af Kørebanen (Fig. 72). Man kan i nogen Maade raade Bod paa denne Skade ved med passende Mellemrum at gennemskære Vejens Kanter, saa at Kørebanen atter faar Afløb til Vejgrøfterne, men tilsidst bliver det nødvendigt at genoprette Vejprofilet. Hertil benyttes en *Vejhøvl* eller *Vejslæber* (Fig. 73), som bestaar af en eller to kantstillede, ofte jernbeslaaede Planker eller et Stykke Profiljern, der slæbes i skraa Stilling hen over Vejen af et Par Heste, saaledes at Fylden skrabes af i Kanterne og skuffes ind over Midten. Efter denne Behandling bør Vejen komprimeres ved Tromling med en let Tromle.



Fig. 72. Opkørt Jordvej.

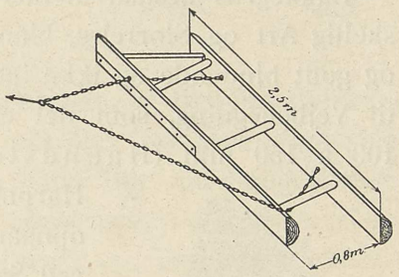


Fig. 73. Vejslæber.

De bedste Jordveje faar man af sandblandet Ler, hvis Indhold af Ler netop er tilstrækkelig stort til at udfylde Mellemrummene mellem de tætpakkede Sandkorn (Fig. 74)*). Er Indholdet af Ler større, bliver Vejen let slibrig og blød, slaar Revner i tørt Vejr og køres op til Ælte ved indtrædende Regn. Er Sandet i Overvægt, bliver Vejen løs og tung (Klitveje) og er vanskelig fremkommelig selv i tørt Vejr. Begge disse Mangler kan i nogen Grad afhjælpes ved Tilførsel henholdsvis af Sand eller Ler, eftersom det ene eller det andet af disse Materialer mangler; men man maa sørge for, at det tilførte Materiale bringes ned i Vejbanen og blandes intimt med dennes Bestanddele. Hvor Sandveje skal forbedres, bruger man derfor bedst let smuldrende Rødler, der kan knuses og harves ned i Vejbanen, men nødig fedt Blaaler, der lejrer sig i slibrige Klumper. Efter Harvningen komprimeres Vejen med en let Tromle.

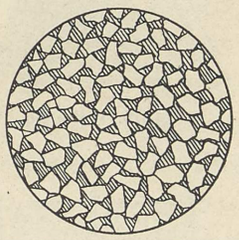


Fig. 74. En tæt Blanding af Sand og Ler.

For Jordveje er Vandafledningen altid af principal Betydning. De bør derfor indgrøftes eller drænes godt og anlægges med rigelig Oprunding, f. Eks. $^1/_{20}$ à $^1/_{25}$.

Skal Veje bære en regelmæssig Trafik hele Aaret, vil det som Regel være fordelagtigt at befæste dem med Grus eller Sten.

*) U. S. Department of agriculture. Office of public roads. Bulletin No. 27.
P. E. Ullberg: Byggnad och underhåll av vägar. Uppsala 1918.

21. Grusveje. Grus kan enten være Bakkegrus eller Strandgrus. Det sidste egner sig, som det forefindes, kun daarlig til Vejbygning, dels fordi ethvert Bindemiddel i Tidens Løb er vasket ud, saa at Materialet mangler indre Sammenhæng, dels fordi Kornene ofte er rundslidt af Bølgeslaget (blødt Klitsand). Vil man overhovedet bruge det til Veje, maa det først blandes op med godt bindende, skarpt Bakkegrus eller Ler.

Bakkegrus bestaar af mere eller mindre skarpkantede Sten af højst forskellig Art og Størrelse, blandet med Sand og Ler. Naar Gruset er skarpt og godt bindende og ikke indeholder for meget fint Sand, kan det anvendes til Vejbelægning, som det er, naar blot store Sten med Tværmaal over 100 à 150 mm (Haandsten) pilles fra enten for Haanden eller ved Harpning (renset Grus)*). Men i mange Tilfælde opnaar man en væsentlig Forbedring af Materialet ved Sortering.

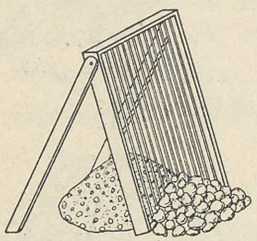


Fig. 75. Vejharpe.

Hertil anvendes en Vejharpe (Fig. 75) eller en Sortertromle (Fig. 76). Først frasorterer man de finere Bestanddele under 5—10 mm Kornstørrelse (Bagharpning eller Sandgrus), senere eventuelt større Sten med indtil ca. 30 mm Tværmaal (Perlesten, Ærtesten og Nøddesten), og Restproduktet benævnes derefter harpet Grus eller Singels.

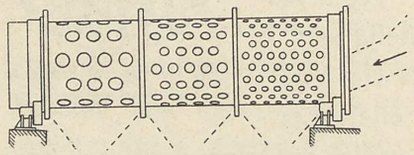


Fig. 76. Sortertromle.

Veje af renset Grus kan profileres som vist paa Fig. 77. Først afrygges Planum med et Fald af ca. 1:30 til begge Sider af Hensyn til Vandafledningen, og dernæst paaføres Gruset i forskellige Repriser over hele Vejens Bredde, tykkest paa Midten og jævnt aftagende mod Randene. Gruset komprimeres ved Tromling eller alminde-



Fig. 77. Grusvej.

---

*) P. E. Ullberg anser følgende Sammensætning som passende for et godt Vejgrus:

Sten	over 20 mm	15—40 %	50—80 %
groft Grus	20—6 -	ca. 30 %	
fint Grus og groft Sand	6—0,6 -	ca. 20 %	
fint Sand og Støv	0,6 —0,02 -	ca. 15 %	20—50 %
Ler	0,02— -	5—10 %	

ligere blot ved selve Færdslen. Vejens Oprunding kan være $^1/_{24}$ à $^1/_{30}$ og Grusbelægningens samlede Tykkelse paa Midten 15—20 cm.

Veje af harpet Grus udføres som Regel paa lidt anden Maade (Fig. 78), idet man kun befæster selve Kørebanen. I en Bredde svarende til denne udgraver man i Planum en Fordybning, Vejkassen og oplægger den udgravede Fyld langs Sidebanerne, saaledes at disse faar et passende Sidefald mod Vejgrøfterne (se Punkt 18). Kassens Dybde gøres saa stor, at Gruslagets Tykkelse kan blive den forønskede, og Bunden tildannes med Fald til begge Sider. Langs Randene kan opstilles frapillede store Sten, eventuelt kløvede, som Randsten med den flade Side ind imod Kassen, og nederst i denne kan lægges et Lag mindre Grusgravsten som Bundlag. Dernæst paaføres det harpede Grus, som komprimeres ved Tromling, og sluttelig, naar Tromlingen er godt fremskreden, spredes et Lag Bagharpning til Udfyldning af Hulrummene i det harpede Grus og til Dækning af Sidebanerne. Den samlede Lagtykkelse kan være ca. 20 cm og Oprundingen $^1/_{24}$ à $^1/_{36}$. Undertiden udelader man baade Randsten og Bundlag og nøjes med 15—20 cm harpet Grus, som da udlægges i Vejkassen i flere Repriser, der tromles hver for sig. Under den sidste Del af Tromlingen, naar Bagharpningen paaføres, er det heldigt at vande Vejbanen.



Fig. 78. Grusvej.

Grusveje er, naar de er vel holdt, overordentlig jævne og behagelige at befare og ret holdbare for let Trafik, ogsaa af smaa Motorkøretøjer. Derimod køres de hurtig op under svær Færdsel, da Stenmaterialet ikke er skarpt nok til, at de enkelte Korn kan forkile sig mellem hinanden til et kompakt Lag af større Bæreevne og indre Sammenhæng. Hvor svær Færdsel af tungt læssede Vogne kan ventes, maa man derfor foretrække stenlagte Veje.

22. Skærveveje.

a. Materialet. Skærver eller Stenslag fremstilles ved Ituslaaning af større, naturlige eller kunstige Sten. Ituslaaningen kan ske for Haanden med Stenhammer eller ved Anvendelse af særlige Maskiner, *Stentyggere* (Fig. 79), der drives af Kraftmaskiner.

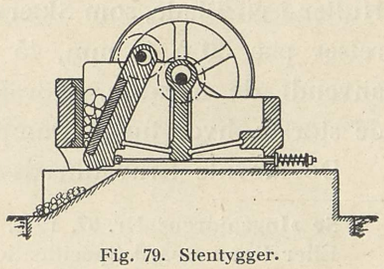


Fig. 79. Stentygger.

Til Befæstelse af Køreveje anvender man saa godt som udelukkende Skærver af haarde og slidfaste, naturlige Stenarter som f. Eks. Granit, Syenit, Porphyr, Basalt, Kvarts og Graawacke, af hvilke de to sidste nok er meget haarde, men desuagtet mindre gode, fordi det ved Knusning af dem dannede Materiale er for glasagtigt og daarligt bindende. Skærver af Kalksten, Sandsten og brændte Sten er for bløde, og Flint egner sig kun slet, dels fordi den ikke lader sig slaa til Skærver af regelmæssig Form, dels fordi den haarde, glasagtige Overflade vanskeliggør den Forkiling af Skærverne indbyrdes, der betinger Vejens Baning. Til Befæstelse af mindre stærkt befærdede Sideveje eller til Bundlag benytter man dog undertiden af Prisbillighedshensyn Blandingsskærver, der indeholder omtrent lige Dele Granit og Flint.

Iøvrigt maa man stille følgende Fordringer til gode Vejskærver, [1]) at de er skarpkantede, saaledes som de fremkommer af sig selv ved Udkløvning af større Kampesten, [2]) at de har nogenlunde samme Tværmaal i alle Retninger, saaledes at der navnlig ikke findes Fliser, Skaller eller Spidser, der under Komprimeringen knuses og lejrer sig mellem de regulære Skærver og hindrer disses Forkiling mellem hinanden. Af samme Grund maa de [3]) være rene, ikke blot fri for Jord og Snavs, men ogsaa for det Grus, der dannes ved Slaaningen. De bør endvidere [4]) saa vidt muligt alle være lige store, da smaa Skærver let knuses mellem de store og i det hele giver Anledning til en skadelig Uensartethed i Belægningen. De maa endelig [5]) have en passende Størrelse.

Smaa Skærver giver den mest jævne og behagelige Kørebane, men store Skærver giver langt den stærkeste og mest holdbare Vej, vel at mærke under Forudsætning af, at man disponerer over en tilstrækkelig tung Tromle til at komprimere dem; ellers naar Skærvelaget aldrig at blive fast. Kunsten bliver derfor som Regel at afpasse Skærvestørrelsen efter Tromletrykket. Skærvestørrelsen maales ved Diametrene af et Par Ringe eller Huller i en Plade, som Skærverne lige netop er i Stand til at passere*). Størrelser paa 30 à 45 mm, 45 à 60 mm og 60 à 75 mm er meget almindelig anvendt, de mindste, hvor Komprimeringen skal udføres ved Hestetromler, de største, hvor tunge Damptromler er til Raadighed.

De nævnte Krav tilfredsstilles som Regel bedre af haandslaaede end af

*) Se »Ingeniøren« Nr. 87, 1916. Forslag til Navn og Norm for Sten, Grus og Sand. Eller Road Board Specification Nr. 7. London 1915.

maskinslaaede Skærver, hvilke sidste gerne vil faa langstrakt eller flad Form og desuden stærkt varierende Størrelse. Det sidste raader man Bod paa ved Sortering med Vejharpe eller Sortertromle, helst hvad enten Skærverne er haand- eller maskinslaaede. Først frasorteres Skærvegrus eller Stensmuld, d. v. s. Materiale af under ca. 5 mm Kornstørrelse. Det er fortrinlig anvendeligt som Udfyldningsmateriale for den konsoliderede Vejbane og til Dækning af tjærebehandlede Vejes Overflade. Dernæst kommer Smaaskærver af forskellig Størrelse, der kan benyttes til Tjæremacadam og Asfaltmacadam (se Punkt 23) eller meget ofte som Skærvemateriale i Betonstøbninger, og endelig kommer Vejskærver af forskellige Dimensioner som foran beskrevet. Endnu større Stenstykker ituslaas for Haanden eller benyttes som Bundsten.

Her i Landet benytter man mest Rullesten til Fremstilling af Skærver. De samles paa Marken (Landsten) eller fiskes op ved Kysterne (Søsten). En Del Sten sejles ogsaa hertil fra Sverige. Landsten er de billigste, men Søsten giver de stærkeste Skærver, formentlig fordi skøre Sten i Tidens Løb er ødelagt af Isgang og Bølgeslag. Prisen for Rullesten er forskellig i de forskellige Egne af Landet; i 1914 kunde den ligge mellem 4 og 8 Kr. pr. m³ løst Maal. Stenslaget fylder løst henlagt og i sorteret Tilstand noget mere (15 à 20 %) end de raa Sten, da det lejrer sig med større Hulrumsprocent, men til Gengæld bliver, navnlig ved Maskinslaaning, en stor Del af Stenmassen knust til Stensmuld og Smaaskærver*). Prisen for Skærveslaaning var i 1914 ca. 4 Kr. pr. m³ Skærver ved Haandslaaning og godt og vel Halvdelen ved Maskinslaaning. 1 m³ Skærver kostede saaledes almindeligt 6—12 Kr.; i Egne, hvor Sten maa hentes langvejs fra, dog betydelig mere.

b. Macadamiserede Kørebaner befæstes med et enkelt Lag Skærver af ensartet Størrelse.

Ved Arbejdets Udførelse fremstilles først en passende dyb Vejkasse (Fig. 80) dels ved Udgravning i Planum, dels ved Oplægning af den udgravede Jord paa Sidebanerne paa ganske lignende Maade som beskrevet

---

*) Prof. A. Lütken har i sine Forelæsninger over Vejbygning (1898) angivet følgende Udbyttetal for en Stentygger. Ved Behandling af 1 m³ raa Sten med fast Stenmasse 59 % faas:

Store Skærver	0,31 à 0,18 m³	med fast	Stenmasse	54 %
Normale do.	0,59 à 0,69 -	—	—	52 %
Smaaskærver	0,10 à 0,13 -	—	—	47 %
Sand og Grus	0,15 à 0,17 -	—	—	45 %

for Grusveje. Derefter udføres om fornødent den i Punkt 18 nærmere beskrevne Dræning under Vejbanen ved Anlæg af Længdedræn eller Fladedræn med Stik til Grøfterne, og Vejkassens Bund komprimeres ved Stampning eller Tromling. Langs Siderne af Vejkassen kan opsættes raat udkløvede Randsten af 8—10 cm Bredde og 25—30 cm Højde til Sikkerhed mod, at Skærverne trykkes ud i Sidebanerne; men Erfaring viser, at de ikke er strengt nødvendige, og de udelades derfor ofte dels af Hensyn til den ikke uvæsentlige Besparelse, der opnaas, dels fordi Overgangen mellem Kørebane og Sidebaner bliver mindre brat, hvad der er en Behagelighed for Færdslen, navnlig hvor Sidebanerne befæstes med Grus som Sommervej. Derefter udlægges de løse Skærver enten for Haanden med Hjulbør og Skovl eller fra Vogne, der kan kippe, saa at Skærverne strømmer jævnt ud gennem en bred Slidse bagest i Vognfaddingen. Laget jævnes med Rive og kontrolleres med Skabelon, idet man tager i Betragtning, at de løse Skærver fylder ca. 1,5 Gange saa meget som det færdigvalsede Stenlag. Derefter komprimeres Skærvelaget ved Tromling. Ofte udlægges Skærverne i flere Repriser, i Lag af ca. 10 cm Tykkelse, der tromles hver for sig, men i saa Fald komprimeres kun det sidste fuldt ud, da det ellers kan komme til at skorte paa Forbindelse mellem Lagene.

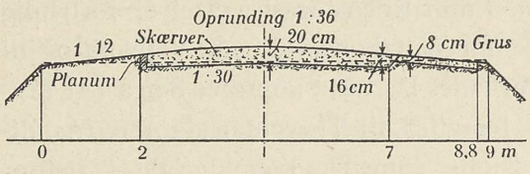


Fig. 80. Macadamiseret Vej.

Under Tromlingen fæstnes Stenlaget derved, at Skærverne forkiler sig imellem hinanden, og Hulrummene i Laget formindskes fra 45 à 55 % i det løse Skærvelag til 15 à 25 % i den komprimerede Bane, noget forskelligt efter Tromletrykkets Størrelse og Tromlingens Varighed. Det kan ikke undgaas, at enkelte Skærver knuses, og at Spidser og fremstaaende Kanter brydes af og bliver til Stensmuld, men det gør ikke større Skade, naar det saaledes afslidte Materiale blot er af skarp og bindende Beskaffenhed og ikke dannes i saa stor Mængde, at det helt udfylder Stenlagets Hulrum og derved hindrer en god Forkiling af Skærverne indbyrdes. Men en vis Varsomhed maa der altsaa udvises, hvorfor man navnlig ved Tromling af tynde Lag eller af Lag, der ligger paa Bundsten, der kan virke som Ambolte for Tromlens Stød, helst begynder med en let Tromle for senere at forøge dennes Vægt, efterhaanden som Baningen skrider frem.

Under Tromlingen kontrollerer man stadig Vejbanens Form, og hvor

det viser sig nødvendigt, udlægges Skærver til Efterfyldning. Tromlingen begynder bedst langs Vejkanterne og fortsættes derefter i Bælter ind imod Midten. Hvor længe Tromlingen skal fortsættes, maa for en Del bero paa et Skøn; men man maa dog altid forlange saa megen Fasthed i Laget, at enkelte Skærver, der lægges ud tilsidst oven paa Banen, ikke trykkes ned i denne, men knuses under Tromlens Vægt; i Praksis fastsættes gerne et vist Antal Gange, som Tromlen ialt skal passere hvert enkelt Punkt af Vejbanen, inden et Lag betragtes som færdigt (se Pag. 76).

Naar Tromlingen af det øverste Lag er saa vidt fremskredet, at der kun mangler $^1/_3$ à $^1/_4$ af det fastsatte Antal Omgange, begynder man at sprede Skærvegrus og Sandgrus ud over Vejen til Udfyldning af de sidste Hulrum i det komprimerede Stenlag. Gruset skylles ned ved rigelig Vanding, og et Lag Grus paa ca. 1 cm Tykkelse efterlades som et Dække til Beskyttelse af den friske Skærvebane, naar Vejen aabnes for Trafiken. Den fornødne Grusmængde kan anslaas til 20 % af det færdigvalsede Stenlags Volumen. Baningen gaar hurtigst og bedst for sig ved jævnlig Overbrusning under hele Tromlearbejdet, ogsaa inden Gruset spredes, men hvor Vand skal hentes langvejs fra, maa man indskrænke Forbruget og nøjes med at vande rigeligt tilsidst eller maaske afvente Regnvejr med den afsluttende Behandling.

Stenlagets Tykkelse afhænger af, hvor stor og hvor tung Trafik Vejen skal bære. Til Vejledning ved Bedømmelsen regner man ofte, at et Hjultryk forplanter sig gennem Skærvelaget efter en Friktionskegleflade, hvis halve Topvinkel er ca. 45°. Er Skærvelaget f. Eks. 20 cm tykt og et Vognhjuls Fælgbredde 10 cm, bliver det bærende Areal af Kassebunden $\pi \cdot 20^2 + 40 \cdot 10 = 1660$ cm²; regner man endvidere, at dette Areal gennemsnitlig tør belastes med ca. 1 kg/cm², bliver største tilladelige Hjultryk 1660 kg. I Virkeligheden kan en godt komprimeret og omhyggelig afvandet Vej som den nævnte nok bære noget mere; men da der ogsaa maa tages passende Hensyn til Afslidningen af Kørebanens Overflade, bliver hele Bestemmelsen dog til en vis Grad en Skønssag.

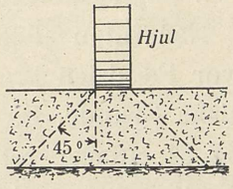


Fig. 81. Et Hjultryks Forplantning gennem et Skærvelag.

Macadamiserede Kørebaner bygges som Regel kun til let og middelsvær Trafik, og Stenlaget kan da passende vælges 15 à 20 cm tykt, ofte lidt tykkere paa Midten end ved Siderne. En saadan Befæstelse kunde før Verdens-

krigen udføres for 2,00 à 2,50 Kr. pr. m², eksklusive eventuelle Randsten, der kunde leveres og sættes for ca. 1 Kr. pr. løb. m af Vejen.

c. *Skærveveje med særligt Bundlag* udføres paa ganske lignende Maade som macadamiserede Veje og gaar i Praksis meget ofte under samme Betegnelse. De afviger fra disse ved, at det befæstende Stenlag er sammensat af 2 Dele, nemlig et Bundlag ofte af større og tarveligere Sten og et Dæklag af almindelige Granitskærver.

Bundlaget udførte man i ældre Tid som Paklag af raat udkløvede Kampesten, der blev anbragt for Haanden i Rækker tværs paa Vejen med den bredeste Flade nedad, omtrent som en omvendt Brolægning, og pakket med Stenfliser og Skærvegrus i Mellemrummene (Fig. 82). Dette Paklag var vel egnet til at fordele Færdslens Tryk og hindre, at Skærverne blev trykket ned i Vejkassens Bund; men Konstruktionen var omstændelig og kostbar, og Vejen blev tilmed haard at befare og derfor ogsaa udsat for stærkt Slid.

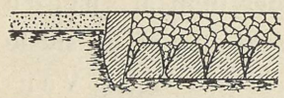


Fig. 82. Gammeldags Paklagskonstruktion.

I vore Dage har man Erfaring for, at Kassebundens Bæreevne meget godt kan blive tilstrækkelig stor ogsaa uden Paklag, naar Stenlagets Tykkelse afpasses efter Færdslen, og Kassebunden holdes passende tør. Dette sidste sikrer man sig dels ved fornøden Afgrøftning og Dræning af Vejlegemet (Punkt 18), dels ved omhyggelig Tromling og Grusning af Stenlaget, idet man herved kan opnaa, at Vejbanen bliver meget nær vandtæt. Paklagskonstruktionen har derfor nu om Stunder tabt sin Betydning.

Naar man alligevel ofte benytter et særligt Bundlag for Skærveveje, hvor Færdslen kræver et tykt Stenlag, saa sker det udelukkende af økonomiske Grunde. Da Trykket pr. Fladeenhed i Stenlaget, som det fremgaar af Fig. 81, aftager ret stærkt nedefter, kan man nemlig i Bunden uden Fare benytte et tarveligere og derfor billigere Stenmateriale, f. Eks. raa Flintknolde, Kalksten og Sandsten. Eller man kan i alle Tilfælde benytte større Stenstykker, (der kan leveres billigere, fordi Arbejdet ved deres Ituslaaning er mindre), idet det af samme Grund er uden større Betydning, at de ikke kan valses saa fast som de mindre Skærver i Dæklaget.

Dæklaget bør ikke gøres mindre end 10 cm tykt, dels fordi man ellers vanskelig kan faa fornøden Sammenhæng i Laget, dels fordi et tyndere Lag for let vil slides igennem af Færdslen. Bundlaget kan af rent praktiske Grunde heller ikke være tyndere end ca. 10 cm, og Delingen af et

Stenlag i Bundlag og Dæklag faar derfor først praktisk Betydning, naar den samlede Lagtykkelse skal være 20 cm eller derover. Ofte benytter man et 13 cm tykt Bundlag af Flintknolde med et 10 cm tykt Dæklag af Granitskærver, og en saadan Vejbefæstelse kunde i 1914 udføres for 2,50 à 3,00 Kr. pr. m² eksklusive Randsten.

Ved Arbejdets Udførelse udlægges Bundlaget først med Skovl og komprimeres ved Tromling under Tilsætning af Stenfliser og Skærvegrus til Udfyldning af Hulrummene; dernæst udlægges Dæklaget i fuld Tykkelse straks og komprimeres og gruses paa sædvanlig Maade.

Paa Veje, der fortrinsvis skal tjene en lettere Trafik, kan man med Fordel anvende et Bundlag af harpet Grus eller Slaggegrus, der bedst anbringes saaledes*), at det finere Materiale lægges nederst, hvor Trykket er mindst, det grovere foroven. Metoden finder naturlig Anvendelse i Tilfælde, hvor eksisterende Grusveje skal forstærkes ved Anbringelse af et Dæklag af Granitskærver**), men benyttes dog ogsaa meget ved Nybygninger. Paa Plan 1 er som Eksempel vist Profilet af en Villavej paa Frederiksberg, hvori Bundlaget er dannet af Slagger fra Forbrændingsanstalten. Et saadant Lag danner tillige et effektivt Fladedræn under Dæklaget.

d. Vejtromler. I gammel Tid benyttede man Vejtromler af Granit. De kunde veje indtil 4000 kg og blev trukket af 4 Heste; men deres Holdbarhed var kun ringe. Navnlig blev de under Brugen let slidt ovale.

I vore Dage bruger man Hestetromler af Støbejern (Fig. 83). De kan være 1 à 1,5 m brede og 1,5 à 2 m høje og er som Regel forsynet med tætte Endebunde, saaledes at deres indre Hulrum kan fyldes med Vand, hvorved Vægten inden for visse Grænser kan reguleres efter Ønske. Ofte kan en Tromle tom veje 4—5000 kg og i vandfyldt Tilstand 6—8000 kg, og Vægten pr. cm af Tromlens Bredde kan derefter være 40—60 kg.

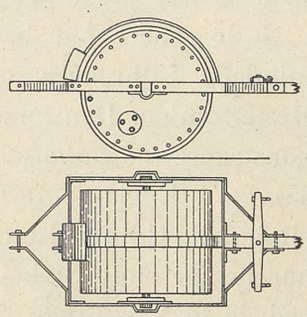


Fig. 83. Støbejernstromle for Hestekraft.

Da Hjultrykket for en svært læsset Vogn godt kan beløbe sig til 1000 kg

*) Ingeniørkaptajn Jensens Forslag. Se f. Eks. »Ingeniøren« 1910, Nr. 6, Foredrag af Prof. A. Lütken.

**) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1915, Nr. 23. S. Ellert: Tjæremacadam paa Veje i Ringkøbing Amt.

fordelt paa en Fælgbredde af 10 cm, d. v. s. 100 kg pr. cm*), ses det, at Komprimeringen med disse Støbejernstromler ikke kan drives saa vidt, at man faar Sikkerhed for, at svær Færdsel ikke i Vejens første Levetid danner Sporriller i det friske Lag. Det kan derfor være nødvendigt at regulere Færdslen ved Udlægning af Vejbukke (Fig. 84), ligesom man i den første Tid maa have sin Opmærksomhed henvendt paa straks at kunne udbedre eventuelle Huller eller Sporriller, som maatte vise sig.

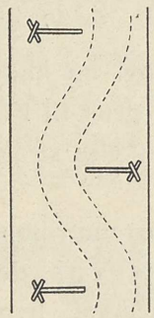


Fig. 84. Udlægning af Vejbukke til Fordeling af Færdslen over hele Kørebanens Bredde.

Paa nogenlunde vandret Vej kan Støbejernstromlen trækkes hen over et Skærvelag af 4 Heste med en Hastighed af knapt 1 m pr. Sek.; men der tabes Tid, hver Gang Forspandet skal skiftes, naar Tromlen vender, og Gennemsnitshastigheden bliver derfor næppe mere end 0,6 m pr. Sek. selv paa nogenlunde lange Arbejdsstrækninger. Man regner gerne, at der kræves 30 à 40 Passager af Tromlen over hvert Punkt af Vejbanen til passende Komprimering af et 10 cm tykt Lag Granitskærver og for større Lagtykkelser forøget Tromlearbejde i samme Forhold. I Praksis nøjes man vel ofte med mindre og overlader Resten af Baningen til Vognfærdslen, men man faar da ogsaa en mindre stærk Vej. I 1914 kunde Prisen for Tromling af en alm. ny Skærvevej kalkuleres til 15 à 25 Øre pr. m^2 af den færdige Vejbane.

I de senere Aar har Damptromler og Motortromler vundet almindelig Udbredelse og har navnlig i Nærheden af Byer helt fortrængt Hestetromlen. Den første Damptromle blev taget i Brug i Paris 1861 og var konstrueret af *Ballaison*. Senere fremkom i Frankrig *Gellerats* Tromle (Fig. 85) og i England *Aveling & Porters* Tromle (Fig. 86), der nu har vundet almindelig Udbredelse og efterbygges i de fleste Kulturlande. Gellerats Tromle har to lige store Støbejernsvalser, der hviler i forskydelige Aksellejer, hvorved de to Valser kan drejes saa meget i Forhold til hinanden, at den nødvendige Styring af Tromlen opnaas. Bevægelsen overføres fra Dampmaskinens Hovedaksel til Valserne ved Hjælp af Tandhjulsforbindelser. Tromlens samlede Vægt ligger som Regel mellem 20 og 30 t, der fordeles ligeligt paa de to Valser. Tromletrykket pr. cm af Valsens Bredde kan være 70 à 100 kg. Aveling & Porters Tromle har 4 Støbejernsvalser. Foran to smaa

*) Se Lov af 20. Marts 1918 om Motorkøretøjer, § 3.

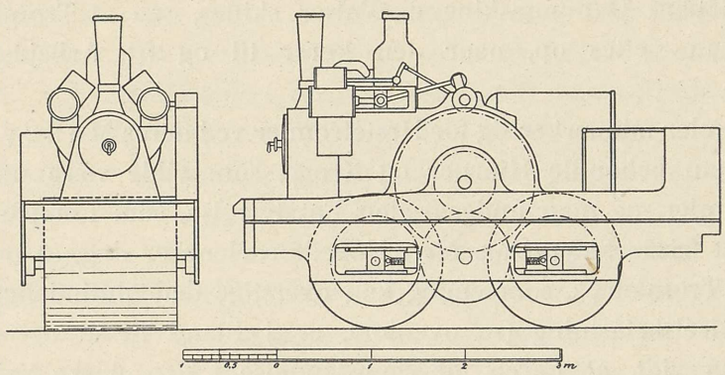


Fig. 85. 20 t Gellerats Damptromle.

Styrevalser, der løber Side om Side og er drejelige om et lodret Styr, bagtil to større Drivvalser, hvortil Bevægelsen overføres fra Dampmaskinens Hovedaksel. Tromlens samlede Vægt er som Regel mellem 12 og 18 t, af hvilke ca. $^1/_3$ ligger paa Styrevalserne og ca. $^2/_3$ paa Drivvalserne, en Fordeling, som foretrækkes, fordi man ved at lægge for stort Tryk paa de to Styrevalser, hvis Diameter er relativt ringe, let risikerer, at disse skyder det endnu løse Skærvelag foran sig som en Bølge, hvorved Komprimeringen væsentligt forringes. Tromletrykket pr. cm af Drivvalsernes Bredde kan være 90—120 kg, for Styrevalserne henved Halvdelen. Damptromlers Maskinkraft ligger normalt mellem 25 og 50 H. K., og de kan, naar Maskinen forceres noget, overvinde Stigninger paa indtil 1 : 7 paa banet Vej og 1 : 10 paa ubanet Skærvelag. Kørehastigheden under Arbejdet er knapt 1 m pr. Sek., og Gennemsnitshastigheden kan under Hensyn til Omstyringer og uundgaaelige Standsninger anslaas til ca. 0,8 m pr. Sek. Undertiden kan Udvekslings-

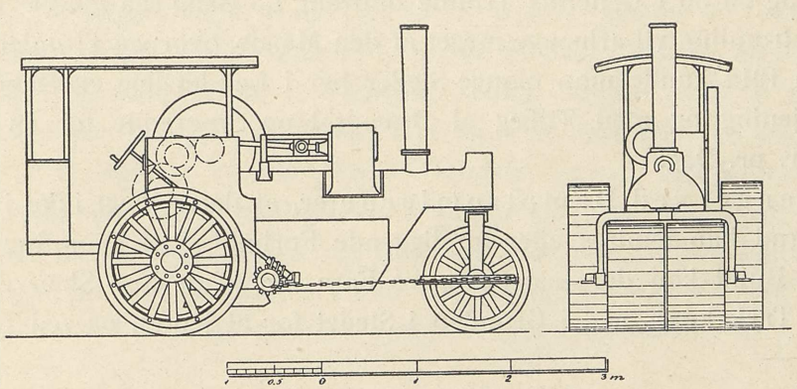


Fig. 86. 18 t Aveling & Porters Damptromle.

forholdet mellem Dampmaskine og Valser skiftes, saa at Tromlens Kørehastighed kan sættes op, naar den kører til og fra Arbejdsstedet paa banet Vej.

Damptromler udmærker sig for Hestetromler ved deres Manøvreringsevne; de kan behandle Hjørner og Kroge, som vilde være utilgængelige for Hestetromler, og man undgaar den Forstyrrelse, som Forspandets Hove bringer i det friske Skærvelag. Men Hovedfordelene er dog, at man i Kraft af det store Tromletryk, som endog kan overstige den almindeligt forekommende Færdselsbelastning (se ovenfor), er i Stand til at drive Komprimeringen saa vidt, at Faren for Spordannelse i den friske Vej er ringe, og at det er muligt at sammenvalse Stenlag, bestaaende af forholdsvis store Skærver (60—75 mm) af Granit eller endnu haardere Stenarter. Begge Omstændigheder virker i Forening til at forøge Vejens Bæreevne og Slidfasthed, og man mener at have Erfaring for, at Sliddet paa Skærveveje kan nedbringes med ca. 15 % ved Anvendelse af Damptromler i Stedet for Hestetromler*). Men det Tromlearbejde, der kræves for at opnaa denne Fasthed i Stenlaget, er til Gengæld stort, og Damptromling er derfor ikke saa meget hurtigere end Hestetromling, som man kunde antage, og sjældent synderlig billigere.

Ved Tromling med Damptromler behandler man som Regel ret tykke Stenlag, f. Eks. 15 cm eller mere, og Tromlen maa da passere hvert enkelt Punkt et stort Antal, ofte 50—100 Gange. Tromlens Arbejdsevne udtrykkes bedst ved Angivelse af, hvor mange m^3 af Skærvelaget der kan færdigvalses i en Time. En 18 t Tromle af Aveling & Porters Model vil f. Eks. kunne præstere et Valsearbejde svarende til 7—9 m^3 komprimerede Granitskærver i Timen og en 30 t Gellerats Tromle omtrent 1,5 Gang saa meget. Prisen for Damptromling vil afhænge meget af den Maade, hvorpaa Tromlen skaffes til Veje. I 1914 kunde man mange Steder her i Landet leje en Damptromle med Betjening og med Tillæg af Brændsel og Smøreolie for en Pris af 50—75 Kr. pr. Dag.

En Mangel ved Damptromlerne er, at deres Vægt ikke i nævneværdig Grad kan ændres efter foreliggende Forhold. Ved Tromling af Veje paa blød Bund kan der saaledes være Fare for, at de løse Skærver under det store Tryk køres ned i Grunden i Stedet for at banes, og ved Tromling

---

*) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1912, Nr. 40. R. Winkel: Landevejenes Vedligeholdelse.

af Kassebunden kan det ske, at Tromlen selv synker i og kører fast. I saadanne Tilfælde kan det blive nødvendigt at benytte lettere Hestetromler eller Motortromler, i hvert Tilfælde i Begyndelsen, indtil nogen Fasthed af Lagene er naaet. Dette i Forbindelse med Faren for, at for mange Skærver knuses under Baningen, er Aarsag til, at man i de senere Aar er ved at gaa noget bort fra Anvendelse af meget svære Damptromler.

Motortromler, der drives med Forbrændingsmotorer for flydende Brændsel som f. Eks. Petroleum, Benzin, Benzol o. a., stammer fra Amerika. De leveres som Regel i Størrelser mellem 3 og 7 t og kan ved passende Ballast bringes endnu et Par Tons op i Vægt. De bygges paa lignende Maade som Damptromler (Fig. 87) og anvendes med Fordel ved Tromling af lette Grusveje og Jordveje, ved Udførelse af Tjæremacadamisering o. l. og endelig

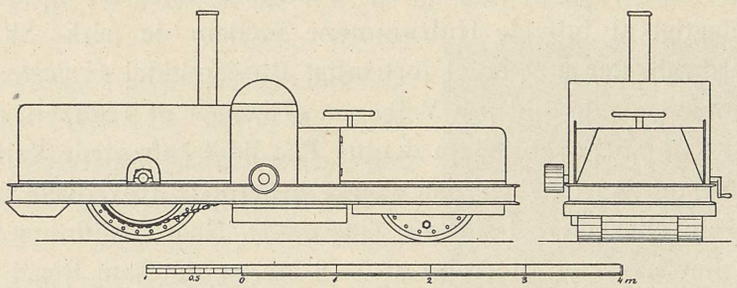


Fig. 87. 6—10 t »Svedala« Motortromle.

ofte ved Reparationer af en Vejbane*). I Størrelser over de nævnte har de hidtil hverken i Drift eller med Hensyn til Anskaffelsesudgifter kunnet konkurrere med Damptromlerne.

e. Skærvevejes Vedligeholdelse. Jo omhyggeligere en Skærvevej fra første Færd er bygget, og jo bedre den bliver passet, saaledes at indtrædende Beskadigelser straks bliver repareret, inden de faar Tid til at brede sig, desto lettere og billigere bliver Vedligeholdelsen. Denne maa iøvrigt først og fremmest gaa ud paa, at Vejens Overflade holdes tør, da enhver Udblødning af Vejlegemet svækker Vejens Modstandsevne. Hertil kræves, foruden at Vejbanens Form vedligeholdes som ovenfor nævnt, tillige at Vejen holdes ren, da al Slags Snavs og Gødning tilbageholder Fugtighed. Renholdelse kan ske ved Skrabning enten ved Haandskrabere eller ved Skrabemaskiner. De sidste trækkes gerne af Heste og bestaar af en Række

*) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1915, Hefte 2. Borup: Lette Tromler og Motordrift.

skraatstillede, fjedrende Skrabere, der lægger Vejsnavset af til Siden i en Stribe paa langs af Vejen. Vejsøle fjernes bedst ved Fejning med Koste eller med Fejemaskiner, der bestaar af roterende, valseformede Børster, der køres i skraa Stilling hen ad Vejen og lægger Snavset af paa lignende Maade som Skrabemaskiner. Et særligt Renholdelsesarbejde bestaar i Fjernelse af løse Skærver, der samles med Rive eller pilles op for Haanden.

Lokale Beskadigelser af en Skærvevej kan indtræde som Huller i Vejbanen eller som Sporriller. I begge Tilfælde udføres Udbedringen paa den Maade, at Vejen renses og ophakkes paa det beskadigede Sted, hvorefter friske Skærver paaføres og komprimeres under Vanding og Grusning. Ofte maa man ved saadanne Reparationsarbejder nøjes med en lille Tromle, fordi det er for omstændeligt og kostbart at fremskaffe Damptromle, og man kan da med Fordel benytte sig af mindre Skærver, ligesom det kan være fordelagtigt at udfylde Hulrummene mellem de friske Skærver med udblødt Vejskrab, der afgiver et fortrinligt Bindemiddel *(Vejbeton)*.

Det gennemgaaende Slid paa Vejbanen afhænger af Trafiken, men vokser dog knapt i samme Forhold som denne. Paa lidet befærdede Veje er Sliddet kun faa mm om Aaret, men paa stærkt befærdede Hovedveje kan det andrage 3—4 cm eller mere i samme Tidsrum*). Naar Afslidningen midt paa Kørebanen har naaet en Størrelse af 5—6 cm, er det som Regel nødvendigt at genoprette det oprindelige Profil ved Paaføring af et nyt Lag Skærver over hele Kørebanens Bredde. Men forinden denne Lagbelægning begyndes, maa den gamle Vejbane ophakkes, for at man kan opnaa passende Forbindelse mellem det gamle og det nye Stenlag. Dette kan enten ske for Haanden med Spidshakke, og man ophugger da bedst en Række Riller i Vejens Længderetning med 20—30 cm indbyrdes Afstand, eller ved Hjælp af en Maskinhakke (Fig. 88), der trækkes paa langs hen over Vejen af en Damptromle og river Stenlaget op med sine Staaltænder ligesom en Harve. Naar Vejen er hakket op, paaføres det ny Lag Skærver og komprimeres og gruses paa sædvanlig Maade. Prisen for en Lagbelægning kunde i 1914 anslaas til 1 à 1,50 Kr. pr. m².

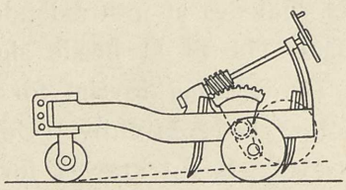


Fig. 88. Ophakningsapparat.

Overfladesliddet paa Skærveveje kan bringes væsentligt ned, naar man til

*) »Ingeniøren« 1912, Nr. 40. R. Winkel: Landevejenes Vedligeholdelse.

Stadighed holder Kørebanen dækket af et tyndt Lag Grus. Ved Forsøg, der er foretaget af Amtsvejinspektør *Winkel* paa en Strækning af Roskilde Landevej, viste det sig saaledes, at Sliddet kunde nedbringes med ca. 20 % ved Spredning af en Grusmængde paa 10 m^3 aarlig pr. 100 løb. m Vej. Men et saadant Gruslag vil til Gengæld let bidrage til at forøge Støvdannelsen under hurtig Trafik.

23. Støvfrie Skærveveje. I Stenlag paa almindelige Skærveveje opnaas Fastheden fornemlig ved Skærvernes indbyrdes Forkiling, medens Udfyldningsmaterialet i Virkeligheden kun er af svagt bindende Beskaffenhed. Den Fasthed, som opnaas, er da heller ikke større, end at Stenene under Indvirkning af tung Trafik stadig forskyder sig noget frem og tilbage i Forhold til hinanden, saaledes at der opstaar en vis indre Friktion i Laget, og denne giver atter Anledning til, at Skærverne i Tidens Løb mister deres skarpe Konturer og rundslides (Fig. 89). Herved forringes efterhaanden Sammenhængen i Stenlaget, men Vejen vil ikke desto mindre i lang Tid kunne udholde ret svær Færdsel, naar blot det saaledes afslidte Stenstøv faar Lov at blive liggende i Ro i Stenlagets Indre dér, hvor det er dannet. Alvorlige Vanskeligheder opstaar derimod i Tilfælde, hvor Vejen foruden svær Færdsel tillige skal kunne udholde Færdsel af hurtigløbende Motorkøretøjer. Erfaring viser nemlig, at der bag Gummiringene paa Motorkøretøjer, naar de er i Fart, opstaar en kraftig Sugning, der drager det fine Materiale (Sand, Grus og Smaasten) ud af Vejbanen og hvirvler det op i Luften som Støv. Men herved berøves Stenlaget efterhaanden ethvert Bindemiddel, og de rundslidte Skærver, der nu kommer til at ligge helt løse, rives let op af Færdslen. Der dannes paa denne Maade Huller i Vejbanen, og under Vognes rytmiske Svingninger slaas nye Huller i regelmæssige Afstande derfra. I Hullerne bliver Regnvand staaende og udbløder Grunden, og Vejens Ødelæggelse skrider derefter frem i Løbet af ganske kort Tid.

