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*

AB
Aa Feilberg & C.L. Feilberg
Kulturteknisk
Vandhygning
1921

~~Industribiblioteket~~

Grp: ~~198~~ Forfatter: Feilberg

Titel: Kulturteknisk Vandbygning (Tekst)

Bind: Udgave: Trykaar: 1921.

~~Industribiblioteket~~

Tegningerne separat i Folio!

Th

~~6268. Folio~~

~~FOLIO~~

~~6268~~

P

INDUSTRIBIBLIOTEKET

KULTURTEKNISK
VANDBYGNING

DANMARKS
TEKNISKE BIBLIOTEK

St.F.
626.8 Feil

1921 [Bd.1]

4°

KULTURTEKNISK
VANDBYGNING

INDUSTRIBIBLIOTEKET

KORTFATTET LÆREBOG

I

KULTURTEKNISK VANDBYGNING

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

af

Aa. Feilberg og **C. L. Feilberg.**

København.
1921.

ANDELSBOGTRYKKERIET I ODENSE

FORORD

Den foreliggende Lærebog er udarbejdet paa Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskoles Foranstaltning som Grundlag for Undervisningen i kulturteknisk Vandbygning paa Højskolen.

Vort Formaal med Bogen har været at give en kortfattet Fremstilling af de vigtigste landøkonomiske og tekniske Forhold, som har Betydning for den kulturtekniske Vandbygning i Almindelighed, samt en Beskrivelse af Fremgangsmaaden ved Planlægning og Udførelse af saadanne kulturtekniske Vandbygningsarbejder, der jævnlig falder for her i Landet. Stoffet har vi delt saaledes imellem os, at Punkterne 4—5, 8—14, 32—41 incl. i Hovedsagen er affattet af Aa. Feilberg, Resten i Hovedsagen af C. L. Feilberg. De i Bogen benyttede Figurer samt Bilagene er tegnet af Assistent, Ingeniør M. Borch, der iøvrigt har ydet værdifuld Bistand ved Indsamling af Oplysninger, Korrekturlæsning o. a.

Ved Bogens Fremsendelse tillader vi os at bringe d'Hrr. Afdelingsleder, Ingeniør K. Thalbitzer, Ingeniør J. Parbo og Ingeniør J. Braa ved Det danske Hedeselskabs kulturtekniske Afdeling en Tak for forskellige betydningsfulde Oplysninger, som velvilligt er meddelt os, og ligeledes en Tak til Det danske meteorologiske Institut og Generalstabens topografiske Afdeling for værdifuld Hjælp af forskellig Art.

Hvor vi har støttet Fremstillingen paa den eksisterende Litteratur, er Kilden anført i Fodnote.

Frederiksberg i Maj 1921.

INDHOLD.

Indledning.

Side

1. Kulturteknikens Opgaver 9
2. Historiske Oplysninger 10

Første Kapitel: Om Jords Evne til at optage, fastholde og lede Vand.

3. Jords Porøsitet 14
4. Jords Kapillaritet 16
5. Jords Vandkapacitet 18
6. Vands Bevægelse gennem Jord 21
7. Grundvand 26

Andet Kapitel: Vandet og dets Betydning for Plantevæksten.

8. Nyttigt og skadeligt Vand 32
9. Nedbør 34
10. Fordampning 38
11. Afstrømning 45
12. Den ønskelige Afvandingsdybde 54
13. Planternes Vandforbrug 57
14. Vandets Beskaffenhed 60

Tredie Kapitel: Afvanding.

15. Indledning 65

a. Tilvejebringelse af Afløb.

16. Afvandingskanaler 66
17. Vandløbsregulering 77
18. Landvandskanaler 78
19. Lukkede Afvandingsledninger 80
20. Bygværker i Afvandingskanaler 83
21. Afvanding til Undergrunden 86

b. Beskyttelse af lave Arealer mod Oversvømmelse.

22. Havdiger 86
23 Floddiger eller Aadiger 91
24. Afvanding af inddigede Arealer 92
25. Lavvandssluser 94
26. Dæmninger 97
27. Afvanding af inddæmmede Arealer 98

c. Anlæg til Løftning af Vand.

Side

28. Vandløftningsredskaber ... 101
29. Vindmotorer ... 108
30. Varmemotorer ... 116
31. Vandkraft ... 117

d. Detailafvanding.

32. Detailafvandingens Hovedtræk ... 117
33. Afvanding ved aabne Grøfter ... 119
34. Dræning ... 120
35. Forskellige Principper for Dræning ... 123
36. Sugeledningers Dybde og Afstand ... 125
37. Drænledningers Beregning ... 130
38. Projektet ... 136
39. Arbejdets Udførelse ... 139
40. Detailler ... 143
41. Ventildræning ... 144

Fjerde Kapitel: Vanding.

42. Formaalet med Vanding ... 146
43. Forskellige Vandingsmaader ... 147
44. Vandets Tilvejebringelse ... 154

a. Vanding ved Opstemning i et Vandløb.

45. Formaalet med Opstemningen ... 154
46. Stemmeværker ... 155
47. Tilførselsledninger ... 162
48. Bygværker i Vandingskanaler ... 163
49. Vandets Fordeling ... 164

b. Vanding ved Hjælp af Vandløftningsredskaber.

50. Strømhjul ... 165
51. Vindmotoranlæg ... 165
52. Varmemotoranlæg ... 166

c. Vanding i Forbindelse med andre Formaal.

53. Kolmation ... 167
54. Vanding med Kloakvand ... 167

INDLEDNING.

1. Kulturteknikens Opgaver. Kulturteknik er, taget i den mest omfattende Betydning, en Betegnelse for den Gren af Tekniken, hvis Formaal er Grundforbedring af Jorder med Kultur for Øje, hvad enten det i givet Tilfælde drejer sig om at skabe Betingelser for Opdyrkning af helt raa Jorder som Moser, Heder, gammel Søbund o. l. eller blot om at tilvejebringe en varig Forbedring af Jorder, der allerede er under Kultur.

I noget snævrere Forstand bruges Ordet med specielt Henblik paa vandbygningstekniske Kulturarbejder eller udførligere udtrykt paa saadanne tekniske Arbejder, der tilsigter en Grundforbedring af Jorder ved Afvanding og Vanding, herunder ogsaa Beskyttelse af lave Arealer mod Oversvømmelse ved Anlæg af Diger og Dæmninger. Men den mest koncise Betegnelse for denne snævrere afgrænsede, tekniske Videnskab er formentlig »Kulturteknisk Vandbygning«.

Den kulturtekniske Vandbygning tjener altid et landøkonomisk Formaal og maa derfor bygge paa et vist, almindeligt Kendskab til de landøkonomiske Videnskaber og til landøkonomisk Praksis. Men desuden kræves et ret indgaaende Kendskab til Jordarternes mekaniske og fysiske Forhold, specielt deres Evne til at optage, fastholde og lede Vand, da disse Egenskaber har Betydning for Valget af de Midler, hvormed den kulturtekniske Vandbygning i givet Tilfælde vil søge at tilvejebringe en forønsket Regulering af Jordens Fugtighed.

Dette sidste Emne, der ikke tør forudsættes bekendt for Læseren, er behandlet som en Helhed for sig i første Kapitel af den følgende Fremstilling. Derefter følger andet Kapitel om Vandet og dets Betydning for Plantevæksten og tredie og fjerde Kapitel henholdsvis om Afvanding og Vanding, der indeholder en Beskrivelse af de her i Landet almindeligt forekommende Kulturarbejders Planlægning og Udførelse.

2. Historiske Oplysninger. Den kulturtekniske Vandbygningskunst vides at have naaet en anseelig Udvikling allerede i de ældste historiske Tider blandt Kulturfolk i Asien og Afrika.

Særlig Interesse knytter der sig til omfattende Vandings- og Afvandingsanlæg, som blev udført af Assyrere og Babyloniere i Floddalen omkring Euphrat og Tigris (Mesopotamien) flere Tusinde Aar før Christi Fødsel. Klimaet i disse Egne er hedt og yderst regnfattigt, og Jorden lider for det meste af Vandmangel; kun under Snesmeltning og Sommerregn i de tilgrænsende Højlande stiger Vandet i Floderne og giver Anledning til vidtstrakte Oversvømmelser. I vore Dage ligger Landet for største Delen hen enten som Ørken af Mangel paa Vand eller, ved Flodernes nedre Løb, som Sumpe af Mangel paa Afvanding. Men Oldtidens Kulturfolk havde paa et tidligt, ikke nøje kendt Tidspunkt gjort sig til Herrer over Fugtighedsforholdene ved Anlæg af Diger langs Floderne til Beskyttelse mod Oversvømmelse, Afvandingskanaler i Sumpene og et omfattende System af Kanaler mellem Euphrat og Tigris, hvorfra de i den tørre Tid øste eller pumpede Vand op til kunstig Vanding. Paa den Maade forvandlede de øde Landstrækninger til Kornmarker og Haver af enestaaende Frugtbarhed.

En Række historiske Overleveringer og Oldfund bærer Vidne herom*). Kong *Hammurabih* (Regent i Babel omkring 2000 Aar f. Chr.) berømmer sig til Eksempel i en Tavleindskrift fra Datiden blandt andet af at have fuldført et mægtigt Kanalanlæg, som bragte Flodvandet til Sumir og Akkad og skabte frugtbare Kornmarker i disse Egne. *Herodot* fortæller om en senere Regent, Dronning *Nitokris*, der byggede høje Diger paa begge Sider af Euphrat til Værn mod de voldsomme Højvande i Floden. Senere berettes, at Kong *Nebukadnezar*, for at imødegaa Faren for Digebrud under Højvande i Euphrat, lod grave en ca. 600 km lang Afvandingskanal Pallakopas gennem Sumpene ved Flodens Munding; men det meddeles videre, at man maatte spærre denne Kanal hvert Aar i November Maaned for at kunne vedligeholde Vandstanden i de talrige Vandingskanaler mellem Euphrat og Tigris. At de Arbejdsmetoder, der stod til Raadighed, har været primitive, faar man Forstaaelse af, naar man hører, at den ovenfor omtalte Afspærring hvert Aar skal have beslaglagt 10000 Menneskers Arbejdskraft i over to Maaneder**).

I Ægypten kom en anseelig Kultur til Udvikling omtrent paa samme Tid og naaede en Blomstring under det 12. Dynasti omkring 2000 Aar f. Chr. Ogsaa her afhang Jordbruget i et og alt af omfattende Vandbygningsanlæg til Værn imod og Udnyttelse af Flodvandet, der medfører det næringsrige, røde Nilslam fra de tropiske Højlande i Centralafrika. Man har fundet Levninger af Diger, Sluser og Kanaler til Regulering og Fordeling af Nilens aarlige Oversvømmelser og kunstfærdige Reservoirer til Opsamling af Nilvand med senere Vanding for Øje. Et af de berømteste Anlæg fra Oldtiden er Josephs Kanalen, der skiller

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

**) Denne Meddelelse, der stammer fra den romerske Historieskriver Arrianos (Alexandros' Anàbasis VII, 22), tyder paa, at der har været et meget stort Jordarbejde forbundet med at regulere Vandstrømmenes Forløb. Det oplyses da ogsaa, at Jorden i den Egn var meget moradsig og for største Delen bestod af Dynd.

sig fra Nilen som en Arm af denne et Stykke nedenfor Katarakterne og dernæst følger Ørkenranden mod Vest paa en Strækning af ca. 450 km som et Værn mod den truende Sandflugt. Den har Forbindelse med Nilen ved talrige Tværkanaler og er forsynet med Stemmeværker, ved Hjælp af hvilke man kan iværksætte Oversvømmelser.

I Europas gamle Kulturlande naaede den kulturtekniske Vandbygning ligeledes en betydelig Udvikling, men paa et væsentlig senere Tidspunkt. De ældste Arbejder sporer man i Grækenland, hvortil Kunsten formentlig blev bragt fra Ægypten ved phønikiske Indvandrere. Senere i Udviklingen var Italien og Spanien.

I de to første Lande, hvor Klimaet er forholdsvis mildt og regnfuldt, kom Afvanding til at spille en langt mere fremtrædende Rolle end i Ægypten og Mesopotamien. Et af de mest bekendte Afvandingsarbejder er Tørlægningen af Kopais Søen i de bøotiske Bjerge i Grækenland ved Hjælp af to Tunnelgange, som man huggede tværs igennem Klipperne ud imod Havet. Om Tidspunktet for dette Arbejdes Udførelse er der ikke fuld Enighed; men der foreligger paalidelige Efterretninger om, at *Alexander den Store* etablerede Afløb fra Søen paany, efter at dette i længere Tid havde været tilstoppet, og at der, da Vandet sank, viste sig Ruiner af fire Byer paa Søbunden.

I den romerske Campagne, specielt i de pontinske Sumpe, kom store Afvandingsanlæg til Udførelse i det 4. Aarhundrede f. Chr., vistnok først og fremmest med det Formaal at forbedre de sanitære Forhold og bekæmpe den stærkt udbredte Malaria. En romersk Skribent fra Datiden, *Palladius*, giver i et Værk »de aquæ ductibus« en Beskrivelse af, hvorledes man fremstillede Drænledninger af brændte, koniske Lerrør, som blev skubbet lidt ind i hinanden for Enderne. Af største Interesse er nogle Oldfund af Drænledninger i Allatri sydøst for Rom, af hvilke det synes at fremgaa, at man allerede dengang har været klar over Tværdræningens Fortrin for Længdedræning.

I Middelalderen gik denne Kultur for en stor Del tabt. Nogle af de gamle Anlæg fik vel den nødtørftigste Vedligeholdelse, men en meget stor Del af dem forfaldt, og om noget nyt hører man sjældent Tale. Det gælder dog ikke for Marskegnene i Danmark, Tyskland og Holland, hvor man netop i det 9. og 10. Aarhundrede paabegyndte store Digeanlæg til Beskyttelse mod Havet.*) Før den Tid havde Stormfloderne i det væsentlige haft frit Spillerum. Beboerne af Marsken opførte deres Huse paa passende høje Jordvolde (Warfer), hvor de under Stormflod kunde bringe sig i taalelig Sikkerhed med deres Kreaturer, men at dømme efter Beretninger fra romerske Forfattere fra Datiden har deres Tilværelse været temmelig kummerlig. De første Diger, man byggede, har sandsynligvis været lave Sommerdiger, der ikke var beregnet paa at modstaa svære Stormfloder om Vinteren, naar Mennesker og Kvæg var i Hus; men efterhaanden som Erfaringen steg, opførte man ogsaa Vinterdiger, der helt afspærrede Havvandet fra de inddigede Koge. Iøvrigt er Digebygningens Historie karakteriseret

*) Fr. Müller: Das Wasserwesen an der schleswig-holsteinischen Nordseeküste. Berlin 1917.

ved en lang Række sørgelige Data for svære Stormfloder med Digebrud og Oversvømmelser, hvorunder Tusinder af Mennesker satte Livet til. De mest bekendte Stormfloder i de danske Marsklande er »Der grosse Manndränkelse« 1362, »Die Cecilienflute« 1436, og den frygtelige Stormflod af Nov. 1634, hvorunder den slesvigholstenske Vestkyst blev fuldstændig omdannet og over 10000 Mennesker druknede. Først Aar 1803 fremkom i Danmark et Digereglement, som for vort Vedkommende betegner Begyndelsen til mere systematiske Sikkerhedsforanstaltninger. Senere fulgte Digeloven af 10. April 1874 og fl. a.

Dræningskunsten gik i Middelalderen fuldstændig i Glemme og blev først optaget igen i den nyere Tid. Omkring Aar 1600 anbefaler den franske Agronom *Olivier de Serres*)* ikke alene dybe Drænledninger, men ogsaa Samling af disse til Systemer, noget man her hører omtale for første Gang. Senere hen, i det 17. Aarhundrede angav Englænderen Kaptain *Bligh* i et udførligt Skrift Fremgangsmaaden ved Fremstilling af Drænledninger af Sten eller Ris. Men nogen større Udbredelse vandt Dræningen ikke, førend Opfindelsen af Drænrørspressen i England 1844 gjorde det muligt at fremstille Lerrør i Massevis til en rimelig Pris. Derved fik Dræningskunsten et Opsving og vandt hurtig Indpas i de fleste Kulturlande.

Her i Landet har »Det danske Hedeselskab« indlagt sig Fortjeneste ved at fremme den kulturtekniske Vandbygnings Udvikling.

Hedeselskabet blev stiftet i 1866 paa Initiativ af daværende Kaptain *E. Dalgas* med det Hovedformaal at frugtbargøre den jyske Hede. Ved Løsning af denne Opgave kom Selskabet ind paa at fremme en bedre Udnyttelse af Hedeaaløbene til Overrislingsanlæg, og det førte til, at der i Aarene indtil 1891 blev udført 102 Vandingskanaler med en samlet Længde paa 43 Mil. Det var navnlig Ingeniør *S. Brøndsted*, der projekterede og udførte disse Anlæg, og han gjorde sig fortjent ved at fastslaa Principper for Vandets Fordeling og ved at undersøge Lovene for Vands Bevægelse i Vandingskanaler. Fra Aar 1872 optog Hedeselskabet ogsaa Afvanding og Mosekultur paa sit Program, men det var først efter 1888, at der kom Fart i denne Del af Virksomheden. I de senere Aar har Arbejdet paa Afvanding og Inddigning antaget store Dimensioner; fra 1903—17 er der saaledes udført Vandstandsreguleringer, Inddigninger etc., der er kommet ca. 50000 ha til Gode. Af Hedeselskabets Ingeniører fortjener ogsaa *K. Thomsen* at nævnes; han døde ung i 1918, men opnaaede inden sin Død at faa gennemført adskillige store Arbejder, blandt hvilke Skalsaaens og Nørreaaens Regulering samt Inddigningen af Ribe Marskenge er de anseeligste.

Blandt andre Danske, der har indlagt sig Fortjeneste paa den kulturtekniske Vandbygnings Omraade, skal her nævnes Stadsingeniør *A. Colding*, der, allerede før Hedeselskabet begyndte sin Virksomhed, havde givet Meddelelse om sine grundlæggende Undersøgelser over Afstrømningsforhold og Vands Bevægelse i aabne og lukkede Ledninger. Endvidere daværende Inspektør *P. B. Feilberg*, der i Aarene 1860—80 ledede forskellige Udtørrings- og Kulturarbejder, og som i adskillige Afhandlinger gør Rede for sine Iagttagelser, Undersøgelser og Er-

---

*) Olivier de Serres: Le theatre d'agriculture et mesnage des champs. Paris 1804.

faringer med Hensyn til Afstrømningsforhold, Vandforbrug, Kultur af udtørret Søbund og Rørledningers Vandføring. Endelig Landinspektør *Lars Bentzon*, der har udført Regulering af Vandløbene i Frederiksborg Amt og skrevet Artikler om Vandløbsregulering samt desuden i væsentlig Grad medvirket til Udarbejdelse af Vandløbsloven af 28. Maj 1880.

I de seneste Aar er der til Varetagelse af Grundforbedringsspørgsmaal her i Landet oprettet en særlig Statsinstitution, »Statens Grundforbedringsvæsen«, der administreres af et af Landbrugsministeriet nedsat Udvalg.*)

---

*) Th. Claudi Westh: Statens Grundforbedringsvæsens Oprettelse, Organisation og Opgaver. København 1920.

FØRSTE KAPITEL.

Om Jords Evne til at optage, fastholde og lede Vand.

3. Jords Porøsitet. En Jordmasses Evne til at optage Vand eller Luft beror paa dens Porøsitet. Som Maal for denne tjener Hulrumskoefficienten (betegnes ogsaa Porevoluminet eller slet og ret Porøsiteten), der er defineret som Summen af alle Hulrum i en Jordmasse i dens naturlige Aflejring, angivet som en Brøkdel af Jordmassens samlede Volumen eller i Procent af dette Kortest kan man definere Hulrumskoefficienten som det Tal, der angiver Summen af Hulrummene i en Volumenenhed Jord.

Om denne Koefficient er i Almindelighed at bemærke, at den teoretisk set maa være uafhængig af Jordartens Kornstørrelse, ens for et Lag Sand og et Lag Smaasten, der er lejret paa samme Maade som Sandskornene. Thi Hulrummenes relative Størrelse kan selvsagt ikke forandres, fordi man forstørrer eller formindsker hele Jordmassen til en dermed ligedannet Masse med anden Kornstørrelse.

Anstiller vi det Tankeeksperiment, at alle Jordpartiklerne er lige store Kugler med Diameter d, lader Porøsiteten m sig let beregne, hvis man gør bestemte Forudsætninger om den Maade, hvorpaa Kuglerne lejrer sig indbyrdes.

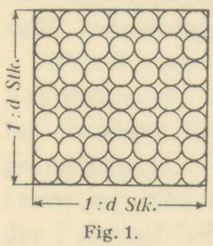


Fig. 1.

1) Antager vi f. Eks., at Kuglerne lejrer sig som antydet paa Fig. 1, saaledes at Centrene af 8 Nabokugler er Hjørner i en Terning med Sidelinie d, vil der i en Volumenenhed ialt ligge $\frac{1}{d^3}$ Stk. Kugler, hver med en fast Masse paa $\frac{1}{6}\pi d^3$.

Følgelig har man

$$m = 1 \div \frac{1}{d^3} \cdot \frac{1}{6}\pi d^3 = 0{,}48 \qquad (1)$$

2) Antager vi dernæst (Fig. 2), at Kuglerne lejrer sig saa tæt som muligt, d. v. s. saaledes at Centrene i 4 Nabokugler er Hjørner i et regulært Tetraeder med Sidelinie d, vil der i en Volumenenhed af Terningform ialt ligge $\frac{1}{d} \times \frac{1}{d\sqrt{\frac{3}{4}}} \times \frac{1}{d\sqrt{\frac{2}{3}}} = \frac{\sqrt{2}}{d^3}$ Stk. Kugler, hvorefter man har

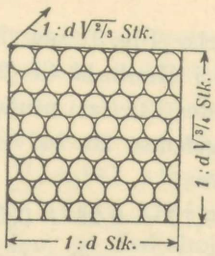


Fig. 2 a.

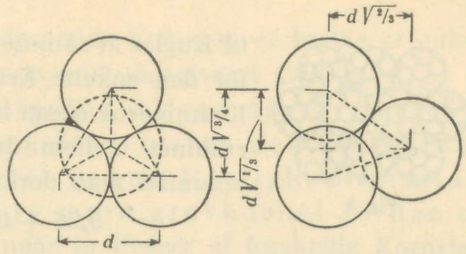


Fig. 2 b.

$$m = 1 - \frac{\sqrt{2}}{d^3} \cdot \frac{1}{6} \pi d^3 = 0{,}26. \qquad (2)$$

Som vi forud kunde indse, er m i begge Tilfælde uafhængig af Kornstørrelsen d. Men Regningen anskueliggør desuden, hvor stor Betydning Jordpartiklernes Lejringsmaade (den større eller mindre Komprimering, Sammenrystning etc. af Laget) maa have for Jordartens Porøsitet. Har Kuglerne varierende Størrelse, maa m alt iøvrigt lige være mindre, da smaa Kugler vil lejre sig i Hulrummene mellem de store og delvis udfylde dem.

Porøsiteten for en Jordmasse, saaledes som den forefalder i Naturen, kan i Praksis let bestemmes ved Vejningsforsøg, hvorunder man vejer et bestemt Rummaal Jord i tør Tilstand og senere bestemmer den gennemsnitlige Vægtfylde for selve de Korn, hvoraf den bestaar. De Resultater, man har faaet ved saadanne Forsøg, stemmer særdeles godt med de teoretiske Betragtninger ovenfor, skønt Jordpartiklerne naturligvis langtfra har nøjagtig Kugleform. Man finder saaledes almindeligt:

For løst ophobede, lige store Skærver	m	= 0,45 — 0,55
- groft Sand eller Grus	m	= 0,25 — 0,35
- fint Sand	m	= 0,30 — 0,45
- Ler og Dynd	m	= 0,40 — 0,50
- tætte Blandinger af Ler og Sand	m	= 0,15 — 0,25

Bemærkelsesværdig er særlig den relativt store Porøsitet af Ler og Dynd. Endvidere vil det ses, at m, i god Overensstemmelse med det ovenfor sagte, er relativt lille for Blandinger med meget uensartet Kornstørrelse.

I veldyrket Agerjord vil Jordpartiklerne klumpe sig sammen i Gryn eller Krummer, idet visse Jordbestanddele, »Kolloider« (Humus og Ler) har Tilbøjelighed til at sammenbinde dem. Jord af Krummestruktur har som Regel større Porøsitet end Jord af pulveragtig Struktur, et Forhold som let vil forstaas ved følgende Betragtning.

Tænker man sig først Krummerne dannet af lige store, kugleformige Partikler, der er lejret saa tæt som muligt og ved smaa Mængder af et Bindemiddel sammenholdt

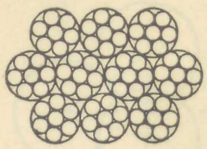


Fig. 3.

til Kugler af samme Størrelse (Fig. 3), saa vil Porevoluminet inden for den enkelte Krumme i Henhold til (2) være 26 %. Ligge Krummerne ogsaa indbyrdes i tættest mulige Lejring, udgør Hulrummet mellem dem ligeledes 26 %, og det samlede Porevolumen maa derfor blive

$$0{,}26 + 0{,}26 \cdot 0{,}74 = 0{,}26 + 0{,}19 = 45\ \%.$$

Tænker man sig Krummerne i løseste Lejring indbyrdes, stiger Porevoluminet til 61 %, og, i Tilfælde af løseste Lejring af Partiklerne inden for de enkelte Krummer, til 73 %.

For almindelig veldyrket Agerjord viser Maalinger, at Porevoluminet varierer mellem 30 og 65 %; kun undtagelsesvis vil det være over 70 %, og i saadanne Tilfælde vil Jorden være saa løs, at den synker sammen ved ringe ydre Paavirkning.

4. Jords Kapillaritet. Ved Jords Kapillaritet forstaas dens Evne til at opsuge og fastholde Vand fra dybere Lag ved kapillære Virkninger i de mindste Mellemrum mellem Jordpartiklerne. Som Maalestok for Kapillaritetens Intensitet benyttes den Hastighed, hvormed Stigningen foregaar, i Forbindelse med Vandets maximale Stighøjde i den paagældende Jord.

Stighøjden i Haarrør staar i omvendt Forhold til Rørenes Radius, og Stighøjden i ensartet Jord maa derfor antages at være desto større, jo finere Smaadelene er, og jo tættere de er lejret. Men da Hulrummene i en Jordmasse er uregelmæssige og Adhæsionen til de forskelligartede Partikler kan være forskellig, ligesom Temperaturforhold m. m. kan øve Indflydelse, tør man ikke direkte drage Slutninger fra Forsøg med Haarrør.

Forskellige Videnskabsmænd har ved Forsøg søgt at komme til Klarhed over disse Forhold, idet de navnlig har undersøgt den Indflydelse forskellige Faktorer som Kornstørrelse, Jordart, Fugtighedstilstand, Temperatur, Lejring og Struktur har paa den kapillære Vandbevægelse.

Tabel I. Vandhævning i cm for Kvartssand.

Efter Forløb af	Kornstørrelse i mm							Blanding af I og VII
	I 0—0,071	II 0,071—0,114	III 0,114—0,171	IV 0,171—0,25	V 0,25—0,50	VI 0,50—1,00	VII 1,0—2,0	
1/4 Time	11,2	17,5	11,2	11,0	8,5	4,6	3,0	10,0
1/2 —	18,5	22,5	12,6	12,4	9,5	4,8	3,0	15,5
1 —	30,0	29,8	15,3	14,7	10,6	5,3	3,2	25,5
3 —	43,9	34,6	16,4	16,5	11,9	6,0	3,4	30,3
6 —	57,1	38,0	17,5	19,0	13,0	6,7	3,6	36,3
9 —	65,6	40,5	18,3	20,0	13,6	7,2	3,9	40,0
1 Døgn	89,0	43,5	23,0	22,0	15,0	8,1	4,4	45,5
2 —	over 99,5	45,3	25,0	22,8	16,2	8,7	4,7	49,4
4 —		47,0	26,0	24,0	16,9	9,1	5,0	52,5
6 —		48,5	26,8	24,5	17,3	9,4	5,2	55,0
8 —		49,2	27,5	25,1	17,9	9,9	5,6	56,8

Prof. *Wollny* har saaledes foretaget indgaaende Forsøg*), af hvilke et enkelt vedrørende Kornstørrelsens Indflydelse omstaaende gengives i Uddrag.

Af Tallene fremgaar, at Vandets Stigning bliver desto større, jo finere Jordpartiklerne er, at Bevægelsen bliver desto langsommere, jo højere Vandet stiger, og at denne Hastighedsformindskelse indtræffer desto tidligere, jo mere grovkornet Jorden er. Forsøget lærer desuden, at Løftehøjden, naar to Prøver af forskellig Kornstørrelse blandes, omtrent bliver Middeltallet af de enkelte Prøvers Løftehøjde. Ved de meget grovkornede Prøver er Løftehøjden ringe, og andre Forsøg af *Klenze***) viser, at den ved Kornstørrelser over 2,0 mm er ganske forsvindende.

Af *Wollnys* øvrige Forsøg fremgaar, at de forskellige Jordarters Evne til at opsuge Vand ikke er ens. Vandet steg saaledes hurtigst i Kvartssand, langsommere i Tørv og langsomst i Ler. I Blandinger af forskellige Jordarter blev Bevægelsen desto hurtigere, jo mere Kvarts, og desto langsommere, jo mere Humus de indeholdt.

Vandet stiger desto hurtigere, jo fugtigere Jorden er, hvilket formentlig skyldes, at Gnidningen mod Jorddelene er mindre, ligesom der medgaar mindre Vand til Mætning af Jordlagene, jo fugtigere de forud er. Et Indhold af Kalkpartikler gjorde Bevægelsen langsommere.

Naar de enkelte Partikler hænger sammen, saa at der dannes større eller mindre Krummer, hvad der altid vil finde Sted i den gode Agerjord (Krummestruktur), vil Forholdene forandres. Af foretagne Undersøgelser fremgaar, at Vandet hæver sig hurtigere i pulveragtig Jord end i Jord med Krummer, og at Bevægelseshastigheden og Stighøjden bliver nedsat i samme Grad, som Summen af de ikke kapillære Hulrum vokser procentisk.

Sammenpresning af Jordmassen virker i de fleste Tilfælde fremmende paa Bevægelsen. Kun meget finkornede Jordarter, som Kvartssand med Kornstørrelse mindre end 0,1 mm, løfter Vandet hurtigst i løs Tilstand, hvilket tyder paa, at Hulrum af en ganske bestemt Størrelse hæver Vandet hurtigst. Indhold af Sten bevirker en Formindskelse at Hastigheden.

Endelig viser det sig, at Bevægelsen opefter er betinget af, at Vandet stadig trænger frem gennem Hulrum af samme Størrelse eller gaar fra større til mindre. Indskydes et Lag af større Kornstørrelse eller et Lag af mindre Kornstørrelse i en i øvrigt ensartet Jord, vil Bevægelsen i begge Tilfælde saa godt som ophøre ved Overgangen fra finkornet til grovkornet Jord.

Vandbevægelsens Hastighed opad synes navnlig for den mest finkornede Jord at vokse med Temperaturen.

Hvad den maximale kapillære Stighøjde angaar, skal nævnes, at *Klenze* ved Forsøg med Kvarts af Kornstørrelse 0—0,3 mm fandt en Stighøjde paa 145,2 cm i Løbet af 37 Døgn; Stigningen var dog yderst langsom i de sidste to Døgn, og i de første 27 naaedes 143 cm. Forsøg med Tørvejord af samme

*) E. Wollny: Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, 7., 8. und 9. Band. Heidelberg 1884—85—86.

**) Ludwig von Klenze: Inaugural Dissertation zur Erlangen der philosophischen Doktorwürde an der Universität Göttingen. Berlin 1876.

Kornstørrelse viste en mindre Stigning; i Løbet af 4 Maaneder naaedes kun 48 cm.

Atterberg fandt i finkornet Sand:

Tabel II.

Kornstørrelse mm	Stigning i 8 Døgn cm	Stigning i 30 Døgn cm	Stigning i 53 Døgn cm	Stigning i 72 Døgn cm
0,01—0,02	193	244	—	—
0,02—0,05	166	—	186	—
0,05—0,10	85	—	—	105

Tallene 244 og 186 er ikke helt paalidelige som Maal for højeste Stigning, idet Forsøget blev afbrudt, inden Bevægelsen var fuldstændig ophørt. Det ses dog, at Bevægelsen er langsom og i det væsentlige afsluttet efter det 8de Døgn.

Forskellige tyske Forfattere angiver Stighøjden

for Sandjord ..... til 20— 90 cm
- Tørvejord..... - 80—100 -
- svær Lerjord..... - 100—200 -

Saa store Stighøjder forekommer dog sjældent i Praksis. Hvor det drejer sig om Jord, der er dyrket og godt afvandet, vil Kapillariteten oftest være betydelig mindre, begrundet paa at Jorden er en uensartet Blanding af Jorddele af forskellig Størrelse og Smaasten, og at Revner og Gange fra Planterødder og Regnorme delvis ophæver Kapillariteten eller i hvert Fald gør den mindre intensiv. Det maa desuden erindres, at Vandet naar op til den maximale Stighøjde med en saa ringe Hastighed, at Kapillariteten i Nærheden deraf vil være uden Betydning for Planternes Vandforsyning.

5. Jords Vandkapacitet (vandholdende Evne) udtrykker den Vandmængde, en vis Jordmasse formaar at fastholde ved frit Afløb nedefter og angives i Procent af Jordtørstoffets Vægt eller i Volumenprocent. Angivelse i Volumenprocent bør sædvanlig foretrækkes, da Jordpartiklerne kan have meget forskellig Vægtfylde, og Vægtprocent derfor let giver et misvisende Billede af Forholdet mellem Jord og Vand; det har desuden ved Bedømmelse af en Jords fysiske Egenskaber mest Betydning at kende, hvor store Dele af Rumfanget der optages henholdsvis af Jordpartikler, Vand og Luft. Vandkapaciteten er altid et vagt Begreb, da den, som det senere skal vises, er forskellig i forskellig Højde over Grundvandet.

Alle faste Legemer, der er i Berøring med den atmosfæriske Luft, fortætter og fastholder paa deres Overflade en vis Mængde Vanddamp, voksende med Luftens relative Fugtighed, og det saaledes fastholdte Vand kaldes hygroskopisk Vand. For rene, krystallinske Mineralkorn er den hygroskopisk bundne

Vandmængde i Reglen meget ringe, selv hvor det drejer sig om fine Korn, og udgør kun Brøkdele af Procent af disses Vægt, men Jord i naturlig Tilstand indeholder altid Kolloider af forskellig Art, f. Eks. af Humusstoffer og Kieselsyre, der udmærker sig ved deres store Findelthed og deraf følgende store Overflade; saadan Jord kan optage forholdsvis meget hygroskopisk Vand. At Overfladen vokser med Findeltheden indses let, naar man tænker sig en Terning med et Rumfang paa 1 Kubikcentimeter delt ved Snit parallele med de tre Sider i 1000 Terninger hver paa en Kubikmillimeter; Overfladen vil i første Tilfælde være 6 Kvadratcentimeter eller 600 Kvadratmillimeter, i sidste Tilfælde $1000 \times 6 = 6000$ Kvadratmillimeter, d. v. s. netop 10 Gange saa stor. For Sandjorder og Humusjorder vil Hygroskopiciteten særlig være betinget af Indholdet af Humusstoffer, for Lerjorder af Indholdet af Ler og Humus.

Mængden af hygroskopisk Vand bestemmes, ved at lufttørrede Jordprøver vejes, før og efter at de er tørret yderligere ved 100—105° C. Vægttabet, der angiver det hygroskopiske Vand, opgives i Procent af Jordtørstoffet.

Efter Undersøgelser af *Rodewald* kan det hygroskopiske Vand i det højeste omgive de faste Jordele som et Lag af et Vandmolekyles Tykkelse, og en saadan Intensitet forudsætter en næsten vandmættet Luft. Da Størrelsen af et Vandmolekyle er bekendt, skulde Hygroskopiciteten herefter kunne angives i f. Eks. Kvadratmeter pr. Gram Jord og give et Udtryk for Jorddelenes Finhed. Hosstaaende Tal viser Mængden af hygroskopisk Vand i forskellige Jorder efter Undersøgelser af *Harald R. Christensen**).

Tabel III.

Jordens Art og Beskaffenhed	Hygroskopicitet %
Meget fint rødt Sand fra Tylstrup Forsøgsstations Undergrund	0,73
Meget finkornet Sandmuld fra Tylstrup Forsøgsstation	1,87
Let Lermuld fra Askov Forsøgsstation	2,36
Svær muldrig Lerjord fra Landbohøjskolens Demonstrationsmark	5,24
Tertiært plastisk Ler fra Refsnæs	18,73
Lavmosetørv fra Nørreskovgaard ved Hals	24,65
Højmosetørv fra Knudmose ved Herning	36,60

Selv om Jord er mættet med hygroskopisk Vand, gør den altid et ganske tørt Indtryk og vil i Reglen kunne støve til Trods for, at Vandindholdet for enkelte Jordarters Vedkommende kan være ret stort. Det hygroskopiske Vand kan hverken paavirkes af Tyngden eller de kapillære Kræfter, og det er bundet saa fast, at det ikke kan optages af Planterødder. Planterne visner derfor af Vandmangel, inden Vandindholdet i Jorden er sunket saa langt ned.

Hvad Jorden fastholder af Vand udover det hygroskopiske, kaldes kapillært Vand, idet man hidtil har antaget, at det fastholdes ved Kapillaritet.

*) Harald R. Christensen: Landøkonomisk Jordbundslære. København 1917.

Vand, der fastholdes af Jord i naturlig Tilstand, kan enten være Nedbørsvand, der under sin nedadgaaende Bevægelse er tilbageholdt i de finere Porer, eller Vand, der ved Haarrørskraften er hævet op fra Grundvandet; der kan altsaa under givne Forhold findes Vand i Nærheden af Jordoverfladen og atter over Grundvandsspejlet, medens der i et mellemliggende Lag saa godt som intet findes.

Vandkapaciteten varierer derfor med Afstanden fra Jordoverfladen og fra Grundvandet. *Wollny* paaviser gennem Forsøg, at den i meget finkornet Jord, der fugtes fra neden, efterhaanden vokser i de øvre Lag, medens den, hvor Vandet er tilført fra oven, efterhaanden aftager samme Sted. Fremdeles paaviser han, at Vandkapaciteten er meget forskellig i forskellige Højder, at Forskellen mellem Vandindholdet i de forskellige Lag bliver desto mindre, jo mindre Jordpartiklerne er, og at Kapaciteten stiger med Kornenes Finhed.

Hosstaaende Undersøgelse af *Arthur Rindell**) med Sandkorn af 0,5—1,0 mm Diameter, vædet fra oven, illustrerer paa iøjnefaldende Maade den Forskel, der er paa Vandindholdet i forskellige Højder.

Tabel IV.

Højde fra oven i cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40
Volumenprocent Vand...	1,31	2,34	2,31	2,77	2,16	2,87	4,69	20,96

Ved grovkornet Jord er der saaledes stor Forskel paa Vandindholdet i de forskellige Lag. Man har søgt at faa et Udtryk for denne ved at indføre Betegnelserne største og mindste Vandkapacitet, den første som Maal for den Vandmængde, der fastholdes lige over Grundvandspejlet, den sidste som Maal for den Vandmængde, Jorden kan fastholde vedvarende i større Højde over dette. Den største Vandkapacitet varierer efter Wollnys Undersøgelser mellem ca. 30 Volumenprocent for grovkornet Sand, ca. 40 for fint Sand, ca. 48 for Ler i Pulverform, ca. 40 for Ler af Krummestruktur og ca. 75 for Humus. De tilsvarende Tal for mindste Vandkapacitet er ca. 4, 35, 43, 30 og 55.

Ved Luftkapacitet forstaas det Rumfang Luft, der findes i en Volumenenhed Jord i naturlig Aflejring, der har optaget saa meget Vand, som den kan fastholde lige over Grundvandspejlet. Den angives i Volumenprocent og er lig Differensen mellem Porevoluminet og største Vandkapacitet, udregnet efter Volumenprocent. Af det foregaaende følger, at Luftkapaciteten maa variere med Jordarten, og at den maa tiltage med Jorddelenes Kornstørrelse. *Wollnys* Undersøgelser viser desuden, at den bliver desto mindre, jo større Indholdet af Sten bliver.

Som angivet i Punkt 3 om Jords Porøsitet varierer Porevoluminet, hvor det drejer sig om almindelig Agerjord, mellem 30 og 65 %; da den tilsvarende

---

*) Arthur Rindell: Om jordens förmåga att upptaga och kvarhålla vatten. Helsingfors 1915.

største Vandkapacitet i Henhold til foranstaaende kan variere mellem 30 og 48 Volumenprocent, vil det forstaas, at Luftindholdet under visse Omstændigheder (naar Grundvandet staar i Nærheden af Overfladen) kan nærme sig Nul. Paa udprægede Humusjorder er største Vandkapacitet som anført 75 %, og her vil Faren for fuldstændig Fortrængen af Luften ved for høj Grundvandstand være særlig stor.

Efter hidtidige Erfaringer fordrer Græsarterne et Luftindhold paa mindst 6—10 %, medens Sædarterne skal have et Luftindhold paa mindst 10—18 % for at kunne trives godt.

6. Vands Bevægelse gennem Jord foregaar efter lignende Love som de i Fysiken udviklede for Vands Bevægelse i Haarrør (*Poiseuille's* Lov). Man kan saaledes gaa ud fra, at Vandets Hastighed (v) gennem et nogenlunde finkornet Jordlags Porer, indenfor visse Grænser, vokser ligefrem proportionalt med den Trykhøjde (h), som fremkalder Bevægelsen og omvendt proportionalt med Jordlagets Tykkelse (l).

Denne Lov benævnes sædvanlig Darcys Lov efter en fransk Ingeniør *Darcy*, der fremsatte den i Midten af forrige Aarhundrede som Resultat af et omfattende Forsøgsarbejde*) med Sandfiltre. Senere Undersøgelser har vist, at Darcys Lov ikke gælder nøje for Vands Bevægelse i grovkornede Jordarter, bestaaende af Grus og Smaasten, og heller ikke i finkornede Jordarter, naar det bevægende Tryk er meget stort, eller sandsynligvis i det hele taget ikke, hvor Vandhastigheden er relativ betydelig. Man har i den Anledning forsøgt at danne en bedre Formel ved at sætte Trykket (h) proportionalt med en anden Grads Funktion af Hastigheden (v) og nærmer sig derved til de i den tekniske Mekanik udviklede Formler for Vands Bevægelse i Rørledninger og Kanaler; men saadanne Formler er naturligvis væsentlig mere besværlige at arbejde med i Praksis. En tysk Ingeniør *Smreker***) foreslaar at sætte h proportional med $v^{9/2}$, men det er tvivlsomt, om den derved opnaaede Tilnærmelse er synderlig bedre end den, man opnaar ved Darcys Formel. En anden tysk Ingeniør *Lummert*†) tager saaledes Afstand fra Smrekers Forslag og hævder iøvrigt, at Darcys Formel i de aller fleste i Praksis forekommende Tilfælde kan anvendes med tilstrækkelig god Tilnærmelse. Denne sidste Antagelse er lagt til Grund for Udviklingen i det følgende, hvor Lovene for Vands Bevægelse gennem Jordlag er udviklet nærmere i nogle specielle Tilfælde.

1) Anbringer man Jord i et Kar, som forneden er lukket med en Sibund, og leder Vand til foroven, vil dette paa Grund af sin Vægt synke ned gennem Jordlagets Porer, hovedsagelig i lodret Retning, og flyde bort forneden. Leder man Vand til i saa rigelig Mængde, at der danner sig et frit Vandspejl over Jordlaget (Fig. 4), vil alle Porer i dette

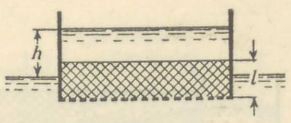


Fig. 4.

*) Darcy: Les fontaines publiques de la ville Dijon. Paris 1856.

**) O. Smreker: Das Grundwasser, seine Erscheinungsformen, Bewegungsgesetze und Mengenbestimmung. Leipzig 1914.

†) Rud. Lummert: Neue Methode der Bestimmung der Durchlässigkeit wasserführender Bodenschichten. Braunschweig 1917.

efterhaanden blive fyldt med Vand, og Bevægelsen benævnes da i Praksis sædvanlig en Filtration.

Ved Anvendelse af Darcys Lov faar man i dette Tilfælde med Figurens Betegnelser:

$$v = \xi \frac{h}{l}, \tag{3}$$

hvori ξ er en Konstant, Filtrationskoefficienten, hvis Værdi bl. a. afhænger af Jordlagets Beskaffenhed.

Ved Forsøg med finkornede Jordarter maa man, for at kunne anvende Formlen, fra h subtrahere den Højde δ over Afløbets Vandspejl, hvortil Haarrørsvirkningen kan holde Jorden helt mættet med Vand; men der er for Simpelheds Skyld i de følgende Regninger set bort fra dette Forhold.

Antager vi, at Karrets Tværsnitsareal er konstant lig F, og at Jordens Porøsitet er m, bliver det Vandvolumen Q, Filtrationsmængden, som i en Tidsenhed filtrerer gennem Jordlaget bestemt ved Formlen:

$$Q = m F v = m \xi F \frac{h}{l}, \tag{4}$$

idet man gennemsnitlig maa kunne sætte det til Vandets Passage frie Tværsnitsareal lig $m F$.

Filtrationens Intensitet udtrykkes sædvanlig, paa lignende Maade som Intensiteten af et Regnfald, ved Tykkelsen q af det Vandlag, som synker i Jorden i en Tidsenhed, hvilket naturligvis, nærmere beset, blot er en anskuelig Betegnelse for Filtrationsmængden pr. Flade- og Tidsenhed. Man har derfor

$$q = Q : F = m \xi \frac{h}{l} \tag{5}$$

Hvis man specielt har $h = l$, svarende til, at Vandspejlet foroven i Fig. 4 netop spiller i Højde med Jordoverfladen, samtidig med at Afløbet forneden ved Sibunden er frit, giver Formel (3) $v = \xi$ og Formel (5) Filtrationsmængden pr. Flade- og Tidsenhed

$$q_0 = m \xi \tag{6}$$

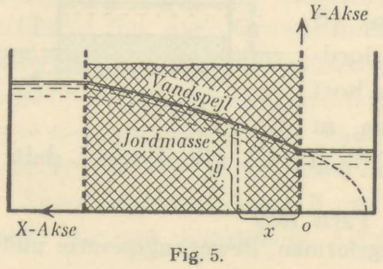


Fig. 5.

Størrelsen q_0 er et i Praksis meget almindelig anvendt Maal for en Jordmasses Gennemtrængelighed for Vand. *A. Colding**) kalder den for Jordens Vandledningsevne.

2) Anbringer man Jordmassen i et Kar, hvori to modstaaende Sidevægge er gennemhullede og vender ud imod Vandbeholdere med Vandspejl i forskellig Højde (Fig. 5), vil Vandbevægelsen i det

*) A. Colding: Om Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden. Vidensk. Selsk. Skrifter. København 1872.

væsentlige faa horizontal Retning, og der vil i Jordmassens Hulrum opstaa et underjordisk Vandspejl, der som en krum Flade forbinder de frie Vandspejl ved begge Sider.

A. Colding har ved Forsøg med Sand og Grus konstateret, at dette Vandspejl indstiller sig med parabelformet Profil, og det skal nedenfor vises, hvorledes Darcys Formel kan finde Anvendelse til nærmere Bestemmelse deraf.

Vi antager, at Karrets Bredde vinkelret paa Figurens Plan er 1 Længdeenhed, og at et vilkaarligt Punkt af Vandspejlets Profil har Koordinaterne x og y i Figurens Koordinatsystem. Vi vil dernæst anvende Darcys Formel (4) paa det mellem to konsekutive lodrette Snit (Fig. 6) liggende Jordlag af Tykkelse dx og Tværsnitsareal $y \times 1 = y$, idet vi bemærker, at Trykdifferensen h for dette Lags Vedkommende kan sættes lig dy. Derved faas følgende Udtryk for den Vandmængde, som i Tidsenheden bevæger sig gennem Jordmassen fra det ene Kar til det andet,

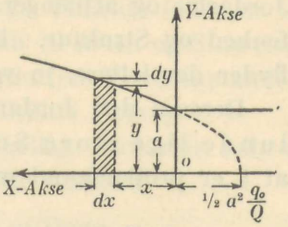


Fig. 6.

$$Q = m \xi F \frac{h}{l} = m \xi y \frac{dy}{dx} = q_0 y \frac{dy}{dx}.$$

Fortsat Regning giver:

$$y\, dy = \frac{Q}{q_0} dx,$$

og Integration mellem korresponderende Grænser

$$\int_a^y y\, dy = \frac{Q}{q_0} \int_o^x dx,$$

eller

$$y^2 = a^2 + 2 \frac{Q}{q_0} x, \tag{7}$$

hvori a betegner Vanddybden i det bageste Tværsnit (i Koordinatsystemets Nulpunkt). Ligningen ses at fremstille en Parabel, hvis Akse falder i Karrets Bund, og hvis Toppunkt ligger Stykket $\frac{1}{2} a^2 \frac{q_0}{Q}$ bagved den bageste Sivæg.

3) Anbringer man Jordmassen i en lukket Rørledning, der forbinder Beholdere med Vandspejl i forskellige Højder (Fig. 7), bliver Forholdene for saa vidt simplere, som Vandstrømmens Tværsnit er konstant, og Formlerne (3—6) for Filtration kan derfor bringes i Anvendelse umiddelbart. Vandtrykkets Variation fra Tværsnit til Tværsnit i Jordlaget kan anskueliggøres ved Hjælp af Manometerrør paa lignende Maade som ved Vands Bevægelse i almindelige Trykledninger*); er Ledningen cylindrisk, vil den hydrauliske

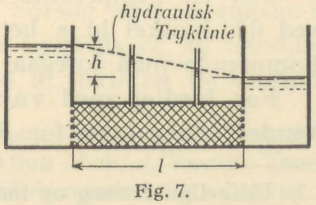


Fig. 7.

*) C. L. Feilberg: Teknisk Mekanik, 1917. Punkt 82—84.

Tryklinie være en ret Linie, der forløber mellem de frie Vandspejl i Karrene paa begge Sider. Indløbstab kan sædvanlig lades ude af Betragtning, naar Talen ikke er om meget finkornede Jordarter, for hvilke de kapillære Kræfter giver Anledning til kendelige Trykdifferenser ved Ind- og Udløb.

Vandledningsevnen ($q_0 = m\,\xi$) kan være højst forskellig for forskellige Jordarter og afhænger bl. a. af Jordens Porøsitet (m), Kornstørrelse (d), Beskaffenhed og Struktur. Desuden spiller Vandets Temperatur en Rolle, idet Vandet flyder des lettere, jo varmere det er.

Dersom den Jordart, man arbejder med, er en ensartet Blanding af nogenlunde lige store Smaadele, kan man med brugelig Tilnærmelse*) gaa ud fra, at ξ er proportional med baade m og d i 2den Potens, hvorefter man har:

$$q_0 = m\,\xi = k\,m^3\,d^2, \tag{8}$$

naar k betegner en ny Koefficient. Vandledningsevnen (q_0) vokser altsaa stærkt med Kornstørrelsen, men endnu stærkere med Porøsiteten.

Eksempel. Er q_0 for et Sandlag med ½ mm Kornstørrelse 1,5 m/Time, vil q_0 for et andet Sandlag med samme Porøsitet men 1 mm Kornstørrelse være ca. 6 m/Time. Komprimeres Laget, saa at m sættes ned f. Eks. fra 35 % til 28 %, vil q_0 som Følge deraf gaa ned til noget under Halvdelen.

I Jordarter som Ler, Dynd, Kridt (uden Revner og Ridser) er d forsvindende lille og q_0 derfor praktisk talt Nul (Vandstandsende Lag).

Som ovenfor nævnt er Filtrationsmængden stærkt afhængig af Vandets Temperatur. Efter Prof. *King's* Forsøg kan man antage, at q_0 eller, om man vil, k i Formel (8), er omvendt proportional med en Koefficient, Viskositeten**), der er et Udtryk for Størrelsen af den indre Friktion i en Vædske, og hvis Værdi for rent Vand ved forskellige Temperaturer er angivet i nedenstaaende Tabel†).

Tabel V. Viskositeten for rent Vand.

Celsius°	0	5	10	15	20	25	30
Viscositet	0,0178	0,0152	0,0131	0,0114	0,0101	0,0090	0,0081

Ved en Temperatur af 25° C. er q_0 altsaa omtrent dobbelt saa stor som ved 0°, hvilket bl. a. betyder, at Filtration i Naturen for overfladiske Lags Vedkommende maa foregaa væsentlig livligere om Sommeren end om Vinteren.

For Jordlag med varierende Kornstørrelse skal Ligning (8) kunne anvendes, naar man for d indsætter en Middelkornstørrelse, bestemt som

*) Udførlige Forsøg og teoretiske Udviklinger af Professorerne King og Slichter for Sandlag af forskellig Kornstørrelse viser, at Eksponenten til m i Formel (8) bør være noget højere end 3. Se U. S. Geological Survey. Nineteenth annual report. Washington 1899.

**) O. D. Chwolson: Lehrbuch der Physik. 1902. 8. Kap. § 1.

†) Refereret efter Slichter.

Diametren af et tænkt, kugleformet Korn, hvis Volumen er Gennemsnittet af samtlige Korns Voluminer; men det ligger i Sagens Natur, at Beregninger af den Art altid maa blive ret usikre. I hvert Tilfælde kan de kun benyttes for nogenlunde rent og groft Sand eller Grus.

De i det foregaaende anførte Formler kan give en brugelig Vejledning ved Sammenligning mellem forskellige Jordlag i Henseende til deres Vandledningsevne; men til absolut Bestemmelse af q_0 i et foreliggende Tilfælde lader de sig vanskelig anvende, da man savner indgaaende Kendskab til Arten og Størrelsen af Koefficienten k i Ligning (8) for mere sammensatte Jordarters Vedkommende*). I Praksis maa man derfor sædvanlig henholde sig til direkte Forsøg.

*A. Colding***) har ved Filtrationsforsøg med forskellige Jordarter, anbragt i Trækasser eller Urtepotter (Fig. 4 og 5), fundet følgende Værdier:

For groft Grus	$q_0 =$	270	m/Døgn
- Filtersand		35	—
- sandet Muld.....		0,85	—
- leret Sand.....		0,50	—
- magert Ler.....		0,14	—
- Flydesand		0,03	—
- stift Ler.....		0,015	—

Forsøgene blev udført i Sommermaanederne 1870 med Vand fra Københavns Vandværk. Under Forsøgenes Gang var Vandhastigheden til en Begyndelse aftagende, fordi Jordlagene efterhaanden sank mere og mere sammen; men Maaleresultaterne blev først noteret, efter at Tilstanden var blevet stationær. Som det fremgaar af Tabellen, har de lerholdige Jordarter haft en forholdsvis meget ringe Vandledningsevne (se nedenfor).

I Tilfælde, hvor det har afgørende Betydning at faa et Udtryk for Jordlagenes Vandledningsevne i deres naturlige Aflejring, angiver Colding følgende ændrede Fremgangsmaade. Man graver et Hul i Jorden ned til det Lag, som man ønsker at undersøge, og fylder Vand deri, saaledes at der kommer en Filtration i Stand i lodret Retning. Saafremt Afløbet nedefter i Retning af Grundvandet er frit, og man leder Vand til i saadan Mængde, at Jordlaget netop er dækket med Vand, men heller ikke mere, har man $h = l$ i Ligning (5), hvorefter q_0 kan maales som den pr. Flade- og Tidsenhed tilførte Vandmængde. Men desværre savnes Meddelelse om Resultater af saadanne Maalinger.

Prof. *T. Westermann* har i Vinteren 1907 anstillet Forsøg efter en ganske lignende Metode til Belysning af Forholdet mellem en Lerjords og en Sandjords Gennemtrængelighed for Vand†) og paaviste derved bl. a., hvilken dominerende

*) For rent Sand har Prof. Slichter ad teoretisk Vej paa Grundlag af Poisseuille's Lov udviklet Formler til Bestemmelse af q_0 som Funktion af m, d, Vandets Temperatur og en Størrelse, der udtrykker Kornenes mere eller mindre tætte Lejring, og har fundet god Overensstemmelse med Forsøg. Se Fodnoten Pag. 24. Men stor Betydning for Praksis har de ikke faaet.

**) Se Fodnoten Pag. 22.

†) T. Westermann: Kulturjords Forhold overfor Vand og Bearbejdningens Indflydelse herpaa. København 1909.

Betydning Strukturen har for Lerjords Vedkommende, et Forhold, som man ikke tidligere havde været opmærksom paa. For en Lerjord i naturlig Aflejring paa en godt drænet Forsøgsmark (dyrket ca. 40 Aar efter Dræningen) fandt han saaledes en Gennemtrængelighed svarende til q_0 = ca. 3,1 m/Døgn, men for samme Jord, omskovlet og sammenpakket i vaad Tilstand i et cylindrisk Kar, en ganske forsvindende Gennemtrængelighed, svarende til q_0 = ca. 0,002 m/Døgn. Forskellen tilskriver han Jordens Struktur, specielt de i Kulturjorden tilstedeværende Rodkanaler, Regnormegange, lodrette Revner etc. Sandjordens Gennemtrængelighed lod sig kun i ringe Grad paavirke af forskellig Behandling og svarede til q_0 = ca. 0,57 m/Døgn, et Tal, som stemmer ganske godt med Coldings.

Hvor Talen er om at undersøge et vandførende Lags Vandledningsevne kan man ofte faa gode Oplysninger ved at udføre Forsøgsboringer, grave Forsøgsbrønde eller nedlægge Forsøgsdræn i det paagældende Lag og iagttage Grundvandspejlets Sænkning, naar man fjærner en vis Vandmængde fra Forsøgsanlæget ved Pumpning. Beregningerne kan udføres efter de i Punkt 7 nærmere udviklede Formler til Bestemmelse af Grundvandspejlets Profil under forskellige Forhold.

7. Grundvand. Under Regnfald og ved Tøbrud synker, som tidligere omtalt, en vis Vandmængde ned i Jorden*); men denne Vandmængde vil kun ganske undtagelsesvis være saa stor, at den svarer til Jordens Vandledningsevne q_0. Som Regel er den langt mindre, og Vandbevægelsen faar derfor ikke Karakter af en Filtration i samme Forstand som den, hvori Ordet er benyttet foran i Punkt 6, men maa nærmest betegnes som en Nedsivning, hvorunder Vandet i spinkle Strømme flyder ned gennem Jordlagets delvis luftfyldte Porer.

Støder det nedsivende Vand paa et Jordlag af mindre Gennemtrængelighed (et vandstandsende Lag), sker der en Opstuvning af Vandet i det ovenfor liggende Jordlags Porer, som derved til en vis Højde bliver helt fyldte med Vand, og der opstaar paa denne Maade i Jordlagets Indre en kontinuerlig Vædskeoverflade, som man kalder Grundvandspejlet. Dette Vandspejl danner altsaa Grænsen mellem de helt og de delvis vandfyldte Partier af Jordlaget. Grænsen er næppe synderlig skarp inde i selve Jordmassen, særlig ikke hvis Talen er om finkornede Jordarter, for hvilke Haarrørsvirkningen spiller en stor Rolle; men Vandspejlets Højde, eller som man ofte udtrykker sig, det vandførende Lags Stighøjde træder fuldkommen tydeligt frem i Brønde eller Borehuller, der føres ned i Laget.

Da intet Jordlag er absolut uigennemtrængeligt for Vand, vil Vandbevægelsen nedefter, hvis Afløbsforholdene iøvrigt tillader det, fortsættes om end svagere gennem det vandstandsende Lag, og i Jordbund, hvor Lag af større og mindre Gennemtrængelighed stadig skifter, er der ikke noget til Hinder for, at Opstuv-

*) En tysk Videnskabsmand, Dr. Volger, har hævdet, at der under Vejrforhold, hvor Luften er fugtig og Jordbunden kold, finder en betydelig Fortætning eller et Nedslag af Taage Sted i Jordbunden, og at der herved gives et meget væsentligt Bidrag til Dannelse af Grundvand. Se f. Eks. K. Keilhack: Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin 1912.

ningen kan gentages, saaledes at der danner sig flere af hinanden uafhængige Grundvandspejl i forskellig Højde. Det vil dog kun sjældent finde Sted.

Hvis det vandstandsende Lag ligger som en underjordisk Skaal, der helt eller i hvert Tilfælde til en vis Højde savner Afløb, vil Grundvandet stagnere og danne en underjordisk Sø med nogenlunde horizontalt Vandspejl, eller det vil træde frem for Dagens Lys i Lavninger af Terrænet som aabent Vandspejl. Men i Reglen vil der frembyde sig Mulighed for Afløb til Siden i en eller flere Retninger, hvori det vandstandsende Lag har Hældning, og Grundvandet faar i saa Fald Karakter af en permanent Vandstrøm, der alt efter Aarstiden og Nedbøren med større eller mindre Intensitet (Vanddybde og Hastighed) søger fra de højest beliggende Partier af den vandstandsende Undergrund ud imod Havet, Søer, aabne Vandløb og Grøfter, saafremt det da ikke forinden optages af Drænledninger eller Brønde.

Da Grundvandets Bevægelse gennem de vandførende Jordlag medfører et stadigt Tab af Trykhøjde, bliver Grundvandspejlet under de foran beskrevne Forhold ingen horizontal Plan, men sædvanlig en krum Flade, som overalt har Fald i Vandbevægelsens Retning. Vandspejlets Form kan let konstateres ved Nivellering af Vandspejlet i et passende stort Antal Borehuller eller Brønde og anskueliggøres paa et Kort ved Indskrivning af Kotetal eller ved Indtegning af Niveaukurver. Vandstrømmenes Retning vil overalt være vinkelret paa Niveaukurverne.

Grundvandets Hastighed kan konstateres forsøgsmæssigt paa den Maade, at man graver en Række Brønde i Vandets Bevægelsesretning, udkaster en Saltopløsning eller et Farvestof i den øverste og observerer den Tid, der medgaar, inden Stoffet viser sig i de nedenfor liggende. Saltopløsningens Fremtræden konstaterer man lettest ved den Ændring, som den medfører i Vandets elektrolytiske Ledningsevne, medens Farvestoffets konstateres ved Sammenligning mellem regelmæssigt optagne Vandprøver.

Forsøg af den beskrevne Art er i Tyskland bl. a. foretaget af Ing. *Thiem* og i Amerika af Prof. *Slichter*. De synes at bekræfte Darcys Lov, saaledes at man med Tilnærmelse tør antage, at Grundvandets Hastighed vokser proportionalt med Grundvandspejlets Fald $(\frac{h}{l})$.

I Jordbund med udpræget Lagdeling ligger vandførende Lag ofte indesluttet mellem vandstandsende baade foroven og forneden. Ligger en saadan Vandaare dybt og har rigelig Tilgang af Grundvand, bliver den helt fyldt med Vand og sat under Tryk paa lignende Maade som Jordmassen ved Forsøgsanordningen paa Fig. 7. Fører man en Boring ned til Laget, vil Grundvandet stige op i Borehullet fra neden, i det Øjeblik man naar igennem det øvre vandstandsende Lag, og indstille sig i et Niveau, Stighøjden, der svarer til det hydrauliske Tryk i Laget.

Tænker man sig talrige Borehuller ført ned i et vandførende Lag, som staar under Tryk, og Vandspejlene i alle disse forbundet, fremkommer der en Flade, det saakaldte artesiske Vandspejl, der nøje svarer til den hydrauliske Tryklinie i Apparatet paa Fig. 7. Det artesiske Vandspejl kan anskueliggøres paa et Kort ved Hjælp af Kotetal eller Niveaukurver paa samme Maade som et almindeligt Grundvandspejl, men er i Modsætning til dette kun en tænkt Flade.

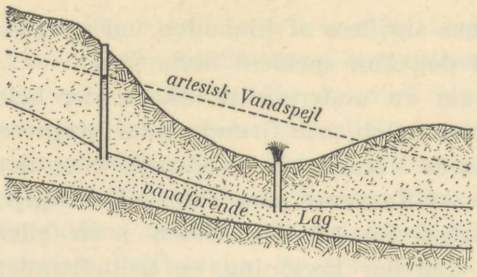


Fig. 8.

I bølgeformet Terræn hænder det jævnlig, at et artesisk Vandspejl i Bunden af en Dal ligger højere end selve Jordoverfladen. Fører man en Boring ned paa et Sted, hvor det er Tilfælde, vil Grundvand kunne vælde ud af Borerøret som en Kilde under et Tryk, som svarer til Udløbsaabningens Dybde under det artesiske Vandspejl (Fig. 8). Boringer af denne Art skal første Gang være anvendt i Grevskabet »Artois« i Frankrig og benævnes derefter artesiske Kilder eller Brønde, men iøvrigt benyttes Betegnelsen artesisk nu om alt Grundvand, som staar under Tryk, selv om det ikke netop stiger over Jordoverfladen.

Artesiske Kilder er tilvejebragt i stort Antal her i Landet, navnlig paa Sjælland*), hvor vandførende Grønsandslag paa denne Maade er udnyttet til Københavns Vandforsyning. *A. Colding* har ved en Del af disse Kildeboringer i Københavns Omegn anstillet Forsøg for at faa oplyst, hvorledes den udstrømmende Vandmængde varierer med Udløbsaabningens Dybde under det artesiske Vandspejl. Han kom til det vigtige Resultat, at disse to Størrelser er proportionale, et Forhold, som ogsaa er iagttaget af flere tyske Ingeniører, og som giver en betydningsfuld Bekræftelse paa Gyldigheden af Darcys Lov.

I det følgende skal anføres nogle Eksempler, der belyser, hvorledes de i det foregaaende udviklede teoretiske Betragtninger kan anvendes til tilnærmende Bestemmelse af Grundvandspejlets Form under givne Forhold.

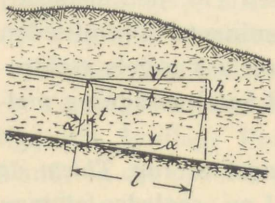


Fig. 9.

1°. — Et vandførende Gruslag antages at hvile paa en uigennemtrængelig Undergrund med plan Overflade, der danner Vinklen α med Horisonten (Fig. 9). Lagets Vandføring antages at være konstant, uden Tilgang af nedsivende Overfladevand.

Grundvandstrømmens Dybde (maalt i lodret Retning) kaldes t og Vandføringen pr. m af Lagets Bredde vinkelret paa Figurens Plan Q. Anvendelse af Darcys Lov paa en Strækning mellem to nærliggende Tværsnit i indbyrdes Afstand l giver da:

$$Q = m\,\xi\,F\frac{h}{l} = q_0\,t\cos\alpha\,\frac{h}{l} = q_0\,t\sin i, \qquad (9)$$

naar Grundvandspejlets Vinkel mod Horizonten kaldes i og $\cos\alpha$ sættes lig 1 i Betragtning af, at α i Praksis sædvanlig er en lille Vinkel.

Er Vandstrømmen overladt til sig selv paa en længere Strækning, vil Vandspejlet ganske naturligt indstille sig parallelt med det vandstandsende Lags Overflade, saaledes at man faar $\alpha = i$. Men denne Ligevægtstilstand forstyrres, hvis Vandspejlet i Lagets Recipient ikke netop korresponderer med Grundvandstrømmens Vandspejl ved Udløbet. Er Vandspejlet i Recipienten højere, vil Grundvandet stuves op (Fig. 10a), er det lavere, vil Grundvandet

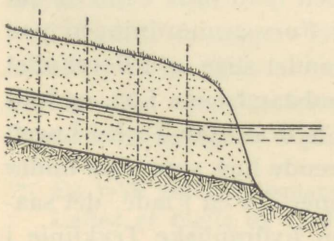


Fig. 10a.

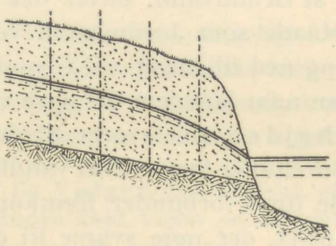


Fig. 10b.

*) Danmarks geologiske Undersøgelse. II Række. Nr. 21. V. Milthers: Brøndboringer og artesisk Grundvand i det sydlige Sjælland. København 1919.

sænkes henimod Udløbet (Fig. 10 b). I begge Tilfælde kan Vandspejlets Profil bestemmes med Tilnærmelse, paa lignende Maade som Stuvnings- eller Sænkningskurver i aabne Vandløb*), ved at man indlægger et passende stort Antal Tværsnit i Vandstrømmen og benytter Ligning (9) til Bestemmelse af Vandspejlets Fald fra Tværsnit til Tværsnit.

Teoretiske Udviklinger fører til, at Stuvning eller Sænkning maa kunne forfølges uendelig langt op langs Vandstrømmen, men i Praksis vil man naturligvis standse Regningerne, naar man nogenlunde nær finder $i = \alpha$.

2°. — Sænkning af Grundvandspejlet mellem to Drænledninger. Nedlægger man en Række parallele Sugedræn i et vandlidende Jordlag og sørger for frit Afløb fra disse, vil Grundvandspejlet synke og mellem to og to Drænledninger indstille sig som en krum Flade, der er højest et Sted imellem Drænene og lavest umiddelbart over dem. Dette blev allerede konstateret ved Forsøg af Franskmanden *Delacroix* midt i forrige Aarhundrede, men *A. Colding* har senere angivet følgende tilnærmende Fremgangsmaade til Beregning af Fladens Profil under bestemte Forudsætninger.