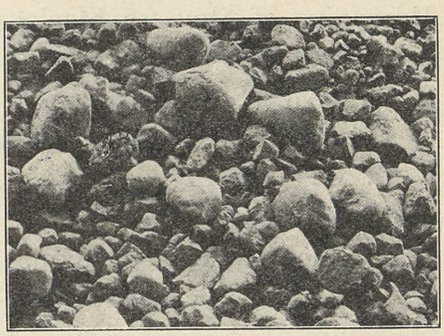


Fig. 89. Gamle Vejskærver.

Vejstøvet har altid i æstetisk og hygiejnisk Henseende været en Ulempe for de Vejfarende og for Beboere af Huse ved Vejen, og i vore Dage, hvor

Automobilfærdslen vinder Indpas paa saa godt som alle Veje, er det ved at blive en sand Plage. Men dette Vejstøv er altsaa som ovenfor beskrevet tilmed Udgangspunktet for de almindelige Skærvevejes fuldstændige Ødelæggelse, og det er derfor nu om Stunder et Hovedspørgsmaal for Vejbygningstekniken at finde Midler til Støvplagens Bekæmpelse.

Det simpleste Middel til Dæmpning af Vejstøv bestaar i at holde Vejoverfladen passende fugtig. Det kan ske ved Vanding eller ved Udspredning af hygroskopiske Stoffer som f. Eks. Klorkalcium eller Klormagnium, der er i Stand til at suge Fugtighed til sig fra Atmosfæren. Men Virkningen er i begge Tilfælde af meget begrænset Varighed, og Fremgangsmaaderne er kostbare*) og tilmed til Skade for Vejens Holdbarhed.

Rationelle Metoder til varig Dæmpning af Støvet fra Skærveveje maa gaa ud paa [1]) at gøre Vejoverfladen uigennemtrængelig, saa at Udsugning af Støv fra Stenlagets Indre undgaas, og [2]) i Forbindelse hermed at indføre et passende Bindemiddel, der kan forringe den indre Friktion i Skærvelaget.

Man kan herved paa forskellig Vis benytte sig af Tjære og Asfalt**).

a. Overtjæring.

Hertil kan benyttes almindelig Kultjære, der vindes som Biprodukt ved Tørdestillation af Stenkul.

Som Tjæren leveres i raa Tilstand fra Gasværker indeholder den dog forskellige Urenheder, der er skadelige ved dens Anvendelse som Vejbygningsmateriale, nemlig [1]) Vand, der bevirker, at Tjæren bliver blød og klæbrig i Varmen, og som desuden bl. a. indeholder Ammoniak og Karbol, der kan udvaskes under Regnskyl og gøre Skade for Plantevæksten i Vejens Nærhed, [2]) Naftalin, der fordamper i Sommervarmen og derved udbreder en ubehagelig, stikkende Lugt, samtidig med at den efterlader Hulrum i Tjæremassen, som bliver porøs og utæt, endvidere [3]) en Del lette Olier med Kogepunkt under ca. 225° C., der bevirker, at Tjæren bliver tynd og derfor ikke tilstrækkelig sejg og bindende. Endelig indeholder Tjæren altid [4]) et vist Kvantum frit Kulstof, der bliver tilbage som smaa Korn, naar Tjæren opløses f. Eks. i Svovlkulstof. Erfaring viser, at et Indhold paa mere end ca. 20 % af dette Kulstof er skadeligt, da Tjæren i saa Fald bliver skør,

*) Vanding af en ca. 6 m bred Vej kunde i 1914 kalkuleres til 5—600 Kr. pr. km i en Sæson, Spredning af hygroskopiske Salte til 6—800 Kr.

**) Se Teknisk Tidsskrift 1914. Kommuneingeniør H. V. Christensen: Støvfrie Veje.

mindre vandtæt og utilbøjelig til at trænge ned i Stenlagets Porer, ligesom man ogsaa mener, at det frie Kulstof giver Anledning til Dannelse af sort Støv paa Vejen.

Vandet kan fjernes fra Tjæren ved Centrifugering eller ved Behandling med brændt Kalk *(kalcineret Tjære)*. Bedre er det dog at koge Tjæren ved stigende Temperatur indtil ca. 225°, hvorved efterhaanden baade Vand, Naftalin og lette Olier gaar bort *(destilleret* eller rettere *inddampet Tjære)*. Indholdet af frit Kulstof maa kontrolleres ved Opløsning af en Prøve i Svovlkulstof eller med Tilnærmelse ved Maaling af Tjærens Vægtfylde, der varierer nogenlunde i Overensstemmelse dermed*).

Skal en Overtjæring give godt Resultat, maa Vejen, der skal behandles, være ren, tør og varm, ellers stivner Tjæren for tidligt og lægger sig oven paa Stenlaget som en løs Skorpe, der snart slides itu. Arbejdet kan derfor kun udføres i de varme Sommermaaneder og i Tørvejr, og Vejen maa forinden renses omhyggeligt med stive Koste eller Børster, indtil alt Støv er fjernet og Skærverne træder klart frem som en ren Mosaik i Vejbanen. Tjæren maa endvidere opvarmes til mindst 70 à 100° C. for at blive tilstrækkelig tyndflydende til at kunne trænge passende langt ned i Stenlagets fine Hulrum.

Opvarmningen kan foregaa i Gryder, hvorefter den varme Tjære gydes ud over Vejbanen med Tjærekander (Fig. 90) og jævnes ud med bløde Koste. Ved omfattende Arbejder benytter man sig med Fordel af Maskiner, der fremstilles i mangfoldige Konstruktioner. Fig. 91 viser Indretningen af en af de simplere. I større Maskiner opvarmes Tjæren i lukkede Kedler til 100 à 120° og sprøjtes under Tryk ud over Stenlaget gennem særlige Dyser, medens Maskinen køres frem paa langs ad Vejen. Den udsprøjtede Tjære kan jævnes med roterende Børstetromler.

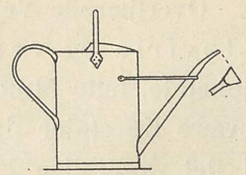


Fig. 90. Tjærekande.

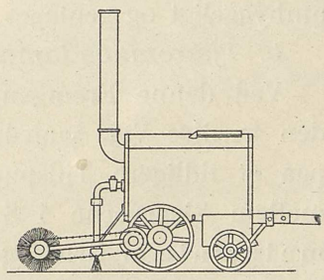


Fig. 91. Overtjæringsmaskine.

Efter en Overtjæring lades Vejen bedst i Ro i 6—12 Timer, for at Tjæren kan faa Tid til at trække ned imellem Skærverne, afkøles og stivne; derefter dækkes Overfladen med et tyndt Lag ca.

*) Tjæres Vægtfylde varierer sædvanlig mellem 1,10 og 1,30. Vægtfylden for en god Vejtjære skal ved 15° C. være ca. 1,19.

5 mm store Smaaskærver eller Skærvegrus, og Vejen kan da straks aabnes for Trafiken.

Paa nogenlunde stærkt trafikerede Veje maa Overtjæring helst finde Sted hvert Aar, det første Aar maaske endog 2 Gange for at faa Skærvelaget gennemtrængt med Tjære i passende Dybde, d. v. s. helst indtil 5 cm fra Overfladen. Til hver Overtjæring medgaar 1,0 à 1,5 kg Tjære og ca. 5 l Smaaskærver pr. m^2 af Vejbanen, ved den første Behandling noget mere end ved senere. Prisen kunde i 1914 anslaas til 8 à 12 Øre pr. m^2*).

Ved Overtjæring forøger man ikke Vejens Bæreevne direkte, da Behandlingen kun er overfladisk. Indirekte styrker det naturligvis Vejen, at Overfladen gøres vandtæt (se Punkt 22); men i Princippet maa man dog forlange, at Vejens Stenlag i Forvejen er stærkt nok til at kunne taale Trafiken; ellers nytter det ikke at overtjære. Ligeledes maa man forlange, at Vejens Overflade er regelmæssig uden Huller og fremstaaende Sten, da Tjærelaget ellers ikke holder under Færdslen. Overtjæringen bør derfor foregaa kort Tid efter, at Vejen er anlagt eller forsynet med en tilstrækkelig stærk ny Lagbelægning. Meget ofte vælger man at udføre Overtjæringen paa et Tidspunkt, hvor det nye Lag i 6—8 Uger har været udsat for almindelig Trafik og derved har faaet Tid til at fæstne sig godt, uden at Overfladens Regelmæssighed endnu er gaaet tabt.

Overtjærede Veje er meget behagelige at køre paa. De er praktisk talt støvfrie og vandtætte og taaler udmærket godt Færdsel af hurtigløbende, lette Motorvogne. Lastautomobiler, Motoromnibusser og lignende svære Køretøjer slaar derimod hurtigt Huller i Overfladen, hvorfor Metoden i det væsentlige kun egner sig for Veje med let Trafik. Sliddet paa et Skærvelag reduceres betydeligt ved Overtjæring, naar denne udføres omhyggeligt og gentages med passende Tids Mellemrum.

b. Tjæremacadamisering.

Ved denne Fremgangsmaade tilføres Tjæren ikke blot overfladisk paa den færdige Vej, saaledes som beskrevet i det foregaaende, men indføres paa et tidligere Tidspunkt i hele Stenlagets Tykkelse som Bindemiddel mellem Skærverne i Stedet for det sædvanlige Udfyldningsmateriale af Grus og Stensmuld.

Herved opnaas foruden Støvfrihed og Vandtæthed, at den indre Frik-

*) Prisen paa Tjære var i 1914 ca. 10 Kr. pr. Td. (à 180 l eller 215 kg). Senere er den steget meget betydeligt, paa et givet Tidspunkt lige indtil 50 Kr. pr. Td.

tion i Laget bliver forsvindende, idet Sten og Tjære tilsammen danner en næsten kompakt Masse.

Naar Befæstelsen udføres paa rette Maade af de rette Materialer, kan Vejbanen opnaa stor Fasthed og blive i Stand til at udholde Trafik af meget svær Art. Men man ser paa den anden Side talrige Eksempler paa, at mindre vel udførte Tjæremacadamiseringer i Løbet af kort Tid køres igennem eller faar dybe Huller. Det gælder saaledes ved denne Fremgangsmaade i høj Grad om at vise Omhu baade ved Valg af Materialer og ved Arbejdets Udførelse.

Først og fremmest gælder det om, at den Tjære, som anvendes, er af passende Kvalitet. Den maa kunne stivne rask omkring Skærverne og danne et passende haardt og sejgt Bindemiddel, der paa den ene Side ikke bliver blødt i Sommervarmen, saa at tunge Hjul skærer ned i Vejen, men paa den anden Side heller ikke sprødt i Kulden, saa at det knuses og smuldrer under Færdslen. Betingelserne herfor er af ganske lignende Art som de, der allerede er omtalt under Overtjæring, blot noget strængere. Tjæren maa saaledes absolut være vandfri og helst saa vidt befriet for lette Olier, at der ved en Destillationsprøve*) højst gaar 1 % over ved Temperaturer under 170° C., 12—18 % mellem 170° og 270°, 6—10 % mellem 270° og 300° og ialt 21—26 % mellem 170° og 300° C. Endelig maa Tjæren indeholde 12—22 % frit Kulstof.

Disse Krav faar man lettest og bedst tilfredsstillet ved at anvende inddampet Tjære. Ved visse Fremgangsmaader nøjes man af Bekostningshensyn med centrifugeret (vandfri) Tjære**), hvis Kvalitet da undertiden reguleres ved passende Tilsætning af Beg, tunge Olier o. a., men det vil i saa Fald være nødvendigt at lagre de tjærede Skærver under fri Himmel i længere Tid, ofte 3—4 Uger, for at let flygtige Olier kan faa Lejlighed til at dampe bort. Paa forskellige Fabriker tilberedes endelig helt kunstige Tjærekompositioner, som i det væsentlige er Blandinger af Beg og tunge Olier som Creosotolie, Antracenolie o. a.

---

*) »The Road Board«: General Directions and Specifications relating to the Tar Treatment of Roads. London 1918.

**) Paa Veje for lettere Trafik har man endog opnaaet gode Resultater ved Anvendelse af raa, ucentrifugeret Tjære, dog saaledes at der ved den afsluttende Overfladebehandling anvendes kogt Tjære. Se f. Eks. »Ingeniøren« 1915, Nr. 23, S. Ellert: Tjæremacadam paa Landeveje i Ringkøbing Amt; eller samme Tidsskrift 1912, Nr. 62, H. Schmidt: Tjæremacadamisering i Esbjerg.

Stenmaterialet er herhjemme saa godt som altid Granitskærver i Størrelser paa indtil 45—60 mm (Punkt 22). Men i Modsætning til, hvad der er Tilfælde for almindelige Skærveveje, ser man ved Tjæremacadam som Regel sin Fordel ved at anvende Skærver af forskellig Størrelse i passende indbyrdes Blanding, saaledes at smaa Skærver kan lejre sig i Hulrummene mellem de større og delvis udfylde dem. Herved opnaas for det første, at man kan faa Vejen tæt med et ikke alt for stort Tjæreforbrug, men dernæst ogsaa en Fasthed, som vanskelig vilde kunne opnaas i et Lag af lige store Skærver, selv om de forholdsvis store Hulrum blev helt udfyldt af den relativt svage Tjæremasse. Undertiden anvender man saaledes en Blanding af 50 mm og 20 mm Granitskærver i Forholdet 3:1 eller 2:1 og kan i saa Fald paaregne, at der medgaar 70—95 kg (60—80 l) Tjære til at give 1 m^3 Skærver et passende Overtræk.

Det tjærebehandlede Stenlag gives af Bekostningshensyn altid forholdsvis ringe Tykkelse, f. Eks. 8—10 cm (11—13 cm i ukomprimeret Tilstand) og udlægges som Dæklag oven paa et solidt Bundlag af utjærede Materialer. Dette sidste kan bygges som beskrevet i Punkt 22 af Sten og Grus, eller dannes af en allerede eksisterende Skærve- eller Grusvej, hvis Stenlag oprives, saaledes at der dannes en Vejkasse for det nye Lag. Er den gamle Vejs Stenlag ikke tykt nok eller solidt nok, maa der paaføres et nyt Lag friske Skærver, saaledes at man ender med at have et mindst 15—20 cm tykt, fast Bundlag at bygge paa, da det naturligvis vilde være daarlig Økonomi at udlægge et kostbart, tjæret Dæklag paa et for svagt Fundament. Bundlagets Overflade maa i alle Tilfælde afrettes omhyggeligt og komprimeres, inden Dæklaget kan anbringes. Men Komprimeringen bør ikke drives for vidt, da det i saa Fald let kommer til at skorte paa god Forbindelse mellem Bundlag og Dæklag.

Ved Fremstilling af Dæklaget kan man anvende talrige forskellige Fremgangsmaader, af hvilke her kun i Korthed skal nævnes tre, nemlig Alm. Tjæremacadamisering, Gladwellisering og Udgydningsmetoden.

1) *Almindelig Tjæremacadam* udføres af Granitskærver, som overtrækkes med Tjære, forinden de udlægges paa Vejbanen. Hvis Tjæren indeholder lette Olier, maa de som foran nævnt lagres i passende Tid, for at disse kan forflygtiges.

Skærvernes Overtrækning med Tjære kan ske ved Opblanding af

opvarmede og tørre Skærver med hed Tjære paa Blandebakker langs Vejkanten, hvor der da maa anlægges improviserede Ildsteder, dækkede af Fliser eller Plader, hvorpaa Skærverne efterhaanden kan henlægges til Varme. Ved større Arbejder kan man bruge Blandemaskiner (Fig. 92), der er konstrueret paa lignende Maade som alm. Betonblandemaskiner, eller store, transportable Maskiner, hvori baade Ophedningen af Skærver og Tjære og Opblandingen af disse indbyrdes foregaar mekanisk.

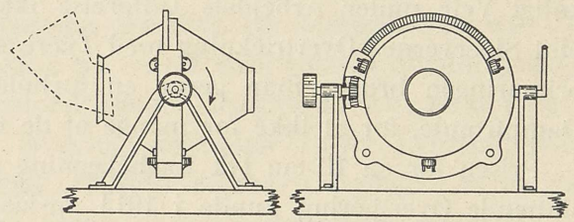
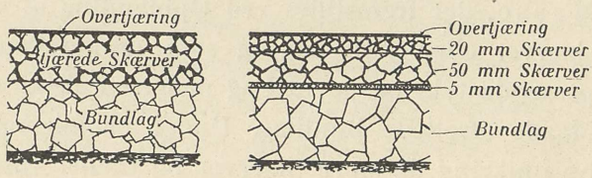


Fig. 92. Blandemaskine.

Endelig kan man vælge at købe tjæreovertrukne Skærver direkte fra en Skærvefabrik og transportere dem i færdig Tilstand til Arbejdsstedet.

De tjærede Skærver udlægges paa det omhyggeligt afrettede Bundlag og komprimeres. Fremgangsmaaden kan være noget forskellig, idet man enten kan udlægge en ensformig Blanding af tjærede Skærver af forskellig Størrelse, f. Eks. mellem 50 mm og 20 mm i fuld Lagtykkelse straks og komprimere dem under et (Fig. 93 a), eller dele Laget i to Dele, saaledes at man nederst udlægger et 5—7 cm tykt Lag, bestaaende af tjærede 50 mm Skærver, og komprimerer det for sig, og dernæst ovenpaa under fortsat Tromling udlægger et andet 3—5 cm tykt Lag af tjærede 20 mm Skærver (Fig. 93 b). I første Tilfælde tilstræber man en vis, ensartet Tæthed i hele Laget og løber an paa, at de smaa Skærver lejrer sig i Hulrummene mellem de store, i sidste Tilfælde faar man vel ikke Hulrummene helt fyldt i det underste Lag, men søger til Gengæld at opnaa Tæthed i det øverste Lag af smaa Skærver, hvis Hulrum naturligvis er de fineste og bedst udfyldes af Tjæremassen. Undertiden lægger man aller nederst, umiddelbart oven paa Vejens Bundlag et tyndt Lag tjærede 5 mm Skærver for at faa et godt Leje for de store Skærver, men det udelades lige saa ofte. I alle Tilfælde afslutter man Befæstelsen foroven med en Overtjæring af Vejbanen, saaledes som beskrevet foran under a), og dækker Overfladen med



a b

Fig. 93. Alm. Tjæremacadam.

et $^1/_2$ à 1 cm tykt Lag rene 5 à 7 mm Smaaskærver eller Skærvegrus, der tromles fast i Tjæremassen og danner et afsluttende Slidlag.

Ved alm. Tjæremacadamisering er man ikke slet saa afhængig af Vejret som ved et Overtjæringsarbejde, thi Erfaring viser, at selv nogen Regn og køligt Vejr under Arbejdets Udførelse ikke spiller afgørende Rolle, naar blot Skærvernes Overtrækning med Tjære er omhyggelig udført. Til Komprimeringen bruger man gerne en forholdsvis let Tromle, f. Eks. en 10 t Damptromle, for at ikke for mange af de mindre Skærver skal knuses.

Prisen for en 10 cm tyk Lagbelægning som den beskrevne inkl. den afsluttende Overtjæring kunde i 1914 anslaas til 1,75 à 2,25 Kr. pr. m^2; det er ca. 75 Øre mere pr. m^2 end en tilsvarende Lagbelægning af rene Granitskærver, og Varigheden er maaske den dobbelte.

Den færdige Vej har samme Fordele som en overtjæret Vej, men er stærkere og tættere.

2) *Gladwellisering* er Navnet paa en Metode, som er bragt i Anvendelse af en engelsk Ingeniør *Gladwell.*

Efter denne Metode udlægges et ca. 10 cm tykt Lag rene og tørre Granitskærver af ensartet Størrelse (45—60 mm) i en mørtellignende Masse, der fremstilles ved Opblanding af varm Tjære og 3—5 mm Smaaskærver eller Ærtesten, og som umiddelbart forinden er anbragt som et passende tykt og jævnt Lag nederst i Vejkassen, ovenpaa det paa sædvanlig Maade afrettede Bundlag. Under paafølgende Tromling presses Mørtellaget op omkring de store Skærver og træder tilsidst frem i Overfladen af Laget, som da i det væsentlige er tæt (Fig. 94). Efter at eventuelle bare Pletter i Stenlaget er dækket med mere Mørtel, overtjæres Vejen paa almindelig Vis, overstrøs med Smaaskærver eller Skærvegrus og kan aabnes for Trafiken.

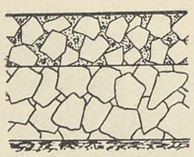


Fig. 94.
Gladwellisering.

Opblandingen af Smaaskærver med Tjære kan foregaa for Haanden paa Blandebakker eller i Blandemaskiner. Der anvendes 120 à 130 kg koghed Tjære pr. m^3 af Smaaskærverne, der som Regel ikke behøver at opvarmes kunstigt. Befæstelsens Udførelse kræver tørt og nogenlunde varmt Vejr, men de store Skærver kan da som Regel ogsaa udlægges uden kunstig Opvarmning. Mørtellaget maa udgøre godt $^1/_3$ af det færdige Stenlags Volumen, for at alle Hulrum i dette kan blive udfyldt, og Tjæreforbruget kan derefter anslaas til 40—50 kg pr. m^3 af det færdige Lag.

Tromlingen sker som ellers med en let Tromle, f. Eks. en 10—12 t Damptromle.

Prisen for den færdige Vejbane er ikke meget forskellig fra Prisen for en tilsvarende almindelig Tjæremacadam.

3) *Udgydningsmetoden.* Ved denne Metode udlægges Skærverne rene og tørre paa det omhyggeligt afrettede Bundlag og komprimeres med let Tromle, men uden Anvendelse af Grus eller andet Udfyldningsmateriale. Naar Overfladen er nogenlunde banet, udgydes koghed Tjære over Skærvelaget under fortsat Tromling, eventuelt i flere Repriser, indtil alle Hulrum i Stenlaget er udfyldt. Tilsidst dækkes Overfladen af et godt 1 cm tykt Lag Smaaskærver, der fæstnes i den varme Tjære ved endnu et Par Omgange af Tromlen. Arbejdet kan kun udføres i tørt og nogenlunde varmt Vejr, og Vejen bør ikke aabnes for Trafiken, før Tjæremassen er helt afkølet og stivnet.

Stenlaget kan bestaa af Skærver i blandet Størrelse mellem 50 mm og 20 mm. Den hede Tjære kan gydes ud ved Hjælp af Spande eller Kander; men ved større Arbejder benytter man ofte Maskiner, hvorved Tjæren først ophedes og dernæst pumpes ud paa Stenlaget gennem Trykledninger. Tjæren maa være af udmærket Kvalitet for at kunne hærdne til en passende fast Masse i Stenlagets ret store Hulrum, og man foretrækker derfor som Regel kunstigt tilberedte Tjærekompositioner, bestaaende af Beg og forskellige tunge Olier, eventuelt med Tilsætning af Sand *(Begmacadam)*, for alm. inddampet Tjære. I Tyskland har man enkelte Steder anvendt en Blanding af Tjære og Ler *(Kiton)* opslemmet i Vand.

Tjæreforbruget er forholdsvis stort, nemlig 250—350 kg pr. m^3 af det færdige Stenlag*), og Prisen for en 10 cm tyk Lagbelægning kunde i 1914 anslaas til 2,50 à 3,50 Kr. pr. m^2 af den færdige Vejbane, altsaa væsentlig mere end Prisen for en alm. Tjæremacadam.

c) *Asfaltmacadamisering* udføres paa ganske lignende Maade som Tjæremacadam, og de samme 3 principielt forskellige Metoder kan bringes i Anvendelse; Forskellen er blot, at Tjæren erstattes som Bindemiddel med en eller anden Asfaltkomposition.

Hvis denne er heldigt valgt, faas en meget stærk Lagbelægning, der endnu bedre end Tjæremacadam er i Stand til at taale stor og svær Trafik,

*) Hulrumsprocenten for et ca. 10 cm tykt Skærvelag kan ved Tromling med en 10 t Damptromle vanskeligt bringes længere ned end til 25—35 %.

og der opnaas saa stor indre Sammenhæng i Laget, at man tør reducere dettes Tykkelse til 7 à 8 cm. Asfaltmassen er imidlertid dyr, og Vejbelægningen bliver derfor alligevel ret kostbar.

Ved de Forsøg, der er anstillet her i Landet paa Veje med stor og svær Trafik, har man fortrinsvis benyttet Udgydningsmetoden*), da denne er lettest at praktisere. Man har anvendt 30—35 kg Asfalt**) pr. m² af en 7 cm tyk Lagbelægning, og de samlede Udgifter derved maa efter 1914 Priser kalkuleres til 3,50 à 4,00 Kr. pr. m² af den færdige Vejbane. Varigheden af en Lagbelægning kan maaske anslaas til 3 à 4 Gange Varigheden for en Lagbelægning af rene Skærver.

Asfaltmassen leveres paa Arbejdspladser i Nærheden af større Byer, hvor der findes Asfaltfabriker, direkte fra disse i flydende og hed Tilstand, færdig til Brug, i særlige Asfaltvogne. Til fjernere liggende Pladser sendes den som forskellige Blokke, der maa smeltes op paa Stedet i Gryder eller Kedler ved ca. 200° C. Massens Sammensætning kan være en Del forskellig, og den bliver gerne hemmeligholdt af de respektive Fabrikanter. I mange Tilfælde er det i det væsentlige en Blanding af Asfaltmastix og Goudron eller af Trinidad Asfalt og tunge Mineralolier†).

Om Asfaltblandinger i al Almindelighed skal i det følgende gives nogle Oplysninger.

Ved naturlig Asfalt forstaar man i Almindelighed visse bitumenholdige Kalksten, der brydes forskellige Steder i Europa, f. Eks. ved Limmer i Hannover, Vorwohle i Brunsvig, Lobsann i Elsas, Seyssel i Frankrig, Val de Travers i Schweitz og Ragnsa paa Sicilien. Disse Asfaltstens Sammensætning er noget forskellig, men deres Hovedbestanddele er kulsur Kalk og 8—12 % *Bitumen*.

En ganske anden Asfaltart findes paa Atlanterhavsøen Trinidad, hvor der i forhistoriske Tider har dannet sig en Asfaltsø af bitumenholdigt Dynd, der nu brydes under Navnet *Trinidad Asfalt*††) og indeholder ca. 40 % Bitumen foruden Lerjord, Vand og nogle Urenheder. Trinidad Asfalten renses

---

*) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1916, Nr. 19, H. V. Rygner: Asfaltmacadamisering i Lyngby; eller samme Tidsskrift 1916, Nr. 78, C. L. Jensen: Asfaltmacadamisering ved Udgydningsmetoden.

**) Asfaltblandingernes Vægtfylde ligger gerne mellem 1,8 og 1,9.

†) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1912, Hefte 18.

††) Graefe: Der Asfaltsee a. d. Insel Trinidad.

under Kogning, hvorved Lerjorden bundfældes, og Vandet fordamper, og den rensede Vare, der bestaar af temmelig ren Bitumen, gaar i Handelen under Navnet *Trinidad Epuré.*

Den rene Bitumen eller Jordbeg er et sort, harpiksagtigt Mineral, der antages at være dannet ved Inddampning og delvis Iltning af Jordolie (Raapetroleum). Det indeholder ca. 84 % Kulstof, smelter ved ca. 100° C. og dekomponeres ved ca. 270° C. under stærk Udvikling af Røg. Bitumen bruges saa godt som aldrig i ren Tilstand, men omsmeltes med 15—25 % tunge Mineralolier (ofte et Restprodukt *Massut* fra Petroleumsdestillationen), hvorved der vindes et lettere smelteligt, sort og begagtigt Stof, der forhandles i Fustager under Navnet *Goudron* og indeholder 60—70 % ren Bitumen. Goudron er et fuldstændig vandtæt og mod Kemikalier ret modstandsdygtigt Stof, der benyttes meget i Tekniken til Isoleringslag o. a., sædvanlig med passende Iblanding af Grus eller Sand.

De europæiske, naturlige Asfaltarter indeholder som nævnt forholdsvis lidt Bitumen. De falder ved nogen Opvarmning sammen til et fint Pulver, Asfaltmel, der anvendes i Vejbygningstekniken til Fremstilling af comprimé asfalt som nærmere beskrevet i Punkt 37. Derimod er de for vanskeligt smeltelige og lidet klæbrige (for »døde«) til at kunne udstøbes som Bindemiddel f. Eks. mellem Sten og Grus i en Vejbane.

Ved Sammensmeltning af Asfaltmel og en passende Mængde Goudron fremstilles paa Asfaltfabriker et mere »levende« Produkt, hvis Bitumenindhold er forøget til 16—18 %. Det udstøbes i Forme til saakaldte »Asfaltbrød« og gaar i Handelen under Navnet Asfaltmastix. De er forsynet med indstøbt Mærke, der angiver Asfaltens Brudsted.

Asfaltmastix er en mørkebrun, fast Masse af Vægtfylde ca. 2,1, der let slaas itu med Køller og viser et uregelmæssigt, grynet Brud. Den bliver blød allerede ved ca. 70° C., men først tyndflydende ved ca. 200° C. Asfaltmastix anvendes i Vejbygningstekniken i smeltet Tilstand og opblandet med Grus eller Smaaskærver til Udlægning af coulé asfalt som nærmere beskrevet i Punkt 37.

Hvor en mere letflydende Asfaltmasse ønskes, f. Eks. til Fremstilling af Asfaltmacadam som foran beskrevet, opblandes Mastixen med Goudron og tunge Mineralolier til Asfaltkompositioner, hvis nærmere Sammensætning dog som oftest hemmeligholdes.

24. Chaussebrolægning udføres af terningformede Chaussebrosten af Granit med en Sidelinie paa 8—10 cm. Stenene sættes for Haanden i Forbandt paa et solidt Fundament i et tyndt Lag Sand, Grus eller Mørtel (Fig. 95).

Fremgangsmaaden stammer fra Tyskland, hvor den er bragt i Anvendelse af Baurat *Gravenhorst* i Hannover under Navnet »Kleinpflaster«, og er hos os første Gang forsøgt i Begyndelsen af dette Aarhundrede paa en kort Strækning af Roskilde Landevej. Siden er Metoden anvendt paa flere af vore stærkest trafikerede Veje, og med de Erfaringer, som derefter foreligger*), kan man gaa ud fra, at Chaussebrolægning er den af de moderne Landevejsbefæstelser, som bedst er i Stand til at modstaa stor og svær Trafik af Motorkøretøjer, og at den i Slidfasthed mange Gange overgaar selv de bedst anlagte Skærveveje, idet en Belægnings Varighed selv under stærk Færdsel synes at kunne anslaas til 20 à 25 Aar.

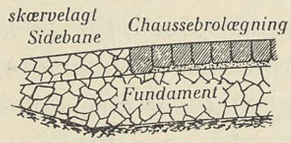


Fig. 95. Chaussebrolægning.

Fundamentet maa være stærkt, for at Dæklagets Styrke kan komme til sin Ret. Det kan bestaa af et ca. 15 cm tykt Lag Beton i Blandingsforhold f. Eks. som 1:4:7 eller et 20—25 cm tykt vel komprimeret og gruset Skærvelag. Hvor det drejer sig om Ombygning af en allerede eksisterende Skærvevej, kan Stenlaget paa denne benyttes som Fundament, hvis det er stærkt nok, og hvis man kan finde sig i, at Vejbanen bliver løftet Chaussebrolægningens Højde, d. v. s. ca. 13 cm. Men den gamle Vejbane maa først rives op, forsynes med en ny Lagbelægning af friske Skærver og tromles og gruses, indtil Overfladen er ensartet og stærk, og af Form nøjagtigt svarende til den færdige, brolagte Vej.

Paa det færdige Fundament udlægges et 3—4 cm tykt Lag Brolæggersand eller skarpt, godt bindende Grus, hvorefter Sætning af Chaussebrostenene kan begynde.

Chaussebrosten leveres os for Tiden fortrinsvis fra svenske Granitbrud, hvor de kløves ud af finkornet, stærk Granit ved Hjælp af særlige Kløvemaskiner, der er i Stand til at levere Stenene i meget ensartet Størrelse. De sættes i Gruslaget for Haanden af faglærte Arbejdere.

---

*) Se »Ingeniøren« 1912, Nr. 40. R. Winkel: Landevejenes Vedligeholdelse. Og samme Tidsskrift 1917, Nr. 11. H. V. Rygner: Vejbefæstelsesmetoder.

Herhjemme sætter man saa godt som altid Stenene i Forbandt, enten efter rette Linier under 45° med Vejens Længderetning eller efter Cirkelbuer, der skærer hinanden under 90° (Fig. 96). Det sidste Forbandt, Bueforbandtet, er ret pynteligt at se til, men har den Mangel, at Fugernes Tykkelse bliver lidt forskellig i forskellige Punkter af Tværsnittet, saafremt man ikke passer at anvende lidt større Chaussebrosten hen imod Midten af Buerne dér, hvor disse løber tværs paa Vejen og har den største indbyrdes Afstand.

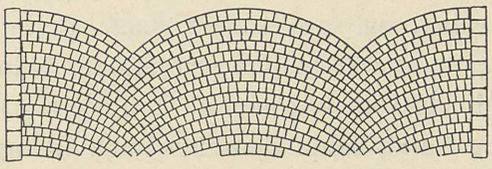


Fig. 96. Chaussebrolægning i Bueforbandt.

Til Begrænsning af Kørebanen kan opsættes raat tilhugne Randsten, der rækker et Stykke ned i Fundamentet. Ofte sætter man blot en Række lidt større, 12—14 cm høje Chaussebrosten langs Randene (Fig. 95), men disse maa da yderligere sikres ved, at Sidebanerne i en Bredde af mindst 1 m paa begge Sider befæstes med Skærver som almindelig Macadam. Herved opnaas tillige, at Overgangen mellem Sidebaner og Kørebane bliver mindre brat for de Vejfarende, hvad der her har særlig Betydning, fordi man af Bekostningshensyn ofte nøjes med at chaussebrolægge en forholdsvis smal Kørebane.

Naar Chaussebrostenene er sat, maa Gruslaget komprimeres, for at Kørebanen kan faa fornøden Fasthed. Det kan ske paa den Maade, at hver enkelt Sten stødes fast med et let Stempel, men som Regel foretrækker man dog at behandle hele Chaussebroens Overflade med Damptromle, idet man samtidig vander saa stærkt, at Gruslaget under Stenene gennemblødes. Derved opnaas, at Gruslaget bliver levende og forskyder sig under Tromlens Tryk fra de højest stillede og bedst understoppede Sten hen under lavere og svagere Partier, indtil hele Kørebanen opnaar en vis ensartet Fasthed.

En Chaussebrolægning, der sættes i Grus paa den beskrevne Maade, er hverken fuldstændig støvfri eller vandtæt, da Udfyldningsmaterialet mellem Stenene kun er af løs Beskaffenhed. Under svær Færdsel er Stenene tillige tilbøjelige til at rundslides noget i Toppen (Fig. 97), fordi de stadig rokker lidt frem og tilbage under Indvirkning af Færdslen, og Resultatet bliver

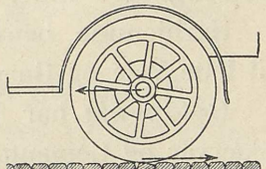


Fig. 97.
Rundslidte Chaussebrosten.

let, at noget af Kørebanens Jævnhed gaar tabt. For at modvirke disse Ulemper kan man udstøbe alle Fugerne med Asfalt eller Cementmørtel efter først at have kradset eventuelt tilstedeværende Udfyldningsmateriale mellem Stenene bort i 5—6 cm Dybde. Men en endnu bedre Bane faar man ved straks at sætte Stenene i Mørtel i Stedet for Sand. Man kan hertil anvende en Blanding af Tjære eller Asfalt og Grus, der udlægges paa Fundamentet paa lignende Maade som omtalt under Gladwellisering, og som senere, naar man tromler Broen, presses op i Fugerne og træder frem paa Overfladen. Man kan ogsaa sætte Stenene paa lignende Maade som ved engelsk Brolægning (Punkt 37) i en tør Blanding af Cement og Sand, støde dem fast med Stempel og tilsidst udbløde Mørtellaget ved Vanding og give det passende Tid til at hærdne. Men denne sidste Brolægning bliver lovlig haard og derfor mindre behagelig for de Vejfarende.

Chaussebrolægning er ikke saa lyddæmpende som f. Eks. Asfaltmacadam, men er paa Grund af Overfladens let ru Beskaffenhed, navnlig i fedtet Føre, vor Tids behageligste og sikreste Kørebane for Motorvogne. Prisen for en Chaussebrolægning sat i Grus kunde i 1914 anslaas til 4,50—5,00 Kr. pr. m² af den færdige Vej (eksklusive Fundamentet). Ved Sætning i tjæreblandet Grus og eventuel Efterfyldning af Fuger med Beg eller Asfalt kunde Prisen stige med godt og vel 1,00 Kr. pr. m².

25. Andre Vejbefæstelser.

Slaggeveje. Skærver af Højovnsslagge benyttes ved Vejbygningsarbejder i Industriegne i Stedet for Skærver af Granit, bl. a. til Tjæremacadam. Men den Slagge, der skal benyttes, maa være afkølet langsomt, da Massen ellers er for skør og glasagtig. Skærverne overtrækkes stundom med Tjære, inden de endnu er blevet kolde, da Tjæren i saa Fald binder særlig godt til dem, og Veje af dette Materiale (*Tarmac*) har i England holdt fortræffeligt selv under meget svær Færdsel.

Herhjemme benyttes almindelige Kedelslagger i Stedet for Grus til lette Veje og Gangstier, eller som Bundlag under lette Skærveveje.

Betonveje har fundet stor Udbredelse i Amerika*). De kan bygges af Skærver og Cementmørtel ved en Slags Gladwellisering (Punkt 23), men de kan ogsaa udstøbes paa mere almindelig Maade af tilberedt Skærvebeton eller Grusbeton. Paa Overfladen stryger man dem gerne med Tjære.

*) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1913, Nr. 12. J. Wulff: Amerikanske Betonveje.

Betonveje er haarde at køre paa og lidet elastiske, og de er tilbøjelige til at slaa Revner under Mørtelens Afbinding og ved indtrædende Temperaturvariationer. For at imødegaa dette sidste og for at kunne gøre det befæstende Betonlag tyndt, har man flere Steder forsynet Betonveje med en Armering af længde- og tværgaaende Rundjærn til Optagelse af Trækspændinger. Betonveje er forsøgt nogle faa Steder i København*), f. Eks. i Hindegade, hvor Belægningen har holdt sig ganske godt.

Klinkerveje benyttes i stenfattige Lande f. Eks. Nederlandene. De bygges af haardtbrændte Mursten, der sættes paa Højkant og i Forbandt paa et Fundament af Sand, der forinden er komprimeret ved Tromling. De er meget behagelige at køre paa, men taaler ikke godt svær Færdsel.

26. Sidebaners Befæstelse.

Sidebaner, der fortrinsvis skal benyttes som Oplagsplads for Materialer til Vejens Vedligeholdelse, faar som Regel slet ingen Befæstelse eller i hvert Tilfælde kun en let Grusning af Hensyn til Fodgængerfærdsel.

Sidebaner, der skal kunne benyttes som Sommerveje for let Vognfærdsel, befæstes derimod paa lignende Maade som alm. Grusveje med et ca. 8 cm tykt Lag renset Bakkegrus, der udlægges i en Vejkasse af tilsvarende Dybde og komprimeres ved Tromling. Langs Vejkanten lader man en Rabat af 0,2—0,3 m Bredde tilbage uden Befæstelse, for at den kan danne Indfatning for Gruslaget (Fig. 80).

Hvor man ønsker særlige Cyklestier, kan disse anlægges med en Bredde paa 1 à 2 m og befæstes med ca. 5 cm skarpt Grus eller knuste Slagger, der tromles og eventuelt overtjæres**).

Skal en Sidebane udelukkende tjene Fodgængerfærdslen, vil man som Regel løfte den 10—12 cm i Forhold til Kørebanen (Fig. 98), og det Trin, som derved fremkommer, kan da sikres paa passende Maade med Græstørv eller med en Række alm. Brosten, lagt paa Siden. Sjældnere bruger man Kantsten af Granit eller Beton, saaledes som nærmere beskrevet i Punkt 37 for Veje i Byer. Gangstier afrundes som Regel med Fald til begge Sider og

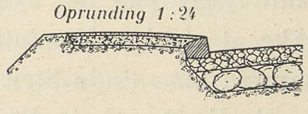


Fig. 98. Profil af en Gangsti.

*) »Ingeniøren« 1913, Nr. 42. V. Nohr: Kørebaner i København.
**) Se f. Eks. Den tekniske Forenings Tidsskrift 1915, Hefte 21.

befæstes med et 4—5 cm tykt Lag skarpt Grus eller knust og harpet Kedelslagge, der tromles med en Haandtromle af ca. 1000 kg Vægt.

Hvor Grunden er leret eller blød, kan der være Fare for, at Gruslaget i den vaade Aarstid æltes ned i Jorden, hvis Færdslen er livlig. Man anvender i saa Fald med Fordel et grovere Bundlag f. Eks. af Murstensskærver, der lægges ud i 6—8 cm Tykkelse og komprimeres med Haandtromle. Dæklaget kan bestaa af 3—4 cm Grus.

I Nærheden af større Byer anvendes iøvrigt finere Fortovsbelægninger af samme Art som de i Punkt 38 beskrevne.