Fig. 11 fremstiller et Snit vinkelret paa Drænledningerne, der antages at være nedlagt med Retning efter Terrænets største Fald. Det forudsættes, at Vandbevægelsen henimod Drænledningerne kun foregaar i den Del af Jordlaget, som ligger højere end Drænene, paa samme Maade som hvis Drænene var nedlagt i Oversiden af et vandstandsende Lag, og fremdeles, at Grundvandstrømmen vedligeholdes derved, at en bestemt Vandmængde, f. Eks. hidrørende fra Nedbør, stadig siver ned igennem de øvre Jordlag i lodret Retning.

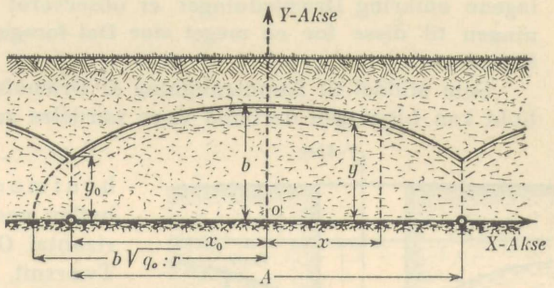


Fig. 11.

Kalder vi denne Vandmængde r, bestemt som Tykkelsen af det Vandlag, som siver ned i Jorden i Løbet af en Tidsenhed, og betragter vi en Strimmel Jord af 1 m Bredde vinkelret paa Figurens Plan, bliver Vandføringen i et vilkaarligt Tværsnit i Afstanden x fra Midten mellem Drænene

$$Q = r\,x$$

Med Figurens Betegnelser giver Darcys Lov endvidere for samme Tværsnit

$$Q = q_0 F \frac{h}{l} = \div q_0\, y \frac{dy}{dx},$$

idet Faldet paa Grundvandspejlet med tilstrækkelig Tilnærmelse kan sættes lig $\frac{dy}{dx}$, med Fortegnet $\div$, fordi $\frac{dy}{dx}$ i Henhold til Figuren er en negativ Størrelse, medens Faldet naturligvis maa indføres i Regningen som en positiv Faktor.

Ved Sammentrækning af de to Ligninger faas:

$$r\,x\,dx = \div q_0\, y\, dy,$$

og ved Integration mellem korresponderende Grænser:

$$r \int_0^x x dx = \div q_0 \int_b^y y dy,$$

eller

$$r\,x^2 + q_0\,y^2 = q_0\,b^2,$$

$$\frac{x^2\,r}{b^2\,q_0} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \qquad (10)$$

*) C. L Feilberg: Teknisk Mekanik, 1917. Punkt 90.

som er Ligningen for en Ellipse med Halvakserne $b\sqrt{\frac{q_0}{r}}$ og b, henholdsvis i vandret og lodret Retning og Centrum i Koordinatsystemets Begyndelsespunkt.

Vanddybden y_0 umiddelbart over Drænet repræsenterer den Trykhøjde, som medgaar til Overvindelse af Indløbsmodstande. Anslaar man, saavidt muligt i Overensstemmelse med Erfaring, denne til $0{,}4\,b$, giver Formel (10) det tilsvarende $x_0 = 0{,}9\,b\sqrt{\frac{q_0}{r}}$, og Afstanden mellem to Nabodræn bliver:

$$A = 1{,}8\,b\sqrt{\frac{q_0}{r}} \tag{11}$$

Colding foreslaar at anvende Ligning (11) til direkte Bestemmelse af den nødvendige Afstand mellem Sugedræn under givne Forhold, efter at Koefficienten q_0 er bestemt ved Filtrationsforsøg. Forudsætningerne for Beregningen vil dog sjældent være tilfredsstillede godt nok i Praksis. Blandt andet viser nyere Forsøg, hvorunder Vandtrykket i Jordlagene omkring Drænledninger er observeret ved Hjælp af Manometerrør, at Tilstrømningen til disse for en meget stor Del foregaar fra neden fra det under Tryk staaende Grundvand.

Som Middel til Sammenligning af Drænafstande ved Dræning under forskellige Forhold kan Ligningen derimod være særdeles anvendelig.

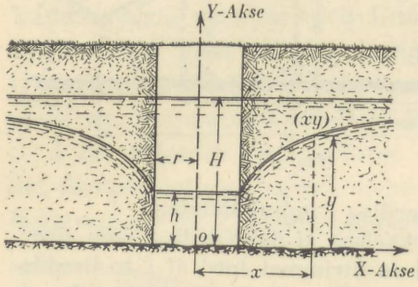


Fig. 12.

3°. — Sænkning af Grundvandspejlet henimod en Brønd. I et vandførende Lag, der hviler paa en vandstandsende Undergrund med horizontal Overflade, graves en Brønd med cirkulært Tværsnit, lodret ned gennem hele det vandførende Lags Tykkelse (Fig. 12). Grundvandet antages oprindelig at være i Hvile med vandret Overflade i Højde H over det vandstandsende Lag.

Sænker man Vandstanden i Brønden ved Pumpning, vil Vand strømme til fra Siderne, og fortsætter man Pumpningen i nogen Tid med samme Intensitet, saaledes at man fjærner en konstant Vandmængde Q i Tidsenheden, vil Vandspejlet i Brønden tilsidst komme i Ro i en ny Højde h over Bunden. Grundvandspejlet vil da have antaget Form af en Omdrejningsflade med Akse i Brøndens Akse og med et Profil, der kan bestemmes med Tilnærmelse ved Anvendelse af Darcys Lov paa følgende Maade.

Vi betragter et lodret, cylindrisk Snit i Afstanden x fra Brøndens Akse. Det passeres i hver Tidsenhed af Grundvandstrømmen Q fordelt over en Flade, hvis Areal med Figurens Betegnelser er $2\pi x y$. Man har derfor:

$$Q = q_0 F \frac{h}{l} = q_0\, 2\pi x y \frac{dy}{dx},$$

eller

$$Q\frac{dx}{x} = 2\pi q_0\, y\, dy,$$

hvoraf man ved Integration mellem korresponderende Grænser faar:

$$Q\int_r^x \frac{dx}{x} = 2\pi q_0 \int_h^y y\, dy,$$

eller

$$Q\,l\left(\frac{x}{r}\right) = \pi q_0 (y^2 \div h^2), \tag{12}$$

der fremstiller en logaritmisk Linie.

Ligning (12) er første Gang udviklet af Franskmanden *Dupuit*. Den kan benyttes til Bestemmelse af Vandledningsevnen q_0 for et vandførende Lag paa den Maade, at man

observerer Q, h og r og desuden ved en Forsøgsboring i nogen Afstand fra Brønden skaffer sig et Sæt sammenhørende Værdier for Koordinaterne x og y.

A. Thiem har benyttet Formlen paa denne Maade med godt Resultat. Derimod har *O. Smreker* fremhævet, at Formlen i sig selv indeholder en Urimelighed, idet $x = \infty$ ogsaa giver $y = \infty$, hvilket naturligvis er utænkeligt, da Pumpning fra Brønden aldrig kan medføre, at Vandspejlet i nogen Afstand fra Brønden hæver sig over den oprindelige Højde H over det vandstandsende Lag. I Virkeligheden maa det sænkede Vandspejl nærme sig asymptotisk til dette Niveau, saaledes at Sænkningen bliver desto mindre, jo længere man fjerner sig fra Brønden. Formlen maa derfor tages som en temmelig grov Tilnærmelse, hvis Anvendelse altid kræver Forsigtighed.

ANDET KAPITEL.

Vandet og dets Betydning for Plantevæksten.

8. Nyttigt og skadeligt Vand. Vand er et af Planternes nødvendige Næringsstoffer og tjener desuden som Opløsnings- og Transportmiddel for de øvrige. Til Opnaaelse af store Afgrøder maa der derfor i Vegetationstiden stadig være tilstrækkelige Vandmængder i Jordens øvre Lag. Paa lettere Jord med ringe Kapillaritet og Vandkapacitet og med dybtliggende Grundvandspejl, vil Afgrøderne være usikre og i høj Grad afhængige af Nedbørens Rigelighed og Fordeling, hvis man ikke enten holder Grundvandet saa højt, at Planterne kan faa deres Forbrug dækket af det herfra kapillært løftede Vand, eller paa anden Maade tilfører Vand.

For at Planterne skal kunne udvikle sig frodigt, maa der dog ogsaa være tilstrækkelig Ilt til Planterøddernes Aandedræt, og Jordbundens Porer maa derfor ikke alle være fyldte med Vand. Luftindhold i Jorden er fremdeles nødvendigt af Hensyn til Udviklingen af det lavere Dyre- og Planteliv, der bidrager til Forbedring af Jordens fysiske Beskaffenhed og til Omsætningen af de fra Planterester (Gødning) stammende organiske Stoffer. Regnormen, der aabner Jorden for Regnvandet, Luften og Planterødderne ved sine Gange og blander de øvre og dybere Jordlag, kan ikke leve i en vandfyldt Jord. De fleste og vigtigste af de Bakterier, der bidrager til Mulddannelsen og Nitrifikationen, er »aerobe«, d. v. s. kræver Ilt, og det samme gælder de Bakterier, der direkte eller indirekte formaar at opsamle Luftens Kvælstof. Det er derfor kun Kapillarvandet i Jordens øvre Lag, som er nyttigt, medens det iltfattige, kulsyreholdige Grundvand, der helt fylder Porerne, er skadeligt, naar det staar for højt.

Men en for høj Grundvandstand vil, foruden at udelukke Luften, kunne gøre direkte Skade paa forskellig Maade.

1) Staar Grundvandet lige til Overfladen, vil der indtræde en stærk Fordampning, hvortil medgaar megen Varme, som tages fra Jorden. Opvarmningen om

Foraaret vil derfor foregaa langsomt, og der gaar Dage og Uger, inden den vandlidende Jord faar en Temperatur, der er gunstig for Spiringen af Kulturplanternes Frø. En Del Ukrudtsplanters Frø spirer ved lavere Temperatur, og disse vil faa Forspring og tage Magten. I vaad Jord kan man ikke ved Harvning ryste Jorden fra Rodukrudtets Rødder, og kan derfor vanskelig komme det til Livs. Vandlidende Jord er kold, sen og uren.

2) Overmaal af Fugtighed umuliggør Bearbejdningen af den lerede Jord.

3) Vandet fra Regnskyl vil ikke kunne trænge ned i den vandfyldte Jord, men vil strømme af overfladisk, hvorved Gødningsstoffer og fine Jordbestanddele vil skylles bort og aflejre sig paa lavere Partier, ligesom der paa stærkt hældende Terræn kan fremkomme dybe og uregelmæssige Furer.

4) Planterødderne tvinges til at udvikle sig overfladisk paa Jorder, hvor Grundvandet staar højt om Foraaret; naar Overlaget senere udtørres og Grundvandet synker, er Rødderne ikke kraftige og kan ikke udvikle sig i Dybden i tilsvarende Grad, og Planterne kommer til at lide under Vandmangel. Arealer med høj Grundvandstand om Foraaret lider mest under senere Tørkeperioder.

5) Endelig indeholder Grundvandet undertiden Plantegifte som Clorforbindelser i Inddæmninger fra Havet og visse Svovlforbindelser dels paa almindelig Agerjord dels og hyppigere paa Mosejord, hvor det desuden indeholder Humussyre.

Vand, der saaledes virker hæmmende paa Planteproduktionen og vanskeliggør Jordens Bearbejdning, kaldes »skadeligt Vand«, og Arealer, der lider herunder, »vandlidende eller vandsyge«. En overvaad Jord vil trods al Ulejlighed og Bekostning, og selv om man i alle andre Retninger søger at skaffe Planterne de gunstigste Vilkaar, kun give daarlige Afgrøder.

At Grundvandstanden er for høj viser sig paa Agerjord ved, at den ubevoksede Jord om Foraaret er mørkere af Farve end bekvem Jord af samme Beskaffenhed, senere viser det sig ved, at Sæden staar i Stampe, bliver spids og lys og ved, at visse Ukrudtsplanter indfinder sig og tager Magten. Særlig karakteristiske Kendetegn paa vandlidende Agerjord*) er Fuglegræs *(Stellaria media)*, Almindelig Hejre *(Bromus secalinus)*, Langstakket Hvene *(Agrostis spica venti)*, Blegbladet Pileurt *(Polygonum lapathifólium)*, Ferskenbladet Pileurt *(Polygonum persicária)*, Rødtop *(Odontites rubra)*, Følfod *(Tussilágo farfarus)*, Smalbladet Galtetand *(Stachys palúster)* og Ager-Padderokke *(Equisetum arvense)*; ofte optræder ogsaa Brunelle *(Brunella vulgaris)* og Almindelig Kvik *(Agropyrum repens)*, der dog ikke er saa karakteristiske som de førstnævnte.

Paa ældre Græsmarker (over 2 Aar) er det særlig Krybende Hvene *(Agrostis alba)*, Ager-Mynte *(Menta arvensis)*, Vand-Pileurt *(Polygonum amphibium)*, Gaase-Potentil *(Potentilla anserina)* og Vandgrenet Ranunkel *(Ranunculus repens)*, der antyder, at Jorden er vandlidende, medens det for Enges Vedkommende ses ved, at forskellige Stararter og Siv dominerer paa de gode Græssers Bekostning og giver Engen et graaligt Skær i Stedet for den friske grønne Farve, der er Kende-

*) C. Ferdinandsen: Det 9. Undervisningsmøde for Landboforeningernes Konsulenter og Assistenter i Planteavl paa Lyngby Landboskole den 16.—18. Juni 1920. Kortfattet Referat af Foredrag og Forhandlinger samlet ved L. Rasmussen. København 1919.

tegn paa en sund Jord. Paa Enge kan man desuden ofte se, at der ved Afgræsning, særlig under Tørkeperioder, rykkes en Del Græsplanter op med Rødderne og disse, der vrages af Kreaturerne, ligger spredt over Arealet. Aarsagen er som Regel, at Rødderne, grundet paa høj Foraarsvandstand, udbreder sig meget overfladisk; dog kan den stærke Opfrysning, der finder Sted paa vaad Husmusjord, ogsaa være medvirkende hertil.

Den kulturtekniske Vandbygnings Opgaver maa i Henhold til det sagte dels blive at aflede skadeligt Vand, dels at tilføre Vand i visse Perioder af Vegetationstiden, særlig paa Jorder med ringe Kapillaritet; men Afledning af skadeligt Vand spiller dog under vore klimatiske Forhold en større Rolle end Tilledning af Vand, idet de Arealer, der trænger til Vandafledning, gennemgaaende er af bedre Beskaffenhed end de, der trænger til Vanding, og fordi Tilledning af Vand under de fleste Forhold paa Forhaand maa opgives som værende økonomisk uforsvarlig.

9. Nedbør. Den samlede Mængde Dug og Regnvand samt Vand, dannet ved Sne og Hagls Smeltning, kaldes Nedbør.

Nedbøren bestemmes ved Maalinger, der ledes af Meteorologisk Institut og udføres paa Stationer, som i et Antal af ca. 200 er spredt over hele Landet. Den angives sædvanlig som Tykkelsen af det nedfaldne Vandlag i mm.

Som hosstaaende Tabel VI viser, er der ret stor Forskel paa de forskellige Egnes Middel-Nedbør; i det store og hele stiger den fra Øst mod Vest. Middel-Nedbøren*) er større end 700 mm i Thy og i Ribe Amt samt i den sydligste Del af Ringkøbing Amt og har Maksimum ca. 800 mm i Egnen mellem Grindsted og Kongeaaen, medens den er under 500 mm i den sydlige Del af Kattegat og i Storebælt med tilgrænsende Kyster; saaledes har Hesselø, Sprogø og Refsnæs kun 411 mm aarlig. Paa de større Øer er Middel-Nedbøren i udpræget Grad mindre ved Kysterne end i Indlandet.

Det er især en større Nedbørsmængde i Maanederne August—December, der bevirker, at de vestlige Egne faar den betydelig højere aarlige Nedbør.

Den største maanedlige Nedbør falder gennemgaaende i August, men ogsaa Juli og Oktober er særlig regnrige, den mindste falder i Februar, men ogsaa Januar, Marts, April og Maj er regnfattige.

Man maa imidlertid ikke overvurdere Betydningen af anførte Middeltal, da Nedbøren er et klimatisk Element, der her i Landet er meget variabelt og lunefuldt. Den aarlige Nedbør som Gennemsnit for hele Landet har saaledes de sidste 45 Aar varieret mellem 494 mm (1887) og 741 mm (1916). I Frederiksborg Amt maaltes i August 1891 gennemsnitlig 202 mm, men i August 1899 kun 17 mm, og for de enkelte Stationers Vedkommende er Variationerne endnu større. Se iøvrigt Tabel IX og X.

Den største Nedbør, der er faldet i Løbet af et Aar er 1275 mm (1882 syd for Herning), den mindste 266 mm (1903 paa Christiansø), den største i Løbet af en Maaned er 281 mm, der faldt i August 1891 i Nærheden af Arden.

Den største Nedbør, der er faldet i Løbet af et Døgn i Maanederne Oktober

*) Danmarks Land og Folk ved Daniel Bruun, Bind I, Afsnit om Klima ved Mag. scient. H. Hansen.

Tabel VI. Middel-Nedbør i mm for Aarene 1874—1905.

	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Aaret
Hjørring Amt	40	30	36	37	41	43	64	83	62	73	50	48	607
Thisted Amt	49	40	44	37	46	40	67	89	71	91	62	61	697
Ringkøbing Amt	46	36	41	37	43	47	67	93	74	87	59	55	685
Ribe Amt	46	37	44	40	42	52	72	97	80	93	61	58	722
Viborg Amt	42	34	37	35	43	48	71	84	60	73	49	49	625
Aalborg Amt	41	30	36	36	43	42	65	80	55	72	47	48	595
Randers Amt	39	29	36	37	41	46	68	82	54	74	49	45	600
Aarhus Amt	40	35	39	39	43	50	73	88	59	78	49	52	645
Vejle Amt	46	36	44	39	45	49	71	92	68	84	54	55	683
Samsø	34	28	32	30	38	39	58	72	47	64	45	40	527
Odense Amt	40	33	42	35	41	45	61	80	56	74	52	47	606
Svendborg Amt	44	37	45	36	43	49	67	81	61	83	54	51	651
Øerne Syd for Fyn	35	29	37	32	40	45	54	73	51	68	42	42	548
Holbæk Amt	32	26	33	28	34	42	63	71	53	65	43	36	526
Sorø Amt	37	31	39	32	38	44	64	71	54	68	48	41	567
Frederiksborg Amt	34	28	37	31	34	45	76	76	54	67	43	37	562
Københavns Amt	35	29	38	34	36	49	67	72	53	67	45	41	566
Præstø Amt	39	30	40	33	38	44	67	70	54	72	50	44	581
Maribo Amt	38	30	40	32	41	47	69	71	55	75	48	44	590
Bornholm	35	28	33	30	32	39	59	61	54	72	53	41	537

Fra de sønderjyske Amter foreligger ingen samlet Opgørelse, men i Tabel VII angives efter Meddelelse fra Meteorologisk Institut nogle Nedbørstal fra forskellige Stationer i Sønderjylland for Tidsrummet 1892—1911, og til Sammenligning er i Tabel VIII opført Nedbørstal for begge Tidsrum fra nærliggende Stationer i Sydjylland og paa Fyn.

Tabel VII. Middel-Nedbør i mm for Aarene 1892—1911.

Station	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Aaret
Christiansfeld	59	53	56	47	50	66	65	85	63	83	65	71	763
Ulfshus	53	47	50	44	44	64	60	86	63	81	61	63	716
Aabenraa	56	49	51	42	51	63	60	88	67	82	59	62	730
Nørborg	45	38	41	38	44	61	59	82	55	69	48	50	630
Sønderborg	50	44	44	38	45	58	57	81	59	68	50	54	648
Skodborg	52	48	50	44	43	61	66	91	70	81	61	68	735
Galsted	55	48	50	45	47	60	68	97	71	90	61	71	763
Kirkeby (Rømø)	47	43	44	39	41	44	53	88	66	83	59	59	666
Løgumkloster	53	49	48	41	47	55	63	98	72	89	60	62	737

Tabel VIII. Middel-Nedbør i mm.

Station		Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Aaret
Fanø	1874—1905	43	34	42	35	35	46	59	87	72	92	59	55	659
	1892—1911	46	40	48	40	39	52	50	87	64	84	57	56	663
Endrupholm	1874—1905	45	37	44	41	40	55	71	103	84	98	63	58	739
	1892—1911	53	46	50	47	43	60	60	101	80	93	66	67	766
Eskelund	1874—1905	45	36	45	38	46	53	76	99	80	92	58	59	727
	1892—1911	50	43	46	41	46	64	62	89	70	83	57	64	715
Aalykke (v. Holsted)	1874—1905	46	40	46	41	46	54	79	96	84	94	62	60	748
	1892—1911	53	46	49	45	47	65	66	88	72	83	63	64	741
Vamdrup	1874—1905	48	41	47	42	45	55	70	100	71	87	59	58	723
	1892—1911	62	49	48	47	46	65	66	90	64	83	61	68	749
Stenderup	1874—1905	52	40	50	45	47	52	70	90	66	87	60	61	720
	1892—1911	54	48	50	44	47	60	56	79	56	75	57	64	690
Assens	1874—1905	47	38	47	38	43	48	64	83	59	76	56	54	653
	1892—1911	50	43	47	42	45	56	54	79	52	68	52	56	644

Tabel IX. Den største Nedbør i mm, maalt i en Maaned og et Aar paa en enkelt Station i de forskellige Amter i Tiden 1874—1905.

	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Aaret
Hjørring Amt	97	95	101	95	124	109	165	254	182	167	122	112	901
Thisted Amt	107	143	110	92	115	146	165	240	143	214	155	143	997
Ringkøbing Amt	128	158	106	96	99	217	178	230	187	201	134	144	1275
Ribe Amt	118	91	130	92	113	162	180	210	209	208	138	143	995
Viborg Amt	104	84	99	88	98	155	157	184	128	199	111	134	903
Aalborg Amt	117	72	96	92	127	114	155	281	119	194	103	120	850
Randers Amt	111	94	95	94	107	152	165	209	120	168	123	110	839
Aarhus Amt	116	116	101	88	111	179	178	200	137	189	131	146	897
Vejle Amt	130	86	123	96	123	129	169	216	160	175	138	139	990
Samsø	94	75	82	58	104	98	119	149	101	151	108	86	710
Odense Amt	107	87	117	84	106	123	133	198	125	185	162	148	897
Svendborg Amt	155	96	141	98	163	191	155	237	153	213	151	162	1119
Øerne Syd for Fyn	84	79	104	67	93	125	109	162	133	180	104	98	811
Holbæk Amt	90	78	99	73	93	114	162	152	127	165	109	94	742
Sorø Amt	100	90	106	78	110	142	133	158	121	171	137	105	835
FrederiksborgAmt	82	85	97	85	105	161	179	240	109	153	137	90	955
Københavns Amt.	91	84	114	113	105	150	147	213	115	163	142	103	814
Præstø Amt	112	86	117	67	124	140	262	174	145	198	157	124	874
Maribo Amt	98	86	109	79	128	184	215	205	147	179	140	108	953
Bornholm	86	89	93	69	83	90	166	167	140	175	136	90	880

Tabel X. Største Nedbør i mm, maalt i en Maaned og et Aar, i det enkelte Amt som Gennemsnit for alle dets Stationer i 1874–1905.

	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Aaret
Hjørring Amt	79	79	84	70	91	99	137	175	150	139	102	96	842
Thisted Amt	99	120	89	80	97	118	125	191	133	186	132	123	899
Ringkøbing Amt	91	98	86	78	80	132	137	184	135	184	102	112	918
Ribe Amt	90	74	106	77	93	129	128	173	180	175	113	118	928
Viborg Amt	81	79	75	66	86	129	120	172	105	160	93	114	796
Aalborg Amt	102	80	82	70	91	111	138	193	106	158	99	96	820
Randers Amt	83	76	79	70	81	125	117	171	100	145	100	96	761
Aarhus Amt	97	68	87	73	88	131	133	181	107	164	100	116	802
Vejle Amt	93	75	99	82	102	117	118	165	132	165	101	110	843
Samsø	83	55	69	56	104	94	110	133	94	137	94	83	676
Odense Amt	80	66	100	65	87	97	106	160	105	154	122	97	723
Svendborg Amt	90	71	107	67	92	108	115	188	129	176	110	113	807
Øerne Syd for Fyn	81	65	91	66	87	113	115	151	116	166	99	87	724
Holbæk Amt	75	49	80	55	76	97	119	127	93	144	99	68	678
Sorø Amt	76	63	86	53	89	112	111	120	100	152	109	71	725
Frederiksborg Amt	70	71	76	75	93	120	137	202	86	131	103	83	847
Københavns Amt	77	70	89	77	96	126	113	174	92	130	102	72	698
Præstø Amt	88	63	92	49	91	99	145	132	94	166	116	86	725
Maribo Amt	78	66	90	54	90	103	161	140	124	149	119	94	807
Bornholm	74	70	73	62	72	72	146	142	111	140	132	70	718

til April inklusive, er mellem 40 og 60 mm; i Maj er en enkelt Gang maalt 74 mm og i September 84 mm; i Juni, Juli og August er der enkelte Gange faldet mere end 100 mm i et Døgn. Den absolut største Nedbør i et Døgn er 153 mm, som faldt i Juni 1880 ved Boderupgaard paa Falster. Af særlig voldsomme Regnskyl kan nævnes 120 mm i $2^1/_2$ Time (Juli 1918 paa Bogø), 72 mm i 1 Time (Juli 1878 ved Nakskov). Saadanne voldsomme Regnskyl er som Regel ledsaget af Torden, de optræder meget lokalt og forekommer kun i Maanederne Juni, Juli og August.

Undersøger man for de enkelte Stationer de større Regnmængder, der er maalt i Sommermaanederne, viser det sig, at man i alle Landets Egne kan vente, at der med faa Aars Mellemrum i et Tidøgn falder over 50 mm, medens der kun er Sandsynlighed for, at der en enkelt Gang i Løbet af 40 Aar vil falde over 100 mm i et Tidøgn. Dog er Undersøgelserne her gennemført paa den Maade, at Dekaderne er 1.—10., 10.—20. og 20.—30.; tager man inden for de enkelte Maaneder de sammenhængende Tidøgn, hvor det har regnet mest, vil man noget hyppigere naa de anførte Mængder.

Over 150 mm i en Sommermaaned er paa den enkelte Station i Vest- og Midtjylland maalt mellem 4 og 11 Gange i Løbet af 40 Aar og i Østjylland mellem 3 og 7 Gange. Paa Fyn og i Maribo Amt er denne Regnmængde inden for samme Tidsrum maalt 1 til 3 Gange, i Holbæk og Sorø Amter 1 Gang, i Kø-

benhavn og Præstø Amt 1 til 3 Gange, i Frederiksborg Amt 4 Gange og paa Bornholm 0—3 Gange. I Landets fleste Egne kan man altsaa vente en Regnmængde paa over 150 mm i Løbet af en Sommermaaned med forholdsvis faa Aars Mellemrum. En Regnhøjde paa over 200 mm i en af Sommermaanederne er paa den enkelte Station gennemgaaende kun maalt en Gang i Løbet af 40—50 Aar.

10. Fordampning. Fra Have, Søers og Vandløbs Vandspejl, fra Jordoverfladen og fra Vegetationen paa denne foregaar en stadig Fordampning.

En mindre Del af Fordampningen fra Vegetationen foregaar direkte fra Planternes overjordiske Dele, hvor noget af Nedbøren bliver hængende; den væsentligste Del foregaar ved Plantevæksten, idet Planterne gennem deres Rødder optager Vand fra Jordbundens Fugtighed og fører det op i deres overjordiske Dele, hvor de opløste Plantenæringsstoffer optages og aflejres, medens største Delen af Vandet fordamper gennem Spalteaabningerne. En mindre Del af Vandet omsættes og bidrager til Dannelse af organiske Forbindelser.

Da Fordampningen i høj Grad paavirkes af Temperaturen, Luftens Fugtighedsforhold og Vindforholdene, vil den være meget forskellig under forskellige klimatiske Forhold, og man vil saaledes ikke kunne drage synderlig Nytte af Undersøgelser og Iagttagelser herover fra andre Lande. Heldigvis har Stadsingeniør *Colding* allerede saa tidligt som i Tiaaret 1849—59, da Interessen for slige Undersøgelser endnu ikke var almindelig, foretaget grundige og meget oplysende Undersøgelser over Fordampningen, dels fra en Vandoverflade, dels fra en med kort og en med langt Græs bevokset Flade*).

Af Tabel XI, der er fremstillet ved at omsætte Coldings Tal til Metersystemet fremgaar, at Fordampningen fra en Vandoverflade er underkastet langt mindre Variationer end Nedbøren, og at den for hele Aaret gennemsnitlig er ca. 30 % større end denne, svingende mellem 609 og 777 mm, medens den aarlige Nedbør inden for samme Tidsrum svingede mellem 336 og 782 mm. Kun i et Aar, nemlig det usædvanlig regnfulde Aar 1852, har Fordampningen været mindre end Nedbøren.

I Vinterhalvaaret Oktober til Marts var Fordampningen gennemsnitlig 129 mm mindre end Nedbøren, medens den i Sommerhalvaaret April til September næsten var dobbelt saa stor som Nedbøren, nemlig 590 mm mod 298 mm. Dette Forhold forklarer, at mindre Nedbør i Vinterhalvaaret giver mere Fugtighed end de større Regnmængder i Sommerhalvaaret. Størst er Fordampningen i Juni—Juli Maaned, hvor den kan være over 5 mm i Døgnet, mindst i December, Januar og Februar.

Som tidligere antydet, vil Fordampningens Intensitet foruden af Temperatur og Vindforhold afhænge af Luftens relative Fugtighed, og det beror derfor ikke paa Tilfældigheder, at Fordampningen har været størst i Sommermaaneder med særlig ringe Regnmængde; thi man maa gaa ud fra, at Luftens relative Fugtighed vil være mindst i regnfattige Perioder. Fordampningen har saaledes været

*) A. Colding: Resultaterne af nogle Iagttagelser over forskellige Fugtighedsforhold i Omegnen af Kjøbenhavn. Tidsskrift for Landøkonomi 1860.

Tabel XI. De paa Peblingesøen faldne Vandmængder og de i samme Tidsrum fra Vandspejlet fordampede Vandmængder, maalt i mm.

Maaned	1849		1850		1851		1852		1853		1854		1855		1856		1857		1858		1859		Middeltal	
	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning	Nedbør	Fordampning
Januar	69	28	28	28	38	13	78	19	66	13	28	13	22	25	44	13	25	19	25	9	22	6	40	16
Februar....	56	9	91	9	44	9	60	13	22	3	31	22	6	28	38	13	25	16	16	19	50	13	40	13
Marts	60	47	9	31	69	19	16	22	13	19	13	22	25	13	3	31	28	16	13	31	35	19	26	25
April.....	19	63	50	44	97	44	19	60	50	25	25	82	38	31	63	53	53	35	16	78	47	47	43	50
Maj	13	104	41	113	44	107	63	97	38	104	41	85	56	66	44	72	9	104	85	78	13	110	40	94
Juni	104	148	35	141	75	122	78	116	22	157	50	113	53	104	53	116	13	166	31	154	56	148	52	135
Juli.....	113	119	104	122	35	144	6	163	50	129	28	132	69	119	63	110	38	151	72	126	38	135	56	132
August.....	60	100	60	122	32	129	41	113	41	107	135	110	72	104	35	100	38	110	47	141	44	97	55	113
September .	35	66	56	60	32	69	91	69	41	72	69	66	25	72	60	50	31	82	16	72	116	47	52	66
Oktober....	110	28	66	41	56	38	97	44	32	28	34	31	72	35	22	22	35	35	28	41	31	25	53	35
November .	28	22	100	22	100	16	126	19	16	16	28	19	3	22	66	16	25	19	22	19	60	19	52	19
December..	44	16	19	6	19	13	107	13	3	13	78	16	28	19	63	13	16	9	19	9	31	6	39	13
Ialt...	711	750	659	739	641	723	782	748	394	686	560	711	469	638	554	609	336	762	390	777	543	672	548	711

Tabel XII. Nedbør, Fordampning fra Vandspejl og Fordampning fra kort Græs 1852—59, maalt i mm.

	1852			1853			1854			1855			1856			1857			1858			1859			Middeltal		
	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs	Nedbør	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra kort Græs
Januar.....	68	19	25	66	13	22	28	13	13	22	25	28	44	13	13	25	19	19	25	9	13	22	6	6	39	15	17
Februar ...	60	13	28	22	3	3	31	22	28	6	28	25	38	13	13	25	16	22	16	19	19	50	13	19	31	16	19
Marts.....	16	22	38	13	19	22	13	22	44	25	13	22	3	31	41	28	16	19	13	31	35	35	19	38	18	22	32
April.....	19	60	56	50	25	41	25	82	107	38	31	53	63	53	66	53	35	38	16	78	85	47	47	72	39	51	65
Maj	63	97	104	38	104	129	41	85	104	56	66	88	44	72	85	9	104	119	85	78	88	13	110	113	44	90	104
Juni	78	116	119	22	157	151	50	113	122	53	104	110	53	116	132	13	166	169	31	154	138	56	148	160	45	134	138
Juli.....	6	163	169	50	129	126	28	132	135	69	119	119	63	110	97	38	151	154	72	126	122	38	135	138	46	133	133
August.....	41	113	116	41	107	107	135	110	126	72	104	107	35	100	104	38	110	138	47	141	151	44	97	97	57	110	118
September .	91	69	75	41	72	78	69	66	72	25	72	72	60	50	53	31	82	82	16	72	88	116	47	47	56	66	71
Oktober....	97	44	50	32	28	32	34	31	38	72	35	28	22	22	25	35	35	31	28	41	50	31	25	25	44	33	35
November .	126	19	25	16	16	19	28	19	19	3	22	19	66	16	13	25	19	19	22	19	19	60	19	22	43	19	19
December..	107	13	22	3	13	13	78	16	16	28	19	6	63	13	13	16	9	9	19	9	13	31	6	19	43	12	14
Ialt...	782	748	827	394	686	743	560	711	824	469	638	677	554	609	655	337	762	819	390	777	821	543	672	756	505	701	765

163 mm i Juli 1852, hvor Regnmængden kun var 6 mm, og 166 mm i Juni 1857 med en Regnmængde paa kun 13 mm. De usædvanlig regnfattige Aar 1857 og 1858 har ogsaa den største Fordampning.

Af Tabel XII, hvori den maanedlige Nedbør er sidestillet med Fordampningen fra Vandspejlet og fra kort Græs, fremgaar, at Fordampningen fra kort Græs gennemgaaende er nogle faa mm større end fra Vandspejlet; størst er Forskellen i Maanederne Marts, April og Maj, hvor den stiger til ca. 10 mm. For de 8 Aar 1852 til 59 er der gennemsnitlig fra Vandspejlet fordampet 701 mm og fra kort Græs 765 mm eller ca. 9 % mere.

Fra middellangt Græs (Længde ca. 25 cm) har Fordampningen, se Tabel XIII, gennemsnitlig for de 4 Aar 1849, 50, 55 og 56 været ca. 17 % større end fra Vandspejlet, og det er navnlig i Tidsrummet April—Oktober, d. v. s. i den egentlige Vegetationstid, at Forskellen er størst.

Fra langt Græs (Længde ca. 50 cm) har Fordampningen, se Tabel XIV, gennemsnitlig for de 4 Aar 1851—54 været ca. dobbelt saa stor som fra Vandspejlet, og det er navnlig Maanederne Juni til November, der har en betydelig større Fordampning fra Græsset end fra Vandspejlet. En enkelt Maaned har Fordampningen været oppe paa 467 mm eller paa over 15 mm i Døgnet.

Af disse Tal fremgaar, hvilken betydelig Indflydelse Vegetationen og dens Beskaffenhed har paa Fordampningen. Under vore Forhold bør man, hvor det drejer sig om græsbevoksede Arealer, antagelig regne med en Fordampning, som for middellangt Græs, idet Græsafgrøden enten afgræsses periodevis eller slaas i Juni—Juli og derved gaar over fra langt til kort Græs. Kun i Omkredsen af Søer eller paa vaade og sumpede Arealer kan der være en Vegetation af Tagrør, Siv og Avneknippe, der først høstes om Vinteren og saaledes kan bidrage til en stor Fordampning hele Sommerhalvaaret.

Ved Bedømmelse af Coldings Forsøgsresultater maa det bemærkes, at Græstørvene ved de forskellige Forsøg stadig holdtes gennemvædet med Vand, saaledes at Planterne stedse har haft rigelig Tilgang, hvilket sjældent vil være Tilfældet paa dyrkede Marker.

Over Fordampning fra ubevokset Jord og den overfladiske Jordbearbejdnings Indflydelse herpaa er der anstillet Forsøg af Prof. *Westermann**). Disse Forsøg, se Tabel XV, der foretoges inden for Tidsrummet 1. April—1. September i store Kar og under saa naturlige Forhold som muligt og saaledes, at Grundvandet inden for de enkelte Rækker blev holdt i samme Højde under hele Forsøget ved Tilfyldning eller Aftapning fra neden, viser, at Fordampningen er desto større, jo mindre Afstanden er mellem Grundvandet og Overfladen, og desuden, at denne Forskel er mere udpræget for Sandjorden end for Lerjorden.

Endvidere viser de den forskellige Jordbehandlings Indflydelse paa Fordampningen og anskueliggør klart den, særlig for Sandjordens Vedkommende store Forøgelse i Fordampning, der finder Sted ved en Sammentrykning, der

---

*) T. Westermann: Undersøgelser over Kulturjords Forhold over for Vand og Bearbejdningens Indflydelse herpaa. Tidsskrift for Landbrugets Planteavl, 19. Bind, 1909.

Tabel XIII. Fordampning fra Vandspejl og fra middellangt Græs (ca. 25 cm højt) i Aarene 1849—50 og 1855—56, maalt i mm.

	1849		1850		1855		1856		Middel-fordampning	
	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	fra Vandspejl	fra Græs
Januar	28	28	28	35	25	28	13	13	24	26
Februar	9	9	9	9	28	25	13	13	15	14
Marts	47	47	31	41	13	22	31	41	31	38
April	63	63	44	56	31	53	53	66	48	60
Maj	104	116	113	126	66	88	72	85	89	104
Juni	148	144	141	151	104	122	116	138	127	139
Juli	119	129	122	138	119	135	110	122	117	132
August	100	113	122	148	104	132	100	129	107	131
September	66	75	60	75	72	85	50	75	62	78
Oktober	28	41	41	63	35	53	22	28	32	46
November	22	35	22	31	22	28	16	19	21	28
December	16	16	6	6	19	6	13	13	14	10
Ialt...	750	816	739	879	638	777	609	742	687	806

Tabel XIV. Fordampning fra Vandspejl og ra langt Græs (ca. 50 cm højt) i Aarene 1851—54, maalt i mm.

	1851		1852		1853		1854		Middel-fordampning	
	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	Fordampning fra Vandspejl	Fordampning fra Græs	fra Vandspejl	fra Græs
Januar	13	28	19	25	13	22	13	13	15	22
Februar	9	19	13	28	3	3	22	28	12	20
Marts	19	35	22	38	19	22	22	44	20	35
April	44	69	60	82	25	41	82	107	53	75
Maj	107	154	97	144	104	138	85	116	98	138
Juni	122	229	116	217	157	191	113	163	127	200
Juli	144	467	163	355	129	261	132	232	142	329
August	129	317	113	254	107	273	110	242	115	272
September	69	179	69	160	72	207	66	182	69	182
Oktober	38	110	44	113	28	100	31	88	35	103
November	16	50	19	41	16	44	19	28	18	41
December	13	16	13	22	13	16	16	16	14	17
Ialt...	723	1673	748	1479	686	1318	711	1259	718	1434

gør Jorden kapillær til Overfladen; ligeledes ser man, at Ringtromling, der ved Dannelse af smaa Kamme forøger Overfladen, giver Anledning til en særlig stærk Fordampning. Ved Harvning efter Tromlingen løsnes det øverste Lag, og herved udslettes Virkningen af Tromlingen næsten atter.

Tabel XV. Fordampning i kg pr. m^2 (eller i mm Vandhøjde) fra 1. Maj til 31. Juli.

Aar	Grundvand ½ m under Overfladen					Grundvand 1 m under Overfladen						Nedbør
	Harvet	Glattromlet	Ringtromlet	Ringtromlet og harvet	Cambridge-tromlet	Harvet	Glattromlet	Ringtromlet	Ringtromlet og harvet	Cambridge-tromlet	Bevoxet med Havre	
Sandjord												
1899.....	110,4	170,0	199,2	—	—	63,2	74,0	78,8	—	—	—	70,7
1900.....	169,8	201,4	254,4	—	—	124,4	135,2	151,6	—	—	—	154,1
1907.....	102,6	—	160,4	120,4	144,8	95,8	—	119,4	99,0	105,0	311,2	199,0
Lerjord												
1899.....	98,4	106,0	106,0	—	—	86,2	88,4	97,8	—	—	—	70,7
1900.....	168,2	185,4	200,2	—	—	148,8	159,0	167,4	—	—	—	154,1
1907.....	125,6	—	152,6	134,4	145,2	127,8	—	140,0	126,8	134,0	292,0	199,0

Af en længere Forsøgsrække er kun medtaget Resultaterne fra 3 Aar, et tørt, et middel og et fugtigt Aar.

Af Tabellen fremgaar ogsaa, at Vegetationen forøger Fordampningen betydeligt. Havren har saaledes i Tidsrummet 1. Maj—31. Juli forbrugt 2—3 Gange saa meget Vand, som den ubevoksede, harvede Jord. I Tidsrummet 20. April—31. August forbrugte Havren 418,6 mm og 412 mm, henholdsvis paa Sandjorden og Lerjorden, medens Nedbøren inden for samme Tidsrum var 275,5 mm. Mest fordampede i Juli Maaned, nemlig 158,6 mm (Nedbøren 64,6), hvilket er noget mere, end der gennemsnitlig fordampede i Juli Maaned fra middellangt Græs ved Coldings Forsøg; men da Forsøget med Havre kun strakte sig over det ene Aar, maa der ikke tillægges Tallene for stor Vægt.

Af Prof. *Westermann* er senere, 1911—13, anstillet andre Forsøg over Kulturplanters Vandforbrug*) med følgende Hovedresultat:

Lerjord.	Fordamning i Vegetationstiden mm
Ubevokset	191
Havre (2 Aar)	710
Byg	610
Bønne-Vikke	1080

*) T. Westermann: Landbrugsplanternes Forhold til Omgivelserne, deres Livskrav og Livsvilkaar (Trykt som Manuskript). 1919.

Tabel XVI. Nedbør og Afstrømning fra

	1848			1849			1850			1851			1852		
	Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning	
	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²
Januar	13	0,6	0,2	65	26,0	10,0	22	1,8	0,7	35	26,0	10,0	78	27,6	10,6
Februar ...	69	10,0	3,9	63	45,2	17,5	160	87,8	33,9	35	23,2	8,9	82	30,1	11,6
Marts	38	18,2	7,0	56	30,1	11,6	9	14,8	5,7	75	24,8	9,6	19	10,4	4,0
April	63	9,4	3,6	19	8,0	3,1	53	34,2	13,2	104	45,2	17,4	22	3,1	1,2
Maj	16	2,5	1,0	13	1,8	0,7	41	2,8	1,1	41	13,2	5,1	82	2,5	1,0
Juni	129	4,7	1,8	116	2,2	0,9	47	2,5	1,0	75	3,5	1,4	75	1,8	0,7
Juli	44	0,6	0,2				122	3,8	1,5	53	0,9	0,3	9	—	—
August	129	2,2	0,8				60	3,1	1,2	38	1,9	0,7	47	—	—
September.	50	1,6	0,6	Søen under Ind-			44	2,8	1,1	38	0,9	0,3	78	—	—
Oktober ...	135	45,2	17,5	dæmning.			69	3,8	1,5	47	2,8	1,1	104	3,8	1,5
November.	91	56,2	21,7				91	21,7	8,4	104	11,3	4,4	129	51,8	20,0
December .	25	49,0	18,9				19	23,5	9,1	16	13,2	5 1	107	81,3	31,4
Hele Aaret.	802	200,2	—	—	—	—	737	202,6	—	661	166,9	—	832	212,4	—

	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	1856
Afstrømning i % af Nedbør.....	25	—	28	25	25	37	8,4	18	—
Største mdl. Middelafstr. l/s pr. km² .	21,7	—	33,9	17,4	31,4	37,8	7,1	14,2	—
Mindste do	0,2	—	0,7	0,3	—	—	—	—	—
Aarlig Middelafstrømning l/s pr. km²	6,4	—	6,5	5,4	6,8	6,3	1,5	3,1	—

(Fortsættelse af Referatet Side 43 af Prof. *Westermanns* Forsøg.)

Sandjord.	Fordampning i Vegetationstiden mm
Ubevokset	160
Havre (2 Aar)	630
Gul Lupin	788
Spergel	460
Kartofler	328

Andre af *W.'s* Forsøg viser, hvorledes Fordampningen stiger med Afgrødens Frodighed; men ogsaa for dem gælder det, at Planterne altid har haft fornøden Tilgang af Vand, og at Vandforbruget derfor i Sammenligning med Forbruget under naturlige Forhold i Marken maa forudsættes at have været stort, idet Planterne ikke har behøvet at økonomisere med Vandet.

Af de anførte forskellige Undersøgelser fremgaar, at den samlede Fordampning inden for et givet Areal vil være meget vekslende efter Aar, Aarstid, Jordoverfladens Form, Jordens Beskaffenhed og Vegetationens Art. I Praksis vil det hyppigt være af Betydning at kende Tal for Fordampning fra en fri Vandoverflade, og her har man heldigvis i Coldings Tal en god Rettesnor.

Damhussøens Opland (ca. 5500 ha).

1853			1854			1855			1856			Middeltal				Størst mdl. Afstrømning i l/s pr. km²
Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning		Nedbør	Afstrømning			
mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	% af Nedbør	
72	63,4	24,4	47	—	—	25	13,2	5,1	50	28,2	10,9	45	20,8	8,0	46	24,4
38	5,3	2,0	53	12,2	4,7	6	—	—	41	22,0	8,4	61	26,2	10,1	43	33,9
35	14,4	5,6	19	11,6	4,5	38	27,6	10,6	6	25,1	9,7	33	19,7	7,6	60	11.6
88	97,9	37,8	22	0,6	0,2	38	36,7	14,2	75	0,6	0,2	54	26,2	10,1	49	37,8
41	12,5	4,8	38	0,9	0,3	69	0,9	0,3	47	15,7	6,1	43	5,9	2,3	14	5,1
25	—	—	47	1,3	0,5	63	2,8	1,1	50	6,3	2,4	70	2,8	1,1	4	1,8
78	—	—	31	—	—	85	3,5	1,4	56	0,3	0,1	60	1,1	0,4	2	1,5
56	—	—	63	0,3	0,1	78	—	—	—	—	—	67	1,1	0,4	2	1,2
47	0,3	0,1	72	—	—	19	0,3	0,1	—	—	—	50	0,8	0,3	2	1,1
35	1,6	0,6	38	—	—	75	—	—	—	—	—	72	8,2	3,2	11	17,5
13	1,3	0,5	28	2,2	0,9	3	3,8	1,5	—	—	—	66	21,2	8,2	32	21,7
6	0,6	0,2	110	18,5	7,1	38	6,0	2,3	—	—	—	46	27,4	10,6	60	31,4
534	197,3	—	568	47,6	—	537	94,8	—	—	—	—	667	161,4	5,2	24	—

11. Afstrømning. Ved Afstrømningen fra et Opland forstaas den Vandmængde, der strømmer gennem et bestemt Tværprofil af dettes Afløb i en Tidsenhed; den angives sædvanlig i Liter eller m³ pr. Sekund. Til Sammenligning af Afstrømningsforhold for forskellige Oplande angives den desuden i Liter pr. Sekund pr. Hektar (l/s pr. ha) eller l/s pr. km² eller i Procent af Nedbøren.

Man har hidtil her i Landet regnet med, at ca. 1/3 af Nedbøren strømmede til Havet gennem Vandløbene, men har kun haft Undersøgelsen fra en enkelt Egn at bygge denne Antagelse paa, nemlig Stadsingeniør *Coldings**) Undersøgelser over Afstrømningsforholdene for Damhussøens og Søborg Moses Opland, som han udførte allerede i Aarene 1848 til 56.

Paa Tabel XVI er fremstillet Resultaterne af hans Undersøgelser for Damhussøens Opland, omsat i Metersystemet. Den aarlige Afstrømning har som Middeltal for disse Aar udgjort 24 % af Nedbøren, men har varieret mellem 8,4 og 37. Opgøres Middelafstrømningen for de enkelte Aarstider, ser man, at den for Vinterhalvaaret November—April udgør ca. 50 % af Nedbøren, for Sommerhalvaaret ca. 10 %, medens den for de varmeste Maaneder Juni, Juli, August og September kun udgør 2,5 %. Den aarlige Middelafstrømning angivet i l/s pr. km² har gennemsnitlig været 5,2 og har varieret mellem 1,5 og 6,4. Den maanedlige Middelafstrømning har maksimalt været 37,8 l/s pr. km² i April 1853, men i Februar 1850 og December 52 har den været næsten lige saa stor.

Om den absolut største Afstrømning pr. Sekund, giver Tabellen ingen Oplys-

*) A. Colding: Resultaterne af nogle Iagttagelser over forskellige Fugtighedsforhold i Omegnen af København. Særtryk af Tidsskrift for Landøkonomi 1860.

Tabel XVII. Afstrømning fra Søborg

Dato	1891							1892						
	August		September	Oktober		November	December	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli
	Nedbør, mm	Afstrømn.		Nedbør, mm	Afstrømn.									
1	4,7	7,6	19,0	—	3,4	6,6	8,1	20,9	39,7	6,6	5,8	4,8	1,8	3,4
2	19,0	11,9	16,2	—	3,4	6,3	7,9	18,5	39,7	5,1	5,5	4,1	2,9	2,9
3	35,5	12,8	14,0	2,5	3,5	6,6	7,6	16,6	29,0	4,6	5,1	3,7	2,3	3,3
4	12,9	17,5	11,9	2,0	3,3	6,6	9,6	12,7	27,8	4,4	4,6	2,7	2,5	2,9
5	6,5	19,2	15,1	2,0	3,4	5,2	10,4	12,9	20,5	4,4	4,4	2,1	2,0	2,7
6	10,5	28,2	16,9	12,8	7,8	6,1	10,5	9,6	20,8	3,3	4,1	2,3	1,6	2,5
7	2,1	29,6	16,3	—	6,8	5,6	9,9	9,6	17,3	3,9	4,1	2,3	1,6	3,7
8	28,0	31,2	11,6	8,5	6,9	5,8	10,1	8,0	13,5	3,9	3,5	2,0	1,3	3,9
9	—	32,7	13,4	1,8	10,3	5,5	9,7	7,6	11,2	3,7	3,1	1,6	1,3	2,9
10	15,1	34,1	12,2	—	8,6	5,4	12,4	7,4	9,9	3,5	3,1	1,6	1,5	2,5
11	6,9	35,5	9,8	—	7,3	5,3	15,2	4,8	10,8	3,5	3,1	1,7	1,3	2,3
12	2,6	38,1	7,8	—	5,8	6,1	16,0	6,6	12,9	1,7	2,5	1,7	1,8	2,3
13	13,4	39,7	6,1	—	5,3	5,5	18,4	7,1	10,3	2,3	2,7	2,0	2,1	2,0
14	33,0	46,1	5,1	7,1	5,8	5,8	20,7	6,8	8,2	3,9	3,1	2,0	3,1	2,5
15	—	52,6	5,1	1,4	7,1	8,6	27,2	6,1	7,3	5,3	2,4	2,0	2,1	2,3
16	15,6	52,6	3,9	24,5	20,7	8,2	18,5	6,1	6,4	7,6	2,5	2,1	3,7	2,0
17	0,7	41,9	5,1	3,7	20,0	8,2	18,5	5,3	5,5	7,4	2,9	2,5	2,5	2,0
18	—	39,8	5,2	1,8	19,4	8,5	17,3	4,8	5,3	6,6	5,5	2,3	2,1	1,8
19	—	38,4	4,3	0,7	20,3	7,9	10,3	4,1	5,3	6,3	4,4	2,5	5,1	2,1
20	2,2	37,0	4,5	5,2	17,4	11,4	10,3	4,1	4,4	5,5	4,1	4,1	3,3	2,1
21	2,9	35,0	4,3	0,5	14,3	13,8	9,2	4,1	1,5	5,1	3,3	3,1	4,1	1,8
22	9,6	35,5	4,3	9,5	12,7	16,8	9,6	3,7	2,7	5,5	3,1	3,9	3,9	1,8
23	1,0	35,0	4,5	—	18,3	14,1	10,3	2,7	4,6	5,8	3,7	3,3	2,9	1,6
24	0,8	33,0	4,1	—	14,8	9,5	9,4	2,7	7,3	5,3	3,1	4,8	9,4	1,6
25	3,4	32,7	3,4	6,8	14,0	15,9	8,5	2,7	12,9	7,1	2,7	4,8	6,7	1,6
26	5,6	34,9	3,4	—	14,5	8,5	7,9	3,3	12,9	7,4	4,8	4,4	5,2	1,6
27	1,3	30,4	3,4	—	13,1	10,3	8,7	3,7	12,9	7,9	9,4	2,9	4,6	2,1
28	—	29,8	3,4	—	11,2	9,3	8,7	1,7	9,6	6,8	7,1	2,1	3,4	1,6
29	0,5	30,2	3,4	4,2	11,2	8,4	8,7	4,8	7,9	6,8	5,3	2,1	3,3	1,6
30	6,2	20,0	3,1	—	9,6	8,2	12,3	4,8	—	6,1	6,1	2,0	3,4	1,5
31	—	19,6	—	0,6	7,3	—	15,9	6,4	—	6,1	—	1,6	—	1,2
Største Afstrømning		52,6	16,9		20,7	16,8	27,2	20,9	39,7	7,9	9,4	4,8	9,4	3,9
Mindste Afstrømning		7,6	3,1		3,3	5,2	7,6	1,7	1,5	1,7	2,4	1,6	1,3	1,2
Middelafstrømning..		32,2	8,1		10,6	8,1	12,6	7,2	13,1	5,3	4,1	2,8	3,1	2,2
Afstrømning i mm..		86,3	20,9		27,9	20,9	33,6	19,4	32,7	14,1	10,7	7,5	8,0	6,0
Nedbør i mm		239,7	32,7		94,6	42,0	59,7	29,0	10,6	6,5	42,0	48,9	110,6	21,5

	1892	1893
Afstrømning i mm 1892 og 1893.....	173,6	207,3
Nedbør i mm 1892 og 1893	607,2	601,4
Afstrømning udgør % af Nedbør	29	34
Aarlig Middelafstrømning i l/s pr. km².	5,5	6,6

Søs Opland (3860 ha) i l/s pr. km².

1892					1893												Dato
August	September	Oktober	November	December	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	
1,2	3,7	2,3	11,5	4,0	3,3	12,2	2,4	9,4	3,3	2,3	1,6	1,5	1,6	3,1	8,5	14,1	1
1,3	2,7	2,5	11,5	3,9	3,3	8,0	3,1	9,0	3,1	2,0	1,3	1,3	1,2	6,8	9,1	11,0	2
2,9	3,5	2,9	14,6	3,3	3,3	7,3	3,1	8,5	2,9	2,1	1,2	1,3	1,1	10,1	10,1	9,6	3
3,1	3,5	17,1	13,4	2,0	3,3	7,7	9,2	8,2	3,1	2,1	1,2	1,3	1,2	12,4	11,2	11,4	4
2,3	2,9	13,6	12,1	6,6	3,3	6,6	18,5	7,5	2,5	2,0	1,2	1,8	1,6	9,5	11,2	9,6	5
2,3	2,3	10,2	10,5	6,8	2,9	7,3	19,2	7,3	2,1	1,8	1,2	1,6	1,7	7,9	9,4	7,6	6
1,8	2,1	11,2	8,7	6,1	2,9	3,8	19,2	6,6	3,1	1,7	1,2	1,5	1,8	6,3	7,6	7,9	7
1,8	2,1	12,4	8,5	5,1	2,9	5,9	24,1	6,6	2,9	1,6	1,2	1,3	1.8	6,3	6,3	9,9	8
2,0	2,5	10,5	7,6	4,8	2,9	5,4	48,0	6,2	2,5	1,5	1,1	1,2	1,7	5,0	5,8	10,5	9
2,0	2,3	9,3	7,3	4,4	2,9	7,6	63,2	5,5	2,1	1,3	1,1	1,2	1,8	5,4	5,5	10,2	10
2,5	2,1	10,8	7,1	3,9	2,9	9,6	88,0	5,1	2,0	1,2	3,5	1,2	1,5	5,1	5,1	9,0	11
2,5	3,1	15,5	6,6	3,9	2,9	9,2	100,5	5,1	2,3	1,1	1,8	1,0	1,5	5,5	5,1	7,6	12
2,1	3,9	14,8	6,6	3,9	2,9	8,4	110,2	3,9	2,7	1,1	1,2	1,2	1,5	8,2	5,3	9,0	13
2,1	2,3	12,1	6,3	3,9	2,9	8,0	93,6	3,3	2,5	1,2	1,0	1,2	1,5	6,6	5,1	11,4	14
2,1	2,3	9,9	5,8	3,9	2,9	6,8	78,4	4,1	2,0	1,5	1,2	1,5	1,6	6,1	5,1	9,6	15
2,0	2,3	8,5	5,8	14,7	2,9	6,0	60,8	3,5	2,3	1,3	2,0	1,5	1,9	5,5	5,1	14,7	16
2,0	2,3	7,6	5,3	16,0	2,9	5,6	51,2	3,1	2,5	1,2	1,3	1,3	2,1	9,4	5,1	12,4	17
2,1	2,5	9,6	4,8	19,6	5,1	5,6	30,8	3,3	2,1	1,2	2,0	1,2	2,4	8,2	5,1	10,5	18
2,0	2,1	7,9	4,8	12,6	2,9	7,2	24,1	3,5	2,1	1,3	1,6	1,0	2,5	8,2	4,8	9.3	19
1,8	2,1	7,1	4,6	22,6	2,9	10,4	18,5	3,3	1,8	1,3	1,3	1,1	2,8	6,8	3,9	9,0	20
1,8	2,1	7,4	4,6	13,1	3,9	11,2	14,4	3,3	1,8	1,2	2,0	1,2	3,3	6,1	4,5	10,5	21
1,8	2,1	7,6	4,4	8,7	5,1	8,0	12,9	3,1	1,6	1,1	1,6	1,2	2,1	6,3	5,1	9,0	22
1,6	2,0	7,9	4,4	6,2	7,6	8,0	12,9	2,9	1,8	1,0	1,3	1,0	2,5	5,6	4,1	9,0	23
1,6	2,0	10,5	4,4	5,1	6,3	3,7	12,7	2,9	3,1	1,0	1,2	1,6	2,7	5,6	5,8	9,0	24
1,6	2,7	13,5	3,9	5,1	7,6	1,7	11,4	2,9	2,5	0,9	1,5	1,8	2,5	5,1	6,7	8,2	25
1,6	2,1	12,1	3,9	5,1	8,0	3,7	12,1	3,1	2,3	0,9	1,8	1,5	2,2	5,6	7,8	9,0	26
1,6	2,1	10,5	3,1	3,9	8,1	2,4	11,4	3,1	2,1	1,1	1,7	1,4	2,1	6,8	7,9	8,2	27
1,8	2,1	9,6	3,1	5,8	6,0	1,7	10,5	3,1	2,1	1,1	1,3	1,3	2,0	7,5	9,4	6,6	28
2,5	3,3	9,6	4,4	6,1	5,7	—	10,8	2,9	2,0	1,1	1,2	1,2	2,7	8,0	11,2	6,6	29
2,3	2,7	8,7	4,8	6,1	5,7	—	10,2	3,1	2,1	1,1	1,8	1,2	2,7	7,6	12,3	7,4	30
3,5	—	11,2	—	—	4,3	—	10,8	—	2,7	—	1,6	1,3	—	8,3	—	7,1	31
3,5	3,9	17,1	14,6	16,0	8,1	12,2	110,2	9,4	3,3	2,3	3,5	1,8	3,3	12,4	12,3	14,7	
1,2	2,0	2,3	3,1	3,9	2,9	1,7	2,4	2,9	1,6	0,9	1,0	1,0	1,1	3,1	3,9	6,6	
2,1	2,5	9,9	6,8	7,2	4,2	6,7	32,1	4,8	2,4	1,4	1,5	1,3	2,0	6,9	6,9	9,5	
5,5	6,5	26,4	17,6	19,2	11,2	15,5	83,9	12,3	6,4	3,6	4,0	3,4	5,1	18,4	18,0	25,5	
94,7	53,3	135,4	11,2	43,5	26,4	69,5	27,9	5,7	30,9	23,4	73,0	60,1	75,8	125,9	41,2	41,6	

ning. I en senere Meddelelse fra Stadsingeniør *Colding**) anføres, at den største konstaterede Afstrømning fra Damhussøens Opland har været 235 l/s pr. km², men det var under exceptionelle Forhold med stærk Snesmeltning paa frossen Jord.

I Vinterhalvaaret vil det være Tøbrud, der foraarsager de største Afstrømninger. I Sommerhalvaaret er det kun yderst sjældent, at man faar saa store Afstrømningsmængder som efter Tøbrud, men meget regnfulde Perioder i Sommermaaneder eller voldsomme Skybrud kan dog ogsaa fremkalde Højvande, der paa denne Aarstid kan gøre særlig stor Skade. Afstrømningen fra Søborg Sø (med et noget mindre Opland), der gennem et Par Aar er blevet maalt meget omhyggeligt af *P. Feilberg*, viser pr. August Maaned 1891 et Eksempel herpaa.

Afstrømningen fra Søborg Sø udgjorde, se Tabel XVII, som Middeltal for de to Aar 1. Jan. 92 til 31. Decbr. 93, 31,5 % af Nedbøren, der begge Aar var ret normal, og den aarlige Middelafstrømning var 6 l/s pr. km². Største maanedlige Middelafstrømning udgjorde ca. 32 l/s pr. km² og fandt Sted i en Marts Maaned, men Afstrømningen i August 1891 nærmede sig hertil. De største konstaterede Afstrømninger har udgjort 52,6 l/s pr. km² i August 1891 og lidt over 100 l/s pr. km² i Marts 1893 og har altsaa været 2—3 Gange saa store som den største maanedlige Middelafstrømning.

For et Par Sommermaaneder er den daglige Nedbør angivet, og det ses, hvorledes den største Afstrømning her, hvor den væsentligste Del af Oplandet er forholdsvis fladt, og hvor Hovedkanalen var godt oprenset, gennemgaaende indtræffer 1 à 2 Døgn efter større Regnskyl. Afstrømningen og den Regnmængde, der var faldet i det forløbne Døgn, bestemtes samtidig om Morgenen.

For Gudenaaen er Vandføringen maalt ved Tvilum Bro af Ing. *K. Thomsen* ved Det danske Hedeselskab siden 1908**). Oplandet er 1289 km², men heraf er ca 50 km² Søer, hvilket virker regulerende paa Afstrømningen (se iøvrigt hosst. Tabel).

Tabel XVIII.

Gudenaaens Vandføring ved Tvilum Bro.

Aar	Nedbør i mm	Middel-Afstrømning i l/s pr. km²	Afstrømning i % af Nedbøren
1908	674	12,0	56,4
1909	767	12,2	50,3
1910	770	14,7	60,2
1911	780	12,3	50,0
1912	814	13,3	51,8
1913	601	12,3	64,4
1914	720	12,0	52,6
1915	680	12,6	58,4
1916	820	14,1	54,5
1917	695	13,5	61,1
Middel 1908—17...	732	12,9	55,9

*) Refereret i Tidsskrift for Opmaalings- og Matrikulsvæsen, 1. Bind, Pag. 69: »Om Vandløbs Regulering og Vedligeholdelse« af Amtsvandinspektør, Landinspektør J. Jørgensen.

**) Hedeselskabets Tidsskrift 1918, Nr. 6. Kr. Thomsen: Vands Afledning og Afbenyttelse.

Afstrømningen har i Gennemsnit været saaledes fordelt over de forskellige Maaneder:

Tabel XIX.

	l/s pr. km²
Januar	20,5
Februar	16,3
Marts	18,0
April	15,3
Maj	9,6
Juni	7,4
Juli	7,8
August	8,3
September	8,4
Oktober	9,1
November	14,9
December	18,8

Største maanedlige Middelafstrømning fandt Sted i Januar 1916 med 28,4 l/s pr. km², mindste i August 1911 med 5,9 l/s pr. km². Absolut største Afstrømning er maalt 9. Januar 1916 til 32,3 l/s pr. km², og den absolut mindste 7. Januar 1914 til 4,6 l/s pr. km².

I 1917 har Det danske Hedeselskab paabegyndt daglige Maalinger af Vandføringen ved Vandløb i Landets forskellige Egne. Af Maalingerne i 1917 fremgaar, at Afstrømningen paa tilnærmelsesvis samme Tidspunkt har været ikke lidt forskellig i Egne, der ikke ligger særlig langt fra hinanden, og som derfor maa antages at have haft nogenlunde samme Nedbør og Temperaturforhold i Sommeren 1917, der har haft en i denne Henseende heldig Side, for saa vidt som Nedbøren i Maanederne Maj og Juni var ganske ensartet over hele Landet, nemlig næsten 0.

Tabel XX. Afstrømning i Maj—Juni 1917.

	Vandløb	Dato	Opland i km²	Vandføring i l/s pr. km²
Jylland	Uggerby Aa	16/5	151	4,8
	Lindholm Aa	17/5	115	2,2
	Simested Aa	14/6	147	7,8
	Nørre Aa (ved Vejrum)	11/6	239	5,7
	Nørre Aa (Nr. Mølle)	12/6	28	8,6
	Holstebro Aa	20/6	738	3,8
	Gudenaa (Tvilum)	23/5	1289	7,3
	Gudenaa (Aastedbro)	23/5	190	5,3
	Skjern Aa	18/5	724	9,5
Øerne	Odense Aa	5/6	303	2,0
	Tude Aa	25/5	42	2,9
	Tryggevælde Aa	1/6	131	0,8

Afstrømning efter Tøbrud i Januar 1918, maalt ved forskellige Vandløb, viser følgende:

Tabel XXI.

	Vandløb	Dato	Opland i km²	Vandføring i l/s pr. km²
Jylland	Holstebro Aa	22/1	738	49
	Nørre Aa (Nr. Mølle)	26/1	28	25
	Gudenaa (Tvilum)	26/1	1289	24
	Gudenaa (Aastedbro)	22/1	190	76
	Bygholm Aa	22/1	172	70
	Varde Aa	22/1	558	60
Sjælland ...	Tryggevælde Aa	23/1	131	52

Af disse Tal fremgaar, at der er meget væsentlig Forskel paa de forskellige Vandløbs Vandføring, eller rettere paa Afstrømningen fra de forskellige Vandløbs Opland, uden at man af disse faa Undersøgelser kan udlede almengyldige Slutninger.

Forholdene ved Gudenaaen viser, at man ikke kan generalisere Resultaterne af de først meddelte Undersøgelser fra Nordsjælland, idet man ved Gudenaaen har en dobbelt saa stor Afstrømning som der.

Fra Sveriges sydlige Del, hvor Forholdene i nogen Grad svarer til vore, foreligger blandt andet 9-aarige Undersøgelser over Vandføringen i Lyckebyaa i Blekinge af *D. Wedblad**).

Lyckebyaaen har det paagældende Sted et Opland paa 581 km², hvoraf 28,5 km² eller ca. 5 % er Søer. Oplandet bestaar af gennemtrængelig Jord, der optager det meste af Nedbøren; men Aaen har et stærkere Fald end sædvanlig i vore Vandløb. Hovedresultaterne af Undersøgelserne gengives i Tabel XXII.

Tabel XXII. Vandføringen i Lyckebyaa.

Aar	Nedbør i mm	Middel-Afstrømning i l/s pr. km²	Afstrømning i % af Nedbøren
1890	555	8,6	50,42
1891	673	11,7	51,02
1892	584	9,2	54,65
1893	480	7,0	43,43
1894	611	8,7	44,43
1895	551	9,5	58,38
1896	591	10,4	57,65
1897	525	12,3	64,18
1898	598	12,9	65,55
Middel 1890—98...	574	ca. 10,0	54,58

*) D. Wedblad: Hydrografiska Undersökningar inom Lyckebyåns Flodomraade. Kalmar Läns Södra Kongl. Hushållnings-Sällskabs periodiska Skrift. Kalmar 1899 og 1900.

I Vinterhalvaaret, regnet December—Maj, afstrømmer 88,2 % af Nedbøren, i Sommerhalvaaret 33,9 %. Den gennemsnitlige, maanedlige Middelafstrømning er anført i Tabel XXIII.

Tabel XXIII. Maanedlig Middelvandføring i Lyckebyaa (1890—98).

	l/s pr. km²
Januar	6,7
Februar	9,2
Marts	14,8
April	19,9
Maj	17,2
Juni	6,8
Juli	4,9
August	7,5
September	6,9
Oktober	5,9
November	8,7
December	10,5

Største maanedlige Middelafstrømning har været 35,47 l/s pr. km² (i en April Maaned), medens den absolut maksimale Afstrømning har udgjort 48,32 (ligeledes i en April).

Middeltallet for de aarlige absolut maksimale Afstrømninger er 37,09 l/s pr. km², og Middeltallet for de aarlige absolutte Minima 2,63.