27. Offentlige Gangstier anlægges ofte paa Landet som Kirke- eller Skolestier af de respektive Sognekommuner uden Tilknytning til nogen Kørevej. De følger saa godt som altid Terrænet uden større Afgravninger eller Paafyldninger og kan befæstes som beskrevet ovenfor, hvis man ikke af Bekostningshensyn foretrækker at nøjes med en let Grusning af den raa Jordoverflade.

Afvandingen kan volde Besvær, da det som Regel vil være for kostbart at indgrøfte dem. Bedst er det at løfte Stien en lille Smule over Terrænet og indfatte den med brolagte Rendestene, der afvandes i Dybdepunkterne til Grøfter eller Drænledninger.

c. Gennemløb under Veje.

28. Tværsnitsdimensioner og Bundkote. Hvor en Vejdæmning skærer tværs over et Dalstrøg eller en anden Sænkning i Terrænet, maa man som Regel paa det dybeste Punkt anlægge et Gennemløb under Vejen for ikke at afskære Vandafledningen fra det oven for liggende Terræn. Og det samme maa finde Sted ogsaa paa andre Steder, hvor Vejen skærer eksisterende Grøfter, hvis Dybde eller Vandføring er saa stor, at de ikke uden videre kan optages i Vejgrøfterne. Men ved Anlæg af saadanne Gennemløb er det af største Vigtighed, at Tværsnitsdimensioner og Bundkote bestemmes med fornøden Forudseenhed, saaledes at Anlæget ikke senere, ved eventuelle Vandstandsreguleringer oven for Vejen kommer til at danne en Hindring for effektiv og tilstrækkelig dyb Afvanding*).

*) Smlgn. Hedeselskabets Tidsskrift 1914, Nr. 4. K. Thalbitzer: Skal Afvandingsinteresser ikke respekteres ved Jernbaneanlæg?

Man maa derfor iagttage [1]) at vælge Bundkoten saaledes, at selv de dybest liggende Arealer, der skal kunne afvandes ved fri Afstrømning igennem Gennemløbet, faar Afvanding i en for Kultivering passende Dybde (d. e. ved Middelafstrømning 1,2—1,3 m for alm. Agerjord og noget mindre for Eng- og Mosejord), med tilbørligt Hensyn til det Fald, som medgaar i Grøfter og Samleledninger inden Gennemløbet, og [2]) at bestemme Tværsnitsdimensionerne saaledes, at der ikke ved Tøbrud under maksimal Afstrømning sker utilladelig stor Opstuvning foran Gennemløbet, saa at Jordens Udtørring oven for dette forsinkes. I kuperet Terræn med stærkt Fald imod Gennemløbet kan selv en stor Opstuvning taales uden Gene, men paa Fladland vil 5—10 cm ofte være et Maksimum, der ikke bør overskrides.

Opstuvningen foran Gennemløbet (Faldet paa Vandspejlet) kan beregnes efter de i Hydrodynamiken nærmere udviklede Formler*), idet Vandføringen fastsættes paa Grundlag af en Oplandsbestemmelse. Hertil benyttes et Oversigtskort, f. Eks. Generalstabens Maalebordsblade, med Højdekurver, der viser de naturlige Afstrømningsforhold. Man kan under vore klimatiske Forhold som Regel med tilstrækkelig Sikkerhed regne, at Afstrømningen under Tøbrud maksimalt svarer til 1 lit pr. Sek. pr. ha af det Opland, som afvandes til Gennemløbet, medens Middelafstrømningen udgør ca. $^1/_{10}$ deraf. Tværsnitsdimensionerne bør dog altid og navnlig for smaa Opland vælges meget rigelige under Hensyn til Faren for Tilstopning af Grene og Jord.

Gennemløb lægges som Regel med svagt Fald undertiden hel vandret, for at man ved Middelafstrømning kan udnytte det givne Terrænfald bedst muligt og faa den dybeste Afvanding oven for Gennemløbet.

Mindre Gennemløb for selve Vejgrøfterne maa bl. a. anlægges de fleste Steder, hvor Sideveje føres ind paa Hovedvejen. Saadanne Gennemløb gøres som Regel ikke til Genstand for nærmere Beregning, men anlægges uden videre i Flugt med Vejgrøftens Bund. Tværmaalet gøres ikke gerne mindre end 25—30 cm af Hensyn til Renholdelsen, som ellers bliver for besværlig.

29. Stenkister er Gennemløb, der sættes op af raa eller kløvede Kampesten i mere eller mindre regelmæssigt Forbandt, med eller uden Anvendelse af Mørtel. De har rektangulær, ofte kvadratisk Lysning med 30—60 cm Bredde

*) Se Forf.s Lærebog i Teknisk Mekanik, Punkt 90.

og bestaar af et Fundament af kløvede Sten eller alm. Brosten, sat i groft Sand eller Grus, to Vangemure af kløvede Sten med raa Stens Bagmur og en Række svære Overliggere, der danner Kistens Loft. For begge Ender, de saakaldte Stenkistehoveder, opføres Fløjmure, enten parallelt med Vejkanten (Fig. 99) eller vinkelret derpaa i umiddelbar Forlængelse af Vangemurene og da med aftagende Højde. Stenkistens Sider og Loft tætnes med fedt Ler, der pakkes omkring den i ca. $^1/_2$ m Tykkelse.

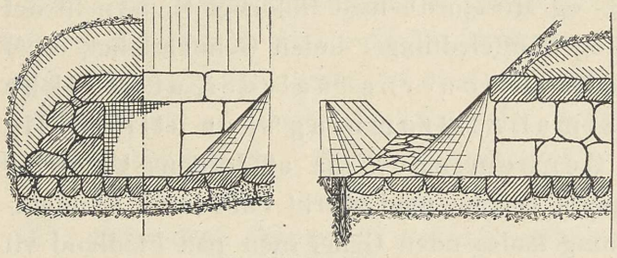


Fig. 99. Stenkiste.

Stenkister forekommer meget almindeligt ved eksisterende ældre Veje paa Landet baade som Hovedgennemløb og som mindre Overkørselskister for Vejgrøfterne. Men ved Nyanlæg i vore Dage er Konstruktionen helt forladt til Fordel for Rørgennemløb eller støbte Gennemløb, der kan anlægges langt billigere.

30. Rørgennemløb udføres i Almindelighed af saltglasserede Lerrør eller betonstøbte Mufferør. Rørene nedlægges med Mufferne vendt mod Vandstrømmen og samles med tjæret Hamp og Ler eller Cementmørtel i alt væsentligt paa samme Maade som beskrevet i Punkt 45 for Kloakledninger (se Plan 4 og 5). Betonrør er for Tiden væsentlig billigere end saltglasserede Lerrør og maa derfor som Regel foretrækkes; men de er mindre holdbare, navnlig paa Steder, hvor Vandet kan indeholde Syrer. Paa Mosearealer eller ved Afløb fra Mosearealer bør Betonrør saaledes slet ikke anvendes, da man i Praksis har mange Eksempler paa, at de i Løbet af faa Aar er blevet fuldstændig opløst af Humussyre.

Hvor Rørledninger skal lægges paa daarlig Grund, kan der være Fare for, at de enkelte Rør forskyder sig i Forhold til hinanden, idet Muffesamlingerne gaar i Stykker under uensartede Sætninger i Jordbunden. Man foretrækker da gerne falsede Betonrør (Fig. 100) og nedlægger disse saaledes, at der under hver Samling anbringes et Saddelstykke af Beton, der sikrer Rørene i deres indbyrdes Stilling.

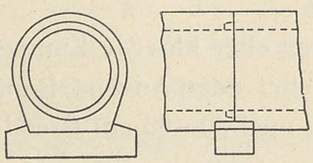


Fig. 100. Falsede Betonrør.

Paa helt blød Bund er denne Foranstaltning

undertiden ikke tilstrækkelig. Men man kan i saa Fald anvende Planker eller Tømmerstrøer, der lægges som et Slyngværk under Ledningen i dennes Længderetning (Fig. 101) for at sikre Sammenholdet mellem Rørstykkerne, selv om Ledningen som Helhed forskyder sig og følger med under Dæmningens Synkning. Derimod funderer man nødig et Gennemløb paa Pæleværk, da man saa næppe undgaar Revnedannelser i Dæmningen (se Punkt 12).

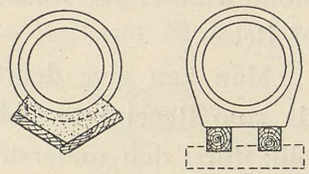


Fig. 101. Rørledninger paa blød Bund.

Hvis Ledningen er udsat for særlig stærk Belastning enten af store Jordtryk eller direkte fra Vognfærdsel paa Steder, hvor Ledningen ligger tæt under Vejbanen, benytter man med Fordel Monnierrør (Plan 5)*) eller sjældnere Støbejernsrør (Plan 3). Monnierrør er lettere end almindelige Betonrør og kan fremskaffes i væsentligt større Dimensioner. De støbes gerne uden Anvendelse af False eller Muffer, idet Samlingerne dækkes med Traadnet af Jern og omstøbes med en Vulst af Cementmørtel. Rørene kan sikres i deres indbyrdes Stilling ved Saddelstykker af Beton.

Hvor det Gennemstrømningsareal, der kræves, er større end Lysningsarealet af de i Handelen forekommende færdigstøbte Rør, kan man danne Gennemløbet af to eller flere Rør, der nedlægges ved Siden af hinanden. Men herved er der altid den Fare, at Vandstrømmen ved Sommervandføring paa Grund af smaa tilfældige Forskelligheder i Rørenes Beliggenhed fortrinsvis søger frem gennem et enkelt af Rørene, medens de andre gror til og ikke fungerer, naar Tøbrud engang indtræder.

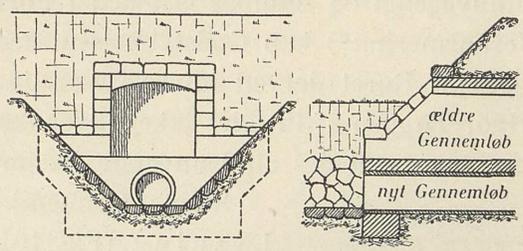


Fig. 102. Hjælpeledning under Bundlaget i en Bro.

I Tilfælde, hvor et eksisterende, større Gennemløb i sin Tid er anlagt med for høj Bundkote, har man, for at skaffe tilstrækkelig dyb Afvanding af Arealer ovenfor Gennemløbet, undertiden nedlagt en mindre Rørledning i mere passende Dybde lige ved Siden af og kun dimensioneret denne efter en Middelafstrømning. Under Tøbrud vil det gamle Gennemløb da midlertidig træde i Funktion igen, naar Vandet stuves op. Ved større Gennem-

*) Se ogsaa »Ingeniøren« 1919, Nr. 22. Forslag til Normer for Betonrør.

løb eller Broer, der ligger for højt, kan saadanne Hjælpeledninger undertiden nedlægges under selve Bundlaget i disse (Fig. 102).

31. Støbte Gennemløb. Hvor de i Handelen forekommende færdigstøbte Rør er for smaa, kan man anvende Gennemløb, der støbes paa Stedet af Beton.

Man kan give dem cirkulær, event. oval Lysning og støber dem da som Regel i to Dele mellem passende Forskallinger af Træ eller Jernblik, først den underste Halvdel og senere, naar Betonen i den er afbundet, den øverste Del (Fig. 103). Den indvendige Forskalling maa indrettes saaledes, at den let kan adskilles, og fjernes fra Enden af Røret, efterhaanden som Betonens Afbinding skrider frem. Til Støbningen kan anvendes Grusbeton i Blandingsforhold 1:2½ à 1:3, eventuelt med Tilsætning af lidt Smaaskærver eller Singels, og Godstykkelsen kan i saa Fald erfaringsmæssigt sættes til ⅛ à ⅙ af Lysningsdiametren, naar Betonen udstøbes omhyggeligt og stampes fast ned i Formen. Ved Anvendelse af en passende Jernarmering*) kan Godstykkelsen sædvanlig bringes ned til ca. det halve, ligesom Røret derved bliver væsentlig stærkere mod lokale Paavirkninger. Hvor Toppen af Profilet ikke bliver dækket af mindst 30 cm Dæmningsfyld, bør man saaledes altid anvende Jernarmering.

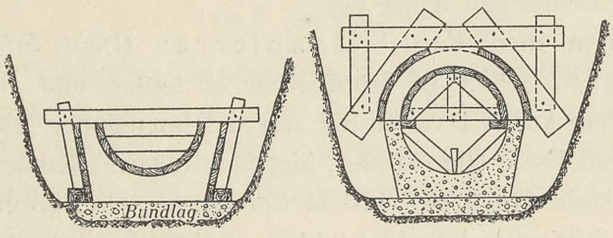


Fig. 103. Forskalling til et betonstøbt Gennemløb.

Støbte Gennemløb kan ogsaa have rektangulær Lysning (Fig. 104), eventuelt med hvælvet Loft (Fig. 105). De bestaar i saa Fald ligesom Stenkister af et Fundament, 2 Sidemure og et Loft, og de har fremfor cirkulære Gennemløb den Fordel, at Gennemstrømningsprofilet ved smaa Vanddybder er gunstigere.

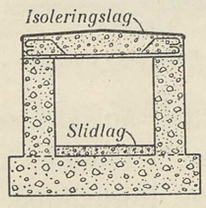


Fig. 104. Profil af Gennemløb med plant Loft.

Fundament og Sidemure kan støbes af Skærvebeton i Blandingsforhold 1:3:5 eller maaske 1:4:7, Hvælving eller Loftsplade af en mere mørtelrig Blanding, f. Eks. Grusbeton 1:3 eller Skærvebeton 1:2:3.

*) Becker og Feilberg: Simple Konstruktioner af armeret Beton, Pag. 75—76.

Fundamentet kan være gennemgaaende som paa Fig. 104 og forsynet med et Slidlag af Cementmørtel eller en Stenbeklædning, hvor det danner Bunden i Gennemløbet, eller ogsaa delt (Fig. 105) og støbt i Forbindelse med hver af Sidemurene.

Loftshvælvinger beregnes som nærmere udviklet i den tekniske Mekanik, og Sidemurene gøres saa svære, at de er i Stand til at optage de største Hvælvingstryk under Hensyn til de aktive Jordtryk, som optræder*). Hvor plane Loftsplader foretrækkes, maa disse forsynes med passende Jernarmering til Optagelse af Trækspændinger, hidrørende fra de bøjende Momenter**); men Sidemurene under saadanne Loftskonstruktioner kan til Gengæld være ret spinkle, da der ingen horizontale Hvælvingstryk optræder, men kun lodret rettede Reaktioner.

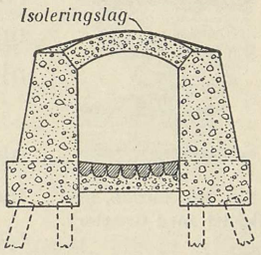


Fig. 105. Profil af Gennemløb med hvælvet Loft.

Støbte Gennemløb maa funderes omhyggeligt, da de ved indtrædende Synkninger i Grunden let slaar Revner og ødelægges. Paa mindre god Bund udstøbes for cirkulære Gennemløb med Profil som Fig. 103 et gennemgaaende Bundlag af mager Beton i 0,3—0,5 m Tykkelse, og det kan paa helt blød Bund yderligere blive nødvendigt at støtte dette paa to Pælerækker trods de Ulemper, som kan opstaa derved (se Punkt 12). Gennemløb med Profil som Fig. 104 kan undertiden med Fordel sikres ved, at Fundamentet bredes til begge Sider som en Fundamentsplade, der forsynes med fornøden Jernarmering til Optagelse af Trækspændinger; men paa helt blød Bund maa man ogsaa her foretrække Fundering paa Pæle. Ved Gennemløb af Profil som Fig. 105 maa paa blød Bund hvert af de to Fundamenter bæres af to Pælerækker, af hvilke den yderste gerne stilles skraat for at kunne optage det skraat rettede Hvælvingstryk.

Som Grundlag for kalkulatoriske Overslagsberegninger kunde man i 1914 regne Prisen for 1 m^3 Beton i færdigstøbt Tilstand inkl. Udgifter til Forskalling til 35—70 Kr. Den laveste Pris gælder mager Beton i raat formede Sidemure og Fundamenter, den højeste Pris fed Beton i Hvælvinger, Rørledninger og armerede Konstruktioner.

*) Se Forf.s Lærebog i Teknisk Mekanik, Punkt 72 og 73.
**) Becker og Feilberg: Simple Konstruktioner af armeret Beton, Eks. 2, Pag. 26.

32. Frontmure.

Smaa Rørledninger kan under primitive Forhold udmunde i Grøften ved Skraaningsfoden uden anden Sikring af denne end en Belægning med Græstørv paa Kant (Fig. 106).

Men hvor Talen er om større Rørledninger eller støbte Gennemløb, foretrækker man at sikre Gennemløbet for begge Ender ved Frontmure af Beton eller sjældnere af Granit eller brændte Sten, og disse Frontmure trækkes da gerne et Stykke ind i Dæmningsskraaningen, saaledes at Rørledningen forkortes noget.



Fig. 106. Indløb, beskyttet med Græstørv.

Hvor langt man vil rykke Frontmurene tilbage, bliver nærmest et økonomisk Spørgsmaal. Ved smaa, billige Rørledninger gælder det om at faa Frontmurene saa smaa som muligt, fordi de er dyre i Sammenligning med Røret. Ved store, kostbare Gennemløb er Forholdet omvendt. Der gælder det om at spare paa Ledningslængden, og man ser stundom sin Fordel ved at rykke Frontmurene helt ind til Vejkanten, skønt de derved bliver meget høje (se f. Eks. Gennemløbet for Harestrup Aa under Roskilde Landevej). Saadanne Gennemløb faar dog nærmest Karakteren af Viadukter og skal ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

I de fleste Tilfælde ønsker man at holde Frontmurene lave og kan i saa Fald placere dem som paa Fig. 107. Murens Overkant holdes mindst 20—25 cm over Rørets Top, for at Muren ikke skal have Tilbøjelighed til at slaa Revner paa dette Sted, og Muren funderes, hvis Grundens Beskaffenhed ikke kræver større Dybde, mindst 30—35 cm under Grøftebunden. Murens Bredde foroven gøres ikke mindre end 20—25 cm, og Middeltykkelsen holdes ca. $^1/_3$ af Højden. Hvor Grunden er mindre god, saa at en Udvaskning af Jord kan frygtes, maa Muren desuden sikres ved en Spundsvæg for Foden (Fig. 108). Betonmure pudses med Cementmørtel paa alle synlige Flader, og Oversiden kan enten afrettes i Flugt med Jordskraaningen eller holdes

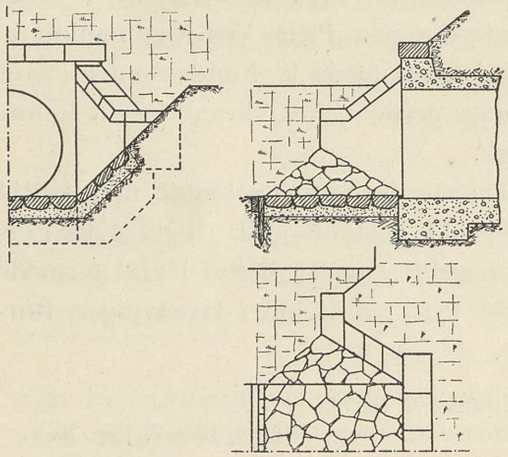


Fig. 107. Frontmur med Vinkelfløje.

omtrent vandret. Smukkest er det at forsyne Muren med en Række fremspringende Dæksten af behugget Granit.

Frontmure maa forsynes med Fløje til Indfatning af Dæmningsjorden. Disse udføres paa samme Maade og af lignende Profil som Frontmuren og kan enten være en direkte Fortsættelse af denne i Vejens Længderetning, Parallelfløje (Fig. 99 og 108), eller vise skraat ud under en eller anden Vinkel dermed, Vinkelfløje (Fig. 107). I begge Tilfælde fortsættes Fløjene, til de træffer de planmæssige Skæringslinier mellem Dæmningsskraaningen og de tilstødende Grøfteskraaninger.

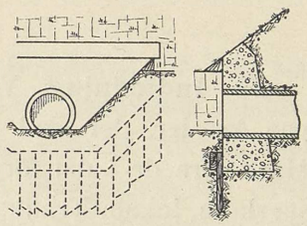


Fig. 108. Frontmur med Parallelfløje.

Vinkelfløjmure samler Vandstrømmen bedst og leder den paa en hensigtsmæssig Maade henimod Gennemløbet. De er tillige noget billigere end tilsvarende Parallelfløjmure, da de som Følge af deres aftagende Højde rummer noget mindre Materiale. Derimod falder Tilslutningen til Vejgrøfternes Skraaninger, hvor saadanne findes, ofte lettere ved Parallelfløjmure.

Detaillerne ved Fløje og deres Tilslutning til Skraaninger og Jordkegler maa klares paa en Tegning (Fig. 107). Ved Konstruktionen gaar man bedst ud fra det vandrette Billede, hvor Fløjene tegnes ind under passende Vinkel, ofte 30—45° med Vandets Bevægelsesretning, og konstruerer efterhaanden tilsvarende lodrette Billeder.

Fløjene kan yderst ude, hvor de kun rækker et lille Stykke over Jorden, funderes noget mindre dybt end Frontmuren, hvis Grunden iøvrigt er af fast og god Beskaffenhed i denne Højde. Paa mindre god Grund maa de ligesom Frontmuren beskyttes med en Spundsvæg. Paa helt blød Bund kan det blive nødvendigt at fundere baade Frontmure og Fløje paa Pæleværk.

Ved kalkulatoriske Overslagsberegninger kunde man i 1914 sætte Prisen for færdigstøbt Beton i Frontmure og Fløje til 30—35 Kr. pr. m^3.

TREDIE KAPITEL. VEJE I BEBYGGEDE KVARTERER.

33. Indledning. Veje i bebyggede Kvarterer eller Veje, som anlægges paa Arealer, der skal udstykkes til Bebyggelse, adskiller sig paa forskellig Maade fra de i det foregaaende omtalte Veje paa Landet. Dels kræver den stærkere lokale Trafik i bebyggede Kvarterer saa godt som altid, at Vejene dér forsynes med to forhøjede Fortove for Fodgængere, et paa hver Side af Kørebanen. Dels kan man af Hensyn til Bebyggelsen paa begge Sider ikke godt udstyre Vejene med aabne Sidegrøfter, men maa indrette sig paa at afvande Vejarealet ved Hjælp af Rendestene, der samler Overfladevandet og leder det til et Kloaksystem.

Hvis Bebyggelsen langs Vejene er spredt og Trafiken ikke for stor, kan disse iøvrigt godt bibeholde en landlig Karakter og have en let Befæstelse, og Kvarteret faar i saa Fald Præg som en Villaby, Haveby, Arbejderby el. l. Hvis Bebyggelsen derimod er tæt, og Husene lægges paa Række med deres Facader helt ude i Vejkanten, er det landlige Præg tabt, og Vejene maa nærmest betegnes som Gader. Er Trafiken i disse nogenlunde stor, vil man som Regel af tekniske og hygiejniske Grunde foretrække brolagte eller asfalterede Kørebaner fremfor de lettere Vejbefæstelser, og Kvarteret faar i saa Fald ren købstadsmæssig Karakter.

Ved Anlæg af Veje eller Gader paa Arealer, der skal udstykkes til Bebyggelse, bliver Spørgsmaalet om Vejliniens Bestemmelse af særlig Art. Det drejer sig ved saadanne Anlæg som Regel ikke blot om at fastlægge en enkelt Vejlinie paa bedst mulige Maade, saaledes som beskrevet i Punkt 16, men om at planlægge et Net af Veje i indbyrdes Forbindelse og med Tilslutning til andre eksisterende og planlagte Vejanlæg. Og der bliver at iagttage, at dette Vejnet ikke blot i teknisk og økonomisk, men ogsaa i hygiejnisk og æstetisk Henseende kommer til at afgive de bedst mulige Betingelser for den fremtidige Bebyggelse under Hensyn til alle Udviklingsmuligheder. Men herved opstaar nye Opgaver, der ikke har fundet deres Behandling i det foregaaende.

Opgaver af denne Art bliver i Praksis meget ofte forsømt eller løst paa

ret tilfældig Maade uden Overblik og Forudseenhed. Men de Vejanlæg og Bebyggelser, der er opstaaet i saadanne Tilfælde, ikke mindst i vore Dage, hvor Udviklingen er hastig, har da ogsaa ofte været saa uheldige, at det har vakt Opmærksomhed mellem Sagkyndige, og det har givet Anledning til, at Spørgsmaalet om saadanne Anlægs rette Udførelse for Tiden er aktuelt i de fleste Lande*).

En stor Del af de mange Spørgsmaal, som har Betydning for Udarbejdelse af gode Vejplaner og Bebyggelsesplaner, falder imidlertid udenfor Rammerne for denne Fremstilling. Nogle er af ren æstetisk Art og maa gøres til Genstand for Drøftelse i Forbindelse med Spørgsmaal om Arkitektur, andre finder naturligt deres Behandling under Matrikulslæren. Det første gælder f. Eks. Spørgsmaal om den historiske Udvikling af bymæssige Bebyggelser og de kunstneriske Hensyn, der i forskellige Lande er hævdet ved Udarbejdelse af Bebyggelsesplaner, det sidste bl. a. Spørgsmaal om Inddeling af et Grundstykke i Parceller paa rette Maade og disses Afsætning i Marken. Fremdeles maa Spørgsmaal om Tilvejebringelse af det privatretlige Grundlag for Planers Gennemførelse, Dannelse af Parcelejerforeninger, Oprettelse af Servituter, Forholdet til kommunale Myndigheder o. a. i denne Forbindelse i det væsentlige staa hen.

Derimod skal der i det følgende gives en Oversigt over de vigtigste af de tekniske Forhold, der har Betydning for Anlæg af Veje eller Gader og for Udarbejdelse af Planen for en ny Bebyggelse.

34. Vejnettets Bestemmelse. Til en god Grundplan for et nyt Vejanlæg maa man bl. a. stille følgende almindelige Fordringer, der i alt væsentligt er gældende, hvad enten det nærmere beset er nye Veje eller nye Gader, det i første Omgang drejer sig om at anlægge.

1) Vejnettet maa ligge heldigt for Trafiken. Det gælder for det første den lokale Trafik, og man maa i saa Henseende forlange, at der er gode Forbindelseslinier uden for store Omveje mellem alle Ejendommene indbyrdes og mellem disse og saadanne Pladser som f. Eks. Jernbanestation, Sporvognsholdepladser, Forretningsbygninger, offentlige Bygninger, Sportspladser, Parker, Skove, Bade o. l., hvor mange Beboere jævnlig har Ærinde. Blinde Veje bør som Regel undgaas. Hvor en Vej, der iøvrigt

*) Se af dansk Litteratur f. Eks. Landsforeningen Bedre Byggeskik: Bebyggelsesplaner for Landkommuner. Udvalgsbetænkning af 1918.

ligger heldigt for Trafiken, nødvendigvis maa ende blindt, f. Eks. fordi den møder en alt for brat Terrænstigning, bør den afsluttes med en aaben Plads, hvorpaa Køretøjer kan vende, og mulig fortsættes med en Gangsti eller en Trappe. Gangstier kan i det hele taget, naar de anlægges som Genveje paa rette Steder, være til stor Lettelse for Fodgængertrafiken, ligesom de kan muliggøre Besparelser i Anlæget ved, at den samlede Længde af Køreveje indskrænkes. Hvor det lader sig gøre, undgaar man gerne at lægge Veje tværs paa stærke Stigninger i Terrænet.

Dernæst maa der tages Hensyn til den gennemgaaende Trafik, og Vejlinien for Hovedfærdselsaarer maa derfor for det første tilfredsstille samme Krav, som i sin Tid (Punkt 16) er fremsat for Veje paa Landet. Men undertiden maa man stille strengere Krav. Hvor Bygninger eller høje Bevoksninger bliver ført helt ud til Vejlinien (Fig. 109), maa man saaledes af Hensyn til at bevare en passende fri Udsigt (ca. 100 m fremefter) for hurtigløbende Motorkøretøjer*) ikke gerne anvende Vejkurver med Radier under et Par Hundrede Meter. Ved Vejskæringer bør man bryde Hjørnerne af som vist paa Fig. 121, for at de Vejfarende i Tide kan faa Øje paa tværgaaende Færdsel. Stærke Stigninger bør undgaas, og Hovedveje føres derfor paa stærkt hældende Terræn bedst nogenlunde efter Niveaukurvernes Retning. Sideveje, der løber ind paa en Hovedvej under meget spidse Vinkler, giver man gerne en let Kurve inden Sammenskæringen som vist paa Fig. 111. Og paa Steder, hvor flere Veje løber sammen i samme Punkt, anlægger man bedst en aaben Plads af passende Størrelse, saaledes at der opnaas gode Forbindelser mellem alle Færdselslinier (Fig. 112 og 113).

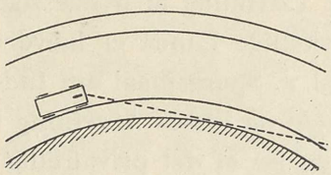


Fig. 109. Den frie Udsigt hindres i en skarp Kurve.

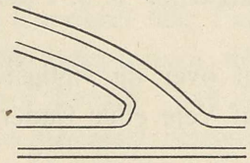


Fig. 111. Sidevej, som løber ind under meget spids Vinkel.

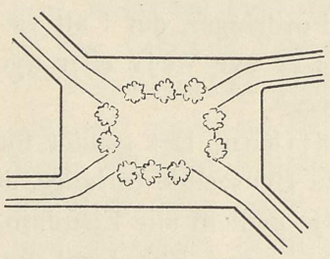


Fig. 112. Aaben Plads.

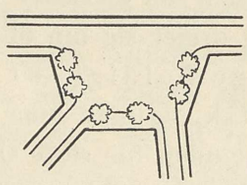


Fig. 113. Aaben Plads.

*) »Ingeniøren« 1918, Nr. 18 og 19. A. Bjerre og R. Winkel: Vejprofiler i bebyggede Kvarterer.

2) Vejnettet skal betinge en hensigtsmæssig Udparcellering af Arealet. Hertil kræves, at alle Parceller kan faa direkte Adgang til en Kørevej, og at Dybden af Grundstykkerne mellem de forskellige Veje er saadan, at Parceller af den for den paatænkte Bebyggelse normale Størrelse kan udlægges med passende Facadebredde, saa at Nabohuse ikke kommer for tæt paa hinanden. Den samlede Vejlængde maa herved af Bekostningshensyn holdes mindst mulig. Parcellerne skal endvidere have passende Form uden alt for spidse Vinkler og indadgaaende Hjørner, og de maa helst være lette at afsætte i Terrænet*). Grænser og Skel bør, hvor særlige Forhold ikke taler for andet, sammensættes af Cirkelbuer og rette Linier. De nærmere Enkeltheder vedrørende Grundstykkets Inddeling i Parceller og disses Afsætning i Marken henhører imidlertid under Matrikulslæren og skal ikke omtales her.

3) Vejnettet maa planlægges saaledes, at der er Mulighed for at opnaa en i æstetisk Henseende tilfredsstillende Helhedsvirkning af Bebyggelsen.

I saa Henseende er det naturligvis en Hovedsag, at Grundplanen for Vejnettet udarbejdes med en vis kunstnerisk Forstaaelse og navnlig tilpasses paa rette Maade efter den specielle Art af Bebyggelse, som man forventer; men det endelige Resultat vil i lige saa høj Grad være betinget af, at de Bygninger, der opføres paa de enkelte Parceller, baade med Hensyn til Beliggenhed paa Grundstykket og deres hele Udførelse i nogen Maade indordner sig under en bestemt forud fastlagt Plan. Det gælder ikke mindst saadanne offentlige Bygninger eller andre anseelige Bygninger, der naturligt anbringes som Indramning for Torve eller andre aabne Pladser eller som point de vue for Hovedveje. De kunstneriske Opgaver, som herved fremstiller sig til Løsning, skal imidlertid ikke behandles nærmere i denne Forbindelse.

4) Vejnettet maa tilfredsstille visse praktiske, hygiejniske Krav. Vejnettet maa derfor, selv om den Bebyggelse, der i Øjeblikket planlægges, er spredt, vælges saaledes, at der ved en eventuel fremtidig tæt og høj Bebyggelse kan blive fornøden Gadebredde og fornøden Afstand mellem Husrækkerne, og der maa udlægges passende Arealer som Torve, Parkanlæg, Sportspladser o. a., da saadanne Pladser med Tiden kan

---

*) A. Abendroth: Der Landmesser im Städtebau. Berlin 1909.

faa stor Betydning for Luftfornyelsen. Gadelinier med Facade stik mod Nord bør om muligt undgaas.

Dernæst maa man straks have Opmærksomheden henvendt paa, hvorledes der paa en i hygiejnisk Henseende betryggende Maade kan skaffes Afløb for Spildevand, og om fornødent maa der ved Vejplanens Udarbejdelse tages Hensyn til, at Kloakledninger kan faa en heldig Beliggenhed med en god Fordeling af det disponible Fald.

5) Endelig maa Vejnettet give god Tilslutning til Nabobebyggelser og byde gode Betingelser for fremtidige Udvidelser, hvor saadanne er mulige.

Disse forskellige Krav har man i Tidens Løb søgt at imødekomme paa højst forskellig Maade og med større eller mindre Forudseenhed. I mange Tilfælde er detaillerede Planer blevet udarbejdet, i andre Tilfælde har man nærmest ladet Tilfældet raade for, hvorledes en Bebyggelse efterhaanden bredte sig Stykke for Stykke*).

Hvor en Bebyggelse bliver til langs en eksisterende Hovedvej, et Vandløb, en Strandlinie el. l., vil Vejnettet eller Gadenettet ofte paa naturlig Maade udvikle sig i regulær Form som et Ruder, bestaaende af en Række Parallelveje med derpaa vinkelrette Tværveje (Fig. 114). Hvor Bebyggelsen derimod vokser ud fra et eller andet karakteristisk Centrum, f. Eks. en gammel Bykerne, en Station, en Havn el. l., vil Vejnettet snarere komme til at bestaa af et System af Radialveje, der straaler stjerneformigt ud i forskellige Retninger og forbindes med et tværgaaende System af Ringveje i stadig voksende Afstand fra Centrum (Fig. 115). I begge Tilfælde kan man se enkelte Karéer hist og her gennemskæres af Diagonalveje, der naturligt opstaar af Hensyn til Trafiken over længere Afstande henimod særlige Samlingspunkter.

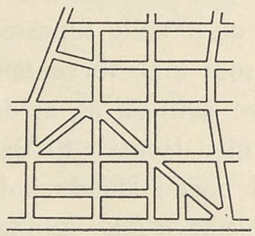


Fig. 114. Retvinklet Vejnet.

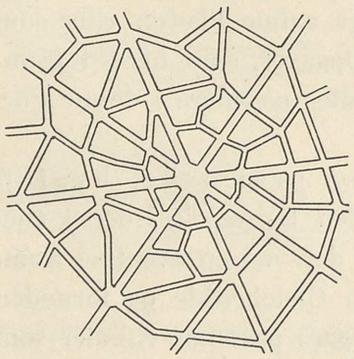


Fig. 115. Stjerneformigt Vejnet.

En saadan Regelmæssighed i Grundplanen kan være mere eller mindre stærkt fremtrædende

*) »Ingeniøren« 1919, Nr. 6. M. Frandsen: Gader og Veje samt Byplaner.
»Maanedsskrift for Sundhedspleje« 1917. A. Bjerre: Byplaner.

i eksisterende Bebyggelser, og undertiden kan den ganske mangle. Saaledes kan gamle Byer ofte have en helt uregelmæssig Grundplan, der nærmest synes at være blevet til i Tidens Løb paa rent tilfældig Maade.

Ved Planlægning af nye Kvarterer kan det ofte være en meget vanskelig Sag at fastslaa en god Grundplan. De regulære Grundplaner er som Regel at foretrække i teknisk Henseende, da de ligger heldigt for Trafiken; men de strenge geometriske Former kan paa den anden Side let falde kedsommelige ud. Navnlig i hastigt opvoksede, moderne Bykvarterer med middelmaadig eller slet Arkitektur har de ofte givet et frastødende, udtryksløst Gadebillede, og det maa indrømmes, at mange saadanne Bebyggelser i æstetisk Henseende staar langt tilbage for de maleriske Kvarterer, man kan træffe i gamle Bydele*) med mere uregelmæssig Grundplan.

Nogle Kunstnere og Teknikere mener, at den gamle Bys krumme Gader og ofte brudte Huslinier har afgørende Betydning for den maleriske Helhedsvirkning, og at man bør søge at skabe en lignende Afveksling i Grundplanen for nye Bebyggelser. Andre mener, at Hovedsagen i vore Dage maa være en god, arkitektonisk Behandling af Bebyggelsesplanen, men at Færdselslinierne bedst holdes regulære, saaledes som det er naturligt for Trafiken. En nærmere Redegørelse for saadanne forskellige Synspunkter skal dog ikke gives i denne Forbindelse.

I Villabyer eller Havebyer har man enkelte Steder, bl. a. i Tyskland, søgt at opnaa en vis landskabelig Skønhed ved at give alle Veje en let svungen Form med svage Kurver i Stedet for stive, rette Linier. Andre Steder, f. Eks. i engelske Havebyer, har man lagt Hovedvægten paa en kunstnerisk Tilpasning af Bebyggelsen efter Anlægets landlige Art og har iøvrigt søgt at gøre Vejbilledet livligt ved passende Plantninger paa Vejarealet, Anlæg af brede Græsrabatter, aabne Pladser o. l.,**) alt sammen under særligt Hensyn til stedlige Ejendommeligheder og givne Terrænforhold. Men heller ikke disse Enkeltheder skal drøftes nærmere i denne Forbindelse.

35. Længdeprofilet. Ved Konstruktion af Længdeprofilet for Veje i bebyggede Kvarterer gælder lignende Regler som de i Punkt 17 anførte

---

*) Schultze Naumburg: Kulturarbeiten. München 1904.

**) Raymond Unwin: Town planning in practice. London 1914.
»Arkitekten« 1912, Nr. 15—18. Holger Rasmussen: Moderne Byplanlægning og Boligreform i England.

for Veje paa Landet. Men visse nye Ejendommeligheder kommer til. For det første maa bemærkes, at Hensynet til at holde det med Vejanlæget forbundne Jordarbejde saa ringe som muligt træder noget i Baggrunden. Thi dels vil de Ulemper, der er forbundet med et mindre godt Længdeprofil, være særlig følelige i bebyggede Kvarterer med deres større Færdsel og bør undgaas selv for en høj Pris, dels vil de Udgifter, der betinges af Jordarbejdet, i de aller fleste Tilfælde være smaa, og derfor uden større Betydning, i Sammenligning med Udgifterne til den solide Vejbefæstelse, Kantsten, Kloaker etc. Specielt vil der i Reglen ikke være Tale om at opnaa Udligning mellem Afgravning og Paafyldning.

Den stærke og ofte svære Trafik paa Veje i bebyggede Kvarterer gør det fremdeles ønskeligt, at Stigninger holdes relativt smaa, helst en Del mindre, end hvad der er angivet som maksimale Stigninger for Veje paa Landet. Dette gælder særlig de bedst befæstede Veje og Gader, hvis ensartede og jævne Overflade i fedtet Føre eller ved Snefald let bliver saa glat, at Færdsel op ad Bakke er vanskelig. Ofte regner man, at følgende Stigninger ikke maa overskrides:

For alm. Macadam og for Træbrolægning . . . . . $^1/_{25}$—$^1/_{30}$
- Chaussebrolægning, overtjæret Macadam o. l. . . . . $^1/_{30}$—$^1/_{35}$
- alm. Stenbrolægning . . . . . $^1/_{35}$—$^1/_{40}$
- Engelsk Brolægning, Støbeasfalt, Asfaltmacadam o. l. . . . . $^1/_{40}$—$^1/_{50}$
- Presset Asfalt . . . . . $^1/_{50}$—$^1/_{60}$

Overgangsstigninger maa indlægges med største Omhu og med smaa Intervaller, da det uskønne i en diskontinuerlig Profilform fremhæves

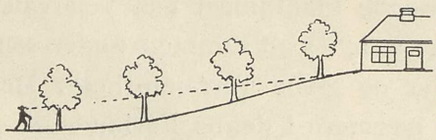


Fig. 116. Profil med opadvendende Konkavitet.

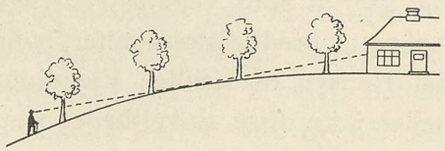


Fig. 117. Profil med nedadvendende Konkavitet.

stærkt af Kantsten og Fliserækker. Særlig for Veje, som tillige ligger i Kurve, er en harmonisk Profilform af dominerende Betydning for Vejbilledet. Et opad konkavt Profil (Fig. 116) virker som Regel mere tiltalende end et konvekst (Fig. 117). Et konkavt Profil muliggør nemlig et frit Overblik fremefter over Vejen og de Bygninger eller Plantninger, som indrammer den og

afslutter den, medens det konvekse Profil derimod begrænser Udsigten, fordi Vejbanens Tværprofil skyder op forrest i Billedet og behersker det. Paa Toppen af en Bakke kan konvekse Former paa Længdeprofilet ikke godt undgaas, men Overgangsstigningerne kan her gøres passende korte, saa at den nedre, konkave Del af Profilet bliver dominerende. Ofte kan man ogsaa ved at forgrene Vejen eller ved at indskyde et Knæk eller en Kurve (Fig. 118 og 119) maskere Bakkens Top og faa en Bygning eller en Plantning frem som point de vue paa Højdepunktet. Dette er dog ingenlunde altid nødvendigt for at faa et heldigt Resultat (se f. Eks. Frederiksberg Bakke fra Vesterbrogade).

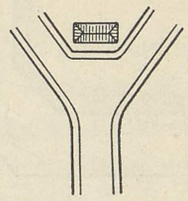


Fig. 118.
Forgrening af en Vej.

I Kvarterer, der skal bebygges tæt, lægger man bedst Gadenettet i nogen Paafyldning, fordi man saa, idet Bebyggelsen skrider frem, bekvemt kan blive af med den Jord, der vindes ved Udgravninger for Fundamenter og Kælderetager, til Opfyldning paa ubebyggede Gaardspladser, der skal hæves til Gadens Niveau. I Villabyer og Havebyer maa Veje derimod helst ligge i Afgravning, eventuelt lige i Terrænhøjde, men nødig i Paafyldning. Haver og Huse, der ligger lavere end Vejen, generes nemlig af Støv og Spektakel fra Vejen og af Indkig fra de Vejfarende, og Vejbilledet med de lavt liggende Bygninger bliver let trist. Langt mere tiltalende virker højtliggende Huse med Haver, der begrænses mod Vejen ved græsklædte Skraaninger eller Beklædningsmure og forbindes med denne ved Trappeanlæg og forsænkede Indkørsler. Hvor Veje anlægges paa Terræn med stærk Sidehældning, kan man vanskelig undgaa at lægge Vejen højere end Grundene paa den lave Side; men man kan i saa Fald anvende overskydende Fyld til at hæve Forhaverne paa disse Grunde op i passende Niveau (Fig. 120), medens Baghaverne maaske kan blive liggende og dækkes af Plantninger eller Mure.

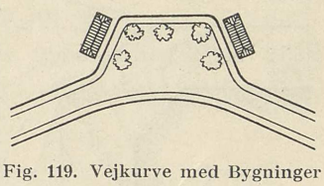


Fig. 119. Vejkurve med Bygninger som points de vue.

I Vejskæringer maa Længdeprofilet være Genstand for særlig Opmærksomhed. Hvis de to Veje, der skærer hinanden, begge har svagt Fald i Længderetningen, kan man føre deres

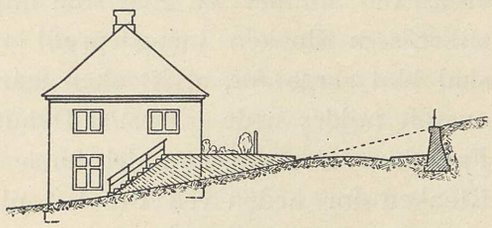


Fig. 120. Vej paa stærk Sidehældning.

Længdeprofiler igennem med uforandret Fald, idet man blot sørger for, at de to Vejmidter skærer hinanden i Niveau. Den aabne Plads i Vejskæringen faar i saa Fald Kuppelform med noget ensidigt Fald efter Diagonalsnittene, og smaa Forskelligheder i Vejkantens Højde for de to Veje forløbes langs de brudte eller afrundede Hjørner (Fig. 121). Men ved brede Gader eller Veje med stærkt Fald lader det sig ikke gøre, fordi Faldet langs Hjørnerne bliver for brat. Man indretter sig da hellere paa at gøre Vejenes Længdeprofiler terrasseformige med en vandret Strækning i Skæringspunktet og korte Overgangsstigninger til begge Sider. Er der Forskel paa de to Vejes Betydning, nøjes man ofte med at aftrappe Længdeprofilet for den mindst vigtige af dem, medens Hovedvejen føres igennem med uforandret Fald (Fig. 122).

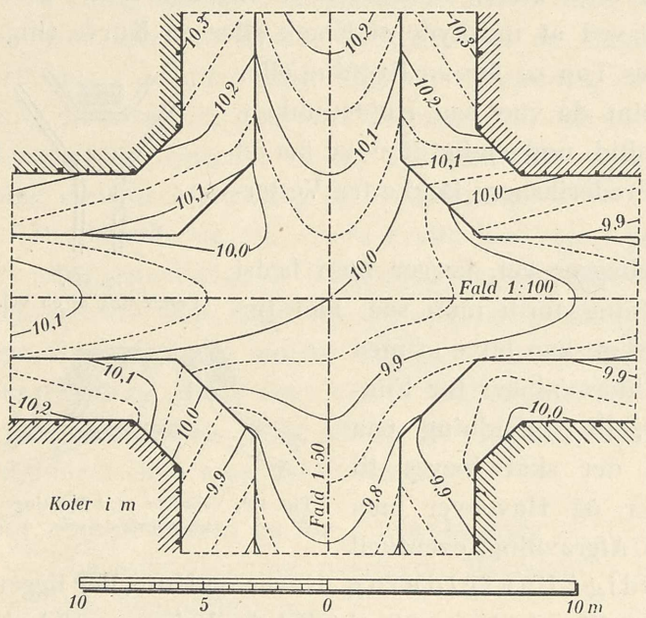


Fig. 121. Vejskæring.

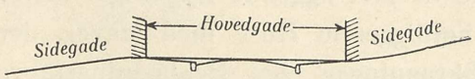


Fig. 122. Terrasseformigt Længdeprofil i en Vejskæring.

Ved Konstruktion af Længdeprofilet for Veje og ved Fastsættelse af Højdeforhold for en planlagt Bebyggelse i det hele taget maa man fremdeles tage Hensyn til, at der opnaas g o d e A f l ø b s f o r h o l d. Hvor Afløb etableres ved Hjælp af et Kloaksystem, og det er nu om Stunder saa godt som altid Tilfælde, er man for saa vidt heldigt stillet, som Kloakens Længdeprofil er nogenlunde uafhængigt af Vejens. Man skal blot sørge for, at Kloaken faar det nødvendige Fald, og at Ledningen overalt holdes nede i frostfri Dybde. Men paa Steder, hvor det disponible Fald kun er ringe, kan det første tit volde Vanskelighed. Enten kommer Kloaken for neden ved Udløbet til at ligge for dybt i Forhold til Recipienten, eller den kommer ved den øvre Ende til at ligge saa højt,

at Kældere og Dræn under Bygninger ikke kan afvandes. I den Anledning kan det blive nødvendigt at fylde passende op paa de laveste og fra Kloakens Udløb fjernest liggende Dele af Arealet for at gøre dem egnede til Bebyggelse, og det gælder da om at skaffe fornøden Fyld ved Afgravning andet Sted, eventuelt paa selve Vejarealet. Men en rettidig Undersøgelse af Muligheder i saa Henseende er af stor Betydning og kan influere baade paa Vejnettets og Længdeprofilets Bestemmelse.

Ved Bebyggelser paa lavtliggende og flade Arealer kan det af Hensyn til Kloakeringen blive en Nødvendighed at lægge største Delen af Vejnettet i Paafyldning, fordi man ellers ikke kan faa Vejarealet afvandet til Kloaken og holde denne nede i frostfri Dybde (se f. Eks. Villabyen Syd for Dragør). Men en tilfredsstillende Beliggenhed af Bygningerne i Forhold til Vejen kan i saa Fald ikke opnaas, medmindre hele Arealet fyldes op og Bygningerne lægges tilsvarende højt, hvad dog som Regel vil føre for vidt.

Hvor passende Kapital staar til Raadighed, kan man naturligvis altid gøre Kloaken uafhængig af Terrænets Højdeforhold ved Anlæg af Pumpestationer for Kloakvandet (se Punkt 55).

36. Tværprofilet.

1) *Vejbredden* maa for det første bestemmes med Henblik paa den Trafik, som Vejen skal bære, men dernæst ogsaa under Hensyn til hygiejniske Krav om Lys og Luft til de Bygninger, der opføres langs Vejen. I landlige Bebyggelser er Hensynet til Trafiken, i hvert Tilfælde i Begyndelsen, det afgørende, i tætte Bebyggelser er det ofte omvendt.

[1]) Hvad først Veje i landlige Bebyggelser angaar, gælder følgende almindelige Regler. En Kørebane kan (se Punkt 18) ikke godt være mindre end 5 m bred, hvis to svært læssede Vogne eller Flytteomnibusser skal kunne passere hinanden med et lille Spillerum. Og et Fortov bør ikke gøres smallere end 1,5 m, da to Fodgængere ellers ikke kan møde hinanden ugenert. For en Vej, der skal bestaa af Kørebane og to Fortove, bliver den mindste Bredde herefter 1,5 m + 5 m + 1,5 m = 8 m. For smaa Sideveje uden nævneværdig Trafik gaar man af Sparsommelighedshensyn undertiden lidt lavere ned, f. Eks. til 1,5 + 4 + 1,5 = 7 m eller endog til 1 + 4 + 1 = 6 m; men dette kan i Almindelighed ikke tilraades. Hvor man ønsker et frit og herskabeligt Udseende af Vejanlæget, gaar man hellere til den anden Side og vælger en Vejbredde af 2,5 + 5 + 2,5 = 10 m, eller, hvis man ønsker

Træplantning paa Fortovet, helst noget mere, f. Eks. 3 + 5 + 3 = 11 m. Veje med ét Fortov vil som Regel kun kunne gøre Fyldest under meget primitive Forhold.

Paa Veje med betydelig gennemgaaende Trafik maa Kørebanens Bredde sættes op til 6 à 7 m, og man kommer derved let til en samlet Vejbredde paa 12 à 14 m. Skal Vejen foruden Kørebane og to Fortove indeholde Cykle- og Ridesti, Spadsereveje med Allétræer el. l., kan den samlede Vejbredde blive meget betydelig, f. Eks. 18—20 m (Grøndalsvængets Allé paa Frederiksberg) eller endnu mere. Frederiksbergske Villaveje har ofte en Bredde af 2,5 + 7,5 + 2,5 = 12,5 m, hvilket giver Plads til en holdende Vognrække langs hver Side af Kørebanen, uden at Færdslen derved hindres. En saa bred Kørebane er imidlertid kostbar og som Regel ikke nødvendig for landlige Bebyggelser.

Vejbredden maa altid fastsættes med passende Forudseenhed, saaledes at man gør sig klart, hvilke rimelige Muligheder der er for en fremtidig Udvikling af Trafiken. Hvis man anlægger smalle Veje, bør man sørge for, at der fastsættes visse Byggelinier i passende Afstand fra Vejmidten, som ikke maa overskrides af Bebyggelsen, for at ikke Genbohuse skal komme for tæt paa hinanden, og for at man ikke senere ved eventuel høj og tæt Bebyggelse skal faa for smalle Gader. Ofte anlægger man af Bekostningshensyn i første Omgang kun smalle Kørebaner, men sikrer sig straks et saa bredt Vejareal, at passende Udvidelse kan finde Sted senere. De overskydende Strimler kan da foreløbig ligge hen som græsklædte Rabatter paa Vejen mellem Kørebane og Fortove eller uden for disse, eller man kan midlertidigt overlade dem til Afbenyttelse for Lodsejere langs Vejen, saa at de indgaar i deres Forhaver. I engelske og amerikanske Villabyer og Havebyer ynder man meget græsklædte og beplantede Rabatter paa Vejarealet.

[2]) I Kvarterer, hvor man kan vente tæt Bebyggelse af høje Rækkehuse, maa Gadebredden vælges i Forhold til Bebyggelsen langs Gaden, saaledes at der bliver rigelig Adgang for Solskin og Luft ogsaa til de nederste Beboelseslag. Det er nemlig af største Betydning i hygiejnisk Henseende, at dette Krav tilfredsstilles, og det bør hævdes ogsaa med Henblik paa en eventuel højere Bebyggelse i Fremtiden, saaledes at smalle og mørke Sidegader mellem høje Huse absolut undgaas. En Rettesnor ved Valg af nye Gaders Bredde har man i forskellige Love og Vedtægter.

I Byggeloven af 1858 for Købstæderne i Danmark foreskrives saaledes, at

ingen nye Gader og Veje maa udlægges med mindre Bredde end 10 m. Men i en Række særlige Byggevedtægter, der er stadfæstet for de fleste af vore Købstæder og for adskillige Stationsbyer og Landkommuner i Henhold til samme Lov og senere Love af 1876, 1894 og 1915 om Tilvejebringelse af Byggevedtægter, træffes Bestemmelser, hvorefter den mindste tilladelige Bredde sættes noget op. Saaledes foreskrives for Roskilde Købstad (efter en Byggevedtægt af Aar 1900) 12,5 m, for Nyborg (1901) 10—16 m efter Kommunalbestyrelsens Skøn i hvert enkelt Tilfælde, for Herning (1913) 12—16 m, for Grindsted Stationsby (1914) 12,5 m, for Asminderød-Grønholt Landkommune 11,5 m o. s. fr. Paa Frederiksberg foreskriver en Byggelov af 1890 en mindste Bredde af 20 m; i København kræver en Byggelov af 1889 18,83 m, en Grænse, der dog i særlige Tilfælde kan nedsættes til 15,69 m og inden for de gamle Volde endog til 12,55 m. I de fleste Vedtægter findes Bestemmelser om, at Veje i Villakvarterer kan udlægges med noget mindre Bredde paa Betingelse af, at alle Bygninger langs Vejen holdes saa langt fra Vejmidten, at en Udvidelse til fuld foreskreven Bredde kan finde Sted, naar Kommunen maatte ønske det og det dertil nødvendige Areal da afgives af Grundejerne uden Vederlag. Paa Frederiksberg kan Veje saaledes udlægges 12,5 m brede under denne Forudsætning.

Disse og lignende Bestemmelser angiver den mindste Gadebredde, man i givet Tilfælde kan vælge, men undertiden kan det være ønskeligt at gaa højere, hvad enten det nu er af Hensyn til en stor, gennemgaaende Trafik eller for at skabe Betingelser for en herskabelig Bebyggelse og udmærket gode Boligforhold. Hovedfærdselsgader i større Byer anlægges saaledes gerne med 20—25 m Bredde (Eksempel: Peder Bangsvejs Forlængelse 25 m) og brede Alléer og Boulevarder med 40—50 m Bredde eller endnu mere (Eksempel: Dalgas Boulevard 39 m, Frederiksberg Allé 42 m og Vestre Boulevard 50 m).

Gader, hvis Bredde kun er 20 m eller derunder, deles som Regel i Kørebane og to Fortove. Kørebanen kan optage ca. $^3/_5$ af hele Gadebredden og hvert af Fortovene ca. $^1/_5$. I rene Beboelsesgader, hvor Færdslen kun er ringe, gør man gerne Fortovene relativt bredere, medens man i smalle Færdselsgader omvendt maa indskrænke Fortovene for at skaffe tilstrækkelig bred Kørebane. Hvis man ønsker Træplantning paa Fortovene, maa disse være rigelig brede, helst 5 à 6 m, for at Træerne kan holdes saa langt fra Husrækken, at de ikke udelukker Lyset fra de nederste Beboelser. Brede Luksusgader og Boulevarder udstyres med flere Kørebaner

og mellemliggende Ride- og Cyklestier, beplantede Spadsereveje samt Fortove langs begge Husrækker.

2) *Profilets Form.* Veje og Gader i bebyggede Kvarterer profileres som Regel saaledes, at Afvandingen af Vejarealet sker til to Rendestene, der løber hver paa sin Side af Kørebanen paa Grænsen mellem denne og Fortovene (Fig. 123). I gamle Købstæder finder man endnu Gader med Rendesten i Midten og Fald fra begge Sider ned imod denne (Fig. 124), men saadanne Profiler anvendes ikke mere ved Nyanlæg.

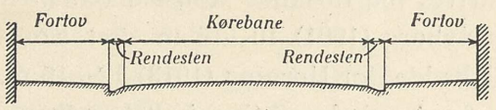


Fig. 123. Moderne Vejprofil.

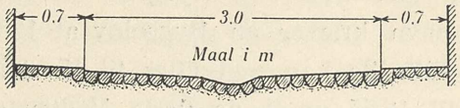


Fig. 124. Gammel Gade i Dragør.

K ø r e b a n e n gives som Regel dobbeltsidig Oprunding og formes efter en Parabelbue, saaledes som nærmere beskrevet i Punkt 18 for Veje paa Landet. Men i bebyggede Kvarterer, hvor Vejbefæstelsen som Regel er jævnere og bedre vedligeholdt, men derfor ogsaa glattere end paa Landet, og hvor Færdsel jævnlig maa foregaa helt ude i Kanten af Kørebanen, er det af særlig Vigtighed, at Sidefaldet ikke bliver for stort, da Vogne og Cykler i saa Fald let skrider ud i daarligt Føre. Man vælger derfor Oprundingen saa lille, som det er forsvarligt af Hensyn til Afvandingen. For alm. stenlagte Veje foretrækker man de mindste af de i Punkt 18 anførte Værdier, og for de bedre Befæstelser kan følgende Tal være passende:

For almindelig Brolægning paa Sandfundament . . . . . $^1/_{45}$—$^1/_{60}$
- Træbrolægning og engelsk Brolægning . . . . . $^1/_{60}$—$^1/_{80}$
- Støbeasfalt og presset Asfalt . . . . . $^1/_{70}$—$^1/_{100}$.

Men selv med disse svage Oprundinger bliver Sidefaldet for brolagte og asfalterede Kørebaner ofte generende i Nærheden af Rendestenene, hvis man former Kørebanen efter en enkelt Parabelbue (Fig. 63). Er Oprundingen f. Eks. 1 : 48, bliver det stærkeste Sidefald 1 : 12, og det er erfaringsmæssig allerede lovlig meget. Man vælger derfor undertiden et mere tagformigt Profil, f. Eks. et Profil som paa Fig. 125, bestaaende af to Parabelbuer, der skærer hinanden i

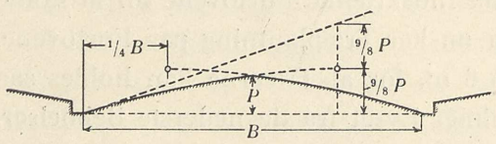


Fig. 125.

Vejmidten, men har deres Toppunkter liggende over Kørebanens Fjerdedelspunkter*). Sidefaldet langs Rendestenen bliver ved denne Profilform kun 3 Gange Oprundingen, i Eksemplet ovenfor altsaa 1:16, og man opnaar tilmed den Fordel, at Kørebanens Midte bliver bedre afvandet, fordi man undgaar det vanskelige Parti, hvor Tangenten er vandret.

Rendestene kan profileres paa højst forskellig Maade. Fig. 126 viser et Profil, som bestaar af en 15 cm bred, vandret Rendestensbund, der adskilles fra Fortovet ved et 6 à 15 cm højt Trin og forbindes med Kørebanen ved et 45 cm bredt Skraaplan, *Forbundtet*. Fig. 127 viser et andet Profil, hvori Forbundtet er faldet bort, saa at Kørebanen begynder umiddelbart ved Siden af Rendestensbunden. Fig. 128 viser endelig et ældre Profil med symmetrisk Form og spids Bund.

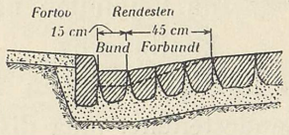


Fig. 126. Nyere Rendestensprofil.

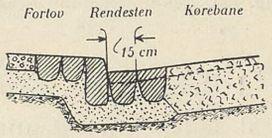


Fig. 127. Nyere Rendestensprofil.

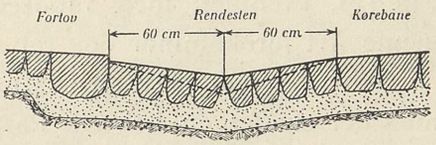


Fig. 128. Gammelt Rendestensprofil.

I Rendestenene anbringes paa passende Steder og med passende Mellemrum Nedløbsbrønde, hvori Overfladevandet fra Vejen samles for at ledes til Kloaken. Brøndene udføres gerne af Betonringe med Dimensioner som vist paa Plan 5; de er forsynet med en Slamgrube til Opsamling af grove Urenheder og dækkes af Smedejernsriste, der i Form svarer til Rendestensprofilet (Fig. 129).

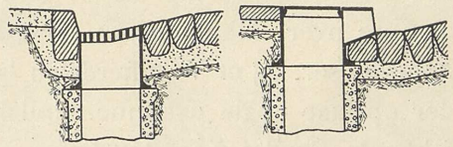


Fig. 129. Nedløb fra Rendestene.

Rendestenene maa have rigeligt Fald, erfaringsmæssig ikke under 1:200, ved meget omhyggelig Udførelse 1:300, hen imod Nedløbene, og disse kan da passende anbringes med en indbyrdes Afstand af 50—75 m; paa stærkere Fald kan man gaa til 100 m. Er Vejlinien vandret eller omtrent vandret, maa det nødvendige Fald paa Rendestenene tilvejebringes paa kunstig Maade, ved at man varierer Rendestensdybden fra Punkt til Punkt i Vejens Længderetning, og for ikke at faa for dybe Rendestene gør man da bedst Faldretningen skiftende, saaledes at Højdepunkter og Dybdepunkter stadig

*) Se »Ingeniøren« 1914, Nr. 86. Vilh. Nohr: Brolagte Kørebaners Tværsnit.

afveksler (Fig. 130). Men Rendestensdybden kan vanskelig varieres mere end 6—8 cm, da Trinet mod Fortovet ellers bliver for højt, og man nødes derfor til at have Nedløbsbrøndene temmelig tæt ved hinanden under saadanne Forhold, ofte med 20 à 30 m indbyrdes Afstand. Har man valgt et Rendestensprofil som Fig. 127, maa Kørebanens Oprunding tilmed variere fra Punkt til Punkt sammen med Rendestensdybden, da Vejmidten naturligvis maa løbe igennem kontinuerlig.

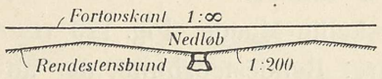


Fig. 130. Rendestensbund med skiftende Fald.

I Bebyggelser, hvor der intet Kloaksystem findes, og hvor Spildevandet skal ledes bort gennem Rendestenene, maa disse ofte være ret dybe for at faa det fornødne Fald. Man anvender i saa Fald bedst Profiler som paa Fig. 128, eventuelt med vandret Bund (se Fig. 131). Afledningsforhold af denne Art forekommer dog ret sjældent nu om Stunder.

Hvor der skal være Indkørsler til de enkelte Ejendomme langs Vejen, maa der skaffes en bekvem Passage for Vogne over Rendestenen. Det kan ske, ved at Rendestenen afbrydes af en Rampe, der fører fra Kørebanen ind paa Fortovet, men det vil da som Regel være nødvendigt, at der anbringes en Nedløbsbrønd lige ved Siden af Rampen paa den Side, der vender op imod Faldet, da Rendestenen ellers vil mangle Afløb. Man kan ogsaa indrette sig paa at sænke Fortovet og Kantstenen ved Indkørslen saa meget, at der kun bliver et Trin paa nogle faa cm tilbage for Vognene at køre over. Man opnaar derved, at Rendestenen kan føres igennem uden Afbrydelser, og at Vognfærdslen langs Vejen ikke generes af Ramperne, men der opstaar nogle uskønne, vindskæve Overgangsflader i Fortovet og et paafaldende Brud i Kantstenslinien ved hver Indkørsel. Undertiden har man i Ramper indlagt en Sten af Granit, hvori der er udhugget en Rille for Rendestensvandet. Man undgaar ogsaa paa den Maade at afbryde Rendestenens Løb, men Fremgangsmaaden er kostbar. Ved dybe Rendestene benytter man en Rendestenskiste, dækket af et Rendestensbrædt (Fig. 131).

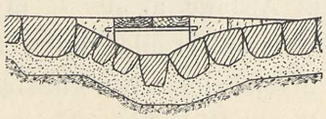


Fig. 131. Rendestenskiste.

Fortove gives som Regel et jævnt, ensidigt Fald af 1:20 à 1:35 fra Husrækken ud mod Rendestenen. Den stærkeste Hældning kan anvendes ved gruslagte Fortove, den svageste ved omhyggelig brolagte eller flisebelagte Fodgængerbaner, der snarere bliver glatte.

Brede Gader og Boulevarder med flere Kørebaner, Ridestier, Spadsereveje etc. forsynes med flere Rendestene, ofte i forskellig Højde, mellem hvilke Tværprofilet tildannes med Oprunding eller ensidigt Fald paa lignende Maade som foran omtalt.

Under særlige Omstændigheder ved vanskelige Terrænforhold kan det blive nødvendigt at anvende uregelmæssige Profiler med ensidigt Fald paa Kørebanen eller med Fortove, der ligger i et andet Niveau end Kørebanen og adskilles fra denne ved Beklædningsmure og solide Rækværker; men dette undgaas saa vidt muligt.

Paa Plan 1 er vist en Række forskellige Tværprofiler af Gader og Veje, fortrinsvis i landlige Bebyggelser.

37. Kørebanens Befæstelse.

1) Paa *Veje* i Villakvarterer og landlige Bebyggelser kommer de i Punkterne 21—25 beskrevne, lettere Vejbefæstelser til Anvendelse. Sideveje med ringe Færdsel anlægges saaledes meget ofte som Grusveje eller Slaggeveje eller befæstes med 8—10 cm Granitskærver paa et Bundlag af 15—20 cm Slagger eller Grus, og i sidste Tilfælde overtjærer man hyppigt Dæklaget for at modvirke Støvdannelse. Stærkere befærdede Veje i Villakvarterer i Nærheden af større Byer macadamiseres og overtjæres eller belægges med Tjæremacadam. Og hvis en stor, gennemgaaende Trafik stiller særlig store Fordringer til Kørebanens Holdbarhed, kan man anvende Chaussebrolægning, som f. Eks. paa Landevejsgaderne i Lyngby og Glostrup, eller Asfaltmacadamisering, som f. Eks. i Jægersborg Allé.

Rendestene langs Veje af denne Art kan brolægges med et eller flere Skifter almindelige Brosten sat i et Fundament af skarpt Sand eller sjældnere Beton og profileres gerne som vist paa Fig. 127. Trinet op imod Fortovet kan under landlige Forhold meget godt tilvejebringes som vist paa Fig. 132 ved Hjælp af Brosten, der lægges paa Fladen; men Fortovskanten bliver naturligvis noget uregelmæssig paa denne Maade og køres ogsaa let ned af Vogne.

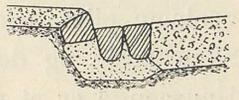


Fig. 132.
Billigt Rendestensprofil.

En solidere Begrænsning faas ved Anvendelse af Kantsten af Granit eller Beton, der sættes i Sand og understoppes omhyggeligt. Hugne Kantsten af Granit profileres som vist paa Fig. 133 a med svagt tilbagehældende Forflader, for at Vognhjul ikke skal skrænse imod dem, og finhugges paa

alle synlige Flader; de leveres i Stykker af ensartet Længde paa 1 à 2 m og maa tilhugges paa særlig Maade i Kurver. Hugne Kantsten er imidlertid temmelig kostbare og anvendes derfor kun ved meget fine Vejanlæg. I 1914 kunde man ved Overslagsberegninger anslaa Prisen for én Række til 6—8 Kr. pr. løb. m henlagt paa Vejen. Udkløvede (2den Sort) Kantsten af Granit (Fig. 133 b) har mindre regelmæssigt Profil, er ikke finhugget og leveres i mere tilfældige Længder mellem 0,5 og 1 m. Prisen for dem er omtrent det halve. Kantsten af Beton støbes i Profil som Granitsten med afrundede Kanter mod Kørebanen, undertiden i Vinkel (Fig. 133 c), saaledes at de samtidig danner Rendestensbunden. Blandingsforholdet for Betonen kan være 1 C. + 2 Gr. + 2 Sk., og Prisen er omtrent som for 2den Sort Granitsten. Betonkantsten støbes undertiden med Fals og Not, saaledes at en god Forbindelse mellem Nabosten kan sikres. De er regelmæssigere formet end 2den Sort Granitsten, men køres let itu af Vogne. Ved Indkørsler bør de af denne Grund helst ikke anvendes.

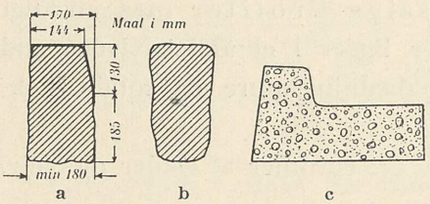


Fig. 133. Kantstensprofiler.

Ved ganske billige, landlige Vejanlæg nøjes man til Tider med en Græsrabat til Adskillelse mellem Kørebane og Fortove, men det er i saa Fald praktisk at anbringe en Række hvidkalkede Afvisersten af Beton med 20 à 30 m indbyrdes Afstand for at markere Kørebanens Grænser til begge Sider.

Paa mindre god Grund maa Vejlegemet under Kørebanen drænes ved Hjælp af Stendræn, Rørdræn eller Fladedræn af Grus eller Slagge, der afvandes til Vejens Nedløbsbrønde.

2) Paa ***Gader*** i tæt bebyggede Kvarterer foretrækker man som Regel brolagte eller asfalterede Kørebaner. De er stærkere og mere slidfaste end Skærveveje og dertil omtrent vandtætte og støvfri, hvad der i hygiejnisk Henseende er et meget betydeligt Gode i en tæt Bebyggelse. Chaussebrolægning er allerede omtalt i det foregaaende; derimod skal almindelig Stenbrolægning, Træbrolægning og Asfaltering omtales her i al Korthed.

a) *Stenbrolægning.* Den almindelige Brolægning, som anvendes i vore Købstæder, sættes af Brosten af Granit, der udkløves i Form omtrent som retvinklede Prismer og tilhugges med rektangulær og plan Overflade. De leveres os fra Bornholm eller Sverige og sorteres som Regel i forskellige

Kvaliteter efter deres mere eller mindre regelmæssige Form og Behugningens Udførelse*).

1ste Sort Brosten med særlig Behugning (til engelsk Brolægning) skal have et rektangulært, plant og vel afpudset Hoved, uden Pukler og Fordybninger, med skarpe, fulde og retlinede Kanter, en Længde af 15—30 cm og en Bredde af 12—14 cm. Stenenes Højde skal være 15—16 cm, og den nederste Flade, Roden, skal være jævn og parallel med Hovedet og have et Areal, der er mindst $^4/_5$ af Hovedets Areal. Alle Stenenes Sideflader skal være jævnt behugget, saa at Hovedernes Kanter kan berøre hinanden, naar Stenene sættes med Hovederne i samme vandrette Plan.

1ste Sort Brosten til almindelig Brolægning paa Sandfundament skal i det væsentlige tilfredsstille samme Krav; dog kan man tillade lidt større indbyrdes Afvigelser i Stenenes Højde og slaa lidt af paa Kravet om Rodfladens Tildannelse. Stenene er som Regel 18—20 cm høje, og Rodens Areal kræves mindst $^3/_4$ af Hovedets.

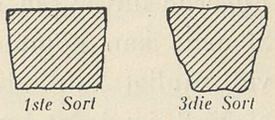


Fig. 134. Brosten.

2den og 3die Sort Brosten har mere varierende Dimensioner og Rodareal, henholdsvis $^2/_3$ og $^1/_3$ af Hovedets Areal. Overfladen af 3die Sort Sten er ofte blot en nogenlunde plan Kløveflade.

Stenene sættes i Rækker, som Regel tværs paa Gadens Længderetning og altid med indbyrdes forsatte Tværfuger (Fig. 135). Stenene sorteres, saaledes at alle Sten i samme Række faar nøjagtig samme Bredde. I Rendestensbunden lægges et Skifte ca. 15 cm brede Sten i Gadens Længderetning. Sjældnere benytter man en Skifteretning under 45° med Gadens Længderetning, idet man da lader Rækkerne skære sammen under en ret Vinkel i Gademidten (Fig. 136), men det kræver Anvendelse af særligt tilhugne Sten med trapezoidale Hoveder langs Rendestenene.

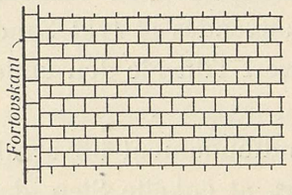


Fig. 135. Alm. Skiftegang for Stenbrolægning.

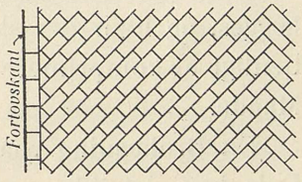


Fig. 136. Skifteretning under 45°.

Brolægning maa altid sættes paa et Fundament, der kan fordele det Hjultryk, der kan komme til at hvile paa den enkelte Sten, over en passende

*) Se »Ingeniøren« 1916, Nr. 87. Forslag til Navn og Norm for Sten, Grus og Sand.

stor Flade af Grunden. Fundamentet kan fremstilles af Sand, Skærver eller Beton.

Et Sandfundament kan bestaa af et Lag skarpt Sand eller Grus med en gennemsnitlig Kornstørrelse paa 1 à 2 mm, saa vidt mulig rent og frit for organiske Bestanddele, Jord, Skaller og Sten over 5 mm. Groft Strandsand (Skælsand) er meget almindelig anvendt, men Bakkegrus kan ogsaa være udmærket godt egnet. Paa fast og tør Bund kan en Lagtykkelse af 10—15 cm være tilstrækkelig, paa fugtig og blød Bund maa man gaa til 50 cm eller endog mere. En Tykkelse af 20—25 cm er den mest almindelig anvendte paa en nogenlunde god Jordbund af sandblandet, ikke for fedt Ler.

Stenene sættes for Haanden af faglærte Arbejdere, og det gælder om, at Fugerne bliver saa smaa som vel muligt, helst kun $^1/_2$—1 cm brede, for at Stenene kan komme til at staa fast, og for at den færdige Brolægning saa vidt muligt kan blive vandtæt. Stenene sættes med en passende Overhøjde af 5—8 cm i det løse Sandlag og stemples fast ved gentagne Behandlinger, først med lettere Enkeltmandsstempler af ca. 35 kg Vægt, senere med sværere Firmandsstempler paa ca. 90 kg. Under Stemplingen komprimeres Sandlaget og trænger op imellem Stenenes Rodender, og samtidig fyldes Fugerne oven fra med Sand, der spredes over Stenbroen og skylles ned ved rigelig Vanding.

Paa mindre god Bund og alle Steder, hvor Gaden ligger i Paafyldning, maa Grunden komprimeres ved Tromling, inden Fundamentet udlægges, og hvor der skal anvendes et tykt Sandlag, kan det være formaalstjenligt at komprimere i hvert Tilfælde den underste Del af dette paa samme Maade.

En Brolægning paa Sandfundament bliver aldrig meget holdbar i Form. Dels kan det ikke undgaas, at enkelte Sten, der tilfældig er svagt funderet, køres ned, saa at der hist og her bliver Huller i Kørebanen, dels har Stenene, der jo ikke staar fuldkommen fast, nogen Tilbøjelighed til at vælte Række paa Række imod den fremherskende Færdselsretning (Fig. 137), fordi Vognhjul stadig træffer Stenenes forreste Kant med et Slag, idet de passerer en Fuge. Jævnlige Reparationer er derfor nødvendige, og Overfladen af Kørebanen er endda altid mere ujævn end ønskeligt, saa at navnlig Vogne med jernbeslaaede Hjul skramler utaaleligt.

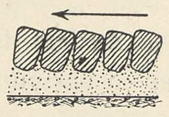


Fig. 137. Brosten, der vælter mod Færdslen.

En jævnere og solidere Kørebane faar man ved at sætte Stenbroen i et ganske tyndt Sandlag oven paa et 15—20 cm tykt Fundament af Granitskærver, der komprimeres ved Tromling paa lignende Maade som en Macadamisering. Fugerne udstøbes da gerne med Cementmørtel eller Asfalt, saa at Stenene kommer til at staa urokkelig fast. En endnu solidere Kørebane faar man ved at anvende et Fundament af Beton, hvorpaa man sætter nøjagtigt tilhugne, lige høje Brosten i et Lag frisk Cementmørtel eller en Asfaltblanding, og sluttelig udstøbe Fugerne. Fundamentet kan passende være 15—20 cm tykt og støbes i Blandingsforholdet 1 Cement + 5 Sand + 9 Skærver. Ved den saakaldte engelske Brolægning sættes Stenene paa Betonfundamentet i en tør Blanding af Cement og Sand, hvormed ogsaa Fugerne udfyldes. Naar en passende Strækning er sat, vandes Kørebanen rigeligt, saa at Mørtellaget gennemblødes, hvorefter Kørebanen lades i Ro, medens Mørtelen hærdner.

Kørebaner af denne Art er meget holdbare og behagelige, specielt for Automobiltrafik, da de ikke let bliver slibrige, og fordi den let ujævne Overflade bidrager til at lette Vognenes Styring. Derimod er de overordentlig haarde, og under tung Trafik mærkes Vibrationer og Stød generende i Huse langs Gaden. Hvor det gælder om at skaffe en lyddæmpende Kørebane, egner Stenbro sig i det hele taget ikke.

Prisen for Stenbrolægning kunde i 1914 ved Overslagsberegninger anslaas til 8 à 10 Kr. pr. m² alm. Brolægning af 1ste Sort Sten paa Sandfundament og 1 à 2 Kr. mindre for 2den Sort Sten. Engelsk Brolægning paa Betonfundament kunde anslaas til 17 à 19 Kr. pr. m² af den færdige Stenbro inkl. Fundament.

b) *Træbrolægning* udføres af nøjagtigt tilskaarne, prismatiske Træblokke, der sættes med Endetræ opad paa et Fundament af Beton. Fugerne udstøbes med Cementmørtel eller bedre med Asfalt.

Fundamentet udstøbes i samme Tykkelse og i samme Blandingsforhold som angivet for engelsk Brolægning, men Oversiden afpudses endnu mere omhyggeligt og tildannes med Form svarende til den færdige Kørebane, saa at Træblokkene kan stilles op ved Siden af hinanden uden noget Underlag af Mørtel eller Sand. Træblokkene er som Regel kasseformige ligesom Brosten, men lidt mindre end disse, og skæres ud af sydsvensk Fyr eller af haarde, amerikanske eller australske Træsorter. De maa sættes med rigelig brede Fuger, da Træet bulner ud i fugtigt Vejr, og hvis man bruger Cementmørtel

som Udfyldningsmateriale, maa der paa passende Steder indskydes særlig brede Dilatationsfuger, der fyldes med Asfalt. Den færdige Træbro dækkes med skarpt, groft Grus, som under Færdslen køres ned i Træet og bidrager til at forøge dets Modstandsevne mod Slid.

Træbrolægning er blødere og mere lyddæmpende end Stenbro og i fedtet Føre ikke saa glat som Asfalt, men den er navnlig i fugtigt Klima ikke særlig holdbar, da Træet altid er udsat for Raad. Noget kan man bøde herpaa ved passende Imprægnering og omhyggelig Sortering af Blokkene, saaledes at de ringeste af dem udskydes. Prisen paa Træbrolægning var i 1914 ikke meget forskellig fra Prisen paa en engelsk Brolægning.

c) *Asfalterede Kørebaner* bestaar af et Asfaltlag, der lægges ud paa et 15—20 cm tykt, vel afrettet Betonfundament af lignende Art som de ovenfor omtalte. Asfaltlaget kan fremstilles paa to principielt forskellige Maader, nemlig enten som presset Asfalt *(comprimé asfalt)* eller som Støbeasfalt *(coulé asfalt)*.

Til Fremstilling af presset Asfalt benyttes Asfaltpulver (Asfaltmel), der fabrikeres af de i Naturen forekommende Asfaltkalksten (se Punkt 23), ved at disse slaas til Skærver og derefter finmales i Rørmøller. Asfaltmelet har den ejendommelige Egenskab, at det, opvarmet til en passende Temperatur af noget over 100° C., kan sammenpresses til en fast Masse af ganske lignende Haardhed og Fasthed som den naturlige Asfaltkalksten. Denne Egenskab betinger Pulverets Anvendelse til Fremstilling af Kørebaner.

Asfaltpulveret opvarmes umiddelbart før Brugen i roterende Tromler eller paa aabne, flade Pander under livlig Omrøren til noget over 100° C. Det varme Pulver spredes over Fundamentet i et 8—10 cm tykt Lag, der afrettes med River og kontrolleres ved Hjælp af en Skabelon. Dernæst foregaar Komprimeringen, der indledes ved Stampning med varme Jernstødere og sluttes ved Tromling med hede Støbejernstromler. Tilsidst glittes Overfladen ved Strygning med hede Jern, og Kørebanen kan faa Timer efter aabnes for Trafiken. Arbejdet kan kun udføres i varmt og tørt Vejr, og Betonfundamentet maa være fuldt hærdnet og gennemtørt. Under Komprimeringen synker Asfaltlagets Tykkelse til 5—6 cm.

Den færdige Kørebane er jævn, slidfast og meget lyddæmpende; tilmed er den fuldstændig vandtæt og støvfri. I hygiejnisk Henseende er den derfor næsten ideel. I halvvaad og navnlig i snavset (fedtet) Tilstand er presset Asfalt derimod overordentlig glat og vanskelig at befare imod Faldretningen.

Hvor Gaden har Stigninger, der er væsentlig over 1 : 50, tør man derfor som Regel slet ikke anvende den. Prisen kunde i 1914 ved Overslagsberegninger anslaas til 14—16 Kr. pr. m² af Kørebanen inkl. Fundament.

Til Fremstilling af Støbeasfalt benyttes en varm Blanding af Asfaltmastix (se Punkt 23), rent (støvfrit) og tørt Grus samt noget Goudron bl. a. til Erstatning for den Bitumen, der fordamper under Tilberedningen. Ofte anvender man et Blandingsforhold af 100 kg Mastix til 50—70 kg Grus og 6—10 kg Goudron. Blandingen foregaar ved ca. 220° C. enten i aabne Gryder eller i Asfaltvogne med mekaniske Røreapparater. Den færdige Blanding, der har Konsistens som en tyk Grød, udlægges for Haanden fra særlige Støbeskeer i et 4—6 cm tykt Lag i Bælter tværs paa Kørebanen og stryges af med en Jernlineal, der glider paa Skabeloner. Tilsidst glittes Overfladen og overstrøes med ganske fint Sand, og Gaden kan derefter aabnes for Trafiken, saa snart Asfaltlaget er koldt. Arbejdet kan udføres selv i fugtigt og koldt Vejr.

Støbeasfalt er ikke saa haard og slidfast som presset Asfalt og egner sig derfor ikke godt i Gader med stor Trafik. Men Støbeasfalt er mindre glat og kan derfor anvendes paa Gader med noget større Stigning (se Punkt 35). Prisen er ikke meget forskellig fra Prisen paa presset Asfalt under lignende Forhold. Paa Gaardspladser og andre lidet befærdede Pladser fremstiller man den stundom med ringere Lagtykkelse og svagere Fundament, og Prisen kan da reduceres væsentligt.

38. Fortoves Befæstelse.

1) I *Villakvarterer* og under landlige Forhold kommer de i Punkt 26 omtalte Gangstibefæstelser til Anvendelse. Navnlig vil en Befæstelse med 6—8 cm Murstensskærver eller grove Slagger, dækket af 3—5 cm Grus *(Gangstimacadam)*, meget ofte kunne anvendes med godt Resultat. Hvor man lægger Vægt paa at have meget gode Færdselsforhold for Fodgængere ogsaa under slette Vejrforhold, maa Fortovet udstyres med en eller flere Rækker Fliser.