Om Afstrømningsforhold i Sverige findes en Redegørelse af *Axel Wallén**), hvori vedrørende Vandløbene i Skaane meddeles, at Middelafstrømningen antagelig udgør lidt over 10 l/s pr. km², men at Variationerne for disse smaa Omraader med lerede og søfattige Arealer er store. Maksimalafstrømningen kan naa 150 til 200 l/s pr. km², Minimalafstrømningen kan gaa ned til under 1 l/s pr. km², medens den aarlige Afstrømning anslaas til 30—35 % af Nedbøren.

Ved kunstige Afvandinger afskæres ofte en Del af Oplandet ved Landkanaler (Punkt 18), men da Vandspejlet i disse kan ligge indtil flere Meter højere end Grundvandspejlet i det umiddelbart inden for liggende, afvandede Areal, maa man være forberedt paa en betydelig Indsivning af Vand fra det tilgrænsende Areal, og maa derfor regne med større Afstrømning end ellers.

Ved Klintsø, hvor det kunstig afvandede Areal er 265 ha, Løftehøjden ca. 3 Meter og Landkanalernes Længde 4,8 km, stiller Forholdet sig som anført i Tabel XXIV**). Gennemsnitlig er her aarlig udpumpet 10,5 l/s pr. km² (svingende mellem 7,5 og 16,2) eller 56 % af Nedbøren (svingende mellem 43 og 71). Mest er der gennemgaaende udpumpet i December og Januar (indtil 45 l/s pr.

*) Axel Wallén: Das Wassersystem Schwedens. (Særtryk af Schweden, historisch-statistisches Handbuch im Auftrage der Kgl. Regierung herausgegeben von J. Guinchard. Zweite Auflage. Deutsche Ausgabe). Stockholm 1913.

**) Efter Meddelelse fra daværende Ejer, Landbrugskand. N. Bundgaard.

Tabel XXIV. Afstrømningen fra Klintsø i Odsherred.

Maaned	1909			1910			1911			1912			1913			1914			1915			Udpumpet l/s pr. km²	
	Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet		Nedbør	Udpumpet			
	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	mm	mm	l/s pr. km²	Middel	Maximalt
Januar	30	26	10,0	55	116	45,1	21	39	15,3	7	22	8,5	23	35	13,6	20	31	12,1	46	44	17,0	17,4	45,1
Februar	12	13	4,9	83	102	39,4	51	39	15,0	47	56	21,8	26	64	24,8	26	42	16,1	18	31	12,0	19,1	39,4
Marts	26	18	7,1	12	81	31,2	46	61	23,4	34	50	19,4	45	56	21,6	71	54	20,8	45	46	17,8	20,2	31,2
April	40	82	32,0	58	34	13,3	30	14	5,4	27	35	13,7	35	24	9,2	60	53	20,4	27	21	8,0	14,3	32,0
Maj	35	14	4,1	41	16	6,3	16	9	3,5	29	6	2,2	22	6	2,3	47	7	2,8	62	9	3,6	3,5	6,3
Juni	40	6	2,4	44	4	1,4	63	2	0,9	60	6	2,2	50	5	1,9	18	1	0,3	6	—	0,2	1,3	2,4
Juli	40	2	0,9	47	1	0,3	34	2	0,7	141	25	9,1	30	1	0,3	80	3	1,2	80	4	1,6	2,0	9,1
August	30	2	0,9	83	5	2,0	47	7	2,5	134	42	16,3	59	2	0,7	24	2	0,9	35	5	1,9	3,6	16,3
September	55	16	6,3	30	3	1,2	47	7	2,5	31	33	12,7	42	1	0,4	46	1	0,3	60	5	1,9	3,6	12,7
Oktober	40	14	5,2	15	3	1,3	89	5	2,1	83	44	17,1	49	7	2,6	39	4	1,6	15	7	2,8	4,7	17,1
November	70	16	6,0	67	13	5,0	118	72	28,9	62	74	28,8	72	29	11,2	47	8	3,0	50	9	3,6	12,4	28,9
December	50	62	23,9	57	39	15,2	54	67	25,8	92	110	42,6	70	62	24,2	75	30	11,5	90	51	19,6	23,3	42,6
Ialt	468	271	—	592	417	—	616	324	—	747	503	—	523	292	—	553	236	—	534	232	—	—	—
Udpumpet i % af Nedbør	—	58	—	—	71	—	—	53	—	—	67	—	—	56	—	—	43	—	—	44	—	—	—
Middelafstrømning l/s pr. km².	—	—	8,8	—	—	13,5	—	—	10,4	—	—	16,2	—	—	9,4	—	—	7,6	—	—	7,5	10,5	—

Den aarlige Nedbør var i Aarene 1909—15 gennemsnitlig 576 mm; der blev udpumpet 56 % af Nedbøren.

km²), men ogsaa de øvrige Vintermaaneder kræver meget Pumpearbejde. Af Sommermaanederne er det gennemgaaende Maj og Juni, der har krævet mindst Pumpearbejde, og enkelte Aar er der saa godt som slet ikke pumpet i disse Maaneder.

Iøvrigt bør man hovedsagelig holde sig til Middeltallene og ikke tillægge Resultaterne fra de enkelte Maaneder eller Aar synderlig Vægt, idet man ikke har holdt Regnskab med, hvor højt Vandet har staaet i Kanaler og Grøfter og dermed i Jorden paa det afvandede Areal paa de forskellige Tidspunkter, altsaa heller ikke ved Aarsskifterne. Ved kunstige Afvandinger vil Vandstandsvariationerne være langt større og uregelmæssigere end ved fri Afstrømning, og dette Forhold bevirker, at Forskydningerne fra et Tidsrum til et andet kan forvanske Billedet.

Tager man Gennemsnitstallene ses det, at man her, trods den mindre Regnmængde, har maattet bortskaffe ca. dobbelt saa meget Vand pr. km², som der er afstrømmet fra Søborg Søs Opland og fra Damhussøens; og det maa skyldes den Omstændighed, at der fra den højere Vandstand i Landkanalen og eventuelt ogsaa fra Havet sker en betydelig Gennemsivning, hvilket ogsaa viser sig ved, at man i mange Maaneder har udpumpet mere end den samlede Nedbør.

Ved Projekteringsarbejder er det særlig Kendskab til Middelafstrømningen og den maksimale Afstrømning, der faar Betydning, og tør man af de sparsomme Undersøgelser drage enkelte Slutninger, maa det blive saaledes.

Indtil videre maa man for Øernes Vedkommende og ved Afvandingsforetagender, hvor intet af Oplandet afskæres ved Landkanaler, regne med en aarlig Middelafstrømning paa 4—7 l/s pr. km², med en maksimal maanedlig Middelafstrømning paa 30—40 l/s pr. km² og med en absolut Maksimalafstrømning paa ca. 100 l/s pr. km², størst for mindre Opland med stærkt Fald mod Recipienten.

Drejer det sig om Arealer, begrænset af Landkanaler, maa der regnes med en betydelig større Middelafstrømning, antagelig 10—15 l/s pr. km², og med en noget større Maksimalafstrømning end ovenfor nævnt.

I jyske Vandløb maa man regne med en aarlig Middelafstrømning paa 10—15 l/s pr. km², med noget større maksimal maanedlig Middelafstrømning end for Øernes Vedkommende ligesom ogsaa med en større absolut Maksimalafstrømning. Hvor det drejer sig om Arealer, delvis omgivne af Landkanaler, maa man yderligere forøge de forskellige Tal.

Om den Indflydelse Terræn- og Jordbundsforhold, Jordens Benyttelse og Oplandets Størrelse har paa Afstrømningen, vides endnu ikke meget. Om følgende Forhold, der synes bekræftede ved Iagttagelser, er dog de fleste kulturtekniske Forfattere enige.

1) Oplandets Størrelse. For et lille Opland vil der være større og hastigere Variationer i Afstrømningen end for et stort, specielt vil den maksimale Afstrømning være større.

2) Oplandets Terrænforhold. Er Oplandet kuperet, maa man regne med større maksimal Afstrømning end ved fladt Terræn. Søer virker i høj Grad

regulerende paa Vandføringen i deres Afløb, idet de i fugtige Perioder magasinerer Nedbørsoverskuddet og i tørre Perioder afgiver det lidt efter lidt.

3) Oplandets Jordbundsforhold. Gennemtrængelige Jorder bevirker (naar undtages Perioder, hvor Jorden er frossen) ogsaa en Udjævning, idet Vandet langsommere trænger frem til Vandløbene, naar det sker gennem Jordlagene, end naar største Delen strømmer af overfladisk. I Forbindelse hermed staar ogsaa den Kendsgerning, at der, alt i øvrigt lige, findes langt flere Smaavandløb paa Arealer med svært gennemtrængelig Jord end paa saadanne, hvor Jorden er let gennemtrængelig.

Enge og Moser vil, naar de er afvandede, virke reducerende paa Afstrømningen. Skove virker udjævnende, d. v. s. afgiver i vaade Perioder mindre, men i tørre mere Vand end Agerjord.

4) Jordens Afvanding og Kultur medvirker i noget Omfang til at udjævne de Forskelligheder, der bestaar som Følge af Jordbundens forskellige Beskaffenhed.

Ved Aaregulering og Dræning etc. søger man at skaffe det skadelige Vand afledet saa hurtigt som muligt, og man kunde derfor fristes til at antage, at Vandløbene efterhaanden fik en mere uregelmæssig Vandføring, hvad dog ikke bliver Tilfældet. Enhver Afvanding bevirker nemlig en Sænkning af Grundvandspejlet, hvorved der bliver Plads til, at store Vandmængder kan optages i de øvre Lag, hvilket atter paavirker den maksimale Afstrømning, som herved bliver mindre. At det er store Vandmasser, der kan optages i det øverste Jordlag, naar det er udtørret, vil forstaas af følgende Tankeeksperiment. Har den paagældende Jord et Porevolumen paa 45 %, og indeholder den endnu 15 Volumenprocent Vand, og antager man, at 10 % af Jordens Volumen bestaar af saa smaa Porer, at Vandet ikke kan trænge der ind i kort Tid, bliver der tilbage 20 % større Hulrum, hvilket er ensbetydende med, at Jorden i det øverste 20 cm tykke Lag kan optage en Regnhøjde paa 40 mm.

5) Vandspejlsvariationer i Afløbet vil ogsaa medføre Forandringer i Afstrømningsmængden, saaledes vil Hævning i Almindelighed bevirke en forringet Tilgang af Grundvand fra det tilstødende Omraade, Sænkning en forøget Tilgang.

I øvrigt finder der en saa mangfoldig Udligning Sted mellem det afstrømmende Vand og Grundvandet, at det er ugørligt saavel i det enkelte Tilfælde som i Almindelighed at dømme tilnærmelsesvis rigtigt om Forholdene.

I nogle Perioder vil Summen af Fordampning og Afstrømning være mindre end Nedbøren; det øverste Jordlag vil da blive beriget med Vand, og Grundvandet vil eventuelt stige. I andre Perioder vil Fordampning og Afstrømning være større, og det omvendte vil finde Sted.

At der fra enkelte Lokaliteter kan strømme langt mere eller mindre Vand end paaregnet, kan skyldes, at der gennem underjordiske Vandstrømme kommer Vand fra et andet Opland eller afgaar Vand.

12. Den ønskelige Afvandingsdybde. Den Dybde under Jordoverfladen, hvori det er heldigst at have Grundvandet, er forskellig efter Aarstiden og er

desuden afhængig af Jordens Art, Behandling og Benyttelse, ligesom ogsaa af de klimatiske Forhold.

1) Aarstiden. Medens man tidligere har anset det for uskadeligt, at Grundvandet stod i Nærheden af Jordoverfladen om Vinteren, naar undtages Vintersædsmarker, og endog for Enges Vedkommende har anset det for gavnligt, at Vandet stod højt, eventuelt over Jordoverfladen i visse Perioder, hvorom Vandmøllers høje Vinterflodemaal ofte kan være Vidne, er man nu klar over, at det for Jordens Kulturtilstand og dermed for Afgrødernes Trivsel og Værdi er nødvendigt, at Grundvandet holdes særlig lavt om Vinteren, medens det hyppig vil være overmaade ønskeligt, om det kan hæves i den varme Aarstid, naar Planterne særlig har Brug for Vand.

Den vegetationsløse Jord bliver bedre udluftet om Vinteren, og Frostens skørnende Virkning paa svær Jord og sejge Græstørv bliver kraftigere, naar Grundvandet staar passende dybt under Overfladen. Er kun de kapillære Hulrum fyldt med Vand, bliver Jorden sprængt og findelt af Frosten; er Jorden helt vandfyldt, bevirkes mere en Løftning af det øverste Jordlag, og dette kan ved Vintersæd som ved forskellige Frøafgrøder og Græsser foraarsage stor Skade ved Overrivning og senere Blottelse af Rødder.

2) Jordens Beskaffenhed. Paa Jord med stor Kapillaritet bør man sænke Grundvandet dybt, hvorved man opnaar, at der i de øvre Lag kan optages og fastholdes betydelige Mængder Vinterfugtighed og Nedbør, uden at der bliver for lille Luftindhold; Vandindholdet vil være desto større, Luftindholdet desto mindre, jo tyndere et Jordlag Nedbørsvandet har at fordele sig over. Paa Jord med ringe Kapillaritet, maa Grundvandet ikke sænkes ret dybt, da Planterne her for en væsentlig Del er henvist til at leve af det fra Grundvandet kapillært løftede Vand. Grundvandet maa betragtes som Planternes Vandreservoir.

Ved Undersøgelser paa Skagens Klitsletter*), hvor Jorden bestaar af rent Sand, viste det sig, at Græsafgrøder trivedes bedst, hvor Grundvandet Sommeren igennem stod 30—40 cm under Overfladen, medens de mislykkedes, naar Grundvandet stod 60 cm under. Sædarterne trivedes kun godt, hvor Grundvandet stod 40—60 cm under Overfladen. Det let gennemtrængelige Sand kan ikke tilbageholde Nedbøren, og hvis Planterødderne ikke kan forsyne sig fra Grundvandet eller det lidt herover løftede Kapillarvand, kommer de til at lide af Vandmangel.

Det er Ler og Humus, der har størst Kapillaritet og Vandkapacitet, men ved Tørv er der det særlige Forhold, at meget af Vandet er hygroskopisk bundet og ikke kan optages af Planterne, ligesom den kapillære Vandløftning foregaar langsomt, hvilket bevirker, at Tørv maa have en betydelig højere Fugtighedsgrad og derfor højere Grundvandstand end Ler.

Forsøg ved Jønkøping af *E. Nystrøm* og *H. Osvald***) viser, at bedst Udbytte for Græsafgrøder paa Lavmose opnaaedes ved en Grundvandstand paa 40 à 60 cm under Overfladen, medens den gunstigste Vandstand for Højmosetørv

*) T. G. C. F. de Thygeson: Græskultur paa Skagens Klitsletter. København 1898.
**) Svenska Mosskulturföreningens Tidskrift 1918.

var 20—40 cm. At Afgrøder paa Højmosetørv trives bedst ved denne mærkelige høje Grundvandstand skyldes formentlig dels den langsommere kapillære Vandløftning og dels den Omstændighed, at Planterødderne grundet paa Humussyren eller Mangel paa Ilt ikke formaar at trænge ret langt ned i Højmosetørv.

Paa lermuldede Jorder i god Kultur og med et tykt Lag Madjord kan Grundvandet sænkes næsten saa dybt det skal være uden nævneværdig Skade, da Planterne her kan klare sig med de store Vandmængder, der optages og fastholdes kapillært i de øvre Jordlag; men der er næppe Grund til sænke Grundvandet til større Dybder end de, som Planterødderne naar, og det vil i Almindelighed være uøkonomisk at gøre det.

Det er dog ikke alene Overlagets Beskaffenhed, der spiller en Rolle, men ogsaa Undergrundens eller Forskellen mellem Overlagets og Undergrundens Egenskaber. Er der grovkornede Lag dybest og mere finkornede øverst, vil det dybe Lag let afgive Vand til det øvre, og Grundvandet kan sænkes meget uden Skade; er det omvendte Tilfældet, bør det ikke sænkes ret dybt, da den kapillære Virkning opad i saa Fald vil være forsvindende.

3) Afgrødens Art. Af det i Punkt 5 nævnte om forskellige Plantearters Fordringer med Hensyn til Luftindhold i Jorden fremgaar, at Græsafgrøder taaler og kræver en højere Grundvandstand end Sædarterne, og det samme gælder Kløver og Grøntsager. Ved høj Grundvandstand er det særlig Bladene, der udvikler sig, medens der bliver faa frøbærende Skud. Græs til Frøavl kræver derfor dybere Grundvandstand, end Græs, der anvendes til Hø eller Græsning.

Ved Dyrkning af Planter med dybtgaaende Rødder (f. Eks. Lucerne, Rodfrugter, særlig Sukkerroer og Frugttræer) bør Grundvandspejlet sænkes dybt. Planterødderne gaar nemlig ikke ned under Grundvandspejlet, og det er en Fordel, at de gaar saa dybt som muligt, idet man herved kan drage Nytte af Næringsstoffer, der findes i dybere Lag.

Den Dybde, hvortil man stræber at sænke Grundvandstanden, er dog under almindelige Forhold fortrinsvis betinget af Jordens Art, da man foretrækker at indrette Afvandinger, saaledes at man ikke er tvunget til en ensidig Benyttelse af Jorden; men mange Faktorer spiller ind, og i de allerfleste Tilfælde er man ikke i Stand til at indrette Grundvandsstanden helt efter Ønske. Inden for Landbruget vil det vel gennemgaaende være ønskeligt at have Grundvandstanden efter Omstændighederne i 0,4—1,3 m Dybde, højest om Sommeren og lavest om Vinteren. Paa Havejorder vil man ofte tilstræbe en Dybde paa ca. 1,5 m under Overfladen.

Ved Vandstandsreguleringer søger man at sænke eller hæve Grundvandstanden inden for et givet Areal til den for Benyttelsen gunstigste Højde, og Sænkning eller Hævning af Vandspejlet i eksisterende Vandløb vil i mange Tilfælde være betingende for, at en Vandstandsregulering kan finde Sted. Men en Regulering af Jordens Vandindhold efter Afgrødernes Behov er et uopnaaeligt Ideal, idet Nedbørens Fordeling og Temperaturens Vekslen øver Indflydelse herpaa, og det er kun paa ganske enkelte Lokaliteter, at man paa økonomisk Maade kan aflede eller tilføre Vand efter Ønske.

13. Planternes Vandforbrug angives i l/s pr. ha eller udtrykkes ved Tykkelsen af et Vandlag, paa lignende Maade som Nedbøren*). Den første Maade er mest praktisk at anvende, naar det drejer sig om at bedømme, hvor stort et Areal der kan vandes fra et Vandløb, hvis Vandføring man kender, og tjener desuden oftest som Grundlag for Betaling af Vand; den anden er bekvemmest, hvor det gælder om at bedømme, hvor meget Vand der skal tilføres til Dækning af Planternes Vandforbrug, naar man kender den Vandmængde, der normalt tilføres gennem Regnen i Vegetationstiden.

Ved de af Prof. *Westermann* udførte Undersøgelser (Punkt 10) forbrugte de forskellige Afgrøder et Vandlag paa 300—1000 mm Tykkelse; regnes den egentlige Vækstperiode til 5 Maaneder, svarer det til 60—200 mm pr. Maaned og til 2—7 mm pr. Døgn, forudsat at Vandforbruget er lige stærkt i hele Tidsrummet, hvad dog ingenlunde er Tilfældet, som det andet af samme Forfatter udførte Forsøg med Havre i 1907 udviser. En Havreafgrøde forbrugte her ca. 415 mm Vand i en Vækstperiode paa 133 Døgn eller gennemsnitlig ca. 3 mm pr. Døgn; men Forbruget var meget forskelligt inden for de forskellige Perioder (Tabel XXV).

Tabel XXV. En Havreafgrødes Vandforbrug i mm 1907.

Maaned	Lerjord	Sandjord	Middeltal		Middelnedbør i København Amt 1874—1905		Hvis der ikke findes Forraad i Jorden maa tilføres		
			Ialt	pr. Døgn	Ialt	pr. Døgn	Ialt	pr. Døgn	l/s pr. ha
Maj	24	36	30	1,0	36	1,2	—	—	—
Juni	128	106	117	3,9	49	1,6	68	2,3	0,26
Juli	159	161	160	5,3	67	2,2	93	3,1	0,36
August	96	95	95	3,2	72	2,4	23	0,8	0,09

Resultatet af denne enkelte Undersøgelse bør selvfølgelig anvendes med Skønsomhed og bør kun betragtes som en Antydning, og det maa bemærkes, at Vandtilførselen her er udført paa en saadan Maade, at saa godt som intet gaar til Spilde, under almindelige Dyrkningsforhold vil der sikkert medgaa en Del mere som Følge af uundgaaelige Tab.

Coldings Undersøgelser over Fordampning fra kort Græs (refereret i Punkt 10) giver nogle Tal til Belysning af Vandforbruget, saaledes som nærmere opgjort i Tabel XXVI.

Tallene for Vandforbruget er gennemgaaende noget større end ved Prof. Westermanns Undersøgelse, uden Tvivl beroende paa, at der her ikke er økonomiseret med Vandet. Kun i Juli Maaned, hvor Havren er høj og Stofproduktionen størst, har Havren forbrugt mere Vand end det korte Græs.

*) 1 l/s pr. ha svarer til 8,64 mm pr. Døgn.

Tabel XXVI. Fordampning i mm fra kort Græs. Gennemsnit af 8 Aar.

Maaned	Forbrugt		Middelnedbør i Kbhvn. Amt		Forbrugt mere end Nedbør		
	Ialt	pr. Døgn	Ialt	pr. Døgn	Ialt	pr. Døgn	l/s pr. ha
April	65	2,2	34	1,1	31	1,0	0,12
Maj	104	3,5	36	1,2	68	2,3	0,26
Juni	138	4,6	49	1,6	89	3,0	0,34
Juli	133	4,4	67	2,2	66	2,2	0,25
August	118	3,9	72	2,4	46	1,5	0,18
September	71	2,4	53	1,8	18	0,6	0,07

Vandforbrug ved Fugtvanding. Paa vedvarende Græsmarker i den tørlagte Søborg Sø er en Del af Arealet, der bestaar af Ferskvandsdynd, dækket med et ca. 8 cm tykt Lag paaført sandblandet Ler, gennem mange Aar vandet ved Opstuvning i Grøfterne, saaledes at Vandet i disse stod ca. 20—40 cm under Jordordoverfladen i Tidsrummet Maj—September, og under saadanne Forhold, at man har kunnet maale det tilførte Vand. 1890, det eneste Aar, der blev foretaget nøjagtige Maalinger, er der vandet 110 ha og brugt følgende Vandmængder.

Tabel XXVII. Vandforbrug paa Græsarealer i Søborg Sø.

Maaned	Tilført Vand		Nedbør i Søborg Sø 1890, mm	Ialt forbrugt i mm	
	l/s pr. ha	mm			
Maj	0,095	25	57	82	
Juni	0,067	17	45	62	
Juli	0,077	20	87	107	
August	0,091	24	73	97	
September	0,079	20	19	39	
Ialt...	—	106	281	387	
Gennemsnitlig pr. Døgn...	—	0,7	1,9	2,6	(0,3 l/s pr. ha.)

I tørre Somre vandes kun det halve Areal, og der bliver da gennemsnitlig tilført 1,4 mm pr. Døgn, svarende til 0,16 l/s pr. ha.

Ved denne Vandingsmaade gaar der her forholdsvis lidt Vand til Spilde, idet der som Følge af høj Grundvandstand intet synker ned i Undergrunden. Det er desuden meget sandsynligt, at der udover Vandet fra de maalte Tilløb kommer

noget Trykvand, der unddrager sig Kontrol. Man tør saaledes nok regne med, at der tørre Aar bruges ca. 0,2 l/s pr. ha, og det er sandsynligt, at man tilfredsstillede Afgrødens Krav endnu bedre, om man i Perioder, hvor Produktionen er stærkest, yderligere indskrænkede Vandingsarealet, saaledes at man kunde tilføre 0,3 à 0,4 l/s pr. ha, f. Eks. ved at indrette flere Stemmeværker. De meddelte Tal oplyser kun, hvor meget der er brugt, ikke, hvad det havde været fordelagtigst at kunne bruge.

I Tjæreborg Marskenge*) med ret højt staaende Grundvand, hvor Vandet løftedes ved Kunst, anvendtes 1,4 l/s pr. ha til Befugtning. Arealet er ca. 200 ha og det vandes ved Oversvømmelse i 15 til 20 Døgn.

Til Befugtning af sandede Arealer med løs Undergrund og dybtliggende Grundvand udkræves i tørre Somre langt mere, antagelig 20—30 l/s pr. ha, naar der befugtes hver 4.—5. Døgn.

Af det i tidligere Punkter nævnte og af de her omtalte Undersøgelser fremgaar, at den Vandmængde, der, tilført under givne Forhold, betinger de største Afgrøder, er afhængig af Vandingsmaaden, Nedbør, Temperatur- og Jordbundsforhold samt af Afgrødens Art, og de opgivne Tal kan derfor kun benyttes som Momenter til en skønsmæssig Bedømmelse af, hvor meget Vand man ved Fugtvanding bør tilføre pr. Arealenhed, og hvorledes denne Vandmængde maa fordeles inden for Vegetationstiden.

Vandforbrug ved Gødevanding. Er Formaalet med Vandingen hovedsagelig at tilføre Plantenæringsstoffer, maa der tilføres langt større Vandmængder, end hvor Formaalet er Befugtning. Næringsstofindholdet i almindeligt forekommende Aavand svarer kun til en Koncentration paa 0,03—0,14 ‰, medens man fra Vandkulturforsøg ved, at Planterne trives bedst ved en Koncentration paa ca. 2 ‰ og kan nøjes med 0,5 ‰.

Gødevanding foretages i det væsentlige uden for den egentlige Vegetationstid, og den tilførte Vandmængde retter sig efter Vandets Rigdom (særlig rigt Vand mindre Mængde), Vandingsmaaden, Jordbundens Art (mere Vand, jo mere gennemtrængelig Jorden er) og efter Klima og Afgrøde.

Til Overrislingsenge bruges her i Landet 60 til 150 l/s pr. ha, og da Vandingen ikke foregaar kontinuerligt, men i Perioder paa en halv Snes Døgn med lige saa langt eller længere Mellemrum, vil Vandmængder som de nævnte strække til til Vanding af 2 à 3 ha.

Paa Hesselvig Enggaard under Hedeselskabet bruges ved Overrisling sædvanlig 80 à 90 l/s pr. ha i en halv Snes Dage om Efteraaret og lige saa længe om Foraaret.

I det nordvestlige Tyskland, hvis Klima ikke adskiller sig væsentligt fra vort, er nylig afsluttet langvarige og grundige Forsøg vedrørende Gødevanding, offentliggjorte af Prof., Dr. *Br. Tacke***). Ved disse Forsøg brugtes ved Overrislingsanlæg (Ryganlæg) de første Aar 58 og 130 l/s pr. ha ved henholdsvis svag

*) S. Brønsted. Landmandsbogen, Bind I, 1895.

**) Br. Tacke: Die Versuche auf Bewässerungswiesen im Genossenschaftsgebiet Bruckhausen, Syke, Thädinghausen in den Jahren 1901—1912. Arbeiten der deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Heft 291. Berlin 1918.

og stærk Vanding, senere overalt 100 l/s pr. ha. Der blev aarlig vandet mellem 648 og 984 Timer, og der blev herved tilført de paagældende Arealer et Vandlag paa 13—21 m Højde ved den svagere Vanding, og indtil 46 m ved den stærke Vanding.

Ved Stuveoverrisling (se Punkt 43) benyttedes i de første Aar forskellige, men betydelig større Vandmængder, senere ca. 160 l/s pr. ha overalt. Anlægene blev vandet i omtrent samme Timetal som ovennævnt, og der blev tilført Vandlag paa 23—168 m Højde.

Af Forsøgene fremgaar, at de store Vandmængder har Fortrinet for de smaa ved Overrislingsanlægene, medens det omvendte er Tilfældet for Stuveoverislingsanlægene. Gødningstilførsel udligner dog denne Forskel mellem svag og stærk Vanding, og der er saaledes næppe Grund til at basere Anlæg paa særlig kraftig Vanding.

Andre tyske Forfattere angiver, at der til Stuveoverrislingsanlæg kræves 10—20 l/s pr. ha, til ventildrænede Enge i Gennemsnit 12, medens der til Overrislingsenge bør anvendes 30—120 l/s pr. ha, alt saaledes at forstaa, at dette Kvantum Vand bruges paa det Areal, der vandes direkte og paa en Gang; da Vandingen kan skifte mellem flere Afdelinger, og Vandet undertiden bruges flere Gange, kan de nævnte Kvanta under heldige Omstændigheder strække til til det 6—8dobbelte Areal.*)

14. Vandets Beskaffenhed er i væsentlig Grad forskellig, eftersom det stammer direkte fra Kilder, Dræn, vandførende Lag eller fra Vandløb.

I første Tilfælde indeholder det saa godt som ingen opslemmede Partikler, mindre Ilt og mere Kulsyre end Vand fra Vandløb, og det er fattigt paa opløste Næringsstoffer som Kali, Fosforsyre og Ammoniak, der absorberes af de fleste Jordarter; af Kalk og Magnesia, udvekslet ved andre Basers Absorbtion, kan der derimod findes betydelige Mængder, af Kalk (CaO) ofte 10—20 Gram pr. 100,000 Gram (100 Liter). Kun under specielle Forhold kan Drænvand indeholde ret betydelige Mængder Salpetersyre. Drænvand, stammende fra en med Ajle og Chilisalpeter kort forinden gødet Hundegræsfrømark, indeholdt efter stærke Regnskyl 4,7 Gram Salpetersyre paa 100,000 Gram (i Følge Analyse, udført paa Dalum kemiske Laboratorium 1916).

Hyppigst vil det have Interesse at kende Beskaffenheden af Vand fra Vandløb. Prof. *T. Westermann***) har foretaget Undersøgelser over Indholdet af de vigtigste Plantenæringsstoffer i Vand fra nogle af vore Vandløb, og Resultatet af disse Undersøgelser gengives i Uddrag i Tabel XXVIII.

Prøverne er udtaget i sidste Halvdel af November, og ved Byer er de stedse taget oven for disse.

Som Analyserne viser, er Indholdet meget forskelligt. Kali- og Kvælstof-

*) I Vandingsinteressentskaber i Jylland er den aarlige Afgift pr. l/s ofte mellem 1 og 3 Kr., og for at blive Andelshaver i et Vandingsforetagende er i de senere Aar betalt indtil 30 Kr. pr. l/s.

**) T. Westermann: Om Indholdet af Plantenæring i Vandet fra vore Vandløb. Tidsskrift for Planteavl. IV.

Tabel XXVIII. I 100 Liter Vand (100,000 Gram) fandtes i Gram.

Vandløbets Navn	Kali	Kalk og Magnesia*)	Fosforsyre	Kvælstof i			
				Salpetersyre	Ammoniak	organisk Stof	Ialt
Susaa (Næstved)	0,210	12,27	0,020	0,193	0,196	0,126	0,515
Odense Aa (Odense)	0,475	13,60	0,026	0,155	0,220	0,014	0,389
Storaa (Holstebro)	0,131	3,61	0,03	0,010	0,143	0,147	0,301
Skern Aa (Hesselvig)	0,173	2,50	0,02	0,02	0,269	0,095	0,385
Kongeaa (Gredsted)	0,118	5,80	0,02	0,035	0,143	0,053	0,231
Gudenaa (Silkeborg)	0,212	4,63	0,02	0,017	0,154	0,056	0,227
Gudenaa (Randers)	0,208	6,06	Spor	0,05	0,157	0,119	0,330

indholdet varierer mellem 0,2 og 0,5, Kalk- og Magnesiaindholdet mellem 2,5 og 13,6 Gram pr. 100 Liter. Vandløbene paa Fyn og Sjælland er særlig rige paa Plantenæring, antagelig fordi de gennemstrømmer rigere Egne end de jyske, blandt hvilke Gudenaaen er rigest, medens de Vandløb, der løber mod Vest og modtager en væsentlig Del af deres Vand fra Hedeegne, er fattigere. En Sammenligning mellem Tallene for Gudenaaen viser ogsaa, at dennes Vand bliver rigere paa Kvælstof i det nedre Løb, hvor den passerer forholdsvis rigere Egne. Andre Prøver, udtaget i Maj og August, viste et mindre Indhold af Kvælstof og navnlig af Salpetersyre, hvilket antagelig dels skyldes, at der er særlig stærk Udvaskning af Kvælstof fra gødede Marker Efteraar og Vinter, og dels, at der paa den Tid ikke findes megen Vegetation, der kan optage Salpetersyren.

Over Indholdet af Næringsstoffer i Afløbet fra Søborg Sø i Nordsjælland findes en Undersøgelse ved *P. Feilberg***).

Tabel XXIX. Søborg Søs Afløb. I 100 Liter Vand (100,000 Gram) fandtes i Gram.

	Kali	Kalk	Fosforsyre	Kvælstof i			
				Salpetersyre	Ammoniak	organisk Stof	Ialt
November	0,38	16,76	0,017	0,19	0,02	0,18	0,39
December	0,34	18,72	0,013	0,28	0,02	0,15	0,45
Februar	0,45	8,30	0,014	0,48	0,10	0,15	0,73
April	0,27	15,52	0,018	0,49	0,02	0,14	0,65
Juni	0,26	13,10	0,012	0,03	—	0,09	0,12
August	0,44	14,64	0,015	0,07	0,01	0,15	0,23

Vandet er rigt paa alle Næringsstoffer, og Undersøgelsen viser, i hvor høj Grad Indholdet af Kvælstof og især af Salpetersyre varierer med Aarstiden; ri-

*) Mængderne af Magnesia vil omtrent svare til $^1/_{10}$ af de anførte Summer.

**) P. Feilberg: Om Strømforhold III. Søborg 1891—94.

gest paa Kvælstof er Vandet Vinter og Foraar. Kaliindholdet varierer noget, men ikke nær saa meget, og Variationerne er ikke regelmæssige.

Fra islandske Vandløb foreligger enkelte Analyser, af hvilke et Uddrag anføres i Tabel XXX.

Tabel XXX. I 100 Liter Vand (100,000) Gram fandtes i Gram:

Vandløbets Navn	Kali	Kalk	Fosforsyre	Kvælstof	
Thjorsaa	0,25	1,18	0,225	0,109	*K. Thalbitzer**).
Hvitaa	0,31	0,57	0,05	0,146	Prøverne udtaget i Juni-Juli 1906.
Øfjordsaa	0,230	0,700	0,100	0,093	*P. Feilberg***).
Hørgaa	0,270	0,661	0,021	0,027	
Brunaraa	0,305	0,732	0,276	0,086	Reykjavik kemiske Laboratorium.
Dælesaa i Kjøs	0,374	0,52	0,285	0,067	Meddelt af *V. Stefansson*.

Kvælstoffet findes her saa godt som udelukkende i organiske Forbindelser, og Indholdet deraf er ringe i Sammenligning med danske Vandløb; men hvad der navnlig karakteriserer disse islandske Vandløb er det meget ringe Kalkindhold og det store Fosforsyreindhold, der for de tres Vedkommende er ca. 10 Gange saa stort som i danske Vandløb.

Til Sammenligning anføres nogle Analyser (Aarsmiddeltal) af Vandet fra evropæiske Floder††).

Tabel XXXI. I 100 Liter Vand findes i Gram:

Flodens Navn	Kalk			Kali			Fosforsyre			Kvælstof		
	opløst	opslemmet	ialt	opløst	opslemmet	ialt	opløst	opslemmet	ialt	opløst	opslemmet	ialt
Donau ved Wien	6,22	1,60	7,82	0,20	0,20	0,40	Spor.	0,05	0,05	0,07	—	0,07
Kilden la Sorgue v. Avignon	9,06	0,041	9,101	0,374	0,0007	0,3747	0,0026	0,0003	0,0029	0,027	0,0004	0,0274
Durance, Bifl. t. Rhone	8,67	21,1	29,77	0,204	0,2607	0,4647	0,03	0,1215	0,1515	0,0831	0,0808	0,1639
Seine ved Paris	—	—	10,66	—	—	0,18	—	—	Spor.	—	—	0,2

Det bemærkes, at Vand fra Kilden la Sorgue og fra Durance finder udbredt Anvendelse til Befugtning, og at Vandet fra Seine stammer fra et Sted, hvor den er stærkt forurenet af Afløbsvand fra Paris.

Endelig anføres nogle Tal for Vandet i Weser ved Bremen†). Tallene angiver det samlede Indhold af opløste og opslemmede Dele, og Prøverne er taget i Aarene 1902—12 i Maanederne November til April.

*) Karl Thalbitzer: Projekt til Vanding og Afvanding af Fløi. Aarhus 1907.
**) P. B. Feilberg: Et Besøg paa Island. Trykt som Manuskript 1897.
†) B. Tacke: Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft. Hefte 291.
††) A. Friederich: Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1914.

I 100 Liter Vand fra Weser fandtes Gram:

Kalk	Kali	Fosforsyre	Kvælstof
5,36—7,81	0,43—1,09	0,04—0,33	0,19—0,67

Tallene viser, at Vandet, naar Kalken undtages, er meget rigere paa Næringsstoffer end vore Vandløb, idet de mindste Mængder af Kali, Fosforsyre og Kvælstof gennemgaaende er større end de største, der er konstateret i danske Vandløb.

Kloakvands Beskaffenhed kan være højst forskelligt paa forskellige Steder. Eksempelvis anføres efter *A. Friederich*, at Spildevand (ekskl. Regnvandsafløb) fra almindelige Beboelseskvarterer (med Vandklosetinstallationer) ved et Vandforbrug paa ca. 100 l pr. Individ pr. Døgn, gennemsnitlig kan forventes at ville indeholde 8,0—10,0 gr Kvælstof, 6,0—7,5 gr Kali og 2,0—2,5 gr Fosforsyre pr. 100 l.

Vand, der skal benyttes til Vanding, maa selvfølgelig ikke indeholde Giftstoffer; foruden hvad der herom er nævnt i Punkt 8, maa det bemærkes, at Vand, der har Tilløb fra Fabrikker, kan være skadeligt.

I Henhold til det foran meddelte om Vandets Beskaffenhed er Vand fra underjordiske Lag som Regel kun egnet til Fugtvanding, ved hvilken Vandets Indhold af Næringsstoffer er mindre væsentligt. I det tidlige Foraar kan Vand, naar det stammer fra dybere Lag, være betydelig varmere end Luften og kan derved øve en heldig Indflydelse paa det nærmest omgivende Parti, hvilket man jævnlig kan iagttage paa Enge med Kilder, idet der ofte er helt grønt om disse i det tidlige Foraar.

Er Tilførsel af Plantenæring Hovedformaalet med Vandingen (Gødevanding), vil Vandets kemiske Sammensætning, specielt dets Indhold af Plantenæringsstoffer, være af afgørende Betydning. De Stoffer, der kommer i Betragtning, findes dels opløste i Vandet, dels opslemmede. De første kan optages direkte af Planterne, de sidste maa først omsættes, idet deres let opløselige Bestanddele vil være udvaskede; men de kan, hvor de findes i større Mængde, under visse Omstændigheder bevirke en Forbedring af Jordens fysiske Beskaffenhed og kan desuden forøge Jordens Reservebeholdning af Plantenæring, idet de ved enkelte Vandingsmaader, navnlig Oversvømmelse og Stuvningsoverrisling (se Punkt 43), kan bringes til Aflejring.

Ved Bestemmelse af den Vandmængde, der bør bruges ved Gødevanding, kan man ikke af Vandets Indhold direkte drage Slutninger om, hvormeget der skal tilføres, for at Afgrøderne herigennem kan faa de Tilskud af nødvendige Stoffer, der er betingende for Maksimalafgrøder, idet det dels beror paa den paagældende Jords Rigdom, og Forholdet desuden er saaledes, at Jorden og Planterne kun formaar at tilbageholde ringe Mængder af de gennem Vandet tilførte Næringsstoffer.

Ved Tilførsel af Vand vil der indtræde en Forandring af Koncentrationen i det tilstedeværende Jordvand, saaledes at Koncentrationen stiger, hvis det tilførte Vand indeholder de opløste Stoffer i mere koncentreret Form; i modsat Fald foregaar en Fortynding. Stiger Koncentrationen, kan Jorden blive beriget; sker en Fortynding, kan Stoffer, der er uopløselige i den tilstedeværende Koncentration, gaa i Opløsning, og i sidste Tilfælde er der Fare for en Udvaskning, med mindre det tilførte Vand helt eller delvis bliver tilbageholdt i de øverste Jordlag, som Tilfældet kan være ved Fugtvanding.

Ved stærk Vanding, hvor store Vandmasser bliver afledet, kan det vel ske, at det Tab, der lides ved Udvaskning, overstiger den Vinding, der kan naas ved at større Mængder næringsholdigt Vand optages i Jorden.

Dette er i Overensstemmelse med Erfaringer fra Praksis, der viser, at Vandingsvandet, selv ved gentagne Anvendelser, kun afgiver minimale Mængder af opløste Næringsstoffer og undertiden endogsaa bliver rigere, og det passer med *J. Königs**) Iagttagelser og Undersøgelser over Vandingsspørgsmaal, idet han har fastslaaet, at Optagelsen af opløste Næringsstoffer fra Vandet staar i Forhold til Frodigheden af Plantevæksten.

Af de i Punkt 13 refererede Undersøgelser af Prof. *Tacke* fremgaar, at Engparceller, til hvilke der gennem Vandet pr. Aar og ha er tilført 265 kg Fosforsyre, viser et meget stort Udslag for Fosforsyregødning, saaledes at de har givet bedst Udbytte ved Tilførsel af 48 til 64 kg Fosforsyre pr. ha i Kunstgødning; efter dette at dømme er det altsaa kun meget lidt af Vandets Fosforsyre, der er kommet Planterne tilgode.

Af Kali er der efter de samme Forsøg gennem Vandet tilført 13 til 1400 kg pr. Aar og ha, og der synes at være optaget saa meget, at Tilskud af Kaligødning ikke giver nævneværdigt Udslag, undtagen paa Parcellerne med Sandjord.

Tilskud af Kvælstofgødning er ikke prøvet, men der er i de samme Aar gennem Vandet tilført 13 til 1400 kg Kvælstof pr. ha, og da man ved Tilførsel af Fosforsyregødning er naaet op til Afgrøder paa 10—12000 kg Hø (med 15 % Vand) pr. ha, maa det antages, at Planterne gennem Vandet har optaget det Kvælstof, de havde Brug for.**)

Det er saaledes kun en svag Udnyttelse af Vandingsvandets Næringsstoffer, der finder Sted her, skønt Vandet er usædvanligt rigt. Dog maa det bemærkes, at Vandingen kun er foretaget i den koldeste Aarstid, December—Marts; noget bedre Udnyttelse vilde antagelig være opnaaet, om Vandet ogsaa var tilført tidligere om Efteraaret og senere om Foraaret, med andre Ord paa Tider, da der er mere Liv i Plantevæksten.

---

*) J. König: Landwirtschaftliche Jahrbücher. Achter Band. Berlin 1879.

**) Til Sammmenligning anføres, at der med en Høafgrøde af den ovennævnte Størrelse pr. ha bortføres ca. 150 kg Kali, 45 kg Fosforsyre og 150 kg Kvælstof.

TREDIE KAPITEL. AFVANDING.

15. Indledning. Ved Afvanding forstaas i denne Sammenhæng, i Overensstemmelse med det i Punkt 1 anførte, dels Arbejder, som direkte gaar ud paa at fjærne skadeligt Vand fra et vandlidende Areal, specielt paa at udtørre en Sø, en Mose eller et fra Havet indvundet Omraade, dels de i Forbindelse hermed undertiden forekommende Anlæg til Beskyttelse af lavtliggende Arealer mod Oversvømmelse (Diger og Dæmninger). Derimod skal der ikke tales om Bortledning af Spildevand fra bebyggede Kvarterer.

Til ethvert Afvandingsanlæg hører et Hovedafløb, der tjener til at tilvejebringe passende dyb Forbindelse mellem det vandlidende Areal og en Recipient, som er i Stand til at modtage Afstrømningen derfra, samt et System af Grøfter og Dræn, som tjener Detailafvandingen af de enkelte Jordstykker. Hovedafløbet kan efter Omstændighederne være en Afvandingskanal (ofte et reguleret Vandløb) eller en lukket, underjordisk Afvandingsledning; Recipienten kan være Havet, en Sø, et Vandløb eller undtagelsesvis en Grundvandstrøm i et let gennemtrængeligt Jordlag.

Afvanding kan enten foregaa ved fri Afstrømning til Recipienten (naturlig Afvanding) eller ved Hjælp af Vandløftningsredskaber, der pumper det afstrømmende Vand op i denne (kunstig Afvanding). Den sidste Fremgangsmaade, der betinger særlige Anlægs- og Driftsudgifter til Pumpning, anvendes kun, hvor Terrænets Højdeforhold udelukker naturlig Afvanding, eller hvor teknisk-økonomiske Forhold (f. Eks. Nødvendigheden af store Gennemgravninger) eller juridiske Forhold (f. Eks. hævdvundne Rettigheder til Opstemning i Vandløb) lægger afgørende Hindringer i Vejen.

I det følgende skal der gives en Beskrivelse af de ved Afvandingsanlæg almindeligt forekommende Vandbygningsarbejder, vedrørende a) Tilvejebringelse af Afløb, b) Beskyttelse af lave Arealer mod Oversvømmelse, c) Anlæg til Løftning af Vand og d) Detailafvanding.

a. Tilvejebringelse af Afløb.

16. Afvandingskanaler. En Afvandingskanal tjener, som foran anført, til at tilvejebringe Forbindelse mellem et vandlidende Areal, specielt en Sø eller Mose, som man vil udtørre, og en Recipient, som kan modtage Afstrømningen derfra.

Ved større Afvandingsanlæg skelner man undertiden mellem Hovedafvandingskanalen, som strækker sig fra Recipienten op til det vandlidende Areal og videre tværs igennem dette, og forskellige Bikanaler, der tjener til at optage Tilløb fra Grøfter og Dræn og føre det til Hovedkanalen. Nogen principiel Betydning i teknisk Henseende har denne Adskillelse ikke, og i mange Tilfælde lader den sig ikke praktisere.

Om Fremgangsmaaden ved Planlægning af Afvandingskanaler skal meddeles følgende.

1) **Forundersøgelser i Marken.** Forarbejderne i Marken foregaar som beskrevet i Vejbygningen under Jordarbejde i Almindelighed. De maa sædvanlig gaa ud paa at fremskaffe [1]) et Kort i Maalestoksforhold 1 : 2000 eller 1 : 4000 af hele det i Afvandingen interesserede Areal med indlagte 1/4 eller 1/2 m Niveaukurver eller Kotetal, [2]) Linienivellement langs alle Vandløb, større Grøfter eller Linier i Terrænet, der skønnes at kunne faa Betydning for Projekteringen af den paatænkte Afvandingskanal, [3]) Tværprofiler af Vandløb og Grøfter i alle Nivellementets Stationspunkter, eventuelt ogsaa imellem disse, hvis et Vandløb er særlig uregelmæssigt, og endelig [4]) Oplysninger om Jordbundens Beskaffenhed i et passende Antal Punkter.

Hvad Fremskaffelse af Kort angaar, vil man ofte kunne benytte sig af Matrikulskort, naar disse revideres og suppleres i Marken. Det gælder dog ikke, hvor en Omordning af Ejendomsforholdene langs en Kanallinie viser sig nødvendig, idet man i saa Fald sædvanlig maa foretage en ny Opmaaling og Kortlægning som Grundlag for Planlægningen (f. Eks. ved Rektificering af et Vandløb, Punkt 17).

Ved Nivellementet bør medtages Vandspejl i Grøfter, Vandløb og Søer, alle Flodemaal, Højvandsmærker, Fikspunkter etc. Nivellementet bør knyttes til Generalstabens Fikspunkter.

Tværprofiler af Grøfter og smaa Vandløb kan sædvanlig bestemmes tilstrækkelig nøjagtigt ved Maaling af Bundbredde, Bredde foroven og Dybde; Tværprofiler af et større Vandløb maa bestemmes ved Pejling, idet man udspænder en inddelt Pejleline tværs over dette (Fig. 13) og maaler Dybden fra Vandspejlet ned til Bunden i et passende Antal Punkter med en Pejlstage.

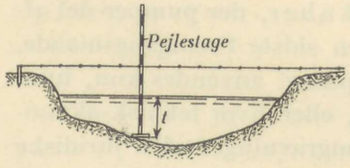


Fig. 13.

Jordbundens Beskaffenhed oplyses bedst ved Prøver, som tages op fra Brønde eller Borehuller i forskellige paa Kortet indmaalte Punkter i nærmere angivne Dybder under Jordoverfladen. Under særlige Forhold, f. Eks. ved Afvanding af en Mose, hvis Tørvelag skal graves af*), kan det være ønskeligt, at

*) Se f. Eks. Statens Grundforbedringsvæsens Meddelelser. Th. Claudi Westh og K. Prytz: Skitseret Afvandingsplan for Knudmose 1920.

Undergrundens topografiske Forhold bestemmes nøje og belyses ved Niveaukurver eller Kotetal ligesom for Overfladens Vedkommende; men sædvanlig kan man nøjes med mindre vidtgaaende Undersøgelser.

Under Forarbejderne er det endelig af Vigtighed at skaffe Oplysninger om Recipientens normale Vandstand og Vandstandsvariationer, eventuelt om Muligheden for at sænke dens Vandspejl, hvis det er en Aa, om dens Vanddybder, Strømforhold, Materialvandring, Isgang etc., hvis det er Havet eller en Sø.

De nødvendige Forundersøgelser vedrørende Arealernes landøkonomiske Udnyttelse og Tilstand, Ejendomsforhold og andet skal ikke omtales i denne Forbindelse.

2) Kanalens Vandføring. En Bestemmelse af de Fordringer, der maa stilles til Kanalens Vandføring, er af fundamental Betydning for hele Planlægningen, men kan destoværre med det Erfaringsmateriale, som i Øjeblikket staar til Raadighed her i Landet, kun foretages med ret stor Usikkerhed.

Nogen Vejledning kan man mulig faa ved direkte Observationer i Marken, saafremt det lader sig gøre at maale Afstrømningsmængden i de eksisterende naturlige eller kunstige Afløb fra det paagældende vandlidende Areal og sammenligne Resultatet med den faldne Nedbør eller samtidige Afløbsmængder fra andre, nærliggende Opland, hvis Afstrømningsforhold er belyst ved systematiske Observationer (Punkt 11). Men skal Resultatet af saadanne direkte Maalinger have nogen Værdi, maa de udstrækkes over et langt Tidsrum, helst flere Aar, og udføres med stor Omhu. Fremgangsmaaden er derfor besværlig, og hvor stor Omhu man end anvender paa Maalingerne, giver den naturligvis slet ingen Oplysninger om de Ændringer, som Afstrømningsforholdene sandsynligvis vil undergaa, naar den planlagte Afvanding bringes til Udførelse, som Følge af at Jordens Fugtighedstilstand, Gennemtrængelighed, Vandkapacitet, Temperatur, Bevoksningsforhold o. a. ændres ved Afvandingen og den paafølgende mere intensive Kultur.

I de fleste Tilfælde ser man derfor bort fra direkte Maalinger i Marken, eller benytter dem i hvert Tilfælde kun som en Vejledning ved Fastsættelse af Afløbskoefficienten (se nedenfor), og bygger sit Skøn paa en Bestemmelse af Størrelsen og Arten af det Opland, som fremtidig skal afvandes gennem den paagældende Kanalstrækning, direkte eller indirekte. Man gør i saa Fald Regning paa, at man, paa Basis af Resultaterne af de i Punkt 11 omtalte, systematiske Observationer af Afstrømningsforhold forskellige Steder i Landet, vil være i Stand til at fastsætte en passende Afstrømningskoefficient for det paagældende Opland, eller, hvis dette er af meget forskelligartet Beskaffenhed, forskellige Afstrømningskoefficienter, svarende til nærmere afgrænsede, partielle Omraader deraf.

Til Oplandsbestemmelser benytter man sig af et Oversigtskort med indlagte Højdekurver, her i Landet sædvanlig Generalstabens Maalebordsblade i Maalestoksforholdet 1 : 20000, hvorpaa man indtegner fornødne Vandskelslinier, d. v. s. Kurver, der kan indlægges paa Højderyggene i Terrænet paa Grænserne mellem to og to Afvandingsomraader, skærende Terrænets Højdekurver under en Vinkel paa 90° (se Plan 1). Naturligvis har man ingen Sikkerhed for, at

disse overfladiske Vandskel overalt betegner den nøjagtige Grænse mellem de paagældende Afvandingsomraader. Thi Afstrømningen foregaar jo kun for en ringe Del bogstavelig overfladisk; paa de fleste Tider af Aaret synker Nedbøren straks i Jorden, hvor den falder, og slutter sig derefter til Grundvandstrømme, der bevæger sig under Jordoverfladen i Retning af vandførende Lags største Fald for senere delvis at træde frem igen i Grøfter, Dræn eller Vandløb, og det er ikke givet, at de underjordiske Vandskel falder helt sammen med de overfladiske. Som Regel maa man imidlertid nøjes med den Vejledning, Niveaukurverne giver; men det følger af det sagte, at det i Terræn, hvor Højderyggene ikke er synderlig fremtrædende, heller ikke har megen reel Betydning at konstatere det overfladiske Vandskels fuldstændig nøjagtige Beliggenhed. Særlig Opmærksomhed kræver Grøfter og Vandløb, da Vandets Bevægelse i disse giver udmærkede Oplysninger. Vej- og Jernbanedæmninger vil ofte paa Strækninger danne Vandskel, selv om de ikke netop ligger paa en Højderyg, fordi Afvandingen følger Grøfterne paa begge Sider, saafremt disse da ikke er forbundet ved Gennemløb.

Naar Vandskelslinier er indtegnet til alle Sider, kan Kanalens Opland udmaales, hvad sædvanlig lettest sker ved Hjælp af Planimeter. Er den paatænkte Kanal lang og skal modtage større Tilløb undervejs, maa man have et Skøn over dens Vandføring i forskellige Punkter og maa da foretage et tilsvarende Antal Oplandsbestemmelser, ligesom Oplandene for de større Tilløb maa bestemmes og udmaales særskilt.

Hvad Afstrømningskoefficienters Størrelse angaar, henvises til det i Punkt 11 fremførte. Meget almindeligt har man ved Projekteringer her i Landet efter Omstændighederne anslaaet den maksimale Afstrømning til 0,5 à 1,0 l/s pr. ha, svarende til, at et Vandlag paa 30 à 60 mm Tykkelse kan strømme af gennem Kanalen i Løbet af en Uge. Dette er vel langt fra den mest intensive Afstrømning, man har iagttaget; men det vil forstaas, at man ikke kan dimensionere en Afvandingskanal med Henblik paa et Afstrømningsmaksimum, som kun indtræder ganske undtagelsesvis, thi det kan selvsagt ikke betale sig at bringe de økonomiske Ofre, som et saa stort Kanalanlæg vilde betinge, for at forebygge et forbigaaende Driftstab, som kun vil lides under exceptionelle Forhold. Derfor gælder det ogsaa i al Almindelighed, at Fordringerne til et Anlægs maksimale vandførende Evne maa sættes desto lavere, jo vanskeligere og kostbarere en rigelig Dimensionering vilde være, mindst hvor Afvandingen kræver Anlæg af kostbare Rørledninger eller Opstilling af Vandløftningsredskaber, størst hvor fri Afstrømning med rigeligt Fald kan opnaas ved et rimeligt Jordarbejde. At finde det økonomiske Optimum i givet Tilfælde ved en Beregning lader sig kun sjældent gøre, fordi det er umuligt at give et talmæssigt Udtryk for den Risiko, man løber ved, at der enkelte Aar kan indtræde for høj Vandstand eller Oversvømmelse af visse lave Arealer. Dels er det ikke muligt at beregne, med hvilke Mellemrum det vil ske, dels vil den eventuelle Skades Størrelse i høj Grad afhænge af Tidspunktet for Oversvømmelsen og dennes Varighed. Langvarige Oversvømmelser kan foruden at ødelægge Afgrøder have uheldige Virkninger paa Jordens fysiske og kemiske Beskaffenhed og give Anledning til Forhaling af Saatiden. Kortvarige

Oversvømmelser kan undertiden være ganske uskadelige, men kan paa en uheldig Aarstid give Anledning til Ødelæggelse af Afgrøder. I Tvivlstilfælde maa man udarbejde flere alternative Projekter med kalkulatoriske Overslag for Kanalanlæg, svarende til forskellige Afstrømningsmængder, for at faa fast Grundlag for et sammenlignende Skøn.

Den samlede Afstrømning i Løbet af et helt Aar maa sædvanlig anslaas til ¼ à ½ af Oplandets aarlige Nedbør (Punkt 11), svarende til en Middelafstrømning paa ca. 0,04 à 0,12 l/s pr. ha, eller omtrent Tiendedelen af den anførte Maksimalafstrømning. Denne Middelværdi er naturligvis kun en Regningsstørrelse, men har, som det senere vil ses, i de fleste Tilfælde en mere afgørende Betydning som Grundlag for Dimensioneringen end den maksimale Afstrømning.

3) Kanalliniens Beliggenhed i Terrænet. Denne vil i Praksis meget hyppigt være forud givet ved rent praktiske Forhold som Terrænforhold, Ejendomsforhold o. lign. Men hvis man helt eller delvis har frie Hænder, bør man vælge Kanallinien, saaledes at det med Kanalanlægets Udførelse forbundne Jordarbejde bliver saa lille som muligt, og saaledes at man paa bedste Maade udnytter det for Afstrømningen disponible Fald. Linien bør derfor være saa kort, som Omstændighederne tillader det, og saa vidt muligt følge Slugtlinier og Lavninger i Terrænet, saa at store Gennemgravninger undgaas. En jævn Fordeling af Faldet langs Kanallinien vil sædvanlig være den gunstigste. I mange Tilfælde vil man med Fordel kunne lade Kanalen følge eksisterende Grøfter eller Vandløb (smlgn. Punkt 17) paa en kortere eller længere Strækning.

Ved Planlægningen benytter man sig af det foran omtalte Oversigtskort med Højdekurver, hvorpaa man til en Begyndelse opsøger og afmærker de forskellige Kanallinier, som der i Henhold til det sagte kan blive Tale om at følge, idet det naturligvis ikke er udelukket, at forskellige Recipienter kan komme i Betragtning (se dog Vandløbsloven af 28. Maj 1880 § 19, næstsidste Stykke og § 81). De Muligheder, som kommer frem, sammenlignes derefter med Hensyn til alle Forhold, der kan have Betydning for Anlæget, specielt Liniens Længde, det Fald, der kan opnaas, Jordarbejdets Størrelse, Bekostningen ved den fornødne Arealerhvervelse og ved Anlæg af Broer, Gennemløb og Lukkeindretninger, Erstatninger, Muligheden for at anvende den opgravede Jord som Grundforbedringsmiddel etc. Til Støtte for Sammenligningen kan det blive nødvendigt at udarbejde foreløbige Projekter med omtrentlige Jordberegninger paa lignende Maade, som beskrevet for Vejanlæg, men i mange Tilfælde vil det vise sig overflødigt.

Den Linie, som under Hensyn til det sagte maa foretrækkes som den bedste, udstikkes i Marken, opmaales og nivelleres tillige med det tilgrænsende Terræn, saaledes som beskrevet i Vejbygningen under Jordarbejde i Almindelighed.

Hvis to eller flere Kanallinier ved en foreløbig Projektering synes jævnbyrdige, kan det blive nødvendigt at udarbejde detaillerede Projekter til Kanalanlæg efter begge eller flere Linier, for at en nøjagtig Sammenligning kan finde Sted, blandt andet ogsaa med Hensyn til Ordning af Ejendomsforhold langs Linierne (eventuelle Magelæg), Forlægning af Veje, Kloaker og Drænledninger, eventuelle

Erstatninger og lignende Spørgsmaal, som først træder tydeligt frem under den detaillerede Udformning af Forslagene.

Hvis særlige Forhold ikke taler for andet, sammensætter man naturligt en Kanallinie af rette Liniestykker med derimellem indskudte Cirkelbuer til Afrunding af Knækkene.

4) Afvandingskanalers Profilering. Herom skal for det første henvises til, hvad der er meddelt i al Almindelighed om Jordværkers Profilering under Beskrivelsen af Jordarbejder ved Vejbygning*). Dernæst kan der om Afvandingskanaler specielt bemærkes følgende.

Tværprofilet er sædvanlig trapezoidalt, bestaaende af en vandret Bundlinie og to dertil stødende Skraaninger med samme Anlæg. I god, fast Jordbund som sandblandet Ler og groft Grus kan Anlægget passende være 1—1,5, i sejg Tørvejord 0,5—0,75 og i let Sandjord og blødt Ler 1,5—2.

Hvis man bliver nødt til at føre en Afvandingskanal gennem et Terræn, hvor Jordbunden bestaar af Flydeler eller Flydesand, kan Skraaningernes Bevaring volde Vanskelighed selv med stort Anlæg, fordi man ikke kan undgaa Udblødning af Jorden. Den ovenfor Vandlinien liggende Del kan mulig sikres ved god Afvanding, men under Vandlinien har man under vanskelige Forhold intet andet Middel end at beklæde Skraaningerne med et Dække af Planker, Faskiner, Beton, Stenglacis el. l. Til Gengæld gør man da gerne de beklædte Dele af Skraaningerne stejle, mulig lodrette for derved at opnaa en Besparelse i Jordarbejde, og Kanalens Tværprofil faar Form som vist paa Fig. 14b og c. Ved ældre Kanalanlæg har man undertiden anlagt vandrette Banketter tæt under Vandlinien (Fig. 14d) for at sikre Skraaningerne mod Udskæring, eller over denne for at faa Plads til Fyld fra den fremtidige Oprensning (Kanalen fra Søborg Sø); men Fremgangsmaaden er ret kostbar, da Banketterne forøger Kanalanlægets Bredde og dermed Jordarbejdet og den fornødne Arealerhvervelse.

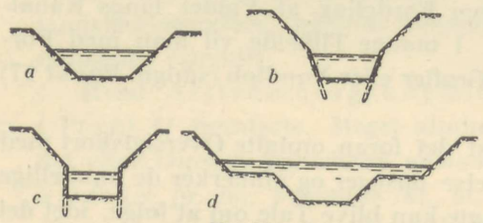


Fig. 14.

Hvad Profilformen angaar, skal fremdeles bemærkes, at man faar det i hydraulisk Henseende heldigste Profil**), d. v. s. det Profil, som i Forhold til sit Areal har den mindste beskyllede Omkreds (størst hydraulisk Radius), ved at gøre Kanalens Vanddybde stor i Forhold til Bundbredden. Det bedste trapezoidale Profil for et givet Skraaningsanlæg kan saaledes vises at være det, der er omskrevet en Halvcirkel med Centrum i Vandlinien (Fig. 15). Stor Vanddybde er ligeledes fordelagtig, fordi den medvirker til at hindre Bevoksning i Vandløbets Bund. Men af forskellige, rent praktiske Grunde maa man sædvanlig finde sig i at anvende fladere Profiler.

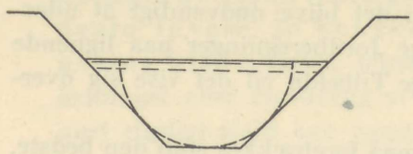


Fig. 15.

---

*) C. L. Feilberg: Vejbygning og Kloakering. 1919.
**) C. L. Feilberg: Teknisk Mekanik. 1917. Punkt 84.

Stor Vanddybde vil nemlig for det første medføre høje Skraaninger, og de skal alt iøvrigt lige have større Anlæg*) end smaa, eller bliver i modsat Fald vanskeligere at vedligeholde end disse, navnlig hvis Jordbunden er af slet Beskaffenhed. Og stor Vanddybde kan dernæst give Anledning til en meget bekostelig Uddybning af Recipienten, hvis Vanddybden i denne kun er ringe. Sker Udløbet til Havet paa aaben Kyst, hvor der finder Materialvandring eller Sandflugt Sted, kan en saadan Uddybning tilmed blive meget vanskelig at vedligeholde og kræve omfattende Sikringsforanstaltninger som Anlæg af Dækværker o. l.

Da man ved Dimensionering af en Afvandingskanal altid har det i sin Haand at vælge Profilformen, saaledes at man efter Omstændighederne foretrækker flade Profiler med stor Bundbredde men ringe Vanddybde, eller dybe Profiler, hvori Forholdet er omvendt, bliver Kunsten som Regel at vælge netop den største Vanddybde, som under Hensyn til det anførte kan gennemføres uden afgørende Vanskelighed. I Praksis træffer man ofte Profiler, hvori Bundbredden er 3 à 5 Gange Vanddybden ved Middelafstrømning, for store Kanaler jævnlig endnu mere.

5) Bestemmelse af Kanalens Dimensioner. Et Kanalanlægs Dimensioner fremstilles i Projektet saa godt som altid ved Hjælp af et Længdeprofil efter Kanalens Midtlinie, samt et tilstrækkeligt Antal derpaa vinkelrette Tværprofiler.

Ved Dimensioneringen søger man sædvanlig at tilfredsstille følgende dobbelte Krav, [1]) at Kanalen ved en Vandføring, som svarer til den aarlige Middelafstrømning fra Oplandet, er i Stand til at sænke Vandspejlet i Grøfter og Bikanaler paa det vandlidende Areal til en for Detailafvandingen passende Dybde, det er (se Punkt 12) sædvanlig 1,0 à 1,3 m under Jordoverfladen paa det laveste Sted, for Dynd- og Mosearealers Vedkommende under passende Hensyn til den Sammensynkning**) af Tørvelaget, som maa antages at ville finde Sted som Følge af Afvandingen, og [2]) at Kanalen under Tøbrud eller i stærke Regnperioder kan aflede den stipulerede maksimale Afstrømning fra Oplandet, uden at Vandet i Grøfter og Kanaler paa Afvandingsomraadet gaar over Bredderne, saa at lavere Dele af dette sættes under Vand. Det første Krav bør som Regel ubetinget opfyldes undtagen for ganske begrænsede Huller eller Lavninger, som det vil være mest økonomisk at prisgive, thi naar man ikke den fornødne Afvandingsdybde ved den jævnligt indtrædende Middelafstrømning, kan Foranstaltningen som Helhed være af tvivlsom Værd. Opfyldes det andet Krav ikke fuldt, kan dette vel give Anledning til Driftstab i meget fugtige Perioder, men nogen afgørende Misère behøver det ikke at medføre.

Ved Beregningen anvendes følgende fra Hydromekaniken bekendte Formler:

$$Q = Fv \tag{13}$$

og

$$\frac{h}{l} = \frac{\varrho}{2g}\frac{v^2}{R}, \tag{14}$$

*) Tekn. Mek. 1917. Punkt 65.

**) Hedeselskabets Tidsskrift 1917, Nr. 8. A. Feilberg: Om Dyndarealers Synkning.

hvori Q betegner Vandføringen, F Vandstrømmens Tværsnitsareal, v dens Middelhastighed, h Vandspejlets Fald, l den tilsvarende Kanalstrækning Længde og R den hydrauliske Radius, d. v. s. Vandstrømmens Tværsnitsareal divideret med den beskyllede Omkreds. ϱ er en Koefficient, der passende kan indføres i Overensstemmelse med *Ganguillet* og *Kutters* nyere Forslag for Kanaler og Vandløb, i hvilket Tilfælde man paa Grund af Formlens Omstændelighed nødes til at betjene sig af Tavler eller Tabeller*), eller efter *Coldings* Forslag sættes lig $0{,}0117\,(1+\frac{0{,}3}{v})$, hvorved Ligning (13) bliver til

$$\frac{h}{l}=\frac{1}{1700}(v^2+0{,}3\,v)\frac{1}{R}, \tag{15}$$

gældende for m og Sek. som Enheder. For middelstore Kanaler, der holdes nogenlunde rene, har Coldings Formel givet Resultater, der stemmer særdeles godt med praktiske Erfaringer**); for store Kanaler bør Ganguillet og Kutters Formel formentlig foretrækkes. Ved skitserede Beregninger i foreløbige Projekter kan man maaske hjælpe sig med *Eytelweins* enkle, men ikke synderlig paalidelige Formel

$$v=51\sqrt{R\frac{h}{l}} \tag{16}$$

for m og Sek.

Dimensioneringen baserer man sædvanlig paa Kravet 1) Side 71 om en passende Afvandingsdybde ved Middelafstrømning. Faste Holdepunkter for Beregningen har man i Vandføringen (Q), der bestemmes, som udførlig beskrevet, i Forhold til Oplandet, det totale Fald (h), som er Højdeforskellen mellem det forønskede Vandspejl i Kanalen oppe ved Afvandingsomraadet og det normale Vandspejl i Recipienten, samt Kanalliniens Længde (l). Fremgangsmaaden er altid forsøgsvis. Først vælger man paa bedste Skøn et Tværprofil (Bundbredde, Skraaningsanlæg og Vanddybde) og beregner tilsvarende Værdier af Tværsnittet (F) og den hydrauliske Radius (R). Dernæst finder man ved Indsættelse i Ligning (12) Vandhastigheden (v) og endelig ved Indsættelse i Ligning (13) det for Vandbevægelsen nødvendige relative Fald $\frac{h}{l}$ paa Vandspejlet. Stemmer den fundne Værdi af $\frac{h}{l}$ tilstrækkelig godt med det Fald, som efter det sagte er disponibelt, er det valgte Profil brugeligt, hvis ikke, anstilles et nyt Forsøg med et passende ændret Tværprofil og saa fremdeles. Et stort disponibelt Fald ses (13) at give stor Vandhastighed og derfor (12) relativt smaa Tværsnitsdimensioner og omvendt.

For en kort Kanal med nogenlunde samme Vandføring i alle Punkter kan man mulig nøjes med en Beregning, gældende for hele Kanalen under et, idet man da fordeler det totale Fald ensformigt over hele Kanalens Længde og hol-

*) G. Schewior: Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen. Berlin 1907. Ganguillet og Kutter: Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen. Berlin 1904.

**) P. Feilberg: Om Strømforhold. Søborg 1891—94.

der dens Tværprofil konstant. Men gælder det om at dimensionere en Kanal, hvis Vandføring varierer, fordi den modtager Tilløb undervejs, og dette er i Praksis langt det almindeligste, eller gør særlige Terrænforhold det rimeligt at foretrække en uensartet Fordeling af det totale Fald, maa Kanallinien efter Omstændighederne inddeles i flere Strækninger, der beregnes hver for sig. Man maa i dette Tilfælde begynde med [1]) at bestemme Opland og derved Vandføringen for Kanalen i Delingspunkterne, [2]) skønne over, hvor stor en Del af det totale Fald, det under Hensyn til Terrænforhold og ønskelig Afvandingsdybde i de forskellige Punkter kan være rimeligt at tildele Vandspejlet paa hver enkelt af de betragtede Strækninger, samt [3]) udmaale disses Længde. Derefter dimensioneres hver Strækning for sig ved Beregning af et Tværsnit paa ganske samme Maade som ovenfor beskrevet.

Man er nu i Stand til at konstruere Kanalens Længdeprofil. Først indtegnes Terrænlinien (sort) i Overensstemmelse med det udførte Linienivellement, dernæst Vandspejlet ved Middelafstrømning (blaat) i rette Forhold til Vandspejlet i Recipienten og med de fastsatte, ved Beregningen nærmere præciserede Fald, og endelig Bundlinien (rød), som kommer frem, ved at man afsætter de af Beregningen bestemte Vanddybder under Vandspejlet i de respektive Tværprofiler. Det fremgaar umiddelbart af den beskrevne Fremgangsmaade, at Bundliniens Forløb vil komme til at afhænge af de med nogen Vilkaarlighed fastsatte Vanddybder i de beregnede Tværprofiler. Man maa derfor allerede under Dimensioneringen have sin Opmærksomhed henvendt paa at afpasse disse i Forhold til hinanden, saaledes at Bunden faar et regelmæssigt og rimeligt Længdeprofil uden bratte Overgange, der blot hidrører fra Ubehjælpsomhed ved Projekteringen, men er uden Motivering i de givne Terrænforhold eller i Opgavens særlige Natur. Specielt bør Bunden ikke noget Sted have Bagfald. Tiltager Kanalens Vandføring jævnt nedefter, kan det være rimeligt ogsaa at lade Vanddybden tiltage jævnt, saaledes at Bunden faar konstant Fald. Vokser Vandføringen diskontinuerlig, kan der mulig være Anledning til at forøge baade Bundbredde og Vanddybde i de Punkter, hvor betydelige Tilløb indtræffer, saaledes at der fremkommer Trin i Bundlinien paa disse Steder. I saa Fald maa Trinene naturligvis udjævnes paa en kort Strækning af Kanalbunden ovenfor Tilløbet, saaledes at helt bratte Overgange undgaas. Hvis Vandstrømmen paa bestemte Steder indsnævres ved Passage gennem Broaabninger, Stemmeværker o. l., kan der yderligere være Anledning til at give Bunden et ekstra Fald paa disse Steder, svarende til det Tryktab, som lides paa Grund af Hastighedsforøgelsen (beregnet for Middelafstrømning). Nødvendigt er det imidlertid ikke, og hvis Faldet er knebent, undlader man det hellere for at kunne faa den dybest mulige Afvanding. Hvor Faldet er saa rigeligt, at man kan frygte Udskæringer i Kanalbunden som Følge af alt for stærk Vandbevægelse, kan det blive nødvendigt at anlægge Kanalen med terrasseformig Bundlinie, bestaaende af Strækninger med moderat Fald, som er adskilt fra hinanden ved Styrt.

Naar baade Tværprofiler og Længdeprofil er foreløbig fastsat i Henhold til det foranstaaende, bliver Opgaven at indtegne en ny Vandspejlslinie (punkteret blaa), svarende til den stipulerede maksimale Afstrømning, for at se,

hvorvidt Kravet 2) Pag. 71 til Vandstandsforholdene er tilstrækkelig godt tilfredsstillet. Denne Opgave volder i og for sig ingen Vanskelighed, hvis man kan gaa ud fra, at Vandspejlet paa hver enkelt af de betragtede Kanalstrækninger indstiller sig parallelt med Bundlinien; thi i saa Tilfælde er Vandføring, Fald og Kanalprofil bekendt i alle Tværsnit, og det vil være let at finde Vanddybderne, f. Eks. ved Opslag i Ganguillet og Kutters Tabeller eller ved et Par Forsøgsregninger med Coldings Formel. De fundne Vanddybder kan derefter afsættes paa Længdeprofilet i de respektive Tværsnit, og Vandspejlslinierne drages parallelt med Bundlinierne. Men de saaledes tegnede Vandspejlslinier paa to og to Nabostrækninger vil naturligvis ikke altid komme til at korrespondere, lige saa lidt som Vandspejlslinien paa den nederste af dem netop vil møde Vandspejlet i Recipienten (hvis denne da ikke er et Vandløb, som er svulmet tilsvarende op). I Reglen vil der danne sig en Sænkningskurve henimod Recipienten og forskellige Sænknings- eller Stuvningskurver paa de Steder, hvor Kanalen skifter Dimensioner eller Fald, eller hvor Vandføringen vokser (Fig. 16). Forløbet af disse Kurver kan bestemmes med Tilnærmelse, som beskrevet i Hydromekaniken*), ved Inddeling af Kanallinien i passende smaa Intervaller og Beregning af disse i Rækkefølge efter hinanden med Udgangspunkt i Recipientens Vandspejl. I Praksis vil man dog i mange Tilfælde kunne undlade dette og nøjes med at indtegne Overgangstrækningernes Vandspejl paa Skøn.

Fig. 16.

Hvis det indtegnede Vandspejl viser sig at tilfredsstille Kravet om, at Vandet intet Sted træder over Kanalens Bredder, er Dimensioneringen dermed færdig, idet de valgte Dimensioner kan endelig fastslaas. I modsat Fald maa man skride til en Udvidelse af Tværprofilet, sandsynligvis en Forøgelse af Bundbredden nedenfor de Strækninger, hvor Oversvømmelsen indtræder, hvorefter fornyet Gennemregning maa finde Sted og saa fremdeles. Er det en stor Vanddybde paa en enkelt Strækning af Kanalen, som giver Anledning til Opstuvning, kan det mulig være tilstrækkeligt at forøge Bundbredden paa den alene.

6) Projektet. Et fuldstændigt Projekt bør sædvanlig bestaa af:

a) Et Kort i 1 : 2000 eller 4000 af hele det vandlidende Areal og den planlagte Kanal ned til Recipienten, udstyret med Niveaukurver eller Kotetal som foran omtalt. Kanallinien indtegnes med Rødt og forsynes med omkredsede, nummererede Stationspunkter; med Rødt indtegnes fremdeles Signaturer for eventuelle Broer, Rørledninger, Stemmeværker, Sluser, Pumpestationer etc., som hører med til det planlagte Anlæg. Eventuelle Diger (Punkt 22—23) anlægges med grøn Farve.

Paa Kortet indtegnes endelig en Kurve (Interessekurven), der omslutter samtlige de i Afvandingen interesserede Arealer, d. v. s. de Arealer, som kun,

*) Tekn. Mek. 1917. Punkt 90.

ved at Anlæget bringes til Udførelse, kan faa en tilfredsstillende, normal Afvandingsdybde (Punkt 12), sædvanlig 1,0 à 1,3 m.

b) Et Oversigtskort i mindre Maalestok, her i Landet sædvanlig Generalstabens Maalebordsblade i 1 : 20000, omfattende hele Kanalens Opland, begrænset af Vandskelslinier til alle Sider (Plan 1). Fremdeles bør være afgrænset Opland, svarende til de Punkter af Kanallinien, hvori Dimensionsbestemmelse har fundet Sted, samt Opland for alle større Tilløb.

c) Et Længdeprofil af Kanalen i Maalestoksforhold 1 : 2000 à 5000 for Længder og 1 : 50 à 100 for Højder (se Plan 1). Profilet kan passende tegnes paa kvadreret Papir (Millimeterpapir). Terrænlinien tegnes sort, den nye Bundlinie samt Signaturer for planlagte Bygværker røde. Alle større Tilløb signeres med blaat og forsynes med Angivelse af Opland, ligesom Oplandet for selve Kanalen anføres i alle Dimensioneringspunkter. Hvis Kanalen paa Strækninger følger en eksisterende Grøft eller et Vandløb, indtegnes den tilsvarende Bundlinie med sort, og er der Forskel paa Terrænets Højde paa den ene og den anden Side af Vandløbet, trækkes den i Profilet synlige Terrænlinie op med fuld sort Linie, den anden punkteres. Eventuelle Digers Krone indlægges med grønt.

I Længdeprofilet maalskrives den projekterede Kanal, idet der anføres Bundbredde og Fald paa alle Strækninger samt Koter i alle Knækpunkter. Endvidere indlægges Vandspejlslinier (blaa), svarende til Beregningerne henholdsvis for maksimal Afstrømning og Middelafstrømning. Endelig indtegnes normal Vandstand og Høj- og Lavvande i Recipienten.

d) Fornødne Tværprofiler af Kanalen, sædvanlig i samme Maalestoksforhold som Længdeprofilets Højder. Hvis Jordberegningen er baseret paa Konstruktion af Tværprofiler, maa samtlige disse tegnes, i modsat Fald nøjes man gerne med Normalprofiler, svarende til forskellige Strækninger af Kanalen. Terrænlinien og eventuelt eksisterende Grøfter eller Vandløbs Profiler anlægges med sort, det planlagte Profil med rødt.

e) En Jordarbejdsliste, der i tabellarisk Form giver Oplysninger for hvert Stationspunkt om [1]) Punktets Nummer, Afstand i Linien, Pæls Kote og Terrænkote, endvidere [2]) Bundbredde, Ovenbredde og Dybde for et eventuelt eksisterende Løb, [3]) Bundkote, Bundbredde, Skraaningsanlæg og Fald for den planlagte Kanal, samt endelig [4]) Udgravningsarealet i hvert Profil og [5]) Udgravningsvoluminerne mellem to og to af disse. Sidste Kolonne opsummeres og angiver det samlede Jordarbejdes Omfang.

Jordberegningen udføres altid efter Prismemetoden, som er nærmere beskrevet i Vejbygningen. Profilarealerne kan bestemmes ved Beregning (Arealtabeller), idet man i saa Fald subtraherer et eventuelt eksisterende Løbs Profil fra det planlagtes Profil, eller ved Konstruktion. Hvis man anvender Beregning, maa man nøje passe paa, om der skulde være Punkter, hvor et gammelt Profil ikke omsluttes helt af det tilsvarende nye (Fig. 17), thi i saadanne Punkter vil Subtraktionen naturligvis give et hel fejlagtigt Resultat; Konstruktion af Tværprofilet med Udmaaling af Udgravningsarealet er da den sikreste Udvej.

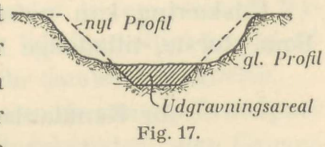


Fig. 17.

f) En Beskrivelse af det planlagte Arbejdes Hovedtræk og den Vandstandsregulering, som er tilstræbt. Til Beskrivelsen hører en Opstilling af de Beregninger, som ligger til Grund for Projekteringen og et kalkulatorisk Overslag over Udgifterne.

Overslaget over Jordarbejdet udføres som nærmere beskrevet i Vejbygningen. For Tiden kan man ved mindre Kanalarbejder sædvanlig anslaa Prisen pr. m^3 Jord at opgrave og oplægge langs Kanalens Sider til 1,50 à 2,50 Kr. Ved større og vanskelige Anlæg maa man undertiden betale mere, f. Eks. ved Susaaens Regulering indtil 3,56 Kr. pr. m^3.

Den samlede Overslagssum fordeles sædvanlig over hele det interesserede Areal, hvorved der fremkommer en Gennemsnitspris pr. ha, der kan have Betydning som en Vejledning ved Bedømmelse af Anlægets Rentabilitet. Hvis Anlæget er et Fællesforetagende, bliver de virkelige Udgifter at fordele i Henhold til en Taksation, der giver et talmæssigt Udtryk for den Fordel, de enkelte Lodder maa skønnes at have af Reguleringen under Hensyn til Jordbundens Kvalitet, den Grad, hvori de er vandlidende etc. Fremgangsmaaden herved skal dog ikke omtales nærmere i denne Forbindelse

7) Arbejdets Udførelse. Herom henvises til, hvad der er meddelt i Vejbygningen under Jordarbejde i Almindelighed. Mindre Kanalarbejder udføres ved Hjælp af Haandredskaber, større Arbejder ved Gravemaskiner eller Uddybningsmaskiner. Hvis der straks kan skaffes Afløb for det tilstrømmende Grundvand paa Arbejdspladsen forneden ved Recipienten, begynder man bedst Gravningen dér og arbejder sig videre op imod Faldet. Den opgravede Jord lægges sædvanlig langs Kanalens Sider i en Afstand paa ca. 1 m fra Kanten; senere kan den udjævnes som et 5—6 m bredt Lag eller fjærnes og eventuelt benyttes til Opfyldning af Huller og Lavninger i Nærheden.

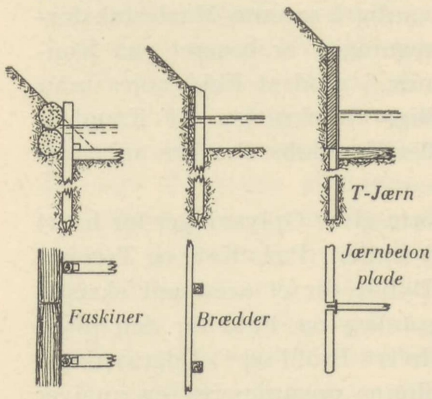


Fig. 18. Skraaningssikringer.

Hvor Jorden er af en saadan Beskaffenhed (fint Sand, blødt Ler), at det volder Vanskelighed at faa Skraaningerne til at staa, særlig under Vandlinien (smlgn. Stykke 4 ovenfor), maa man sikre disse ved Beklædning. Fig. 18 viser nogle Skraaningssikringer, som lejlighedsvis er kommet til Anvendelse ved danske Kanalarbejder (se ogsaa, hvad der i Vejbygningen, Punkt 12, er meddelt om Sikring af Skraaninger under Vand).

Udskæring kan naturligvis særlig befrygtes, naar Vandets Hastighed er stor. Som største, tilladelige Middelhastighed anføres

for Kanalanlæg	i groft Grus	ca. 1,5	m/Sek.
- —	i groft Sand.....	- 1,0	—
- —	i sandblandet Ler.....	0,3 à 0,6	m/Sek.
- —	i fint Sand eller Dynd..	0,15 à 0,20	—

Faren for Udskæring afhænger imidlertid ogsaa af Jordlagenes mere eller mindre faste Lejring, eventuel Bevoksning paa Bund og Sider, ligesom den Skade, der i givet Tilfælde indtræder, afhænger af Varigheden af den stærke Strøm.

17. Vandløbsregulering. Vandløbsregulering udføres her i Landet saa godt som altid med det Formaal at sænke Vandspejlet i et Vandløb for at opnaa en dybere og hurtigere Afvanding af vandlidende Arealer, specielt vandlidende Enge langs Vandløbets Bredder, eller Tørlægning af Sumpe eller Søer. I sjældnere Tilfælde har Formaalet været at gøre et Vandløb sejlbart (Gudenaa nedenfor Randers); men Regulering af denne Art falder ikke ind under den kulturtekniske Vandbygning.

Princippet for en Vandløbsregulering, der udføres med Afvanding for Øje, er at formindske Modstanden mod Vandets Bevægelse ud imod Recipienten; thi derved formindsker man Faldet paa Vandspejlet og opnaar, efterhaanden som man kommer op langs Vandløbet, en større eller mindre Sænkning af Vandstanden (se Plan 1).

Modstanden mod Vandets Bevægelse i et Vandløb eller, hvad der er det samme, det totale Fald paa Vandspejlet, kan med sædvanlige Betegnelser udtrykkes ved Formlen

$$h = \Sigma \frac{\varrho}{2g} \cdot \frac{v^2 l}{R} + \Sigma \omega, \qquad (17)$$

hvori ω betegner lokale Tryktab, som skyldes Forandringer i Vandstrømmens Hastighed, Retning o. a. Reguleringen kan derefter gaa ud paa

1) at rense Vandløbet op og befri Bund og Sider for Grøde (Formindskelse af Koefficienten ϱ),

2) at rektificere Vandløbet (Fig. 19), d. v. s. at rette Bugter og Serpentiner ud ved hensigtsmæssige Gennemgravninger (Formindskelse af l og ω), og

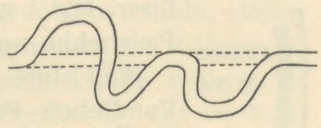


Fig. 19.

3) at forøge Vandløbets Tværprofil paa en længere eller kortere Strækning (Formindskelse af v i Forbindelse med Forøgelse af R). Endvidere kan der blive Tale om

4) at tilvejebringe en mere rationel Fordeling af Faldet paa Vandløbets Bundlinie og

5) at fjerne Indsnævringer, for smalle Broaabninger og lignende, der giver Anledning til lokale Tryktab (Formindskelse af ω).

Drives en Vandløbsregulering saa vidt, at man skrider til en rationel Nyprofilering af hele Løbet, bliver det færdige Anlæg kun lidt forskelligt fra en Afvandingskanal, og man benytter da i Praksis meget ofte samme Betegnelse.

Ved Planlægning af en Vandløbsregulering kommer de samme Principper til Anvendelse, som er udviklet i Punkt 16 for Afvandingskanaler; men Gangen i Projekteringen bliver undertiden lidt simplere, fordi Afløbets Beliggenhed i Terrænet, i hvert Tilfælde i det væsentlige, er forud givet, saa at foreløbige Projekteringer til Bestemmelse deraf kan udelades.

Under Arbejdets Udførelse volder den stadige Vandstrøm paa Arbejdspladsen ofte betydelige Vanskeligheder. Ved mindre Arbejder, der kan udføres i Sommermaanederne, lader det sig ofte gøre at dæmme op for Vandløbet ovenfor Arbejdsstedet i nogle Døgn ad Gangen, idet man i saa Fald finder sig i, at Vandet oversvømmer de omkringliggende Arealer, eller man stemmer om Dagen og lader Vandet strømme frit om Natten, hvorved Oversvømmelse mulig kan undgaas. Man har undertiden indrettet sig paa først at fordybe den halve Bredde af Vandløbet paa en længere Strækning, hvorefter man kan tage den anden Halvdel næsten tørskoet. I sjældnere Tilfælde kan man midlertidig forlægge Vandstrømmen til et andet, naturligt eller kunstigt Leje.

Ved Regulering af større Aaløb har man med godt Resultat anvendt smaa Uddybningsmaskiner, f. Eks. en Spandkædemaskine, monteret paa en Pram og drevet af en Forbrændingsmotor. Fylden føres ved Hjælp af en Slisk ind paa Aabredderne.

Ved Reguleringer i blød Bund har man undertiden tilvejebragt en Forøgelse af Profilet ved at rive op i Bunden, f. Eks. ved at trække en Harve op og ned ad Vandløbet, og lade det opslemmede Materiale drive bort med Strømmen. Fremgangsmaaden er dog som Regel forkastelig, fordi man neppe undgaar Ulemper af det opslemmede Materiale, naar det bundfælder sig i Vandløbets nedre Løb eller i Recipienten (hvis denne da ikke er et aabent Hav).

Paa Steder, hvor man kan frygte Udskæring af Vandløbets Bredder, maa disse beskyttes ved Dækværker. Et saadant kan i simpleste Tilfælde være et Risgærde, der flettes mellem nedrammede Smaapæle i Vandlinien (Fig. 20); men er der Fare for Udskæring i større Dybde, er det utilstrækkeligt. Man anvender i saa Fald Dækværker af Faskiner eller Sten; bedst, men ogsaa dyrest, er et Glacis af kløvede Sten eller Betonfliser, lagt i groft Grus og støttet forneden paa en Spunsvæg eller en Pælerække med vandret Tvinger (se Vejbygningens Punkt 12).

Fig. 20.

Ved store Reguleringer kan det jævnlig være ønskeligt at indsnævre Vandløbets Profil i Bredninger for at indvinde Areal eller for at regulere Strømforholdene. Hertil kan anvendes stenklædte Jorddæmninger, der føres fra Bredderne ud i Vandløbet, enten parallelt med dettes Retning (Parallelværker) eller vinkelret derpaa, paa lignende Maade som Høfder fra en aaben Kyst (Indbygninger). Anlæg af denne Art skal dog ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

18. Landvandskanaler (eller kortere, Landkanaler) tjener til at beskytte et lavt liggende Areal, specielt et udtørret Søomraade, mod Tilstrømning af Vand fra tilgrænsende, højere Jorder. De følger sædvanlig Konturen af det oprindelig vandlidende Areal og optager dels Overfladevand dels Tilløb fra Grøfter og Vandløb, som de overskærer. De munder ud i en Recipient paa lignende Maade som almindelige Afvandingskanaler.

En Landvandskanals Betydning for et Afvandingsanlæg ligger i, at den aflaster Afvandingskanalerne i det Afvandingsomraade, som den omslutter, ved at afskære en større eller mindre Del af dettes

Opland. Mest effektiv er naturligvis en Landkanal, der omslutter det paagældende Afvandingsområde helt og beskytter det mod fremmede Tilløb fra alle Sider; men i mange Tilfælde kan Terrænforholdene være saaledes, at Tilløb fortrinsvis kommer fra en enkelt Side, hvor det tilgrænsende Opland er stort, og hvor Vandløb og større Grøfter søger ned imod Lavningen, og i saa Fald kan det være økonomisk fordelagtigt at indskrænke sig til at beskytte Afvandingsområdet paa denne Side og lade andre, mindre udsatte Dele af Konturen aabne. Dette maa i hvert enkelt Tilfælde undersøges ved Overslagsberegninger, hvis Resultat dog i høj Grad kommer til at afhænge af den Maade, hvorpaa Afvandingen af det omsluttede Areal fremtidig tænkes ordnet. Jo kostbarere denne Afvanding er i Anlæg, og jo større Driftsudgifter den betinger til Vandløftning og andet, desto større Kapital vil det være forsvarligt at binde i Landkanaler for at reducere Vandføringen i Afvandingskanalen og omvendt. Ved kunstige Afvandingsanlæg, hvor Vandet skal pumpes op i Recipienten, er Landkanaler i Overensstemmelse med det sagte sædvanlig af afgørende Betydning for Økonomien.

Dimensioneringen af en Landvandskanal foregaar paa samme Maade som beskrevet i Punkt 16 for Afvandingskanaler. Hvilket Fald, man vil anvende for Kanalen, beror til Dels paa et Skøn. Jo mindre Fald man vælger, desto tættere vil Kanalen kunne omslutte Afvandingsområdet, og desto mere effektiv bliver Beskyttelsen, men desto større bliver samtidig det nødvendige Strømprofil for Kanalen og dermed Prisen paa dens Udførelse. I Praksis har man ofte givet smaa Kanaler et Fald paa 0,2—0,5 ‰, store Kanaler 0,1—0,2 ‰ eller endnu mindre. I Tvivlstilfælde kan det blive nødvendigt at udarbejde flere alternative Forslag med Prisoverslag.

En Ejendommelighed ved Dimensioneringen af Landvandskanaler er, at man maa beregne dem for en maksimal Vandføring, som svarer til den fulde, største iagttagne Afstrømning i den paagældende Egn, sædvanlig mindst 1 à 2 l/s pr. ha af deres Opland. Gør man ikke det, vil man for det første kunne risikere, at Vandspejlet i Kanalen under svære Tøbrud stiger over Bredderne, saa at Vandet skyller ind over Afvandingsområdet nedenfor paa uforudseelige Steder og anretter Skade af forskellig Art, bl. a. paa Kanaldæmningerne, og dernæst vil man kunne paadrage sig Erstatningsansvar, fordi man forringer Værdien af de Arealer umiddelbart ovenfor Landkanalen, der, førend denne blev anlagt, havde uhindret Afløb. Hvor Dimensionering for en saa stor Afstrømning efter Omstændighederne vil medføre uoverkommelige Udgifter, kan man undertiden stipulere en mindre Maksimalafstrømning, idet man da sikrer sig mod de anførte Kalamiteter ved paa passende Steder i Landkanalens Sider at indbygge Overfald eller Frisluser, der kan træde i Funktion som Nødhjælp ved usædvanlig stærk Vandtilstrømning og aflede den Vandmængde, som Landkanalen ikke formaar at optage, til Grøfter eller Kanaler paa Afvandingsområdet nedenfor. Men det ligger i Sagens Natur, at det ikke finder Sted, uden at disse Afvandingskanaler, hvis Fald som Regel kun er svagt, overfyldes til Skade for en stor Del af det afvandede Areal. Ved kunstige Afvandingsanlæg skal det overstrømmende Vand tilmed pumpes op.

Kanalens Beliggenhed i Terrænet er i Hovedsagen paa Forhaand givet. Man bør altid stræbe at faa den lagt saaledes, at alle Arealer ovenfor kan afvandes tilstrækkelig dybt til dens normale Vandspejl, et Hensyn, som ofte er blevet tilsidesat. Hvor det er muligt, sørger man for at vælge Kanallinien saaledes, at Kanalanlæget kan tilvejebringes dels ved Afgravning dels ved Paafyldning, bedst saaledes at Udligning opnaas. Den ved Afgravningen vundne Fyldmasse lægges i saa Fald, hvis den iøvrigt er af dertil egnet Beskaffenhed, op som et Dige, der begrænser Kanalanlæget indadtil (Fig. 21). Diget profileres og udføres paa samme Maade som et Aadige (Punkt 23); det bør opføres paa god fast Bund og maa føres ned igennem eventuelle bløde Lag af Tørv eller Dynd; i modsat Fald risikerer man, at det skrider under Vandpresset.

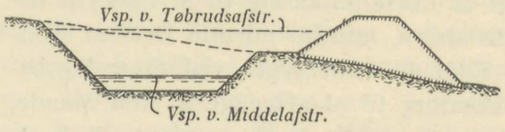


Fig. 21.

Hvis en Landvandskanal munder ud i en Recipient med stærkt skiftende Vandstand, kan det blive nødvendigt at sikre sig mod Højvandes Indtrængen i Kanalen ved Hjælp af et Sluseanlæg med Stemmeporte eller Højvandsklapper, paa samme Maade som det er beskrevet (Punkt 24—25) for almindelige Afvandingskanaler.

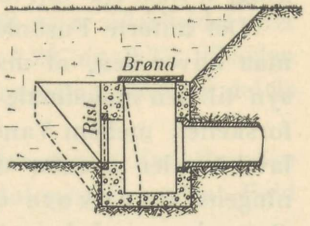
19. Lukkede Afvandingsledninger kommer til Anvendelse ved Gennemskæring af Højderygge i et Terræn, hvor Anlæg af aabne Jordledninger (Afvandingskanaler eller regulerede Vandløb) vilde medføre uforholdsmæssig store Udgifter til Jordarbejde og Erhvervelse af Areal, eller hvor det paa Grund af særlige Naturforhold, f. Eks. Flydesand, Flydeler eller Sandflugt i en Klitstrækning, skønnes at ville blive uforholdsmæssig besværligt og kostbart at vedligeholde en aaben Ledning i fornøden Dybde. Endelig kan Hensynet til en eksisterende eller planlagt Bebyggelse gøre det ønskeligt at overdække et Vandløb paa en længere eller kortere Strækning.

Lukkede Afvandingsledninger udføres ved Arbejder af den Størrelse, som forekommer her i Landet, sædvanlig som Rørledninger af glasserede eller betonstøbte Mufferør, der nedlægges i en Rendegravning og samles med Hamp, Ler og Cementmørtel. Sjældnere bruges Betonrør med plan Fod og Falsforbindelser, der sikres ved Saddelstykker eller lægges paa et gennemgaaende Fundament af mager Beton, eller store Afvandingsledninger, der støbes paa Stedet af Beton med eller uden Jernarmering*) mellem passende Forskallinger af Træ eller Jernblik.

Hvad disse Arbejders Udførelse og de almindeligt benyttede Rørdimensioner angaar, henvises til, hvad der er meddelt herom under Vejbygning og Kloakering. Ved Afløb fra Mosearealer bør glasserede Rør foretrækkes for Betonrør, da Betonen kan angribes af Humussyre, og det samme gælder ved Afløb, der kommer fra svovljernholdige Jordlag, da der heri under visse Forhold kan dannes fri Svolvsyre.

*) Becker & Feilberg: Simple Konstruktioner af armeret Beton. København 1913.

Hvor man vil begynde, og hvor langt man vil gaa med en lukket Ledning, maa til Dels bero paa et Skøn. I mange Tilfælde er det et rent økonomisk Spørgsmaal, saaledes at det blot gælder om at afgøre, hvad der er dyrest pr. løbende Meter, enten den aabne Ledning under passende Hensyn til Udgifter ved Arealerhvervelse og Vedligeholdelse af Jordskraaninger eller den lukkede Ledning.



Lukkede Ledninger afsluttes for begge Ender ved Frontmure, bedst med Vinkelfløje, der kan lede Vandet hen imod Indløbsaabningen og hindre Hvirveldannelser ved Udløbet. Undertiden udstyrer man Frontmuren ved Indløbet med en Rist og et Slamfang, der kan tilbageholde grove Urenheder (Fig. 22). Frontmure, der vender ud imod Havet, støbes undertiden af Beton med Tilsætning af Trass*) (Cement-Trass Beton), f. Eks. i Blandingsforholdet 1 Cement + ½ Trass + 3 Sand + 5¼ Skærver eller Singels, hvorved opnaas, at Betonen bliver tættere og mere modstandsdygtig mod Havvandets Angreb.

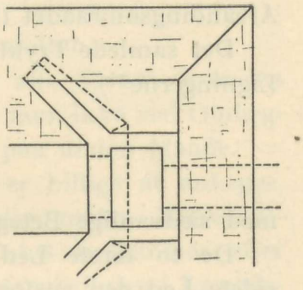


Fig. 22.

Lange Ledninger maa af Hensyn til Renholdelse og Eftersyn være tilgængelige gennem Nedgangsbrønde, der passende kan anlægges i alle Knækpunkter af Ledningen og desuden paa lige Strækninger med højst 100 m indbyrdes Afstand. De udføres sædvanlig af Betonringe eller Monierringe af 1 à 1,25 m Diameter, paa samme Maade som beskrevet i Vejbygningen for Kloakbrønde, og afsluttes med et Dæksel af Støbejærn eller Træ. Hvis den lukkede Ledning munder ud direkte i Havet eller en i Sø under Forhold, hvor det maa skønnes vanskeligt at holde et Udløb i Kystlinien aabent, udføres den sidste Del af Ledningen bedst som en til Dels frit liggende Plankekasse (Plan 5), der bæres af Træpæle og afsluttes et Stykke ude i Havet, sædvanlig saa langt ude, at Bunden i Kassen, naar den lægges i Højde med almindeligt forekommende Lavvande, rigeligt er fri af Havbunden (Fig. 23). Hvor der kan blive Tale om Isgang, maa den frit liggende Del af Ledningen beskyttes med solide Skraapæle, der kan bryde Isen, eller ved en Stenkastning. Tilslutningen til den øvrige Del af Rørledningen sker i en Nedgangsbrønd paa Strandkanten ovenfor Højvande.

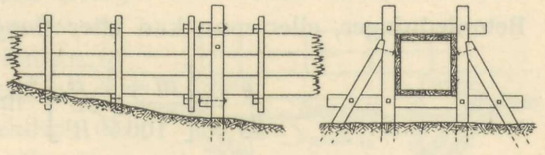


Fig. 23.

Lukkede Afvandingsledninger dimensioneres efter ganske samme Principper som Afvandingskanaler (Punkt 16); men den Omstændighed, at Strømprofilet ikke som ved disse bestandig vokser under stigende Vandføring, men bliver konstant fra det Øjeblik, hvor Ledningen er helt fyldt, gør det vanskeligere at imøde-

*) Trass er en porøs Stenart af vulkansk Oprindelse, som brydes i Tyskland og males til Pulver for at anvendes som hydraulisk Tilslag. Se E. Suenson: Byggematerialer. København 1911. § 1223.

komme Kravet om hurtig Afvanding under Tøbrud og vedvarende stærke Regnfald, og det medfører sædvanlig, at man, for ikke at faa uoverkommelige Rørdimensioner, maa nøjes med at stipulere en forholdsvis lille maksimal Afstrømning, f. Eks. 0,4—0,7 l/s pr. ha af Ledningens Opland.

Det anførte Forhold præger ogsaa Gangen i Dimensioneringen, der i Reglen maa bliver den, at man [1]) bestemmer Tværsnitsdimensionen under Hensyn til den maksimale Afstrømning, saaledes at Tryktabet paa Ledningen (Højdeforskellen mellem Vandspejlene ved Indløb og Udløb) ikke bliver saa stort, at lave Arealer ovenfor denne sættes under Vand, og dernæst [2]) bestemmer Ledningens Bundkote og Fald med Henblik paa Forholdene under Middelafstrømning, saaledes at man faar en passende dyb Vandstand i Kanalerne paa Afvandingsomraadet (Plan 1)*).

Det samlede Tryktab H paa Ledningen for en given Vandføring bestemmes af Ligningerne**)

$$H = \frac{v^2 - c^2}{2g} + \zeta \frac{v^2}{2g} + \frac{\varrho}{2g} \cdot \frac{v^2 l}{R} \quad \text{og} \tag{18}$$

$$Q = F v \tag{19}$$

med sædvanlige Betegnelser.

De to første Led i (18) repræsenterer tilsammen Tryktabet ved Indløbet, sidste Led den ensformig fordelte Friktionsmodstand i Ledningen. Vandets Begyndelseshastighed c foran Indløbet kan sædvanlig uden større Fejl sættes lig Nul. Modstandskoefficienten ζ afhænger noget af, om man leder Vandet henimod Indløbsaabningen ved Hjælp af Vinkelfløje eller ikke; derefter kan man passende sætte $\zeta = 0{,}5—1{,}0$. Koefficienten ϱ kan efter *Coldings* Forslag sættes $= m(1 + \frac{0{,}3}{v})$, hvori $m = 0{,}0032—0{,}0045$ henholdsvis for glasserede Ledninger og Betonledninger, eller man kan efter *Ganguillet & Kutters* Forslag sætte

$$\frac{\varrho}{2g} = \left[\frac{m + \sqrt{R}}{100\sqrt{R}}\right]^2 \text{ med } m = 0{,}15 - 0{,}30. \tag{20}$$

Er Ledningen helt fyldt (Trykledning), og det vil næsten altid være Tilfælde ved maksimal Afstrømning, har man for et cirkulært Profil med Diameter d

$$R = \frac{d}{4} \text{ og } F = \frac{\pi d^2}{4}, \tag{21}$$

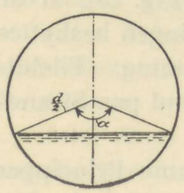


Fig. 24.

og Tryktabet kan anskueliggøres ved den hydrauliske Tryklinie. Er Ledningen kun delvis fyldt, har man for samme Profil

$$R = \frac{d}{4}\left(1 - \frac{\sin\alpha}{\alpha^\smile}\right) \text{ og } F = \frac{d^2}{8}(\alpha^\smile - \sin\alpha), \tag{22}$$

naar α er den Centrivinkel, der spænder over det frie Vandspejl (Fig. 24)**).

*) At nedlægge Ledningen med et Fald, som svarer til Tryktabet ved maksimal Afstrømning, vil sædvanlig være aldeles forfejlet.

**) Teknisk Mekanik. Punkt 82 og flg.

Fremgangsmaaden ved Dimensioneringen er gerne forsøgsvis, saaledes at man paa Skøn vælger Tværprofil, Bundkote og Fald og dernæst verificerer dem ved den foran beskrevne Undersøgelse. Til Lettelse ved Beregningernes Udførelse kan man benytte sig af de grafiske Fremstillinger paa Plan 2 og 6. Tavlerne paa Plan 2 gælder fuldtløbende Ledninger med cirkulært Profil og er udarbejdet efter *Ganguillet* og *Kutters* Formel (20) henholdsvis for $m = 0{,}20$ og 0,27. Tavlen paa Plan 6 angiver Forholdstal for Vandhastighed og Vandføring i helt og delvis fyldte Ledninger i Henhold til samme Formel.

Indløbet til cirkulære Ledninger lægges sædvanlig lidt lavere end Kanalbunden (ofte $^1/_{10}$—$^1/_5$ af Rørdiameteren), da Strømprofilet i Ledningen i modsat Fald bliver meget ufordelagtigt ved ringe Vandføring.

20. Bygværker i Afvandingskanaler og regulerede Vandløb.

1) Rørgennemløb*) eller Vejbroer maa anlægges alle Steder, hvor en Kanal overskærer offentlige eller private Veje, for saa vidt man ikke ved Omlægning af disse kan opnaa tilfredsstillende Færdselsforhold paa anden Maade.

Rørgennemløb anvendes kun i smaa Kanaler. De er billige at anlægge, men giver let Anledning til for stor Opstuvning, særlig under Maksimalafstrømning. Hvor Rørgennemløb anvendes, maa Tryktabet bestemmes efter Ligning (18) og tages i Betragtning ved Indtegning af Vandspejlslinien i Længdeprofilet. Iøvrigt henvises til, hvad der er meddelt i Punkt 19.

Vejbroer bør anlægges saaledes, at de ikke bliver nogen Hindring for tilstrækkelig dyb og hurtig Afvanding af ovenfor liggende Arealer. Bundlaget i Broen maa derfor ligge saa dybt, at selv de dybest liggende Arealer, der skal kunne afvandes ved fri Afstrømning gennem denne, kan faa Afvanding i en for Kultivering passende Dybde (Punkt 12), under Hensyn til en eventuel Sammensynkning, hvor det drejer sig om Humusarealer, og saa vidt muligt ogsaa med passende Hensyn til fremtidige Kulturarbejder, hvorved Afvandingsforholdene kan tænkes at ville blive ændret, da en uforudset Omlægning af Broens Bundlag kan være en kostbar og besværlig Sag.

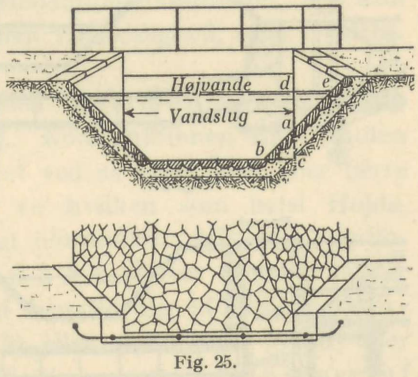


Fig. 25.

Afstanden mellem Broens bærende Piller (Vandsluget) maa være saa stor, at det for Gennemstrømningen frie Areal selv under Maksimalafstrømning ikke er væsentlig mindre end Strømprofilet i Kanalen. Forholdet kan f. Eks. ordnes som vist paa Fig. 25, hvor Trekant *ade* omtrent svarer til Trekant *abc*. En jævn Overgang fra det trapezoidale Strømprofil i Kanalen til det rektangulære under Broen opnaas ved Hjælp af Vinkelfløjmure.

Hvis man har rigeligt Fald paa Vandspejlet, saaledes at en mindre Opstuvning kan taales uden Gene, kan man rykke Bropillerne noget tættere sammen og derved opnaa en billigere Brokonstruktion. Dog maa man have i Erindring,

*) Vejbygning og Kloakering, Punkt 28—32.

at den dermed forbundne Forøgelse af Strømhastigheden under Broen kan medføre særlige Udgifter til Sikring af Bunden mod Udskæring (smlgn. Punkt 16) ved Anlæg af Stenglacis, Stenbrolægning, Spunsvægge foran Bropillerne etc. Tryktabet bliver i dette Tilfælde at beregne efter Ligning (18), hvori sidste Led dog sædvanlig kan bortkastes, da Længden *l* er forholdsvis lille.

Ved Vandløbsregulering møder man jævnlig den Vanskelighed, at Bundlaget i en eksisterende Bro ligger for højt og skal sænkes, for at Reguleringen kan komme i Stand. Dersom man ved Brokonstruktionens Udførelse har forudset denne Mulighed og derfor funderet Bropillerne tilstrækkelig dybt, er Vanskeligheden uvæsentlig og bestaar blot i, at Bundlaget skal brydes op og lægges paany i større Dybde. Men i modsat Fald kan det blive nødvendigt at ombygge Broen fra Grunden. For at undgaa den dermed forbundne store Udgift har man i Praksis undertiden klaret sig med en Nødhjælp (Fig. 26), som gaar ud paa, at man sikrer Broens gamle Piller saa godt som muligt ved Ramning af Spunsvægge og dernæst støber et nyt Bundløb af Beton i passende Dybde imellem disse. I andre Tilfælde har man undermineret Pillerne paa korte Stykker ad Gangen og efterhaanden støbt Beton ind under dem (Underfangning).

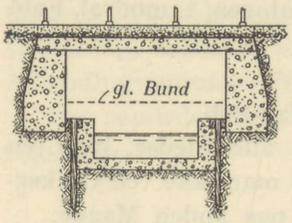


Fig. 26.

Brokonstruktioners Beregning og Udførelse skal ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

2) Kanalbroer eller dykkede Gennemløb kommer til Udførelse, hvor en Afvandingskanal skærer en Vandingskanal, en Landvandskanal eller et Vandløb, hvis Vandføring den ikke maa optage. Skæringer af sidstnævnte Art forekommer bl. a. ofte, hvor en Afvandingskanal anlægges i Nærheden af et Vandløb, hvis Vandspejl ikke kan sænkes paa Grund af hævdvundne Rettigheder til Opstemning for Mølledrift, Vanding eller andet Formaal (se f. Eks. Afvandingen af Kastbjerg Enge, Plan 3).

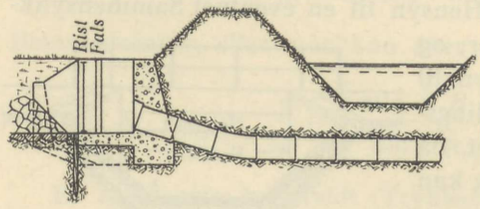


Fig. 27.

Hvis Højdeforskellen mellem de to krydsende Vandspejl er stor nok dertil, kan Skæringen etableres ved Hjælp af en Kanalbro eller Aquadukt (se Punkt 48), hvis Bundkote og Vandslug da bestemmes som beskrevet for Vejbroer, og hvis der kun er Tale om en lille Afvandingskanal, kan man i dette Tilfælde ogsaa anvende et almindeligt Rørgennemløb.

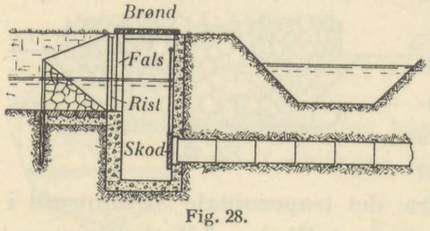


Fig. 28.

Men ligger de krydsende Vandspejl kun i lidt forskellig Højde, er man henvist til at benytte dykkede Gennemløb. Disse kan udføres paa to principielt forskellige Maader. Enten lægger man Indløb og Udløb i sædvanlig Højde i Forhold til Kanalbunden og fører Rørledningen i en Bue under Bunden af det krydsende Vandløb (Fig. 27), eller man opfører paa begge Sider af dette to Brønde af passende Dybde og forbinder dem med en retliniet

Rørledning (Fig. 28). Den første Konstruktion vil sædvanlig være den billigste, men den sidste giver formentlig større Sikkerhed mod Tilstopning. I begge Tilfælde bør Frontmurene baade ved Indløb og Udløb være forsynet med False for Stemmebjælker, saa at Rørledningen kan afspærres fra Kanalen og tømmes i Tilfælde af Reparation og Rensning. Ved Indløbet kan man anbringe en Rist, der tilbageholder grove Urenheder. Undertiden har man yderligere anbragt et Stigbordslukke foran Indløbet for at kunne stemme Vandet op i Kanalen med Skylning af Dykkerledningen for Øje.

3) Stemmeværker anlægges meget ofte baade i Afvandingskanaler og regulerede Vandløb, for at man ved Hjælp af dem i tørre Perioder i Sommertiden kan hæve Grundvandspejlet paa Afvandingsomraadet til den for Plantevæksten mest formaalstjenlige Højde (se Punkt 12). Ved mindre Afvandingsanlæg i fladt Terræn kan et enkelt Stemmeværk i Kanalens nedre Løb mulig gøre Fyldest. I lange Kanaler eller regulerede Vandløb maa man, særlig hvis Faldet paa Vandspejlet er stærkt, indrette flere Stemmeværker etagevis ovenfor hinanden og bør da indtegne Stuvningskurven*) for hvert enkelt af dem i Længdeprofilet for at faa et Skøn over, hvor langt Virkningen af de respektive Opstemninger vil naa.

Billigst vil det sædvanlig være at indrette de fornødne Stemmeværker i Forbindelse med paakrævede Brokonstruktioner, saaledes at Bropillerne tillige tjener som Støtte for Lukkeindretninger, men det er naturligvis ikke givet, at denne Kombination altid er mulig og praktisk.

Enkeltheder ved Stemmeværkers Konstruktion er omtalt i fjerde Kapitel (Punkt 46). Her skal blot anføres, at Stemmeværker, der kommer til Udførelse i Afvandingskanaler eller regulerede Vandløb, bør være af en saadan Beskaffenhed, at de ikke udenfor Opstemningsperioden lægger Afvandingen væsentlig Hindring i Vejen. De maa derfor ikke indsnævre Strømprofilet, selv ved maksimal Afstrømning, og eventuelle Mellemunderstøtninger, der kun tjener Lukkeindretningerne, bør kunne fjernes uden Vanskelighed, naar Opstemningsperioden er forbi.

I smaa Kanaler eller Vandløb er Betonfløje med Stemmebjælker af Træ den mest almindeligt anvendte Lukkeindretning. Konstruktionen har foruden sin Simpelhed den praktiske Fordel, at man let ved at sætte flere eller færre Stemmebjælker kan tilvejebringe Opstemning i en hvilken som helst Højde, og at denne Opstemning derefter holder sig ret uforandret, selv om Vandføringen varierer en Del. Ved Spændvidder over 3 à 4 m bliver Stemmebjælker imidlertid uhaandterlige. Man kan i saa Fald benytte sig af Naaledæmninger (se Stemmeværket i Ringsted Aa, Plan 5) eller af Stigbord (Skod) eller Stemmeplanker, der hviler i borttagelige Mellemunderstøtninger af Profiljern (se Stemmeværket i Jydebækken, Plan 5), en Konstruktion, som iøvrigt har meget fælles med begge de førstnævnte.

4) Lavvandssluser. Hvor Afvandingen sker til Havet eller en anden Recipient med stærkt skiftende Vandstand, kan det være formaalstjenligt at holde Højvande ude fra Afvandingsomraadet ved Hjælp af Sluser med automatiske Lukke-

*) Teknisk Mekanik. Punkt 90. Eks. 3.

indretninger (Stemmeporte eller Højvandsklapper). Sluser af denne Art er ganske nødvendige, hvor Talen er om Afvanding af lavtliggende, inddigede Arealer og skal omtales nærmere nedenfor (Punkt 25) i den Forbindelse.

21. Afvanding til Undergrunden. Denne Afvandingsmaade, til hvis heldige Gennemførelse der kræves ganske særlige Jordbundsforhold, hører her i Landet til Sjældenhederne og er kun anvendt ved smaa lokale Anlæg.

I Egnen omkring Hedehusene har man saaledes benyttet gamle Drikkevandsbrønde, som er løbet tørre som Følge af større, systematiske Vandvindingsanlæg, til Recipienter for Drænledninger. Endvidere kan anføres, at en Mose ved Kattrup i Nordvestsjælland er blevet afvandet ved Hjælp af et Borehul, der er ført gennem selve Mosens Bund ned til et dybtliggende, vandførende Lag.

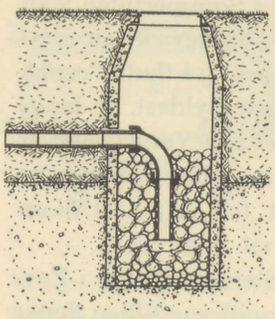


Fig. 29.

Anlæg af denne Art lykkes naturligvis bedst, hvor det kun gælder om at bortlede en ringe Vandmængde. Ved større Anlæg kræves indgaaende Undersøgelse af den paagældende Recipients Vandføringsevne og Stighøjde paa forskellige Tider af Aaret, inden Arbejdet paabegyndes*).

Selve den lodrette Afvandingskanal kan udføres som en stenfyldt Brønd uden Bund (Fig. 29), eller man kan benytte Borehuller, der er beskyttet med gennemhullede Jernrør, omgivet med groft Grus.

b. Beskyttelse af lavtliggende Arealer ved Diger og Dæmninger.

22. Havdiger opføres til Beskyttelse af lave Kyststrækninger mod Stormfloder. De betydeligste Havdiger i Danmark ligger i Marsken paa Sønderjyllands Vestkyst; specielt nævnes Digeanlægget for Marsken ved Ribe**) fra Vester Vedsted til Store Darum, der blev udført i Aarene 1911—14 paa Grundlag af Lov af 30. April 1909. Andre meget betydelige Digeanlæg findes paa Lolland og Falsters vestlige, sydlige og østlige Kyster†); de blev opført til Værn for disse Kyster efter Stormfloden den 13. November 1872 i Henhold til Lov af 23. Maj 1873. Blandt vore mindre Havdiger og Fjorddiger kan nævnes Digerne paa Kattegatskysten syd for Mariager Fjor (1907) til Beskyttelse af Sødringholm og Overgaards Enge††), Digerne ved Randers Fjord§) (1919), samt Diget ved Lindersvold i Nærheden af Præstø (1919).

---

*) Værdifulde Oplysninger herom kan i mange Tilfælde faas fra »Danmarks geologiske Undersøgelse«.

**) »Ingeniøren« 1912 Nr. 48. Kr. Thomsen: Digeanlægget for Marsken ved Ribe.

†) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1877—78. P. Hansen: Lolland Falsters offentlige Digeanlæg.

††) »Ingeniøren« 1907 Nr. 44. Kr. Thomsen: Digeanlægget for Engdraget mellem Sødringholm og Overgaard.

§) Hedeselskabets Tidsskrift 1918 Nr. 1. Kr. Thomsen: Randers Fjordenge.

Om Digers Planlægning og Udførelse bemærkes følgende:

1) **Materialet**. Diger opføres sædvanlig af Jord nu og da med Beklædning af Sten. De forskellige Slags Jord egner sig dog i meget forskellig Grad til denne Anvendelse.

Ler er for saa vidt fortrinligt, som det har stor Kohæsion og er den mest vandtætte af alle Jordarter, men det rene Ler har den Mangel, at det ved Tørring svinder ind og faar Revner, ligesom det under Opførelsen lejrer sig i Klumper, der let efterlader hule Rum.

Rent Sand, der ogsaa undertiden anvendes, naar man ikke kan faa andet (paa Jyllands Vestkyst og paa Falster), har ingen Kohæsion og er ikke tæt. Hvor det anvendes, maa man derfor have meget store Tykkelser.

Det bedste Materiale, der kan faas, er Blandinger af Ler og Sand, især naar Blandingen er saaledes, at den har mere af Lerets Egenskaber end af Sandets. Blandinger af den Art har man f. Eks. i den middelfine Marskjord (Klæg), der bestaar af Ler med lidt Kvartssand; den er bedre end det rene Ler, fordi den lejrer sig bedre og mindre let faar Revner. Der kan dog forekomme Blandinger med mere Sand end ønskeligt.

Muldjord (Agerjord) staar meget tilbage for den middelfine Marsk, men er bedre end Sand. Den giver ligesom Leret Betingelser for en god Græsvækst, men indeholder Orme og Insekter, hvormed følger Muldvarpe, hvis Gange er meget farlige for Tætheden og i mange Tilfælde menes at have været Aarsag til Digebrud.

Tørvejord, der hyppig findes aflejret som et Lag under den ældre Marsk, har for ringe Vægtfylde, og maa betragtes som slet skikket. For de to sidst nævnte Materialer maa man desuden paaregne en meget betydelig Sammensynkning.

Hvilket Materiale, der end anvendes, maa det være frit for indblandede fremmede Stoffer saasom Græstørv, Rødder, Grene, Spaaner, Træstykker o. l., idet saadanne ødelægger den indre Sammenhæng og gør Diget utæt. En forglemt Trilleplanke el. l. i et Dige er lige saa farligt som et hult Rum, idet Vandet let løber langs Siderne af den.

2) **Digets Beliggenhed**. Digers Beliggenhed retter sig efter Forholdene. I Marskegne lægges de gerne et Stykke fra Kysten (ofte 60—120 m derfra), og den største Afstand vælges paa Steder, hvor Diget ligger mest udsat og vender imod den fremherskende Vind, og hvor Bølgeslaget er størst. En saadan Ordning er hensigtsmæssig, fordi Bølgerne svækkes i høj Grad ved at passere et »Forland«, og undertiden tillige fordi Forlandet skal afgive Materiale til Digets Opførelse. Paa de flade Arealer indenfor Diget kan Fylden ikke altid tages med Fordel, og udenfor Diget gør de fremkomne »Pytter« saa meget mindre Skade, som de efterhaanden igen vil slikkes til af Havet.

I Egne af Landet, hvor der ikke er Marskdannelse, ser man hyppig, at Forland udelades, saaledes paa Lolland og Falster, men Digerne maa da bygges stærkere, ligesom Forstranden ofte maa beskyttes særlig.

Hvor Kysten langs det Areal, som skal inddiges, danner en Bugt med ikke for stor Vanddybde, vil det ofte være økonomisk fordelagtigt at føre Diget den korteste Vej tværs over Bugten i Stedet for at lade det følge Kystlinien i en Bue. Men det kræver naturligvis en Forstærkning af Diget, sædvanlig en Sten-

beklædning, paa den meget udsatte Strækning, hvor det føres ud paa aabent Vand.

Digelinien bør være ret eller sammensat af retliniede Stykker med indskudte Cirkelbuer til Afrunding af Knækkene. Skarpe Knæk maa ikke findes. Endvidere bør man saa vidt muligt undgaa indadgaaende Vinkler, særlig hvor saadanne aabner sig i de stærkeste Vindes Retning, eller hvor der er smalt Forland eller kort sagt paa særlig udsatte Steder.

3) **Profileringen**. Digets Tværprofil retter sig efter den Sikkerhed, der ønskes, Beskaffenheden af den Fyld, der staar til Raadighed, og særlige Naturforhold paa det Sted, hvor Anlægget skal udføres.

Højden, hvorved man altid forstaar Højden, efter at Sætning og Synkning har fundet Sted, er bestemt ved den maksimale Højde af den Vandstand, der skal holdes ude. Ved Digeanlæg i Marskegnene ved Slesvigs Vestkyst gaar man sædvanlig ud fra, at Stormfloder som de, der indtraf Julenat 1717, den 8. Oktober 1756, den 3.—4. Februar 1825 og den 5.—6. November 1911, er de højeste, der kan ventes. De naaede 4 à 4,3 m over ordinær Flod. Dertil kommer et Tillæg paa 1—1,5 m for Bølgeslag, forskelligt efter Digets Beliggenhed og Retning, saaledes at man almindeligt anvender Profiler med 5,3—5,6—6 m Højde over ordinær Flod. Undtagelsesvis kan man nøjes med mindre, f. Eks. paa Landsiden af Øerne, hvor Diget ikke er saa udsat. Der kan man se anvendt Profiler med 4,6—5,0—5,3 m Højde.

Ribediget har en Kronekote paa 6,0 m over daglig Vande, det er 5,3 m over ordinær Flod og godt 1 m over Floderne af 1825 og 1911. I Ribe Domkirke findes et Mærke, der angiver Højden for Floden af 1634 til Kote 6,0 m eller netop Havdigets Højde, men Mærket antages at være noget for højt.

For Lollands Vedkommende har man gjort Digehøjden 0,5—1 m større end Stormflodshøjden i 1872, hvorved man kommer til Kronekoter paa 3—3,8 m over daglig Vande; paa Falster, hvor Floden var væsentlig højere, er Tillægget mindre, næppe mere end 0,3 m, idet den normale Digehøjde er 3,8 m. Til Gengæld er den øvre Del af Diget her gjort stærkere end paa Lolland.

Kronebredden maa være saa stor, at Diget faar tilstrækkelig Stabilitet og Tæthed. Den afhænger som Følge heraf i væsentlig Grad af Materialet. Ved Diger af Ler eller det i Marsken almindelige »Klæg«, anvender man gerne 2—2,5 m, med mindre Digekronen skal benyttes som Vej, hvad hyppig er Tilfælde og iøvrigt meget heldigt for Digets Tæthed. I saa Fald maa Kronen selvfølgelig gøres saa bred, som Vejfærdslen kræver (4—5 m), og afvandes enten ved Oprunding eller ensidigt Fald sædvanlig udefra indad.

Skal Diget opføres af Sand, er en meget stor Kronebredde nødvendig (6 à 9 m).

Digeskraaningerne gives Anlæg efter Materialet, Beklædningens Beskaffenhed og Bølgeslagets Styrke. Paa almindelige græsklædte Lerdiger gøres den indvendige Skraaning sædvanlig plan med Anlæg 1,5—2. Den ydre gøres derimod sjældent plan, idet en konkav Flade har vist sig mere modstandsdygtig imod Bølgernes Virkning, samtidig med at den er økonomisk med Hensyn til Materialmængden.

I Marsken anvender man sædvanlig et Profil som hosstaaende (Fig. 30), hvis ydre Skraaning bestaar af rette Liniestykker med voksende Anlæg, fra ca. 3 til 12 ud mod Havet. De omtalte Stykker kan i forskellige Digeprofiler have meget forskellig Udstrækning og forskelligt Anlæg. Stadig gentager sig dog den flade Skraaning *AB*, den saakaldte ydre Digebærme, der med et Anlæg af 8—12 over en Bredde af 15—20 m danner en Overgang mellem Dige og Forland. Punkt *B* kaldes Digeknækket.

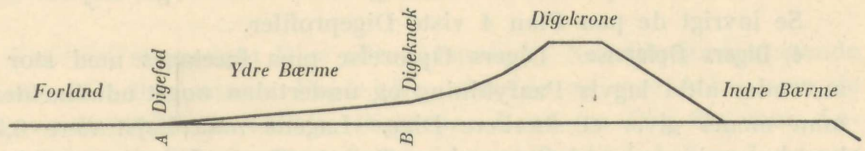


Fig. 30. Typisk Digeprofil i Marskegne ved Vesterhavet.

Indenfor Diget danner en Strimmel Jord af ca. 8 m Bredde (den indre Digebærme), der betragtes som hørende til dette, en Overgang imellem Diget og det inddigede Areal (»Kogen«). Der maa paa denne Strimmel ikke skæres Græstørv eller tages Jord, derimod maa den gerne befæstes som Vej, hvad der beskytter fuldt saa vel som Græstørvbeklædning.

Benyttes Stenbeklædning forandres Profilet ganske, idet man da kan anvende stejlere udvendig Skraaning, ofte en plan Skraaning med Anlæg 1,5—2.

Udenfor Marskegnene træffer man andre Tværprofiler. Paa Lolland og Falster har man saaledes anvendt meget forskellige Profilformer, dels under Hensyn til Digernes forskellige Beliggenhed (imod Fjord eller imod aaben Sø), Forlandets Beskaffenhed og den til Raadighed staaende Fyldmasse, dels under Hensyn til den iagttagne Flodhøjde, der var meget forskellig, idet den paa Kyststrækningen fra Nakskov til Lollands Sydspids naaede fra 2,0—3,3 m over daglig Vande og paa Sydfalster endog enkelte Steder 3,7 m.

I Nakskov Fjord, hvor der er Læ for Højvandsvinden (Ø.), og hvor Diget har en god Beliggenhed paa fast Strand med et 5—6 m bredt Forland, er Kronebredden 1,3 m (Materialet er overalt fast Ler), Kronekoten 2,8 m og Anlægene 1,5 paa indvendig og 3 paa udvendig Side (enkelte Steder, hvor Forland mangler, dog 6). Fylden er taget umiddelbart bag Diget i en Fyldgrav, adskilt fra Diget ved en 1,3 m bred Banket. Indtil Stormflodshøjde (2 m) blev Digets udvendige Skraaning belagt med Græstørv, det øvrige blev dækket med 6—8 cm Muldjord og besaaet.

Imod Østersøen maatte Diget gøres baade stærkere og højere (3,5 à 3,8 m), og man kom derved til følgende Profil: 3,1 m Kronebredde, 2,5—3 m indvendig Banket og en ydre Skraaning, der indtil 2,5 m over daglig Vande har Anlæg 10 og derfra Anlæg 5, 4 og 3. Det flade Profil med Anlæg 10 indtil 2,5 m over daglig Vande blev valgt, fordi det var det Anlæg, som den store Stormflod paa de mest udsatte Punkter fremkaldte paa Havstokken. Hvor Sand og Grus maatte anvendes som Fyld, er Profilet betydelig fladere paa den over Digeknækket liggende udvendige Skraaning.

Paa Falster, hvor man for Størstedelen har været henvist til at benytte Sand, er Normalprofilet følgende: 3,1 m Kronebredde, 6 m indvendig Banket

imellem Dige og Fyldgrav, 12—22 m Forland udenfor Diget, Anlæg 12 paa udvendig og Anlæg 3 paa indvendig Side. Dette Profil er vistnok stærkere end de lollandske Profiler, men burde mulig have været noget højere.

Se iøvrigt de paa Plan 4 viste Digeprofiler.

4) **Digers Opførelse**. Digers Opførelse maa foretages med stor Omhu. Man anvender altid lagvis Paafyldning og undertiden noget udadhældende Lag, hvad man mener giver et stærkere Dige. Lagene maa højst være 0,3 m tykke og bør komprimeres ved Stampning, Kørsel eller ved, at man driver Kreaturer i Flokke hen langs Digelinien. Græstørv og Muld maa omhyggelig fjernes, førend Arbejdet paabegyndes, saa at Diget kommer til at staa paa fast Bund.

Fylden kan tages fra »Wattet«*) og Forlandet som foran beskrevet eller almindeligere fra en Fyldgrav umiddelbart indenfor Diget. Hvor Jordbunden ved Kysten ikke egner sig som Fyld til Diget, kan det blive nødvendigt at køre god Fyld til fra Bakker eller Grave i Nærheden.

Af særlig Betydning er Digernes Beklædning. En frodig Græsvækst er en ypperlig Beklædning, som er billig og holder sig selv vedlige. Da det tager for lang Tid at bringe den i Stand ved Besaaning, anvender man som Regel Belægning med Græstørv, der er skaaret og gemt hen i dette Øjemed. De lægges som omtalt i Vejbygningen under Jordarbejde i vandrette Rækker med forsatte Stød, idet man begynder fra neden og strør lidt Jord i Mellemrummene til Udfyldning af disse. I Almindelighed behøves ingen Befæstelse; kun hvis Skraaningerne er særlig stejle, eller Aarstiden maaske er saa langt fremrykket, at man ikke tør vente, at Græstørvene er fastgroede, inden næste Stormflod kommer, anvendes »Bestikning«, der bestaar i, at et Baand af Siv, Rør eller Halm ved Hjælp af en særlig Gaffel trykkes igennem Græstørvene ned i Digefylden (Fig. 31).

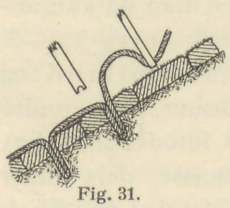


Fig. 31.

Man kan i Stedet for Beklædning med Græstørv bruge Beklædning med Halm, Siv eller Rør, — en Art Tækning (Straadiger), der ligeledes fæstnes til Undergrunden ved Bestikning. Den anvendes dog kun, hvor man ikke kan skaffe Græstørv, eller ved provisoriske Diger, der kun skal staa en kortere Tid.

Stenbeklædning (Stenglacis eller Stenkastning), som er omtalt i Vejbygningen (Punkt 12) under Jordarbejde, er selvfølgelig den bedste og varigste Beklædning, men hyppig har man ingen Sten. Paa Steder, hvor der ikke er Forland nok, mulig fordi dette i Tidens Løb er gaaet bort, saa at Diget er rykket helt ud til Wattet, skyer man imidlertid ikke nogen Bekostning, men anvender Sten, selv om de skal tilføres langvejs fra. Sædvanlig er det kun det nederste Stykke af Diget op til ordinær Flod, der belægges med Sten, medens Resten beklædes med Græstørv. Men i Nærheden af Byer ser man undertiden Diger beklædt helt med Murværk af f. Eks. brændte Sten (Holland).

Ved de lolland-falsterske Digeanlæg har man paa flere Steder ført Digelinien ud over et af Vand overflydt Terræn i det Øjemed at indvinde Arealer,

*) »Wattet« er i Marsklandene Betegnelsen for den Del af Kysten, der er under Vand ved hver Flod, og hvorpaa Marskdannelsen foregaar. Først naar Landet er naaet over almindelig Flod, og der kommer Græsvækst, kalder man det Forland.

der tidligere var dækket af Vand. Paa saadanne Steder gaar Digerne over til at blive Dæmninger (Punkt 26), om end Navnet Dige sædvanlig bibeholdes, fordi Dæmningerne danner den umiddelbare Fortsættelse af Digeanlæg paa begge Sider.

Paa Plan 4 er vist et saadant Dige eller Dæmning i Nakskovfjord, staaende paa 1/3 m Vand. Det har samme Højde, Kronebredde og øvre Anlæg som de sammesteds anvendte, tidligere omtalte Diger paa Land (se Pag. 89), men Anlægget stiger paa udvendig Side fra Stormflodshøjde nedefter til 4, 5, 6 og 7, og paa indvendig Side fra 1,5 til 3, ligesom den indre Banket er gjort væsentlig bredere end ved de paa Land staaende Diger (6 m). I Vandlinien udvendig (fra 0,3 m under til 0,6 m over daglig Vande) har man søgt at efterligne den ved Østersøen forekommende, naturlige Strandbred, idet man paa dette Stykke, der har Anlæg 7, har anbragt et Lag smaa runde Søsten af 10—15 cm Diameter og derover et 8—10 cm tykt Lag Singels og Ral, som fuldstændig lukker Aabningerne imellem Stenene. Overgangen imellem denne »Chaussé« og den tidligere omtalte Græstørvbeklædning viser sig at være Dæmningens svage Punkt, idet Højvandsbølgen er tilbøjelig til at underskylle Græstørvene. For at modvirke dette, er der ovenfor Stenlaget anbragt en dobbelt Række Randsten, af hvilke den øverste springer et Par Tommer frem over Græstørvene til Støtte og Beskyttelse for disse.

Andre Steder, hvor Vanddybden er større, f. Eks. over Kramnitze Gab ved Rødbyfjord (Vanddybde 2 m), har man benyttet en Kronebredde af 3,1 m og større Anlæg, nemlig 4 umiddelbart ved Kronen og derefter 6—8 og 10 i Vandlinien samtidig med, at der er anbragt en lignende Chaussé som ovenfor, dog af større Tykkelse (1/2 m).

Ved store Digeanlæg (f. Eks. det lollandske) anlægger man sædvanlig et eller flere »Reservediger«, der strækker sig fra Hoveddiget, tværs paa Kystlinien op til det høje Land og forløber imod dette. Reservedigerne deler det inddigede Areal i to eller flere fra hinanden adskilte Omraader, saakaldte Kasser; de træder i Funktion ved et eventuelt lokalt Digebrud og tjener da til at begrænse Oversvømmelsen til den ene Kasse, hvori Bruddet sker. Hvor et Digeanlæg stopper op, søger man paa lignende Maade Forbindelse med det høje Land ved Hjælp af »Fløjdiger«, der hindrer Højvande i at omgaa Anlægget.

Paa Steder, hvor Vogne skal kunne passere Digelinien, anlægges Ramper, enten vinkelret paa Diget eller parallelt dermed langs Skraaningerne paa begge Sider. Ramperne kan passende have en Stigning paa 1 : 15 à 1 : 20.

23. Floddiger eller **Aadiger** tjener til at beskytte lave Arealer mod Højvande i et Vandløb. De opføres undertiden i Forbindelse med Havdiger som en direkte Fortsættelse af disse op langs et Vandløbs Bredder.

Floddiger bliver ikke udsat for nævneværdigt Bølgeslag og behøver derfor ikke den brede, ydre Digebærme med svagt Anlæg, som benyttes ved Havdiger; men de skal sædvanlig kunne modstaa langvarige Højvande og muligvis samtidig Paavirkning af stærk Strøm og maa derfor i enhver Henseende udføres med samme Omhu som paakrævet for Havdiger.