Som Regel vil man nu om Stunder anvende Fliser af Beton, eventuelt Beton med en spinkel Jernarmering*). En meget almindelig Størrelse, som gaar i Handelen, har rektangulær Overflade, ca. 60 × 80 cm, og en

*) E. Suenson: Byggematerialer 1911, Punkt 1250.

Tykkelse af 6—8 cm. De nedlægges i et ca. 10 cm tykt, i Forvejen vel komprimeret Sandfundament og understoppes omhyggeligt langs Kanterne. Hvor flere Rækker lægges ved Siden af hinanden, sørger man for at forsætte Tværfugerne indbyrdes (Fig. 138). Sjældnere bruges Fliser af Kalksten, Sandsten, Granit o. a.

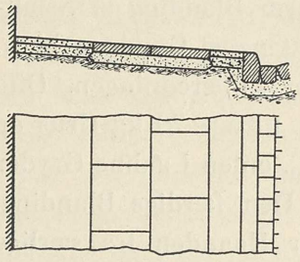


Fig. 138. Fliserækker med forsatte Tværfuger.

En meget behagelig Fodgængerbane faas ved Udlægning af en Slags Tjæremacadam, der i daglig Tale kaldes Tjærebeton. Den udføres som Regel i 1 à 1,5 m Bredde imellem Indfatninger af tjærede Mursten, sat paa Højkant (Fig. 139). Nederst lægges et 6—8 cm tykt Bundlag af Murstensskærver eller grove Slagger, derover et 5—7 cm tykt Lag tjærede Smaaskærver eller Stenfliser, der tromles fast med Haandtromle; og endelig overtjæres Overfladen og bestrøes med skarpt Skærvegrus. Vedligeholdelsen bestaar blot i Overtjæring og Grusning, efterhaanden som Overfladen slides igennem.



Fig. 139. Fortov med Tjærebeton.

Paa Veje med Træplantning er det af stor Vigtighed, at en Del af Fortovet holdes gruset eller kun let befæstet, da Træerne kvæles, hvis man hindrer Luftens Adgang til deres Rodsystemer. Navnlig gælder dette, hvis der i Vejen ligger Gasledninger, gennem hvis Utætheder Jordluften mættes med Giftstoffer. Paa tæt fliselagte Fortove maa man i hvert Tilfælde altid udspare noget aabent Areal omkring Træstammerne; Aabningerne kan passende dækkes med Støbejernsriste (Fig. 140).

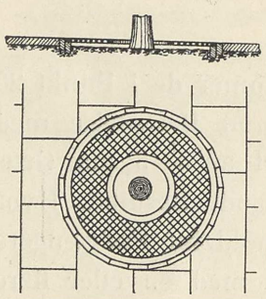


Fig. 140. Støbejernsrist omkring et Træ.

2) I *tæt bebyggede Kvarterer* giver man gerne Fortovene en vandtæt Befæstelse i hele deres Bredde.

Hertil kan benyttes Fortovsbrolægning, der sættes af smaa Granitbrosten i et Sandfundament. Stenene har gerne nogenlunde kvadratisk Overflade med 10—12 cm Sidelinie og lidt større Højde. De sættes for Haanden i Forbandt paa lignende Maade som Kørebanebro og stødes fast med Enkeltmandsstempel. Sandfundamentet kan passende være 10—15 cm tykt.

Brolagte Fortove faar altid en ret uregelmæssig Overflade og er ikke synderlig behagelige at gaa paa. De forsynes derfor sædvanlig med en eller flere

Fliserækker, enten af Granit, Kalksten, Sandsten, Skifer etc. eller mest almindeligt af Beton (se Plan 1).

Fortove i moderne Gader med stor Fodgængertrafik beklædes undertiden med Fliser i hele deres Bredde. Hertil kan anvendes Granit- eller Betonfliser i Størrelser som ovenfor nævnt; men stundom foretrækker man ganske smaa Fliser med kvadratisk Overflade og ca. 30 cm Sidelinie. De fremstilles af Beton eller haardtbrændt Ler og gaar i Handelen i forskellige Farver og ofte med Overfladen presset i et eller andet Reliefmønster. Endelig kan man anvende almindelige, haardtbrændte Mursten *(Klinker)*, lagt paa Fladen. I alle Tilfælde lægges Fliserne paa et vel afrettet og i Forvejen komprimeret, 10—12 cm tykt Fundament af skarpt Sand eller Grus og trykkes fast deri.

Mosaikbrolægning fremstilles af nogenlunde regelmæssigt formede Granitskærver i Størrelse omkring 5 cm; de nedlægges for Haanden i et Sandfundament med en nogenlunde plan Side opad og stødes fast med et let Stempel. Undertiden søger man at holde et bestemt Mønster, men lige saa ofte lægger man Skærverne ved Siden af hinanden paa tilfældig Maade. Overfladen af en Mosaikbrolægning bliver let hullet og ujævn, og Belægningen egner sig derfor mindre godt for store, befærdede Fortove. Paa Frederiksberg er den benyttet med godt Resultat paa flere Hovedgader til Befæstelse af en smal Strimmel af Fortovet mellem Fliserækkerne og Kantstenen.

Støbeasfalt egner sig udmærket godt som Fortovsbelægning, men den ser noget kedelig ud. Asfaltlaget gøres som Regel kun 2—3 cm tykt og udlægges paa et ca. 10 cm tykt Betonfundament. Belægningen maa helst indfattes af Kantsten af Granit eller Beton eller af Mursten paa Højkant.

Ved Overslagsberegninger kunde man i 1914 anvende følgende omtrentlige Priser for forskellige Fortovsbelægninger:

Fortovsbrolægning paa Sandfundament	6—8	Kr. pr. m²
Mosaikbrolægning —	4—7	—
Betonfliser —	5—6	—
Granitfliser —	12—15	—
Lerfliser —	5—6	—
Gangstimacadam	1—1,50	—
Tjærebeton	2—2,50	—
Støbeasfalt paa Betonfundament	5—7	—

39. Aabne Pladser.

1) Aabne Pladser opstaar paa naturlig Maade, hvor flere Veje skærer sammen, idet man bryder Vejhjørnerne af i Sammenskæringen som beskrevet i Punkt 34, saa at der opstaar en Slags Runddel (Fig. 113) eller maaske en større Plads (Fig. 112).

Ved Profilering af disse ***Færdselspladser*** maa det som Regel først og fremmest gælde om at skabe gode Forhold for Trafiken i alle Retninger. De forskellige Vejes Midtlinier maa derfor føres ud i samme Højde og med passende Overgange fra et Stigningsforhold til et andet, og eventuelle gennemløbende Vejes Længdeprofil maa have en ulastelig Form (se Punkt 35). Disse Krav tilfredsstiller man i Reglen bedst ved at forme Pladsen som en Kuppel med passende Oprunding fra de omsluttende Rendestene imod Midten. Paa hældende Terræn maa Oprundingen dog sædvanlig gøres usymmetrisk eller endog helt énsidig.

Vanskelige Færdselspladser, der opstaar ved Sammenskæring mellem Veje med stærke Fald, bør tegnes op i stort Maalestoksforhold og Højdeforholdene klares ved Hjælp af Niveaukurver eller ved Indskrivning af Kotetal baade for Kørebane, Rendestene og Fortove. Tilmed vil det som Regel være praktisk at tegne Profiler op efter Diagonalsnit eller andre Snit, idet man da gerne sørger for at give disse nogenlunde parabolsk Form. Særlig Opmærksomhed kræver Fortovskanter, Rendestene og i Gader tillige Fortovet langs Huslinien, da det er af Vigtighed baade for Færdslen og for Udseendet, at disse Linier faar et regelmæssigt Forløb uden skarpe Knæk eller alt for stærke Fald.

2) Andre Pladser anlægges med det specielle Formaal at tjene som ***Torvepladser*** el. l. De er sædvanlig omgivet af Gader eller Veje paa alle Sider, og man vil da som Regel foretrække at føre disse igennem med uforandret Tværprofil, saa at Torvepladsen begrænses af deres indadvendende Rendestene (Fig. 141). Pladsen selv kan iøvrigt gøres kuppelformig med parabolsk Oprunding, hvis Terrænet ikke har saa stærk Sidehældning, at den kan faa énsidigt Fald. Sjældnere giver man Torvepladser Fald fra alle Sider ned imod Midten, hvor der da maa sørges for passende Afløb for Overfladevand.

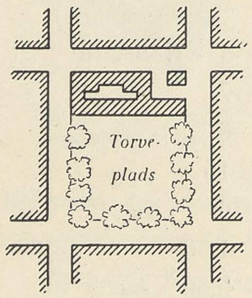


Fig. 141.
Akseltorv i Helsingør.

3) Endelig kan aabne Pladser anlægges med ***æste-***

tiske og hygiejniske Formaal, enten for at fremhæve en monumental Bebyggelse og samtidig sikre en god Luftfornyelse eller under landlige Forhold for at skabe et Samlingspunkt for Beboerne, mulig i Forbindelse med Anlæg af Legepladser, Sportspladser, Parkanlæg o. l.

Ved Anlæg af saadanne Pladser vil forskellige kunstneriske Hensyn som Regel spille en afgørende Rolle baade ved Valg af Form og Profil, og Spørgsmaalet maa derfor i det væsentlige ligge uden for denne Fremstilling. Rent i Almindelighed skal bemærkes med Hensyn til Profilet, at man som Regel naar det bedste Resultat ved en Profilform, hvorefter de omgivende Bygninger kommer til at ligge højt i Forhold til Pladsen, og at Profiler, der vender Konkaviteten opefter, næsten altid virker heldigere end Profiler med anden Form, da de tillader et bedre Overblik over Pladsen og giver Bygningerne, der indrammer den, en flatterende Beliggenhed. Endelig skal blot bemærkes, at en passende Beplantning kan være af stor Betydning.

Hvad aabne Pladsers Befæstelse angaar, kommer alle de i det foregaaende omtalte Metoder til Anvendelse. I landlige Bebyggelser vil man ofte anvende Macadamisering eller Chaussebrolægning paa den Del af Pladsen, hvor Vognfærdsel skal foregaa, og Grusning eller Gangstimacadam, eventuelt med Fliserækker, paa Resten. I tætte Bebyggelser kommer Stenbrolægning og Asfalt snarere til Anvendelse. Hvor man lægger Vægt paa et særlig pynteligt Udseende, har man undertiden brugt Brolægning med Granitbrosten i forskellige Farvetoner, ordnede i bestemt Mønster, i Forbindelse med dekorative Flisebelægninger o. a.; men saadanne Anlæg skal ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

40. Projektets Udstyrelse. Bestemte hævdvundne Regler for Udstyrelse af Projekter til Vejanlæg paa Arealer, der skal udstykkes til Bebyggelse, gives for Tiden ikke. Men følgende Hovedregler kan anbefales.

Oversigtsplanen udføres i stort Maalestoksforhold, sædvanlig enten 1:500 eller 1:1000, og alle paa Arealet eksisterende Terrængenstande, Veje, Bevoksninger, frit staaende Træer, Grøfter, Vandhuller etc. indlægges med sort Farve. Det projekterede Vejanlæg tegnes ind med Rødt eller Sienna eller, hvis man ikke ønsker at anvende farvede Signaturer, med fulde, sorte Linier. Der indtegnes for det første Vejenes Midtlinier med omkredsede, nummererede Stationspunkter og med Angivelse af Røringspunkter og Krumningsradius i alle Kurver. Dernæst alle Vejgrænser og Fortovskanter,

projekterede Træplantninger, Gangstier, Trapper for Fodgængere etc. Endelig kan den planlagte Udstykning i Parceller og den forønskede Bebyggelse angives med finere Linier. I Rendestenene indtegnes alle Nedløbsbrønde, eventuelt med Angivelse af Koter til Ristene.

Vejenes Højdeforhold oplyses bedst ved Profiler. I Længdeprofilerne indtegnes Terrænlinien med en fuld, sort Linie, Vejmidten (eller Kørebanens højeste Punkt) med Rødt eller Sienna eller, hvis man ikke bruger Farvesignaturer, med en punkteret, sort Linie. Koter, Stigningsforhold etc. anføres som beskrevet for Veje paa Landet. Rendestenenes Højdeforhold kan oplyses ved Hjælp af Kotetal paa Tværprofiler og paa Oversigtsplanen. Hvis man anvender Farvesignaturer, kan de passende gøres blaa.

Tværprofiler tegnes for alle forskellige Veje med Sort og maa indeholde fornødne Oplysninger om Bredder, Højder og Befæstelser. Højdeforholdene oplyses ved Kotetal til alle Profilets Knækpunkter, afsat fra en vilkaarlig valgt Basis (se Plan 1), men desuden anføres Oprundinger og Sidehældninger. I Tværprofilerne indtegnes til Brug ved Jordberegningen en Planumslinie, der begrænser samme Profilareal som Jordlinien under Vejbefæstelsen. Planumslinien indtegnes med Rødt eller, hvis man ikke anvender Farvesignaturer, med en fin, sort Linie, og Planums Bredde og Højde i Forhold til Vejmidten paaføres saavel for Paafyldnings- som for Afgravningsprofiler.

Jordberegningen udføres som beskrevet i Punkt 8. En detailleret Bestemmelse af Flytteafstande vil som Regel ikke være mulig, da man saa godt som aldrig kan opnaa Udligning og derfor maa være forberedt paa at skulle køre Jord til eller fra tilfældige Læssepladser eller Fyldgrave. I de fleste Tilfælde nøjes man med en Jordberegningsliste, der angiver Jordvoluminerne inden for de enkelte Stationer, og en Summation henholdsvis for Paafyldninger og Afgravninger.

I Prisoverslaget holder man bedst Jordarbejde og Vejbefæstelse hver for sig. Prisen for Vejbefæstelsen kalkuleres sædvanlig pr. løb. m Vej for de forskellige Profiler, som forekommer ved Anlæget.

ANDEN DEL

KLOAKERING

INDLEDNING.

41. Historiske Oplysninger. Underjordiske Ledninger til Opsamling og Bortledning af Spildevand og Regnvand har været benyttet i Storbyer allerede i de ældste historiske Tider. De fremkom formentlig hyppigst paa den Maade, at aabne Afløbsgrøfter eller Vandløb blev overdækket, efterhaanden som de blev alt for stærkt forurenet af Spildevand, saaledes som f. Eks. Hovedafløbet fra det gamle Rom *(cloaca maxima)* vides at være blevet overdækket af etrusciske Ingeniører under *Tarquinius Priscus*. Men i enkelte Storbyer skred man ogsaa til Anlæg af helt nye Afløbsledninger, der blev opmuret paa kunstfærdig Maade eller udhugget i Klipper, som f. Eks. Jerusalems gamle Afløbsledninger til Kedrons Dal, der menes at have eksisteret allerede paa Kong *Davids* Tid*). I Babylon og Ninive har den engelske Oldforsker *Layard* paavist Levninger af et ret fuldstændigt Kloaksystem, hvoraf i hvert Tilfælde visse Dele stammer fra Tiden omkring 700 Aar f. Kr. Der fandtes baade store Hovedledninger og Stikledninger, der førte Spildevandet bort fra de enkelte Ejendomme, og man mener, at en Slags Vandklosetter allerede dengang har været almindeligt anvendt. I Grækenland var der paa et tidligt Tidspunkt bygget anseelige Kloaker i Athen og Olympia og paa Samos, og *Herodot* beretter et Sted om, hvordan Tyrannen *Mäandrios* undslap fra Akropolis gennem en Afløbsledning.

De Kloaker, som vi kender fra Oldtiden, er meget solidt bygget og bestaar gerne af to Kvaderstens Vangemure, dækket af en Tøndehvælving eller

*) Curt Merckel: Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.

af Udkragninger, og en enkelt af dem, *cloaca maxima* i Rom, har holdt sig saa godt, at den indtil for faa Aar siden har været i Brug som Afløbsledning. Men med Hensyn til Profilformen lader de i Reglen en Del tilbage at ønske. Bunden i cloaca maxima er saaledes ganske flad, uden Bundrende og kun beskyttet ved et Slags Glacis. Og Faldet i Længderetningen veksler paa tilsyneladende tilfældig Maade lige fra 1:36 til 1:1100. Et enkelt Sted har den endog Bagfald. Af overleverede Skrifter fra Datiden fremgaar det ogsaa, at Renholdelsen gav Anledning til meget Arbejde, hvorved Krigsfanger fortrinsvis maatte holde for, ligesom en stadig Skylning maatte iværksættes med overflødigt Vand fra Vandforsyningsledninger. I det hele faar man Indtryk af, at Renlighedstilstanden i Rom og de fleste andre af Oldtidens Byer var temmelig mangelfuld. Der tales jævnlig om den slette og skadelige Luft i Byerne og om Bestemmelser, der skal forhindre Folk i at kaste deres Fækalier ud paa Gaden, uden at der dog synes at være opnaaet noget videre dermed.

Men i Middelalderens Byer var Afløbsforholdene dog utvivlsomt endnu ringere. I hvert Tilfælde kender man saa godt som ingen underjordiske Afløbsledninger fra den Tid. Forholdet har vist gennemgaaende været saadan, at Spildevand fra Husene fik Lov til at løbe ud paa Gaden eller ned paa Gaardspladser, hvor det enten sivede i Jorden eller samlede sig i ildelugtende Grøfter. Fækalier samlede man i bundløse Beholdere, der blev anbragt i Jorden under Retiradebygninger, eller man opstillede i heldigste Tilfælde disse over aabent Vand. Fast Affald af anden Art smed man ud paa Gaden eller paa Gaardspladsen, hvor det laa i store Dynger, som der kun sjældent blev rømmet op i.

Da Stenbrolægning ved Begyndelsen af den nyere Tid blev almindelig i større Byer, kom aabne Rendestene i Brug til Bortledning af Spildevand og Regnvand, men Renlighedstilstanden for Byen som Helhed blev næppe synderlig bedre derved. Spildevandet drev igennem Gaderne i ildelugtende Strømme og samlede sig i de lavest liggende Bydele i Grøfter og Voldgrave, hvor det forsumpede, og om Vinteren frøs det paa Gaden til stor Ulempe for Færdslen. I København fik Spildevand først Afløb gennem Voldene Aar 1584*).

---

*) Troels Lund: Dagligt Liv i Norden, Bind II.

Men efterhaanden som Byerne voksede, blev saadanne Tilstande i høj Grad sundhedsfarlige og gav Betingelser for Udvikling af svære Epidemier af Pest, Kolera, Tyfus o. a. Der berettes fra næsten alle Lande i Europa om Farsoter, der i disse Aarhundreder atter og atter vendte tilbage og paa sine Steder i en enkelt Omgang bortrev mere end Fjerdedelen af Befolkningen. Men det var først langt hen i det nittende Aarhundrede, at man indsaa Nødvendigheden af at skride til en radikal Forbedring af Byernes hygiejniske Forhold. Under en voldsom Koleraepidemi Aar 1831 lagde man i England Mærke til, at Sygdommen hærgede stærkest i fugtige og snavsede Bydele, medens højtliggende og luftige Kvarterer ofte gik helt fri. Man anstillede i den Anledning statistiske Undersøgelser, og da disse bekræftede Iagttagelsen, nedsatte man 1848 et Raad, *General board of health*, med vidtgaaende Myndighed til at gennemføre hygiejniske Foranstaltninger, bl. a. ogsaa forsvarlige Anordninger til Bortledning af Spildevand.

Dette gav Anledning til en levende Virksomhed, der bredte sig over hele Europa i Resten af Aarhundredet og medførte, at omfattende Kloakeringsarbejder blev paabegyndt i de fleste større Byer, samtidig med at Kloakeringens Teknik udviklede sig hastigt.

Ogsaa i Danmark fulgte man med i denne Udvikling. I Aarene efter 1860 blev København forsynet med et rationelt beregnet Kloaksystem, der traadte i Stedet for snavsede Rendestene og Rendestenskister og førte Byens Spildevand og Regnvandet ad underjordisk Vej ud i Havnen eller i de tilstødende Kanaler. Anlægget, der blev planlagt og ledet af daværende Stadsingeniør *Colding*, betegnede i sanitær Henseende en meget betydelig Forbedring. Men det viste sig allerede henimod Aarhundredets Slutning at være utilstrækkeligt. Havnen kunde ikke trods den ret livlige Strøm derigennem modtage de stadigt voksende Spildevandsmængder, uden at Bunden gik i Forraadnelse, hvad der gav Anledning til meget følelige Lugtulemper og gjorde det nødvendigt at skride til yderligere Foranstaltninger. Hovedbestanddelen af de nyere Kloakanlæg, man besluttede sig til at udføre, og som nu er Grundlaget for Byens Afvanding, er et System af »afskærende Ledninger«, der optager Kloakvandet fra de oprindelige Ledninger lige inden disses Udløb i Havnen og fører det til en Pumpestation paa Amager, for en Del gennem en Dykkerledning under Havnen. Fra Pumpestationen ledes Kloakvandet gennem en undersøisk Trykledning ud paa dybt Vand i Konge-

dybet*), hvor Affaldsstofferne kan føres bort af Strømmen. De gamle Udløbsledninger i Havnen blev spærret med Overfaldskanter, hvis Højde er afpasset saaledes, at de træder i Virksomhed under Regnskyl, naar Vandet stiger i Kloaken, og Vandmængden overstiger de afskærende Ledningers normale Vandføringsevne.

I den nyeste Tid har Københavns Kloaksystem været under stadig Udvidelse**); og samtidig har de fleste af vore Købstæder og større Stationsbyer udført vel ordnede Kloakanlæg med rationelt anlagte Rørsystemer og, hvor det paakræves, tidssvarende Renseanlæg for Kloakvandet. Og efterhaanden som Kloakeringerne skrider frem, afløses de gammeldags Latriner af moderne Vandklosetinstallationer.

42. Lovbestemmelser vedrørende Kloakanlæg. I vore Dage, hvor Bortskaffelse af Fækalier med Spildevandet har vundet Indpas ved de fleste nyere Bebyggelser, er det blevet et Samfundsspørgsmaal af største Betydning, at Spildevandet fjernes og uskadeliggøres paa en i hygiejnisk Henseende fuldt betryggende Maade. Og det har atter ført til, at det Offentlige har anset det for nødvendigt at tage hele denne Sag i sin Haand, saaledes at der nu ikke kan udføres noget Spildevandsanlæg, ikke engang inden for privat Ejendom, uden med det Offentliges Tilladelse og under dets Tilsyn.

Grundlaget for denne Myndighed findes i Lov af 12. Januar 1858 med Tillæg af 28. Marts 1868 om Tilvejebringelse af Sundhedsvedtægter for København, for alle Købstæderne og for de Landsogne, hvor det paagældende Amtsraad finder det fornødent, d. v. s. for Tiden saa godt som overalt i Landet. Disse Vedtægter skal efter Lovens Bestemmelser afpasses efter hvert Steds særlige Forhold og stadfæstes af Justitsministeriet efter forudgaaende Forhandling med vedkommende Kommunalbestyrelse eller Sogneraad.

De eksisterende Vedtægter, ialt over 600 i Tallet†), afviger derfor i Enkelthederne en Del fra hinanden. I nogle gives ret detaillerede Forskrifter for Udførelse af Spildevandsanlæg, i andre træffes blot Bestemmelser, hvorved den kommunale Bestyrelse bemyndiges til at udfærdige et særligt Regulativ, gældende for Udførelse af underjordiske og indvendige Spilde-

*) O. K. Nobel: Københavns nyere Kloakanlæg. 1903.
**) »Ingeniøren« 1915, Nr. 67. O. K. Nobel: Kloakanlæg i Københavns ydre Distrikter.
†) »Ingeniøren« 1918, Nr. 17. Aug. Fuchs: Vor Byggelovgivning.

vandsledninger. Fælles for dem alle er, at de træffer Bestemmelse om Oprettelse af en Sundhedskommission, der skal vaage over, at Sundhedsvedtægtens Bestemmelser nøje overholdes og i det hele føre Tilsyn med alle Forhold, der vedkommer den offentlige Sundhedspleje i den paagældende Kommune, saavel paa privat som paa offentlig Grund. Intet Spildevandsanlæg kan paabegyndes, før der er indhentet Approbation fra denne Sundhedskommission, og ingen ny Bygning maa tages i Brug, før Kommissionen har godkendt Afløbsforholdene og udstedt Attest derom.

Fremdeles skal nævnes Lov af 23. Januar 1903, hvori de enkelte Kommunalbestyrelser bemyndiges til at træffe Bestemmelse om, at ingen maa paatage sig at udføre Arbejder ved Kloakledninger og Husspildevandsledninger, uden dertil at have faaet Kommunalbestyrelsens Autorisation, samt til at tilbagekalde en saadan Autorisation, hvis den finder, at en autoriseret Kloakmester ikke udfører Arbejdet forsvarligt eller undlader at rette sig efter givne Forskrifter ved Arbejdets Udførelse.

Hvad angaar Tilvejebringelse af det privatretlige Grundlag for Gennemførelse af Kloakeringer og Fordeling af de dermed forbundne Udgifter*) gælder for hele Landet undtagen København og Frederiksberg Lov af 28. Maj 1880 om Vands Afledning og Afbenyttelse med Ændringer i Lov af 19. April 1907. Efter Loven af 1880 kan enhver Lodsejer, der trænger til forbedret Vandafledning, rejse Krav derom, idet Sagen da først forelægges for Vandsynsmændene og senere eventuelt for en Landvæsenskommission. Men ved nye Vandafledningsanlæg er efter denne Lov Deltagelse altid frivillig for andre Lodsejere. I Loven af 1907 træffes imidlertid den meget betydningsfulde, nye Bestemmelse, at en Kommunalbestyrelse kan rejse Spørgsmaal om Tilvejebringelse af en samlet Spildevandsafledning fra et vist Areal med tvungen Deltagelse for alle interesserede Lodsejere.

Sagen skal ogsaa i dette sidste Tilfælde først forelægges for Vandsynsmændene, men vil derefter saa godt som altid blive henvist til en Landvæsenskommission. Denne vil have at afgøre, om Sagen bør fremmes og i bekræftende Fald hvorledes, og dernæst at fordele Anlæggelses- og Vedligeholdelsespligten samt endvidere de med Anlægets Ud-

*) »Ingeniøren« 1915, Nr. 63. A. Lütken: Om Fordeling af Kloakbidrag.

førelse og Vedligeholdelse forbundne Udgifter paa de interesserede Ejendomme under Hensyn til disses Areal, Værdi, Bebyggelse, de Fordele, der opnaas, og den Mængde Afløbsvand, de afgiver til Ledningerne. Endvidere kan Kommissionen, saafremt Anlægget maa siges at have almen Interesse, paaligne Kommunen en Del af Anlægsudgifterne.

For Staden København gælder Love af 30. November og 14. December 1857 med Ændringer og Tillæg af 28. April 1906, hvori en lignende Myndighed tillægges en særlig Vandafledningskommission. For Frederiksberg gælder kun Loven af 28. Maj 1880.

43. Stoffets Inddeling. I den følgende Fremstilling skal kun rent tekniske Spørgsmaal vedrørende Kloakanlæg gøres til Genstand for nærmere Behandling. Det herunder henhørende Stof er delt i tre Kapitler, omhandlende henholdsvis 1) Husspildevandsledninger d. v. s. de indvendige og underjordiske Ledninger, der tjener til at lede Spildevand og Regnvand fra de enkelte Ejendomme ud til de fælles Hovedledninger, 2) Hovedledningssystemet med tilhørende Hjælpeledninger etc. og 3) Anlæg til Uskadeliggørelse af Spildevand.

I første Kapitel er de af *Dansk Ingeniørforening* udarbejdede Forskrifter vedrørende Afløb fra Ejendomme i det væsentlige lagt til Grund for Behandlingen, men Opmærksomheden henledes paa de paa ethvert Sted gældende Regulativer og Sundhedsvedtægter, der naturligvis i det enkelte Tilfælde bliver at overholde.

I tredie Kapitel er de forskellige Emner kun behandlet oversigtsmæssigt, da en detailleret Behandling vilde føre ud over det, der er Hensigten med denne Fremstilling.

FØRSTE KAPITEL. HUSSPILDEVANDSLEDNINGER.

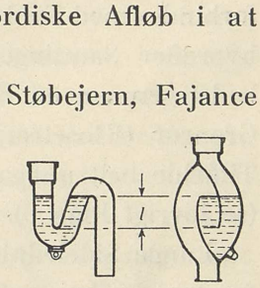
44. Indvendige Afløbsledninger.

1) De almindelige *Monteringsgenstande*, der installeres i Beboelseshuse til Optagelse af Spildevand, f. Eks. Vaske, Gulvafløb, Vandklosetter, Pissoirkummer o. l., forudsættes i det væsentlige bekendte. De gaar i Handelen i forskellig Udførelse, af asfalteret eller emailleret Støbejern, Fajance, Stentøj, Kobber o. a., alt eftersom der ønskes en mere eller mindre luksuøs Installation.

Ved Afløb fra Køkkenvaske og fra Gulve maa man, for ikke at risikere Tilstopning af Ledningen, sørge for at tilbageholde grovere, fast Affald og dækker derfor Afløbsaabningen med en fastskruet Metalrist. Denne kan passende have runde Huller med 6 mm Tværmaal og et samlet frit Risteareal, der er 50 % større end den tilsvarende Vandlaas. Kun hvor Selvudsugning af denne kan befrygtes, gør man undertiden Risteareal mindre (se nedenfor).

2) Umiddelbart under Monteringsgenstande, undertiden sammenbygget med disse (som ved alm. Klosetskaale), anbringes en *Vandlaas*, d. v. s. en Bøjning af Afløbet, der lægges saaledes, at den til Stadighed er helt fyldt med Vand. Herved dannes et Vandlukke, der hindrer den i Reglen stærkt forurenede Kloakluft fra Faldstammer og underjordiske Afløb i at trænge ud i Huset og inficere det.

Vandlaasen kan være af asfalteret eller emailleret Støbejern, Fajance (Klosetskaale) eller meget almindeligt af Bly og benævnes efter Bøjningens særlige Form S, U eller P-Laas. Vandlukket, d. v. s. Afstanden fra Vandspejlet i Laasen til den spærrende Kant (*l* i Fig. 142) bør efter Erfaringer ikke være under 7 cm, for at Vandlaasen ikke for let skal brydes som Følge af Vandets Fordampning, hvis Afløbet i længere Tid staar ubenyttet; kun i Klosetskaale og Udslagningskummer nøjes man med et Lukke paa 5 cm for at lette Udskylningen. Over ethvert indvendigt Afløb eller i hvert Tilfælde i samme Lokale bør der findes en Vandhane, saa at Laasen i givet Tilfælde let kan efterfyldes.



S-Laas. Amerikansk Laas.

Fig. 142. Vandlaase.

En Vandlaas bør være selvrensende, d. v. s. have uforandret Tværsnitsareal paa hele sin Længde. Herved opnaas, at Vandstrømmen passerer Laasen med uforandret Hastighed, saa at der ikke noget Sted bliver Tilbøjelighed til Bundfældning af opslemmede Urenheder. Til Sikkerhed anbringer man dog i Laasens nederste Punkt en Renseskrue, der kan fjernes, hvis Rensning af Laasen undtagelsesvis skulde vise sig nødvendig. Er Vandlaasen ikke tilgængelig fra neden, som f. Eks. ved Gulvafløb fra en Kælderetage, kan Renseskrue ikke anvendes, og man gør i saa Fald bedst i at vælge Vandlaasen rigelig stor (nødig mindre end 10 cm i Diameter).

Størrelsen af Vandlaases indvendige Diameter foreskrives i Reglen regulativmæssigt saaledes: for Haandvaske, Pissoirkummer o. l. 3—4 cm, for Køkkenvaske o. l. 4—5 cm, for Gulvafløb 7—10 cm og for Vandklosetter 7,5—9 cm.

3) Afløbet fra Vandlaase sker gennem ***Sideledninger***, der føres ad kortest mulige Vej til Faldstammerne (se nedenfor) eller maaske direkte til de underjordiske Afløbsledninger. Sideledninger kan udføres af asfalteret Støbejern eller Bly og bør altid have rigeligt Fald, i Reglen ikke mindre end 50 ‰. Støbejernssideledninger udføres paa lignende Maade som Faldstammer (se nedenfor) af Rørstykker, der samles ved Blystøbning. Blyledninger udføres af svære (3—5 mm tykke) Blyrør, der let lader sig bøje efter Ønske og samles ved Lodning. Den Ende af en Blyledning, der skal forbindes med Faldstammens Grenrør, forstærkes med en Metalring *(Ferrule)*, hvorefter Samlingen sker ved Blystøbning. Afløbet fra Klosetskaale sker bedst gennem en Fajancetud, der kan passe direkte ned i et særlig formet Grenrør (Klosetrør) paa Faldstammen, saaledes at en Sideledning i dette Tilfælde helt undgaas. Samlingen kan i saa Fald tætnes med Cementmørtel (se iøvrigt Plan 6).

Lange Sideledninger bør saa vidt muligt undgaas, da de medfører Fare for Selvudsugning af den tilsvarende Vandlaas ved en Hævertvirkning, der beror paa Luftfortynding bag Vandstrømmen. Sugningen opstaar kun, hvis Sideledningen løber helt fuld, og Faren kan derfor, hvor lange Sideledninger er nødvendige, imødegaas, ved at man sikrer sig frit Vandspejl i disse. Det kan enten ske ved at indsnævre selve Afløbsaabningen foran Vandlaasen eller det frie Risteareal foran Afløbet, saa at den Vandstrøm, der passerer Laasen, bliver passende svag, eller ved at udvide Ledningstværsnittet

umiddelbart bag ved Vandlaasen saa meget, at Vandstrømmen ikke kan udfylde det helt; dette kræver dog tillige som ovenfor nævnt, at Sideledningen har rigeligt Fald. Et meget virksomt, men ogsaa kostbart Middel mod Selvudsugning har man i den nedenfor omtalte Fremgangsmaade til Ventilation af Vandlaase.

4) ***Faldstammerne*** tjener til at samle Spildevand fra Bygningens forskellige Etager og føre det ned til de underjordiske Afløbsledninger. Faldstammer udføres saa godt som altid af Støbejerns-Mufferør (se Plan 3), der er beskyttet ved et Asfaltovertræk, tilvejebragt ved, at de rene, rustfri Rør i varm Tilstand er dyppet ned i en smeltet Asfaltkomposition. Rørene samles ved Blystøbning, efter at der først er banket en Væge af tjæret Hamp *(Værkgarn)* ind i Fugen for at hindre Blyet i at løbe ind i Ledningen. Naar Blyet er afkølet, stemmes det omhyggelig fast i Muffen. Rørenes Godstykkelse er 4 à 5 mm, og Mufferne, der skal vendes mod Faldet, er formet saaledes, at der ikke kan blive fremspringende Kanter indvendig i Stammen imod Vandbevægelsen. Rørene bør være af tæt Støbning uden Revner, og i de forskellige Spildevandsregulativer foreskrives visse Dimensioner og Vægte, som ikke maa underskrides.

Faldstammer anbringes nu om Stunder næsten altid indvendig i Bygninger langs Murene, hvortil de fastgøres ved indstøbte Rørholdere. De skal saa vidt muligt føres i lodret Retning og være let tilgængelige for Eftersyn. De maa intet Sted have mindre Fald end 50 ‰, og alle Overgange og Retningsforandringer skal udføres ved Hjælp af særlige Formstykker med jævne Rundinger. Hvor Sideledninger føres paa en Faldstamme, indsættes et skraat Grenrør, og hvor Stammen gaar over fra en Dimension til en anden, anvendes et særligt Spidsrør (Reduktionsstykke). For neden ved Foden af Faldstammen umiddelbart over den Bøjning, som danner Overgangen til det underjordiske Afløb, anbringes et Rensestykke, d. v. s. et Rør, der paa Siden er forsynet med et Dæksel, som kan fjernes, naar man ønsker at rense Afløbet, og som fastholdes ved Hjælp af Skruer af Messing.

For oven skal Faldstammer dels af Hensyn til Afløbssystemets Udluftning, dels for at hindre Udsugning af Vandlaase ved Stammen (se nedenfor), som Regel fortsættes op igennem Bygningens Tag med uformindsket Diameter og indtil en Højde af mindst 1 m over saadanne Vinduer, Ventilationsaabninger o. l., som vandret maalt ligger mindre end 5 m fra Faldstammen. Under særlige Forhold, naar der kun er Tale om

et enkelt Afløb fra Kælder eller Stue, ved hvilket den lodrette Afstand fra Vandlaasen til den underjordiske Ledning er mindre end 3 m, undlader man stundom at føre Stammen op over Taget eller fører den kun op med formindsket Dimension. Faldstammernes Udmunding over Taget sikres ved en Hætte eller Kurv af rustfrit Materiale.

Den indvendige Diameter af et Faldrør gøres efter Beskaffenheden og Antallet af de Tilløb, det modtager, almindeligvis enten 7 cm eller 10 cm. En Faldstamme paa 7 cm forøges dog gerne til 10 cm, umiddelbart inden den gaar over i det underjordiske Afløb, hvis dette da ikke fører direkte til en Rensebrønd.

5) ***Sikring af Vandlaase.*** Naar en større Vandmængde pludselig tømmes ud i en Faldstamme og styrter ned gennem denne, vil den i Faldet rive en Del Luft med sig, saa at der opstaar en Luftfortynding bag Vandstrømmen og et Overtryk foran. Hvis Vandmassen er saa stor, at den ligefrem danner »Vandprop« i Faldstammen, kan Trykforskellen blive ret betydelig, og man kan risikere, at Vandlaase langs Stammen suges ud, i det Øjeblik Vandstrømmen passerer, eller bringes til at skvulpe saa stærkt, at Kloakluft trænger ud i Lokalet og giver Anledning til Lugtulemper.

Denne Fare for Vandlaasene reduceres ganske vist meget ved den Omstændighed, at høje Faldstammer, som foran nævnt, altid føres op over Taget, saa at Luften faar fri Adgang oven for Vandstrømmen, ligesom den altid har fri Afgang nedefter gennem de underjordiske Afløb. Men Erfaring viser dog, at Skvulpen kan opstaa, hvis man ikke sørger for at holde Faldrørene rigelig store i Forhold til den Mængde Afløbsvand, som kan ventes ført til, eller omvendt træffer Foranstaltninger til at hindre, at alt for store Vandmasser pludseligt udtømmes i dem. Til et 7 cm Faldrør føres derfor nødig Afløb fra Vandlaase større end 5 cm, og højst fra en enkelt 5 cm Laas eller to 3—4 cm Laase i hver af Bygningens Etager; og til et 10 cm Faldrør føres kun Afløb fra Vandlaase paa indtil 7 cm samt Afløb fra Vandklosetter og Udslagningskummer. Afløb fra Badekar ordnes bedst paa den Maade, at Karret har frit Afløb over et Gulvafløb med fast Metalrist. Og for at hindre en alt for pludselig Udtømning af Karrets store Vandindhold gør man ikke Bundventilen i Karret mere end 2,5 cm i Diameter. Tagvand, der under Regnskyl kan opstaa i store Mængder, der ikke lader sig holde tilbage, bør ikke føres til Faldstammer, der modtager andet Tilløb gennem Vandlaase, der kan brydes.

Hvis de ovenfor omtalte Foranstaltninger ikke kan gennemføres paa tilfredsstillende Maade, maa man skride til Ventilation af Vandlaasene. Det kan ske paa den Maade, at Toppen af alle Vandlaase sættes i Forbindelse med en særlig Ventilationsledning, der føres ud i det fri over Taget eller, hvad der gør samme Virkning, ind paa Faldstammen oven for det øverste Tilløb til denne (Fig. 143). Herved sikrer man sig, at Lufttrykket over begge Vandspejl i Laasene er ens, saa at enhver Sugning er udelukket. Ventilationsledninger udføres af asfalterede Støbejernsrør eller Blyrør paa ganske samme Maade som Faldstammer og Sideledninger, men gøres gerne noget mindre end disse.

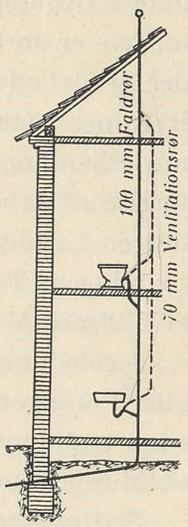


Fig. 143. Ventilation af Vandlaase.

Fremgangsmaaden har tidligere været benyttet meget og benyttes endnu undertiden i høje Etagehuse, hvor Faldstammer modtager mange Tilløb. Men den er ret bekostelig og vil derfor formentlig efterhaanden blive helt forladt, idet Afløbsforholdene meget godt kan sikres paa anden Maade som foran beskrevet*).

Hvor et Vandkloset opstilles som Gaardkloset i et Rum, der ikke opvarmes om Vinteren, maa man sikre Vandlaasen mod at fryse til. Det kan i vort Klima ske ved at lægge Laasen saa dybt ned i Jorden, at Vandspejlet kommer ca. 0,75 m under Terrænhøjde. For at lette Renholdelsen udfører man i saa Fald baade Klosetskaal, Vandlaas og Faldrøret mellem dem af emailleret Støbejern. Skyllecisternen for et Gaardkloset maa ligeledes isoleres mod Frost, hvis man ikke kan anbringe den i et frostfrit Naborum. Undertiden anvender man en saakaldt frostfri Cisterne, der er indrettet saaledes, at den først fyldes med Vand, umiddelbart før Skylningen skal foregaa, men ellers staar tom.

45. De underjordiske Afløbsledninger begynder, hvor Faldrør eller direkte Afløb fra Monteringsgenstande gaar ned igennem Gulvet i Bygningens nederste Etage eller ud igennem Sidemurene i en Kælderetage i frostfri Dybde under Jorden. De kan udføres af asfalterede Støbejernsrør, saltglasserede Lerrør eller Betonrør.

Asfalterede Støbejernsrør til underjordiske Spildevandsledninger frem-

*) Se »Ingeniøren« 1911, Nr. 49. A. C. Karsten: Forsøg vedr. Ventilation af Vandlaase.

stilles i lignende Dimensioner og af samme Form som Faldrør og skal ligesom disse svare til Forskrifter i Spildevandsregulativer med Hensyn til Godstykkelse, Vægt, Muffer o. l. (se Plan 3). De nedlægges med Mufferne vendt mod Faldet og samles ved Blystøbning som foran beskrevet.