Her i Landet bliver der kun Tale om Aadiger. De har meget ofte en Kronebredde paa ca. 1 m og plane Skraaninger med Anlæg henholdsvis 1,5 imod Land og 2 à 3 imod Aaen. De anbringes bedst med den udvendige Skraaningsfod i nogen Afstand, f. Eks. 1 à 2 m, fra Aabredden, dels af Hensyn til Digets Sikkerhed, dels for at opnaa et stort Strømprofil i Vandløbet ved Højvande. Af Vigtighed er, at Diget opføres paa god fast Bund, saa at der ikke siverVand neden under det. Hvis den faste Bund ligger dybt, vil man af Bekostningshensyn maaske nøjes med at føre en bred Grøft ned til fast Bund, stampe den fuld af god Digefyld og opføre Diget umiddelbart derover (Fig. 32).

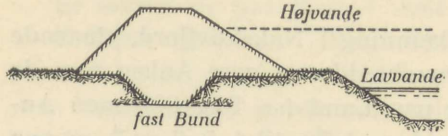


Fig. 32.

Digekronen er almindeligvis ikke vandret som paa et Havdige, men har Fald i Vandløbets Længderetning. Herved er at bemærke, at man ved Inddigning af et Vandløb næsten altid indsnævrer Strømprofilet under stor Vandføring, og det giver atter Anledning til Opstuvning af Vandspejlet, idet der forbruges mere Fald ved Vandets Bevægelse i det snævre Løb end tidligere, da Vandstrømmen kunde brede sig til begge Sider. Man kan derfor ikke nøjes med at fastsætte Digehøjden i Forhold til den højeste iagttagne Vandstand i Vandløbet før Inddigningen, men maa konstruere Stuvningskurven, svarende til det nye indsnævrede Profil, ved Anvendelse af Formlerne (13) og (14) fra Punkt til Punkt, som omtalt for Afvandingskanaler, og fastsætte Digehøjden i Forhold dertil. Den maksimale Vandføring maa stipuleres rigeligt, sædvanlig ikke mindre end 1—2 l/s pr. ha af Vandløbets Opland (Punkt 11), og Digekronens Højde over højeste Vandspejl bør mindst være 0,3 à 0,5 m.

Aadiger beskyttes sædvanlig ved Belægning med Græstørv eller med Muldjord, hvori der saas Græs. Stenbeklædning vil kun undtagelsesvis være nødvendig.

24. Afvanding af inddigede Arealer kan foregaa ved fri Afstrømning, saafremt det inddigede Areal har fornøden Højde over daglig Vande i Recipienten eller over normal Flod, hvor der er Tidevandsbevægelse. Gennem Diget føres i saa Fald en eller flere »Lavvandssluser«, som holdes aabne ved Lavvande, men lukkes under indtrædende Højvande ved Hjælp af Stigbord eller automatiske Lukkeindretninger (Punkt 25).

For Marskens Vedkommende viser Erfaring, at man kan opnaa en tilfredsstillende Afvanding ved fri Afstrømning gennem Lavvandssluser, naar det paagældende inddigede Areal ligger mindst 0,5 à 0,7 m over daglig Flod (den almindelige Marskhøjde). Men den Omstændighed, at Afstrømningen foregaar diskontinuerligt, gør det ønskeligt, at man indenfor hver Sluse har et Samlebassin, der kan tjene som Regulator for Afstrømningen ved at optage det fra Afvandingsomraadet tilstrømmende Vand under Flod, naar Slusen er lukket, og afgive det under Ebbe. Hvor en saadan Regulator mangler og ikke godt kan skaffes, nødes man til at dimensionere Afvandingskanalerne paa det inddigede Areal væsentlig rigeligere end ellers, fordi de kun kan regnes at fungere paa den Tid af Døgnet, hvor Slusen er aaben.

Grøfter og Afvandingskanaler i Marsklande har imidlertid altid forholdsvis stort Profil, navnlig stor Bredde, fordi Faldet og dermed Vandhastigheden er ringe, og i mange Tilfælde er Hovedafvandingskanalen (»den indre Slusekanal«) saa bred, at den tillige kan gøre Fyldest som Samlebassin. Saaledes tjener Fyldgraven indenfor Diget ved Ribe paa en Gang som indre Slusekanal og Samlebassin.

Udenfor hver Lavvandssluse fører en Afvandingskanal (»den ydre Slusekanal«) gennem Forlandet og Wattet ud til Havet.

Ved Digeanlæg udenfor Marsken maa Afvandingen af de inddigede Arealer planlægges under særligt Hensyn til Naturforholdene paa Stedet. Sædvanlig vil man ved fri Afstrømning gennem Lavvandssluser kunne holde Vandstanden i Kanalerne paa det inddigede Areal noget lavere end daglig Vande i Recipienten under Forudsætning af, 1) at Lavvande i denne indtræder nogenlunde hyppig, 2) at Slusevidden gøres passende stor i Forhold til Afstrømningsmængden, og 3) at Bunden i Slusen lægges passende dybt.

I Foraars- og Sommermaanederne har man f. Eks. i »Tuemosen«*) paa Langeland ved Hjælp af en Lavvandssluse kunnet holde Vandstanden henved 1' under daglig Vande i Havet, og en endnu større Dybde angives i sin Tid at være naaet ved Sluseanlæg paa Lolland ved Nakskov og Kramnitze.**) En meget gunstig Omstændighed i saa Henseende er, at der ved de danske Kyster sædvanlig er et ikke saa ringe Lavvande†) (gennemsnitlig ca. 0,1 m under dagl. V.) i Foraarsmaanederne, hvor den stærkeste Afstrømning sædvanlig finder Sted. I Marts og April forekommer jævnlig Lavvande paa 0,2—0,3 m (sjældnere 0,4 m eller derover), der kan udnyttes ved Afvandingsanlæg††); bedst vil dette na-

*) »Tidsskrift for Landøkonomi« 1900 Nr. 6. L. Jørgensen: Kulturerne ved Tranekær.

**) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1877—78, Pag. 41.

†) V. H. O. Madsen: De danske Kysters Middelvandstande. Den danske Gradmaaling. Ny Række. Hefte 13. 1914.

††) Det danske meteorologiske Institut har i de sidste ca. 30 Aar foretaget systematiske Observationer af Vandstanden i Havet ved selvregistrerende Maaleapparater paa 10 forskellige Stationer i Danmark ved Kysterne af Nordsøen, Kattegat, Store Bælt, Sundet og Østersøen. Med Institutets Tilladelse er af Maalingerne fra Stationerne i Frederikshavn og Gedser for Femaaret 1914—18 uddraget Materiale til nedenstaaende Sammenstilling, der viser den relative Hyppighed af nogle forskellige Vandstande i to Foraarsmaaneder og en Sommermaaned.

Tabel XXXII. Gældende for Femaaret 1914—18.

Station	Maaned	Relativ Hyppighed af forskellige Vandstande i Procent af Tiden					Vandstand i m	
		≦ ÷ 0,4 m	≦ ÷ 0,2 m	≦ 0,0 m	≧ + 0,2 m	≧ + 0,4 m	Min.	Max.
Frederikshavn	Marts ...	7,4	30,4	68,9	7,1	0,9	÷ 1,03	+ 0,65
—	April....	2,6	24,4	64,7	8,1	0,2	÷ 0,63	+ 0,52
—	August..	0,1	3,2	38,0	17,4	1,1	÷ 0,41	+ 0,57
Gedser	Marts ...	6,4	24,3	55,9	19,6	5,3	÷ 0,84	+ 1,07
—	April....	1,6	11,2	62,2	5,6	0,7	÷ 0,76	+ 0,52
—	August..	1,0	4,1	22,9	27,9	1,7	÷ 0,82	+ 0,61

(Beregningerne er udført af Ingeniør M. Borch).

turligvis lykkes, hvor Talen er om smaa Afstrømningsmængder, og hvor man indenfor Slusen har et passende Samlebassin som Regulator for Afløbet.

Efter det Sagte vil det forstaas, at man som Regel vil kunne opnaa en tilfredsstillende Afvanding ved fri Afstrømning gennem Lavvandssluser for inddigede Kystarealer, naar disse ligger 1,0 m eller noget mere over daglig Vande i Havet. Men ved væsentlig ringere Højde maa man skride til Anvendelse af Vandløftningsredskaber (Punkt 28) til at fjerne Afstrømningen.

I mange Tilfælde maa man af økonomiske Grunde nøjes med at benytte Vandløftningsanlæg som en Hjælp, der tjener til at holde Vandstanden i Kanalerne paa det inddigede Areal passende lav paa Tider af Aaret, hvor Afstrømningen er ringe, medens man under Foraarstøbrud og i stærke Regnperioder finder sig i, at Vandet i Kanalerne stiger saa højt, at fri Afstrømning kan finde Sted gennem Lavvandssluser. I saa Fald kan de fornødne Vandløftningsanlæg være forholdsvis smaa.

Af saadanne Anlæg findes talrige her i Landet. I mange Tilfælde drives de af Vindmotorer og maa i saa Fald dimensioneres under Hensyn til, at passende Vindstyrke som oftest kun kan paaregnes godt Halvdelen af Tiden (Punkt 29). Af Vigtighed er det fremdeles at give Afvandingskanalerne et passende stort Strømprofil ved normal Vandstand, da man ellers let risikerer at pumpe Kanalens nedre Løb tomt, fordi Vandet ikke flyder saa hurtigt til, som Pumpen tager det, naar den arbejder med fuld Kraft.

Ligger et inddiget Areal kun lidt højere end Recipientens Vandspejl eller maaske endog lavere, saaledes som Forholdet ofte kan være ved Inddigninger langs Floder eller Aaløb, hvis Vandspejl hæves som Følge af Profilets Indsnævring eller ved senere Slamafsætninger, maa Afvandingen foregaa som beskrevet for Inddæmninger. Som Eksempel paa lave Kystarealer af denne Art kan nævnes de inddigede Fjordenge ved Randers, der kun ligger 0,25 à 0,50 m over daglig Vande i Fjorden. De afvandes kunstigt og beskyttes imod Vandtilstrømning fra det høje Land ved et System af Landkanaler.

25. Lavvandssluser placeres bedst, saaledes at Afvandingskanalerne kan faa naturligt Fald henimod Udløbene, som Regel paa Steder, hvor Terrænet langs Digelinien er lav. Af stor Vigtighed er det dog ogsaa at vælge deres Plads, saaledes at Udløbsforholdene i Recipienten bliver saa gunstige som muligt, specielt at kostbare Uddybningsarbejder og Sikringsanlæg langs Kysterne undgaas. Endelig maa man saa vidt muligt sørge for at bygge dem paa god, fast Bund.

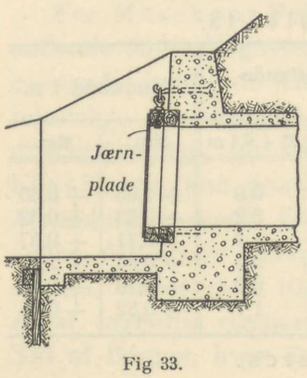


Fig 33.

Smaa Lavvandssluser bygges som Rørledninger igennem Diget. Lukkeindretningen er sædvanlig en Klap af Træ eller Jern, der anbringes foran Udløbsaabningen, drejelig om en vandret Aksel eller ophængt i Kæder (Fig. 33). Ved indtrædende Højvande lukker Klappen sig automatisk og aabner sig igen, naar Vandtrykket indvendig bliver større end Vandtrykket udvendig.

Rørledningers Dimensionering og Fløjmurenes Indretning er omtalt tidligere (Punkt 19). Højvandsklapper af Træ kan fremstilles af 2 Lag Planker, der boltes sammen tværs paa hinanden, og forsynes med et passende tungt Jernbeslag, for at Opdriften ikke skal holde dem aabne til Stadighed; men store Træklapper vil let slaa sig, saaledes at Lukket bliver mindre tæt. Store Klapper af Jern bliver paa den anden Side let meget tunge og maa i saa Fald kontrabalanceres for ikke at give for stor Modstand imod Udstrømningen. Bedst kan man maaske udføre en større Højvandsklap som en Tømmerramme, der beslaas med Pladejern (Fig. 33) og ligger an imod en Træramme, der gøres fast paa Frontmuren omkring Rørmundingen. Et saadant Lukke bliver ikke let utæt. Paa Lolland har man flere Steder benyttet Lavvandssluser, bestaaende af to eller tre parallelt løbende Rørledninger i samme Højde, dækket ved Udløbet af en fælles Klap.

Højvandsklapper kan hænge lodret eller hælde svagt udad under en Vinkel paa ca. 10 ^{0} med den lodrette Plan, hvilket giver et lidt paalideligere Lukke under Bølgeslag eller Skvalp i Ydrevandet, men til Gengæld noget større Modstand mod Vandets Bevægelse udefter.

En Lavvandssluse bør være forsynet med et Reservelukke, der kan træde i Funktion, dersom det automatiske Lukke svigter eller skal undergaa Reparation, og som desuden kan anvendes til at tilvejebringe en Opstemning indenfor Slusen med Skylning af denne for Øje eller til at hæve Vandspejlet i Kanalerne paa det inddigede Areal i tørre Sommermaaneder af Hensyn til Planternes Vandforsyning (Punkt 12). Reservelukket kan være et Stigbord (Fig. 34) og anbringes i saa Fald bedst i en Nedgangsbrønd til Rørledningen eller Stemmebjælker, der kan anbringes imellem Fløjmurene ved Indløb eller Udløb i False paa disse (Punkt 46). Dersom Rørledningen ender i en Plankekasse, som beskrevet i Punkt 19, maa Højvandsklappen anbringes i en Nedgangsbrønd paa Land (se Plan 5, Lavvandssluse paa Mors).

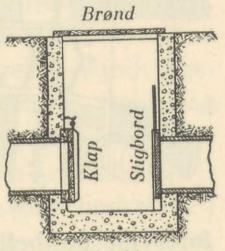


Fig. 34.

Større Lavvandssluser byggede man tidligere meget ofte af Træ, enten af Bjælker, der blev stablet ovenpaa hinanden ligesom i et Bjælkehus, eller af en Række parallele Tømmerrammer, der blev beklædt med Planker. Men disse Konstruktioner er nu om Stunder forladt til Fordel for Konstruktioner af Beton eller armeret Beton.

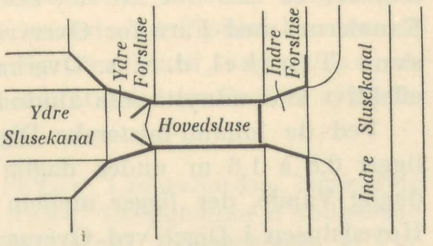


Fig. 35.

Betonsluser kan bestaa af et helt lukket Midterparti (Hovedslusen), der strækker sig under Digets Krone mellem Frontmure paa begge Sider, to opadtil aabne Forsluser med divergerende Sider ved Ind- og Udløb og endelig Fløjmure, der leder Vandet til og fra Slusen, og langs hvilke Digeskraaningerne forløber (Fig. 35). I den ydre Forsluse anbringes de automatiske Lukkeindretninger samt eventuelt False for Stemmebjælker, Isbrydere og Ristværker paa Steder, hvor stærk Tangdrift kan frygtes. Den indre Forsluse kan anvendes til Anbringelse

af Stigbordslukke eller False for Stemmebjælker. Undertiden har man ladet den falde helt bort og har da anbragt Stigbordslukket i en Brønd midt i Diget (se Plan 5, Lavvandsslusen for Darum Bæk).

Det automatiske Lukke tilvejebringes som Regel ved Hjælp af Porte af Træ, der drejer sig om lodrette Hængsler i Frontmuren ved Udløbet og slaar an imod en tagformig tildannet Ramme, saaledes at de, naar Slusen er lukket, danner en stump Vinkel med hinanden. Portene er ved Stoppere i Forslusens Sidevægge forhindret i at slaa helt tilbage imod disse og vil derfor ved begyndende indadgaaende Strøm lukke sig automatisk. Enkeltheder ved Konstruktionen af saadanne Porte er vist paa Plan 5. Store Sluseporte udføres undertiden af Jern.

Skal et Udløb gennem Diget være sejlbart for Fartøjer, maa den tilsvarende Sluse helt igennem være aaben opadtil og være forsynet med et Slusekammer til Brug ved Fartøjers Passage under skiftende Vandstandsforhold. Porte for Anlæg af denne Art bliver sædvanlig meget høje og faar intet Anslag for oven; men Tæthed opnaas ved, at Portene stemmes mod hinanden af Vandtrykket (Stemmeporte).

I Kammerslusen i Ribe Diget har man ved Kamrets ydre Hoved anbragt to Sæt høje Stemmeporte (»Stormporte«), der lukker imod Havet og naar op i Højde med Digekronen, og ved det indre Hoved et Sæt lavere Porte, der benyttes ved lavere Flod og ved Fartøjers Passage gennem Slusen (Fig. 36). Desuden er der anbragt et Sæt Skylleporte, der stemmer ind imod Kanalen og tjener til at stuve Vandet op i denne med Skylning af Slusen for Øje. Over Slusekamret fører en dobbelt Klapbro, der forbinder Vejene indenfor Diget paa begge Sider af Slusen.

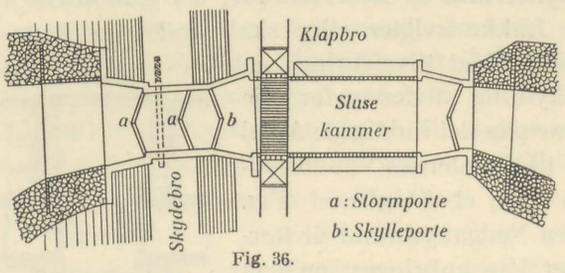


Fig. 36.

Lavvandssluser dimensioneres paa lignende Maade som Rørgennemløb (Punkt 19). Grundreglerne bliver, [1]) at det for Vandbevægelsen nyttige Sluseareal gøres saa stort, at det maksimale Tilløb fra Afvandingskanalerne kan passere Slusen i den Tid, hvor denne maa antages at staa aaben, med et Tryktab, der er saa lille, at det ikke giver Anledning til en skadelig Opstuvning i Kanalerne med Fare for Oversvømmelse af det inddigede Areal, og [2]) at Slusens Tærskel, d. v. s. Overkanten af Bundlaget, lægges saa dybt, at man effektivt kan udnytte alle almindeligt forekommende Lavvande i Recipienten.

Ved de lolland-falsterske Digeanlæg har man benyttet Sluser, hvis Tærskel ligger 0,8 à 1,6 m under daglig Vande, og et nyttigt Sluseareal, maalt under daglig Vande, der ligger mellem 1,2 og 1,8 m^2 pr. 1000 ha af Slusens Opland. Hovedslusen i Diget ved Overgaard (se Pag. 86) har sin Tærskel i Kote ÷ 0,95 m og et nyttigt Sluseareal paa ca. 1,2 m^2 pr. 1000 ha Opland; men der findes desuden paa andre Steder i Diget som Reserve 4 Rørsluser, hvis Bundkote man ikke har kunnet gøre mindre end ca. 0,0 af Hensyn til vanskelige Udstrømningsforhold paa den meget flade Kyststrækning paa disse Steder. Mindre Rørsluser har sædvanlig en Bundkote paa ca. 1 m under daglig Vande og bør dimen-

sioneres saa rigeligt, at Tryktabet selv under Tøbrudsafstrømning er ganske ringe; de lægges vandret eller med et svagt Fald ud imod Recipienten.

Sluser i Marsken maa gennemgaaende være større, da de staar lukket henved det halve Døgn, og Tærsklen maa lægges dybere, for at man kan udnytte den daglige Ebbe. Det nyttige Sluseareal maalt under daglig Flod er saaledes ofte 2 à 3 m^2 pr. 1000 ha Opland, og Tærsklens Kote 2—3 m under daglig Flod.

26. Dæmninger kan tjene til at afgrænse et af Havet (sjældnere Søer eller Vandløb) overskyllet Terræn med paafølgende Tørlægning og Kultivering for Øje. Dæmninger kan ogsaa opføres for at tjene andre Formaal, f. Eks. at tilvejebringe en Opstemning i et Vandløb (Punkt 46), at regulere Strømforhold (Dæmningen i Kalvebod Strand), midlertidig at beskytte en Byggegrube (Fangedæmninger) eller at skaffe Adgang til en Ø; men Arbejder af den Art skal ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

Det betydeligste danske Inddæmningsarbejde er Inddæmningen af Lammefjorden ved Holbæk*); endvidere bør nævnes Inddæmningerne af Kolindsund ved Grenaa**), Bøtø Nor paa Falster, Saltbæk Vig og Sidinge Fjord i Nordvestsjælland, Forstranden udfor Gyldensten ved Bogense†) samt de tidligere omtalte Inddæmninger af Nakskov Fjord og Rødby Fjord.

De til Landvindingsanlæg fornødne Dæmninger minder overordentlig meget om Diger og planlægges og udføres paa lignende Maade som disse.††) Men Dæmninger er ugunstigere stillet end Diger, da de skal opføres i Vand, ligesom de efter Opførelsen til Stadighed bliver paavirket af Vandtryk, Bølgeslag og eventuelt af Strøm. Dette medfører, at man saa godt som altid maa give Dæmningsskraaninger en stærk Beklædning imellem de normale Høj- og Lavvandslinier. En saadan Beklædning kan udføres som beskrevet i Vejbygningen af kløvede Sten eller Fliser, lagt i Grus eller Singels som et Glacis, eller den kan bestaa af en Stenkastning, saaledes som nærmere beskrevet for Dæmningerne ved Nakskov Fjord og Kramnitze Gab. Et Stenglacis gøres som Regel temmelig stejlt (Anlæg 2,5 à 3), men maa i saa Fald støttes forneden af en Banket eller af en Spunsvæg for ikke at underskylles af Strøm og Bølgeslag. Ud imod Havet giver man store Dæmninger voksende Skraaningsanlæg nedefter ligesom Diger; dog kan man erfaringsmæssig under Lavvandslinien, nedenfor Bølgeslagets Rækkevidde, atter gaa til mindre Anlæg (5 og 3), saaledes at Profilet kommer til at minde om det fra Klintdannelser kendte, naturlige Profil med svagt skraanende Strandbred og stejlere Skraaninger baade foroven og forneden (se Profilet af Dæmningen over Lammefjord paa Plan 4)§).

*) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1879—80. W. Benzon: Lammefjordens Tørlægning.

**) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1880—81. H. Lunøe: Tørlægningen af Kolindsund.

†) Industriforeningens Maanedsskrift 1872. R. Carstensen: Inddæmningen af Forstranden ved Gyldensten.

††) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1878—79. P. Hansen: Udførelsen af danske Inddæmningsarbejder.

§) Tegningen svarer til den Udførelse, Inddæmningen fik Aar 1875. Vandspejlet i Fjorden er senere yderligere sænket, og i den aller seneste Tid er planlagt en Sænkning, hvorved Fjorden omtrent helt tørlægges, saaledes at Vandspejlet paa Dæmningens indre Side forsvinder.

Dæmningers Opførelse kan for den under Vand liggende Dels Vedkommende være forbundet med betydelige Vanskeligheder. I mange Tilfælde, f. Eks. paa Lolland, er man skredet til at tørlægge det Areal, hvorpaa Dæmningen skal opføres men er Vanddybden stor, vil det være forbundet med stor Bekostning. Man har da tippet Jorden ud fra en Pælebro, saaledes at Dæmningen tilvejebringes ved Overstyrtning. Denne Opførelsesmaade er vel ringere end den lagvise Opførelse (Vejbygningens Punkt 12), men Resultatet kan dog blive tilfredsstillende, naar Fylden ikke er altfor leret, idet Vandet bevirker en tættere Lejring, end man kan opnaa paa tørt Land. Klumperne opblødes og selv frossen Jord kan bruges, fordi den hurtig tøer op i Vandet. Men hyppig volder Strømmen Vanskeligheder. I Reglen paabegynder man en Dæmning fra begge Bredder samtidig, og efterhaanden som det mellemliggende Løb formindskes, kan den ud- og indadgaaende Strøm, der foraarsages af skiftende Vandstande, blive saa stærk, at Fylden skylles bort lige saa hurtigt, som den føres paa. Som Eksempel herpaa kan nævnes Inddæmningen af Lammefjorden*), hvor Dæmningerne ikke kunde føres videre, da de var naaet til en Afstand af ca. 60 m fra hinanden. Dybden var paa Midten af Løbet 7,5 m. Til Lukningen benyttede man da 4 Tømmerflaader af ca. 16 m Længde, der svømmende paa Vandet blev bugseret hen til den Pælebro, hvorfra Jorden blev udkastet, idet man samtidig holdt et Vogntog med Sten i Beredskab. Paa det Tidspunkt, da Strømmen skulde til at vende og gaa indad, udkastede man pludselig den nævnte Stenmasse paa Flaaderne (Fig. 37), som derved sank og indtog en Stilling, hvorved Indløbet med ét lukkedes saa meget, at den derefter udkastede Jord ikke blev bortført.

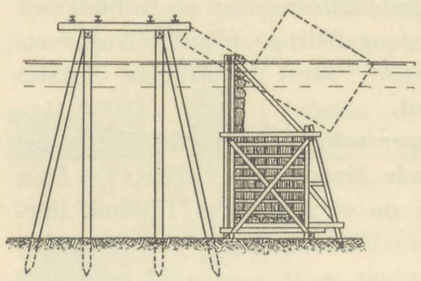


Fig. 37.

Over Vandlinien foregaar Opførelse og Beklædning af Dæmninger som beskrevet for Diger.

27. Afvanding af inddæmmede Arealer. Ved Afvanding af et inddæmmet Areal kræves i Følge Sagens Natur altid Anvendelse af Vandløftningsredskaber, og det bliver i alle Tilfælde en forholdsvis betydelig Vandmængde, der skal fjernes ved Pumpning. Thi, da Arealet ligger lavere end Vandspejlet i Recipienten, kan man med Sikkerhed vide, at ingen Del af den paa Arealet faldne Nedbør vil søge ud til Recipienten ad underjordisk Vej gennem vandførende Lag, saaledes som Tilfælde kan være ved fri Afstrømning (Punkt 11), men hele Nedbøren minus Fordampningen skal pumpes op. Tværtimod vil Forholdet som Regel være det, at der gennem underjordiske, vandførende Lag tilflyder Arealet større eller mindre Vandmængder dels fra Recipienten dels fra det høje Land ovenfor eventuelle Landkanaler, der omslutter Tørlægningsomraadet. Jo lettere gennemtrængelige Jordlagene er, og jo højere Vandspejlet i Recipienten og i Landkanalerne staar i Forhold til

*) Den tekniske Forenings Tidsskrift 1879—80. W. Benzon: Lammefjordens Tørlægning.

Grundvandspejlet paa det inddæmmede Areal, desto større er Faren for, at en betydelig Vandmængde siver under Dæmningen og Kanaldigerne og bryder frem paa Tørlægningsomraadet som Væld eller som jævnt fordelt Trykvand. Er Landkanalerne dimensioneret knebent og sikrede ved Overfald ned til Tørlægningsomraadet (Punkt 18), maa man fremdeles regne med, at en betydelig Vandmængde kan strømme til ad denne Vej under Tøbrud eller vedvarende Regnskyl. Disse Forhold, som det er vanskeligt at bedømme rigtigt forud, bevirker, at store Inddæmninger altid er risikable Foretagender, som, inden de iværksættes, bør underkastes en nøje Prøvelse baade i teknisk og i økonomisk Henseende, specielt med Hensyn til Værdien af de Arealer, man tænker paa at indvinde. De hertil nødvendige Undersøgelser af landøkonomisk Art skal dog ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

Afvandingskanaler paa et inddæmmet Areal er som Regel brede og dybe ligesom Kanaler i Marsken, da det gælder om at økonomisere med Faldet for ikke at faa for stor Løftehøjde for Pumpeanlæget. Tilmed gælder som Regel (smlgn. Punkt 24), at Kanalernes Strømprofiler selv ved de laveste Vandstande maa være saa rigelige, at Vandet kan strømme til Pumperne lige saa hurtigt, som disse kan tage det. Iøvrigt dimensioneres Kanalerne paa lignende Maade som beskrevet i Punkt 16.

Ved meget store Løftehøjder (f. Eks. ved Lammefjordens Afvanding) har man anlagt en ringformig Afvandingskanal, der paa lignende Maade som en Landkanal omslutter den dybest liggende Del af Tørlægningsomraadet. Derved opnaas en Besparelse i Pumpeudgifter, da det Vand, som optages af Ringkanalen, kun skal løftes gennem en mindre Højde.

Vandløftningsanlæget (Pumpestationen) opfører man bedst i umiddelbar Nærhed af Dæmningen paa det Sted, hvor det inddæmmede Areal langs denne ligger lavest, saafremt Grunden her er af fast og vel egnet Beskaffenhed. Ved vidtstrakte Inddæmninger kan der blive Tale om at anlægge flere Pumpestationer paa forskellige Steder af Tørlægningsomraadet for at spare noget paa Udgifter til Kanalgravning. Dette vil navnlig ofte vise sig praktisk paa Arealer, der helt eller hovedsagelig skal tørholdes ved Vindkraftanlæg (Randers Fjordenge), derimod sjældent, hvis man vil anvende Varmemotoranlæg, fordi en Decentralisation af dette let medfører væsentlige Tab baade i Anlæg og Drift. I sjældne Tilfælde under særlige Terrænforhold har man anlagt to eller flere Pumpestationer i Série, saaledes at Vandet løftes etagevis i flere Tempi.

Størrelsen af det i et givet Tilfælde fornødne Pumpeanlæg afhænger af den maksimale Vandmængde, der skal kunne fjernes fra Tørlægningsomraadet, den Tid, der staar til Raadighed for Pumpningens Udførelse, og Løftehøjden.

Som Regel maa man stille det Krav til Pumpeanlæget, at det under Tøbrud og vedvarende Regnskyl skal kunne fjerne en Vandmængde paa 0,75—1,0 l/s pr. ha af Tørlægningsomraadet, hvilket svarer til, at et Vandlag af 45—60 mm Tykkelse kan fjernes i Løbet af en Uge, naar der pumpes Dag og Nat (smlgn. Punkterne 11 og 16). Den hertil fornødne Arbejdsintensitet, maalt

i løftet Vand uden Hensyn til Arbejdstab i Maskinerne (Vandhestekraften), bliver for hver m af Løftehøjden og pr. 1000 ha af Oplandet

$$N' = (0{,}75 \text{ à } 1{,}00) \cdot 1000 : 75 = 10 \text{ à } 13{,}3 \text{ HK.}$$

Under Hensyn til uundgaaelige Tab (Punkt 28) i Vandløftningsredskaber og Transmissioner maa Arbejdsmaskinens effektive HK sædvanlig anslaas til det dobbelte af N', d. v. s. til 20—30 HK pr. 1000 ha og pr. m Løftehøjde.

Den totale Vandmængde, der skal kunne fjernes i Løbet af et Aar, maa i Henhold til det foran sagte kalkuleres meget rigeligt, sædvanlig til $^1/_2$ à $^3/_4$ af Nedbøren i samme Tidsrum (Punkt 11), hvilket for en normal Nedbør af 600—700 mm giver 3000—5200 m^3 aarlig pr. ha. Et Pumpeanlæg, der er dimensioneret til den foran nævnte Maksimalydelse, ses at ville kunne fjerne den aarlige Afstrømning i Løbet af 35—80 fulde Døgn. Af denne Arbejdstid falder den overvejende Del i Vinter- og Foraarsmaanederne og i regnfulde Eftersomre. I de varme Sommermaaneder (Vegetationstiden) staar Pumperne som Regel stille eller arbejder i hvert Tilfælde kun nogle faa Timer efter særlig stærke Regnfald.

Arbejder Pumpeanlæget diskontinuerligt, fordi man benytter Vindkraft, eller fordi man indstiller Pumpningen under Højvande (Flod) i Recipienten for at spare Løftehøjde, maa hele Pumpeanlæget dimensioneres for en tilsvarende større Vandmængde. Mener man f. Eks. at kunne paaregne tilstrækkelig god Møllevind for et Vindmotoranlæg hver anden Dag i Foraarsmaanederne, maa Pumpeanlæget dimensioneres for den dobbelte Vandmængde o. s. fr.

Hvad Løftehøjden angaar, er denne bestemt af Vandspejlet i Recipienten (Ydrevandet), det ønskede Vandspejl i Afvandingskanalen paa det laveste Punkt af Arealet, Afstanden herfra til Pumpestationen samt til en vis Grad af Vandløftningsredskabernes Konstruktion (Punkt 28), som i større eller mindre Grad gør det muligt at udnytte forekommende Lavvande i Recipienten. Under Tøbrud og svære Regnskyl har man sædvanlig ikke noget imod, at Vandet en kortere Tid stiger op indtil Randen af Grøfter og Kanaler paa Tørlægningsomraadet, men derudover maa man forlange, at det skal kunne holdes nede paa den for Arealets Kultivering mest passende Dybde, sædvanlig saaledes at man om Vinteren søger at holde det lavest, d. v. s. 1,0—1,3 m under Jordoverfladen, medens man om Sommeren foretrækker at have det højere, ofte 0,4—0,8 m fra Overfladen (Punkt 12).

Om Vinteren holder man det lavt for at faa Jorden grundigt udluftet, men ogsaa for at der ved indtrædende Tøbrud eller Regn kan optages store Mængder Vand i de tomme Kanaler og Grøfter og i de øvre Jordlags luftfyldte Porer, hvorved man i nogen Grad kan sikre sig imod Oversvømmelse.

Dette sidste Forhold spiller navnlig en Rolle, hvor Udpumpningen foregaar ved Vindkraft, idet man kan risikere at have Vindstille paa Dage med stærk Vandtilstrømning og da uden tomme Kanaler, der kan tjene som Samlebassin, uvægerlig vil faa Oversvømmelse.

Et passende stort Samlebassin, der kan tjene som Regulator for Vand-

bevægelsen henimod Pumpestationen, betyder iøvrigt i flere Henseender en væsentlig Fordel for Anlæget. Hvis Bassinet saaledes er tilstrækkelig stort til at kunne optage hele Tøbrudsafløbet (som maksimalt kan anslaas til et Vandlag af 100—120 mm Tykkelse) uden faretruende Stigning af Vandspejlet, kan Oppumpningen af denne Vandmængde uden Skade udstrækkes over et meget længere Tidsrum end ellers, maaske over flere Maaneder, hvilket betyder, at Pumpestationen kan dimensioneres for en tilsvarende mindre Maksimalydelse. Saa stort et Samlebassin haves kun sjældent, men selv et mindre Reservoir kan virke i samme Retning og gøre det muligt at nøjes med et mindre Pumpeanlæg, end man ellers maatte kræve, og det betyder naturligvis en Besparelse i Anlægsudgifter, som man i givet Tilfælde bør regne med.

Paa de Tider af Aaret, hvor Vandtilstrømningen til Pumpeanlæget er svag, er et Bassin paa anden Maade fordelagtigt, idet man kan lade Pumpen arbejde for fuld Kraft uden Frygt for pludselig at suge Kanalernes nedre Løb tomt. Herved sparer man i Arbejdstid (Pumpetimer) og kan mulig ogsaa knibe lidt paa Kanalernes Dimensioner. En hollandsk Skrue kan desuden tage Skade, dersom den løber tom under stor Fart, fordi Opdriften paa Spindelen ikke længere afbalancerer dens Vægt (smlgn. Side 104 øverst).

Fordelene ved et Samlebassin er næppe saa store, at det skulde kunne betale sig at tilvejebringe det paa kunstig Maade ved Udgravning; men ved Fastsættelse af den Dybde, hvortil man vil sænke Vandstanden i en Inddæmning, maa man have sin Opmærksomhed henvendt paa de Besparelser, der kan opnaas ved at lade en mindre Del ligge hen som Samlebassin, og eventuelt anstille Overslagsberegninger til Sammenligning med Værdien af det Areal, som derved vil gaa tabt eller blive slet afvandet.

c. Anlæg til Løftning af Vand.

28. Vandløftningsredskaber. Blandt de mange, højst forskellige Konstruktioner, som er bragt i Anvendelse i Tidens Løb, skal i denne Forbindelse kun nævnes tre, der har hævdet sig som særlig brugbare ved kunstige Afvandingsanlæg, nemlig Vandsneglen, Pumpehjulet og Centrifugalpumpen.

a. Vandsneglen. Den ældste og mest primitive Vandsnegl, den Archimedeske Skrue (Fig. 38) bestaar af to eller tre parallelt løbende, konaksionale Skrueflader, sammensat af Træstaver, der forløber mellem en massiv cylindrisk Spindel af Træ og en ligeledes cylindrisk, med Spindelen konaksional Kappe af Træstaver, der holdes sammen af Jernbaand paa lignende Maade som en Tønde. Spindelens Diameter er sædvanlig ca. $^1/_3$ af

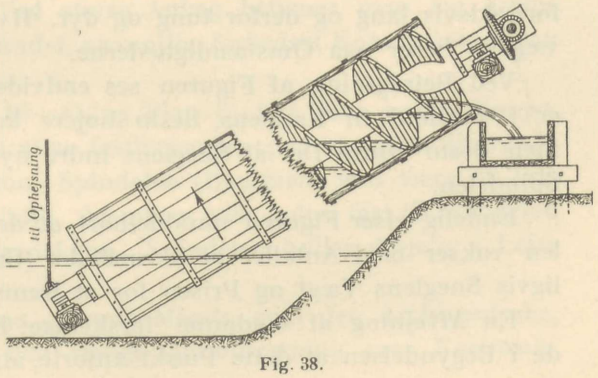


Fig. 38.

Kappens indvendige Diameter og Skruegangshøjden lig eller lidt større end denne.

Sneglen anbringes drejelig om sin Akse i Lejer for begge Ender under en Vinkel paa 25 á 35 ° med Horizonten, idet man drager Omsorg for, at den nedadvendende aabne Bund er godt og vel halvt nedsænket under Vandspejlet i det Bassin, hvorfra man vil pumpe. Derefter sættes Sneglen i Rotation i Retning som vist paa Figuren, hvorved dens Bugter forskyder sig parallelt med Aksen i Retning opefter fra Indrevandet imod Ydrevandet. Naar Sneglen er anbragt som beskrevet, vil dens indre Hulrum forneden afvekslende fyldes med Vand og Luft, og Vandet, der fylder Bugternes nedadvendende Del, vil følge med disse i deres Bevægelse opefter og tilsidst tømmes ud foroven, hvor der maa være anbragt en Rende, som fører det til Recipienten.

Hvor meget Vand et saadant Apparat kan løfte i en given Tid, beror paa Størrelsen af det Vandvolumen, der indeholdes i hver af Bugterne, og den Hastighed, hvormed disse bevæger sig opad. Men til Vurdering af disse Forhold kræves en nærmere Betragtning.

Den Vandstand, som i heldigste Tilfælde kan naas i hver af Bugterne, er bestemt ved den vandrette Tangent til den Skruelinie, hvorefter den paagældende Bugt skærer sammen med Spindelen (Fig. 39); thi inde ved Spindelen, hvor Skruefladen har sit stejleste Forløb, vil Vandet først strømme over. Dette viser umiddelbart, at Vanddybden i hver Bugt (ved given Diameter af Sneglen) bliver desto mindre, [1]) jo større Skruegangshøjde Sneglen har, og [2]) jo stejlere den anbringes. Ligger Sneglen saa stejlt, at Komplementet til dens Hældningsvinkel φ mod Horizonten (Fig. 39) er mindre end Stigningsvinklen α for Skruelinien langs Spindelen, kan der kun staa Vand i Sneglens periferiske Del, og er $90 \div \varphi$ ogsaa mindre end Stigningsvinklen β for Skruelinien langs Kappen, løber Sneglen helt tom.

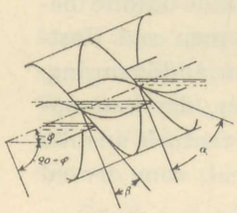


Fig. 39.

For saa vidt vil det altsaa være en Fordel at have lille Skruegangshøjde (smaa Stigningsvinkler) og lille Hældning. Men en lille Skruegangshøjde medfører, at Bugternes Hastighed opefter kun bliver ringe i Forhold til Sneglens Omdrejningstal, hvad der er til Skade for dennes Arbejdsevne (se ovenfor), og en lille Hældningsvinkel medfører, at Sneglen (for en given Løftehøjde) bliver forholdsvis lang og derfor tung og dyr. Hvilke af disse Hensyn, der faar Overvægten, beror paa Omstændighederne.

Ved Betragtning af Figuren ses endvidere, at jo større Spindelens Diameter er i Forhold til Kappens, desto højere kan Vandet staa i hver af Bugterne, men desto større Del af Sneglens indre nyttige Hulrum optages til Gengæld af Spindelen.

Endelig viser Figuren umiddelbart, at den gennemsnitlige Vanddybde i Sneglen vokser med Antallet af Skrueflader (Gænger), men samtidig forøges naturligvis Sneglens Vægt og Prisen for at fremstille den.

En Afvejning af saadanne forskellige Hensyn imod hinanden har ført til de i Begyndelsen af dette Punkt anførte, almindeligt benyttede Proportioner for

den Archimedeske Skrue, hvis Arbejdsevne derefter kan bestemmes paa samme Maade, som det nedenfor er beskrevet for den hollandske Skrue. Men den Archimedeske Skrue lider af forskellige Mangler.

For det første er det en meget følelig Ulempe, at man ved skiftende Stand af Indrevandet bestandig skal stille paa Sneglen. Ligger den for højt med sin nedre Ende, bliver Bugterne kun slet fyldte, og Sneglen udretter da for lidt, maaske løber den helt tør. Men bliver Bunden af Sneglen dykket helt ned under Vandspejlet, er det ogsaa galt, thi da faar Luften ikke Adgang mellem Vandspejlene i to paa hinanden følgende Bugter, og Vandet suges i saa

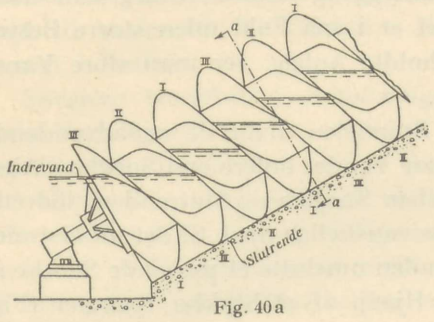


Fig. 40a

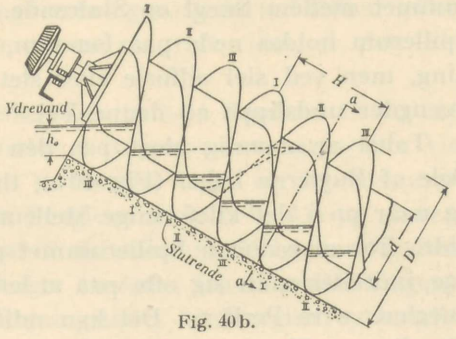


Fig. 40b.

Fald ned ved en Hævertvirkning. Ganske vist bygger man i Reglen Archimedeske Skruer med saadanne Proportioner, at Luften har Passage fra oven ned igennem Sneglens Hulrum, saaledes at Luft mellem Vandspejlene skulde kunne tilføres ad denne Vej; men Erfaring viser, at Sneglens Arbejdsevne alligevel forringes meget stærkt, hvis Luftens Adgang forneden afskæres. Man har undertiden monteret Sneglens nedre Ende paa en Pram eller Ponton, der flyder paa Indrevandet og følger med dettes Stigen og Dalen; men nogen tilfredsstillende Ordning naas ikke, medmindre Pontonen er meget stor. En anden Mangel ved den Archimedeske Skrue er, at den i vandfyldt Tilstand er meget tung, hvad der giver Anledning til stor Friktion og stort Slid i Sneglens Lejer og ved store Snegleanlæg tillige til en Række konstruktive Vanskeligheder, navnlig fordi Sneglen som nævnt skal kunne indstilles i Forhold til Indrevandets varierende Stand. Ved større Anlæg betjener man sig derfor saa godt som altid af en senere opfundet, væsentlig forbedret Konstruktion, den saakaldte »hollandske Skrue«.

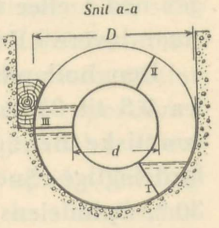


Fig. 41.

Den hollandske Skrue (Fig. 40—41 og Plan 6) har ikke nogen Kappe, men omsluttes paa sin nedre Halvdel af en fastliggende, opad til aaben Slutrende (Kumme) af Træ, Pladejern eller Beton. Spindelen (Bommen) kan være af Træ eller Pladejern og Skruefladen af Jernblik, der nittes eller boltes fast til Spindelen ved Hjælp af en skrueformig Vinkeljernskant. Spindelen hviler drejelig i Lejer foroven og forneden.

Den hollandske Skrue virker paa samme Maade som den Archimedeske, naar Spindelen sættes i Rotation i den rigtige Omløbsretning, men Konstruk-

tionen frembyder væsentlige Fordele. Sneglens Vandindhold kommer saaledes hovedsagelig til at hvile paa den faste Slutrende, medens Spindelen selv afbalanceres af Opdriften fra de Vandmasser, der fylder Slutrenden. Begge Dele virker i Forening til, at Tapfriktion og Slid i Sneglens Lejer bliver forholdsvis ringe, og afhjælper de konstruktive Vanskeligheder ved at faa en stor Skrue stærk og stiv nok. Fremdeles er det en Fordel, at Luften har direkte Adgang til Sneglens Indre, da den er helt aaben opad til, thi hermed bortfalder Problemet om Indstilling af Sneglen efter Indrevandets Stigen og Dalen. En Mangel er det derimod, at der uundgaaelig strømmer en Del Vand tilbage gennem Spillerummet mellem Snegl og Slutrende. Ved omhyggelig udførte Anlæg kan dette Spillerum holdes nede paa faa mm, og Tabet er i saa Fald uden større Betydning, men ved slet udførte eller slet vedligeholdte Anlæg, ser man store Vandmængder undslippe ad denne Vej.

Tabet er navnlig stort paa den Side af Spindelen, hvor de nedadvendende Dele af Bugterne ligger (Fig. 40 a), thi her staar Vandet højere end Sneglens Akse og naar op i det kileformige Mellemrum mellem Sneglen og Slutrendens lodrette Side. For at reducere Spillerummet paa dette vanskelige Sted til det mindst mulige, indretter man sig ofte paa at lade Slutrenden omslutte et passende Stykke af Sneglens øvre Periferi. Det kan udføres ved Hjælp af et Stykke Tømmer (Fig. 41) eller en Skærm af Jernblik, der maa kunne fjernes, naar Sneglen skal lægges ned i eller tages op af sit Leje. Paa modsat Side af Spindelen, hvor Vandet staar lavere i Forhold til denne (Fig. 40 b), er særlige Foranstaltninger overflødige.

Den hollandske Skrue bygges i højst forskellig Størrelse med ydre Diameter fra 0,3 til 3,0 m eller derover. Hvad Dimensionerne angaar, har Erfaring og teoretiske Betragtninger i Tidens Løb fastslaaet visse Proportioner som de mest fordelagtige. Sneglens Hældning mod Horizonten gøres saaledes sædvanlig 25—30 °, Spindelens Diameter $d = 0{,}50$ à $0{,}55$ Gange Sneglens ydre Diameter D og Skruegangshøjden $H = 0{,}85$ à $1{,}0$ Gange D. Mindre Snegle med Diameter under 1 m har sædvanlig 3 Gænger (Løb), større Snegle 4 eller flere. Sneglen bæres af to Lejer, foroven et Kamleje eller Kugleleje, der tillige optager Trykket i Sneglens Længderetning, og forneden under Vandet et Styreleje. Sneglen drives sædvanlig ved Hjælp af en Tandhjulsforbindelse foroven (se Plan 6).

Sneglens Længde er i Hovedsagen bestemt ved Hældningsvinklen og Højdedifferensen mellem Vandspejlene paa begge Sider, men Sneglens Konstruktion spiller ogsaa en Rolle, som vil forstaas af det følgende. Paa indvendig Side maa Sneglen række saa langt ned, at den nederste Bugt kan blive passende fyldt selv ved laveste Stand af Indrevandet (Fig. 40 a). Paa udvendig Side maa Sneglen føres saa højt op, at Vandspejlet i den øverste Bugt, i det Øjeblik denne begynder at udtømmes (Fig. 40 b), er mindst lige saa højt som den højeste Vandstand, mod hvilken man ønsker at kunne pumpe,*) fastsat under Hensyn til uundgaaelige Tryktab i Afløbsrenden fra Sneglen til Recipienten. Slutrenden

*) Højden h_0 i Fig. 40 b fra højeste Vandspejl i Afløbet til Sneglens Tærskel er for Snegle med sædvanlige Proportioner 0,20—0,30 D. Ved højere Vandstand ude ophører Sneglen vel ikke pludseligt at virke, men dens Arbejdsevne daler hurtigt og bliver i Reglen Nul, naar h_0 nærmer sig 0,5 D.

maa baade foroven og forneden føres lige saa langt som Sneglen, da denne er virkningsløs, hvor Slutrenden mangler.

Sædvanlig indretter man ikke en Vandsnegl paa at kunne pumpe under højeste Højvande i Recipienten, thi det vilde give Anledning til overflødig høj Løftning og dermed følgende Spild af Arbejde den meste Tid af Aaret, men kun under de hyppigt indtrædende Højvande, som ved de danske Kattegats- og Østersøkyster kan anslaas til 0,2—0,3 m over daglig Vande. Pumpeanlæget maa i saa Fald beskyttes mod stærkere Højvande ved et Lukke, i Reglen en Højvandsklap eller et Par Stemmeporte. Det er bragt i Forslag at gøre den øverste Del af Slutrenden forskydelig i Længderetningen og derved stilbar i Forhold til varierende Vandstand i Recipienten, men saa vidt vides, er det ikke forsøgt i Praksis.

Sneglens teoretiske Vandløftningsevne bedømmes bedst i Henhold til en nøjagtig Tegning af Sneglen, hvorpaa Vandstanden i Bugterne indlægges som vist paa Fig. 40. Vandindholdet i en Bugt mellem to Gænger lader sig let bestemme ved Hjælp af en Række Snit vinkelret paa Sneglens Akse (Fig. 41) og Anvendelse af Simpsons Formel til Opsummering af de skiveformige Voluminer mellem disse, og er Vandvoluminet mellem to Gænger bestemt, faas Vandløftningen i en Tidsenhed ved Multiplikation med Omdrejningstallet for Sneglen og Antallet af Løb.

I mange Tilfælde vil man imidlertid kunne nøjes med en Tilnærmelse, som gaar ud paa at fastsætte det gennemsnitlige Tværsnitsareal af Vandstrømmen gennem Sneglen i Forhold til dennes Dimensioner ved et Skøn, der mulig støtter sig paa Konstruktion af nogle Tværsnit. For en treløbet Snegl med Proportioner som foran, vil man saaledes kunne anslaa Middeltværsnittet til Halvdelen af det ringformige Areal mellem Spindel og Periferi, og da Hastigheden opad i Retning af Sneglens Akse er Skruegangshøjden Gange Omdrejningstallet, kan den teoretiske Vandløftning pr. Tidsenhed derefter skrives:

$$Q' = 0{,}5\,\frac{\pi}{4}\,(D^2 - d^2)\,H\,n, \tag{23}$$

naar n er Antallet af Omdrejninger i samme Tidsenhed. Indsættes $d = \frac{D}{2}$ og $H = 0{,}9\,D$, faas

$$Q' = 0{,}26\,D^3\,n \tag{24}$$

I Virkeligheden løfter Sneglen naturligvis en Del mindre, dels fordi der stadig strømmer Vand tilbage gennem Spillerummet mellem Snegl og Slutrende, dels fordi der sker Tab ved at Vand skvulper og sprøjter over Spindelen. De samlede Tab føres sædvanlig i Regning ved at multiplicere Q' med en Koefficient η, Fyldningsgraden, hvorved man faar den virkelige Vandløftning

$$Q = \eta \times Q' = 0{,}26\,\eta\,D^3\,n \tag{25}$$

Fyldningsgraden afhænger af Sneglens mere eller mindre gode Udførelse og af Omdrejningshastigheden. For godt udførte Anlæg, hvis Omdrejningstal fastsættes saaledes, at Periferihastigheden for Sneglen ikke overskrider 3 à 4 m/s,

kan man have $\eta = 0{,}80—0{,}90$, for tarvelige Anlæg maaske kun Halvdelen eller endnu mindre. Forceres Omdrejningshastigheden meget, daler Fyldningsgraden, fordi Vandet »piskes« af Gængerne og skvulper over Spindelen. Sakker Sneglen af, daler η, fordi Tabet gennem Spillerummet faar Overvægt.

Med $\eta = 0{,}80$ og $n = \frac{1}{D}$, svarende til en Periferihastighed paa 3,14 m/s, faar man

$$Q = 0{,}21\, D^2 \text{ (gældende for m og Sek.)} \tag{26}$$

Den Arbejdsintensitet N' (Vandhestekraften), som teoretisk svarer til Udførelse af det foreliggende Løftearbejde, kan skrives

$$N' = \frac{q\,h}{75}\,\text{HK}, \tag{27}$$

naar q er den pr. Sek. løftede Vandmængde maalt i kg og h Højdeforskellen mellem Vandspejlene paa begge Sider af Sneglen, maalt i m. I Virkeligheden behøves naturligvis mere, fordi der lides Tab, dels ved at noget Vand som foran nævnt strømmer tilbage og derved er løftet forgæves, dels som Følge af Friktion af forskellig Art under Bevægelsen. Kalder vi det Antal Hestekræfter, som virkelig maa tilføres Sneglen for at faa Vandløftningen udført, N, og betegner vi ved ξ en ny Koefficient, Nyttevirkningen, der angiver den Brøkdel af N, som bliver nyttig til Vandløftning, har man

$$N = N' : \xi. \tag{28}$$

Nyttevirkningen ξ er naturligvis ikke netop den samme Koefficient som Fyldningsgraden η, men den afhænger til dels af de samme Forhold. Ved udmærket gode Anlæg, der drives med passende Omdrejningstal, kan ξ naa Værdier mellem 0,60 og 0,70; ved tarvelige Anlæg naas ofte kun Halvdelen eller endnu mindre. Desuden maa erindres, at der lides noget Arbejdstab i de Transmissioner (Tandhjulsforbindelser, Remtræk o. a.), der forbinder Kraftmaskine og Snegl. Tager man dette i Betragtning, vil det meget ofte være passende at benytte en Kraftmaskine, hvis effektive HK er ca. 2 Gange Vandhestekraften N'.

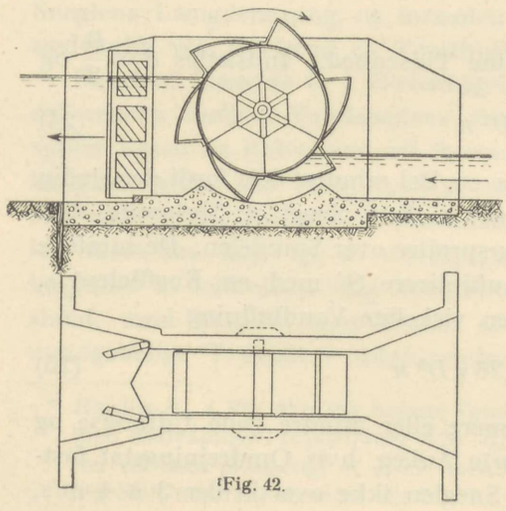


Fig. 42.

Den hollandske Skrue er i Øjeblikket det almindeligst anvendte Vandløftningsredskab ved kunstige Afvandinger. Den udmærker sig ved sin Simpelhed og har den værdifulde Egenskab at kunne arbejde ved temmelig stærkt varierende Omdrejningstal, selv om det som foran nævnt sker paa Nyttevirkningens Bekostning, naar Hastigheden afviger for meget fra det normale. Den taaler at arbejde med meget urent Vand, og lider den Skade f. Eks. ved, at Sten eller andet kommer i Klemme mellem Gænger

og Slutrende, er Skaden let at overse og sjældent større, end at lokale Haandværkere kan udbedre den. Her i Landet er Snegle ved talrige Afvandingsanlæg opstillet i Forbindelse med Vindmotorer (Plan 6).

b. Pumpehjulet. Pumpehjulets Indretning og Virkemaade fremgaar umiddelbart af Fig. 42. Det egner sig udmærket godt til at løfte store Vandmængder gennem en ikke altfor stor Løftehøjde og frembyder i Modsætning til Vandsneglen den Fordel, at der, selv ved ret varierende Vandstande i Ydre- og Indrevand, ikke lides Arbejdstab som Følge af, at Vand løftes for højt.

Pumpehjulet er opfundet i Holland og anvendt der ved forskellige større Udtørringsanlæg. Hjul og Skovler fremstilles bedst af Jern, Slutrenden af Beton. Naar Periferihastigheden holdes nede paa 1 à 2 m/s, og Spillerummet langs Hjulets Periferi og Sider gøres saa lille som muligt, skal der kunne opnaas en meget betydelig Nyttevirkning. Der angives 70 % og endnu mere. Men Hjulet kan naturligvis godt arbejde med større Hastighed, naar man vil nøjes med mindre Nyttevirkning.

Pumpehjulet beskyttes ved et automatisk Lukke, der træder i Funktion og hindrer en tilbagegaaende Vandbevægelse, naar Hjulet stopper.

c. Centrifugalpumpen. Centrifugalpumpen (Fig. 43) er opfundet midt i forrige Aarhundrede af en engelsk Ingeniør *Appolt*. Den bestaar af et hastigt roterende Skovlhjul (Løbehjul), der omsluttes paa alle Sider af en tæt lukket Støbejernskapsel (Pumpehuset). Vandet føres til Pumpen gennem en Sugeledning, der munder ud i Pumpehuset udfor Løbehjulets aabne Centrumsparti. Her gribes Vandet af Skovlerne og slynges, dels ved Centrifugalkraften dels ved Skovlernes Tryk, ud imod Periferien af Pumpehuset, hvor det samler sig under passende højt Tryk i en Sneglegang, som fortsætter sig i Pumpens Stigerør. I Centrum af Løbehjulet opstaar samtidig et Undertryk, der suger friskt Vand til gennem Sugeledningen.

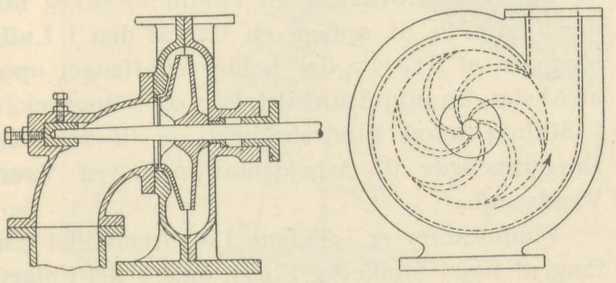


Fig. 43.

Centrifugalpumper bygges i højst forskellige Størrelser og kan indrettes til at pumpe mod Vandtryk af praktisk talt enhver Højde. Men Betingelsen for, at de kan arbejde med god Nyttevirkning, er, at Pumpens Dimensioner, Skovlernes Form og Hjulets Omdrejningstal er afpasset nøje efter Vandmængden, der skal løftes, og den Trykhøjde, Pumpen arbejder imod. Sætter man Pumpen til at arbejde mod en Trykhøjde eller med et Omdrejningstal, der afviger væsentlig fra det, den er konstrueret til, daler Nyttevirkningen hurtigt som Følge af Tab ved Stødvirkninger mellem Skovlerne og Vandstrømmen.

Centrifugalpumper egner sig derfor bedst for Drift med regelmæssigt arbejdende Kraftmaskiner; i direkte Forbindelse med Vindmotorer er de uanvendelige. Under meget gunstige Forhold kan Nyttevirkningen anslaas til 60—70 %, men i mange Tilfælde naas kun det Halve.

En Centrifugalpumpe maa helst anbringes lavere end Vandspejlet i Indrevandet, for at dette selv kan strømme til Pumpen, naar den sættes i Gang. I modsat Fald kan det blive nødvendigt først at »spæde« Pumpen, d. v. s. fylde Pumpehuset med Vand, da Løbehjulet ikke ved at arbejde i Luft kan frembringe nogen nævneværdig Sugning.

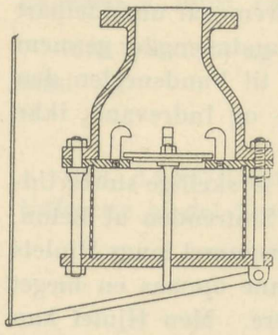


Fig. 44. Bundventil (efter S. Borch's Maskinlære).

For at undgaa overflødig Løftehøjde kan man lade Stigeledningen udmunde under laveste Stand af Ydrevandet, men Pumpeledningen maa i saa Fald forsynes med en Kontraventil, der hindrer Vandet i at strømme tilbage, naar Pumpen standses. Anbringer man denne Ventil forneden i Sugerøret som Bundventil (Fig. 44), holder man Pumpehuset vandfyldt til Stadighed og kan sætte i Gang uden at spæde, selv om Pumpen ligger over Indrevandet. Men Pumpehuset og Ledningerne maa i saa Fald isoleres mod Frost eller være indrettet paa at kunne tappes af i Frostvejr, ellers sprænges de. Sugeledningen til en Pumpe maa naturligvis aldrig være saa lang, at Undertrykket foran Pumpen nærmer sig Atmosfærens Tryk.

Hvad Dimensionering af Centrifugalpumper angaar, henvises til Maskinlæren.

29. Vindmotorer. Et Vindmotoranlæg bestaar af et roterende Vindfang, der tjener til at optage en Del af den i Luftstrømningerne indeholdte Energimængde, et Stativ, der holder Vindfanget oppe i passende Højde og et System af Aksler, Tandhjulsforbindelser og Stangtræk, der tjener til at holde Vindfanget i Stilling imod Vindretningen og til at overføre den af Vindfanget optagne Energimængde til Arbejdsmaskinen, ved Vandløftningsanlæg sædvanlig til en Vandsnegl.

Vindmotorer er i Tidens Løb fremstillet i utallige Konstruktioner med Vindfang af højst forskellig Form, men i det Følgende skal kun gives en Beskrivelse af to for Tiden almindeligt anvendte Vindmotortyper, som vi vil benævne henholdsvis Vindmøller og Vindroser.

Vindmøller eller **Vingemøller.** Vindfanget for en Vindmølle bestaar af 4, 5 eller 6 Møllearme, der straaler radiært ud fra en temmelig nær vandret Mølleaksel og hver bærer en Vindflage, sædvanlig af rektangulær Form eller Sektorform. Alle Vindflagerne har Smig, d. v. s. er stillet noget skraat i Forhold til Møllearmenes Plan, saaledes at Vindtrykket, der i alt væsentligt er normalt imod Flagerne, faar en Komposant i Møllens Omdrejningsretning. Vindfanget bæres af Mølleakslen, der hviler i Lejer i »Møllehatten«, som kan drejes imod alle Verdenshjørner omkring en lodret Aksel øverst i Stativet; Vindfanget holdes i Stilling imod Vindretningen af en bagudrettet Vindfane eller af to Krøjeroser, d. v. s. smaa roterende Vindfang, der anbringes paa Møllehatten bag Hovedvindfanget, vinkelret paa dettes Plan, og griber ind i en Tandkrans paa Stativet med en Snekke (Skrue uden Ende). Mølleakslens Rotation overføres sædvanlig til Arbejdsmaskinen ved Hjælp af en lodret Drivaksel midt i Stativet og to Par koniske Tandhjul, et foroven og et forneden (Plan 6).

Vindmøller fremstillede man tidligere af Træ med Vindfang af Sejldug

(Hollandske Møller). Sejlene maatte man »rebe« i Stormvejr og »beslaa«, naar Møllen ikke skulde arbejde. Nyere Møller fremstilles som Regel af Jern, eventuelt med Vindfang af Træ eller Zinkblik. De bæres af et Stativ (Taarn) af Profiljernstænger, der samles i Pyramideform og stives af mod hinanden ved Hjælp af Gitterstænger. Stativet boltes forneden i Terrænhøjde fast til et solidt Betonfundament.

Vindmøller af denne Art (der i daglig Tale ofte kaldes Vindmotorer i Modsætning til de gammeldags Vejrmøller) gøres saa godt som altid selvsvikkende, d. v. s. indrettes paa at kunne »afsejle« sig selv automatisk, naar Vindhastigheden overstiger en for det fulde Vindfang passende Størrelse, sædvanlig 7 à 8 m/s. Det kan opnaas paa forskellig Maade. Paa de saakaldte Klapsejlsmotorer (Fig. 45) bestaar hver Vindflage af en Række smalle Vindbrædder, der er anbragt drejelige om Hængsler vinkelrette paa Møllearmen og koblet sammen ved Hjælp af Trækstænger ligesom Tremmer i et Jalousi. Naar Hængslerne anbringes et passende Stykke foran Trykcentrene for de enkelte Vindbrædder, opnaar man, at Vindpresset paa disse har Tilbøjelighed til at afsejle Motoren (aabne Jalousiet) ved at dreje Brædderne paa Kant op imod Vinden. De Stænger, der styrer Vindbræddernes Bevægelse, føres ind til Mølleakslen, hvor de ved Hjælp af et System af Vinkelvægtstænger og Glideringe er sat i Forbindelse med en i Stativet ophængt Kontravægt, der har den Opgave at afbalancere Vindpresset, naar Møllen arbejder. Jo større man gør Kontravægten, desto større Vindpres skal der til for at afsejle Møllen, og desto mere Arbejde kan denne optage i frisk Vind og omvendt. Fjerner man Kontravægten helt, standser Møllen.

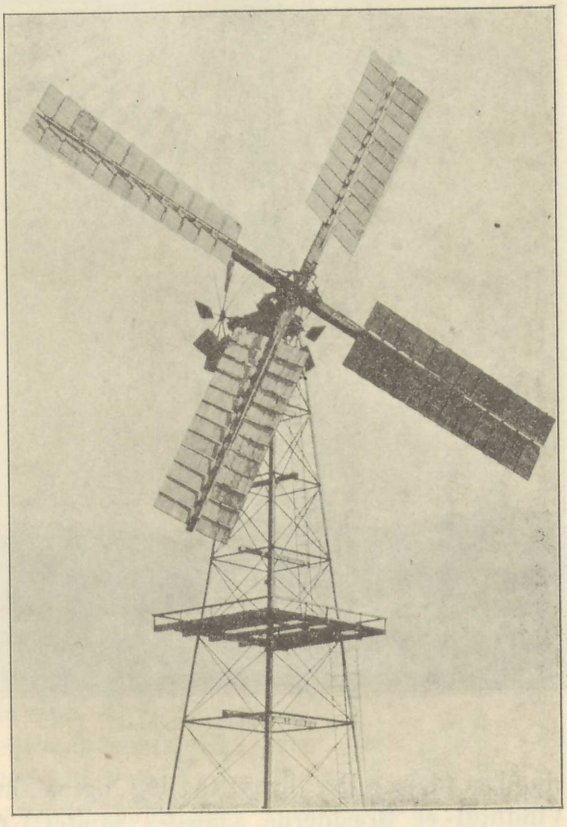


Fig. 45. *La Cours* Vindmølle
(efter O. Stertz: Moderne Windturbinen. Leipzig 1916).

Paa den af Ingeniørerne *Jensen* og *Vinding* konstruerede Vindmølle (Fig. 47) er Selvsvikning opnaaet paa en noget anden Maade, idet hver af Møllevingerne er anbragt drejelig om selve Møllearmen. Vindfangets Flager forbliver paa denne Maade udelte under Svikningen, men ændrer Smig efter Vindstyrken. Drejer man Møllevingerne helt ud i Vindretningen, standser Møllen.

Vindrosen eller **Vindhjulet** adskiller sig fra Vindmøllen ved Vindfangets særlige

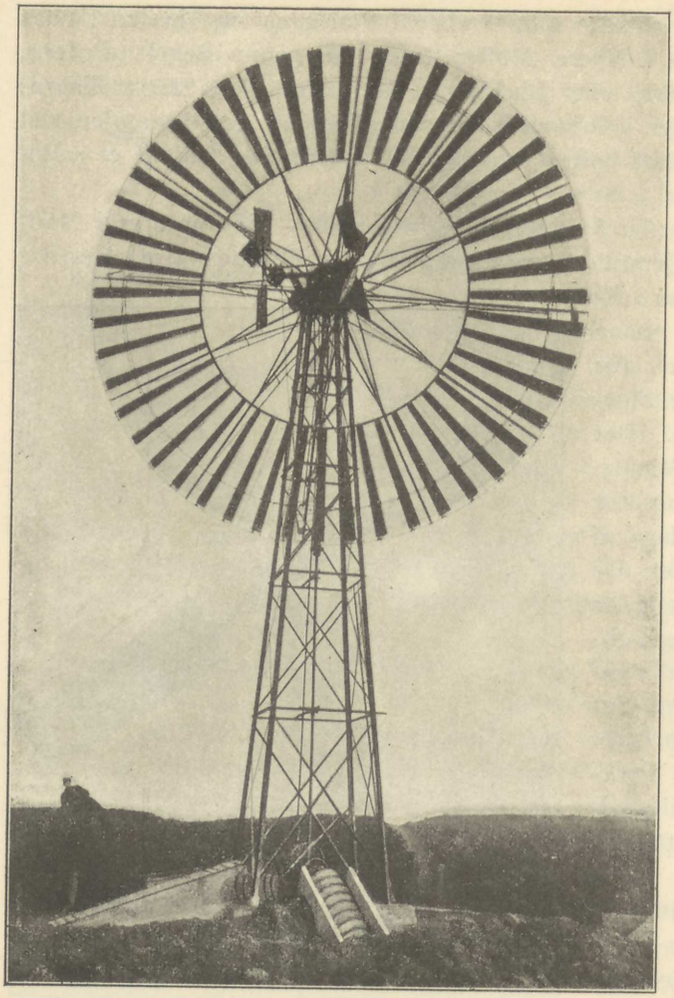


Fig. 46. *Scandia* Vindrose.

Art. Det bestaar nemlig af talrige smalle Vindbrædder af Træ eller Zinkblik, der er ordnet radiært i en Cirkelring paa et hjulformigt Jernskelet. Brædderne har hver især Smig i Forhold til Hjulets Plan ligesom Møllevinger (Fig. 46). Rosen bæres af et Profiljernstaarn og holdes i Stilling imod Vindretningen af en Vindfane eller af Krøjeroser paa ganske samme Maade som en Vindmølle.

Selvsvikning kan opnaas paa forskellig Maade. Sædvanlig er de enkelte Vindbrædder anbragt drejelige om Radier i Hjulet og koblet sammen indbyrdes ved Hjælp af en Jernring, der atter ved Trækstænger, Vinkelvægtstænger og Glideringe er forbundet med en Kontravægt forneden paa Stativet. Ved skiftende Vindstyrke indstiller Brædderne sig da automatisk med varierende Smig. Aabner man Rosen helt i Vindretningen, standser den. Der benyttes dog ogsaa andre Konstruktioner. I *Halladay*'s Vindhjul er Brædderne saaledes samlet i 6—8 sektorformede Flager, der kan dreje sig ud vinkelret paa respektive Radier, saaledes at det helt afsejlede Vindfang nærmest faar Tøndeform; men Konstruktionen er ikke synderlig almindelig. Ganske smaa Vindroser har ofte fastsiddende Vindbrædder og reguleres ved, at Vindfanen under voksende Vindstyrke automatisk drejes henimod Hjulets Plan, hvorved dette kommer til at staa mere og mere skraat for Vindretningen. De fleste større Vindroser forsynes yderligere med en Centrifugalregulator (sædvanlig et Lod paa en Vægtstangsarm, anbragt paa Hjulets Periferi), der ved Hjælp af en Stangforbindelse afsejler Vindfanget, naar Hjulets Hastighed overskrider et vist Maksimum. Herved vil man hindre, at Hjulet løber løbsk, dersom Belastningen paa Arbejdsmaskinen pludselig ophører.

Vindmotorers Arbejdsevne. Ved Beregning af den Arbejdsmængde, som et Vindfang er i Stand til at optage ved given Vindstyrke, har vi her i Landet indtil de seneste

Aar*) bygget paa Maalinger og Forsøg, som er foretaget af afdøde Professor *la Cour* i Askov i Aarene 1891—1902.

Vindens Virkning paa en Flade er i Virkeligheden af ret kompliceret Art og skyldes dels et Overtryk paa Forsiden af Fladen dels, og det er i Virkeligheden det afgørende, et Undertryk (Sugning), der opstaar paa Læsiden af den. Efter *la Cours* Undersøgelser kan man med en for Praksis tilstrækkelig god Tilnærmelse gaa ud fra, at Vindens samlede Virkning, Trykresultanten, er proportional med Fladens Areal og med Kvadratet paa Vindens Hastighed i Forhold til Fladen. (Derimod er Trykresultanten ikke, som man maaske kunde tro, altid vinkelret paa en plan Flade og angriber heller ikke altid i dens Tyngdepunkt). Bevæger Fladen sig med en vis Hastighed i given Retning, optager den pr. Tidsenhed en Arbejdsmængde, som er proportional med Fremdriften, d. v. s. Trykresultantens Projektion paa Bevægelsesretningen, og med Hastigheden. Staar denne i konstant Forhold til Vindens Hastighed (er f. Eks. *n* Gange saa stor), bliver den pr. Tidsenhed optagne Arbejdsmængde proportional med Fladens Areal og med Vindhastigheden i 3. Potens.

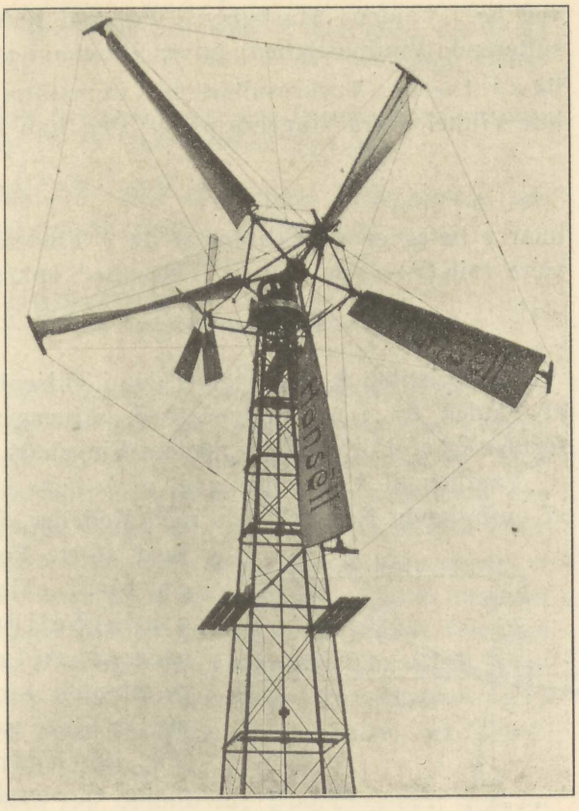


Fig. 47. *Jensen* og *Vindings* Vindmølle
(efter Cliché, tilhørende Ingeniør Vinding).

Fig. 48 viser skematisk Forholdet for et plant Element af en Møllevinge. *ab* fremstiller Mølleakslen, *cd* Møllearmenes Plan, der antages at staa vinkelret paa Vindretningen, og den svært optrukne Linie *AB* et Snit i Møllevingen, der farer forbi i Retning fra venstre mod højre. Vinkel *s* er Smiget. Vindens Hastighed *v* fremstilles ved Liniestykket *eb* og Vingeelementets Hastighed, der antages at være *n* Gange saa stor,

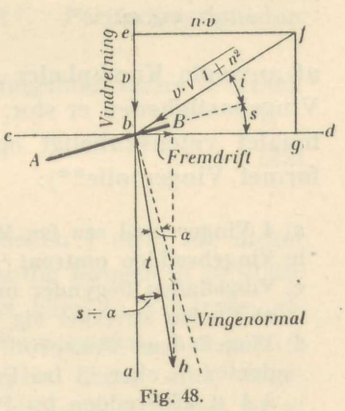


Fig. 48.

*) Under Verdenskrigen er der i krigsførende Lande frembragt et meget værdifuldt Erfaringsmateriale m. H. t. Luftstrømmes Indvirkning paa Vingeprofiler af forskellig Art, og der er derved tillige vundet et nyt Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer. Denne Mølleteknik er imidlertid endnu kun i sin første Vorden. Se f. Eks. »Ingeniøren« 1921. Nr. 31. Prof. Erik Schou: Det moderne Grundlag for Konstruktion af Vindmotorer.

ved *bg*. Vindens Hastighed i Forhold til Vingeelementet (den relative eller resulterende Vindhastighed) bliver Diagonal i Parallelogrammet *ebgf* og i Størrelse lig $v\sqrt{1+n^2}$. Trykresultanten t fremstilles ved Liniestykket *bh*, der afviger en lille Vinkel α fra Vingenormalen; den kan i Henhold til det sagte skrives

$$t = c \cdot F v^2 (1 + n^2), \tag{29}$$

naar c betegner en Koefficient og F Fladeelementets Areal. Fremdriften ses at være $t \sin (s - \alpha)$ og den pr. Tidsenhed optagne Arbejdsmængde følgelig

$$A = t \sin (s - \alpha)\, n\, v = c\, F\, v^3 (1 + n^2)\, n \sin (s - \alpha) = k\, F\, v^3. \tag{30}$$

Koefficienten k, der angiver den i Tidsenheden optagne Arbejdsmængde pr. m^2 af Fladen for 1 m Vindhastighed, afhænger foruden af Vingetværsnittets Form fornemlig af Forholdet n mellem Vingehast og Vindhast og af Smiget.

Værdien af k blev beregnet af *la Cour* for forskellige Vindfang paa Grundlag af omfattende Forsøg*) dels med Modeller, der blev anbragt i kunstig Vind, dels med større Forsøgsmøller. Han fandt derved, at en buet eller vinkelbøjet Plade (Knækplade) betinger en større Arbejdsoptagelse (større k) end en plan Plade, navnlig fordi Trykresultanten for de først nævnte Formers Vedkommende ligger gunstigere i Forhold til Vingenormalen (Fig. 49). Endvidere fandt han, at k for en Knækplade er størst for Værdier af n mellem 2,4—3,6 og tilsvarende Smig paa 10—6°, samt som almen gyldig Regel, at stor Vingehast kræver lille Smig og omvendt, et Forhold som iøvrigt let vil forstaas ved Betragtning af Figurerne. Disse Regler var vel i Hovedsagen allerede kendt af Møllebyggere, der til Dels ad Erfaringens Vej havde lært at anvende Knækplader og Møllevinger med Smig, som vokser fra Spidsen, hvor Vingehastigheden er stor, ind imod Aksen; men *la Cour* gennemarbejdede Spørgsmaalet videnskabeligt og opstillede derefter følgende Hovedregler for en rigtig formet Vingemølle**):

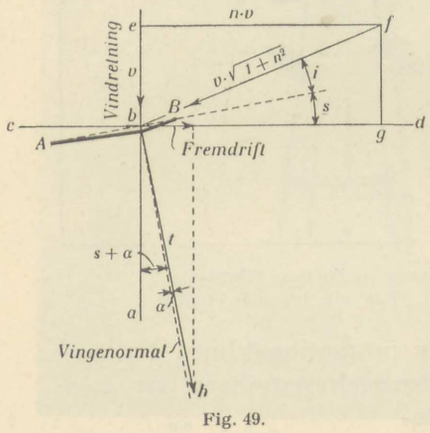


Fig. 49.

a) 4 Vinger med saa faa Modstandsflader som muligt, navnlig ude imod Vingespidsen.
b) Vingebredden omtrent 1/4 eller 1/5 af Vingelængden og omtrent lige stor overalt.
c) Vingefladen begynder omtrent i en Afstand fra Aksen, der er 1/4 af Vingelængden, saa at Fladen strækker sig 3/4 af Vingelængden.
d) Vingefladens Tværprofil er ikke en ret Linie, men knækket eller bøjet paa et Punkt, der er 1/4 eller 1/6 fra Forkanten og Knækket er saa stærkt, at Brydningskanten er 3 à 4 % af Bredden fra Profilets Korde. Dette gælder Vingespidsen; forinden kan Profilet være hel ret.
e) Smiget, der regnes efter Profilkorden, er i Vingespidsen 10° og tiltager regelmæssigt, saa at det i 2/3 Afstand fra Aksen er 15°, i 1/3 Afstand 20° og i Akslen vilde være 25°.

*) Poul la Cour: Forsøgsmøllen. København 1900.
**) I det væsentlige ordret citeret efter ovennævnte Værk.

f) Møllen skal være indrettet paa, at Vingespidsen gaar med en Hastighed, der er 2,4 Gange saa stor som den Vindhastighed, ved hvilken man ønsker den størst mulige Arbejdsevne.

g) Arbejdet, en saadan Mølle kan yde, kan beregnes under den Forudsætning, at man faar 60 Grammeter pr. m² af Vindfanget for en Vindhastighed lig 1 m/s.

Indsætter vi $k = 60$ g m i Formel (30), faar vi Møllens Arbejdsevne, udtrykt i Hestekræfter, ved Division med 75000 (1 HK = 75 kg m/s)

$$N = 60\,F\,v^3 : 75000 = 0{,}0008\,F\,v^3 = \frac{F\,v^3}{1250}\,\text{HK}, \qquad (31)$$

naar F er Vindfangets Areal maalt i m² og v Vindens Hastighed maalt i m pr. Sek.*)

En Mølle med 5, 6 eller flere Vinger er efter *la Cours* Forsøg kun i Stand til at optage en mindre Arbejdsmængde pr. m² af Vindfanget (mindre k). Han begrunder det ved, at hver Vinge tilvejebringer en Standsning i den Luftstrøm, den passerer, hvilket skader den næst følgende Vinge, som ikke træffes af fuld Vindstyrke og derfor optager mindre Arbejde, end den ellers vilde kunne, og det er indlysende, at dette Forhold bliver desto mere fremtrædende, jo hurtigere Vingerne følger paa hinanden, altsaa jo flere Vinger Møllen har, og jo hurtigere den gaar rundt. Tydeligst træder dette frem for Vindrosernes Vedkommende, hvor Vindbrædderne følger ganske tæt efter hinanden. Vindroser bør derfor gaa forholdsvis langsomt, hvad der atter medfører (se ovenfor), at Vindbrædderne maa have relativ stort Smig.

For Vindroser foreligger der ikke saa omfattende Undersøgelser som for Vingemøller. Sædvanlig bygger man dem, saaledes at Vindfanget danner en Cirkelring, hvis Højde er ¼ à ⅓ af Hjulets Diameter, og saaledes at Vindbrædderne har et samlet Areal lig 0,5—1,0 Gange Cirkelringens. Vindbrædderne kan være plane, vindskæve, svagt buede eller knækkede, hvad der ikke synes at gøre synderlig Forskel, og have et Smig paa 20—40 °. Periferihastigheden er ofte 9—12 m/s i frisk Møllevind.

Hjulets Arbejdsevne beregner man sædvanlig efter følgende ældre Formel, som er opstillet af *Coulomb*,

$$N = \frac{D^2\,v^3}{3000}\,\text{HK}, \qquad (32)$$

hvori D betegner Rosens Diameter i m og v Vindhastigheden i m/s; for meget aabne Vindrosers Vedkommende bør Nævneren dog formentlig forøges til ca. 4000.

Om man i givet Tilfælde skal vælge en Vingemølle eller en Vindrose, afhænger af, hvilket Arbejde Motoren skal udføre. Ved Pumpeanlæg har man i de fleste Tilfælde foretrukket Vindroser, fordi de arbejder bedre end Vingemøller i svag og ustadig Vind og i højere Grad end disse er i Stand til at udnytte enhver Mulighed for Pumpning. Denne Ejendommelighed forklares ved den principielle Forskel paa de to Slags Motorer, at Vingemøller arbejder

*) Er Vindfangets Diameter D m, faar vi med de beskrevne Proportioner af Vingerne $N = 0{,}000\,12$ à $0{,}000\,15\,D^2\,v^3$, eller cirka $\frac{D^2\,v^3}{7500}$ HK.

med stor Hastighed, men forholdsvis lille Fremdrift, medens Vindroserne omvendt arbejder langsomt men med stor Fremdrift. Naar en Vingemølle i ustadigt Vejr sakker af, fordi Vinden flover, er dens Arbejdsevne brudt, fordi Fremdriften ved den ringe Hast og svage Vind er mindre end Vandløftningsredskabets konstante Modtryk; der skal en ret betydelig Vindstyrke til at sætte Møllen i Gang igen imod Belastningen, og Følgen bliver maaske, at den staar stille. Anderledes med Vindroserne, der selv ved ringe Hast har Fremdrift nok til at overvinde Pumpens Modtryk.

Den nævnte Ulempe ved Vingemøllerne hænger naturligvis sammen med Vindfangets ringe Smig, der er afpasset efter den store Vingehast. Ved *Jensen* og *Vindings* nye Mølle er Vingerne som nævnt gjort drejelige om Møllearmene saaledes at Smiget tillempes automatisk i Forhold til Vindstyrken og specielt gøres stort under Igangsætning, og naar Møllen ikke er i fuld Fart. Man maa derfor antage, at denne Mølleform vil kunne frembyde Fordele i samme Retning som Vindroserne, samtidig med at Vingemøllens store Arbejdsevne i fuld Fart bibeholdes. Vingerne er iøvrigt formede efter Erfaringer fra den moderne Aeroplanteknik med Henblik paa at undgaa Stød imod Luftstrømmen og paa at reducere Skademodstandene til det mindst mulige. Ingeniør *Vinding**) mener at kunne opnaa en Arbejdsoptagelse paa ca. 135 gr m pr. m^2 af Vindfanget for 1 m Vindhast, altsaa godt dobbelt saa meget som ved *la Cours* Mølle.

Antallet af Blæsedage. Ved Dimensionering af en Vindmotor for et kunstigt Afvandingsanlæg er det som foran nævnt af grundlæggende Betydning at skønne over, hvor mange Blæsedage man kan paaregne paa forskellige Tider af Aaret, navnlig i Foraarsmaanederne Marts og April, hvor Vinternedbøren ofte skal pumpes op.

Tabel XXXIII. Relativ Hyppighed af forskellig Vindhastighed i Procent af Tiden.

Vamdrup 1883—1910	Vindstyrke			
	5 m/Sek. eller derover	6 m/Sek. eller derover	7 m/Sek eller derover	8 m/Sek. eller derover
Januar	74,7	61,2	48,5	38,2
Februar	74,8	60,3	46,9	35,5
Marts	77,7	61,4	45,7	34,7
April	72,2	53,3	37,2	26,0
Maj	68,7	49,8	32,6	21,4
Juni	65,4	44,9	29,0	17,8
Juli	58,4	37,9	22,8	14,0
August	58,8	39,5	26,3	17,0
September	53,6	34,5	21,7	14,4
Oktober	58,0	39,7	26,7	18,4
November	65,4	45,5	33,3	23,2
December	71,0	55,3	42,8	32,9
Hele Aaret	67,0	49,1	34,8	24,7

*) »Ingeniøren« 1919. Nr. (40), 63 og 64. Povl Vinding: Vindmøllen

Til Vejledning i saa Henseende foreligger bl. a. systematiske Maalinger, som er foretaget af *Det danske meteorologiske Institut* paa Stationen i Vamdrup gennem en længere Aarrække.*) En Sammenstilling af Maaleresultaterne for Aarene 1883—1910 giver de i Tabel XXXIII anførte Middelværdier for den relative Hyppighed af Møllevind af forskellig Styrke i % af Tiden for Aarets forskellige Maaneder.

At dømme efter disse Middeltal, vil man i Foraarsmaanederne Marts-April kunne paaregne frisk Møllevind paa 6—7 m/s eller derover i ca. Halvdelen af Tiden, i Aarets flove Maaneder Juli—September kun i $^1/_4$—$^1/_3$ af Tiden. Ved at dimensionere en Vindmotor for et Afvandingsanlæg i Overensstemmelse hermed, vil man som Regel være paa den sikre Side. Ganske vist kan Vindforholdene i enkelte uheldige Aar være en Del ugunstigere end de nævnte Gennemsnit for 28 Aar; men til Gengæld kan man paaregne, at Motoren, særlig hvis det er en Vindrose, udretter noget ved de hyppigt forekommende svage Vinde, og at Pumpearbejdet forceres ved forefaldende store Vindhastigheder. Som Vejledning ved Bedømmelse af de Variationer i Vindforholdene, som man maa regne med, og dermed af den Risiko, man løber, er i Tabel XXXIV anført nogle Maksima og Minima**) i Henhold til de nævnte Maalinger i Vamdrup.

Under ugunstige Forhold kan brugelig Møllevind (5 m/s eller derover) saaledes i Marts—April optræde med relativ Hyppighed, som kun svarer til ca. $^2/_3$ af Gennemsnittet, og indtræder der samtidig et stærkt Tøbrud, vil man næppe

Tabel XXXIV. Relativ Hyppighed af Vindhastigheder paa 5 m eller derover i Procent af Tiden.

Vamdrup 1883—1910	Maksimum	Minimum
Januar	87,9	58,6
Februar	95,1	36,3
Marts	96,0	54,0
April	95,3	51,1
Maj	95,2	51,6
Juni	92,8	36,4
Juli	93,0	32,8
August	95,2	34,1
September	93,3	32,2
Oktober	75,5	35,5
November	93,6	34,7
December	91,7	50,8
Hele Aaret	83,0	54,2

(Middelværdierne findes i Tabel XXXIII).

*) Se ogsaa Tidsskrift for Vindelektricitet 1904. Hefte 5.

**) Tallene er velvilligt meddelt af Statsmeteorolog, mag. scient. H. Hansen.

undgaa Oversvømmelse eller en mere eller mindre forsinket Oppumpning af Af strømningen.

Maalingerne i Vamdrup angiver Vindhastigheden paa frit Fladland i ca. 15 m Højde over Jorden. Paa aaben Kyst ud imod et større Hav blæser det sædvanlig noget mere, i Læ af Skove eller Bakkedrag en Del mindre. Regelmæssige Observationer, som meteorologisk Institut lader foretage forskellige Steder i Landet, viser f. Eks., at den relative Hyppighed af frisk Møllevind paa 6—7 m/s eller mere, som Gennemsnit for en længere Aarrække er godt 40 % i Herning, over 60 % i Esbjerg og over 70 % paa Anholt.

Stativet (Taarnet) for et Vindmotoranlæg bør være saa højt, at det saa vidt muligt kan holde Vindfanget klar af de Forstyrrelser i Luftstrømningerne, som Bevoksninger, Bygninger, Terrænforhold o. a. kan give Anledning til. Men selv paa ganske aabent og fladt Land kan der være Anledning til at anbringe Vindfanget noget tilvejrs, fordi Vindhastigheden i hvert Tilfælde i lavere Luftlag vokser med Højden over Jordoverfladen. *La Cour* har saaledes ved Forsøg paa aaben Mark i Nærheden af Forsøgsmøllen i Askov fundet følgende Gennemsnitstal*):

Højde over Jorden i m	1 à 1,5,	5,	10,	15,	20
Vindhast i % af Hastigheden i 20 m Højde.	67,8,	81,2,	90,4,	96,0,	100

Hvor Vindmotorer anbringes frit paa Fladland, har man jævnlig en Stativhøjde paa 1 à 1,5 Gange Vindmotorens Diameter.

30. Varmemotorer. De almindelige Varmemotorers Indretning og Virkemaade forudsættes bekendt fra Maskinlæren. Om deres Anvendelse ved kunstige Afvandingsanlæg bemærkes følgende.

1. **Dampmaskiner** anvendes kun ved store Tørlægningsarbejder, hvor Pumpestationen kan holdes i kontinuerlig Drift en stor Del af Aaret. Til smaa Anlæg og Anlæg uden Samlebassin egner de sig ikke godt, fordi Igangsætningen med Opfyring under et Kedelanlæg er for omstændelig. Om Kulforbruget ved nogle større Anlæg her i Landet har Oberstløjnant *P. Hansen* givet Oplysninger i en Artikel i den tekniske Forenings Tidsskrift 1878—79, Hefte 1.

2. **Forbrændingsmotorer** for Petroleum og Raaolie (specielt Dieselmotorer) anvendtes ret almindeligt baade herhjemme og i Udlandet og egner sig udmærket godt for en diskontinuerlig Drift, fordi de kan sættes i Gang uden større Forberedelser. De er tilmed ret lette at passe og forholdsvis billige med Hensyn til Brændselsforbrug. For Dieselmotorer kan dette anslaas til 200—250 g pr. HK-Time, for smaa Eksplosionsmotorer til 300—400 g pr. HK-Time, efter Motorernes Konstruktion.

Forbrændingsmotorer benyttes i Reglen i Forbindelse med Vandsnegle eller Centrifugalpumper. De installeres i et lukket Motorhus, der tillige dækker Sneglens øvre Del og Transmissionerne eller Centrifugalpumpen, hvis man foretrækker en saadan. Transmissionerne maa indrettes saaledes, at Motoren kan startes uden

*) Tidsskrift for Vindelektricitet 1907, 2. Hefte. Vindhastigheden og Højden over Jorden samt Betydningen for Vejrmøller.

Belastning og senere bringes i Forbindelse med Vandløftningsredskabet, f. Eks. ved et Remtræk med løs og fast Remskive eller en Friktionskobling.

3. **Elektromotorer** egner sig paa Grund af deres store Omdrejningstal udmærket for direkte Kobling til Centrifugalpumper. De er meget driftsikre, kræver kun ringe Pasning og kan arbejde i forholdsvis lang Tid uden Tilsyn. Ved smaa Anlæg indrettes de undertiden for automatisk Drift ved Hjælp af en Svømmeranordning, som slutter den elektriske Strøm, naar Vandspejlet i Samlebassinet er steget til en vis Højde, og afbryder den, naar det er passende sænket. Derved opnaas en Besparelse i Udgifterne til Anlægets Pasning.

Økonomien ved en elektrisk Drift afhænger i høj Grad af Omstændighederne. I mange Tilfælde vil det kunne betale sig for et Elektricitetsværk at levere Strøm til et Pumpeanlæg til en forholdsvis lav Pris, fordi Pumpeanlægget kan indrettes paa at aftage Strøm paa Tider, hvor Maskinerne paa Værket er svagt belastede. Har Værket f. Eks. sit Belastningsmaksimum om Aftenen i Belysningstiden, kan Pumpeanlægget med Fordel drives om Dagen o. s. fr.

Varmemotorer anvendes undertiden som Reservedrivkraft for Vindmotoranlæg til Brug under længere Tids Vindstille. Ved Snegleanlæg anbringer man saaledes ofte en Forlagsaksel med et Tandhjul (se Plan 6), der kan rykkes ind paa Sneglens Tandhjul og drives ved et Remtræk fra et Lokomobil. Hvor en saadan Reserveanordning findes, kan man naturligvis dimensionere Vindmotoren forholdsvis knebent.

31. Vandkraft benyttes kun sjældent ved Afvandingsanlæg, skønt den for saa vidt egner sig ypperligt, som den vil være til Stede i rigelig Mængde netop paa de Tider af Aaret, hvor der er meget Vand at fjerne. Man har nogle Steder, f. Eks. ved Stenholt Mølle ved Esrom Sø, benyttet et eksisterende Vandhjul som Drivkraft for en Vandsnegl, men Nyanlæg af denne Art er sjældne.

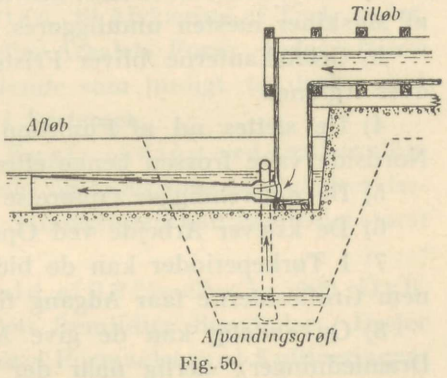


Fig. 50.

I Udlandet (f. Eks. i Sverige) har man lejlighedsvis til Udnyttelse af Vandkraft benyttet et særligt Vandløftningsredskab (Fig. 50), der virker paa lignende Maade som en Ejektor (Straalepumpe), ved at Kraftvandet ledes igennem et Straalerør, der omsluttes af Sugerøret fra Afvandingsanlægget. Vandstraalen afgiver derved noget af sin levende Kraft til Vandet fra Afvandingskanalen og suger dette med sig*).

d. Detailafvanding.

32. Detailafvandingens Hovedtræk. Detailafvandingens Formaal er som tidligere berørt (Punkt 15) at tilvejebringe en passende dyb og nogenlunde ens-

*) Handb. d. Ingenieurwiss. III, 7.

artet Sænkning af Grundvandet paa de enkelte Dele af et vandlidende Areal, hvis Hovedafløbsforhold enten paa Forhaand er tilfredsstillende, idet man har direkte Adgang til en Recipient med tilstrækkelig dybt liggende Vandspejl, eller er forbedret ved Anlæg af en Afvandingskanal, en Rørledning, Regulering af et Vandløb el. a., som udførlig beskrevet i de foregaaende Punkter.

En Detailafvanding udføres som Regel ved Hjælp af forskellige Systemer af aabne eller lukkede Sideledninger (Sidegrøfter eller Sidedræn), der gennemskærer Arealet i passende indbyrdes Afstand og opfanger den paa Arealet faldne Nedbør, efterhaanden som den siver ned til Undergrunden og eventuelt tillige Overfladevand eller Grundvand, som strømmer til fra Siderne. Disse Sideledninger munder ud i Samleledninger, (Samlegrøfter eller Samledræn), der, foruden at de selv opfanger Vand, tjener til at optage Afstrømningen fra en Række Sideledninger og føre det videre, enten til en anden større Samleledning eller til et Hovedafløb.

Ved Udarbejdelse af Planen for et Detailafvandingsanlæg afgøres i det enkelte Tilfælde, om Ledningerne skal være aabne eller lukkede. I Almindelighed gælder det, at man skal have saa faa aabne Grøfter, som det af økonomiske eller tekniske Grunde kan forsvares, idet Dræningen rummer saa mange og store Fordele, at den bør foretrækkes overalt, hvor der ikke er afgørende Grunde, der taler for det modsatte.

Af Ulemper, som følger med aabne Grøfter, kan nævnes:

1) De vil, naar deres Dybde og Afstand indrettes saaledes, at Grundvandets Overflade overalt kan sænkes saa dybt som ønskeligt, navnlig paa lidet gennemtrængelig Jord, optage en stor Del af Arealet (indtil 10 %).

2) Benyttelsen af Arealet besværliggøres, idet Tværbearbejdning og Anvendelse af Maskiner næsten umuliggøres.

3) Grøftekanterne bliver Fristeder for Ukrudt, der herfra kan brede sig ind over Agrene.

4) De sættes ud af Funktion, naar Bund og Sider fryser, og ofte kan en Nordside være frossen længe efter, at Frosten iøvrigt er gaaet af Marken.

5) De nødvendiggør Opførelse af Broer eller Underløb af Hensyn til Passage.

6) De kræver Arbejde ved Oprensning og Vedligeholdelse.

7) I Tørkeperioder kan de bidrage til at gøre Jorden for tør, idet Luften gennem Grøftesiderne faar Adgang til dybere Lag.

8) Og endelig kan de give Anledning til Gødningstab (i højere Grad end Drænledninger), særlig naar der ved Tøbrud strømmer meget Vand bort overfladisk, medens Jorden endnu er frossen.

Enkelte aabne Grøfter maa dog altid benyttes, hvor det drejer sig om Arealer med ringe Fald, idet aabne Grøfter kan nøjes med meget mindre Fald end Drænledninger. Endvidere er man tvunget til, i hvert Fald foreløbigt, at benytte aabne Grøfter paa dyb og blød Tørve- eller Dyndjord og paa Steder, hvor Jorden er meget okkerfyldt. Paa Dynd- og Mosearealer kan Bunden nemlig være for blød og eftergivende for Rørlægning, og der maa desuden paaregnes en uensartet og ikke ubetydelig Sætning efter Afvanding og Kultur, saaledes at Rør vilde komme til at ligge uregelmæssigt og for overfladisk. Til Fordel for

aabne Grøfter paa saadanne Arealer taler ogsaa, at de sædvanlig er billige at grave, fordi Jorden er let at arbejde i og kan staa med ringe Anlæg; desuden kan man som Regel have stor Afstand mellem Sidegrøfterne, idet der oftest vil være Tale om Græsavl, til hvilken der ikke kræves saa stærk Afvanding som til anden Planteavl, og fordi Tørvejord og især Dynd er let gennemtrængelig for Vand. Endelig kan der hyppigt være særdeles god Anvendelse for den opgravede Jord til Planering eller, hvis en Del af den er mineralsk, til Udspredning over Tørven i et 5—10 cm tykt Lag (Dækkultur).

Men selv under gunstige Forhold kan Dræning ikke fuldstændig udelukke Anvendelse af aabne Grøfter; thi i Almindelighed maa større Samledræn munde ud i en aaben Afløbsgrøft, bl. a. fordi de aabne Grøfter, naar det drejer sig om store Vandmængder, bliver økonomisk fordelagtigere.

33. Afvanding ved aabne Grøfter. Paa større Arealer udføres en saadan Afvanding som nævnt sædvanlig ved Hjælp af en større Samlegrøft (Hovedgrøft) eventuelt flere Samlegrøfter af forskellig Orden, der gaar gennem de laveste Partier, og forskellige Systemer af Side- eller Stikgrøfter. Sidegrøfterne bør støde til Samlegrøfterne under en Vinkel, der ikke fjerner sig meget fra 90°, da man i modsat Fald vil faa Spidser, der er særlig vanskelige at bearbejde. Om deres Retning er iøvrigt at bemærke, at de, hvor der kan være Tale om Trykvand, bør gaa omtrent vinkelret paa dettes Bevægelsesretning, hvilket oftest vil være ensbetydende med, at de skal gaa nogenlunde parallelt med Terrænets Horizontalkurver eller de omgivende Bakkers Skraaninger; ofte vil det dog, hvor det drejer sig om Arealer, der har meget lidt Fald, være tilstrækkeligt, at der ved Foden af omgivende Skraaninger, hvor Grundvandet hyppigst viser sig ved Overfladen, graves en enkelt Grøft, Landgrøften, til Afskæring af Trykvandet, medens Retningen af de øvrige kan indrettes efter Arealets Form. Sidegrøfterne bør lægges saaledes, at de bliver saa lidt generende som muligt, og derfor altid saaledes, at der bliver en vis Regelmæssighed i Systemet.

Hvor der kan blive Tale om at iværksætte Fugtvanding ved Opstemning, maa Samlegrøfterne lægges efter det stærkeste Fald og Sidegrøfterne vinkelret derpaa, for at man ved det enkelte Stemmeværk i Samlegrøften kan vande det størst mulige Areal (Punkt 43,1).

Ved aabne Grøfter kan man gaa ned til et Fald af 0,2 ‰ eller 1 : 5000. Dybden retter sig efter Jordbundens Art og Arealets fremtidige Benyttelse. Drejer det sig om Dynd- eller Tørvearealer, og er Græsavl Formaalet med Kultiveringen, vil Dybden variere mellem 0,8 og 1,2 m.

Afstanden mellem Sidegrøfterne bestemmes efter Jordbundens Beskaffenhed og Grøftedybden, eventuelt efter sammenlignende Forsøg. Paa Lavmoser eller Dyndarealer, hvor Afstanden fra Jordoverfladen til Grundvandet ikke bør være over 60 cm, kan den, naar Grøftedybden er ca. 1 m, være 30—100 m. Paa Højmoser eller Spagnummoser maa Grundvandet ikke sænkes mere end ca. 40 cm under Overfladen (Punkt 12), hvorfor Grøftedybden sædvanlig kun bør være 0,8—1 m og Afstanden 25—50 m. At Grøfteafstanden til Trods for det anførte kan være større i Lavmoser end i Højmoser, skyldes blandt andet den Omstændighed, at

de første ved den med Afvandingen følgende Revnedannelse faar en betydelig naturlig Dræning. Baade for Lavmoser og Højmoser gælder, at Afstanden mellem Grøfterne skal være størst, naar Formuldningen er ringe, idet Tørven, alle andre Forhold iøvrigt ens, er desto mere gennemtrængelig for Vand, jo mindre formuldet den er.

Sidegrøfternes Bundbredde bør være saa stor, at man uden Besvær kan færdes der ved Oprensninger, og at Muldvarpeskud eller enkelte Græstørv ikke helt kan fylde Bunden og derved foraarsage Opstemning; sædvanlig vælger man en Bundbredde paa ca. 0,5 m. Paa Arealer, hvor der kan ventes Sammensynkning, rummer en rigelig Bundbredde tillige den Fordel, at man senere kan fordybe Grøfterne, uden at man herved faar Grøftebunden for smal eller tvinges til at tage Jord af Sideskraaningerne.

Da Sidegrøfters Dybde sjældent er over 1,2 m, kan man paa almindelig Agerjord som Regel nøjes med et Anlæg af 1—¾ paa Grøfteskraaninger, paa Dynd- og Mosearealer kan man ofte gaa ned til ½—¼. Landgrøfter graves ofte med større Anlæg mod Land end udad, idet Jorden er særlig tilbøjelig til at skride paa den mod Land vendende Side. Ovenbredden, der er afhængig af Anlæg, Dybde og Bundbredde, ønsker man, hvor der kan være Tale om Græsning af løsgaaende Kreaturer, saa stor (ikke under 1,7 m), at disse betænker sig paa at springe over, idet Grøftekanterne ellers bliver ødelagt.

For Sidegrøfters Vedkommende vil der ikke være Anledning til Dimensionsberegning; for større Grøfters Vedkommende gaar man frem som nævnt i Punkt 16.

Angaaende Arbejdets Udførelse henvises til, hvad der er meddelt i Punkt 16. Herud over kan anføres følgende: Ved Gravning af aabne Grøfter kan det paaregnes, at en øvet Mand kan opgrave ca. 1 m^3 pr. Time i Jord, der er fast, men lader sig bearbejde uden Hakke, i stenet Jord og ved stor Løftehøjde kun det halve, og i Jord, der er særlig let at arbejde i, som Sand eller Dynd, det dobbelte, heri indbefattet Regulering, Afpudsning af Siderne og Spredning af Fylden. Skal et græsbevokset Areal pløjes, inden Grøftegravning finder Sted, staar man sig ved forud at afsætte Grøfterne og ikke pløje de fremtidige Kanter nærmere end ¼—½ m, da man derved sikrer sig faste Græstørvkanter. Paa bløde, vandfyldte Arealer er det af Betydning, at den opgravede Fyld fjernes fra Grøftekanterne med det samme, for at den ikke skal trykke disse ned, eventuelt spredes den i et tyndt Lag af 5—6 m Bredde til hver Side. For at lette Jordens Bearbejdning og Færdslen bør den nederste Ende af Sidegrøfterne erstattes af Overkørsler paa en Strækning af 5—6 m nærmest Samlegrøften. De udføres sædvanlig af 6" Rør med Græstørv opstablede som Frontmure for Enderne.

34. Dræning er en fælles Betegnelse for Detailafvanding ved lukkede Ledninger af forskelligt Materiale. De lukkede Ledninger kan i Modsætning til aabne Grøfter uden Ulemper anlægges, hvor de bedst udfylder deres Mission.

Dræn nedlægges, som foran beskrevet, i Systemer af Sidedræn (Sugedræn), der optages af Samledræn; disse kan atter forenes i enkelte større Hovedledninger, som munder ud i et Hovedafløb. Antallet af Udløb indskrænkes til det

mindst mulige, da de altid er udsat for Tilstopning eller Beskadigelse ved Frost, Skridning af Grøftekanten, Indtrængen af Frøer og for tilfældig eller forsætlig Overlast, selv om de er beskyttet paa bedste Maade.

Dræning ved stenfyldte Grøfter, »Stenfaskiner« (Fig. 51), har tidligere været benyttet en Del. Til Bygning af dem anvendes Sten af en Knytnæves Størrelse, som lægges i Bunden af Grøfter, der graves med næsten lodrette Sider og med en Bundbredde paa 0,25—0,35 m. Stenlaget skal have en Tykkelse paa ca. 30 cm, og Faldet skal mindst være 1 : 300. Anvendelse af Stenfaskiner kan være berettiget i Haver, hvor Ledninger af Drænrør er udsat for Forstoppelse ved Indtrængen af Trærødder.

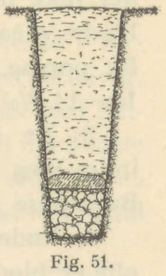


Fig. 51.

Ledninger af Ris, »Risfaskiner«, bruges jævnligt paa Tørve- og Dyndarealer. De laves af Grene og Kviste, der hugges, naar Træerne er bladløse. Risene snøres ofte sammen i cylindriske Bundter af ca. 30 cm Tykkelse, der afskæres i 3—4 m lange Stykker. Grøfterne graves som for Stenfaskiner, Risfaskinerne lægges ned i Bunden af dem, stødes tæt sammen og dækkes med Græstørv med Sværen nedad, hvorefter den opgravede Fyld jævnes over dem (Fig. 52). Faldet skal mindst være 1 : 400. Hvor man har Materialet ved Haanden, lægges Risene dog ofte direkte ned i Grøfterne og ordnes her saaledes, at Topenderne kommer i Retning af Faldet og de større Ris i Bunden.

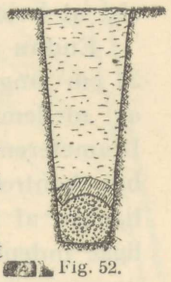


Fig. 52.

Betingende for Anvendelse af Risfaskiner er, at de kommer til at ligge i Jord, der altid er fugtig, da de i modsat Fald hurtigt vil raadne, og at den paagældende Jord har ringe Volumenvægt, da de ellers vil trykkes for haardt sammen. De egner sig derfor bedst for Tørve- og Dyndarealer, hvor Bunden desuden ofte vil være for blød for Rørdræn. Ved Dræning med Ris og Sten faar man ikke en til Grøftedybden svarende Afvanding, da det uregelmæssige Materiale stemmer Vandet op.

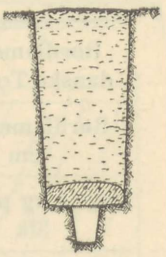


Fig. 53.

Tørvedræn er anvendt enkelte Steder her i Landet, f. Eks. ved Afvanding af Partier af *Meilgaards Moser*, hvor Tørvedybden var over 1,25 m*). Fremgangsmaaden vil forstaas af Fig. 53. Græstørven og Tørven maa være stærk og sejg, for at denne Dræning kan anvendes, og saa er det endda tvivlsomt, om den holder tilstrækkeligt længe til, at den kan betale sig.

Nu om Stunder udføres Dræning i de aller fleste Tilfælde ved korte, cylindriske Rør af brændt Ler, »Drænrør«. De har ingen Muffe, men nedlægges i Forlængelse af hinanden med aabne Stødfuger og presses eller stødes saa tæt sammen som muligt**).

En Rørdrænings Virkning og Varighed er i høj Grad afhængig af Rørenes Beskaffenhed. Af Fordringer, der bør stilles til Drænrør, nævnes:

---

*) L. Jørgensen: Meilgaards Mosekulturer. Særtryk af »Tidsskrift for Landøkonomi«. København 1895.

**) Her i Landet udførtes de første Dræninger af denne Art af Godsejer Valentiner paa Geddesdal 1848, og af Grev Frijs paa Frijsenborg og Godsejer Tesdorpf paa Ourupgaard 1851.

1) De maa ikke indeholde Sten- eller Kalkstykker. Thi udsættes Rørene i vaad Tilstand for Frost, springer der Stykker af rundt om Stenene, fordi disse opsuger mindre Fugtighed end brændt Ler. Ved Fugtighed læskes desuden den brændte Kalk, hvorved Rørene kan sprænges.

2) Rørene skal være haardtbrændte og skal ved Anslag have en skarp Klang, der ikke maa gaa tabt, fordi de har ligget i Vand nogle Dage; de maa ikke være bløde (maa f. Eks. ikke kunne ridses med en Kobbermønt), og de maa ikke være for porøse, (naar de lægges i Vand, maa Vægtforøgelsen i 24 Timer ikke overstige 10—14 %).

3) De skal være lige og lige afskaarne og have cirkulært Tværsnit; deres indre Væg skal være glat for ikke at gøre for megen Modstand mod Vandets Bevægelse og derved foranledige Aflejring af Jordpartikler.

4) Røde eller flammede Rør bør foretrækkes for gule og hvide, da de sidste ofte er bløde og mindre holdbare; ved Opgravning af gamle Ledninger viser det sig, at hvide Rør langt oftere end røde er skøre eller delvis smuldrede.

Endnu fabrikeres Drænrør efter gammelt Længdemaal og er 1 Fod eller ca. 31 cm lange. Diameteren varierer mellem 1½ og 3" i Spring paa halve Tommer og mellem 3 og 9" i Spring paa hele Tommer. Vægtykkelsen vokser med Diameteren fra ca. 1,5 cm for 1½" til ca. 3,5 cm for 9" Rør. Dimensionerne bør kontrolleres, da Leret trækker sig sammen ved Brændingen. Vægten afhænger af Materialet, Vægtykkelsen og Fugtighedstilstanden, men vil som Regel ligge indenfor nedennævnte Grænser.

Rørdiameter i danske Tommer		1½	2	2½	3	4	5	6	7	8	9
Rørdiameter i cm		4	5	6,5	8	10,5	13	15,5	18	21	23,5
Vægt i kg pr. 1000 Stk.		1200—1700	1700—2200	2300—2500	2800—3500	4000—5000	5500—6500	7500—9000	9500—11000	11000—12000	13500—14500
Omtr. Pris i Kr. pr. 1000 Stk. Drænrør, frit i Banevogn	1914	27	35	50	70	100	135	180	220	260	340
	1920	90	120	165	250	385	500	625	800	—	—
	1921	80	105	150	225	350	450	550	670	—	—

Til Ledninger af stor Dimension kan der være Tale om at benytte Betonrør, da Drænrør er vanskelige at faa i større Dimensioner end 7". Betonrør bør dog kun anvendes i Nødsfald og efter en grundig Undersøgelse af Jordbundsforholdene det paagældende Sted. Thi lægges Betonrør i Tørvejord (navnlig Højmosetørv) eller i svovljærnholdige Sand- og Gruslag, kan de være delvis fortærede og ødelagte i Løbet af ét Aar, idet Humussyre eller fri Svovlsyre, der dannes ved Iltning af det svovlholdige Jern, angriber dem. Ødelæggelsen foregaar navnlig ved Rørenderne, hvor Vandet trænger ind. Tvinges man til at bruge Betonrør under saadanne Forhold, bør man sikre sig ved at bruge Mufferør og

tætne Samlingerne med Cementmørtel eller en Blanding af Kultjære og Ler; men Ledningen hører i saa Fald op at virke som Drænledning.

I Sverige bruges hyppigt saltglasserede Rør af ringere Kvalitet til større Samleledninger. De kan uden Fare benyttes under alle Forhold, men er her i Landet uforholdsmæssig dyre.

35. Forskellige Principper for Dræning. Tidligere, indtil 90erne i forrige Aarhundrede, brugte man hovedsagelig den saakaldte Længdedræning, ved hvilken Sugeledningerne lægges efter Terrænets stærkeste Fald, altsaa med Retning vinkelret paa Højdekurverne. Denne Metode førte ikke altid til det bedste Resultat og har efterhaanden maattet vige Pladsen for Tværdræning, ved hvilken Sugeledningerne lægges omtrent tværs paa Faldet, mer eller mindre skraat i Forhold til Kurverne. Fig. 54–57 viser Eksempler paa Dræninger, planlagte efter de to Principper. Længdedræning er navnlig praktiseret og beskrevet af den tyske Drænteknikер *Vincent* og blev her i Landet udført paa Grundlag af Civilingeniør *Hannemanns* fortrinlige Bog om Dræning*). Tværdræning, der er bragt i Forslag af en tysk Kulturingeniør *Merl***), kan i Følge Sagens Natur kun anvendes paa Terræn, hvis Fald er saa stort, at skraat liggende Ledninger kan faa det nødvendige Fald. Er Terrænets største Fald mindre end ca. $^1/_{200}$ eller 5 $^0/_{00}$, lader den sig ikke praktisere.

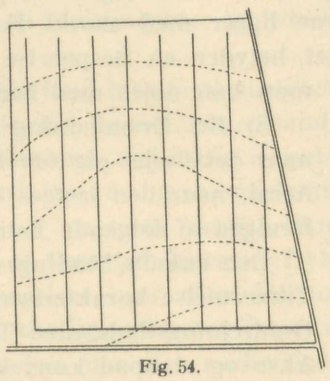


Fig. 54.

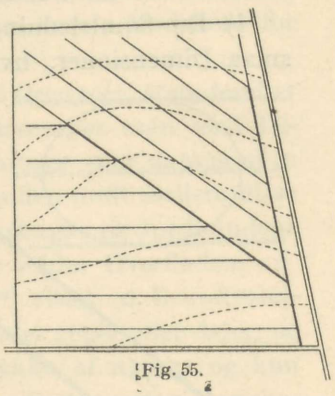


Fig. 55.

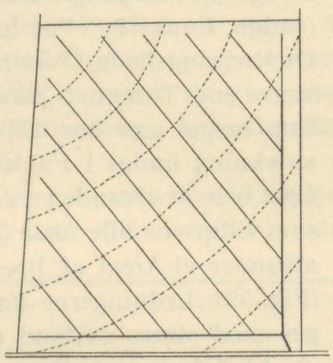


Fig. 56.

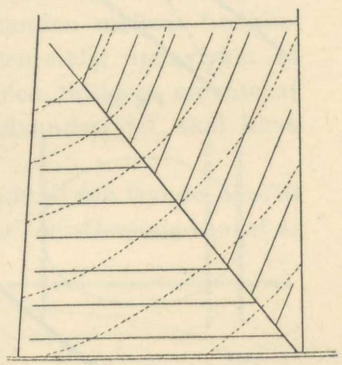


Fig. 57.

Til Fordel for Tværdræning taler.

1) Selv i det stiveste Ler træffer man ofte let gennemtrængelige Lag af Grus og Sand. Saadanne Lag danner Samlingspladser for Grundvand og kan virke som Dræn, naar der skaffes Afløb for det. Dette naas sikrest og lettest, ved at Drænledningerne anlægges tværs paa det stærkeste Fald, thi Vandaarer og vandførende Lag i Jorden vil som Regel, grundet paa Jord-

*) D. Hannemann: Vejledning til Dræningens Udførelse paa større og mindre Gaarde. København 1876.

**) F. Merl: Neue Theori der Bodenentwässerung. Ansbach 1890.

lagenes Dannelsesmaade, følge Retningen af det stærkeste Fald og vil derfor blive gennemskaaret af Sugeledningerne.

2) Men ogsaa Hensynet til hurtig Afledning af Overfladevand taler til Fordel for Tværdræning. Paa svær Jord vil der jævnlig fremkomme Overfladevand. Dette følger Overfladens Fald og vil saaledes, hvor Tværdræning er anvendt, løbe hen over Sugeledningerne, hvor Afvandingen er særlig stærk, og synke i Jorden paa disse Steder. Ved Længdedræning vil Overfladevand derimod i Hovedsagen bevæge sig parallelt med Sugedrænene, og paa de daarligst afvandede Steder, midt mellem disse, vil det ikke synke i Jorden, men fortsætte Bevægelsen nedefter.

3) Samleledningerne kommer gennemgaaende til at ligge med stærkere Fald end Sugeledningerne, hvorved Vandet faar voksende Hastighed, og der bliver mindre Fare for Forstoppelse af Rørene, grundet paa Aflejringer.

4) Da Samleledningerne ligger med stærkt Fald, kan de have forholdsvis smaa Dimensioner, hvilket betyder en Besparelse og desuden ofte bevirker, at man kan nøjes med færre Udløb (se ovenfor).

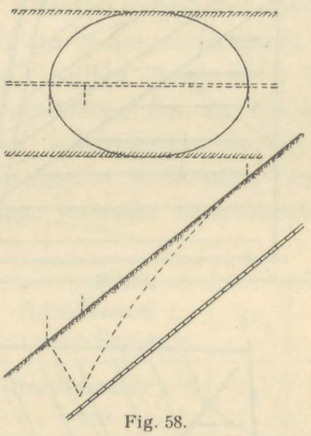


Fig. 58.

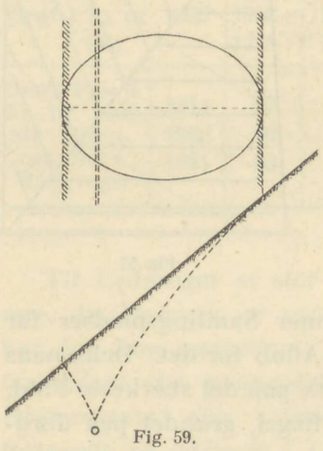


Fig. 59.

5) En Drænledning af bestemt Længde afvander, naar det drejer sig om homogen Jord, det største Areal, naar den lægges tværs paa Faldet, som det vil fremgaa af følgende Betragtning.

Den enkelte Stødfuges Virkning kan i saa Fald med Tilnærmelse karakteriseres som faldende inden for en Omdrejningsflade med Toppunkt i Drænfugen, lodret Akse og et opad konvekst Profil, hvis Form bl. a. afhænger af den paagældende Jords Gennemtrængelighed (smlgn. Punkt 7). Paa hældende Terræn vil en saadan Omdrejningsflade, forudsat at Vandspejlets Fald er større end Terrænets, skære Jordoverfladen i en Kurve, som meget nær har Ellipseform, og hvis største Udstrækning findes i Faldretningen. Et Længdedræn ses i det hele at afvande en Jordstrimmel af samme Bredde som Ellipsens lille Akse (Fig. 58), medens et Tværdræn afvander et Areal af Bredde som Ellipsens store Akse (Fig. 59). Ledningerne kan derfor i sidste Tilfælde lægges med større Afstand end i første.

Af Ulemper, der er forbundet med Tværdræning, kan anføres, at Afsætning af Ledningerne i Marken er besværligere, og at det er vanskeligere at faa lagt Rørene i Sugedrænene godt, idet man ikke altid kan lade disse følge Terrænfaldet og derfor ofte maa nivellere hver enkelt Ledning.

I uregelmæssigt Terræn kan det desuden være vanskeligt at faa regelmæssige og passende store Systemer.

Disse Ulemper er dog smaa i Sammenligning med de Fordele, Tværdræningen byder.

36. Sugeledningers Dybde og Afstand. Ved en rigtigt planlagt og udført Dræning skal Grundvandet, navnlig om Foraaret, sænkes saa dybt, hurtigt og ensartet, at Marken overalt kan tilberedes rettidigt, og dette Resultat skal opnaas med mindst mulig Bekostning.

I Punkt 12 er nævnt nogle Momenter til Bedømmelse af den ønskelige Grundvandstand under forskellige Forhold og til forskellige Aarstider, men hertil maa yderligere føjes følgende Bemærkninger.

Det er, som nævnt i Punkt 7, Eks. 2°, en Erfaringssag, at Grundvandet i Perioder, hvor Drænledningerne fører nævneværdige Vandmængder, staar højere end Ledningerne, og at Vandspejlet mellem to Ledninger stiller sig som en krum Flade, hvis Profil vender Konveksiteten opad, og at Profilets Pilhøjde er afhængig af Jordens Vandledningsevne og Vandtilstrømningen. Dette forklares ved, at Vandet skal overvinde en vis Modstand, der efter Jordens Beskaffenhed er større eller mindre, for at naa hen til Ledningerne, og yderligere en vis Modstand for at trænge ind i disse.

Undersøgelser over dette Forhold blev først anstillet af *Delacroix*, som derefter opstillede en Beregningsmaade for Sugedræns Afstand, hvorefter man med Tilnærmelse kunde betragte Vandspejlet mellem to Drænledninger som dannet af to Skraaplaner med Fald mod Ledningerne og skærende hinanden midt mellem disse og saaledes, at Faldet voksede i Forhold til Aarstid, Vandmængde og Jordbundens Tæthed, men var uafhængig af Drænledningernes Dybde under Overfladen.

O. Glærums nyere Undersøgelser over disse Forhold*) viser, at Grundvandspejlet mellem Drænene er forskelligt, eftersom Grundvandet stiger eller daler, og at det ofte ligger næsten vandret paa det midterste Stykke af Agrene og kun krummer ned ad paa de Drænet nærmest liggende 2 m. Dette næsten horizontale Grundvandsbælte bliver desto bredere, jo større Afstanden mellem Ledningerne er, medens Overgangen til Drænet synes at være temmelig upaavirket af Drænafstanden, et Forhold, der stemmer ret godt med den tidligere nævnte af *Colding* udviklede teoretiske Betragtning, hvorefter Grundvandspejlet skal have et omtrent ellipseformet Profil.

Men er Profilet nogenlunde en Ellipsebue, er det indlysende, at den Dybde, hvortil man faar sænket Grundvandet over og mellem Ledningerne, er afhængig saavel af Drændybden som af Afstanden mellem Ledningerne (Fig. 60), og at Dybden derfor i væsentlig Grad maa rette sig efter Afstanden og omvendt. Stor Dybde og stor Afstand vil dog sjældent være formaalstjenlig, idet Kravet om ensartet Sænkning af Grundvandet herved ikke tilfredsstilles. Desuden er Forholdet i Praksis som Regel saaledes, at ogsaa økonomiske Forhold vil være bestemmende for Drændybden, idet Arbejdsudgifterne kan blive uforholdsmæssig store ved stor Dybde. Dels bliver Jordarbejdet

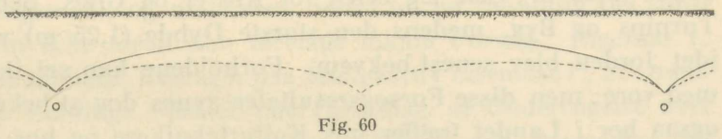


Fig. 60

*) O. Glærum: Beretninger fra statens forsøksstasjoner i plantekultur for 1919. Kristiania 1920.

besværligere og større, dels stiger Faren for Sammenskridning af Grøftesiderne med den forøgede Dybde.

Sugeledningernes Dybde. Rørene maa lægges saa dybt, at de ligger frostfrit. I modsat Fald kan de blive sat ud af Virkning, hvilket er særlig uheldigt, hvis der indtræffer pludseligt Tøbrud; endvidere kan de fryse i Stykker. Frosten trænger her i Landet sjældent mere end 70 cm ned i Jorden, og i mindre Dybde maa Rørene heller ikke under nogen Omstændighed lægges.

Ved Dræning i ringe Dybde vil der være særlig stor Fare for, at Planterødder gennem Stødfugerne trænger ind i Ledningerne, hvor de ofte udvikler et tæt Væv, der fuldstændig fylder og stopper disse. Det er Planter med dybtgaaende Rødder som Lucerne, Sukkerroer og Runkelroer, der er mest farlige i saa Henseende. Erfaring viser, at Risikoen er særlig stor, naar Ledningerne ligger mindre end 1 m dybt, men Tilstopninger kan indtræffe af denne Aarsag ved betydelig større Dybde.

Jo dybere og tættere Ledningerne lægges, desto dybere vil Dræningens Virkning udstrækkes, og fra desto større Omraade vil Rødderne kunne tage Næring (forudsat, at det drejer sig om Planter, der kan udnytte dette Forhold).

Almindeligst anvendes nu for Sugeledninger en Dybde paa 1,20—1,25 m. Støder man i mindre Dybde paa haarde, uigennemtrængelige Lag, som Tilfældet kan være i enkelte Egne, hvor Kalken nærmer sig Overfladen, vil det ikke være formaalstjenligt at arbejde sig ned til fuld Dybde, da Drænene dog kun virker til Overfladen af det faste Lag. Paa den anden Side vil man undertiden dræne lidt dybere end normalt, hvis Rørene herved for en Del kan komme til at ligge i vandførende Lag, da Dræningen i saa Fald bliver særlig virkningsfuld.

Paa let Jord vil en mindre dyb Dræning være heldigst, og det samme gælder paa stiv Lerjord, navnlig dersom denne ligger paa Nordskraaninger, idet Erfaring viser, at en mindre dyb Dræning med passende lille Afstand mellem Ledningerne bevirker, at den stive Lerjord i hvert Fald de første Aar efter Dræningen bliver hurtigere tjenlig om Foraaret.

Ved Forsøg, udført i Norge paa Hvam Landbrugsskole 1913—20*) paa meget stiv Lerjord, prøvedes tre Grøftedybder og for hver Grøftedybde tre forskellige Afstande, nemlig Grøftedybden multipliceret med 6, 9 og 12. Den mindste Grøftedybde (0,95 m) viste sig bedst for Kløver og Græs, den mellemste (1,10 m) for Turnips og Byg, medens den største Dybde (1,25 m) var den mindst effektive, idet Jorden blev senest bekvem. Forholdene kan vel ikke direkte sammenstilles med vore; men disse Forsøgsresultater synes dog at bekræfte den Antagelse, man ogsaa her i Landet træffer hos Kulturteknikere og hos praktiske Landmænd, at dyb Dræning virker mindre godt paa særlig stiv Lerjord.

Paa Tørvejord vil det, som tidligere nævnt, være heldigt at have et noget højere Grundvandspejl end paa Lerjord, navnlig hvis det drejer sig om Græsproduktion; der kunde saaledes være Anledning til at nøjes med 0,9—1,0 m Dræn-

*) Beretning om Norges Landbrukshøjskoles virksomhet i budgetaaret fra 1. Juli 1916—30. Juni 1917, og S. Hasund: Artikler om Avgrøftning af tæt Lerjord i Nordisk Jordbrugsforskning, 3.- 4. Hefte, 1920

dybde, men oftest vil man dræne i sædvanlig Dybde, idet man altid maa paaregne nogen Sammensynkning af det øverste Lag.

Sugeledningernes Afstand maa, efter hvad der er udviklet foran, bebestemmes i Forhold til den ønskede Afvandingsdybde, Drændybden, Terrænets Fald, Nedbøren og den paagældende Jords Gennemtrængelighed.

Da flere af disse Faktorer er ret variable, er det, med det Kendskab vi i Øjeblikket har til deres Virkninger, ikke muligt at angive paalidelige Formler til Bestemmelse af Sugeledningernes Afstand*).

Af de forskellige Formler og Normer, der har været eller endnu bliver benyttet til Bestemmelse af Drænledningers indbyrdes Afstand, skal først omtales *Coldings* geniale Formel (11) i Punkt 7, hvori man sædvanlig vil tillade, at Afstanden mellem Jordoverfladen og Grundvandspejlet midt mellem to Ledninger er $^1/_4$—$^1/_2$ m. Men da Jordens Vandledningsevne i de fleste Tilfælde forøges betydeligt i de nærmeste Aar efter Dræningen, bør Formlen ikke anvendes kritikløst. *Hannemann*, der anbefaler Coldings Formel, var allerede klar over dette Forhold og udtaler, at det er kostbarere end fornødent at lægge Ledningerne saa tæt, at Dræningen gør fuld Nytte straks.

Bestemmelse af Vandledningsevnen q_0 vil ogsaa være vanskelig i Praksis; ofte vil der mangle Aftræk, saaledes at Gennemtrængeligheden ikke kan undersøges i gravede Huller, men maa undersøges ved Blokke, som tages op og anbringes i Rammer, og desuden vil Gennemtrængeligheden i vore uensartede Jorder variere betydeligt inden for smaa Arealomraader. Ved Undersøgelser paa *Møgelkjær***) viste Lerjordens Vandledningsevne saaledes Variationer mellem 0,06 og 0,30 m/Døgn, og da Drænafstanden i Følge Formel (11) er proportional med Kvadratroden af q_0, skulde den herefter variere i Forholdet $\sqrt{\frac{0{,}06}{0{,}30}} = 0{,}45$, eller Ledningerne skulde nogle Steder have mere end dobbelt saa stor indbyrdes Afstand som andre Steder, en Løsning man paa tilsyneladende ret ensartet Jord vil betænke sig paa at gennemføre.

Med Hensyn til den Forøgelse i Vandledningsevne, som Afvandingen foraarsager paa lerholdige Jorder, foreligger saavidt vides intet udover den af Prof. *Westermann* udførte Undersøgelse (Punkt 6). Der hersker i Virkeligheden stor Usikkerhed vedrørende dette Spørgsmaal, og man maa derfor for en væsentlig Del støtte sig til et Skøn, hvis man ikke forud kan foretage lokale Forsøg. Ingeniør *L. Jørgensen* meddeler om et saadant, foretaget paa Meilgaards Lavmose†), at Drænafstanden bestemtes efter Coldings Formel paa Grundlag af Undersøgelse over Tørvejordens Vandledningsevne, idet den fundne Afstand dog forøgedes ved Multiplikation med 1,5. Dræningen udførtes Vinteren 1890—91 i 126 cm Dybde,

*) S. Hasund skriver med Rette: »De Regler, der opstilles for Grøfternes indbyrdes Afstand i forskellige Jordarter, kan ofte snarere betegnes som Filosofi end som erfaringsmæssig sikret Naturkundskab.«

**) P. Feilberg: Kulturarbejder paa Møgelkjær. Udgivet af det danske Landhusholdningsselskab. Trykt som Manuskript. København 1891.

†) L. Jørgensen: Meilgaards Mosekulturer. Særtryk af Tidsskrift for Landøkomi. Kjøbenhavn 1895.

og næste Vinter blev Grundvandets Højde maalt et Par Gange hver Maaned i Tidsrummet 14. Novbr.—21. April, idet Afstanden fra Overfladen til Grundvandet blev maalt saavel over som midt mellem Ledningerne, der var nedlagt med 16, 19 og 24 m Afstand. Det viste sig ved denne Undersøgelse, at Grundvandet midt imellem Ledningerne stedse kun stod 7—14 cm højere end over dem, og at Afvandingen overalt var mere end tilstrækkelig dyb. Tørvens Gennemtrængelighed var øjensynlig kendelig forøget, og man kunde uden Skade have valgt en Afstand, der var større end den størst anvendte. Den raa Tørv har altid større Vandledningsevne end formuldet Tørv, hvorfor man kunde fristes til at tro, at en Afstand mellem Ledningerne, der var passende ved Dræningens Udførelse, senere vilde blive for stor; men her sker det samme som for Lerjord, at der efter Afvandingen fremkommer Revner i de fede og dyndblandede Lag, der altid findes i Lavmosetørv, saaledes at der opstaar en kraftig naturlig Dræning.

*Vincent**), der først har udformet Dræningens Teori, angiver den normale Drændybde til 125 cm og Afstanden i sædvanlig leret Jordbund, som er gennemtrukket med Sandaarer, til 12 Gange Dybden. I mere gennemtrængelig Jordbund kan Afstanden ved normal Dybde forøges til 25 Gange Dybden, medens den kun behøver at være mindre end 12 Gange, [1]) hvor der er vandførende Lag, der ligger tæt under Drænene, men saa dybt, at man ikke kan naa dem med disse, [2]) i den stiveste Lerjord og [3]) i meget finkornet, melagtig Jord (f. Eks. Flydesand).

Da Jordens vandledende Evne i naturlig og uafvandet Tilstand i væsentlig Grad er afhængig af Indholdet af opslemmelige Dele, navnlig af Ler og meget fint Sand, benytter forskellige tyske Forfattere dette Indhold til Bestemmelse af Drænafstanden, der saa varieres yderligere, eftersom Længde eller Tværdræning anvendes og efter Terrænets Fald.

P. Gerhardt giver saaledes følgende Tal**):

Tabel XXXV. Afstand mellem Sugedræn ved 1,25 m Drændybde.

Jordart	Slamindhold %	I. I fladt Terræn, Fald indtil 1:250. Længdedræning		II. I noget hældende Terræn, Fald mere end 1 : 250. Tværdræning	
		Afstand, m	Bemærkning	Afstand, m	Bemærkning
Betegnelserne for Jordarterne er ændret noget og den sværeste er udeladt, idet vi ikke har saa svære Jorder her i Landet.					
Meget svær Lerjord.	75—50	10—12	Forøgelse tilladelig ved Forekomst af naturlig Dræning	10—15	Afstanden tiltagende med den naturlige Dræning og desuden med Terrænets Hældning indtil den Grænse, ved hvilken den lodrette Afstand mellem Nabodræn bliver 0,5 m. Afstanden dog sjældent mindre end 12 m og aldrig mindre end 8 m selv paa de stejleste Skraaninger. (Se næste Side.)
Svær Lerjord	50—40	12—14		12—18	
Alm. Lerjord	40—30	14—16		14 - 21	
Sandblandet Lerjord	30—20	16—20		17—25	
Lerblandet Sandjord	20—10	20—24		21—30	
Let Sandjord†).....	10—5	24—30		25—35	

*) L. Vincent: Die Drainage, deren Theori und Praxis. Gekrönte Preisschrift. 6. Aufl. Bearbeitet von G. Abel und O. Vincent. Leipzig 1882.

**) Grundlehren der Kulturtechnik. Vierte Auflage herausgegeben von Dr. Ch. August Vogler. Erster Band, zweiter Teil. Berlin 1909.

†) For Sandjorder med mindre Slamindhold end 5 %, kan systematisk Dræning ikke anbefales. Saadanne Jorder maa drænes ved enkelte Ledninger i større Afstand.

Det er sjældent, man her i Landet træffer Ler med over 50 % Slam, og største Delen af vore svære Jorder indeholder kun 30 à 40 %*).

Efter *Merls* Teori skal Afstanden mellem Ledningerne stige med Faldet uden Begrænsning; dette er dog kun rigtigt under den Forudsætning, at Jorden er homogen og uden vandførende Lag, hvilket sjældent er Tilfældet. De vandførende Lag følger som Regel det naturlige Fald, men paa Terræn med stærkt Fald nærmer de sig ofte eller udmunder endog i Jordoverfladen. I stærkt hældende Terræn er det derfor ikke tilraadeligt at lade Afstanden i lodret Retning være over 1 m, helst ikke over 0,5 m, dog saaledes at den vandrette Afstand mellem Ledningerne under ingen Omstændigheder vælges mindre end 8—10 m.

Kopecky anvender en lignende Skala som den Gerhardtske, men indfører endnu nogle Korrektioner eller Tilføjelser, idet han gør gældende, at andre Faktorer end Jordens Indhold af Slam og fint Sand har Indflydelse paa dens Gennemtrængelighed; saaledes vil Jern og Humus virke hæmmende paa Dræningens Virkning, medens en kalkrig Undergrund vil virke fremmende; i første Tilfælde bør Drænafstanden derfor reduceres med 1—2 m, i sidste Tilfælde kan den forøges med 1—2 m.

*Breitenback***) bestemmer Afstanden efter Jordens Hygroskopicitet og har opstillet en Formel, i hvilken Logaritmen af denne Størrelse indgaar.

Men disse Formler og Tabeller, der navnlig lader en enkelt Faktor som Jordens vandledende Evne, dens Slamindhold eller Hygroskopicitet være det afgørende for Bestemmelse af Afstanden, kan sikkert ikke med helt tilfredsstillende Resultat anvendes under vore Forhold. Jorden er her i Landet gennemgaaende saare uensartet og overalt isprængt med vandførende Aarer eller Lag, hvis Tilstedeværelse kuldkaster alle Beregninger med Hensyn til Vandledningsevne, og en lignende Usikkerhed bevirkes af den Forandring, der foregaar med Jordens Gennemtrængelighed efter Afvandingen.