Støbejernsrør benyttes overalt, hvor den underjordiske Ledning føres under Bygninger, Lyskasser, overdækkede Gaarde o. l., dels fordi Jernledningen er forholdsvis stærk og derfor bedre taaler de ekstra Belastninger, der trods udvist Forsigtighed (se nedenfor), kan opstaa som Følge af en Bygnings Sætninger, men dels og navnlig fordi Jernrør med blystøbte, stemmede Samlinger kan blive fuldstændig tætte, saa at man ved god Udførelse af Arbejdet har Sikkerhed for, at Spildevand ikke trænger ud og inficerer Grunden under Huset. Under Skure, Stalde, Latriner o. a., hvor Ledningens Tæthed er af mindre Betydning, kan man tillade sig at anvende et billigere Materiale end de forholdsvis kostbare Støbejernsrør.

Jernledningen skal række mindst 0,5 m udenfor Bygningens Sidemure eller Fundamenter, og ved Gennemføringen gennem disse bør man slaa Stik over Ledningen eller udspare passende Spillerum omkring den af Hensyn til Murenes eventuelle Sætning.

Saltglasserede Lerrør fabrikeres ikke her i Landet, men importeres fra Sverige og England. De fremstilles af temmelig rent, kalkfrit Ler med Tilsætning af Chamotte*) og brændes ved ca. 1250° C., indtil Leret sintrer. Ved Slutningen af Brændingen overtrækkes de med Saltglassur baade indvendig og udvendig.

De Rør, som almindeligt benyttes til Spildevandsledninger, er cirkulære Mufferør med indvendig Diameter fra 10—50 cm, Godstykkelse 1,5—3 cm og Nyttelængde 60—80 cm (se Plan 4). De nedlægges med Mufferne mod Faldet og samles med Ler, Cementmørtel eller Asfalt. Som Regel udfører man Samlingerne paa den Maade, at man først banker en Væge af Værkgarn ned i Bunden af Mufferne for at centrere Rørene indbyrdes og for at hindre Tætningsmidlet i at trænge ind i Røret og skylles bort af Vandstrømmen. Derefter pakker man Muffen med Ler og omgiver Samlingen med en Vulst af Cementmørtel (1 : 2). Tilstøbning af Mufferne med Asfalt er dyrere, men giver til Gengæld større Sikkerhed for Samlingernes Tæthed paa mindre fast Grund, da Asfalt i Modsætning til Cementmørtel uden at

---

*) E. Suenson: Byggematerialer, § 956.

briste kan give efter ved eventuelle smaa Forskydninger af Ledningen. Indvendig i Mufferne og udvendig paa Spidsenden er Rørene forsynet med Riller til Fastholdelse af Tætningsmidlet. Foruden lige Rør fremstilles forskellige Bøjninger, Grenrør, Spidsrør, Vandlaase o. a.

Gode saltglasserede Lerrør skal være hele, fri for Revner og Brandridser og have en klar Klang. De skal være fuldbrændte og tætte, og en Skærve, som nedlægges i Vand, bør i Løbet af 24 Timer ikke optage mere end ca. 3 Vægtprocent deraf. Undertiden prøver man enkelte Rørs Styrke og forlanger da gerne, at de mellem to plane Træplader skal kunne taale en Belastning af 10000 kg pr. m^2 af det vandrette Tværsnitsareal ekskl. Muffen.

Saltglasserede Lerrør egner sig paa Grund af deres Tæthed og den indre Overflades Glathed udmærket godt til Spildevandsledninger og kan benyttes overalt, hvor særlige Forhold ikke kræver Anvendelse af Støbejernsrør.

Betonrør. Cirkulære Mufferør af Beton fremstilles paa mangfoldige Cementstøberier her i Landet i lignende Dimensioner som saltglasserede Lerrør, men lidt sværere i Godset og en Del tungere end disse. De fremstilles sædvanlig af Grusbeton (1 : 2,5 à 3), som stampes omhyggeligt fast i særlige Formemaskiner*), og de bør lagres mindst $1^1/_2$ à 2 Maaneder, inden de bruges. De nedlægges og samles paa lignende Maade som Lerrør. Med Hensyn til Dimensioner, Muffeform og Brudbelastning kan man med Fordel henholde sig til de af *Dansk Ingeniørforening* opstillede Normer (se Plan 5).

Betonrør er væsentlig billigere**) end saltglasserede Lerrør, men ikke saa glatte indvendig og heller ikke saa tætte. De egner sig derfor mindre godt til Husspildevandsledninger, der sædvanlig løber lige i Nærheden af Bygninger; de benyttes mest under landlige Forhold og kun med Sundhedsautoriteternes særlige Tilladelse. Hvor Afløbet kan indeholde Syrer eller andre Kemikalier, der angriber Betonen, bør Betonrør slet ikke anvendes, selv om man nok ved at asfaltere dem kan yde nogen Beskyttelse mod Angreb.

Ledningernes Anbringelse. De enkelte Ledningsstrækninger bør saa vidt muligt være retlinede, baade i lodret og vandret Billede, og lægges gerne

---

*) E. Suenson: Byggematerialer, § 1245.

**) I 1914 kunde man anslaa Prisen for Betonrør til 4 à 5 Øre pr. kg af Rørets Vægt. Saltglasserede Lerrør af tilsvarende Længde og Lysning kostede omtrent det dobbelte.

parallelt med Bygningers Ydermure i en Afstand paa 1,5 à 2,0 m fra disse. Overgangen mellem Strækninger af forskellig Retning og af forskellig Dimension sker ved Anvendelse af særligt formede Rørbøjninger og Spidsrør, og Tilløb føres paa Ledningen ved Hjælp af skraa Grenrør. Nedgangsbrønde og Husbrønde anbringes som beskrevet i Punkt 46. Alle Ledningsstrækninger samles tilsidst i en enkelt Stikledning, der føres til Vejkloaken og munder ud i denne (se Plan 2).

Rørene anbringes i en Rendegravning, hvis Bund afrettes omhyggeligt med det ønskede Fald. Under hver Muffesamling tilvejebringes en 10—15 cm dyb Rille i Bunden, dels for at gøre det muligt at tætne Samlingen hele Vejen rundt, dels for at sikre, at hvert enkelt Rør kommer til at hvile paa Rørsiden og ikke paa Muffen. Naar Ledningen er afsynet og Tætheden eventuelt konstateret ved en Trykprøve, fyldes Jorden forsigtigt til omkring Ledningen og komprimeres ligeligt paa begge Sider.

Af Hensyn til Frostfaren bør Bundløbet i Ledninger udenfor Bygningens Ydermure mindst ligge 0,75 m under Jordoverfladen; ellers maa Ledningen isoleres, f. Eks. ved Indstøbning i Slaggebeton.

Nogen beregningsmæssig Dimensionering kan man i Reglen ikke anstille for Husledningers Vedkommende, da de Vandmængder, der er Tale om, er for smaa. Men man hjælper sig med visse Hovedregler, som efterhaanden er fremgaaet af Erfaring. Korte Sideledninger, som kun fører Afløb fra en enkelt Faldstamme, Terrænbrønd, Tagnedløb (se Punkt 47) el. l. gøres saaledes sædvanlig 10 cm i indvendig Diameter, og mindre underjordiske Ledninger benyttes i det hele taget ikke. Saasnart andre Tilløb støder til, forøges Ledningens Diameter til 15 cm, og denne Dimension bibeholdes til Indmundingen i Vejkloaken. Kun under særlige Forhold, ved Afvanding af meget store Ejendomme, Fabriker, Skoler o. l., anvendes større Ledninger.

Ledningernes Fald bør som Regel ikke være mindre end 15 ‰, da de ellers vanskelig kan skylle sig selv rene, og ikke over 300 ‰, da Sliddet i Bundløbet ellers bliver for stort. Ledninger, der ikke fører væsentlig andet Afløb end Afløb fra Køkkenvaske eller Vandklosetter, bør mindst have 20 ‰ Fald, og paa Strækninger under Kældergulve helst 50 ‰. I alle Bøjninger forlanges ligeledes rigeligt Fald, som Regel mindst 50 ‰.

Ledningernes Udluftning. I vore Dage indretter man sædvanlig et Kloaksystem saaledes, at det udluftes gennem Faldstammerne i de Byg-

ninger, det afvander. Faldstammerne virker som Skorstene, fordi Temperaturen inde i Bygninger i Reglen er højere end ude i det frie, og Følgen er, at Luft stadig suges ned igennem Aabninger i Kloakbrøndes Dæksler, passerer Kloaker og Husledninger, stiger gennem Faldstammer og strømmer ud over Tagene. Og under Regnskyl, naar Vandspejlet i Kloaken stiger, vil betydelige Mængder af Kloakluft undvige paa samme Maade.

Denne Udluftning bidrager meget til Renholdelse af Ledninger og Faldstammer blandt andet derved, at den giver Betingelser for en Iltning af Urenheder i Lighed med den Iltning, der finder Sted i biologiske Filteranlæg; man tillægger den derfor ret væsentlig Betydning.

Under visse Forhold, f. Eks. naar Kloaken fører meget ildelugtende Afløb fra Fabriker, kan det være ønskeligt at spærre Kloakluften ude fra Husledningerne ved at anbringe en Hovedvandlaas *(Interceptor)* paa hver af disse umiddelbart foran Indmundingen i Vejkloaken; men Husledninger og Vejkloak maa i saa Fald udluftes hver for sig. Man maa sørge for Luftens Adgang til Husledningerne enten ved at holde Interceptorens opadvendende Gren aaben (Plan 6) eller ved ovenfor denne at indskyde en Luftbrønd d. v. s. en opadvendende Gren paa Ledningen, der føres op over Jordoverfladen og dækkes med en Rist eller en Hætte. Og man maa paa passende Steder anbringe Ventilationsledninger, hvorigennem Kloakluft fra Gadeledningerne kan undvige under Regnskyl, uden at det giver Anledning til Ulempe.

Tidligere var Anvendelse af Hovedvandlaas i Reglen regulativmæssigt foreskrevet for alle Husledninger, men nu benyttes den kun undtagelsesvis ved nye Anlæg*).

46. Brønde.

1) *Husbrønde* (Slambrønde). Husspildevandet fører en Del faste Affaldsstoffer med sig fra Køkkenvaske, Klosetter o. l. Men naar Ledningerne lægges med passende Fald, vil man i Reglen kunne regne med, at disse Stoffer skylles bort med Spildevandsstrømmen uden at give Anledning til Ulemper. Kun i særlige Tilfælde f. Eks. ved Afløb fra Gulve i snavsede Kældere, kan det blive nødvendigt at sikre de underjordiske Ledningers Renholdelse ved paa passende Steder at indskyde en Slambrønd, der

*) »Ingeniøren« 1913, Nr. 9. A. Bjerre: Hovedvandlaasen.

er forsynet med et Slamfang, hvori groft Snavs kan synke til Bunds og tilbageholdes.

Slambrønde indskydes paa Afløbsledningen saa tæt ved Bygningen, som Forholdene tillader det. De kan udføres af glasserede Lerrør (Plan 4), Betonrør eller firkantede Betonringe (Plan 5) eller sjældnere af Støbejern, og forsynes paa Afløbssiden med et Vandlukke paa mindst 7 cm. Foroven afdækkes de med en Støbejernsskarm, hvori der anbringes et gennembrudt Dæksel eller en Rist, der giver rigelig Adgang for Luft. Tilløbet til en Brønd bør altid udmunde over Vandspejlet i denne. Rørbrønde bør ikke være under 20—30 cm i Diameter; firkantede Betonbrønde er gerne 30 × 50 cm i Tværsnit forneden og trækkes foroven sammen til 30 × 30 cm.

I tidligere Tid ansaa man det for ganske nødvendigt at anbringe Slambrønde paa Ledninger, som fører Afløb fra Køkkenvaske, for at tilbageholde Madrester o. l.; men disse Brønde er til megen Ulempe, fordi de altid lugter ilde og desuden jævnlig skal renses op. Man søger derfor helst at undgaa dem, og Erfaringen viser, at dette meget godt lader sig gøre for almindelige Beboelseshuses Vedkommende*). Derimod opstaar Vanskeligheder paa Steder, hvor større Mængder varmt og fedtholdigt Vand skal ledes bort, da Fedtet udskiller sig i Ledningerne, naar Vandet afkøles, og er vanskeligt at skylle bort. Paa Afløb fra Restaurationskøkkener, Foderstoffabriker o. l. anbringer man derfor en Fedtsamler, d. v. s. en stor Slambrønd (se Plan 5), der er forsynet med Dykbrædder, der skummer Fedtet af Spildevandets Overflade. Undertiden udføres saadanne Fedtsamlere af Støbejern og anbringes inde i Bygningerne, eventuelt lige under Vasken.

I mange Tilfælde anbringer man en Husbrønd paa Afløbsledningen af Hensyn til at tilvejebringe et udvendigt Vandlukke paa denne. Det gælder f. Eks. ofte for Afløb fra Haandvaske, der sjældent benyttes, og næsten altid for Kældergulvafløb, at man ønsker Sikkerhed for, at Kloakluft ikke trænger ind i Bygningen, selv om de indvendige Vandlaase tørrer ud. Og i saa Fald egner en Husbrønd sig udmærket godt, navnlig hvis man kan indrette Afløbet saaledes, at der ogsaa føres Regnvand til Brønden, hvis Vandlaas i saa Fald er saa godt som sikret mod Udtørring. Men der hefter den Mangel ved Anordningen, at Udluftningen af den tilsvarende underjordiske Ledning gennem Faldstammen gaar tabt.

---

*) »Ingeniøren« 1911, Nr. 3. C. Cortes: Nogle Forhold vedr. Afløb fra Ejendomme.

Enkelte mindre Afløb føres til en 20—30 cm Rørbrønd, flere eller større hellere til en 30 × 50 cm Betonbrønd.

2) ***Nedgangsbrønde*** tjener til Eftersyn og eventuelt til Rensning af de underjordiske Ledninger. De anbringes paa dertil passende Steder bl. a., hvor Ledningen har stærke Bøjninger, hvor flere Ledninger løber sammen, og i Reglen hvor Afløb fra Vandklosetter føres paa disse.

Nedgangsbrønde for Husspildevandsledninger gøres gerne 1 m, sjældnere 1,25 m i Diameter og trækkes foroven kegleformigt sammen, saaledes at de kan lukkes af et Dæksel med ca. 60 cm Tværmaal (se Plan 5). De kan støbes paa Stedet af Beton eller samles af Brøndringe af Beton eller Monnier. Almindelige Betonringe er 8—10 cm tykke i Godset, Monnierringe er lidt tyndere (6—7 cm) og derfor lettere, hvad der særlig har Betydning for deres Transport og Anbringelse. Betonringe samles ved False eller ved Fjeder og Not, Monnierringe samles paa den Maade, at Fugen omvikles med Traadnet af Jern og indhylles med en Vulst af Cementmørtel.

Bunden i Brøndene, der tillige danner Fundament for disse, gøres sædvanlig 15—20 cm tyk paa det tyndeste Sted og forsynes med omhyggeligt udformede Bundrender for Spildevandsstrømmen, hvis Passage gennem Brønden saaledes bliver ganske kontinuerlig. Bundrenderne pudses med Cementmørtel eller beklædes med gennemskaarne glasserede Rør, og Banketterne paa begge Sider tildannes med et Fald af mindst 125 ‰ mod Bundrenden. Dækslet, der hviler i en Støbejernskarm, kan være af Støbejern eller Smedejern og maa have Dimensioner, svarende til den Færdselsbelastning, det kan blive udsat for.

Brønddæksler gøres nu om Stunder saa vidt mulig tætte, for at udelukke Kloakluftens Fremtrængen paa urette Sted. Kun hvor Brønden har Betydning for Systemets Ventilation, som f. Eks. ved Interceptorbrønde, gennembrydes Dækslet med Lufthuller og forsynes nedenunder disse med en Snavssamler af galvaniseret Jern.

47. Bortledning af Regnvand og Grundvand.

1) *Tagvand* opsamles i Tagrender og føres gennem udvendige Tagnedløb af Zinkblik til Rørbrønde af 15—20 cm Diameter. I Brøndenes Slamfang opsamles Blade, Kviste o. a., der kan følge med Tagvandet, og Brøndenes

Vandlaas hindrer Kloakluft i at stige op igennem Nedløbene til Ulempe for Beboere af Tagetagen.

Ved høje Bygninger, der ligger fjernt fra Træer, kan Slamfanget undværes og Brøndene erstattes med en underjordisk Vandlaas i frostfri Dybde; ved Bygninger, der vender ud imod stærkt befærdede Gader, udføres den nederste Del af Tagnedløbet bedst af Støbejernsrør. Undertiden afleder man Tagvand gennem indvendige Faldstammer af Støbejern, men disse bør da ikke modtage andre Tilløb, medmindre alle Vandlaase er ventilerede.

2) *Overfladevand* fra Gaardspladser og Veje optages i Nedløbsbrønde med Slamfang og Vandlaas. Disse udføres ganske som Husbrønde; sædvanlig anvendes 30 cm Rørbrønde af glasseret Ler eller Beton eller 30 × 50 cm firkantede Betonbrønde; de afsluttes for oven med Karm og Rist af Støbejern eller Smedejern, hvis Dimensioner afpasses efter den Færdselsbelastning, der kan ventes (se Plan 4 og 5).

3) *Grundvand* under Bygninger bortledes ved Hjælp af Dræn. Disse udføres gerne af 8—10 cm uglasserede Lerrør (Drænrør), der nedlægges med et Fald af mindst 3—4 ‰ og omgives med et Lag Skærver eller Singels paa alle Sider (Plan 6). Bundløbet i Drænene skal paa det højeste Punkt ligge mindst 0,5 m under Gulvet i alm. Kældere, og 0,75 m under Gulvet i Beboelseskældere.

Drænsystemet bestaar som Regel af et Omfangsdræn, der omslutter hele Bygningen, og en Række Tværdræn vinkelret derpaa under Kældergulvet (Plan 2). Hvor Drænene gennembryder Bygningsfundamenter, benytter man glasserede Mufferør og udsparer rigelig store Gennemgangsaabninger.

Drænledningen føres almindeligvis til en Nedgangsbrønd, hvor den bør udmunde mindst 20 cm over Kloakens Bundløb. Umiddelbart inden Udløbet anbringes en U-Laas, der spærrer Kloakluften ude fra Drænene, og inde i Nedgangsbrønden en Kontraventil, der hindrer Kloakvandet i at trænge ind i Drænene ved en eventuel Opstuvning i Kloakledningen.

Ligger Drænene for dybt til at faa direkte Afløb til Spildevandsledningen, ledes Drænvandet til en Pumpebrønd, d. v. s. en dyb Nedgangsbrønd, der er forsynet med en, sædvanlig automatisk virkende, Drænpumpe, der løfter Drænvandet op i Spildevandssystemet. Denne Anordning bør dog næppe anvendes ved Dræning under Beboelseskældere.

Ved Kloakanlæg, der udføres efter separate Systemer (Punkt 49),

føres Regnvand og Grundvand bort fra de enkelte Ejendomme i særlige Regnvandsledninger, eventuelt i aabne Ledninger (Rendestene).

48. Projektets Udstyrelse. Projektet for et Husspildevandsanlæg bør indeholde en Situationsplan, der viser Grundens Beliggenhed i Forhold til Vejkloaken samt dennes Dimensioner, Fald og Kote paa det Sted, hvor Husspildevandsledningen skal slutte til. Endvidere skal Projektet indeholde Plan af samtlige Etager i Bygningen og Terrænet omkring den, bedst i Maalestoksforhold 1:100 samt alle lodrette Snit, der kan have Betydning for at klargøre Ledningers Forløb. Eventuelle eksisterende Afløb indtegnes med sorte, punkterede Linier.

Paa Planerne indlægges alle projekterede, indvendige og underjordiske Afløbsledninger, Ventilationsledninger, Brønde, Vandlaase, Dræn etc. med nøjagtig Angivelse af Dimensioner og Fald, Materiale og med Koter til alle Knækpunkter, Tilløb og Afløb fra Brønde, Sammenskæringer etc. (se Plan 2); tillige anføres Koter for Terrænpunkter ved Bygningens Hjørner og eventuelt ved Brønde, Koter for Kældergulve samt Etagehøjder. Glasserede Ledninger og Betonledninger anlægges med Zinnober, Jernledninger og indvendige Spildevandsledninger med Ultramarin, Blyledninger undertiden med Brunt. Monteringsgenstande, Vandlaase, Rensestykker, Tagafslutninger etc. betegnes med enkle, umiddelbart forstaaelige Signaturer som vist paa Plan 2.

Til Projektet hører endvidere en Fortegnelse over de løbende Længder af samtlige projekterede Ledninger, dels underjordiske, dels indvendige, adskilt efter Materiale, Dimension og Dybde under Jordoverfladen, samt Opgørelse over Antallet af forskellige Slags Brønde, Grenrør, Vandlaase, Monteringsgenstande o. s. v., alt sammen efter Opmaaling og Optælling paa Tegningen. Denne Fortegnelse benyttes ved Bortlicitation af et Arbejde meget almindeligt paa den Maade, at de Bydende opgiver Enhedspriser pr. Stk. eller Længdeenhed af hver af de i Fortegnelsen forekommende Poster, og Betalingen erlægges da i Henhold dertil efter Opmaaling af det fuldførte Arbejde. Man opnaar paa denne Maade, foruden en retfærdig Afregning, en Mulighed for let at foretage saadanne mindre Ændringer i Projektet, som maatte vise sig ønskelige under Udførelsen, uden at dette kan give Anledning til Strid om Betaling.

Ved kalkulatoriske Overslagsberegninger kunde man i 1914 regne med følgende, omtrentlige Priser*) for færdig udførte Arbejder:

Dybde i Jorden. . .	1 m	2 m	3 m		
1 løb. m 10 cm Ledning af glasserede Lerrør	3,00	4,00	6,50	Kr.	
— 15 - — - — —	3,50	4,50	7,00	-	
— 10 - — - Beton Mufferør	2,25	3,50	6,00	-	
— 15 - — - — —	2,50	3,75	6,25	-	
— 10 - — - asfalt. Støbejernsrør	6,50	8,00	10,00	-	
— 15 - — - — —	9,00	10,00	12,50	-	
— 8 - Drænledning i Skærver	2,00	3,25	5,50	-	
1 m Nedgangsbrønd med let Støbejernsdæksel	55,00	90,00	125,00	-	
30 × 50 cm Beton-Husbrønd med Smedejernsrist	35,00	45,00		-	
30 cm Rørbrønd af glass. Ler med Støbejernsrist	25,00	30,00		-	
20 cm Tagnedløbsbrønd med Støbejernsdæksel	20,00			-	
1 løb. m 7 cm asfalteret Støbejernsfaldrør	5,00			-	
(Tillæg for Grenrør 2,00 Kr. pr. Stk.)					
— 10 cm asfalteret Støbejernsfaldrør	6,50			-	
(Tillæg for Grenrør 3,00 Kr. pr. Stk.)					
— 5 cm Blyrør	7,00			-	

ANDET KAPITEL. HOVEDLEDNINGSSYSTEMET.

49. Planen for et Kloakanlæg.

Kloakledninger tjener til at optage og bortlede Husspildevand og Regnvand (sp. Grundvand) fra de forskellige Ejendomme i en Bebyggelse og fra Vejarealet paa denne. De lægges sædvanlig i Midten af Veje eller Gader, saa at de faar Tilløb gennem nogenlunde lige lange Stikledninger fra Ejendomme ved begge Sider og fra Rendestensbrønde paa Vejen (Punkt 36). Men hvis det gælder om at skaane en værdifuld Kørebanebefæstelse for den

*) Se J. T. Lundbye: Kommunalhygiejnisk Ingeniørvæsen 1911.

Forringelse, som er Følge af Rendegravninger med paafølgende Reparationer, er det bedre at lægge Ledningerne under Vejens Fortove, helst en under hvert af dem, hvorved man ogsaa undgaar Opgravning for Stikledninger. Hvor det undtagelsesvis viser sig nødvendigt at føre Kloakledninger over privat Grund, følger man bedst Ejendomsskel, men der maa i hvert enkelt Tilfælde oprettes Servituter for de paagældende Ejendomme, hvorved Adgang til at efterse og eventuelt reparere Ledningerne sikres, ligesom der naturligvis ikke maa bygges over disse.

Kloakledninger har sædvanlig i Hovedsagen Fald efter Terrænet, hvis Vandskel derfor naturligt vil blive Grænser for de forskellige Ledningers Opland. I et Oplands øvre Del er alle Kloakledninger smaa og danner en umiddelbar Fortsættelse af Husledningerne fra de enkelte Ejendomme; men længere nede vil enkelte af dem træde frem som større Samledninger, der fører Afløbet fra et betydeligt Opland ovenfor, samtidig med at de modtager Tilløb fra Stikledninger og smaa Vejkloaker fra den lokale Bebyggelse. I Oplandets nedre Ende samles alt Spildevandet i enkelte store Hovedkloaker, der fører ud til Recipienten.

Et Ledningsnet kan planlægges efter to væsentlig forskellige Principper, idet man enten kan føre Spildevand og Regnvand sammen i et fælles Ledningsnet *(det kombinerede System)* eller holde disse to Afløb adskilte *(det separate System)*, i hvilket Tilfælde Ledningsnettet helt igennem bliver af dobbelt Art.

Det kombinerede System er her i Landet det mest almindeligt anvendte. Det er det simpleste og for Ledningsnettets Vedkommende tillige det billigste, da det saa godt som altid vil være lettere at bygge et Sæt Ledninger end to til at optage samme Afløbsmængde; og denne Fordel er ogsaa meget følelig for Husledningerne paa de enkelte Ejendomme. En Fordel er det fremdeles, at hele Ledningsnettet under Regnfald faar en virksom Skylning med nogenlunde rent Vand.

Det separate System kan have sin Berettigelse ved Kloakering under Forhold, hvor [1]) Spildevandet skal ledes bort til en fjerntliggende Recipient eller [2]) pumpes op i Recipienten ved Maskinkraft, eller hvor [3]) Recipienten er af en saadan Natur, at Spildevandet maa uskadeliggøres ved en vidtløftig Rensningsproces. I alle tre Tilfælde gælder det nemlig om at holde Spildevandsmængden saa lille som muligt, for at Anlæg og Drift af Ledninger, Pumper og Renseanlæg ikke skal blive økonomisk uover-

kommelig. Og det separate System kan i saa Henseende byde paa betydelig Fordel under Forudsætning af, at man paa en billigere Maade kan skaffe det i Reglen ret uskadelige Regnvand direkte Afløb i nærliggende Vandløb, Søer, Havnebassiner el. l.

En hyppig Anvendelse har det separate System saaledes faaet ved Afvanding af smaa, isoleret beliggende Bygningskomplekser under Forhold, hvor Afløbet maa behandles i et biologisk Renseanlæg (se Plan 2), da dette naturligvis af Bekostningshensyn skal holdes saa lille som muligt. For Renseanlægets Vedkommende er det tillige, som det vil fremgaa af det følgende, en betydelig Fordel, at Tilløbet ved det separate Anlæg baade i Mængde og Koncentration er ret konstant fra Døgn til Døgn, uafhængigt af indtrædende Regnskyl.

Regnvandsledninger i et separat System kan enten være aabne Rendestene og Rendestenskister eller underjordiske Ledninger. I sidste Tilfælde lægger man dem sædvanlig noget højere end jævnsides løbende Spildevandsledninger, for at disse uhindret kan modtage Tilløb fra begge Sider.

Spildevandsledninger i separate Systemer nyder ikke godt af den Skylning, som Regnvand giver Anledning til, og Ledningernes Renholdelse kan derfor volde Vanskelighed. Man kan bøde derpaa ved at iværksætte en kunstig Skylning med Vandværksvand el. a. (se Punkt 52); men i mange Tilfælde indretter man sig hellere paa den Maade, at man i Regnvandsledningen indskyder Regulatorbygværker, som ved indtrædende Regnfald til en Begyndelse leder Regnvand ned i Spildevandsledningen, saa at denne skylles ud, men lukker automatisk ved Hjælp af en Svømmeranordning, naar Regnfaldet varer ved, og Vandet stiger i Ledningerne. Man opnaar derved tillige, at den første Del af Overfladeafløbet, der altid er stærkest forurenet af Gadesnavs, faar Afløb til Spildevandsnettet. I England benytter man undertiden separate Kloakanlæg, der indrettes saaledes, at kun Overfladevand fra Gadenedløbene gaar til Regnvandsledningen, medens Tagvand og Overfladevand fra de enkelte Ejendomme gaar til Spildevandsledningen sammen med Husspildevandet ligesom i det kombinerede System. Man opnaar paa den Maade en billigere Anordning for Husledningernes Vedkommende.

I et kombineret Anlæg kan man ofte reducere Hovedledningernes Dimensioner ganske betydeligt ved at indskyde Regnvandsoverfald (se Figuren nederst paa Plan 5) paa saadanne Steder, hvor der kan skaffes for-

svarligt Afløb for passende stærkt fortyndet Spildevand til aabne Grøfter, Søer, Havnebassiner el. l. Disse Overfald beregnes, hvad Overfaldskantens Højde og Beliggenhed angaar, saaledes at de træder i Virksomhed under Regnskyl, naar Vandspejlet i Kloaken stiger, og hindrer Overfyldning af Ledningen neden for Bygværket. Undertiden indretter man dem med en automatisk virkende Svømmeranordning (Fig. 144), som spærrer Afløbet til Spildevandsledningen neden for Bygværket, i det Øjeblik Overfaldet træder i Funktion, hvad der særlig har Betydning under Forhold, hvor Spildevandet skal løftes ved Pumpning. De Ledninger, som fører det med Regnvand opspædte Spildevand bort, kalder man gerne Hjælpeledninger. Hvis Overfaldskanten ligger lavere end højeste Vandspejl i Hjælpeledningens Recipient, maa Bygværket beskyttes mod Højvandets Indtrængen ved Stemmeporte eller Højvandsklapper (Fig. 144).

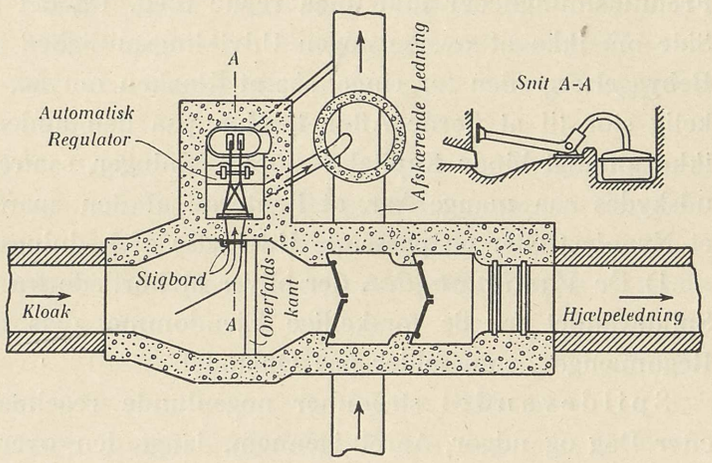


Fig. 144. Regnvandsoverfald, beskyttet ved Stemmeporte og forsynet med automatisk Lukke mod den afskærende Ledning.

Regnvandsoverfald og Hjælpeledninger anlægges bl. a. meget ofte, hvor en ældre Kloakering ombygges, fordi den paagældende Recipient ikke længere kan modtage de voksende Spildevandsmængder uden at gaa i Forraadnelse (f. Eks. Københavns ældre Kloaker). De gamle Udløb spærres i saa Fald med Overfaldskanter og bibeholdes som Hjælpeledninger, medens Spildevandet i tørt Vejr optages af dybere liggende, afskærende Ledninger, der fører til en fjernere liggende, større Recipient.

Hvis Terrænets Fald mod Recipienten er saa ringe, at Ledningerne ikke paa naturlig Maade kan faa det fornødne Fald (Punkt 50), maa man anvende Pumpning. For mindre Opland kan man nøjes med at anlægge en Hovedpumpestation ved Recipienten, for større Opland nødes man undertiden til at have flere sekundære Pumpestationer paa Ledningerne, for at disse ikke paa deres nedre Løb skal komme til at ligge alt for dybt i Jorden.

Muligvis kan man nøjes med at afvande en mindre Del af Oplandet ved Pumpning, medens andre, højere liggende Dele kan afvandes ved fri Afstrømning (se ogsaa Punkt 35).

50. Ledningsnettets Dimensionering.

For at kunne dimensionere en Kloakledning maa man kende Størrelsen af det Opland, som skal kunne afvandes til Kloaken, og Arten af den Bebyggelse, som man kan vente derpaa. I Reglen vil man i begge Henseender i nogen Maade være henvist til et Skøn over, hvilke rimelige Fremtidsmuligheder man maa regne med. Og det gælder da paa den ene Side om ikke at overse nogen Udviklingsmulighed og vælge Oplandet eller Bebyggelsesgraden for ringe, saa at Kloaken om faa Aar viser sig utilstrækkelig stor til at fjerne Afløbet. Men paa den anden Side maa man heller ikke unødigt binde Kapital i store Ledninger, saafremt Anlæg af disse kan udskydes saa mange Aar, at Renterne af den sparede Kapital kan betale et Nyanlæg eller en passende Udvidelse af Ledningssystemet.

1) De *Vandmængder*, der bliver at bortlede fra et givet Opland, er dels Spildevandet fra de forskellige Ejendomme, dels en vis Brøkdel af den Regnmængde, som falder paa Oplandet.

Spildevandet strømmer nogenlunde regelmæssigt til Kloaken Dag efter Dag og udgør, Aaret igennem, langt den overvejende Del af Afløbet. Afstrømningen fra et vist Opland afhænger af Indbyggerantallet og af Befolkningens Sædvaner og svarer i Mængde ret nøje til Vandforbruget fra Vandværksledningerne plus et lille Tillæg for Afløb fra Dræn o. l. Under vore nuværende Forhold, hvor Anvendelse af Vandklosetter og Badeindretninger har vundet almindelig Udbredelse, kan man erfaringsmæssig anslaa den til 100—150 l i Døgnet pr. Individ*), størst i luksuøse Bebyggelser, mindst i Fattigkvarterer, hvor Renligheden ofte staar en Del tilbage. Hvis Grundene gennemgaaende drænes til Kloaksystemet, tager man dette i Betragtning ved at vælge en rigelig stor Værdi for Spildevandsafstrømningen.

Men Spildevandsafstrømningen fordeler sig ikke ensartet over Døgnets forskellige Timer. Som Regel har den sit Maksimum i Middagstimen mellem Kl. 11—12, og Intensiteten svarer da omtrent til 10 % af Døgnaf-

*) O. K. Nobel: Københavns nyere Kloakanlæg. 1903.

løbet eller 10—15 l/Time/Individ. Minimum falder i Timerne mellem Midnat og Kl. 5 Morgen og kan være ca. $^1/_5$ af Maksimum.

Befolkningstætheden kan variere meget betydeligt og er saa godt som altid størst i Fattigkvarterer. I landlige Bebyggelser og Villabebyggelser kan man anslaa den til 50—100 Individer pr. ha, i Forstadskvarterer med smaa Rækkehuse og Haver til 100—200 Ind./ha, i mindre Købstæder til 200—400 Ind./ha og i gamle, tæt bebyggede Kvarterer med høje Etagehuse til 400—800 Ind./ha eller endnu mere.

Spildevandsmaksimum vil saaledes for 1 ha af en Købstadsbebyggelse med ca. 300 Indbyggere kunne anslaas til henved 1 l/Sek., for en Forstadsbebyggelse til omtrent det halve og for en Villabebyggelse til omtrent Fjerdedelen. Den aarlige Spildevandsmængde vil for de samme tre Bebyggelser kunne anslaas til henholdsvis 13 200 m³, 6600 m³ og 3300 m³.

Hvis der paa Kloakens Opland findes større industrielle Anlæg, der skal afvandes til Kloaken, maa særlige Forundersøgelser etableres for at bedømme Arten og Mængden af Spildevandet fra disse. Navnlig hvis en Fabrik har eget Vandforsyningsanlæg, maa man være forberedt paa at kunne modtage en betydelig Afstrømning.

Regnvandsafløbet afhænger dels af klimatiske Forhold, specielt Nedbørens Størrelse, dels af Bebyggelsens Art, Vejenes Befæstelse o. l. Her i Landet viser Regnmaalinger som Middeltal for 25 Aar en aarlig Nedbør af 614 mm gennemsnitlig for hele Landet, noget mere, ca. 700 mm for Egne ved Jyllands Vestkyst, noget mindre, ca. 550 mm for Nordsjælland. Men denne Regnmængde fordeler sig ret uensartet paa Aarets forskellige Maaneder; den er størst i Maanederne Juli—September (gennemsnitlig 70—90 mm pr. Maaned) og mindst i Januar—April (gennemsnitlig 50—30 mm pr. Maaned)*).

De Regnfald, som har Betydning for Kloakers Dimensionering, er de intensive, omend kortvarige Regnskyl, der indtræder om Sommeren under Tordenbyger, og om saadanne foreligger forskellige Observationer. I August 1879 faldt f. Eks. paa Fyen 90 mm Regn i Løbet af $3^1/_2$ Time, i Juli 1898 paa Lolland 72 mm i 1 Time, i Juni 1863 i København 30 mm i 45 Minutter, og ganske kortvarige Regnskyl har undertiden været endnu inten-

*) C. Ph. Teller: Vandbygning I. 1905.

sivere. Men som Regel vil det under vore Forhold være forsvarligt at dimensionere Kloaker for en maksimal Nedbør af 40—50 mm pr. Time eller 110—140 l/Sek. ha. Man løber da an paa, at stærkere Regnfald vil være indskrænket til et mindre Omraade af Oplandet eller være saa kortvarige, at Afløbene ikke naar at samles i Kloaken, førend Bygen allerede er forbi; men nogen Risiko vil der naturligvis altid være for, at ganske usædvanlige Regnfald kan give Anledning til Overfyldning af Kloaken og dermed igen til, at Kloakvand trænger op igennem Afløb fra særlig lavt liggende Kældere.

Af Nedbøren strømmer kun en vis Brøkdel φ, Afløbskoefficienten til Kloaken; Resten fordamper under Vejs eller synker i Jorden paa Gader og Veje, Haver, Gaardspladser o. l. Om Størrelsen af φ for forskellige Flader haves en Del Erfaringer, af hvilke her skal anføres følgende:

For Tagflader og asfalterede Veje og Pladser	$\varphi = 0{,}85—0{,}95$
- engelsk Brolægning, cementerede Gaardspladser o. l. .	0,80—0,85
- almindelig Brolægning paa Sandfundament, overtjæret Macadam o. l.	0,45—0,55
- almindelig Macadam.	0,25—0,45
- Grusveje, Fortovsmacadam o. l.	0,15—0,25.

Afløbet fra Havejord, græsklædte Pladser o. l. under Sommerregn er praktisk talt Nul, da Nedbøren i det væsentlige tilbageholdes i Jorden og senere fordamper. Selv Afløbet under Foraarstøbrud fra saadanne Arealer er saa ringe (største, iagttagne Afstrømning her i Landet er 2,5 l/Sek. ha) i Sammenligning med de ovenfor behandlede Regnvandsafløb, at man ved Dimensionering af Kloaker kan se ganske bort derfra.

Hvis der i givet Tilfælde foreligger en detailleret Bebyggelsesplan, som man tør lægge til Grund for en Beregning, lader det sig let gøre at specificere Oplandet i Henhold til ovenstaaende, indføre passende Afløbskoefficienter og endelig finde den totale Afløbsmængde ved Summation. Men i mange Tilfælde foreligger ingen saadan Plan, eller man tør ikke gaa ud fra, at den overholdes i et passende Aaremaal. Man er i saa Fald henvist til at supponere en eller anden Bebyggelsesgrad og indføre en vis Gennemsnitsværdi af Afløbskoefficienten for den paagældende Del af Oplandet. Man kan da passende benytte følgende Værdier:

For tætte Bebyggelser, helt uden Haver og med alle Gader og Gaardspladser asfalterede . . . . . $\varphi = 0{,}75—0{,}90$

- Forstadsbebyggelser med enkelte Smaahaver, mindre Købstæder o. l. . . . . 0,50—0,75
- tætte Villakvarterer i store Byers Nærhed . . . . . 0,30—0,50
- landlige Bebyggelser, Havebyer o. l. . . . . 0,15—0,30.

For en Købstadsbebyggelse som den foran omtalte kan Regnvandsafstrømningen saaledes fra et Opland paa 1 ha som Maksimum anslaas til $0{,}5 \times 110 = 55$ l/Sek. ha eller 55 Gange saa meget som Spildevandsstrømmens Maksimum. Den aarlige Regnvandsafstrømning bliver derimod kun $0{,}5 \times 0{,}614 \times 10\,000 =$ ca. 3000 m³ eller knapt $^1/_4$ af den aarlige Spildevandsmængde. Regnvandsafstrømningen er altsaa langt den mindste, men den optræder med svære Maksima.

Hvor Talen er om store Opland, kan Afstrømningens Maksimum ansættes noget lavere, dels fordi det maksimale Regnfald neppe vil indtræffe samtidig over hele Oplandet, dels fordi det tager en vis Tid, inden Afløbet fra Oplandets ydre Dele naar ind til Hovedledningerne. Man kan tage beregningsmæssigt Hensyn hertil ved at reducere φ efter en eller anden Formel, hvori Ledningens Længde eller Oplandets Størrelse indgaar*); men som Regel vil man nøjes med skønsvis at anslaa Regnfaldets Maksimum lidt lavere for de meget store Opland.

2) *Formler og Tabeller.* Til Beregning af Middelvandhastigheden v i en Kloakledning, for forskellige Værdier af Ledningens hydrauliske Radius (R) og Faldet (I) er opstillet talrige, forskellige Formler**), af hvilke her kun skal anføres enkelte, der for Tiden anses for særlig brugbare.

Ganguillet og *Kutter*'s korte Formel:

$$v = \frac{100 \cdot \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot I}, \text{ hvori } m = 0{,}35 \text{ à } 0{,}40, \qquad (23\,a)$$

Bazin's Formel:

$$v = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{R \cdot I}, \text{ hvori } m = 0{,}30 \text{ à } 0{,}35 \qquad (23\,b)$$

samt Eksponentialformlen:

$$v = 70 \cdot R^{0{,}6} \cdot I^{0{,}5}. \qquad (23\,c)$$

*) Se f. Eks. Niels Westerberg: Avloppsledningar. Stockholm 1918.
**) Se »Ingeniøren« 1907, Nr. 42 og 43. Fr. V. Meyer: Formler til Kloakberegning.