At anstille direkte Forsøg paa det paagældende Areal vil være det bedste Middel til Bestemmelse af Drænafstanden. Et Par Aar, forinden et større Dræningsanlæg skal udføres, anlægges et Par Forsøgsledninger med ret stor Afstand, f. Eks. 32 m; mellem disse graves f. Eks. for hver 4 m Huller, hvori der nedsættes Rør, og i disse observeres Grundvandstanden med regelmæssige Tidsmellemrum; af det saaledes samlede Talmateriale vil fremgaa, hvor stor Afstand man kan gaa til. Metoden har den væsentlige Mangel, at Undersøgelsen for at give paalidelige Resultater, maa iværksættes, længe før Dræningen skal foregaa, og at dens Resultater, grundet paa den Uensartethed med Hensyn til Jordbundsforhold, der oftest vil være til Stede, kun med Sikkerhed kan anvendes inden for ret begrænsede Omraader. I øvrigt er der den Usikkerhed ved alle Metoderne, at man i Virkeligheden ikke ved, hvilken Grundvandstand der er gunstigst paa de forskellige Jordarter og for de sædvanlig dyrkede Afgrøder, idet dette hidtil ikke er dokumenteret ved Forsøg.

---

*) Th. Westermann: Undersøgelser over Typer af danske Jorder. Udgivet af Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. København 1902.

**) Georg Schewior: Die Drainage, Handbuch der Bodententwässerung mittels unterirdischer Abzüge. Leipzig 1912.

Det er imidlertid uheldigt og uforsvarligt at nøjes med et rent Skøn, der vil være individuelt, og foreløbig, indtil nye Undersøgelser foreligger, vil man antagelig staa sig ved som Vejledning at udtage Prøver i Dybden 0,7—1,2 m og for ensartede Partier foretage Slemningsanalyser i Forbindelse med Sigtning af de Partikler, der ikke opslemmes. Drejer det sig om almindelig Agerjord, og regnes der med en Drændybde paa 1,20—1,25 m, griber man næppe meget fejl, dersom man holder sig i Nærheden af det største af de Tal, der er anført i Gerhardts Tabel som passende Afstand for de forskellige Jordarter og Dræningsmaader. Er der særlig tykt Muldlag, eller har Jorden stort Jernindhold, bør denne Afstand eventuelt formindskes med 1—2 m, og er Undergrunden kalkrig, kan den forøges med 1—2 m.

Det maa erindres, at det vil være billigere senere at indskyde enkelte Ledninger hist og her end at dræne hele Arealet unødvendig stærkt.

Med Hensyn til Sugeledningers Længde kan følgende meddeles.

Naar man kender Sugeledningernes Fald, Afstanden mellem dem og den maksimale Afstrømning, der maa paaregnes pr. Arealenhed, kan det (Punkt 37) beregnes, hvor lange de kan være uden at blive overbebyrdede i deres nederste Ende, eller man kan med andre Ord finde det Sted paa Ledningen, hvor det vil være nødvendigt at forøge Dimensionen, dersom Afstrømningen ikke skal hæmmes; sædvanlig bruges ikke større Længde, idet det ikke kan betale sig at bruge de større og dyrere Dimensioner i Sugeledninger.

Af praktiske Grunde vil man ikke gerne have Sugeledninger længere end 200 m. Thi er Sugeledningerne meget lange, vil det være nødvendigt at lade Samleledningerne, der graves først og rørlægges sidst, staa aabne længe, hvilket er uheldigt af Hensyn til Sammenskridning. Det har desuden ved Tværdræning vist sig, at Faren for Forstoppelse er mindre, og at Dræningen i det hele virker bedre, naar Sugeledningerne ikke er for lange, men med passende Mellemrum bliver afbrudt af og udmunder i Samleledninger med større Vandhastighed. Korte Sugeledninger giver paa den anden Side forholdsvis mange Samleledninger og derved mange Rør af større Dimension, hvilket bevirker en Udgiftsforøgelse.

37. Drænledningers Beregning.

a. Afstrømningen gennem Drænledninger. I Modsætning til, hvad der er meddelt om Fremgangsmaaden ved Vandløbsregulering, er det ved Dræning udelukkende Hensynet til den maksimale Afstrømning, der bliver det afgørende ved Bestemmelse af Dimensioner. De Fordringer, man hidtil har stillet til Drænledningers Vandføringsevne, har for vort Lands Vedkommende hovedsagelig støttet sig til Ræsonnementer.

Den eneste foreliggende Undersøgelse over Afstrømning gennem Drænledninger er udført af *Colding**) ved Damhussøen og ved Islehus og gengives, omsat i Metersystemet, i Tabel XXXVI. Der blev hvert Sted drænet én Td. Land, og Dræn-

*) A. Colding: Resultaterne af nogle Iagttagelser over forskellige Fugtighedsforhold i Omegnen af København. Tidsskrift for Landøkonomi 1860 og Videnskabernes Selskabs Skrifter, 5. Række, 9. Bind 1873.

Tabel XXXVI. Nedbør og Afstrømninger fra Drænledninger i mm.

Maaned	Nedbør	Ved Damhussøen				Ved Islehus				Middelnedbør for Københavns Amt 1874—1905
		Afstrømning	Summa Nedbør N	Summa Afstrømning A	A/N i %	Afstrømning	Summa Nedbør N	Summa Afstrømning A	A/N i %	
November 1851	104	} 63	∧	∧	∧	} 31	∧	∧	∧	∧
December —	16									
Januar 1852	78	69				28				
Februar —	82	135	321	330	ca. 100	38	321	122	38	222
Marts —	19	44				19				
April —	22	19				6				
			X	X	X		X	X	X	X
Maj —	82	6				3				
Juni —	75	0				0				
Juli —	9	0				0				
August —	47	0	395	6	1,5	0	395	3	1	344
September —	78	0				0				
Oktober —	104	0				0				
			X	X	X		X	X	X	X
November —	129	47				9				
December —	107	144				78				
Januar 1853	72	135				82				
Februar —	38	38	469	470	100	28	469	269	58	222
Marts —	35	31				25				
April —	88	75				47				
			X	X	X		X	X	X	X
Maj —	41	35				16				
Juni —	25	0				0				
Juli —	78	0	283	35	11	0	283	16	5	344
August —	57	0				0				
September —	47	0				0				
Oktober —	35	0				0				
			X	X	X		X	X	X	X
November —	13	0				0				
December —	6	0				0				
Januar 1854	47	0				0				
Februar —	53	0	160	0	0	0	160	0	0	222
Marts —	19	0				0				
April —	22	0	v	v	v	0	v	v	v	v

ledningerne blev nedlagt i 5 Fods (ca. 157 cm) Dybde og med 40 Fods (ca. 12,5 m) Afstand.

1) Afstrømningen var i Vinterhalvaaret November 1851—April 1852 ved Damhussøen 330 mm eller paa det nærmeste lig med Nedbøren (321 mm) i samme Tidsrum, medens den for Arealet ved Islehus kun udgjorde 38 % af Nedbøren.

2) I Sommerhalvaaret Maj—Oktober 1852 var Afstrømningen fra begge Drænsystemer forsvindende lille, uagtet Nedbøren var 395 mm.

3) I Vinterhalvaaret 1852—53 var Afstrømningen ved Damhussøen atter lige saa stor som Nedbøren 470 mm, medens den ved Islehus kun udgjorde 58 % deraf.

4) Sommerhalvaaret 1853 havde for begge Systemer en ret ubetydelig Afstrømning, skønt Regnmængden var 283 mm.

5) I Vinterhalvaaret 1853—54 var Nedbøren kun 160 mm, og der fandt ikke nogen nævneværdig Afstrømning Sted fra noget af Systemerne.

Middelnedbøren for Københavns Amt (1874—1905) er anført for de forskellige Perioder, og det ses, at der under Forsøget har været baade meget fugtige og meget tørre Perioder.

Colding gør opmærksom paa, at Systemet ved Damhussøen, der de to første Vinterhalvaar afgav Vandmængder, der var lige saa store som Nedbøren, utvivlsomt modtog Vand ogsaa fra tilgrænsende Arealer; Jorden var stærkt leret, og kun den laveste Del af Marken var drænet. Ved Islemark var Terrænet temmelig fladt og Jorden let og sandet, og det maa anses for rimeligt, at en Del af Vandet mellem Drænene er sunket ned i dybere liggende Sandlag, saaledes at Afstrømningen gennem Rørene har været mindre end den Vandmængde, der trak ned i Jorden.

Tallene er meget varierende, og *Colding* mener kun som Orientering at kunne drage den Slutning, at ca. 50 % af Vinternedbøren gennemsnitlig synker gennem det øverste Lag, medens det for Sommernedbørens Vedkommende kun drejer sig om faa Procent.

Den største maanedlige Afstrømning har været 144 mm, svarende til ca. 5 mm pr. Døgn eller til 0,54 l/s pr. ha. Om den absolut maksimale Afstrømning giver Undersøgelsen ingen Oplysning*).

Hannemann gaar ud fra den Antagelse, at en væsentlig Del af den Nedbør, der kommer om Vinteren, falder som Sne og først smelter hen paa Foraaret; han regner med Hensyn til den Vandføringsevne, der maa kræves af Drænledninger, at de i Løbet af 31 Dage skal kunne bortføre den samlede Nedbør fra Halvdelen af December, hele Januar, Februar og Marts, minus den Minimumsfordampning, man efter Coldings Forsøg maa regne med inden for samme Tidsrum. Til yderligere Sikkerhed regner han med Nedbøren fra den efter de da udførte Maalinger regnrigeste Station »Tarm«, hvor Regnmængden i ovennævnte Tidsrum, som Gennemsnit af 6 Aar, var 154 mm; den minimale Fordampning fra kort Græs udgør efter Coldings Undersøgelser 30 mm, tilbage bliver altsaa 124 mm, der skal bortledes i 31 Døgn, hvilket giver 4 mm pr. Døgn eller ca. 0,47 l/s pr. ha.

Anlægges den samme Beregningsmaade for forskellige Amter og med de Nedbørstal, man nu raader over, kommer man til det Resultat, at der i Ribe Amt skal afledes ca. 0,49 l/s pr. ha, i København og Frederiksborg Amter ca. 0,36 og

*) I »Tidsskrift for Opmaalings- og Matrikulsvæsen«, 1. Bind, 1892—94, Pag. 123 anfører A. Lütken, at der fra en Rørledning paa Rødovre Kirkegaard er maalt en Afstrømning paa 1,14 l/s pr. ha, altsaa dobbelt saa meget som Coldings største maanedlige Middelafstrømning.

i Holbæk Amt ca. 0,31 l/s pr. ha, altsaa ret varierende Tal. Er Grundlaget for Beregningen rigtigt, vil man altsaa, dersom Hannemanns Tal, 0,47 l/s pr. ha, anvendes overalt, benytte meget rigelige Rørdimensioner i de mere regnfattige Amter.

*P. Feilberg**) og *S. Brønsted***) vælger at regne med en Vandmængde paa 0,561 l/s pr. ha, og *K. Thomsen* slutter sig paa det nærmeste hertil†).

Saa længe der ikke haves andre Tal at bygge paa, bør der formentlig regnes med en maksimal Afstrømning paa 0,55 l/s pr. ha, omtrent svarende til største maanedlige Afstrømning ved Coldings Forsøg, ogsaa fordi det viser sig, at Dræninger, der er projekteret med denne Fordring til Vandføringen og er vel udført, gennemgaaende har virket tilfredsstillende.

Drændybden spiller dog en Rolle, thi jo dybere der er drænet, desto mere Vand kan det over Drænene liggende Jordlag optage, inden Jorden bliver overfyldt, og over et desto længere Tidsrum kan Afstrømningen strække sig, uden at Vandet kommer til at gøre Skade. Ogsaa Jordens Gennemtrængelighed vil øve nogen Indflydelse, idet man paa let gennemtrængelig Jord med svær gennemtrængelig Undergrund maa regne med at skulle aflede en særlig stor Vandmængde. I det enkelte Tilfælde maa den maksimale Vandmængde, der bør regnes med, derfor fastsættes under noget Hensyn til Nedbørsforholdene, Drændybden og Jordbundens Beskaffenhed.

b. Vandhastigheden i Drænledninger maa holdes inden for visse Grænser, der bestemmes af rent praktiske Forhold.

Med Vandet trænger nemlig opslemmede Lerpartikler og fine Sandkorn ind i Rørledningerne gennem Stødfugerne, og Vandet bør have en saa stor Hastighed, at det kan føre disse Partikler med sig. For at holde Lerslam svævende kræves en Hastighed af ca. 0,15 m/s, medens der for fint Sand kræves en Hastighed paa ca. 0,3 m/s. For at være paa den sikre Side maa det derfor forlanges, at Vandet jævnlig, hvor det drejer sig om almindelig lerblandet Jord, faar en Hastighed paa 0,2 m/s, medens det, hvor der er Fare for Indtrængen af fint Sand (Flydesand), bør have en Hastighed paa mindst 0,35 m/s.

For Samleledninger gælder, at Vandhastigheden bør være lige saa stor eller helst større, end den er i de Sugeledninger, de optager. Hastigheden skal med andre Ord helst være stigende nedefter i Systemerne, en Fordring, der dog ikke altid lader sig opfylde.

c. Beregning af Drænledningers Vandføringsevne kan ikke foregaa med synderlig stor Nøjagtighed, da Gnidningsmodstanden i dem er meget uregelmæssig; navnlig ved Stødfugerne er den uberegnelig og altid større end i selve Røret; desuden træder Vand ind i forskellig Mængde i de forskellige Stødfuger, de enkelte Rørs indvendige Flader har ofte forskellig Ruhed og ikke helt regelmæssige Tværsnit, og noget Slam vil ofte trænge ind og aflejre sig i Rørene. Endelig er Lægningen altid mere eller mindre uregelmæssig.

*) P. Feilberg: Kultur-Arbejder paa Møgelkjær. Udgivet af Det kgl. danske Landhusholdningsselskab. Trykt som Manuskript. København 1891.

**) »Landmandsbogen« 1895.

†) »Landbrugets Ordbog«. 1908.

Af mange forskellige Formler, som er opstillet til Beregning af Drænledninger, skal her kun anføres en enkelt, nemlig *Ganguillet* og *Kutters* korte Formel med Koefficienten $m = 0{,}27$.

$$v = \frac{100\sqrt{R}}{0{,}27 + \sqrt{R}}\sqrt{RI} \text{ (gældende for m og Sek.)} \tag{33}$$

i Forbindelse med den almengyldige Formel

$$Q = Fv, \tag{34}$$

i hvilke Formler Betegnelserne er de sædvanlige*).

Beregningerne udføres, som foran nævnt, kun for Maksimalafstrømning, i hvilket Tilfælde man i Reglen kan gaa ud fra, at Drænene er fuldtløbende, saaledes at hydraulisk Radius $R = \frac{d}{4}$, naar d er Drænets indvendige Diameter i m.

Betegner T Drænledningens Opland i ha, og fastsætter man, i Overensstemmelse med det foregaaende, Afstrømningsmaksimet til 0,55 l/s pr. ha, gaar (33) og (34) derefter over til

$$v = \frac{50\,d}{0{,}54 + \sqrt{d}}\sqrt{I} \text{ og} \tag{35}$$

$$d^2\,v = 0{,}0007\,T. \tag{36}$$

Indfører man, for at lette Regningen, Faldet i cm pr. 100 m (I_0), Drænets indvendige Diameter i cm (D) og Vandhastigheden i cm/s (V), faar man

$$V = \frac{D\sqrt{I_0}}{1{,}08 + 0{,}20\sqrt{D}} \text{ og} \tag{37}$$

$$D^2\,V = 700\,T \tag{38}$$

Formel (37) kan skrives paa Formen

$$I_0 = K\,V^2, \tag{39}$$

hvori Koefficienten K har følgende Værdier for de i Praksis almindeligt anvendte Rørdimensioner.

Drænets indv. Diameter i Tommer	1½	2	2½	3	4	5	6	7
do. do. do. i cm.....	4	5	6,5	8	10,5	13	15,5	18
Koefficienten K i (39).....	0,137	0,093	0,060	0,043	0,027	0,019	0,015	0,011

*) Tekn. Mek. Punkt 82 og flg

Paa Plan 2 i Bilagene er de samme to Formler fremstillet grafisk ved Linier i et retvinklet Koordinatsystem*).

Fremgangsmaaden ved Dimensionering af et Drænsystem minder meget om den i Punkt 16 beskrevne for Dimensionering af Afvandingskanaler. Først inddeles hvert af de planlagte Samledræn i kortere Strækninger ved en Række Delingspunkter, som vælges, [1]) hvor to eller flere Samledræn skærer sammen, [2]) hvor Drænet skifter Fald eller Retning, [3]) hvor der er bratte Overgange i Terrænets Fald, Højde- eller Dybdepunkter etc., og [4]) paa længere retliniede Strækninger med passende Mellemrum (20—100 m efter Sugeledningernes Længde), saaledes at Vandføringen inden for hver enkelt Strækning med tilstrækkelig god Tilnærmelse kan betragtes som konstant. Dernæst udmaales paa Kortet Oplandet for hvert af Delingspunkterne, Rørdimensioner vælges paa Skøn, og man bestemmer for hver Rørledning (mellem to Delingspunkter) Vandhastigheden i fuldtløbende Rør efter (38) og det fornødne Fald efter (39). Stemmer det saaledes fundne Fald med det Fald, som med rimelig Bekostning kan skaffes under de givne Terrænforhold, er den valgte Dimension brugelig, hvis ikke, vælges en ny o. s. fr. Dimensioneringen er færdig, naar hele Systemet tilfredsstiller de forskellige i det foregaaende nævnte Krav med Hensyn til Vandhastighed, Rørenes Dybde etc.

Beregningerne opstilles bedst i et Skema, hvori der for de enkelte Delingspunkters Vedkommende gives Oplysning om Punktets Betegnelse, Oplandets Størrelse, Terrænkote, Rørbundskote og Rørbundens Dybde under Jordoverfladen og for Strækningerne mellem to Delingspunkter om Længde, Vandhastighed efter (38) og nødvendigt Fald efter (39).

Nedlægges Drænet som Følge af Terrænforhold med stærkere Fald end det, som fremgaar af (39), bliver Vandhastigheden større end paakrævet, og Røret løber i saa Fald kun delvis fuldt. Hvis det undtagelsesvis har Betydning at bestemme Vandhastighed og Fyldningsgrad for en saadan Ledning, vil det med tilstrækkelig Nøjagtighed kunne ske efter det paa Plan 6 i Bilagene tegnede Diagram, som beskrevet i Punkt 19.

Sædvanlig indskrænker man Dimensionsberegningerne til Samledræn, medens Sugedræn overalt bør nedlægges af 2" Rør med et mindste Fald paa 30 cm pr. 100 m. Benyttes undtagelsesvis $1^1/_2$" Rør, bør Faldet forøges til 40 cm pr. 100 m, idet Uregelmæssigheder ved Lægningen har særlig uheldig Virkning for smaa Rør**).

Om Drænledningers Fald gælder iøvrigt, at man, selv ved store Rørdimensioner, nødig vil gaa til mindre Fald end ca. 16 cm pr. 100 m eller 1 : 600. Det er nemlig meget vanskeligt eller rettere umuligt at faa Faldet jævnt fordelt, og er Faldet meget ringe, vil enkelte Rør, grundet paa uundgaaelige Uregelmæssigheder i Grøftebunden eller ved Rørene, komme til at ligge med Bagfald, hvilket let giver Anledning til Forstoppelse. Er Faldet rigeligt, vil det enkelte Rør altid, trods mindre nøjagtig Regulering af Bunden, ligge med Fald i den rigtige Retning.

Et stærkt Fald, større end ca. 50 ‰ eller 1 : 20, er farligt, fordi man navnlig ved stærke Regnskyl under Arbejdets Udførelse kan risikere Udskylning af Bunden med efterfølgende Forskydning af Rørene).

*) Tekn. Mek. Punkt 91. Vejbygn. og Kloak. Punkt 50.

**) P. Feilberg: Om Strømforhold IV. Søborg 1891—94.

38. Projektet.

1) Forundersøgelsen. Et Areal, som skal drænes, bør saa vidt muligt besigtiges i Foraarstiden, naar Jorden begynder at tørre, idet enkelte af de Tegn, der tilkendegiver, at Jorden er vandlidende, da er særlig iøjnefaldende; det er derfor muligt at skønne over, hvilke Partier der eventuelt kan undvære Dræning, og hvilke der trænger særlig dertil, og disse Iagttagelser kan indlægges paa et Kort (Generalstabens Maalebordsblad) til Vejledning ved Planlægningen.

Forundersøgelse og Kortlægning foregaar i det væsentlige som beskrevet i Punkt 16; Kortet bør dog tegnes i et Maalestoksforhold paa mindst 1 : 2000, da man ellers vil faa det overfyldt, og det er vigtigt, at man faar alle Terrængenstande som Huse, Hegn, Grøfter, Mergelgrave og Trægrupper med.

Fladenivellementet maa udføres omhyggeligt. Ved Udarbejdelse af Planen benyttes det til Bestemmelse af Hovedledningers Beliggenhed og Sugeledningers Retning, og Kortet og de derpaa indlagte Højdekurver og Kotetal maa være saa nøjagtige, at man ved den efterfølgende Afsætning i Marken ikke behøver at ændre Planen; enhver Højde og Lavning i Terrænet skal træde frem paa Kortet, og Koter til henholdsvis højeste og laveste Punkter skal være paaført. Fikspunkters Beliggenhed og deres Koter maa være angivet paa Kortet eller i en Beskrivelse. Opmaaling og Fladenivellement foretages i mange Tilfælde hurtigst og tilstrækkelig nøjagtigt ved Hjælp af Maalebord.

Det maa desuden undersøges, om Drænsystemet skal optage Vand fra tilgrænsende Ejendomme.

Af Hensyn til Bestemmelse af Drænafstanden kræves Kendskab til Jordbundens Beskaffenhed. Dette søges opnaaet ved, at man i Huller, gravede i ca. 1,5 m Dybde, et for hver 1—3 ha, undersøger de forskellige Jordlags Tykkelse og gør Notater derom, saaledes at man eventuelt kan indlægge Signaturer for Jordens Beskaffenhed paa Kortet. I disse Huller kan ogsaa Grundvandets Højde og dermed dets Bevægelsesretning bestemmes.

I selve Hullerne eller ved optagne, sammenhængende Blokke af Undergrunden kan Vandledningsevnen bestemmes (Punkt 6). Prøver bør udtages i 0,7—1,10 m Dybde. Fra ensartede Partier sammenblandes disse Prøver til en enkelt, og i denne bestemmes ved Slemningsanalyse Mængden af opslemmelige Dele, Sandets Finhed bestemmes ved Sigtning, og desuden kan man lade Jærn og Kalkindhold bestemme ved Analyse. Jordbundsundersøgelsen maa være saa grundig, at der kan gives en detailleret Beskrivelse af saavel Madjordens som Undergrundens Beskaffenhed, og det maa eventuelt bemærkes, hvorledes Jorden anvendes eller agtes anvendt.

Paa Kortet tegnes Horizontalkurver sædvanlig brune og med forskellig Optrækning for Hel-, Halv- og Kvartmeterkurver. Vandskelslinier indlægges med Blyant til Anskueliggørelse af Faldforholdene og giver god Vejledning ved Valg af Systemer.

2) Planlægningen. Enkelte Samleledningers Beliggenhed vil ofte paa Forhaand være givet, idet de maa lægges gennem Lavninger eller følge eksisterende Grøfter.

Sugeledningerne anlægges i Parallelsystemer, da det ellers ved eventuelle Forstoppelser er meget besværligt, selv efter et omhyggeligt Kort, at finde den enkelte Ledning. Naar Retningen for Sugeledningerne er bestemt, fastlægges Samleledninger for passende Grupper af disse.

Foruden, hvad der er sagt i de foregaaende Afsnit, bør bemærkes.

Faldretningen i Sugeledningerne maa ikke danne en stump Vinkel med Faldretningen i Samleren, da det fra Sugeledningerne indtrædende Vand i saa Fald vil hæmme Vandbevægelsen i Samleren; kan dette undtagelvis ikke undgaas, maa Sugeledningerne nogle Meter fra Samleren bøjes, saa de danner en Vinkel, der er 90° eller noget mindre med Faldretningen i denne. Baade spidse og stumpe Tilslutninger til Samleren bevirker desuden, at Arealet om denne bliver unødvendig stærkt drænet.

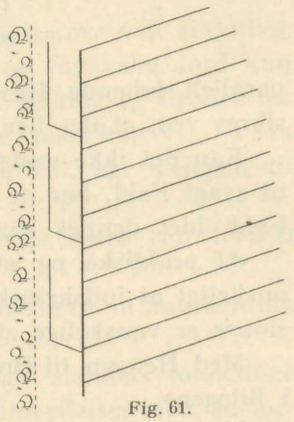


Fig. 61.

Sugeledningernes Retning bør, hvor Forholdene iøvrigt tillader det, være tværs paa Bearbejdningsretningen, der ofte vil være betinget af Arealets Form. Plovfurer og Afpløjninger virker som smaa Kanaler for Overfladevandet og skæres i saa Fald af Ledningerne; Hensyntagen til dette Forhold er navnlig af Betydning paa Arealer med rigeligt Fald og lidet gennemtrængelig Jord.

Trærødder, navnlig fra Poppel, Pil og El, gaar langt (indtil 15 m) til Siderne. Derfor maa Hovedledninger ikke ligge langs og for tæt ved levende Hegn, men Dræningen kan f. Eks. indrettes som vist Fig. 61.

Skal en Ledning passere et levende Hegn, maa der helst gennem dette og en halv Snes Meter til hver Side benyttes Mufferør, tætnede med Cementmørtel eller med en Blanding af Ler og Stenkulstjære; hvis almindelige Drænrør benyttes, maa de omgives med Tagpap eller lægges i og dækkes til med Slagger.

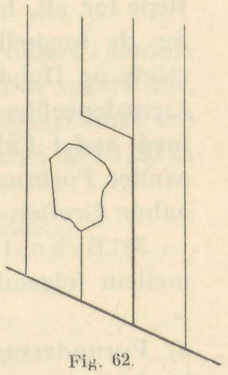


Fig. 62.

En Ledning maa ikke paa en Strækning afbrydes af en Mergelgrav eller et Vandhul, da Røret, der danner Afløb herfra, let vil forstoppes og foraarsage Opstemning i og ovenfor Mergelgraven (Fig. 62).

Hvor Vand kan ventes at strømme til fra tilgrænsende Arealer, bør Dræningsplanen indrettes saaledes, at det afskæres.

Kilder og Væld bør afvandes gennem særlige Ledninger, f. Eks. som vist Fig. 63, da enkelte Sugeledninger ellers overbebyrdes med Vand.

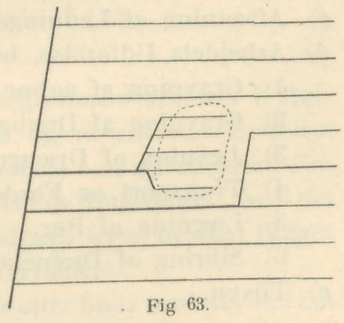


Fig 63.

Det kan undertiden være formaalstjenligt at lægge to parallele Samledræn i sædvanlig Drænafstand op gennem en Lavning (Fig. 64). Lægges der kun én Ledning i Midten af Lavningen, kan der nemlig blive for ringe Fald paa Sugeledningernes nederste Ender. Da Samleledningerne ved den viste Ordning kun modtager Sugeledninger fra en Side opnaas desuden, at Grøfterne ikke

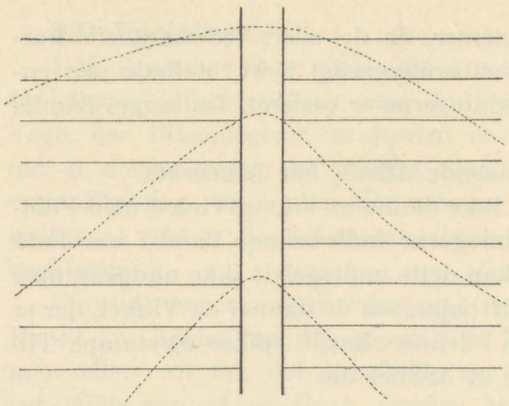


Fig. 64.

behøver at staa aabne saa længe. Endelig kan Oplandet være saa stort, at der ikke kan faas Rør af Dimension saa stor som paakrævet til en enkelt Ledning.

To eller flere Rørledninger maa aldrig lægges direkte op ad hinanden som Erstatning for en enkelt af større Dimension, da Udskylninger og Aflejringer altid i Løbet af kort Tid vil sætte en eller flere af dem ud af Funktion.

Sugeledninger bør ikke føres under Veje, men bør samles i en med Vejen parallelt løbende Hovedledning, der paa passende Steder føres under Vejen og sikres ved, at der her lægges Mufferør.

Kan det ikke undgaas, at nogle Sugeledninger kommer til at gaa fra stærkt til svagt Fald, bør de samles til en Hovedledning ved Overgangen til det svage Fald, idet dennes større Dimension giver forøget Sikkerhed mod Forstoppelse.

Af praktiske og økonomiske Grunde kan det under specielle Forhold være ønskeligt at indskrænke enkelte Systemers Størrelse, idet meget store Rørdimensioner er vanskelige at skaffe og uforholdsmæssig dyre.

Med Hensyn til Dræningsplanens Udstyrelse henvises til Figurerne paa Plan 1 i Bilagene.

Med Dræningsplanen bør følge [1]) en kortfattet Beskrivelse, hvori der gøres Rede for alt, hvad der ikke direkte fremgaar af Planen, [2]) En Tabel, der indenfor de forskellige Strækninger viser den enkelte Samleledningens Afvandingsomraade og Dybde, Dimension, Fald og Vandhastighed, [3]) Arbejdslister og eventuelt Længdeprofiler for Samleledninger og for enkelte Sugeledninger, der skal gaa med andet Fald end Terrænets, og for aabne Grøfter, samt [4]) Opgørelse over samlet Forbrug af Rør af de forskellige Dimensioner og over Jordarbejdet ved aabne Grøfter.

3) Bekostningsoverslag. Udgiften ved et Dræningsarbejde fordeler sig mellem følgende Poster:

a) Forundersøgelse og Planlægning.
b) Indkøb og Fragt af Rør.
c) Afsætning af Ledningerne.
d) Arbejdets Udførelse, hvorunder
   1) Gravning af aabne Grøfter.
   2) Gravning af Drængrøfter.
   3) Jævning af Drængrøfter.
   4) Transport og Fordeling af Rørene.
   5) Lægning af Rør.
   6) Sikring af Drænenes Udmunding og Opførelse af Brønde.
e) Tilsyn.

Vedrørende de forskellige Poster kan oplyses

En øvet Tekniker kan, hvor det drejer sig om nogenlunde regelmæssige Arealer, forundersøge 5—10 ha pr. Arbejdsdag à 10 Timer, medens Tegning og Projektering vil tage 2—4 Gange saa lang Tid.

Der medgaar gennemsnitlig ca. 3,25 Stk. Rør pr. løbende Meter Drænledning.

Drejer det sig om at faa et rent foreløbigt Skøn over Udgifterne, og man nogenlunde kan afgøre, hvor stor Afstand der gennemsnitlig bør være mellem Sugeledningerne, kan man beregne det omtrentlige Antal løbende Meter Drænledning og deraf, hvor mange Stk. Rør der ialt bliver Brug for.

Under normale Forhold vil 75—85 % af Rørene gaa til Sugeledninger, medens Resten vil gaa til Samleledninger.

En øvet Drængraver kan i Jord, der ikke behøver at løsnes ved Hakning, grave 3—4 lb. m 1,2 m dyb Drængrøft pr. Time, i fast og vanskelig Jord kun det halve, og i Sand og Dynd ca. det dobbelte. Ved Gravning af Grøfter for Samleledninger, der altid skal være lidt dybere og bredere, naas kun $^1/_2$—$^2/_3$ saa meget. Til Jævning af Grøfterne medgaar $^1/_6$—$^1/_{10}$ af den Tid, der medgaar til Gravningen.

Paa Markveje og over Pløjemarker kan man ikke køre mere end 4—500 Stk. 2" Rør pr. Læs.

En dygtig Rørlægger kan med Læggekrog nedlægge 20—30 lb. m Sugeledning pr. Time, i Samleledninger ca. det halve.

Da Prisen paa Arbejdskraft (Timelønnen), er forskellig i Landets forskellige Egne og desuden varierer med Aar og Aarstid, giver Timeydelsen ved de forskellige Arbejder et paalideligere Udtryk for Bekostningen end Opgivelse af Priser ved nylig udførte Arbejder.

Som Eksempel paa, hvor meget Omkostningen ved Dræninger, udført i samme Egn og under ret ensartede Forhold, har forandret sig i Løbet af de senere Aar, henvises til nedenstaaende Tal. Samtlige Dræninger er udført i Sydsjælland ved Entreprenør og er udført med 20 m's Afstand mellem Sugeledningerne og i 1,20 m Dybde.

	Omkostninger pr. ha, Kr.	Omkostninger pr. lb m Drænledning, Øre
1911	166	32
1913	199	42
1915	219	44
1918—19	444	97
1919—20	655	125

39. Arbejdets Udførelse indledes ved, at Samlegrøfterne afsættes i Marken, afpæles med 20—40 m Afstand mellem Pælene og nivelleres. Endelige Arbejdslister, paa hvilke ikke anføres mindre Maal end hele cm, udarbejdes. Enkelte Ledninger afsættes i hver Gruppe af paralleltløbende Sugedræn, men det er iøvrigt kun nødvendigt at afpæle og nivellere Sugedræn, hvor de skal lægges med meget ringe Fald eller med et andet Fald end Terrænets

Ved Gravning af Drængrøfter afstikkes Grøftekanterne efter Snor med 45—60 cm

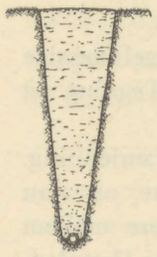


Fig. 65.

Afstand efter Grøfternes Dybde og Rørdimensionen. Det første Spadestik (Madjorden), der tages med almindelig Spade, lægges til den ene Side, de næste Spadestik graves op med Drænspader (Spader med lange, smalle og stærke Blade) og lægges til den anden Side, saaledes at det øverste Jordlag ved Jævningen atter kan komme øverst. Efter hvert Spadestik skovles den løse Jord op.

Grøftebunden maa under normale Forhold ikke være mere end 5 cm bredere end de Rør, der skal nedlægges (Fig. 65).

Til Opskovling efter det sidste Spadestik og til Jævning og Formning af Bunden bruges Hulskovlen, en Skovl med høj Skaftestilling og med Skovlbladet bøjet fremefter eller tilbage, henholdsvis til at støde eller trække, eller bedre en Kombination af begge.

Der er, navnlig i de sidste Aar, fremstillet forskellige Maskiner til Gravning af Drængrøfter, og flere af disse skal arbejde godt i ensartet og stenfri Jord. Da Jorden her i Landet oftest er uensartet, stenfyldt og bakket, og Markerne desuden er smaa, er det tvivlsomt, om Maskiner vil kunne fremstilles saaledes, at de med Fordel kan bruges her. I Vestergøtland i Sverige har en *Buckeyes* Maskine*), fremstillet af Buckeye Traction Ditcher Co., Findlay, Ohio, arbejdet i de sidste Aar paa meget svær Lerjord med enkelte Sten, og man har naaet gennemsnitlig at faa gravet 480 lb m pr. Dag i 1,25 m Dybde. Der blev dog en Del Ekstraarbejde ved Regulering af Bunden, ligesom det ogsaa var en Gene, at al Jorden lagdes op paa den ene Side af Grøften. Arbejdet blev ikke billigere end ved Haandkraft**).

Bundens Dybde kontrolleres ved Maal fra Pælene, mellem disse skal Bunden have jævnt fordelt Fald, hvilket kontrolleres ved Mirer; allerede efter første Spadestik vil det paa uregelmæssigt Terræn være praktisk at regulere Bunden ved Mirer, saaledes at den overalt ligger lige højt over den endelige Bund.

Hvis Bunden enkelte Steder bliver for dyb, er det uheldigt, thi der maa i saa Fald fyldes Jord paa, og Rørene vil faa et mindre fast Leje. Sker det, maa der fyldes op med Grus, der stampes fast.

Hovedledningerne graves først, derefter Sugeledningerne. Rørene fordeles langs Ledningerne, og Rørlægningen begynder fra Sugeledningernes øverste Ende. For de mindre Dimensioners Vedkommende lægges Rørene bedst med Læggekrog, ved større Dimensioner lægges de med Haanden. Den øverste Ende af det første Rør i en Ledning lukkes med en Sten. Rørene skal lægges, saa at de slutter til hinanden med hele deres Endeflade, og krumme eller skævt afskaarne Rør skal lægges med Buen til Siden; de maa derfor ofte drejes flere Gange og de skal stødes eller presses fast sammen. Ved vel udført Arbejde maa et enkelt Rør ikke kunne hæves, uden at flere følger med eller et større Stykke af Strængen løftes.

Da nogle Rør altid vil være svagt buede eller skraat afskaarne, er det mistænkeligt, at en Ledning er snorlige, da det kan tyde paa, at der er Gab mellem enkelte Rør. Vil Jorden skride sammen, kan det blive nødvendigt at rørlægge Samle-

*) E. Paul Wretlind i Meddelanden från Svenska Motokulturföreningen. Nr. 74 (1919--6). Uppsala 1919.

**) Oplysning om Præstationerne, meddelt af Inspektør H. P. Hansen, Såtenäs.

ledningerne først og dække dem med noget Jord, for senere, naar Sugeledningerne er lagt, at gaa Samleledningernes Rør efter, eventuelt tage dem op og rense dem.

Større Sten i Grøftebunden omgaas i en svag Bue, og hertil kan benyttes krumme Rør, hvoraf der altid vil være nogle; ligger Stenen højere end Bunden, kan Rørene lægges under den; i mange Tilfælde vil man dog staa sig ved at sprænge og fjærne de større Sten, man træffer paa.

Sugeledningernes Tilslutning til Samleledningerne maa udføres med Omhu. Sugeledningen hugges ind saa højt som muligt i Siden af Samleledningen (Fig. 66 øverst) til Nød midt paa (Fig. 66 nederst). Ved Tilhugning af Rørene anvendes en Rørhammer (en Hammer, hvis Hoved har en Spids i den ene Ende og en Æg vinkelret paa Skaftets Retning i den anden). Hullet bør hugges paa Midten af et Rør, ikke ved Enderne, og de sammenstødende Flader slibes med en grov Fil, saa de slutter tæt sammen; Rørspidser fra Sugeledningen maa selvfølgelig ikke rage ind i Samleren. Det Rør i Sugeledningen, der forbindes med Samleren, skal altid være et helt Rør; bliver det nødvendigt at indskyde et overhugget Rør, skal det ske længere inde. Samlingen sikres ved, at der pakkes Grus om den.

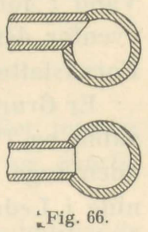


Fig. 66.

I Udlandet benyttes ofte særligt formede Rørstykker til Samlingerne, hvad der gør disse sikrere og desuden er tidsbesparende.

Dækningen foretages saa lempeligt, at Rørene ikke forskubbes eller beskadiges. Fra Grøftens Sider nedstikkes et ca. 20 cm tykt Lag Jord, helst groft Sand, i Mangel heraf gennemtrængelig og ikke for finkornet Jord, der dels tilbageholder fint Sand og dels forebygger at eventuelt tilstedeværende fedt Ler kommer i direkte Berøring med Ledningen. Ler bliver, naar det bearbejdes i fugtig Tilstand, saa godt som uigennemtrængelig for Vand, hvilket kan foraarsage, at en Dræning ikke virker nævneværdigt i det første Aarstid. Findes undtagelsesvis ikke andet end fint Sand og fedt Ler i Grøftesiderne, maa der til Dækningen tilføres Grus eller groft Sand, eller man maa dække med et tyndt Lag Langhalm eller Lyng. Derefter foretages den egentlige Fyldning, der udføres saaledes, at det øverste Spadestik udjævnes sidst og derved atter kommer øverst. Denne Fyldning sker nu hyppigst ved Pløjning, idet man anvender en ca. 3 m lang Hammel og lader to Heste gaa paa den ene og en paa den anden Side af Grøften.

Specielle vanskellige Forhold. Er Bunden paa sine Steder blød og eftergivende, kan Rørene lægges paa Brædder, eller der maa tilføres et ca. 10 cm tykt Lag Grus i Grøftebunden. Drejer det sig om større sammenhængende Arealer med temmelig blød Bund, vil det være rigtigst at anvende store Rør ($2^1/_2$ eller 3") til Sugeledninger, ligesom der paa saadanne Steder og særlig, hvor Rørene snart hviler paa fast Bund og snart paa blød Bund, maa benyttes et rigeligt Fald, da man ellers kan risikere, at nogle Strækninger kan komme til at ligge med Bagfald.

Er Bunden meget blød og vandfyldt, bør Grøfterne foreløbig kun graves til $^3/_4$ Dybde, og først, naar de har virket et halvt Aars Tid og Jorden har fæstnet sig, tages det sidste Spadestik, hvorefter Rørene lægges med de samme Sikkerhedsforanstaltninger som ovenfor nævnt.

I Flydesand bliver Grøfterne ikke staaende, og man maa derfor gøre Ledningerne færdige fra neden ved at opgrave og rørlægge et kort Stykke ad Gangen, og kontrollerer at hvert Rør er lagt i rette Dybde ved Hjælp af Mirer eller Nivellerinstrument.

Man lægger under saadanne Forhold Lyng, Langhalm eller Grus i Grøftebunden og over Rørene for at sikre dem et godt Leje og for at hindre det fine Sand i at trænge ind i dem. Er der Fare for Ulemper ved Flydesand, bør Arbejdet udføres om Sommeren eller i det tidlige Efteraar, fordi der da vil være mindst Vand i Jorden. Ved man, at der er Flydesand i et Parti af Marken, bør man ovenfor dette indsætte et Par Tværledninger, der kan afskære Trykvand, og denne Foranstaltning er meget at anbefale som et forberedende Arbejde.

Er Grundvandet meget jernholdigt, vil det være heldigt at lade Grøfterne staa aabne en Tid, inden de rørlægges, for at Okkeren kan udskilles, og man bør desuden søge at skaffe særlig glatte Rør og rigeligt Fald for at hindre Okkerafsætning i Ledningerne. Det har ogsaa været anbefalet at lade Ledningerne udmunde under Vand for at indskrænke Lufttilgangen og dermed Okkerudskillelsen.

Det bedste Tidspunkt for Dræningsarbejders Udførelse vil under almindelige Forhold være Maj og Juni, idet der paa denne Tid sædvanlig er passende Fugtighed i Jorden; den faste Jord er da lettere at grave i, det er ved Hjælp af Vandet let at regulere Faldet godt, og endelig er Dagene lange.

Arbejdet udføres oftest ved Entreprenør, og det vil i saa Tilfælde være heldigst at forpligte denne til at lade Rørlægningen foretage af en timelønnet Rørlægger, da det er af overvejende Betydning, at dette Arbejde bliver udført med stor Omhu. Udføres et Dræningsarbejde ved egen Arbejdskraft, bliver Gravning og eventuelt Jævning sædvanlig givet i Akkord, medens den sidste Regulering af Bunden og Rørlægningen bør udføres af en timelønnet Formand.

Naar Arbejdet er fuldført, bør eventuelle Ændringer i den oprindelige Plan indlægges paa Kortet, og af det reviderede Drænkort bør fremstilles flere Eksemplarer, der ikke alle opbevares paa Ejendommen.

Vedligeholdelse. Er Dræningen godt planlagt, Arbejdet omhyggelig udført, og er der anvendt gode Rør, vil der som Regel ikke blive nævneværdige Vedligeholdelsesarbejder udover at holde de aabne Grøfter, der tjener som Recipienter for Drænledningerne, godt oprensede. Saadanne Grøfter bør navnlig gaas grundigt efter hvert Efteraar, saa at de er i Stand til at modtage og aflede Vinterens og Foraarets Afstrømning. Udløb og Brønde bør efterses hyppigere og navnlig i det tidlige Foraar.

Forstoppelse i Drænledninger kan opstaa og viser sig hyppigst i Foraarstiden ved, at Jorden ovenfor et forstoppet Sted er mørk, vaad og blød. Ved Hjælp af Kortet maaler man sig til den paagældende Lednings Beliggenhed og graver for at finde Ledningen i den nederste Del af det vaade Parti en Grøft tværs paa Ledningens Retning, idet der er størst Sandsynlighed for at finde Aarsagen til Forstoppelsen her. Ofte maa man grave ned flere Steder, før man finder den. For at hindre, at der under dette Arbejde kommer Slam ind i den nedenfor liggende Del af Ledningen, anbringes en Halmvisk i de Rør, der er Afløb fra de opgravede Huller. Skyldes Forstoppelsen en jævnt fordelt Slam-

aflejring, kan den fjærnes ved, at der trækkes en Staaltraad frem og tilbage igennem Ledningen fra Hul til Hul. Af Hensyn til Eftersøgning af Forstoppelser er det heldigt, at der i Markskel og paa lignende Steder anbringes Pæle, der angiver Hovedledningernes Retninger, da Arbejdet med at finde dem herved lettes betydeligt.

Aarsag til Forstoppelser kan være:

1) Indtrængen af Rødder,
2) Aflejring af Slam og fint Sand, hvor Faldet er for ringe, eller hvor Lægningen har været uregelmæssig,
3) at enkelte Rør er smuldrede hen eller sunkne, det sidste sker navnlig i Flydesand eller paa Mosejord,
4) Indtrængen af Padder, og
5) Udfældning af Okker.

Naar gamle Dræninger virker daarligt, fordi Rørene er mer eller mindre tilstoppede, skyldes det oftest for smaa Dimensioner, for ringe Fald og daarlig Lægning, sjældnere Okker og Planterødder.

En vel udført og godt vedligeholdt Dræning vil kunne virke tilfredsstillende i 50--100 Aar.

40. Detailler.

1) Brønde behøves kun i dybtliggende Ledningers Knækpunkter, samt hvor Forholdene medfører Formindskelse af Vandhastigheden og hvor flere Ledninger støder sammen. De kan som Regel opføres billigst af Betonrør eller Ringe (Fig. 67).

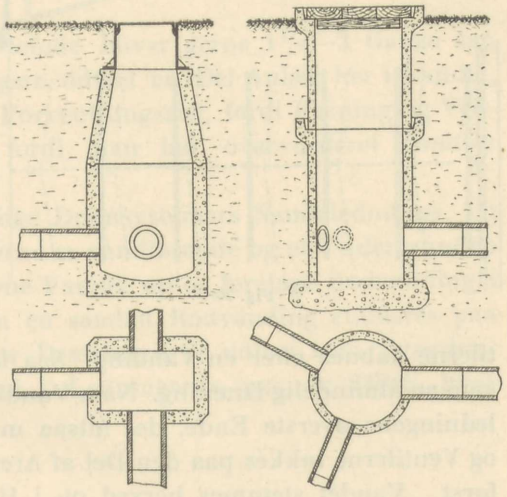


Fig. 67.

2) Udløb. Drænledninger bør ikke udmunde direkte i aabne Grøfter, thi det yderste Rør vil i saa Fald let underskylles og falde ud, og Jord vil skride ned og stoppe Udløbet.

Almindeligst anbringes ved hvert Udløb en solid Trækasse af indtil et Par Meters Længde, der omslutter Røret og fæstnes ved Pæle (Fig. 68); man kan forsyne den med en grov Rist af galvaniserede Jerntraade i 4—5 mm indbyrdes Afstand, for at hindre Frøer og Tudser i at krybe ind i Ledningerne. Er disse Traade foroven forsynet med et Øje og anbragt lodret gennem Huller i Kassens øverste Brædt, kan de let løftes, saaledes at Udløbet kan renses for Okker eller Slam.

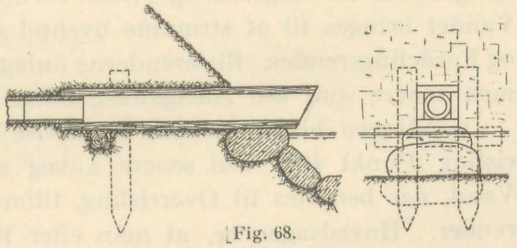


Fig. 68.

Udløb fremstilles dog ofte af glasserede Lerrør eller Betonrør, der anbringes paa en solid Stensætning; en grov Rist kan ogsaa i

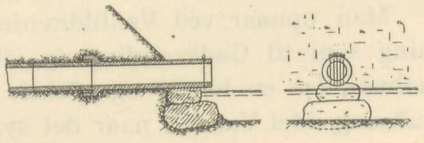


Fig. 69.

dette Tilfælde indrettes som foran nævnt (Fig. 69). Er der livlig Okkerudfældning rummer Riste nogen Fare, idet Okker kan stoppe Mellemrummene mellem Traadene; i saadanne Tilfælde bør Riste udelades eller de maa tilses og renses ofte.

Udløbet skal ligge i Højde med Middelvandstanden eller lidt over; det maa nødig i længere Tid staa under Vand. Dets Plads bør mærkes ved Anbringelse af en Sten eller Pæl i Grøftekanten.

41. Ventildræning er en Kombination af Dræning og Vanding, ved hvilken Drænledninger skiftevis virker i Afvandingens og i Vandingens Tjeneste. Ventildræning kan indrettes paa forskellig Maade; her i Landet er det den »Petersenske« Ventildræning, der er mest bekendt og hyppigst anvendt. Den er opkaldt efter og først bragt i Anvendelse af Gaardejer *Asmus Petersen* i Wittkiel i Slesvig omkring Aar 1860.

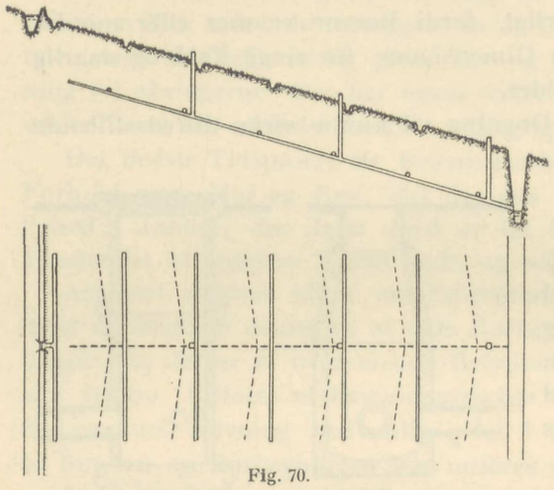


Fig. 70.

Det enkelte System bestaar (Fig. 70) af en Hovedledning, der lægges efter det stærkeste Fald i sædvanlig Drændybde, og som for hver 0,5—0,75 m Fald forsynes med Ventiler, anbragt i lodrette Rør, der fortsætter sig op til Overfladen (Fig. 71). Sideledninger udgaar sædvanlig til begge Sider og lægges med meget ringe Fald, 1 : 800 til 1 : 400, altsaa paa det nærmeste parallelt med Horizontalkurverne. Det ringe Fald medfører ingen Fare, da der finder en kraftig Udskylning Sted, naar Ventilerne aabnes efter en Vanding. Saa længe Ventilerne er aabne, virker Systemet som en almindelig Dræning. Naar Vanding skal foregaa, ledes Vand ind ved Hovedledningens øverste Ende, der altsaa maa have Tilslutning til en Vandingskanal, og Ventilerne lukkes paa den Del af Arealet, der ønskes befugtet, de lavest liggende først. Vandet stemmes herved op i Hovedledningen og Sideledningerne, træder ud gennem Stødfugerne og fylder Jordens Porer; er der tilstrækkeligt Tryk, kan Vandet bringes til at strømme ovenud af Ventilrørene og fordele sig i Rislerender og Fordelingsrender. Rislerenderne anlagde man oprindelig lige over Sugedrænene, men senere som ved Hænganlæg uden Hensyn til Drænenes Beliggenhed.

Vandingen bliver i denne Skikkelse en Kombination af Rodvanding og Overrisling (Punkt 43). Ved senere Anlæg er det dog ofte indrettet saaledes, at det Vand, der benyttes til Overrisling, tilføres overfladisk gennem aabne Tilledningsrender. Hovedsagen er, at man efter Behag kan standse Afledningen af Vand gennem Drænledningerne.

Man opnaar ved Ventildræning at kunne benytte Vandet saavel til Befugtning som til Gødevanding og vil, naar Ventilerne ved Vandingens Ophør atter aabnes, faa en hurtig og effektiv Afvanding i Forbindelse med en kraftig Udluftning, idet Vandet, naar det synker, suger Luft efter sig. Man er ved denne

Vandingsmaade fuldstændig Herre over Vandstanden i Jorden. Hvad Vandforbruget angaar, har Jordbundens Beskaffenhed stor Indflydelse, og paa let gennemtrængelig Jord kan Metoden ikke anvendes. Jorden maa trænge til Dræning, den maa med andre Ord ikke være for gennemtrængelig, og Grundvandstanden maa ikke kunne synke under Ledningerne. Men under saadanne Forhold er Vandforbruget forholdsvis lille (Punkt 13).

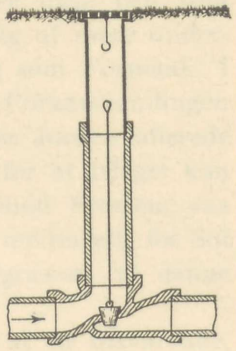


Fig. 71.

Ventiler fremstilles i forskellige Typer; paa Fig. 71 er vist et lodret Snit gennem den *Raumerske*. Hovedledningen maa paa en Strækning af 4—5 m neden for hver Ventil være dannet af Mufferør, tætnede med Cementmørtel, da Vandet fra Ledningen ovenfor Ventilen ellers vil omgaa denne.

Hovedledningerne maa af Hensyn til hurtig Bortledning af de store Vandmængder, være større end ved alm. Dræning. De beregnes ofte for en Afstrømning, der er 3—4 Gange større end sædvanlig, altsaa 1,5—2 l/s pr. ha. Af samme Grund bør Sugeledningerne ikke være længere end ca. 100 m og bør anlægges med mindre Afstand end sædvanlig.

Ventildræning efter den Petersenske Metode bliver gerne $1^1/_2$—2 Gange saa dyr som almindelig Dræning. Der er tidligere udført en Del Anlæg her i Landet, men Resultaterne har sjældent svaret til Forventningerne, fordi Pasning og Vedligeholdelse har været mangelfulde, og fordi man har overvurderet Vandets gødende Virkning.

Ved Anbringelse af Ventiler i almindelige Drænsystemers Samleledninger, vil man, under Forudsætning af at Ledningerne er vandførende og at Undergrunden ikke er for gennemtrængelig, kunne stemme Vandet op og foretage Rodvanding i Perioder af Sommerhalvaaret. Lettest kan en saadan Rodvanding etableres paa Arealer med forholdsvis ringe Fald, hvor Dræningen er udført som Tværdræning, men oftest vil der ikke være Vand i Ledningerne paa de Tider, hvor der trænges mest til det.

FJERDE KAPITEL. VANDING.

42. Formaalet med Vanding kan være [1]) at tilføre Jorden den for Plantevæksten nødvendige Fugtighed i tørre Perioder, hvor Jordens Indhold af Kapillarvand er dalet stærkt som Følge af Fordampning og Planternes stadige Forbrug, og [2]) at tilføre Jorden og Vegetationen saadanne Plantenæringsstoffer, der maatte forekomme i opløst eller opslemmet Tilstand i det Vand, man har til Raadighed til Vandingen. Af disse to Hovedformaal kan under forskellige Forhold snart det ene, snart det andet træde i Forgrunden (Fugtvanding eller Gødevanding); men Vanding kan desuden have anden gavnlig Indvirkning paa Jordbundens kemiske og fysiske Beskaffenhed. Indeholder Vandet en passende Mængde opløst Ilt, som det altid er Tilfældet, naar man benytter Flodvand eller Aavand, vil Vandingen saaledes [3]) kunne fremme Stofskiftet i Jorden, fordi den tilførte Iltmængde bidrager til Omdannelse af Plantenæringsstoffer til opløselige Forbindelser, der kan optages af Planterødderne (Punkt 8), og i de tidlige Foraarsmaaneder, hvor Vandet ofte er varmere end Jorden, kan man ved Vanding [4]) tilføre Jorden Varme og navnlig modvirke den stærke Afkøling af Jorden om Natten (Nattefrost). Under særlige Forhold kan Vanding [5]) medføre en gavnlig Udvaskning af skadelige Bestanddele, f. Eks. Humussyre, svovlsurt Jernforilte og Kogsalt i Jordbunden, uddrive skadelige Larver e. l., og paa skarp og for let gennemtrængelig Jord kan Vanding endelig, dersom Vandet indeholder en passende Mængde Slam, der bringes til at aflejre sig, [6]) have en gavnlig Indvirkning paa Jordens fysiske Beskaffenhed (se ogsaa Punkt 53 og 54). Det Vand, man benytter til Vanding, maa naturligvis ikke indeholde Plantegifte.

Fugtvanding foregaar i Følge Sagens Natur hovedsagelig i Sommermaanederne, Gødevanding derimod bedre om Efteraaret, naar Afgrøderne er af Jorden, og om Vinteren og i det tidlige Foraar, hvor Oversvømmelse og Afsætning af Slam kan

ske uden Skade for Planterne. Fugtvanding kan i Lande med hedt og tørt Klima, som f. Eks. Norditalien, Spanien og tropiske Egne af Asien, Afrika og Amerika, være af ganske afgørende Betydning for Plantevæksten og paa sine Steder være absolut nødvendig, fordi Jorden uden Tilførsel af Vand vilde ligge hen som Ørken. I Lande med tempereret Øklima er Vanding sædvanlig af mere underordnet Betydning og har ofte baade Befugtning og Gødskning som Formaal. I nordlige Lande, som Island, kan Opvarmning af Jorden ved Foraarsvandingen være et Hovedformaal. Undertiden sætter man dér Vand over Jorden allerede om Efteraaret og lader det blive staaende Vinteren igennem, for at Islaget kan have en skærmende Indflydelse paa Jorden og værne den mod Frosten, saa at den efter Vandets Bortledning om Foraaret bliver hurtigere modtagelig for Sol og Varme. Det er dog kun, hvor Afgrøden bestaar af Halvgræsser, at denne Vandingsmaade kan anvendes.

Den gavnlige Virkning af Vanding er som Regel betinget af en tilsvarende, effektiv Afvanding af det paagældende Areal. Tilfører man Vand i større Mængde og lader det blive staaende i Jordens Hulrum uden Afløb, forsumper den.

En blandet, mild Jord med fremtrædende Sandkarakter, tør, men dog ikke for let gennemtrængelig, og derfor i Stand til at holde fast paa de i Vandet indeholdte Næringsstoffer, er den bedst egnede Vandingsjord. Skarpe, tørre Jorder som rene Sandjorder lider nok mest af Vandmangel, men har ringe Evne til at tilbageholde opløste Plantenæringsstoffer. Lerjorder er mindre gennemtrængelige, men kan let forsumpe og maa derfor vandes med Varsomhed.

43. Forskellige Vandingsmaader. Fremgangsmaaden ved Iværksættelse af Vanding maa afpasses efter klimatiske Forhold, Jordbundens Beskaffenhed, Jordoverfladens Form, Vandingens Formaal, Vandets Beskaffenhed og Afgrødernes Art. I det følgende skal kortelig beskrives fem forskellige Vandingsmaader, som jævnlig bliver anvendt under vore Forhold.

1) Rodvanding. Ved denne Fremgangsmaade tilføres Vandet gennem Jordlagene paa en saadan Maade, at Jordoverfladen ikke sættes under Vand.

Sædvanlig etableres Rodvanding paa den Maade, at man hæver Grundvandspejlet paa Vandingsomraadet saa meget, at Planternes Vandforbrug kan dækkes ved det derfra kapillært løftede Vand (Punkt 4). Jo ringere Jordens Kapillaritet er, jo mindre dybtgaaende Rødder Plantevæksten har, og jo varmere og tørrere Klimaet er, desto mere maa Grundvandet hæves, for at Vandingen kan lykkes. Under vore Forhold vil en Afstand paa 25—40 cm fra Jordoverfladen til Grundvandspejlet ofte være passende for Græsarealer (Punkt 12).

Den omtalte Hævning af Grundvandspejlet kan i simpleste Tilfælde opnaas, ved at man stemmer op i Afløbet fra det paagældende Areal, enten i et Hovedafløb, specielt et Vandløb, der strømmer gennem Arealet (Punkt 20), eller i Grøfter eller Dræn (Punkt 41). Men Betingelsen for, at Opstemningen medfører det ønskede Resultat, er naturligvis, at Vandføringen i Afløbet er passende rigelig. Sker Opstemningen i et Vandløb med stort Opland, er Resultatet nogenlunde sikkert; men sker den i Grøfter eller Dræn, kan Virkningen meget let udeblive, hvis man begynder Opstemningen for sent paa Forsommeren.

For at sikre Vandingen under alle Forhold indretter man sig undertiden paa at kunne forsyne Grøfter og Dræn paa Vandingsomraadet med Vand, som ledes til fra højere liggende, naturlige eller kunstige Reservoirer, Opstemninger i Vandløb el. l., eller pumpes op ved Maskinkraft. Grøfter og Dræn kommer derved til afvekslende at tjene Vanding og Afvanding (smlgn. Punkt 41). Man opnaar ved Anlæg af denne Art det bedste Resultat paa let gennemtrængelige Jorder med forholdsvis højt Grundvandspejl; paa svære Jorder kan det vare for længe, inden Vandet trænger igennem. Som Eksempel kan anføres, at man ved et Rodvandingsanlæg paa *Paludans Planteskole* i Klarskov ved at pumpe Vand ind i Drænledninger har kunnet hæve Grundvandspejlet saa meget, at Fugtighed træder frem paa Overfladen af Terrænet, og at dette Anlæg i det hele har virket tilfredsstillende.

Rodvanding ved Hævning af Grundvandspejlet er sædvanlig forholdsvis billig at indrette og økonomisk med Hensyn til Vandforbrug, da der, naar Grundvandspejlet først er hævet til den ønskede Højde, ikke sker væsentligt Tab udover Planternes Forbrug. Metoden kan anvendes til Fugtvanding af Afgrøder af enhver Art baade paa Ager og Eng, derimod egner den sig i Følge Sagens Natur ikke til Gødevanding. Jo fladere et Areal er, desto videre vil Virkningen af hver enkelt Opstemning kunne spores, og desto bedre egner Metoden sig i det paagældende Tilfælde.

Men Rodvanding etableres undertiden paa en noget anden Maade, som ikke beror paa, at der stemmes op i Afløbet fra Vandingsomraadet, men paa at der ledes Vand til Jordlagene gennem særlige Vandingsrender eller Rørledninger, der ikke tjener andet Formaal end Vandingen. Den mest almindelige Fremgangsmaade i saa Henseende er »Furevandingen«, som iværksættes, ved at talrige smaa Furer paa Vandingsarealet holdes fyldte med Vand, som siver ind paa de mellemliggende Jordstykker. Furerne maa paa Markjorder tilvejebringes ved Jordbearbejdningen før Saaningen. Metoden anvendes bl. a. i Spanien og Algier til Vanding af Kornafgrøder og er ret almindelig i Nordamerika. Forsøg*) med Furevanding viser, at Virkningen særlig paa let Jord kun spores et forholdsvis lille Stykke paa begge Sider af hver Fure, hvorfor disse maa lægges meget tæt, sædvanlig kun med 1—2 m indbyrdes Afstand, hvis en effektiv Vanding skal kunne opnaas. En anden, mindre almindelig Form for denne Art Rodvanding gaar ud paa at tilføre Vand ad underjordisk Vej (Undergrundsvanding) ved Hjælp af Ledninger af gennemhullede Rør eller almindelige Drænrør, som nedlægges i ringe Dybde under Jordoverfladen med faa Meters indbyrdes Afstand. Vandet ledes til Rørstrengene under et passende Tryk, trænger ud igennem Fugerne og fordeler sig i Jorden. Metoden er ret kostbar og egner sig derfor bedst til intensivt drevne Jorder. Her i Landet bliver den for Tiden prøvet ved et Anlæg paa Haveforsøgsstationen *Blangsted* ved Odense.

2) **Vanding ved Oversvømmelse** (Overstuvning, Stuvningsvanding) kan i simpleste

---

*) U. S. Department of agriculture. Office of experiment stations. Bulletin 203. — R. H. Loughridge: Distribution of water in the soil in furrow irrigation. 1908.

Tilfælde etableres som vist paa Fig. 72, der skematisk fremstiller et Vandløb, som løber gennem en flad Dalstrækning med højt Land paa begge Sider. Vandingsarealet er ved Jordvolde (Smaadiger) delt paa tværs i en Række Jordstykker, der kan sættes under Vand hver for sig ved Hjælp af Stemmeværkerne *S*. De punkterede Linier antyder smaa Grøfter eller Render, der fordeler Vandet over Vandingsomraadet, naar Oversvømmelse skal iværksættes, og trækker det bort igen, naar Stemmeværket efter passende Tids Forløb aabnes, og Vandingen er forbi. Det er saaledes de samme Grøfter og Render, der afvekslende tjener Vanding og Afvanding.

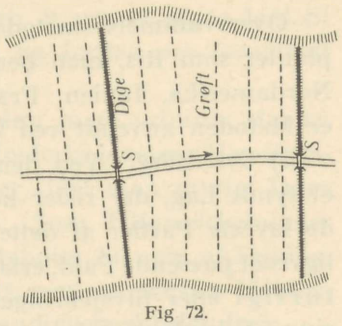


Fig 72.

Paa Terræn med noget stærkere Fald, kan man indrette sig som vist paa Fig. 73, hvor *AA* skematisk fremstiller en Tilledningskanal (Punkt 47), hvis Vandspejl ligger i passende Højde over Jordoverfladen, *BB* en Afvandingskanal eller Grøft og de svære Linier Jordvolde (Smaadiger), der afgrænser mindre, hver for sig nogenlunde horizontale Partier af Vandingsomraadet. Sluserne *S* tjener Tilledning og Bortledning af Vand.

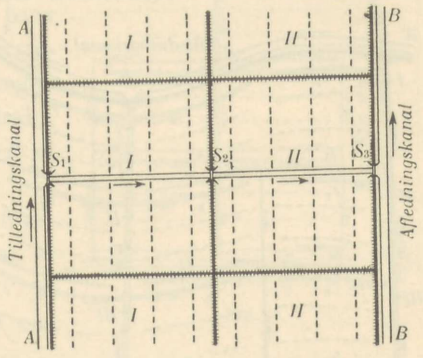


Fig. 73.

Ved Gødevanding, hvor det gælder om, at alle Stykker forsynes med friskt, næringsrigt Vand, sætter man først det nederste Stykke *(II)* under Vand ved at aabne S_1 og S_2 og lukke S_3, dernæst det ovenfor liggende Stykke *(I)* ved at lukke S_2 og saa fremdeles for eventuelle ovenfor liggende Stykker, indtil alle Etager staar under Vand. Naar Bundfældning af den i Vandet indeholdte Slam i det væsentlige er afsluttet, lukkes Vandet langsomt ud til Afvandingssgrøften gennem S_3, hvorefter Jorden lades i Ro til Udluftning i passende Tid, inden en ny Oversvømmelse etableres. Ved Fugtvanding kan man eventuelt vande fra oven med Genbenyttelse af Vandet etagevis.

Arealets Inddeling bør erfaringsmæssig udføres saaledes, at hvert Stykke ikke bliver større end ca. 10 ha og kan oversvømmes af et Vandlag, hvis Tykkelse ikke noget Sted overstiger 30—50 cm. I modsat Fald bliver Vandforbruget ved hver Oversvømmelse upraktisk stort, og stærk Blæst kan fremkalde Bølgeslag, der hindrer Aflejring af Slam. Paa stærkt hældende og uregelmæssigt Terræn kan Metoden derfor ikke godt anvendes.

Oversvømmelsesmetoden egner sig fortrinligt for Gødevanding, fordi man ved at lade Vandet staa hen i passende lang Tid, 3—8 Døgn eller endnu længere, skaber udmærkede Betingelser for Bundfældning af opslemmede Plantenæringsstoffer. Til Fugtvanding er Metoden ikke saa økonomisk med Hensyn til Vandforbrug som Rodvanding, og i Vegetationstiden kan Slamafsætning være til Skade for Afgrøderne. Græs bliver saaledes let usmageligt eller ligefrem usundt for Kreaturerne.

Oversvømmelsesmetoden anvendes meget i Troperne til Dyrkning af Sumpplanter som Ris, men benyttes ogsaa i Lande med tempereret Klima som f. Eks. Nordamerika, Italien, Frankrig og Marskegne ved Vesterhavet. Her i Landet er Metoden anvendt ved Vanding af nogle Marskenge mellem Esbjerg og Ribe.

3) Overrisling. Ved denne Vandingsmaade søger man at fordele Vandet som et tyndt Lag, der risler kontinuerlig ned over Vandingsarealet fra de højeste til de laveste Partier af dette (fra Højderygge til Slugtlinier). Hertil kræves naturligvis et passende Fald, erfaringsmæssig bedst 1 : 20 à 1 : 30, der enten kan være naturligt eller tilvejebringes helt eller delvis paa kunstig Maade ved Omprofilering af Jordoverfladen. Overrisling egner sig bedst for Arealer med en nogenlunde tæt Vegetation, der kan beskytte Jorden mod Udskæring af Vandstrømmen, og benyttes i Overensstemmelse hermed fortrinsvis til Vanding af Enge og andre vedvarende Græsarealer.