Fremdeles gælder Relationen:

$$Q = F \cdot v, \tag{24}$$

hvori F er Vandstrømmens Tværsnitsareal og Q Ledningens Vandføring.

Alle Formlerne er opstillet for m og Sek. som Enheder, og Koefficienterne refererer til Kloakvands Bevægelse i slimovertrukne Ledninger. Forskelligheder i Ledningsvæggenes oprindelige Beskaffenhed synes erfaringsmæssig at kunne lades ude af Betragtning netop paa Grund af det Slimovertræk, som altid indfinder sig, hvis der da ikke er Tale om en usædvanlig Uregelmæssighed af den indre Overflade. Nogen større Nøjagtighed ved Beregning af Vandhastigheder i Kloaker kan ikke opnaas paa Grund af den uberegnelige Indflydelse, som de tilfældige i Kloakvandet opslemmede Urenheder kan have paa Vandbevægelsen, og dette gælder naturligvis særlig, hvor Talen er om ganske smaa Vandmængder. I Tilfælde, hvor R gaar ned under Værdier af 0,02 à 0,03 m, maa en Beregning almindeligvis opgives som illusorisk.

Ved Formlernes Anvendelse i Praksis er man nødt til at betjene sig af grafiske Fremstillinger eller Tabeller, da Beregningsarbejdet ellers bliver uoverkommeligt.

I grafiske Fremstillinger kan man f. Eks. udtrykke Q og I henholdsvis som Abcisse og Ordinat i et retvinklet Koordinatsystem og indtegne to Systemer af Kurver, svarende til forskellige, ækvidistante Værdier af henholdsvis v og Ledningsdimensionen, i Henhold til Formlerne (23) og (24). Som Regel vælger man at indlægge Kurver svarende til helt fyldte Ledningstværsnit og supplerer dem med Tavler, som angiver Forholdstal for Vandhastighed og Vandføring i tilsvarende, delvis fyldte Ledningstværsnit, og som naturligvis i det væsentlige bliver et Udtryk for Variationen af den hydrauliske Radius ved forskellige Fyldninger*). Hvis man i de først omtalte Tavler benytter en logaritmisk Skala til Afsætning af Q og I, vil Kurverne for Eksponentialformlers Vedkommende blive rette Linier og følgelig meget lette at konstruere**).

Tabeller kan udregnes for forskellige Ledningstværsnit, saaledes at de for hvert af disse angiver Vandhastighed og Vandføring ved en Række forskellige Fyldningsgrader, altsammen for et konstant Fald af f. Eks. 10 ‰.

*) Imhoff: Taschenbuch für Kanalisationsingenieure. Berlin 1912.
**) Forf.: Kortfattet Lærebog i Teknisk Mekanik. 1917. Punkt 91.

De tilsvarende Hastigheder og Vandføringer for ethvert andet Fald i ‰ faas da simpelt hen ved Multiplikation med $\sqrt{i:10}$, hvilket hurtigt lader sig udføre ved Hjælp af Regnestok. Paa Tavlerne I og II bag i Bogen er vist to saadanne Tabeller, som er beregnet efter *Ganguillet* og *Kutter*'s Formel, henholdsvis for cirkulære og spidsbundede Tværsnit. Betydningen af de for ganske smaa Fyldningsgrader angivne Værdier for Q og v er dog som ovenfor bemærket ret problematisk.

Eksempel. Vil man dimensionere en Kloak med cirkulær Lysning, saaledes at den med et Fald af 8 ‰ kan føre et maksimalt Afløb paa 400 l/Sek., begynder man med at dividere den ønskede Vandføring med $\sqrt{8:10}$ og faar derved Beregningsstørrelsen $Q_{10} = 448$ l/Sek. Indgaar man med denne i Tabel I, ser man, at en Ledning paa 55 cm, der i hel fyldt Tilstand fører 453 l/Sek., er passende. Vandhastigheden finder man ved at multiplicere den i Tabellen opførte Hastighed $v_{10} = 1{,}91$ m/Sek. med $\sqrt{8:10}$, hvorved faas $v = 1{,}71$ m/Sek.

Vil man dernæst vide, hvormeget en Spildevandsstrøm af 20 l/Sek. fylder i samme Ledning, dividerer man atter Vandmængden med $\sqrt{8:10}$ og faar $Q_{10} = 22{,}3$ l Sek. Indgaar man med denne Størrelse i Tabel I i Kolonnen for $d = 55$ cm, faar man ved Interpolation en Fyldningsgrad af ca. 0,16. Spildevandsstrømmens Hastighed faas ved at multiplicere Tabelaflæsningen med $\sqrt{8:10}$; $v = 0{,}83\sqrt{0{,}8} = 0{,}74$ m/Sek.

Havde man kunnet samle Spildevandsstrømmen i et ca. halv fyldt Profil med 25 cm Diameter, viser Tabellen, at Hastigheden var blevet $1{,}00\sqrt{0{,}8} = 0{,}90$ m/Sek., altsaa noget fordelagtigere end i det store Profil.

3) *Dimensioneringen.*

Ved Dimensionering af Ledninger i et kombineret Kloaksystem maa man stille et dobbelt Krav. For det første skal Ledningerne være i Stand til at optage den størst forekommende, totale Vandmængde under Regnskyl, uden at der indtræder generende Opstuvninger i Sideledninger. For det andet skal Ledningerne, saa vidt muligt, have saa rigeligt Fald, at de kan holde sig selv rene i regnfattige Perioder.

Det første Krav opfylder man bedst ved at beregne Ledningerne saaledes, at de med det disponible Fald og under maksimal Vandføring ikke bliver mere end knap helt fyldte. Denne Beregningsmaade kan ved store Opland føre til ret betydelige Ledningsdimensioner, og man finder sig derfor undertiden i, at Ledninger ved stærke Regnskyl sættes under noget Tryk (overfyldes); men Stigningen paa den hydrauliske Tryklinie maa da følges ved Beregning op igennem tilstødende Sideledninger, og man maa sikre sig, at der ikke opstaar Fare for, at Vandet trænger ind i dybe Kældere. Ganske vist kan Afløbet fra saadanne sikres ved Anvendelse af særlige Ventiler (se

f. Eks. *Harboe*'s Ventil paa Plan 6), der normalt er tillukkede og kun aabnes i de enkelte Øjeblikke, hvor Afløb skal finde Sted; men Anordninger af den Art maa dog nærmest betragtes som en Nødhjælp, der kun tolereres ved ældre, overbelastede Ledningsnet.

Hvad Regnvandsoverfald angaar, beregnes Overfaldskanten sædvanlig saaledes, at Hjælpeledningen træder i Funktion ved en Vandføring, der svarer til, at den stærkeste Spildevandsstrøm er opspædt med 5 à 10 Gange saa meget Regnvand. Kun hvis Spildevandet skal pumpes ud i Recipienten, nøjes man med mindre Opspædning, 2 à 3 Gange eller endnu mindre, for ikke at faa økonomisk uoverkommelige Dimensioner paa Pumpeanlæget. Hvis Overfaldsbygværket er forsynet med Svømmeranordning, der under Regnskyl lukker for Tilløbet til den afskærende Ledning, er den maksimale Vandføring i denne dermed givet; hvis ikke maa man ved en Beregning finde dette Maksimum, idet man først bestemmer Vandspejlets Højde over Overfaldskanten. Som Regel kan man ved at indskyde Overfald paa passende Steder reducere Regnvandsmaksimet for Hovedledningerne til ca. $^1/_5$ af den fulde Størrelse.

Til Beregning af rektangulære Overfaldsaabninger med Bredde b og Vandhøjde h gælder Formlen*)

$$Q = {}^2/_3 \mu a b \sqrt{2 g h}, \tag{25}$$

hvori $^2/_3 \mu$ for Kloakvand passende kan sættes lig 0,35—0,40.

Det andet Krav om Ledningernes Selvrensning synes erfaringsmæssig at blive tilfredsstillet, hvis man giver Ledningerne et saadant Fald, at Spildevandsstrømmen i Middagstimen faar en Hastighed af mindst 0,6—0,7 m/Sek. Men dette er ikke altid let at gennemføre.

For de almindeligt anvendte, cirkulære Profiler er det bl. a. en Vanskelighed, at Spildevandsstrømmen gerne fylder saa lidt i Profilet, at den hydrauliske Radius, til trods for at Ledningens Diameter er forholdsvis stor, faar en meget lille Værdi**), og paa den ringe Vanddybde vil grove Urenheder desuden let blive hængende og bevirke en Hæmning af Vandbevægelsen. I Virkeligheden vil man derfor opnaa en større Vandhastighed ved at samle Spildevandsstrømmen i et Profil med mindre Diameter, men til Gengæld en bedre Fyldning, og dette har ført til, at man i Praksis hyppigt benytter

*) Se Forf.: Kortfattet Lærebog i Teknisk Mekanik. 1917. Punkt 80.
**) Se samme Lærebog. Punkt 90, b.

Ledninger med en snæver Bundrende, hvori Spildevandsstrømmen kan samle sig i tørt Vejr, medens det totale Tværsnit kun fyldes under Regnskyl. Fig. 145 og 146 viser de herhjemme almindeligt anvendte Profiler af den Art. Det øjestensformige Profil har fremfor det andet den Fordel, at den Stigning af Vandspejlet, som indtræder ved Regnfald, er ret ringe.

Dimensioneringen af separate Anlæg volder ingen særlige Vanskeligheder. Spildevandsledningerne maa her undvære den gavnlige Udskylning af Regnvand, men de kan til Gengæld dimensioneres mere rationelt efter den ret regelmæssigt optrædende Spildevandsstrøm. Kravet til Vandhastigheden kan derfor være omtrent det samme som ovenfor.

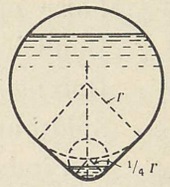


Fig. 145. Cirkulært Profil med Spidsbund.

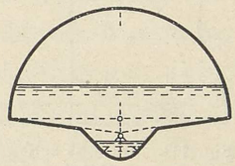


Fig. 146. Øjestensformet Kloak.

Ved alle Projekteringer maa man passe, at Ledningerne overalt kommer til at ligge i frostfri Dybde, d. v. s. mindst ca. 1 m under Jordoverfladen med deres Bundløb. Større Dybder end 5—6 m bør kun undtagelsesvis anvendes.

4) *Sammenskæring af Ledninger.* Hvor flere Ledninger støder sammen, vil Vandbevægelsen foregaa paa heldigste Maade og med de mindste Tab i Trykhøjde, hvis Ledningerne anbringes saaledes, at de forskellige Vandspejl har korresponderende Højde. Men dette kan naturligvis kun opnaas for en enkelt Vandføring, hvad enten man nu vælger den maksimale Afstrømning eller Spildevandsstrømmen i Middagstimen eller en Middelafstrømning. Ved alle andre Vandføringer maa der indtræde Uregelmæssigheder, enten Opstuvninger i de lavest liggende Ledninger eller Styrt i Vandspejlet fra højere liggende. I første Tilfælde kan der være Fare for Bundfældning som Følge af formindsket Hastighed, i sidste Tilfælde tabes der Fald.

Hvad man i det enkelte Tilfælde bør foretrække, kan være tvivlsomt og afhænger naturligvis af lokale Forhold, Fald o. l. Ved Sammenskæring af cirkulære Ledninger gaar man gerne en Middelvej og lader Centerlinierne i disse flugte. Men Forholdet maa altid være Genstand for Opmærksomhed, særlig hvor smaa Ledninger munder ud i store Kloaker.

51. Arbejdets Udførelse.

Smaa Kloakledninger udføres af cirkulære Mufferør af saltglasseret Ler eller Beton, der nedlægges og samles paa lignende Maade som beskrevet

for Husspildevandsledninger (Punkt 45). Undertiden bruger man Rør, der baade indvendig i Muffen og udvendig paa Spidsenden er forsynet med en passende tildannet Asfaltmasse (Fig. 147), der, umiddelbart inden Samlingen skal finde Sted, gøres klæbrig ved Paastrygning af et varmt Fedtstof. Paa mindre god Grund lægges Rørene paa et Fundament af Sand eller Grus.

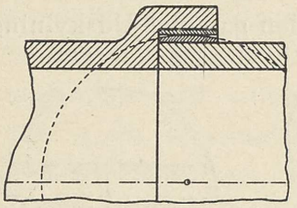


Fig. 147. Doultons self-adjusting joint.

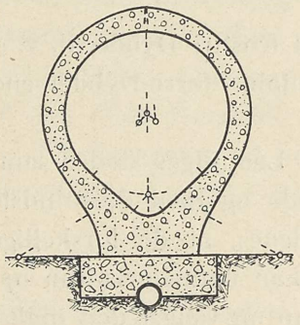


Fig. 148. Betonrør med Spidsbund, anbragt paa Betonfundament.

Større Ledninger kan udføres af færdigstøbte Betonrør med plan Fod, der samles ved False og tætnes med Cementmørtel. De gaar i Handelen i forskellige Dimensioner (se f. Eks. Rørene paa Plan 5) og er meget ofte støbt med Spidsbund. Godstykkelsen er sædvanlig $^1/_6$—$^1/_7$ af den indvendige Diameter og den mindste Tykkelse i Bunden omtrent dobbelt saa stor. Efter Beregninger og Forsøg af *Ostenfeldt* og *Suenson**) vil en Profilform som den paa Fig. 148 viste, med lidt større Godstykkelse i Toppen end i Centrumshøjde og med indadbuede Sider i Fodstykket være den stærkeste over for de i Praksis forefaldende Belastninger; men endnu er den kun anvendt faa Steder. Rørene støbes i særlige Forme, sædvanlig i Blandingsforhold som 1 C.: 2 Gr.: 3 Sk. eller 1 : $2^1/_2$: 4 og forsynes ofte i Bundrenden med et Slidlag af Cementmørtel, blandet i Forholdet 1 C.: 1 Gr.**) Paa mindre god Grund anbringes Rørene paa et Fundament af mager Beton, og paa helt blød Bund støttes dette yderligere af Pæle (smlgn. Punkt 30).

Ledninger, der er udsat for særlig svær Belastning, udføres undertiden af Monnierrør, der er stærkere og mere elastiske end uarmerede Betonrør og navnlig mere modstandsdygtige mod lokale Paavirkninger. De kan desuden støbes noget tyndere i Godset og vejer derfor mindre, hvad der særlig har Betydning, hvor Rørene skal transporteres langt. Monnierrør kan udføres med Muffesamlinger, men i Reglen stødes de stumpt. Samlingerne omvikles i saa Fald med Traadnet af Jern, der indstøbes i en Vulst af Cementmørtel.

---

*) Se »Ingeniøren« 1916, Nr. 15 og samme Tidsskrift 1919, Nr. 22: Forslag til Normer for Betonrør.

**) Se E. Suenson: Byggematerialer 1911. Punkt 1244—49.

Jernindlægget bestaar gerne af to ens Net af krydsende 3—5 mm Rundjern, et ydre og et indre. Ringarmeringen udføres næsten altid som en Skruevikling med svag Stigning. Fordelingsjernene kan lægges efter Rørenes Længderetning, saaledes som paa Statsbanernes Monnierrør (Plan 5), eller danne en Vinkel dermed, saaledes at Jernene i det ene Net passerer de tilsvarende Jern i det andet Net under 60°*).

Store Kloakledninger med Tværmaal over ca. 1 m støbes bedst paa Stedet af Beton i Blandingsforhold ca. 1 C.:3 Gr.:5 Sk., idet man dog sædvanlig benytter sig af færdigstøbte Bundblokke (1:2:3) for paa denne Maade at faa et glattere og mere slidfast Bundløb for Spildevandsstrømmen. Støbningen kan udføres i to tempi, mellem dobbelt Forskalling som antydet i Punkt 31; men Arbejdet kræver lang Tid, da Underdelen af Røret maa være hærdnet, inden Støbningen af Overdelen paabegyndes. Hvor Arbejdet skal fremmes hurtigt, har man undertiden udført store Ledninger af flere, f. Eks. 4 Sæt, færdigstøbte, falsede Blokke, der henlægges paa et Betonfundament og formures indbyrdes med Cementmørtel (Fig. 149). Øjestensformige Kloaker støbes paa Stedet af Beton eller Monnier (Plan 5) eller mures op af Klinker i Cementmørtel. Paa mindre god Grund maa de funderes paa et Betonlag og eventuelt tillige paa Pæleværk.

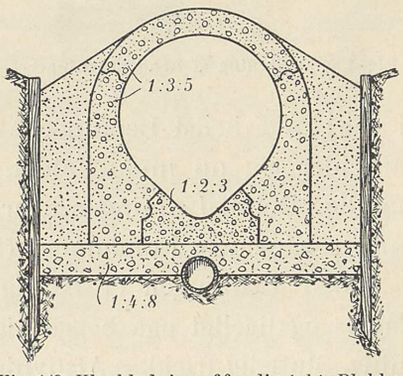


Fig. 149. Kloakledning af færdigstøbte Blokke.

Tilløb fra Husledninger og Rendestensbrønde føres paa Ledningen ved Hjælp af skraa Stik. I mindre Rørledninger indsættes skraa Grenrør, i større Betonledninger indstøbes korte Stykker glaserede Mufferør i Ledningsvæggen der, hvor Tilløbet skal finde Sted. Hvis en detailleret Bebyggelsesplan foreligger, kan Stikkene anlægges samtidig med Kloaken og afproppes, indtil Bebyggelsen skrider frem; men i Reglen er det vanskeligt at forudse Beliggenheden tilstrækkelig nøje, og Stikkene maa da indhugges efterhaanden.

Ledningerne anlægges i Bunden af en Rendegravning, der føres ned med lodrette eller svagt hældende Sider. Bredden forneden maa mindst være ca. 1 m, men for større Ledninger maa der kræves et frit Spillerum af

*) Se »Ingeniøren« 1919, Nr. 22. Forslag til Normer for cirkulære Monnierrør.

0,3—0,4 m paa begge Sider, for at man kan arbejde uhindret. Bunden i Rendegravningen afrettes meget omhyggeligt i den ønskede Dybde og kontrolleres ved Hjælp af Mirer (Punkt 10), inden Rørene anbringes.

Rendegravninger med ringe Dybde kan i fast Jordbund staa i nogen Tid med stejle Sider uden videre. Men som Regel er det nødvendigt at afstive Jordvæggene mod hinanden ved Hjælp af vandrette Stolper, der spænder mellem vandrette Rideplanker paa begge Sider (Fig. 150). I løs Jord maa man bag Rideplankerne ramme lodrette Spidsplanker for at holde sammen paa Jordmassen, og i ganske usammenhængende eller udblødt Jord kan det blive nødvendigt at ramme en Spunsvæg. Paa stor Dybde udføres Afstivningen i flere Etager ligesom beskrevet under Brøndgravning (Punkt 5).

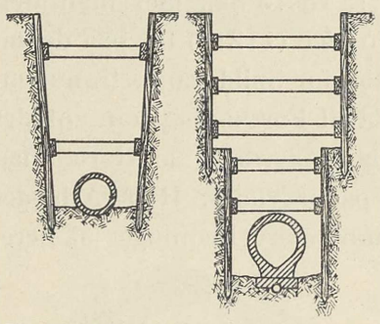


Fig. 150. Afstivning af Rendegravninger.

Sædvanlig maa Byggegruben lænses for Grundvand ved Pumpning; man begynder i saa Fald bedst Ledningens Lægning forneden paa det dybeste Punkt og arbejder sig op imod Faldet, medens Byggegruben afvandes igennem den færdige Del af Ledningen eller gennem en særlig Drænledning, der anbringes under Kloakens Fundament (Fig. 148).

Naar Ledningen er færdig og Betonen hærdnet, fyldes Jorden til igen, lagvis og ligeligt paa begge Sider af Ledningen og komprimeres ved Stampning. Sluttelig trækkes Afstivningsplankerne op med Vugtebomme eller Taljer, og Hullerne efter dem skylles fulde med Sand eller Grus. Ved dybe Udgravninger, hvor Sætninger i Jordmassen forneden kan blive farlige, baade for Ledningen og maaske for Bygninger langs Vejen, lader man ofte de nederste Planker blive staaende og udfylder Mellemrummet mellem dem og Ledningen med mager Beton (Fig. 149).

Den Jordmasse, som svarer til Ledningens eget Volumen, bliver i alle Tilfælde at køre bort.

52. Eftersyn og Renholdelse af Ledningerne. Paa alle Steder, hvor en Kloakledning skifter Retning eller Fald, eller hvor flere Ledninger løber sammen, anbringes Nedgangsbrønde, hvorfra Ledningerne kan inspiceres og renses; og saadanne Brønde anbringes tillige med passende Mellem-

rum af ikke over 75—100 m paa alle længere Ledningsstrækninger, selv om disse har ganske retlinet Forløb; paa smaa Ledninger lægges Brøndene helst lidt tættere. Fra Nedgangsbrøndene anvender man i Tilfælde af Forstoppelse en Rensesplit, d. v. s. et svært Staalbaand med Metaldupsko, der trækkes frem og tilbage igennem Ledningen.

Brøndene kan støbes paa Stedet af Beton eller mures op af Klinker i Cementmørtel. Sædvanlig samles de af Beton- eller Monnierringe, ganske som beskrevet i Punkt 46 for Brønde paa Husspildevandsledninger. Men Brønde paa Gadeledninger er gerne lidt større, f. Eks. 1,25 m i Diameter, og lidt sværere i Godset, 10—12 cm for færdigstøbte Ringe og 12—15 cm for Brønde, der støbes paa Stedet. For oven trækkes de sammen, bedst med et skævt kegleformigt Ringstykke med en lodret Frembringer, til en Diameter af ca. 0,60 m, og dækkes af et solidt, smedet eller støbt Jerndæksel, der hviler i en Støbejernskarm. Paa macadamiserede Veje omgives Karmen med et eller to Skifter Brosten. Undertiden deler man Dækslet i to trekantede Halvdele, der hver for sig hviler paa 3 Blyklodser, for at undgaa, at Dækslet vipper, naar et Vognhjul passerer hen over det. I Brøndens Side og langs den lodrette Frembringer i Keglestykket indstøbes Stigetrin af Støbejern eller galvaniseret Smedejern (Plan 5).

Da det, som nævnt i Punkt 45, er af Betydning for Ledningssystemets Udluftning, at Luften har Adgang til Kloakledningerne, bør Nedgangsbrøndenes Dæksler være gennembrudte, saafremt man da ikke anlægger særlige Ventilationsledninger for Lufttilførslen. Tidligere gjorde man Hullerne ret store og anbragte en Bakke af galvaniseret Jern under dem for at opsamle Vejsnavs og Smaasten; men de store Huller gav undertiden Anledning til Lugtulemper. Nu om Stunder gør man derfor Gennembrydningerne ganske fine og undlader at anbringe Snavssamlere, idet man finder sig i, at noget Snavs drysser ned i Kloakløbet.

I Punkt 50 er Betingelserne for en Kloakledningens Evne til Selvrensning præciseret i det Krav, at Spildevandsstrømmen i Middagstimen skal opnaa en Hastighed af mindst 0,6—0,7 m/Sek. Men for Ledninger fra smaa Opland er Spildevandsstrømmen gerne saa ringe, at en Beregning af Vandhastigheden maa opgives som illusorisk. Betingelserne for, at Ledningen kan holde sig selv ren ogsaa i tørre Perioder, maa da formuleres rent empirisk, og man kan for vore Forhold almindeligvis regne, at der til Selvrensning for en 15 cm cirkulær Rørledning vil kræves mindst 15 $^0/_{00}$

Fald, for en 25 cm Ledning mindst 10 ‰ og for en 35 cm Ledning mindst 7 ‰. For andre Profiler kan man maaske benytte følgende empiriske Formel*) til Bestemmelse af det mindste Fald:

$$I_{min} = 0{,}0006 : R_t,$$

hvori R_t m betyder hydraulisk Radius for Kloakens totale Lysningstværsnit.

Hvor dette mindste Fald af en eller anden Grund ikke kan fremskaffes, maa de paagældende Ledningsstrækninger indrettes saaledes, at de i givet Tilfælde kan skylles rene paa kunstig Maade. Det kan ske ved, at man paa passende Steder leder Vand fra en Sø, et Vandløb, en Regnvandsledning**) el. l. ind i Kloaken, naar Skylning tiltrænges; men hvor saadanne Anordninger ikke er mulige, maa man benytte Vandværksvand.

Skylning med Vandværksvand kan for smaa Ledningers Vedkommende gaa for sig paa den Maade, at man leder Vand fra en Brandhane eller maaske fra en Vandvogn til en af Kloakens Nedgangsbrønde. Hvor Talen er om større Ledninger, indretter man bedst betonstøbte Skyllebeholdere, der har Tilløb af Vandværksvand og udtømmes automatisk i Kloaken ved en Hævertanordning (Fig. 151), hver Gang Beholderen er fuld. Skyllestrømmens Hastighed bør mindst være 1 m/Sek. og Skylningens Varighed nogle Minutter i hver Skylning.

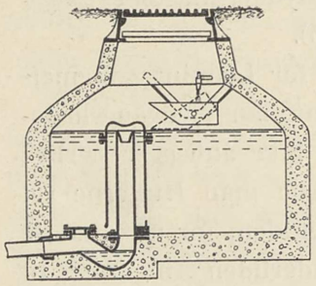


Fig. 151. Automatisk virkende Skyllebeholder.

Paa Steder, hvor Kloakvandet skal pumpes ud i Recipienten, betyder den ved Skylning indledede Vandmængde en Forøgelse af Pumpeudgifterne. For at undgaa denne har man undertiden etableret en Skylning med Kloakvandet selv, idet man da stemmer det op i et Reservoir ved Hjælp af en Stigbordsanordning og senere udtømmer det som en samlet, kraftig Strøm i den neden for liggende Del af Ledningen. Men Skyllebeholderen maa i saa Fald helst udstyres med et Omrøreapparat, for at der ikke skal bundfældes for meget Slam i den.

53. Projektets Udstyrelse. Projektet for Hovedledningssystemet bestaar først og fremmest af en Grundplan i Maalestoksforhold 1 : 500 à 1 : 2000

*) »Ingeniøren« 1907, Nr. 42 og 43.

**) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1915, Nr. 67 (om Skylning af Kloaker i Sundby).

af hele Ledningens Omraade. Paa Planen indlægges alle Spildevandsledninger med Zinnober, med nøjagtig Angivelse af Ledningsdimensioner, Koter til Bundløbet i alle Knækpunkter og Fald paa Bundløbet i de enkelte Ledningsstrækninger; endvidere indtegnes alle Nedgangsbrønde, Overfaldsbygværker, Pumpebrønde, Rendestensbrønde o. l. signaturmæssigt med Angivelse af Hoveddimensioner og vigtige Koter. Hjælpeledninger kan indtegnes med blaa Farve. Hovedledningernes Opland kan adskilles ved Randskravering af forskellig Farve, og Terrænets og Vejenes Højdeforhold oplyses ved Kurver eller Kotetal.

Hvis man af Hensyn til Vejprojektet har konstrueret Længdeprofiler langs Vejenes Midtlinier, kan man passende indlægge Kloakledningerne paa disse Profiler; men nogen Nødvendighed er det ikke.

Bygværker af særlig Art maa tegnes op i stort Maalestoksforhold, med fornødne Snit og med paaskrevne Maal, og det samme gælder særlige Ledningsprofiler.

Til Brug ved Overslagsberegninger og ved Udbud af Arbejdet udarbejdes en Fortegnelse over løbende Længder af Ledninger med forskellige Dimensioner og i forskellige Dybder, endvidere over Nedgangsbrønde, Grenrør, Rendestensbrønde etc. Hvor Ledninger skal føres gennem vanskelig Jordbund og maaske funderes paa særlig Maade, maa der gives fornødne Oplysninger herom, eventuelt med Angivelse af de til Funderingen nødvendige Materialmængder. Dimensioner af Brønddæksler, Riste, Stigetrin etc. fastslaas ved Henvisning til et eller andet Katalog over Jernstøbegods.

I 1914 kunde man ved kalkulatoriske Overslagsberegninger benytte følgende omtrentlige Priser*) for det færdige Arbejde:

	Dybde i Jorden . . .	2 m	3 m	4 m	
25 cm cirkulær Betonkloak paa god Grund	. .	6,00	9,00	13,00	Kr. pr. løb. m
30 - — — - - —	. .	7,00	10,00	14,00	- —
40 - — — - - —	. .	9,00	12,00	16,00	- —

Tilsvarende Kloaker af saltglasserede Lerrør kunde være 2—4 Kr. dyrere pr. løb. m og Betonkloaker med Spidsbund noget lignende.

Afstivning af en Rendegravning kunde kalkuleres til 0,25—1,00 Kr. pr. m^2 af Gravningens Længdesnit under Forudsætning af, at Afstivningsmaterialet

*) Iøvrigt henvises til J. T. Lundbye: Kommunal-hygiejnisk Ingeniørvæsen, 1911. Afsnittet om Overslagspriser.

benyttes gentagne Gange. Nedgangsbrønde af 1,25 m Betonringe med svært Kørebanedæksel kostede i 1 m Dybde ca. 110 Kr. og 40 Kr. mere for hver 1 m større Dybde. Rendestensbrønde af 30 × 50 cm Betonringe med glasseret Vandlaas og svær Smedejernsrist kostede ca. 40 Kr. pr. Stk.

Indsætning af Grenrør i Kloaker som de foran nævnte kunde koste 10—20 Kr. pr. Stk.

TREDIE KAPITEL. USKADELIGGØRELSE AF SPILDEVAND.

54. Direkte Udløb i Havet, Søer eller Vandløb.

1) Bebyggelser, som ligger i umiddelbar Nærhed af *aabent Hav* eller *Sund* med rigelig Strøm, søger paa naturlig Maade direkte Afløb for Spildevand der. Vidtgaaende Foranstaltninger til Rensning af Kloakvandet vil under disse Forhold saa godt som altid være overflødige, da Urenhederne vil spredes af Strøm og Bølgeslag og erfaringsmæssig meget hurtigt sønderdeles og iltes (mineraliseres) under Indvirkning af Lys og Luft og ved forskellige, nitrificerende Bakteriers Livsvirksomhed.

Spildevandsstrømmene bør om muligt samles i en enkelt eller nogle faa lange, undersøiske Afløbsledninger, der munder ud paa dybt Vand i passende Afstand fra Kysten og fra Havnemoler el. l., der kan danne Læ for Strømmen, og paa Steder, hvor Kloakvandet ikke let driver ind i Badeetablissementer, Havnebassiner o. l. Men i Tilfælde, hvor Anlæg af saadanne Ledninger efter Omstændighederne vilde medføre uoverkommelige Udgifter, kan man nøjes med at lede Kloakvandet bort gennem korte Udløbsledninger, der munder ud lige i Strandkanten. Man benytter i saa Fald bedst flere Udløbsledninger og lægger dem saa spredt som muligt, for at Ulemperne ved Strandens Forurening ikke skal blive alt for følelige paa et enkelt Sted.

a. Lange, undersøiske Afløbsledninger kan fremstilles af Træ, armeret Beton eller af Jernrør, der indstøbes i Beton til Beskyttelse mod

Rust. Ved mindre Anlæg anvender man sædvanlig en Træledning, der samles af pløjede Planker ved Hjælp af Trærammer i ca. 1 m indbyrdes Afstand. Ledningen kan sænkes ned i en Rende, som uddybes i Havbunden, og dækkes med Grus eller Beton, og Udløbet sker i saa Fald gennem en opadvendende Stigeledning, der ender noget over Havbunden (Fig. 152). Men man lægger lige saa ofte Ledningen med jævnt Fald fremefter mod Udløbet, saaledes at den for en Del ligger oven over Havbunden og hviler paa korte Pæle. Men Ledningen maa da beskyttes mod Bølgeslag og Isgang ved Hjælp af Skraapæle, Stenkastning el. l. Forbindelsen mellem den undersøiske Afløbsledning og Kloaken paa Land sker i en Nedgangsbrønd paa Strandkanten.

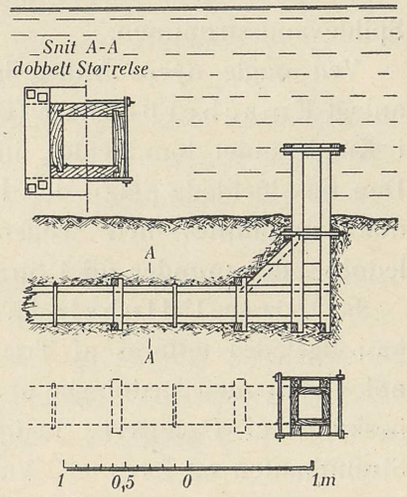


Fig. 152. Kloakudløb ved Skodsborg.

Tryktabet i undersøiske Afløbsledninger kan beregnes efter de i Punkt 50 anførte Formler, og Tværsnitsdimensionerne maa bestemmes saaledes, at der ikke ved almindeligt forekommende Højvande i Stranden og samtidig, stærk Vandføring i Kloaken indtræder skadelige Opstuvninger i Ledningssystemet, hvorved lave Kældere sættes under Vand. Men i Praksis er den Trykhøjde, man kan disponere over til Vandets Passage gennem Afløbsledningen, som Regel kun lille, og i et kombineret Anlæg vil det derfor volde Vanskelighed at tilfredsstille det fremsatte Krav uden at komme til uforholdsmæssige Dimensioner, hvis man ikke aflaster den undersøiske Ledning ved et Regnvandsoverfald, der anbringes umiddelbart forinden i Forbindelse med en Hjælpeledning, som under Regnfald fører det fortyndede Spildevand direkte ud i Stranden. Naar Overfaldet indrettes saaledes, at Spildevandsstrømmen fortyndes med mindst 3 à 5 Gange Regnvand, inden Hjælpeafløbet træder i Funktion, vil de Ulemper, der kan opstaa paa Strandkanten som Følge deraf, gerne være forsvindende.

I en undersøisk Afløbsledning er der en betydelig Fare for Slamafsætning, fordi Ledningen til Stadighed er helt fyldt og Spildevandsstrømmen derfor meget langsom i tørt Vejr. Man kan imødegaa denne Fare ved at gøre Afløbet intermitterende. Dermed menes, at man holder Spilde-

vandsstrømmen tilbage i et passende stort Samlebassin og indretter Afløbet saaledes, at det kun træder i Virksomhed, hver Gang der i Bassinet er samlet saa meget Vand, at en passende stærk Skyllestrøm kan opnaas. Udtømningen af Bassinet indledes bedst automatisk ved Hjælp af en Svømmeranordning, der slutter en elektrisk Strøm, som atter trækker et Stigbord foran Afløbet*). Undertiden indretter man Maskineriet saaledes, at en Omrører sættes automatisk i Funktion umiddelbart forinden, for at de i Bassinet bundfældede Stoffer kan blive opslemmet paany og ført bort med Spildevandsstrømmen.

Ved nogle nyere Anlæg langs Strandvejen, f. Eks. i Vedbæk, har man anlagt Emscherbrønde (Punkt 56), hvori grove, opslemmede Urenheder i Kloakvandet bundfældes, inden dette passerer den undersøiske Ledning. Den bundfældede Slam, der i udraadnet Tilstand er et ret uskadeligt Produkt, udtømmes med længere Tids Mellemrum gennem en særlig Trykledning, der munder ud i Stranden.

b. Korte Udløbsledninger, der munder ud lige i Strandkanten, kan ligeledes udføres af Træ, armeret Beton eller Jern; men undertiden nøjes man med Ledninger af almindelige Mufferør, der holdes i Stilling og beskyttes af Pæleværk. Ledningerne udgaar fra en Nedgangsbrønd paa Strandkanten og føres ud i Vandet med saa stærkt Fald, at Udløbsaabningen bliver dykket under daglig Vande. Derved modvirker man bedst Lugtulemper fra Kloakudløbet og undgaar den Skvulpen, som Bølgeslaget let giver Anledning til, hvis Ledningen munder ud delvis over Vandspejlet. Udløbene maa sædvanlig sikres mod at sande til ved Fløje af Træ eller Beton og, paa Kyster med stærk Tangdrift, yderligere ved et Ristværk mellem Fløjene. Hvis man kan frygte Isgang eller høj Brænding, bør Udløbene sikres med et Stenglacis eller en Stenkastning.

Hjælpeledninger kan i Reglen føres ud i Stranden som aabne Grøfter, hvis Sider beskyttes med Betonfliser, Stensætning el. l.

Hvor det drejer sig om at tilvejebringe Afløb fra en isoleret, mindre Bebyggelse, maaske en enkelt Villa eller et Badehotel ved aaben Kyst med stærkt Bølgeslag, vil en rationel Ordning efter det foranstaaende ofte være økonomisk uoverkommelig, og man maa da nøjes med en Nødhjælp. Man kan f. Eks. lade Kloakledningen udmunde i en Betonbrønd uden Bund,

*) Se f. Eks. »Ingeniøren« 1909, Nr. 40. Vilh. Nohr: Kloakværket ved Svanemølleviadukten.

der anbringes paa Stranden paa et Underlag af Sten eller groft Grus og fyldes delvis med Koks, Slagger el. l. Brønden kan lukkes med et Støbejernsdæksel paa sædvanlig Maade og maa beskyttes mod Bølgeslag og Isgang. Kloakvandet synker igennem Bundlaget, der virker dels som Filter dels som Dræn, og siver bort forneden til Grundvandet. Fra Tid til anden maa de øverste Lag af Filtret tages op og fornyes. Man kan ogsaa udelade Betonbrønden og tilvejebringe Afløbet ved gennemhullede Rør, der nedlægges i et underjordisk Dræn af Sten, Koks eller Slagger. I saa Fald renser man sjældent Drænet op, naar det engang er sat til, men etablerer et nyt ved Siden af og lægger Afløbet om til det.

Hvis man vil opstille Vandklosetter i Ejendomme, der afvandes paa denne Maade, er det nødvendigt at lade Afløbet passere en lille Septic tank (Plan 6), hvori de groveste, faste Affaldsstoffer kan tilbageholdes og eventuelt sønderdeles (Punkt 57).

2) ***Indsøer*** og grunde, ***indelukkede Fjorde*** kan ikke optage større Mængder raat Kloakvand, uden at det giver Anledning til alvorlige Ulemper. I det stillestaaende Vand finder der straks en kraftig Bundfældning Sted omkring Kloakudløbet, og de svævende og opløste Urenheder, der ikke føres bort af nogen Strøm, vil efterhaanden give Anledning til Forurening af hele Vandmassen.

De organiske Bestanddele i den Slam, som bundfældes, vil gaa i Forraadnelse og derved, under *anaerobe Bakteriers* Virksomhed, langsomt omdannes til uorganiske Forbindelser, bl. a. en Del luftformige som Ammoniak, Kulsyre, Kulbrinter, Svovlbrinte, Brint o. a., som dels opløses i Vandet dels bobler op og giver Anledning til Lugtulemper. Endvidere dannes ved Forraadnelsesbakteriernes Virksomhed en Del Giftstoffer *(Toksiner)*, der kan gøre Anvendelse af Vandet i forskelligt Øjemed (f. Eks. til Kreaturvanding og Badning) farlig.

De svævende og opløste Urenheder, der hidrører fra Kloakvandet, vil, hvis Recipienten er stor nok og Vandet i den af frisk Beskaffenhed, efterhaanden ved en Iltningsproces omdannes til uorganiske, ikke forraadnelige Forbindelser, bl. a. Salpetersyre og Kulsyre, men Omdannelsen tager lang Tid. Man antog tidligere, at den foregik direkte under Indvirkning af den i Vandet opløste Luft, men fik senere Forstaaelse af, at Processen er af biologisk Art og betinget af visse *aerobe* (nitrificerende) *Bakteriers* Livsvirksomhed. Et passende Indhold af opløst Ilt i Vandet er en Nød-

vendighed for disse Bakteriers Trivsel, og der sker et Forbrug af denne Iltmængde ved Omdannelsen. Men ogsaa forskellige Alger og Vandplanter (f. Eks. *Vandpest*) synes at være virksomme ved at optage og omdanne svævende Urenheder af organisk Oprindelse.

Søvandets Indhold af opløst Ilt giver et Maal for den fremadskridende Forurening. I ganske rent Vand er Iltmængden ved 15° C. og normal Barometerstand 7 à 8 cm^3 pr. l; men den daler hurtigt ved Tilledning af Kloakvand, indtil der indtræder en Ligevægt mellem Iltforbruget paa den ene Side og Absorbtionen fra Luften paa den anden Side. Samtidig ændres Fiskebestanden i Søen paa karakteristisk Maade, idet Laks, Foreller og Aborrer, der kun kan leve i rent Vand, ret snart dør ud eller fortrækker til Fordel for Karper og Karudser, der kan holde Livet, indtil Iltmængden daler under 2 à 3 cm^3 pr. l. Ved væsentlig stærkere Forurening uddør hele Fiskebestanden, og der indtræder Fare for, at Vandmassen gaar i stinkende Forraadnelse.

Hvor Talen er om smaa Spildevandsmængder og store Søer, vil disse Ulemper naturligvis ikke føles saa stærkt; men Reglen bør dog være, at Kloakvand, som skal afledes til en Indsø, først underkastes en effektiv Rensning, bedst i et biologisk Renseanlæg. Vand fra Recipienter for Kloakvand bør aldrig benyttes som Drikkevand raat, da talrige patogene Bakterier, f. Eks. Tyfus- og Kolerabakterier, har udmærkede Livsbetingelser i det.

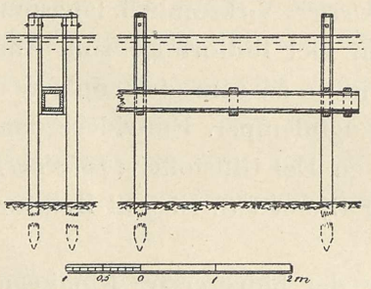


Fig. 153. Kloakudløb i Lyngby Sø.

Selve Udløbsledningen kan iøvrigt bygges paa lignende Maade som beskrevet for Udløb i Havet; dog vil særlige Sikringer mod Bølgeslag og Isgang som Regel være overflødige. Fig. 153 viser t. Eks. et Kloakudløb, der er indrettet saaledes, at Ledningen kan hæves op til Overfladen for at efterses.

3) ***Vandløb*** med rigelig Vandføring synes at være i Besiddelse af en betydelig Evne til Selvrensning, idet de kan optage en Del raat Kloakvand, uden at det giver Anledning til en vedvarende, følelig Forurening paa det nedenfor liggende Løb. Men denne Evne er dog sikkert i mange Tilfælde blevet overvurderet. Nedbrydningen af svævende og opløste Urenheder gaar saaledes meget langsommere for sig end tidligere antaget, og Forholdet er formentlig nærmest det, at største Delen af disse Urenheder af Strømmen føres ud

til Havet, hvor de bundfældes i Vandløbets Delta eller bidrager til Dannelse af Plankton. Som Maal for Vandets Forurening benytter man, foruden Iltindholdet, ogsaa den til Iltning af de i Vandet opløste, organiske Urenheder nødvendige Iltmængde, maalt f. Eks. ved Forbruget af Permanganat ($K Mn O_4$) pr. l Vand. Et Permanganatforbrug af 20—30 mg/l betegner saaledes allerede en stærk Forurening, der nødig maa overskrides. I tyske Floder har man ganske vist lejlighedsvis ved Lavvande konstateret langt større Forbrug, indtil 3 à 4 Gange saa meget, men Vandet har da ogsaa nærmest haft Karakter af Kloakvand. En stor Vandhastighed synes snarere at være til Skade end til Gavn for den aerobe Bakterievirksomhed, skønt Vandets livlige Bevægelse naturligvis fremmer Iltoptagelsen fra Atmosfæren.

I Vandløb med stærkt Fald vil Bundfældningen af Slam gaa langsomt for sig og mulig fordele sig over saa lang en Strækning, at Slamlaget efterhaanden kan sønderdeles ad aerob Vej uden følelige Ulemper. I Vandløb med svagt Fald og langsom Vandbevægelse bliver Forholdet nærmere som i en Indsø, idet Slamafsætninger ved Udløbet vil nødvendiggøre stadig Oprensning*) og kan medføre svære Ulemper.

Det angives i Henhold til Forsøg**), at almindeligt Husspildevand mister Evnen til at gaa i Forraadnelse, naar det opspædes med 30 Gange sit eget Volumen hel rent Vand, og svarende dertil kan man maaske i Praksis anse en Opspædning med 50—60 Gange Aavand som et Minimum, der absolut ikke maa underskrides. Og hvis Kloakvandet ikke er befriet for grove Urenheder, ved at passere en Rist el. l., bør Kravet sikkert forøges til 100 Gange eller endnu mere†). Hvis denne Opspædning ikke kan naas, og det vil for danske Vandløb være forholdsvis sjældent, maa man skride til en mekanisk eller biologisk Rensning af Kloakvandet, inden det ledes ud i Recipienten. Og dette maa tillige altid finde Sted, hvor en værdifuld Fiskebestand kan ødelægges ved Vandets Forurening††).

Udløbet kan foregaa gennem en Plankekasse eller i en aaben Grøft med

---

*) I Tillæg af 23. April 1897 til Vandløbsloven af 28. Maj 1880 træffes Bestemmelse om, at Udgifterne ved saadan Oprensning lægges paa den, som leder Kloakvand i Vandløbet. Men noget Forbud mod Forurening findes ikke i Loven.

**) Maanedsskrift for Sundhedspleje 1914. Axel Riis: Om Rensning af Kloakvand.

†) Se f. Eks. Maanedsskrift for Sundhedspleje 1911. H. A. Nielsen: Om Byafløbets Urensling af Vandløbene og sammes Paavisning. Og »Ingeniøren« 1916, Nr. 41. J. T. Lundbye: Det svenske Lovforslag imod Forurening af Vand og Luft.

††) Se Lov af 4. Maj 1907 om Ferskvandsfiskeri, § 5.

stensatte eller betonstøbte Sider, og man sørger gerne for at anbringe det et Stykke neden for den paagældende Bebyggelse langs Vandløbet.

Hvor der kun er Tale om en ganske lille Bebyggelse eller om enkelte Huse inde i Landet, fjernt fra større Vandløb, er en forsvarlig Ordning af Afløbsforholdene meget vanskelig, da et rationelt Renseanlæg vil være økonomisk uoverkommeligt. I mange Tilfælde er der ingen anden rimelig Udvej end at lede Spildevandet ud i en Grøft i passende Afstand fra Bebyggelsen. Men Opstilling af Vandklosetter er i saa Fald ogsaa en mislig Sag og bør i hvert Tilfælde kun finde Sted, hvis der indrettes Septic tanks ved de enkelte Ejendomme. Hvor Terrænforholdene tillader det, har man undertiden opsamlet Afløbet fra saadanne Hustanke og benyttet det til Havevanding. Endelig skal det blot nævnes, at man enkelte Steder har afledet Spildevand til gamle, ubenyttede Drikkevandsbrønde; men Fremgangsmaaden kan som Regel ikke forsvares af Hensyn til den Fare, som opstaar for Infektion af vandførende Lag*).

55. Pumpeanlæg. Ved Kloakering for Bebyggelser paa fladt Terræn med ringe Fald hen imod Recipienten kan det blive nødvendigt at løfte Kloakvandet ved Maskinkraft. Særlig hvor man ønsker en biologisk Rensning af Afløbet i Nedrislingsfiltre, er det ofte umuligt at fremskaffe den nødvendige Vandspejlshøjde paa anden Maade.

Et almindeligt Pumpeanlæg bestaar af en eller flere Kraftmaskiner med tilhørende Pumper samt en Sibrønd, hvori Kloakvandet, inden det ledes til Pumperne, underkastes en mekanisk Rensning (som Regel blot ved Gruskammer og Rist, se Punkt 56). Kraftmaskinerne kan ved større Anlæg være Dampmaskiner eller Forbrændingsmotorer, ved mindre Anlæg og saadanne Anlæg, hvis Drift helt eller delvis skal kunne reguleres automatisk, Elektromotorer. Den mest almindeligt anvendte Pumpetype er Centrifugalpumpen, der egner sig udmærket godt til at løfte Kloakvand, fordi den ikke arbejder med Ventiler eller Glideflader, der let ødelægges af dettes faste Urenheder. Maskinanlægget maa have rigelige Reserver og maa kunne reguleres saaledes, at det til enhver Tid kan modtage de stærkt varierende Vandmængder.

I et større, kombineret Anlæg er en passende Anvendelse af Regnvands-

*) »Ingeniøren« 1914, Nr. 43, 47 og 51.

overfald med direkte Afløb til Grøfter, Søer el. l. næsten en Nødvendighed, da Pumpeanlæget i Størrelse og Maskinkraft vilde blive ganske uforholdsmæssigt, dersom det skulde kunne løfte den totale Afstrømning fra Oplandet under stærk Tordenregn. Ved ganske smaa Anlæg kan man undertiden med Fordel benytte et Samlebassin og gøre Driften af Pumperne intermitterende i Lighed med, hvad der er beskrevet for intermitterende Afløb i Punkt 54.

Driften af et Pumpeanlæg er altid en kostbar Sag, og man maa derfor have sin Opmærksomhed henvendt paa, om ikke i hvert Tilfælde en Del af Oplandet kan afvandes ved fri Afstrømning, og i saa Fald udskille dette som et Revier for sig. Hvis der er Mulighed for at skaffe fri Afstrømning, helt eller delvis, for det mindre stærkt forurenede Overfladevand, maa Spørgsmaalet om et separat Anlæg komme i Betragtning og undersøges nærmere ved en Rentabilitetsberegning.

56. Mekaniske Renseanlæg for Kloakvand kommer til Anvendelse paa Steder, hvor Recipienten er af en saadan Beskaffenhed, at den vel ikke taaler Tilledning af raat Kloakvand, men paa den anden Side heller ikke er saa ømtaalelig, at den ikke kan modtage Afløb med noget Indhold af opløste og svævende Urenheder. Det gælder f. Eks. i mange Tilfælde for Vandløb med nogenlunde rigelig Vandføring. Mekanisk Rensning er fremdeles altid nødvendig, inden Kloakvand ledes i et Pumpeanlæg, da de grove Urenheder og faste Partikler ellers let giver Anledning til breakage i Maskinerne. Endelig er mekanisk Rensning i mange Tilfælde en ypperlig Forbehandling for Kloakvand, der skal undergaa en videre Behandling i et biologisk Filter, da den mekaniske Rensning i Modsætning til Rensningen i en Septic tank kan foregaa, uden at Kloakvandet under Rensningen gaar i stinkende Forraadnelse.

1) Den første Del af en mekanisk Rensning foregaar i et ***Gruskammer***, d. v. s. en med Slamfang forsynet Udvidelse af Ledningen, i hvilken Kloakvandets Hastighed sættes passende ned, sædvanlig til 0,15 à 0,25 m/Sek. Derved bundfældes tunge Partikler som Grus og Sand, Kulstykker, Ben o. l. og hober sig op i Slamfanget, der naturligvis jævnlig maa renses op. Ved moderne Anlæg foregaar denne Oprensning ofte ved mekaniske Apparater, der virker automatisk.

2) Den næste Del af Behandlingen bestaar i, at Kloakvandet passerer en ***Rist***, der tilbageholder grove, svævende Urenheder som f. Eks. Fækalier,

Madrester, Indvolde, Haar, Klude o. l. Den frie Afstand mellem Ristestængerne gøres sædvanlig ca. 10 mm, undertiden mindre, f. Eks. 2—3 mm, hvor man ønsker en meget vidtgaaende Rensning. Men Renholdelse af Ristene giver da Anledning til betydelige Vanskeligheder.

I tidligere Tid kendte man kun til faste Riste, og dem forsynede man med mekaniske Skrabere, der f. Eks. som endeløse Baand fejede hen langs Ristene eller imellem Ristestængerne og førte de frasiede Urenheder bort. Men i vore Dage benytter man fortrinsvis bevægelige, specielt roterende Riste*) eller roterende Sier, der selv fører de frasiede Urenheder med sig og læsser dem af, f. Eks. paa et Transportbaand, der atter fører dem til Lossepladsen.

3) Hvis Forholdene kræver en yderligere Rensning af Kloakvandet, kan denne finde Sted, stadig ad mekanisk Vej, i ***Bundfældningskamre*** eller, hvad der betyder det samme, Klarebassiner eller Separatorer. Bundfældningskamre er store, som Regel aabne, betonstøbte Beholdere af aflangt, rektangulært Grundrids; de er i den ene smalle Side forsynet med en Fordelingsrende med flere, sædvanlig dykkede Tilløb for Kloakvand, og i den modsatte Side med en Overfaldskant og paafølgende Afløb for det afklarede Kloakvand. Bunden støbes med Hældning hen imod Tilløbssiden, hvor den stærkeste Aflejring af Slam finder Sted og kræver Plads (Fig. 154). Bundfældningskamre holdes nu om Stunder hyppigst i kontinuerlig Drift, saaledes at Kloakvandet passerer dem i en kontinuerlig Strøm med ganske svag Hastighed paa nogle faa cm pr. Sek., og Kamrets Længde bør i saa Fald vælges saaledes, at Kloakvandet mindst opholder sig 2 à 3 Timer deri. Et Rumindhold af 0,2—0,3 m^3 pr. m^3 Spildevand pr. Døgn (i tørt Vejr) kan saaledes i mange Tilfælde anses for passende.

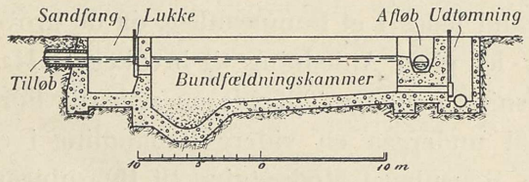


Fig. 154. Et Bundfældningskammer.

Under Vandets langsomme Passage gennem et Bundfældningskammer synker en stor Del (sædvanlig 70—80 %) af de i Kloakvandet opslemmede, fine Urenheder til Bunds og aflejrer sig som Slam. Det afstrømmende Vand indeholder endnu baade opløste og svævende Urenheder og kan langtfra

*) Se »Ingeniøren« 1915, Nr. 1. J. T. Lundbye: Mekanisk Rensning af Kloakvand.

betegnes som rent Vand, men Rensningen er dog gerne saa vidt fremskredet, at Afløbet ved at fortyndes med en eller to Gange sit eget Rumfang rent Vand mister Evnen til at gaa i Forraadnelse. Det er derfor kun, hvor Talen er om meget ømfindtlige Recipienter (Indsøer, Vandløb med ringe Vandføring e. l.), at der behøves en videregaaende Rensning, f. Eks. ved Behandling i et biologisk Filter (Punkt 57).

Ved Rensning i Bundfældningskamre er det af Hensyn til Afløbets videre Behandling eller Bortskaffelse en Hovedsag at undgaa stinkende Forraadnelse i Kloakvandet, og den bundfældede Slam maa derfor fjernes hyppigt, helst med faa Dages Mellemrum, da en indtrædende Forraadnelse i Slammen meget hurtigt vil brede sig. Denne Oprensning af Slammen kan ske for Haanden, efter at Kammeret er tømt for Kloakvand, eller ved mekaniske Hjælpemidler som Spandkædemaskiner eller Pumper, der suger Slammen bort gennem Rørledninger og afgiver den paa en passende Slamplads.

Men den endelige Bortfjernelse af Slammen er altid en vanskelig Sag ved almindelige Bundfældningskamre, fordi den friske, meget vandrige Slam indtager et stort Volumen. Man angiver f. Eks. 0,3—0,4 l Slam med 90 à 95 % Vandindhold pr. Individ pr. Døgn*). Man har prøvet at centrifugere Slammen og tørre den til Gødningspulver eller forbrænde den under Kedler, men Udgifterne bliver altid betydelige. Hvor det er muligt, har man sejlet Slammen til Havs i Pramme og tømt den ud paa dybt Vand. Men i mange Tilfælde har man maattet indrette sig paa at lade den ligge hen paa afsides Slampladser, hvor den synker sammen og grønnes, efterhaanden som Vandindholdet daler ved Udtørring.

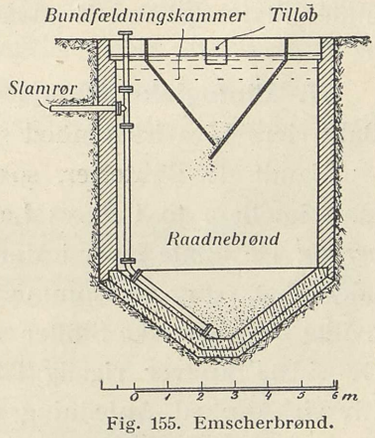


Fig. 155. Emscherbrønd.

4) En tysk Ingeniør *Imhoff* har imidlertid konstrueret et moderne Bundfældningskammer, den saakaldte ***Emscherbrønd*** eller Imhoffbrønd (Fig. 155), der muliggør en mere rationel Løsning af Slamspørgsmaalet.

Emscherbrønden bestaar foroven af et rendeformigt Bundfældningskammer, forneden af en

*) Maanedsskrift for Sundhedspleje, 1914. Axel Riis: Om Rensning af Kloakvand.

Raadnebrønd (Punkt 57). Bundfældningskammeret begrænses nedadtil af to skraat stillede Flager af Træ eller Beton, der ikke lukker tæt sammen, men danner en aaben Slids, hvorigennem Slammen, efterhaanden som den dannes, synker ned i Raadnebrønden. Her sønderdeles en stor Del af Slammen til luftformige Forbindelser, og den udraadnede Slam, der bliver tilbage, faar en tættere, mere muldagtig Beskaffenhed, et mindre Vandindhold og som Følge deraf et relativt ringe Volumen. Afløbet fra Bundfældningskammeret, der er helt adskilt fra Bundrummet, er derimod ganske friskt.

Oprensning af Slamrummet kan foregaa med forholdsvis lang Tids Mellemrum og sker bedst ved Hjælp af en Rørledning, der udgaar fra Bunden i Brønden og munder ud paa Slampladsen. Ligger denne passende dybere end Vandspejlet i Brønden, kan Vandtrykket selv presse Slammen ud gennem Ledningen. I modsat Fald anvendes Pumper.

Emscherbrønde anses for Nutidens bedst egnede Anlæg til mekanisk Afklaring af Kloakvand. De udføres af Beton, eventuelt foret med et Lag Klinker, sædvanlig med cirkulært Tværsnit og afsluttes forneden med en kegleformig Bund. Diametren kan være ca. 6 m og Dybden ca. 8 m. Brøndene anlægges gerne flere i Serie.

Hvis Kloakvandet er meget fedtholdigt, kan Bundfældningskammeret paa særlig Maade udstyres med Dykbrædder *(Kremercellen)*, der skummer Fedtet af Vandets Overflade.

Mekaniske Renseanlæg udføres sædvanlig in duplo, af Hensyn til nødvendige Oprensninger og Reparationer, og beskyttes mod Overbelastning under Styrtregn ved Regnvandsoverfald.

57. Biologiske Renseanlæg kaldes saadanne Renseanlæg, ved hvilke Bakteriers Livsvirksomhed spiller en afgørende Rolle.

Blandt de Bakterier, som har Betydning i denne Forbindelse, skelner man imellem to i deres Levevis vidt forskellige Slags, nemlig *anaerobe* og *aerobe*. De første lever i Mørke og i Rum, hvorfra den atmosfæriske Luft er udelukket, og er virksomme under de stinkende Forraadnelsesprocesser, ved hvilke de organiske Stoffer sønderdeles, saaledes som beskrevet i Punkt 54. De sidste kræver rigelig Tilgang af atmosfærisk Luft og giver ved deres Livsvirksomhed Anledning til Omdannelse af organiske Affaldsstoffer ved en særegen Iltning (Nitrifikation), der forløber uden større Udvikling af ildelugtende Luftarter, og som er omtalt nærmere, ligeledes i Punkt 54.

Forraadnelsesprocessen drives rationelt i Septic tanks eller Raadnebrønde og har dér navnlig Betydning for Sønderdeling af den Slam af organiske Affaldsstoffer, der bundfældes i Kloakvandet ved Henstand. Den aerobe Sønderdeling udnyttes bl. a. i biologiske Filtre (Iltningsfiltre) og har dér Betydning for Uskadeliggørelse (Mineralisering) af saadanne, opløste eller svævende Urenheder, der ikke let bundfældes, men kan holdes tilbage paa Overfladen i et Filteranlæg, hvor de udsættes for Bakteriernes Angreb. De to Processer kombineres ofte saaledes, at man først lader Afløbet passere en Raadnebrønd og dernæst et Iltningsfilter, men nogen Nødvendighed er denne Kombination ikke. Tværtimod foregaar Iltningen i et biologisk Filter i det væsentlige bedre, naar Afløbet kommer relativt friskt fra et mekanisk Renseanlæg, f. Eks. fra en Emscherbrønd, end i raadden Tilstand fra en Septic tank. Helt urenset Kloakvand kan derimod ikke godt behandles i almindelige Iltningsfiltre, da disse hurtigt vilde forstoppes af groft Snavs og derved sættes ud af Funktion.

Biologiske Renseanlæg er altid ret følsomme for Overbelastning og for Variationer i Kloakvandets Koncentration. Hvis Tilførslen af Kloakvand stiger væsentligt over det Kvantum, som Anlægget normalt er i Stand til at behandle, svækkes Bakterievirksomheden, og hvis Vandmængden fordobles eller tredobles, kan Virksomheden sættes saa stærkt tilbage, at Anlægget i nogen Tid bliver »dødt« og ophører at fungere. I et kombineret Anlæg er Regnvandsoverfald derfor nødvendige, hvis Renseanlægets Dimensioner ikke skal blive uforholdsmæssige.

Nye Anlæg vil altid være uvirksomme i nogen Tid, indtil Bakterielivet indfinder sig af sig selv under de givne Betingelser eller overføres til det nye Anlæg fra ældre, »modne« Anlæg ved Tilførsel af Vand fra disse.

1) ***Raadnebrønde*** (Septic tanks) bygges (Fig. 156) paa lignende Maade som Bundfældningskamre, men maa være relativt større, da Kloakvandet skal opholde sig i længere Tid i dem, helst 12—24 Timer, for at Forraadnelsesprocessen kan skride passende frem; endvidere indretter man dem hyppigt overdæk-

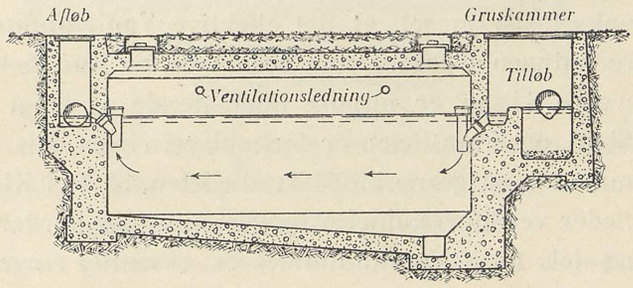


Fig. 156. Lukket Septic tank.

kede med Loft af Beton eller Træværk, og endelig etableres baade Tilløb og Afløb gennem dykkede Ledninger, for at Vandoverfladen i Tanken altid kan være intakt.

Paa Vandoverfladen i en Raadnebrønd danner der sig nemlig, naar Forraadnelsen i den bundfældede Slam er begyndt, en Hinde af Urenheder, der stiger op sammen med de udviklede Luftarter, og denne Hinde vokser i Tykkelse, efterhaanden som Brønden fungerer, og ender med at blive en 25—50 cm tyk, fast Skorpe, der er af Vigtighed som Sæde for en Del virksomme Bakterier og Svampe. I aabne Raadnebrønde danner denne Skorpe tilmed det egentlige Lukke opadtil mod Lys og Luft og bliver saaledes af principal Betydning for Processens Forløb.

Ved smaa Anlæg dimensioneres Raadnebrønde gerne saaledes, at Vandindholdet er 3 à 4 Gange saa stort som den døgnlige Spildevandsmængde i tørt Vejr. Ved store Anlæg, hvor Tilløbet er regelmæssigere og af mere ensartet Beskaffenhed, og ved separate Anlæg, hvorfra Regnvand er helt udelukket, gaar man til mindre Forhold, f. Eks. til $^1/_2$ à 1 Gang Spildevandsmængden i et Døgn. Vanddybden gøres nødig mindre end ca. 2 m. De aabne Tanke er sædvanlig billigst i Anlæg, men de udviklede Luftarter giver let Anledning til Lugtulemper, og Tankene bliver altid Tilholdssted for uhyre Masser af Fluer. Lukkede Tanke maa ventileres ved et Aftræksrør eller en Skorsten, der føres til Vejrs over Bygningshøjde. Ved smaa Anlæg nøjes man gerne med et 20 à 30 mm, galvaniseret Smedejernsrør, der føres op langs et Træ, en Mast, en Flagstang el. l.

Ved smaa Anlæg leder man ofte raat Kloakvand direkte i Tanken, men det heldigste er at indrette et Forkammer med Sandfang, hvori grovere Partikler kan synke til Bunds og senere fjernes. Ved store Anlæg anvendes tillige Forrensning ved en Rist.

Tanken maa fra Tid til anden renses op, naar Slamlaget i Bunden er vokset saa meget, at det effektive Vandvolumen er kendelig forringet. Oprensningen foregaar som beskrevet for Bundfældningskamre. Den udraadnede Slam er mindre ildelugtende og langt lettere at behandle end frisk Slam, og Kvantiteten er forholdsvis ringe, dels fordi en meget betydelig Del, man regner gerne indtil Trediedelen, af de i Kloakvandet opslemmede Urenheder ved Forraadnelsesprocessen er sønderdelt til luftformige Forbindelser, og dels fordi Vandindholdet er væsentlig ringere end i frisk Slam. Oprens-

ning kan derfor foregaa langt sjældnere end ved Bundfældningskamre, ved mindre Anlæg maaske kun et Par Gange om Aaret.

Afløbet fra en Septic tank er altid ildelugtende, mættet med Svovlbrinte og sort af Svovljern. Svovlbrinten nedsætter Iltindholdet i den Recipient, som modtager Afløbet, og det kan atter skade Fiskebestanden. Endvidere indeholder Afløbet endnu en stor Del opløste og svævende Urenheder, der ikke er sønderdelt under Forraadnelsesprocessen. Hvis Recipienten er et stillestaaende Vand eller et lille Vandløb, bør Afløbet fra Tanken derfor helst renses yderligere i et Iltningsfilter.

2) ***Biologiske Filtre*** dynges op af Brokker af et eller andet uorganisk Materiale, bedst Koks eller Slagger, hvis Jernindhold synes at forøge Filtrets Effekt, men ogsaa Skærver, Murbrokker o. l. kan anvendes. Naar Filtret er »modent«, er Filtermaterialet overtrukket med en slimet Hinde, Filterhuden, hvori de aerobe Bakterier har Sæde.

Biologiske Filtre kan enten drives kontinuerligt som Nedrislingsfiltre, i hvilke Kloakvandet føres til for oven, risler eller drypper ned igennem Filtermassen og samles i Afløbsrender for neden, eller intermitterende som Kontaktfiltre, der fyldes helt med Kloakvand, henstaar fyldte i nogle Timer, for derefter at tømmes og henstaa tomme til Udluftning og Regeneration af Bakterielivet i et paafølgende Antal Timer. I begge Tilfælde er uhindret Adgang for Luften til at indvirke paa Filtermassen en afgørende Betingelse for Bakteriernes Trivsel.

a. Nedrislingsfiltre anlægges i det frie, eventuelt beskyttet mod Frost og Sne af et Træskur med rigelig Adgang for Luften langs alle Vægge. Filtermaterialet dynges op paa et Betonfundament, der afrettes med Fald hen imod udsparede Afløbsrender, der fører det rensede Vand bort (Fig. 157). Som Regel behøver Filtermassen ikke Indfatningsmure, men kan staa med nogenlunde stejle Sider, naar man blot benytter passende groft Materiale, f. Eks. hele Koksstykker yderst. Ønskes Indfatningsmure, maa disse være rigelig gennembrudt af Lufthuller.

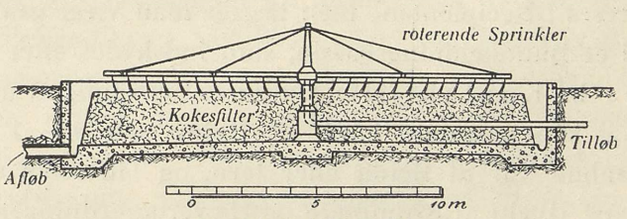


Fig. 157. Nedrislingsfilter.

Kornstørrelsen af Filtermassen er sædvanlig 2—3 cm undtagen øverst, hvor man lægger et finere Lag for at opnaa en god Fordeling af Tilløbet.

Filtrets totale Højde maa for den nævnte Kornstørrelse erfaringsmæssig ikke være mindre end 1,5—2,0 m, hvis Processen skal forløbe nogenlunde fuldstændigt.

Tilledningen til Filtret maa indrettes saaledes, at man faar den bedst mulige Fordeling af Kloakvandet over hele Filtrets Overflade. Ved smaa Anlæg lægger man gennemskaarne Lerrør oven paa Filtret og lader Tilløbet fordele sig i disse og strømme over Kanterne langs dem, eller man benytter Vippetrug, hvori en passende Vandmængde opsamles for pludselig at tømmes ud i en kraftig Strøm, der fordeler sig over hele Overfladen. Ved større Anlæg benytter man hellere Jernrør, der er forsynet med Huller, hvorigennem Kloakvandet sprøjter ud i smaa Springvand (sprinklers). Rørene kan ligge fast eller være drejelige om en lodret Aksel. I sidste Tilfælde indrettes Springvandene med ensidig Retning (som i en Turbine), saaledes at Vandtrykket selv bevirker en Omdrejning; herved opnaar man en udmærket god Fordeling af Tilløbet.

Filtrets Kapacitet kan variere en Del. Den er størst i den varme Aarstid, større for finkornet Materiale (med større Overflade) end for grovere, og større for Koks og Slagger end for Skærver og Murbrokker. Ofte vælger man Størrelsen af et Filter saaledes, at man har 0,15 à 0,25 m^3 Filtermasse for hvert Individ paa Oplandet.

Med Afløbet fra et Nedrislingsfilter bortskylles en Del ikke yderligere sønderdelelige Stoffer, hidrørende dels fra Kloakvandet, dels fra Filterhudens Bakteriekolonier. Disse Stoffer, der sædvanlig har Udseende som en fin, graa Slam, gaar ikke senere i Forraadnelse og kan derfor som Regel tolereres i Recipienten; men lægger man Vægt paa et klart Afløb, kan de fjernes i et Bundfældningsbassin, som indskydes efter Filtret.

b. Kontaktfiltre udføres sædvanlig af noget mere finkornet Materiale og kan passende have en Højde paa 0,5—1 m. Filtermassen anbringes i aabne Kar af Beton eller Jern, og Tilførslen af Vand reguleres automatisk ved Hjælp af Svømmere og Hævertanordninger. Filtret bør erfaringsmæssig henstaa fyldt i mindst 2 Timer, og Regenerations- og Udluftningstiden i tom Tilstand maa aller mindst være lige saa stor. Da ogsaa Fyldning og Tømning tager Tid, naar hvert Filter sjældent at fungere mere end 2 Gange i Døgnet, og det er derfor altid nødvendigt at have flere Filtre, der supplerer hinanden.

Kontaktfiltre har noget mindre Kapacitet end Nedrislingsfiltre. De er

mere tilbøjelige til at forstoppe end disse, fordi den fine Slam af ikke sønderdelelige Stoffer erfaringsmæssig holdes tilbage i Filtermassen. De benyttes derfor sjældent og kun, hvor den disponible Trykhøjde er for lille til Anlæg af Nedrislingsfiltre.

3) Rensning med ***aktiveret Slam****). Ved denne ganske nye Metode gennemføres Nedbrydningen af organiske Urenheder i Kloakvandet helt og holdent ad aerob Vej i aabne Brønde, der gennemblæses med atmosfærisk Luft. Processens heldige Forløb er betinget af, at der i den Slammasse, som delvis fylder Brøndens Bundrum, er fremdrevet et intensivt Bakterieliv, hvad man i Praksis betegner som »Aktivering« af Slammen.

Fremgangsmaaden stammer fra Amerika og vil formentlig med det første blive forsøgt ved et Anlæg i Søllerød Kommune.

I gode, biologiske Filteranlæg, som ikke overbelastes, kan man sædvanlig opnaa at reducere de i Kloakvandet indeholdte, opløste og svævende, organiske Urenheder med 60—80 %. Afløbet vil derefter have mistet Evnen til at gaa i Forraadnelse og er for saa vidt uskadeligt. Det er i Reglen nogenlunde klart, undertiden svagt opaliserende eller let skummende paa Grund af indeholdte, sæbeagtige Stoffer, men i æstetisk Henseende ganske upaaklageligt.

Hvad patogene Bakterier angaar, saa forringes disse baade i Antal og Virulens ved Processerne baade i Raadnebrønde og Iltningsfiltre; men de udryddes ikke helt, og Afløbet rummer derfor stadig en vis Fare for Infektion under Epidemier.

En fuldstændig Bortfjernelse af Sygdomskim fra Afløbet kan opnaas ved at give dette en afsluttende Behandling i Sandfiltre eller paa Overrislingsmarker (Punkt 58); men Fremgangsmaaden er omstændelig og kostbar. I de fleste Tilfælde nøjes man derfor med at indrette sig paa at kunne desinficere Kloakvandet under Epidemier ved Tilsætning af Klorkalk. Tilsætningen sker sædvanlig, inden Kloakvandet ledes til de biologiske Filtre, og Erfaring viser, at Klorets kimdræbende Virkning neutraliseres i Filtrenes øverste Lag, saaledes at den biologiske Virksomhed ikke forstyrres kendeligt.

Biologiske Renseanlæg udføres, ligesom mekaniske Renseanlæg, helst in duplo.

---

*) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1919, Hefte 15. Geo. Peel Harvey: Aktiveret Slam.

58. Paa **Overrislingsmarker** etableres en biologisk Rensning under naturlige Forhold, ved at Kloakvand benyttes til Vanding af dyrkede Arealer. Man opnaar ved disse Anlæg baade en biologisk Rensning af Kloakvandet og en Udnyttelse af de deri indeholdte Gødningsstoffer, om end Fordelen ved dette sidste almindeligvis viser sig at være væsentlig mindre, end man skulde være tilbøjelig til at antage.

Kloakvandet kan fordeles over Markerne gennem aabne Rislerender, ligesom ved et Engvandingsanlæg, eller sprøjtes ud over dem under Tryk ved Hjælp af bevægelige Ledninger og Slanger. Markernes Afvanding maa i begge Tilfælde sikres ved en intensiv Dræning.

Den Rensning af Kloakvandet, som opnaas, ved at dette filtrerer igennem Jordlagene, er overordentlig effektiv og langt den bedste, man kender, naar Arealerne ikke overbelastes. Derimod er det saa godt som aldrig muligt at opnaa fuld Udnyttelse af Kloakvandets Gødningsværdi, da Anlægene i saa Fald maatte være uforholdsmæssig vidtstrakte. Man angiver f. Eks.*), at 1 ha af et Græsareal selv under gunstige Forhold i Vegetationstiden kun formaar at optage Kvælstofmængden i Kloakvandet fra ca. 200 Individer; men i Praksis kan man af Bekostningshensyn sjældent indrette sig paa at belaste 1 ha med mindre end Afløbet fra 400—600 Personer, og uden for Vegetationstiden ophører Udnyttelsen af Gødningsstofferne helt. En overvejende Del af Urenhederne maa derfor uskadeliggøres ved den biologiske Iltning uden at komme Plantevæksten til Gode. Bedst egnede til Overrislingsmarker er lette Sandjorder; Lerjorder sættes hurtigt til af Slam. De i økonomisk Henseende heldigste Resultater har man opnaaet under klimatiske Forhold, hvor Vanding af dyrkede Arealer i det hele taget er af afgørende Betydning for Plantevæksten (f. Eks. i Lombardiet), idet man da indretter sig paa at blande Kloakvandet op med rent Flodvand eller med artesisk Vand (Milano).

Men i Almindelighed gælder, at det økonomiske Udbytte, man faar ved at udnytte Kloakvandets Gødningsværdi paa Overrislingsmarker, er ringe i Forhold til de store Udgifter ved Anlægenes Udførelse, Drift og Vedligeholdelse, og at Afgrøderne derfor nærmest er at betegne som Biprodukter. I mange Tilfælde ser man da ogsaa ganske bort fra at udnytte Gødningsstofferne og lægger Vægten paa at skaffe en passende porøs, sandet eller gruset

---

*) Se Handbuch der Ingenieurwissenschaften. III Teil, IV Band. Leipzig 1910.

Jordbund, hvorpaa Kloakvandet kan stuves op ved en intermitterende Drift, der danner Overgang til Driften af biologiske Kontaktfiltre. Ved Anlæg af den Art har man i Amerika, under Anvendelse af mekanisk Forrensning for Kloakvandet, kunnet belaste 1 ha med Afløbet fra 2—3000 Individer og opnaa en tilfredsstillende Rensning.

59. Forsøg med **Rensning af Kloakvand i Fiskedamme** er i de senere Aar anstillet af Prof. *Hofer* i München, og Fremgangsmaaden er anvendt med godt Resultat ved forskellige Forsøgsanlæg, bl. a. i Strassburg*).

Kloakvandet underkastes først en mekanisk Forrensning, fortyndes dernæst noget med rent Flodvand og ledes tilsidst som en kontinuerlig Strøm ud i en Række Fiskedamme. Her omdannes en stor Del af de svævende og opløste Urenheder i Kloakvandet under Indvirkning af Bakterier og Alger saaledes, at de kan tjene til Næring for forskellige Vandplanter og Smaadyr, der atter bliver Føde for en Fiskebestand af Karper.

Det angives, at 1 ha af Fiskedammene kan modtage Afløbet fra indtil 1500 Individer uden at forurenes saa meget, at Fiskene lider derunder, og at Udbyttet af Fiskeholdet kan andrage ca. 500 kg Fisk om Aaret paa det samme Areal.

---

*) »Der Kulturtechniker« 1916, Nr. 3.

Tabel I

til Bestemmelse af Vandhastighed v m/Sek. og Vandføring Q l/Sek. i

Kloakledninger med cirkulært Tværprofil,

naar Profilets indv. Diameter er d cm, Vanddybden h cm og

Faldet 1 : 100.

$h:d$	Diameter d													
	10		15		20		25		30		35		40	
	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q
0,1	0,15	0,06	0,21	0,20	0,27	0,44	0,33	0,82	0,39	1,42	0,44	2,20	0,50	3,21
0,2	0,26	0,29	0,37	0,94	0,48	2,13	0,58	4,03	0,67	6,73	0,76	10,4	0,85	15,1
0,3	0,36	0,70	0,50	2,22	0,64	5,04	0,77	9,45	0,89	15,8	1,00	24,3	1,12	35,2
0,4	0,43	1,27	0,61	4,00	0,77	9,03	0,92	16,1	1,07	28,1	1,20	43,1	1,33	62,4
0,5	0,49	1,93	0,69	6,09	0,87	13,7	1,04	25,6	1,20	42,5	1,36	65,2	1,50	94,2
0,6	0,54	2,65	0,75	8,33	0,95	18,7	1,13	34,8	1,30	57,8	1,47	88,5	1,62	127,9
0,7	0,57	3,34	0,79	10,5	1,00	23,5	1,19	43,8	1,37	72,6	1,54	111,1	1,71	160,4
0,8	0,58	3,90	0,81	12,3	1,02	27,5	1,22	51,2	1,40	84,9	1,58	130,0	1,74	187,3
0,9	0,57	4,24	0,79	13,3	1,00	29,9	1,20	55,7	1,38	92,3	1,55	141,4	1,71	204,2
1,0	0,49	3,86	0,69	12,2	0,87	27,4	1,04	51,1	1,20	84,9	1,36	130,4	1,50	188,5

$h:d$	Diameter d													
	45		50		55		60		70		80		100	
	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q
0,1	0,55	4,49	0,60	6,00	0,65	7,93	0,70	10,2	0,79	15,7	0,88	22,8	1,05	42,5
0,2	0,97	21,9	1,01	28,3	0,95	32,2	1,17	47,1	1,38	75,6	1,46	104,5	1,73	193,5
0,3	1,22	48,9	1,33	65,7	1,43	85,4	1,53	108,7	1,72	166,4	1,90	239,6	2,24	442
0,4	1,62	96,2	1,58	116,0	1,70	150,8	1,83	192,8	2,03	291,6	2,24	420	2,64	773
0,5	1,64	130,4	1,78	174,7	1,91	226,5	2,03	287,2	2,28	438	2,51	630	2,94	1155
0,6	1,78	176,9	1,92	236,2	2,06	306,7	2,20	389	2,46	593	2,70	851	3,17	1558
0,7	1,87	222,1	2,02	296,7	2,17	386	2,30	488	2,57	739	2,83	1066	3,32	1949
0,8	1,90	259,1	2,06	346,6	2,20	449	2,35	570	2,63	869	2,88	1243	3,49	2350
0,9	1,87	282,1	2,03	377,6	2,17	489	2,31	620	2,59	945	2,81	1355	3,33	2480
1,0	1,64	260,8	1,78	349,3	1,91	453	2,03	574	2,28	876	2,51	1261	2,94	2310

Beregnet efter Ganguillet og Kutters korte Formel:

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RI} \quad \text{for } m = 0{,}35\text{*)}.$$

*) Tabellen er gengivet efter »Handbuch der Ingenieurwissenschaften«, III Teil, IV Band, 1910.

Tabel II

til Bestemmelse af Vandhastighed v m/Sek. og Vandføring Q l/Sek. i **Kloakledninger med cirkulært Tværprofil og spids Bund** (Fig. 145), naar Cirklens Diameter er d cm, Profilets fulde Højde H, Vanddybden h og **Faldet 1 : 100.**

$h:H$	Diameter d													
	35		40		45		50		55		60		65	
	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q
0,1	0,41	1,23	0,46	1,79	0,51	2,53	0,55	3,38	0,60	4,43	0,64	5,66	0,69	7,15
0,2	0,67	6,38	0,74	9,24	0,81	12,9	0,89	17,3	0,96	22,6	1,02	28,8	1,09	36,1
0,3	0,89	17,5	1,00	25,3	1,10	35,2	1,29	47,3	1,28	61,6	1,32	75,7	1,46	97,9
0,4	1,11	35,2	1,23	51,0	1,35	70,8	1,47	94,6	1,58	123	1,68	155	1,79	195
0,5	1,29	58,2	1,43	84,1	1,57	117	1,70	156	1,82	203	1,94	257	2,06	320
0,6	1,43	84,1	1,58	121	1,73	168	1,87	224	2,00	290	2,14	370	2,27	460
0,7	1,53	110	1,69	159	1,84	220	1,99	294	2,14	382	2,28	484	2,41	604
0,8	1,57	133	1,74	192	1,90	266	2,05	353	2,20	460	2,35	582	2,49	724
0,9	1,56	148	1,73	213	1,88	296	2,04	398	2,18	512	2,33	648	2,46	805
1,0	1,37	138	1,51	199	1,65	276	1,79	367	1,92	478	2,04	606	2,17	755

$h:H$	Diameter d													
	70		75		80		85		90		95		100	
	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q
0,1	0,73	8,76	0,77	10,7	0,82	12,8	0,86	15,1	0,90	17,8	0,93	20,8	0,97	23,9
0,2	1,16	44,3	1,22	53,8	1,28	64,1	1,35	75,8	1,41	87,5	1,47	103	1,52	119
0,3	1,54	120	1,63	146	1,70	173	1,78	204	1,86	239	1,94	278	2,01	320
0,4	1,89	239	1,99	289	2,09	345	2,18	405	2,27	474	2,37	551	2,46	633
0,5	2,18	392	2,29	474	2,40	564	2,51	664	2,61	776	2,71	901	2,81	1033
0,6	2,40	563	2,52	680	2,64	810	2,75	952	2,87	1112	2,98	1290	3,09	1480
0,7	2,55	736	2,68	887	2,80	1058	2,92	1242	3,04	1452	3,17	1689	3,28	1932
0,8	2,62	885	2,75	1070	2,88	1274	3,00	1495	3,13	1746	3,25	2025	3,37	2323
0,9	2,60	985	2,73	1189	2,86	1418	2,98	1665	3,10	1941	3,22	2255	3,34	2588
1,0	2,29	924	2,41	1116	2,52	1328	2,64	1564	2,74	1826	2,85	2118	2,96	2430

Beregnet (ved Hjælp af Regnestok) efter Ganguillet og Kutters korte Formel:

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \cdot \sqrt{RI} \text{ for } m = 0{,}35$$

af Ingeniør *M. Borch.*