Naturlige Overrislingsanlæg kan indrettes som vist paa Fig. 74, hvor *AA* skematisk fremstiller en Vandingskanal, *B* en Tud, hvorigennem Vandet strømmer ud i Tilledningsrenden *BC* (eller i en Transportrende til fjernere Dele af Vandingsomraadet) og kan fordeles til Rislerenderne *r*, som i alt væsentligt følger Terrænets Horizontalkurver. Naar Vanding skal foregaa, anbringer man først et Skod eller en Græstørv i Tilledningsrenden ved *I*. Derved dirigeres Vandet ind i Rislerenden r_1, strømmer over dens Kanter og risler ned over Terrænet, indtil det træffer Fangrenden f_1, som optager det og gennem Afvandingsrenden *ED* fører det bort til Afvandingsgrøften *DD*. Imellem r_1 og f_1 kan man indskyde en eller flere sekundære Rislerender (Fordelingsrender), som skal fange Vandet, der ellers har Tilbøjelighed til at samle sig i smaa Strømme, og fordele det ensformigt paany. Disse sekundære Render behøver ikke at have Forbindelse med Tilledningsrenden. Efter passende Tids Forløb flyttes Skoddet fra *I* til *II*, hvorved et lavere Parti af Vandingsomraadet tages under Behandling o. s. fr.

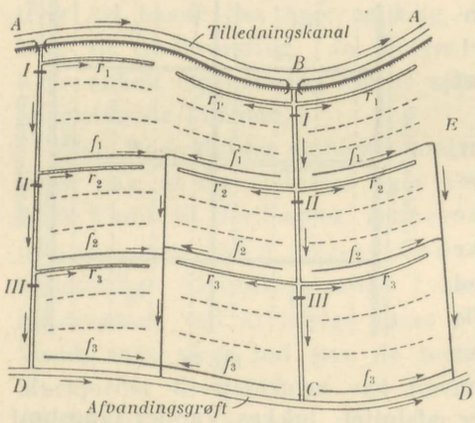


Fig. 74.

Tilledningsrenden kan udføres som en lille Kanal med Jordvolde paa begge Sider eller som en Plankekasse, der lægges hen paa Jordoverfladen, naar Vanding skal foregaa. Rislerenderne stikkes med Spade eller trækkes med en særlig Plov; de kan være 15—20 cm brede og dybe og trækkes enten helt vandret eller med ganske svagt Fald fremefter; undertiden lader man Dybden aftage fremefter, hvilket naturligvis er rationelt, fordi Vandføringen efterhaanden bliver mindre. Den Kant, som Vandet skal risle over, maa afrettes omhyggeligt.

Terrænoverfladen underkastes ikke nogen Regulering, da Vandingsanlægget som beskrevet afpasses efter Terrænets Form; dog kan det ofte være praktisk at bortgrave større Knolde og Tuer og benytte Fylden til at jævne eventuelle Huller i Terrænet, som det kan volde Vanskelighed at afvande. Arbejdet kan f. Eks.

udføres ved Hjælp af Muldsluffe*), efter at Græstørven er gravet af og lagt til Side til senere Dækning af den afrettede Undergrund, og Jorden om fornødent er løsnet ved Pløjning.

Naturlig Overrisling udføres undertiden paa en endnu mere primitiv Maade, blot ved enkelte Tilledningsrender, som stikkes ud paa Højderyggene paa Vandingsomraadet og Afvandingsgrøfter hist og her i Slugtlinier, idet man iøvrigt lader Vandet selv finde Vej over Terrænet (Vildvanding). Som Tilførselsledninger ved Vandinger af denne Art benytter man i Amerika hyppigt Slanger af Sejldug, der lægges hen ovenpaa Jordoverfladen og er forsynet med en Række Udløbsaabninger; Slangerne kan flyttes, efterhaanden som Vandingen skrider frem.

Kunstige Overrislingsanlæg (Kunstenge) indrettes efter lignende Principper som de naturlige, men adskiller sig fra disse ved, at Terrænet underkastes en fuldstændig Regulering, hvorved den naturlige Overflade omdannes til et System af plane Flader i forskellig indbyrdes Sammenstilling og med en for Overrisling passende Hældning. Disse Anlæg anvendes paa Terræn, der ikke fra Naturens Haand har tilstrækkeligt Fald eller hvis Overflade er saa uregelmæssig, at naturlig Overrisling ikke godt kan indrettes. De er dyre at anlægge og vedligeholde og indrettes nu kun under Forhold, hvor Jordbundens og Vandets Egenskaber lover et særlig godt Udbytte.

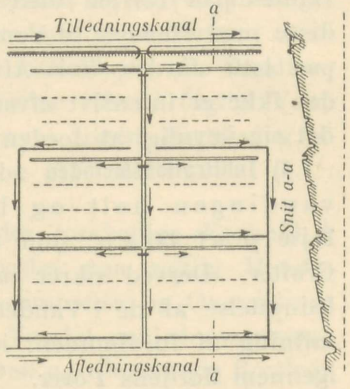


Fig. 75.

I Figurerne er skematisk vist to almindeligt forekommende Typer af Kunstenge. Fig. 75 viser et saakaldt Halvtags- eller Hænganlæg, d. v. s. et Anlæg, hvor Jordoverfladen er planeret med ensidigt Fald og Vandingen iværksat ved Rislerender og Fangrender paa lignende Maade som beskrevet for naturlige Anlæg. Fig. 76 viser et Heltags- eller Ryganlæg, d. v. s. et Anlæg, hvor Jordoverfladen er tildannet i Tagform med Fald afvekslende i den ene og den anden Retning. Vandet føres til ved Hjælp af Rislerender paa Tagryggene, fordeler sig til begge Sider og optages af Afvandingsrender mellem to og to Tagflader. Den førstnævnte Form kan lettest etableres, hvor Terrænet som Helhed har passende Fald i bestemt Retning; den sidste maa foretrækkes paa fladt Terræn. Afstanden mellem Rislerenderne er sædvanlig 10—20 m, og man indskyder ofte Fordelingsrender (punkterede i Fig.) for at hindre, at Vandet samler sig i enkelte Strømme. Ved udstrakte Vandingsanlæg paa Terræn med rigeligt Fald kan man indrette sig paa Genbenyttelse af Vandet, ved at Afvandingsgrøfter paa højt

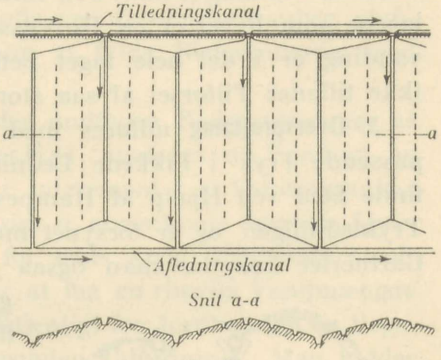


Fig. 76.

*) Vejbygning og Kloakering. Punkt 13. Stykke 5.

liggende Stykker sættes i Forbindelse med Rislerender paa lavere liggende; men det fremhæves ofte som ønskeligt, at Vandet inden saadan Genbenyttelse udluftes ved at passere et aabent Løb eller maaske et Styrt, da Vandet afgiver Ilt og optager Kulsyre under Overrislingen og derved bliver mindre godt skikket til at benyttes umiddelbart efter. Af Hensyn til Gødevanding maa man dernæst som Regel sørge for, at alle Stykker af Vandingsomraadet kan forsynes med friskt, næringsrigt Vand, direkte fra Kanalen.

Overrisling anvendes her i Landet adskillige Steder til Vanding af Engjorder, og som Regel med flersidigt Formaal. I det tidlige Foraar gives en kortvarig Vanding hovedsagelig for at sætte Liv i Stofskiftet og opvarme Jorden; i tørre Somre fugtvandes dernæst nogle Gange i Vegetationstiden, og om Efteraaret, naar Afgrøden er af Jorden, foretages en ret langvarig Gødevanding.

Overrislingsmetoden kan i Modsætning til de tidligere nævnte Metoder anvendes paa Terræn med stærkt Fald; men den er ikke saa økonomisk som disse med Hensyn til Vandforbruget. Den giver sædvanlig de bedste Resultater paa lette Jorder, hvis Afvanding ikke volder Vanskelighed; paa svære Jorder, der ikke er intensivt afvandede ved dybe Grøfter eller Dræn (se nedenfor), viser det sig jævnlig, at Jorden forsumper paa Skraaplanernes nederste Del.

4) Infiltrationsmetoden adskiller sig fra de to foregaaende Metoder, ved at Afvandingen helt og holdent foregaar ad underjordisk Vej ved Hjælp af Dræn, som træder i Stedet for de foran beskrevne Fangrender og Grøfter. Derved sikrer man sig [1]) en effektiv Afvanding, [2]) den bedst mulige Udnyttelse af de i Vandet indeholdte Plantenæringsstoffer og [3]) en kraftig Udluftning af Jordbunden, idet Vandet suger Luft efter sig, naar det synker ned igennem Jordens Porer.

Infiltrationsmetoden foretrækkes saa godt som altid, hvor man benytter Kloakvand til Vanding (Punkt 54), fordi Vandets Rensning ved Filtration gennem Jordlagene som Regel er en Hovedsag ved disse Anlæg. Dens Anvendelse ved Gødevanding er i det hele taget betinget af, at man har særlig rigt Vand, da den ikke tillader Tilførsel af saa store Vandmasser som almindelig Overrisling.

5) Oversprøjtning udføres med Vand, som ledes til Vandingsomraadet under passende Tryk i lukkede Ledninger. Paa mindre Arealer kan Oversprøjtning finde Sted ved Hjælp af Hampeslanger, som forbindes med Aftapningshaner paa Trykledningen og er forsynet med et Straalerør til Spredning af Vandet. I Gartnerier benytter man ogsaa jævnlig gennemhullede Rørledninger, som lægges paa Bukke i ca. 1 m Højde over Jordoverfladen og fødes med Trykvand, som da sprøjter ud igennem Hullerne; ved at dreje Rørene om deres Akse, kan Straalerne dirigeres i forskellig Højderetning, saaledes at forskellige Striber vandes efterhaanden (Skinners System, Fig. 77). Paa store Arealer kan Oversprøjtning finde Sted ved Hjælp af særlige Regnvogne, der bærer et Rørsystem, udstyret med faste eller roterende Spredere, der fordeler Vandet som en Støvregn (Kunstregn) over en Del af Vandingsomraadet. Regnvognene kan efterhaanden sættes i Forbindelse med forskellige Aftapningshaner

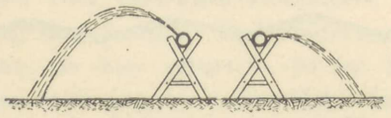


Fig. 77.

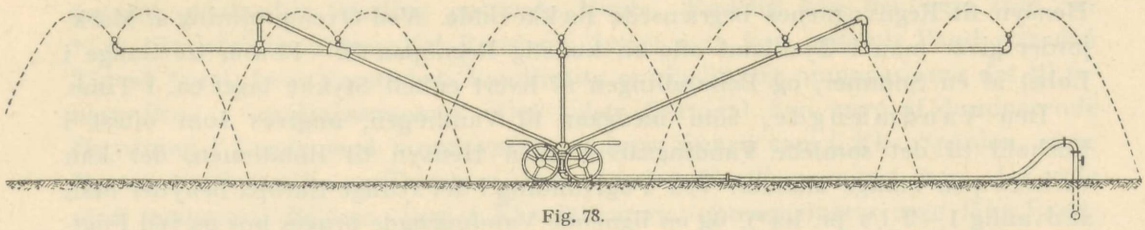


Fig. 78.

paa Trykledningen ved Hjælp af en Slange, der er saa lang, at den tillader nogen Bevægelse af Vognen hen over Marken. Fig. 78 viser skematisk en Regnvogn fra *Maschinenfabrik Boreck* i Sachsen; men der findes ogsaa talrige andre Konstruktioner*).

Oversprøjtning er en forholdsvis kostbar Vandingsmaade, baade med Hensyn til Anlæg og Drift, og anvendes i Overensstemmelse hermed fortrinsvis til Fugtvanding af intensivt drevne Have- og Markjorder i varme, tørre Somre. Den giver en ret fuldkommen Fordeling af Vandet og et forholdsvis lille Vandforbrug, særlig hvis Oversprøjtningen finder Sted om Natten eller i fugtigt Vejr, hvor Tabet ved Fordampning kun er ringe. Der kræves ingen Regulering af Jordoverfladen af Hensyn til Vandingen.

De beskrevne fem Vandingsmaader anvendes under forskellige Forhold i talrige Modifikationer, undertiden kombinerede indbyrdes paa særlig Maade. Meget almindelig er f. Eks. en Kombination af Oversvømmelse og Overrisling, den saakaldte Stuvningsoverrisling, ved hvilken Vandet paa et oversvømmet Omraade stadig friskes ved Tilførsel af Vand foroven og tilsvarende Bortledning forneden, for at Slamaflejring kan bliveen stærkere. I Punkt 41 er fremdeles omtalt, hvorledes Rodvanding ved Ventildræning kan kombineres med Overrisling, og endelig skal nævnes, at man ofte ved Overrislingsanlæg etablerer Rodvanding i Vegetationstiden ved jævnlig at fylde Rislerenderne med Vand.

Fælles for alle de beskrevne Vandingsmaader undtagen Rodvanding er, at Vandingen altid foregaar diskontinuerligt, saaledes at Vanding og Hvilepauser stadig skifter. Sædvanlig deler hver Interessent i et Vandingsanlæg hele sit Vandingsomraade i et vist Antal, lad os sige n, nogenlunde ligestore Stykker, som han vander efter Tur med hele den for hans Areal disponible Vandmængde. Dette er for det første nødvendigt for at faa en rimelig Vandmængde til at slaa til, men dernæst ogsaa meget formaalstjenligt for Jordbunden og Vegetationen, der i Hvilepauserne faar en højst fornøden Udluftning. Man kalder denne Fremgangsmaade for Vanding med n-delt Rotation. Antallet n afhænger af Klima, Jordbund, Vandingsmaade, Formaalet med Vandingen o. a. Ved Gødevanding har man ofte $n = 3$—6, ved Fugtvanding betydelig større, undertiden indtil 15. Varigheden af hver enkelt Behandling er ligeledes meget forskellig og kan variere fra ca. 1 Døgn til over 1 Uge. Oversprøjtningsmetoden indtager en Særstilling ved Inddeling af Vandingsomraadet i ganske smaa Stykker af

*) E. Krüger und A. Nachtweh: Hauptprüfung von Beregnungsapparaten. Berlin 1915.

Hensyn til Regnvognenes begrænsede Rækkevidde. Ved Oversprøjtning af Markjorder giver man i Tyskland ofte en kunstig Regn paa 30—40 mm tre Gange i Løbet af en Sommer, og Behandlingen af hvert enkelt Stykke tager ca. 1 Time.

Den Vandmængde, som medgaar til Vandingen, angives som oftest i Forhold til det samlede Vandingsareal uden Hensyn til Rotationen, der kan varieres paa mange Maader. Ved Fugtvanding i det sydlige Europa benytter man sædvanlig 1—2 l/s pr. ha*), og en lignende Vandmængde bruges hos os ved Fugtvanding af Marskengene mellem Ribe og Esbjerg. Ved Gødevanding maa Vandmængden bl. a. afpasses efter Jordbundens Gennemtrængelighed og Vandets Indhold af Plantenæringsstoffer (Punkt 14), hvilket fører til betydelig større Kvanta end de nævnte. Ved Overrislingsanlæg for Enge her i Landet bruger man ofte 15—20 l/s pr. ha i Gødevandingstiden, men kun $^1/_3$ eller $^1/_4$ deraf til Befugtning i Vegetationstiden. Ved Rodvandingsanlæg er Vandforbruget relativt lille og kan under heldige Omstændigheder gaa ned til 0,2—0,5 l/s pr. ha.

Iøvrigt henvises til, hvad der er meddelt i Punkt 13 om Planternes Vandforbrug.

44. Vandets Tilvejebringelse. Det til Vandingen fornødne Vand kan man tage [1]) i Søer og Vandløb, sjældnere i Fjorde med Brakvand, eller [2]) fra Grundvandet ved Hjælp af Brønde og Borehuller, specielt artesiske Kilder. Aavand vil sædvanlig være langt at foretrække paa Grund af dets større Indhold af Ilt og Plantenæringsstoffer (Punkt 14); Grundvand er næringsfattigt, kulsyreholdigt og forholdsvis koldt om Sommeren og bør i alle Tilfælde udluftes, inden det benyttes. Vanding med Brakvand kan anvendes paa Strandenge, hvor Vegetationen bestaar af Planter, der taaler noget Saltindhold i Vandet.

I sjældnere Tilfælde kan Forholdene fra Naturens Haand være saa gunstige, at Vandet er til Stede med saa højt Vandspejl, at det direkte kan anvendes til Vanding af omkringliggende Arealer. Saaledes stiger Vandspejlet i nogle store Floder som f. Eks. Nilen paa visse Tider af Aaret saa højt, at man kun behøver at regulere Vandstrømmens Forløb ved Dæmninger og Sluser for at etablere Vanding ved Oversvømmelse, og i Kalifornien kan betydelige Arealer vandes ved Hjælp af Vand fra artesiske Kilder. Men i Reglen nødes man til at træffe særlige Foranstaltninger for at fremskaffe Vand i en for Vanding tilstrækkelig Højde. I det følgende skal kortelig omtales to almindeligt anvendte Fremgangsmaader i saa Henseende, nemlig a) Opstemning i et Vandløb og b) Anvendelse af Vandløftningsredskaber.

a. Vanding ved Opstemning i et Vandløb.

45. Formaalet med Opstemningen er [1]) helt eller delvis at standse Vandets Bevægelse i dets naturlige Leje og dirigere det ind i Vandingskanaler og [2]) at stuve Vandet op ovenfor Stemmeværket, saaledes at Vandspejlet faar en

*) C. Ph. Teller: Vandbygning IV. København 1903.

for den paatænkte Vanding passende Højde. Endelig kan der være Tale om [3]) at tilvejebringe et kunstigt Reservoir, hvori man kan opsamle Vand paa den Tid af Aaret, hvor Vandløbets Vandføring er rigelig, og opmagasinere det til senere Brug i Vandingssæsonen. Det sidste Formaal kan være af dominerende Betydning i Lande med meget varme og tørre Somre, som f. Eks. Spanien, visse Egne i Nordamerika og Troperne, hvor Vandets Værdi er meget stor. I Lande med tempereret Øklima, som f. Eks. Danmark, opmagasinerer man ikke Vandløbenes Vandføring alene med Vanding for Øje, men kun, hvor det tillige gælder om at nyttiggøre Vandstrømmes Energi i Vandmøller (Mølledamme). De for Vanding alene nødvendige Stemmeværker indretter man tværtimod sædvanlig saaledes, at de kan fjernes helt, naar Vandingstiden er forbi, for at Afstrømningen da kan foregaa saa vidt mulig uhindret.

Ved Valg af Stemmeværkets Beliggenhed og den Højde, hvortil man vil stemme, maa man omhyggelig undersøge, hvilke Ulemper Opstemningen kan medføre for Afvanding af Arealer ovenfor Stemmeværket eller paa anden Maade, og afveje saadanne Ulemper mod de med Vandingen forbundne Fordele. Heldigst er det at stemme op paa et Sted, hvor Vandløbets og Terrænets Fald er stærkt, f. Eks. hvor Vandløbet strømmer gennem en Slugt med stejle Sider, da den skadelige Virkning af en Opstemning her kun vil spores kort. Undertiden maa man indrette sig paa at inddige Vandløbet ovenfor Stemmeværket et passende Stykke og afvande de tilgrænsende Arealer ved en Afvandingskanal eller Rørledning, som føres til Vandløbet bagved Stemmeværket, paa lignende Maade som vist paa Plan 3 for Vandmøllen ved Kastbjerg Enge. Opstemning i offentlige Vandløb kan naturligvis ikke etableres uden Landvæsenskommissionskendelse og med et af denne fastsat Flodemaal, og det samme gælder for private Vandløbs Vedkommende, saafremt der ved Opstemningen kan foraarsages Skade for andre.

46. Stemmeværker kan enten være Stoppedæmninger, hvis Krone altid ligger over det opstemmede Vandspejl, eller Overfaldsdæmninger, der i hvert Tilfælde til Tider overstrømmes af Vand; de kan endvidere enten være faste eller bevægelige, d. v. s. indrettede saaledes, at deres Højde inden for visse Grænser kan ændres efter Behag.

1) **Stoppedæmninger** kan udføres af Jord, Træ, Murværk, Beton, specielt armeret Beton eller en Kombination af disse Materialer.

Stoppedæmninger af Jord udføres som beskrevet i Punkt 26. Store Dæmninger kan have konkav Forflade med Stenbeklædning i Vandlinien og eventuelt Kærne af Ler, dersom Materialet er af mindre tæt Beskaffenhed; mindre Dæmninger har ofte plane Skraaninger med Anlæg 2 à 3 paa begge Sider. Kronebredden gøres ikke mindre end 1 à 2 m. Af Vigtighed er, at den Flade (*ab* i Fig. 79), som forbinder Vandspejlene paa begge Sider af den planlagte Dæmning, ikke danner en større Vinkel med Horizonten end Friktionsvinklen for den udblødte Dæmningsfyld (ofte 25—30°); i modsat Fald er der Fare for, at den

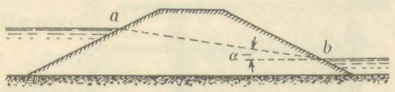


Fig. 79.

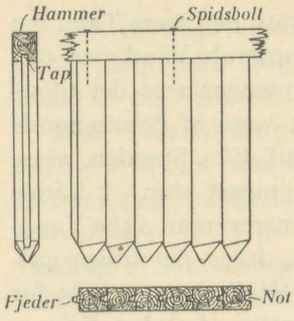


Fig. 80.

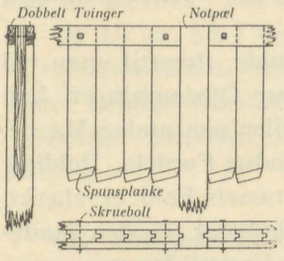


Fig. 81.

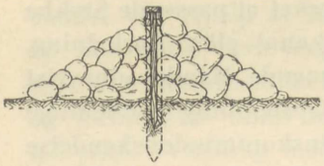


Fig. 82.

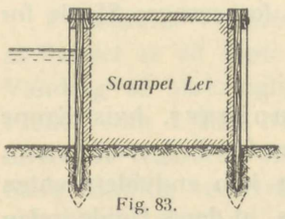


Fig. 83.

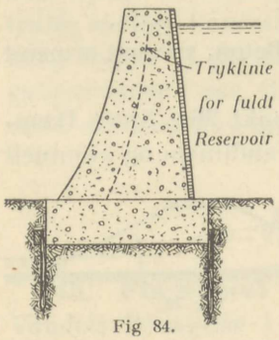


Fig 84.

øvre Del af Dæmningen kan skride ned. Paa Plan 4 er vist et Profil af Stoppedæmningen over Gudenaaen for Kraftstationen ved Tange*).

Stoppedæmninger af Træ kan bestaa af en eller flere Spunsvægge. Hver Spunsvæg dannes af Spunspæle eller Spunsplanker, der rammes ned i Jorden i Række ved Siden af hinanden, to og to i tæt indbyrdes Forbindelse ved Fjeder og Not (Fig. 80 og 81). Spunspæle drives ned ved Hjælp af Rambuk, Spunsplanker kan sædvanlig slaas ned med Kølle; de tilspidses skævt, for at de under Ramningen skal trykke sig ind imod den færdige Del af Væggen; foroven holdes de under Ramningen i Stilling ved en Jernbøjle. I Spunsvægge af Planker bør man med ca. en Meters Mellemrum anbringe Spunspæle (Notpæle) for at give Væggen fornøden Stivhed. Spunsvægge afsluttes foroven med en Hammer (Fig. 80) eller med en enkelt eller dobbelt Tvinger (Fig. 81), der tjener til at sikre Spunspælenes eller Plankernes rette indbyrdes Stilling.

En enkelt Spunsvæg har forholdsvis ringe Styrke og Stivhed og kan vanskelig blive tæt i alle Naadder. For at stive Væggen af kan man anbringe en Stenkastning omkring den paa begge Sider (Fig. 82); men hvis det gælder om at faa en tæt Dæmning, maa man hellere ramme to parallele Spunsvægge, der afstives mod hinanden ved Sprosser af Tømmer eller gennemgaaende Bolte, og stampe Mellemrummet mellem dem fuldt af fedt Ler (Fig. 83). Dæmninger af denne Art anvendes blandt andet meget som interimistiske Konstruktioner (Fangedæmninger).

Stoppedæmninger af Murværk eller Beton konstrueres som beskrevet i den tekniske Mekanik**). Smaa Mure faar trapezoidalt Profil med Kronebredde 0,5—1 m og en Middeltykkelse paa godt $^1/_3$ af Højden. Store Mure faar plan, svagt hældende Forside (imod det høje Vandspejl) og konkav Bagside med stigende Anlæg nedefter (Fig. 84). Profilet verificeres ved Indtegning af Trykkenes Midtlinie, idet man sædvanlig maa forlange, at denne overalt falder indenfor Profilets midterste Trediedel (Kærnen), saaledes at der intet Sted i Murens Forflade optræder Trækspændinger, der kan give Anledning til Revner og Utætheder. Muren opføres i Reglen paa et

*) »Ingeniøren« 1920 Nr. 51 og 52. O. D. Andreasen: Vandbygningsanlægene ved Gudenaacentralen.

**) Teknisk Mekanik. Punkt 72.

Fundament af Beton, der, hvis Grunden ikke er meget fast, maa beskyttes mod Underskylning ved Spunsvægge for og bag. Ved Undersøgelse af Konstruktionens Stabilitet maa man ikke glemme at tage Hensyn til det opadgaaende Vandtryk, som virker paa Undersiden af Muren og Fundamentet.

Stemmemure opføres sædvanlig af Beton eller Murværk af uregelmæssigt Stenmateriale (raa eller kløvede Sten). I begge Tilfælde kan det være formaalstjenligt at forsyne Muren med et vandtæt Pudslag af stærk Cementmørtel (eventuelt med Tilsætning af Trass), der sluttelig overstryges med Asfalt. For at sikre sig imod Revnedannelse i dette Pudslag under skiftende Temperaturforhold har man ofte forsynet det med en passende Jernarmering.

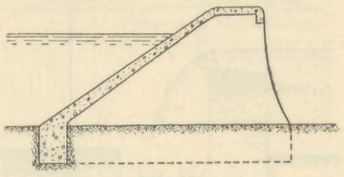


Fig. 85.

I Amerika har man bygget en Del Stoppedæmninger helt og holdent af armeret Beton*). De gøres hule for at spare paa Materialet og maa nærmest karakteriseres som en armeret Betonplade, der med passende Mellemrum støttes af tværgaaende Ribber (Fig. 85). Da Konstruktionens Egenvægt er forholdsvis lille, gør man sædvanlig Forfladen stærkt hældende, for at Vandtrykket kan faa nedadgaaende Retning.

2) **Overfaldsdæmninger** kan udføres af samme Materialer som Stoppedæmninger med Undtagelse af Jord. De bygges enten med lodret eller hældende Styrt. I første Tilfælde lader man det Vand, som strømmer over Overfaldskanten, styrte lodret ned og opfanges af et Styrtleje, hvori Vandets levende Kraft uskadeliggøres, i andet Tilfælde lader man det glide ned ad et Skraaplan eller en buet Flade, saaledes at den frigjorte Energi medgaar til Hastighedsforøgelse for Vandstrømmen, uden at denne brydes. Hvilken Konstruktion man vil foretrække, beror paa Omstændighederne; ved det lodrette Styrt paavirkes Overfaldsdæmningen meget stærkt lige i Styrtlejet, men ved det hældende Styrt giver den store Vandhastighed let Anledning til Udskæring i Vandløbet nedenfor Overfaldet, hvis man ikke sikrer Bund og Sider paa et Stykke ved Beklædning med Sten, Faskiner el. l. Det hældende Styrt vil i mange Tilfælde være det dyreste, fordi det kræver Anvendelse af forholdsvis meget Materiale.

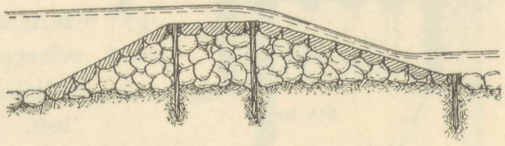


Fig. 86.

Overfaldsdæmninger blev i ældre Tid ofte udført af løse Sten, som man kastede ud i Vandløbet; men saadanne Dæmninger er ikke tætte og paa mindre fast Bund indtræder let Udskæring, hvorved Stenene i Tidens Løb glider ud. For at undgaa disse Ulemper kan man ramme en eller to Spunsvægge omkring hvilke Stenene placeres (Fig. 86); men saadanne Dæmninger er

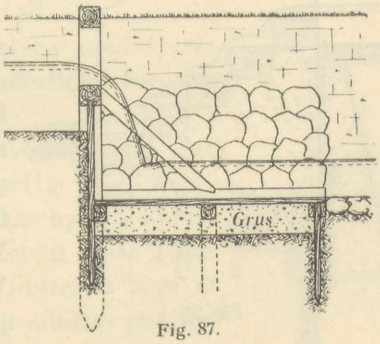


Fig. 87.

*) G. Schønweller: Vandbygning II Del. København 1914.

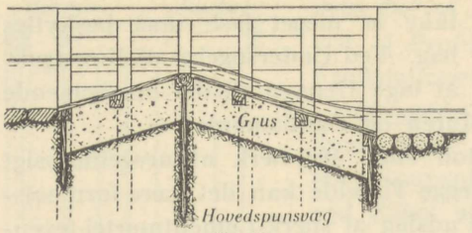


Fig. 88.

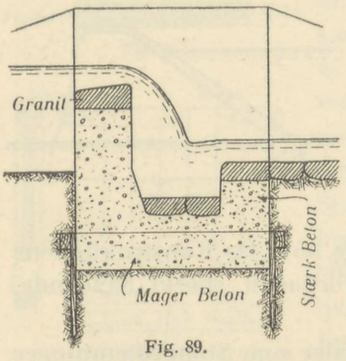


Fig. 89.

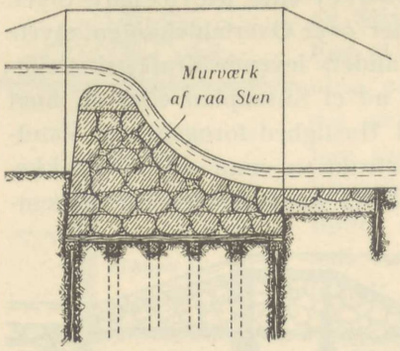


Fig. 90.

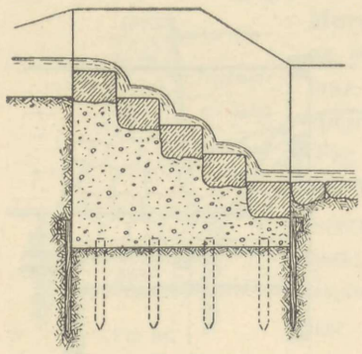


Fig. 91.

ikke altid billige, da store Sten er sjældne i mange Egne af Landet.

Et Overfald af Træ kan bygges som vist paa Fig. 87. Det bestaar af to Spunsvægge, en Hovedspunsvæg, hvis Hammer danner Overfaldskanten, og en sekundær Spunsvæg, der bærer den bageste Kant af Styrtlejet og sikrer dette mod Underskylning. Fig. 88 viser et hældende Styrt af Træ, bestaaende af tre Spunsvægge med en Plankeklædning, som yderligere støttes af nogle Pælerækker med Hammer. Under Plankeklædningen lægges et Lag groft Grus eller Singels, som skal hindre Udvaskning af Grunden gennem eventuelle Utætheder i Dækket.

Overfald af Murværk eller Beton kan have højst forskelligt Profil. Fig. 89 viser et lodret Styrt af Beton med Stenbeklædning paa Overfaldskanten og i Styrtlejet, hvor stærkt Slid kan forventes. Bygværket er funderet paa et Lag mager Beton, udstøbt imellem Spunsvægge. Fig. 90 viser et hældende Styrt af raa Stens Murværk med Parament af Granit; det hviler paa to Spunsvægge og 4 Pælerækker, der foroven er forbundet ved tværgaaende Hammere, som atter bærer et Plankedæk, hvorpaa Murværket er opført. Denne Funderingsmaade egner sig paa Steder, hvor den faste Bund ligger saa dybt, at man vanskelig kan føre et Fundament ned i fuld Dybde. Fig. 91 viser endelig et trappeformigt Styrt med Granittrin, henlagt paa et Fundament af mager Beton. Fundamentet er støbt ud mellem Spunsvægge paa begge Sider og hviler direkte paa Hovederne af 4 Rækker Pæle.

Overfald af armeret Beton støbes som Regel hule.

Bredden af en Overfaldsdæmning maa bestemmes i Forhold til den Vandmængde, der skal strømme over den, og den tilladelige Opstuvning. Er Bredden b og Vandspejlets Højde over Overfaldskanten a, har man, idet man ser bort fra Vandhastigheden i Løbet ovenfor Dæmningen, Vandmængden pr. Sek.

$$Q = \tfrac{2}{3}\mu\, a\, b \sqrt{2\, g\, a},$$

hvori Koefficienten $\frac{2}{3}\mu$ sædvanlig kan anslaas til 0,4—05.

3) **Tilslutning til Land**. En Overfaldsdæmning begrænses af to lodrette Sidevægge, tværs paa Dæmningens Længderetning, og Stemmeværket fortsættes derefter til begge Sider som Stoppedæmning, indtil Kronen forløber imod det høje Land eller eventuelt imod Diger langs Vandløbets Bredder. Skal Stoppedæmningen udføres af Jord, maa Sidevæggene forsynes med Fløje (Fig. 92), der tjener til at begrænse Jordfylden og til at lede Vandet paa hensigtsmæssig Maade til og fra Overfaldet. Fløjene nedenfor Overfaldet, der leder det hastigt strømmende Vand, er de vigtigste og udføres næsten altid som Vinkelfløje under en Vinkel paa 20—30° med Vandets Bevægelsesretning; ovenfor imod det langsomt strømmende Vand gør man undertiden den skraa Del af Fløjene kortere eller udfører dem for Simpelheds Skyld som Parallelfløje (se Stemmeværket i Jydebækken, Plan 5). Fløjenes Overside følger Stoppedæmningens Profil. Hvor et Overfald udfylder et Vandløb i dets fulde Bredde, forløber Fløjene imod Land paa samme Maade som Fløjene for Bropiller.

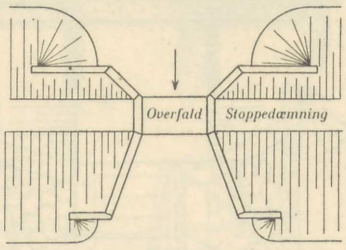


Fig. 92.

Fløje af Træ kan udføres som Spunsvægge og bør i saa Fald staa i Forbindelse med Overfaldets Hovedspunsvægge, f. Eks. ved en fælles Notpæl (Fig. 93). Hyppigere udføres de som Bolværksvægge (Fig. 94), bestaaende af en Række Hjertepæle, der foroven tappes op i en Hammer og paa Bagsiden dækkes med en Klædning af vandrette Planker og en Forsætning af Spidsplanker med Fjeder og Not, der rammes som en Spunsvæg. Høje Fløje af Træ maa sikres mod Udbøjning som Følge af Jordtrykket, enten ved indbyrdes Afstivning ved Tømmerstykker, der lægges tværs over Overfaldet fra Fløj til Fløj, eller, hvis dette ikke kan lade sig gøre, ved Hjælp af Bolte eller Stræktømmer, der forankres i Jordfylden.

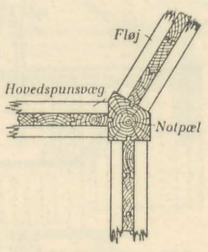


Fig. 93.

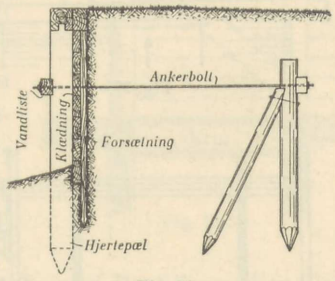


Fig. 94.

Fløje af Murværk eller Beton udføres som Beklædningsmure. De maa funderes paa fast Bund eller paa Pæleværk og beskyttes mod Underskylning ved smaa Spunsvægge (Fig. 95), der bør staa i Forbindelse med Overfaldets Hovedspunsvægge. Betonmure afsluttes undertiden foroven med en Række Dæksten af Granit.

4) **Bevægelige Stemmeværker** bestaar af en fast Underbygning, der udføres som en Overfaldsdæmning, og en bevægelig Del, hvorved Stemmeværkets Højde kan forøges, eventuelt saa meget, at det bliver til en Stoppedæmning. Skal Stemmeværket til visse Tider kunne fjernes helt, maa den faste Underbygning indrettes som et plant, sædvanlig horizontalt Bundlag, der iøvrigt udføres paa lignende Maade som Overfald. Den bevægelige Del kan bestaa af Stemmebjælker, Stigbord eller Naale.

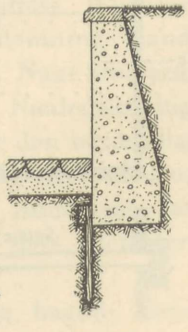


Fig. 95.

a) Stemmebjælker eller Stemmeplanker udføres af Træ, der beskyttes mod Raad f. Eks. ved Imprægnering med Carbolineum. De nedlægges i False i Sidevæggene paa begge Sider af Stemmeværket, saaledes at den underste Bjælke hviler direkte paa Overfaldet eller Bundlaget, den næste ovenpaa denne og saa fremdeles (Fig. 96). Ved at anbringe flere eller færre Bjælker kan man regulere Stemmeværkets Højde efter Ønske. Stemmebjælkerne manøvreres med Baadshage fra en Løbebro tværs over Stemmeværket eller ved Kædetræk og Haandspil. Deres Tykkelse maa bestemmes i Forhold til den frie Længde og det største Vandtryk, som de skal kunne modstaa.

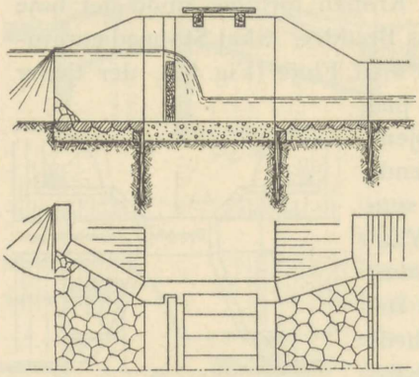


Fig. 96.

Stemmebjælker anvendes meget almindeligt ved Opstemninger i danske Vandløb, i mange Tilfælde saaledes at Stemmeværkets Sidemure tillige er bærende Piller for en Vejbro (Punkt 20). Ved et Fritliggende over 3—4 m bliver Stemmebjælker gerne for svære og uhaandterlige. Skal Stemmeværkets Vandslug være større, maa man derfor indrette sig med Mellemunderstøtninger paa lignende Maade som beskrevet nedenfor ved Stigbord.

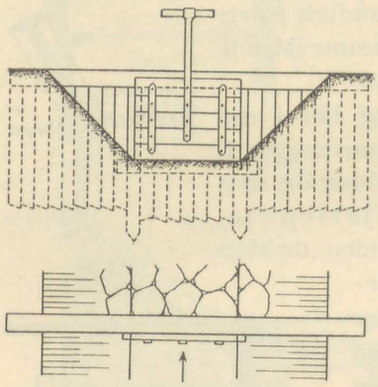


Fig. 97.

b) Stigbord (Skod) er Tavler af Træ eller Jern, der glider i False i Stemmeværkets Sidevægge ligesom Stemmebjælker, og som i deres nederste Stilling hviler paa Overfaldskanten eller Bundlaget i Stemmeværket.

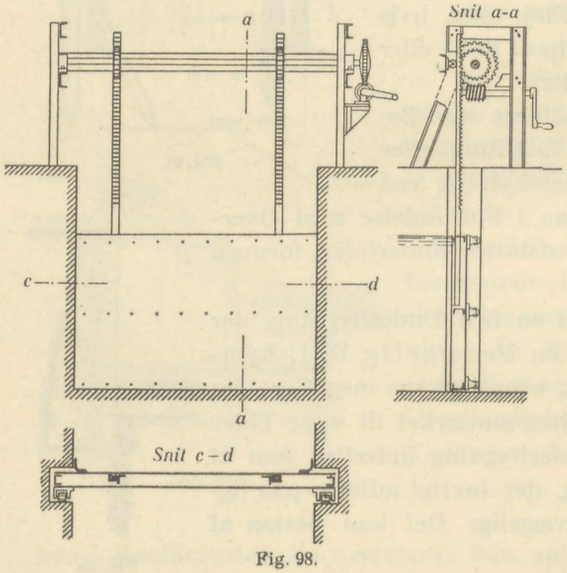


Fig. 98.

Stemmeværker med Stigbordsaabninger kaldes i Praksis ofte »Frisluser«. De kan være aabne opadtil eller lukkede paa lignende Maade som de i Punkt 25 omtalte Afvandingssluser (»Grundsluser«). De fremstilles i talrige forskellige Konstruktioner. Fig. 97 viser en meget primitiv Sluse af Træ, som hyppigt anvendes til Opstemning i Grøfter og smaa Vandingskanaler. Stigbordet manøvreres ved Hjælp af en Stang med Haandgreb.

Fig. 98 viser et større Stigbord af Jern, som bevæger sig paa Ruller i Jernfalse og manøvreres ved Hjælp

af to Tandstænger, som griber ind i et Snekkespil. Tæthed opnaas ved en Kant af Læder eller Kautsjuk, som glider paa Sidemuren. Hvor man ønsker at kunne variere det bevægelige Stemmeværks Højde, deler man undertiden Stigbordet i flere Stykker, der sættes hver for sig (Fig. 99), og opnaar samtidig en let Manøvrering af disse mindre Tavler. Man nærmer sig derved stærkt til Stemmebjælkekonstruktionen.

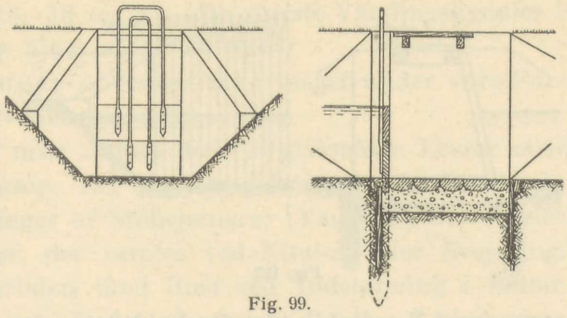


Fig. 99.

Stigbord gøres nødig bredere end 2 à 3 m, da de i saa Fald bliver for uhaandterlige. Ved store Vandslug foretrækker man derfor at anbringe Mellemunderstøtninger med False, saaledes at flere Stigbord kan anbringes Side om Side. Mellemunderstøtninger kan udføres som Piller af Murværk eller Beton, der føres ned til fast Bund eller funderes paa Pæleværk; men saadanne Piller er kostbare og danner desuden en Hindring for Vandets Bevægelse udenfor Opstemningsperioden. Ved Stemmeværker af Træ benytter man hyppigt Pæleaag eller Tømmerrammer, der gøres fast ovenpaa Stemmeværkets Bundlag, men ogsaa disse er Hindringer for Vandbevægelsen og kan desuden let ødelægges ved Isgang i Vandløbet.

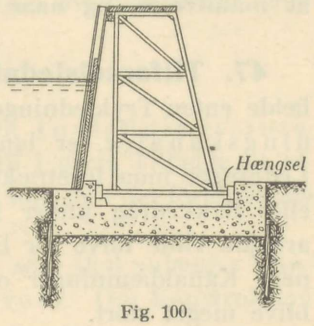


Fig. 100.

Borttagelige Mellemunderstøtninger kan udføres som Rammer af Profiljern, der anbringes drejelige om Hængsler i Stemmeværkets Bundlag (*Poirés* Rammer, Fig. 100). Naar Opstemningsperioden er forbi, fjernes Stigbordene, og Rammerne lægges ned i vandret Stilling i en Forsænkning i Bunden. Borttagelige Mellemunderstøtninger kan endvidere være Stolper af Profiljern eller Træ (Fig. 101), der forneden støtter sig paa Stemmeværkets Bundlag og foroven paa en Løbebro, der i saa Fald maa have en forholdsvis solid Udførelse. Stemmeværker af denne Art er anvendt adskillige Steder her i Landet til Opstemning i Vandløb med Vanding for Øje (se Stemmeværket i Jydebækken, Plan 5). Naar Stolperne anbringes tæt, kommer Konstruktionen til at minde en Del om en Naaledæmning.

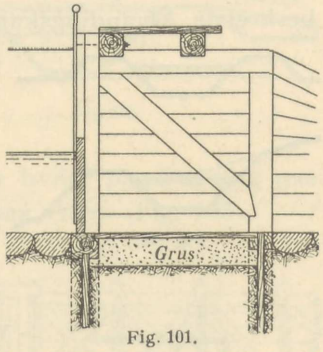


Fig. 101.

c) Naaledæmninger. Ved Stemmeværker af denne Art bestaar den bevægelige Del af en Række prismatiske Naale af Træ eller Jern (Bølgeblik), der stilles op Side om Side, forneden hvilende paa en fremspringende Kant i Bundlaget, foroven støttet imod en solid Løbebro (Fig. 102). Ved at anbringe flere eller færre Naale kan man regulere Opstemningen efter Ønske.

Naalene anbringes af Stabilitetshensyn med svag Hældning bagud; deres Tykkelse afhænger af deres fri Højde og det Vandtryk, de skal kunne udholde.

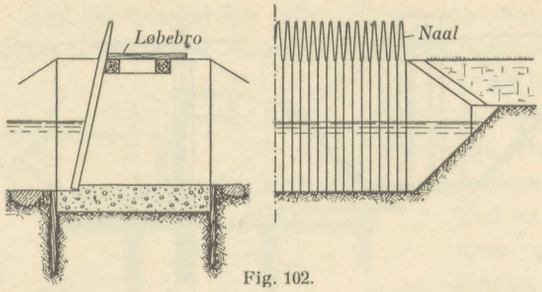


Fig. 102.

Undertiden gør man dem noget smallere foroven, saaledes at Stemmeværket virker som Overfald, naar Vandspejlet har naaet en vis Højde.

Naaledæmninger bliver naturligvis aldrig synderlig tætte, da Vandet altid vil kunne pible igennem Mellemrummene mellem to og to Naale. De anvendes derfor fortrinsvis ved Opstemning i Vandløb under Forhold, hvor der er rigeligt Vand. De er meget nemme at manøvrere, og naar Naalene fjernes, bliver der uhindret Gennemstrømning.

47. Tilførselsledninger kan enten være aabne eller lukkede og i sidste Tilfælde enten Trykledninger eller Hævertledninger. Aabne Ledninger af Jord, Vandingskanaler, er langt de almindeligste og som Regel de billigste. Lukkede Ledninger maa foretrækkes, hvor Vandet skal føres over store Dalstrækninger eller Bakkedrag under Forhold, hvor det med et Kanalanlæg forbundne Jordarbejde vilde blive for bekosteligt, eller hvor Tabet af Vand ved Filtration gennem Kanaldæmninger og Fordampning fra Vandoverfladen maa frygtes at ville blive meget stort.

1) Vandingskanaler profileres paa lignende Maade som de i forrige Kapitel beskrevne Afvandingskanaler, men adskiller sig fra disse ved, at Vandspejlet paa visse Strækninger ligger højere end Jordoverfladen, saaledes at Vandet strømmer mellem Diger paa begge Sider, eller, hvis Kanalen anlægges paa hældende Terræn, maaske kun med et Dige paa Dalsiden (Fig. 103). Endvidere er de ejendommelige ved, at Tværprofilet aftager fremefter, efterhaanden som Kanalen afgiver Vand til Bikanaler og Vandingsrender.

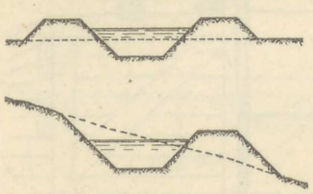


Fig. 103.

Fremgangsmaaden ved Dimensioneringen er forsøgsvis, som beskrevet i Punkt 16, og kan ske i Henhold til de der anførte Formler (13) og (14). Sædvanlig økonomiserer man med Faldet, thi jo mindre Fald Kanalen har, desto større Areal kan man inddrage under Vandingen (Fig. 104). Paa den anden Side maa Vandhastigheden i en Vandingskanal nødig blive mindre end ca. 0,3 m/s, da der i saa Fald allerede i Kanalen foregaar en Bundfældning af de i Vandet opslemmede, fine Partikler, ligesom Tabet ved Filtration og Fordampning i Kanalen bliver for stort. Meget almindeligt har man under vore Forhold et Fald af 0,1—0,5 ‰ paa Vandspejlet henholdsvis for store og ganske smaa Kanaler. Ved Valg af Vanddyben i de forskellige Tværprofiler bør man sørge for, at Kanalbunden intet Sted faar Bagfald.

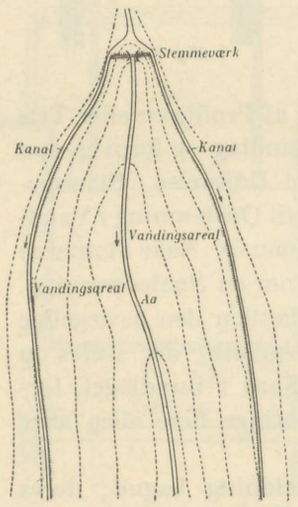


Fig. 104.

Hvad Kanalanlægets Udførelse angaar, henvises til,

hvad der er meddelt i Punkterne 16, 18 og 23. De største Vandingskanaler i Danmark findes i Jylland paa begge Sider af Skern Aa.

2) Lukkede Vandingsledninger anvendes ikke meget under vore Forhold, men f. Eks. ret almindeligt i Nordamerika*).

Hvor Vandtrykket er ringe, kan man udføre dem af glasserede Lerrør eller Betonmufferør, der samles med Hamp, Ler og Cementmørtel. Er Vandtrykket stort, maa man anvende Ledninger af Støbejernsrør (Vandrør), der samles ved Blystøbning, eller Smedejernsrør, der samles ved Nitning eller Svejsning. Smedejernsledninger beskyttes undertiden mod Rust ved Indstøbning i Beton. Endelig kan man støbe Ledninger paa Stedet af armeret Beton. Ledningerne følger i det væsentlige Terrænoverfladen og kan anbringes ovenpaa denne eller graves ned i passende Dybde.

48. Bygværker i Vandingskanaler.

1) I Kanalens øvre Løb anbringer man sædvanlig en Indledningssluse, der tjener til at regulere Vandtilførslen til Kanalen og til i givet Tilfælde at afspærre denne helt. Den kan udføres paa samme Maade som de i det foregaaende beskrevne Frisluser.

2) Hvor Kanalen skærer eksisterende Veje eller Veje, som skal anlægges i Anledning af Vandingsforetagendet, maa der opføres Vejbroer. Om Konstruktion af større Broer skal der ikke i denne Forbindelse gives nærmere Meddelelse udover dette, at Broers Underbygning bør være saaledes, at det for Vandets Bevægelse frie Profilareal ikke indskrænkes væsentligt. Smaa Broer for Markveje kan bestaa af en Række Strækbjælker af Træ i $^1/_2$—$^3/_4$ m indbyrdes Afstand, der hviler paa Pæleaag paa begge Sider og dækkes af gennemskaarne Granrafter paa tværs (Fig. 105).

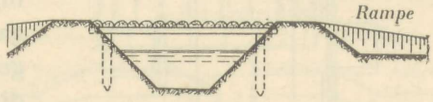


Fig. 105.

3) Hvor Kanalen skærer Afvandingsgrøfter, anlægges Rørgennemløb for disse med Frontmure paa begge Sider. Er Højdeforskellen mellem Vandspejlene i Kanal og Grøft ringe, maa Gennemløbet dykkes (Punkt 20). Rørledningen bør tætnes omhyggeligt, for at Kanalvand ikke i større Mængde skal sive ned i Afvandingsledningen og gaa tabt for Vandingen.

4) Hvor Kanalen krydser et større Vandløb, som man ikke kan føre under den i et Gennemløb, maa man anlægge en Kanalbro (Akvædukt).

Smaa Akvædukter kan udføres af

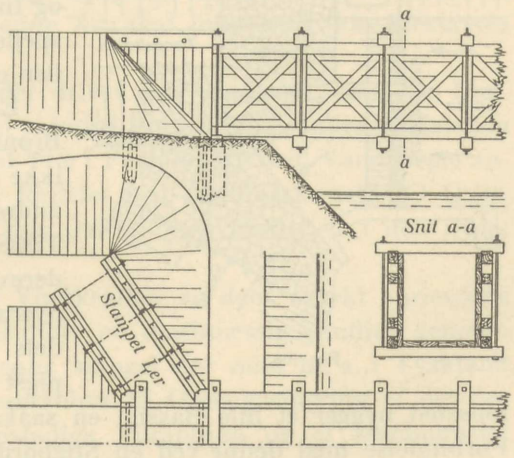


Fig. 106.

*) U. S. Department af agriculture. Off. of exp. st. Bull. 236. C. E. Tait: The use of underground water for irrigation. Washington 1911.

Træ og bestaa af en aaben Kasse af pløjede Planker, der holdes sammen af Træramme, og to eller flere Strækbjælker, der bærer Kassen og spænder over Vandløbet fra Bred til Bred, eventuelt med Mellemunderstøtninger, bestaaende af Pæleparag (se Akvædukten over Tudestrømmen paa Plan 5). Tilslutningen til Kanaldæmningerne paa Land maa foretages med stor Omhu, enten ved Hjælp af en Frontmur af Beton med Fløje til Begrænsning af Jordfylden eller ved en eller bedre to Spunsvægge, hvis Mellemrum stampes fuldt af Ler. Vil man have Plankekassen helt tæt, kan man beklæde den indvendig med Zinkblik. Fig. 106 viser en Akvædukt, hvis Sider er udført som Gitterdragere af Træ.

Større Akvædukter har man udført af Murværk, Jern eller armeret Beton; deres Indretning skal ikke omtales nærmere i denne Forbindelse.

49. Vandets Fordeling i de rette Mængder til de forskellige Interessenter i et Vandingsanlæg (eller Købere af Vand fra en Vandingskanal) sker hos os sædvanlig ved Hjælp af smalle Trætude (*Brønsteds* Tude, Fig. 107), der anbringes i Kanaldæmningerne og reguleres saaledes, at Bunden i dem alle ligger vandret og saa nøjagtig som vel muligt i samme Dybde under Vandspejlet i Kanalen. Naar denne Regulering er foretaget, kan man med en for Praksis tilstrækkelig god Tilnærmelse gaa ud fra, at de Vandmængder, der strømmer gennem de forskellige Tude, er proportionale med disses Bredde, saaledes at hver Bruger følgelig skal have en Trætud, hvis Bredde staar i Forhold til den Vandmængde, han har Ret til.

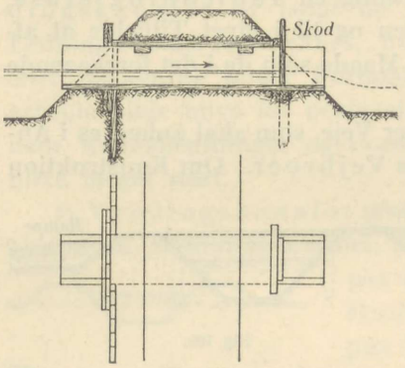


Fig. 107.

I Vandingssæsonen maa Brugerne ikke lukke af for deres Vandingstude, thi hvis alle gør det, og Indledningsslusen staar aaben, stiger Vandspejlet i Kanalens nedre Løb, saa at Vandet løber over Dæmningerne.

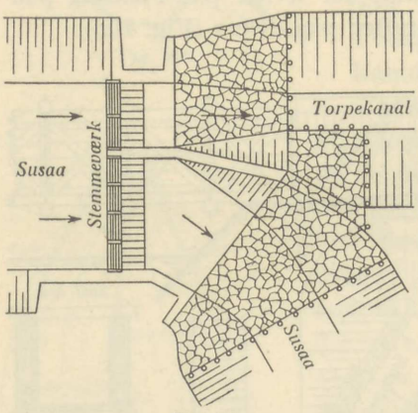


Fig. 108.

En Vanskelighed ved Fordelingen med de Brønstedske Tude er, at Kanalens Vandspejl ikke kan holdes helt konstant, men bl. a. forandrer Fald, naar Kanalen renses op. I hvert Tilfælde maa Tudene hyppigt undersøges og deres Stilling reguleres, hvis Vandhøjden ikke overalt er ens. I sydlige Lande, hvor Vandets Værdi er stor, indretter man sig hyppigst paa den Maade, at man ved hvert Afløbssted bygger et lille Bassin, en saakaldt Vandstue, ved Siden af Kanalen i Forbindelse med denne ved en Stigbordsaabning, der betjenes saaledes, at Vandspejlet i Stuen holdes i bestemt Højde. Vandet, der strømmer fra Vandstuen videre ud i Vandingsrenderne, kan derefter let maales ved Hjælp af en Overfaldsaabning med nøjagtigt tildannede, helst skarpe Kanter.

Hvor en Vandingskanal forgrener sig, anlægges et særligt Bygværk til Deling af Vandstrømmen (smlgn. det paa Fig. 108 viste Bygværk i Susaa).

b. Vanding ved Hjælp af Vandløftningsredskaber.

50. Strømhjul blev allerede i Oldtiden anvendt til Løftning af Vand med Vanding for Øje i Konstruktioner, som svarer meget nær til dem, der benyttes den Dag i Dag. Strømhjulets Indretning og Virkemaade fremgaar umiddelbart af Fig. 109. Det anvendes blandt andet ved en Del af de større jyske Aaløb til Vanding af Engstrækninger langs Aaløbene under Forhold, hvor en Opstemning i Aaløbet vilde være for kostbar eller give Anledning til Ulemper. Hjulet kan udføres af Træ eller Jern og bør være indrettet saaledes, at det kan hæves og sænkes noget efter Vandstanden i Aaen. Detailvandingen kan indrettes paa lignende Maade som beskrevet i Punkt 43.

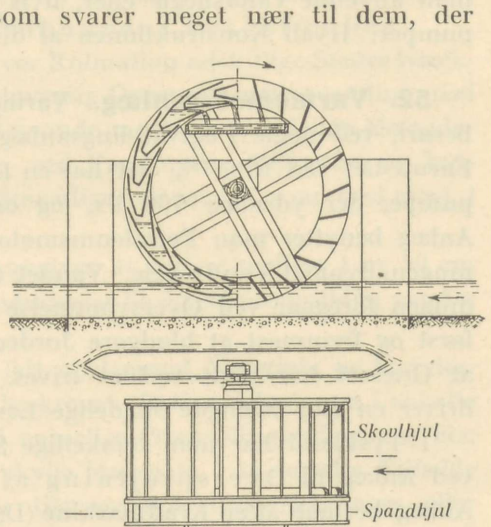


Fig. 109.

51. Vindmotoranlæg. Vindkraften benyttes forholdsvis sjældent under vore Forhold til Vandløftning med Vanding alene som Formaal; derimod forefalder det ret almindeligt, at Vandværker, der tjener til Forsyning af Bopladser med Drikkevand og andet Brugsvand, og som helt eller delvis drives ved Vindmotoranlæg, lejlighedsvis ogsaa afgiver Vand til Vanding af Havejorder o. l. Anlæg af denne Art skal imidlertid ikke beskrives i denne Sammenhæng.

Som Eksempel paa Vandingsanlæg, der drives ved Vindkraft, kan for Danmarks Vedkommende henvises til en Del mindre Fugtvandingsanlæg i Marsken paa Jyllands Vestkyst, hvor Vejrmøller af Træ i Forbindelse med Vandsnegle anvendes til Oppumpning af Aavand, der fordeles ved Vandingskanaler til Overstuvning af Græsarealer, men en meget stor Del af disse Møller er i den nyere Tid erstattet med Varmemotorer.

En Vanskelighed ved Anvendelse af Vindkraften er dens stærkt varierende Optræden, som gør det umuligt at gennemføre en regelmæssig Vanding gennem længere Tid. For at bøde noget paa denne Mangel har man bl. a. i Tyskland og Nordamerika*) indrettet sig med Reservoirer til Opmagasinering af det oppumpede Vand, men at udligne den ustadige Pumpning og et regelmæssigt Forbrug helt er ikke let, da det ved Vanding altid er en betydelig Vand-

*) U. S. Department of agriculture. Farmers Bulletin, 394. P. E. Fuller: The use of windmills in irrigation in the semiarid west. Washington 1910.

mængde, der er Tale om (Punkt 13). Hvor man benytter sig af Brøndvand eller Kildevand, er det tillige af Betydning, at dette kan blive udluftet i Reservoiret (Punkt 14) og eventuelt ogsaa opvarmet noget, inden det anvendes til Vanding*).

Reservoirer for Vandet kan bygges som aabne Beholdere af armeret Beton eller som kunstige Søer, begrænset af Jorddæmninger. Til Oppumpningen kan man anvende Vandsnegle eller, hvis Vandet er nogenlunde rent, Suge- og Trykpumper. Hvad Konstruktionen af disse sidste angaar, henvises til Maskinlæren.

52. Varmemotoranlæg. Varmemotorer benyttes her i Landet, som foran berørt, ved nogle Fugtvandingsanlæg i Marsken. Det største af disse ligger ved Farup tæt ved Ribe**); det har en Dampmaskine paa ca. 65 HK, en Centrifugalpumpe, der yder ca. 700 l/s, og omfatter ialt ca. 500 ha. Ved nogle andre Anlæg benytter man Petroleumsmotorer, specielt Dieselmotorer, og til Vandløftningen hyppigt Vandsnegle. Vandet fordeles ved Hjælp af aabne Kanaler. Vandingen foregaar ved Oversvømmelse i den tidlige Forsommer, og Formaalet er først og fremmest at blødgøre Jorden, som i tørre Tider ellers bliver saa haard, at Græsset har ondt ved at trives. Desuden angives, at man ved Vandingen driver en stor Mængde skadelige Larver ud af Jorden.

I Tyskland har man forskellige Steder benyttet Varmemotorer som Drivkraft ved Anlæg til Oversprøjtning af Markjorder (Kunstregn)†). Et saadant Anlæg bestaar af en Kraftmaskine (Dampmaskine, Forbrændingsmotor eller Elektromotor), en Centrifugalpumpe, et Rørsystem med Aftapningshaner og et passende Antal Hampeslanger med Sprederør eller Regnvogne. Vandet tages fra en Sø, et Vandløb, en Brønd eller et Borehul og pumpes ud i Rørsystemet under et forholdsvis betydeligt Tryk af 5—6 kg/cm^2, der dels medgaar til Overvindelse af Friktionsmodstand og andre Modstande i Rørledningen dels til Udsprøjtning af Vandet. Rørledningerne kan enten være faste eller transportable. Sædvanlig anvendes begge Dele, saaledes at Hovedledninger fra Pumpeanlæget til Vandingsomraadet gøres faste og udføres af Støbejernsrør, der nedlægges i ca. 1 m Dybde under Jordoverfladen og samles ved Blystøbning, medens sekundære Ledninger udføres af lette, transportable Smedejernsrør, der lægges hen ovenpaa Jordoverfladen og samles ved Flangeforbindelser. De transportable Rør flyttes fra Mark til Mark, efterhaanden som Vandingen skrider frem, og forbindes med den faste Ledning ved Opstandere (Hydranter) paa denne. Jo færre faste Ledninger man har, desto billigere bliver Anlægget, men desto dyrere bliver Driften paa Grund af den stadige Omlægning af de transportable Rør. Hvor Grænsen bør sættes, beror paa Omstændighederne. Regnvogne er omtalt tidligere (Punkt 43).

---

*) Hedeselskabets Tidsskrift 1915. Nr. 15. Kr. Thomsen: Vanding.
**) Hedeselskabets Tidsskrift 1914. Pag. 317.
†) E. Krüger og A. Nachtweh: Hauptprüfung von Beregnungsapparaten. Berlin 1915.

c. Vanding i Forbindelse med andre Formaal.

53. Kolmation er Betegnelsen for en Grundforbedring, som gaar ud paa at hæve Jordoverfladen paa et vist Areal ved Tilførsel og Bundfældning af et i Vand opslemmet Fyldmateriale, sædvanlig Dynd eller fint Sand. Formaalet er i de fleste Tilfælde at forbedre Afvandingsforholdene for det paagældende Areal, idet man forøger Afvandingsdybden ved at hæve Jordoverfladen, men det kan ogsaa være at forbedre Jordbundens Beskaffenhed.

Fremgangsmaaden stammer fra Italien, hvor Kolmation adskillige Steder iværksættes ved en gennem flere Aar fortsat, regelmæssig Oversvømmelsesvanding med Vand fra de store Floder, som særlig ved Højvande medfører betydelige Mængder af opslemmet Materiale. Fremgangsmaaden ved Vandingens Udførelse og Inddelingen af Vandingsarealet ved Hjælp af Smaadiger er iøvrigt som beskrevet i Punkt 43.

Den aarlige Højdetilvækst for Arealerne angives at variere mellem 1 og 50 cm efter Vandets Rigdom paa Slam og Vandingssæsonens Varighed (undertiden vandes kun ved Højvande)*).

Her i Landet indeholder Aavand kun lidt opslemmet Materiale og kan derfor ikke anvendes til Kolmation som foran beskrevet. Derimod har man i enkelte Tilfælde benyttet Aavand til Kolmation ved naturlige Overrislingsanlæg paa den Maade, at man lader det nedrislende Vand skylle Materiale, i de omtalte Tilfælde fint Sand, fra Bakkeskraaninger ned over tilgrænsende Engstrækninger eller Lavninger i disse (Tilskylningsenge). Før Kolmationen fjernes Græstørven og lægges til Side, og medens Overrislingen staar paa, river man stadig op i den Jord, som skal skylles ned. Efter Kolmationen tildannes Arealet og kan herefter vandes ved Overrisling paa sædvanlig Maade**).

Endelig skal nævnes, at det er foreslaaet at anlægge Kolmationsenge langs vore strømløse Inderfjorde paa den Maade, at Dynd fra Fjordbunden pumpes ind over lave Strandenge; men Metoden er vist ikke prøvet i Praksis †).

54. Vanding med Kloakvand. En saadan Vanding iværksættes med dobbelt Formaal, nemlig [1]) at uskadeliggøre (mineralisere) de i Kloakvandet indeholdte, opløste og opslemmede Affaldsstoffer, og [2]) i saa stor Udstrækning som muligt at udnytte disses Gødningsværdi.

De naturlige Betingelser for en Kombination af disse to Formaal er i fuldt Maal til Stede, forsaavidt som Erfaring viser, at Kloakvand, naar det spredes over et tilstrækkelig stort Vandingsareal og tvinges til at sive ned gennem et passende tykt Jordlag, befries for en overvejende Del af de deri opslemmede og opløste Urenheder, idet disse optages af Plantevæksten, absorberes af Jorden eller aflejres og efterhaanden omdannes til Forbindelser, der kan optages af Planternes Rødder. Den Rensning, man derved opnaar, er meget effektiv, og man kan sædvanlig regne med, at Afløbet er frit for Sygdomskim og i Kvalitet

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Teil III. Band VII. Leipzig 1911.
**) C. Ph. Teller: Vandbygning IV. København 1903.
†) Tidsskrift for Landøkonomi 1920. Nr. 2.

ikke væsentlig forskelligt fra Vand i højere Jordlag paa intensivt drevne Kulturjorder. Men ved den praktiske Udførelse og Drift af Kloakvandingsanlæg støder man paa en Række Vanskeligheder, der bevirker, at disse Anlæg i økonomisk Henseende stiller sig langt ugunstigere, end man paa Forhaand skulde være tilbøjelig til at tro.

1) Hvis Anlæget skal drives saaledes, at Kloakvandets Gødningsværdi udnyttes saa vidt, som det er muligt, bliver Vandingsarealet, i hvert Tilfælde for større Byers Vedkommende, meget vidtstrakt, hvad der atter medfører store Udgifter til Anlæg af Vandingsledninger, Tildannelse af Jordoverfladen med Vanding for Øje etc. En nærmere Redegørelse for Kloakvandets Indhold af Plantenæringsstoffer og Muligheden for at udnytte dem vil i denne Sammenhæng føre for vidt; men det skal til Orientering anføres, at man efter foreliggende tyske Undersøgelser*) antagelig maa regne med, at man pr. Hektar af et vel egnet Vandingsareal gennemsnitlig kun kan bruge ca. 50 Individers Spildevand, hvis man skal kunne udnytte Plantenæringsstofferne i dette paa bedst mulige Maade. Tilfører man Kloakvand i større Mængde, kan Urenhederne i dette vel uskadeliggøres ved en biologisk Rensning, som svarer til den, der foregaar i kunstige, biologiske Iltningsfiltre, men ved stærk Overbelastning indtræder Ulemper af forskellig Art. Størst Belastning taaler Jorder med let gennemtrængelig Undergrund; svære Jorder er nærmest uanvendelige.

2) Raat Kloakvand indeholder en betydelig Mængde Fedtstoffer og andre Stoffer, der er skadelige for Planternes Trivsel, fordi de danner et tæt Slamlag, der tillukker Jordoverfladen og hindrer Luften Adgang til Jordens Hulrum. Paa Kloakvandingsanlæg kræves derfor, særlig ved stærk Belastning af Arealet, en omstændelig og kostbar Jordbehandling til Løsning af Overfladen, hyppig Omlægning af Vandingsrender o. a. I mange Tilfælde har man for at indskrænke denne Ulempe underkastet Kloakvand en Forbehandling ved Sandfang, Ristværker og Bundfældningskamre med Fedtudskillere, inden det ledes ud paa Vandingsomraadet, men herved fordyres baade Anlæg og Drift.

3) Afgrøderne bliver som Regel frodige ved den rigelige Tilførsel af Vand med letoptagelige Næringsstoffer, men kræver derfor ogsaa til Stadighed særlig meget Vand. I Perioder mellem to og to Vandinger vil de derfor, særlig paa let gennemtrængelig Jord, være udsat for at lide af Tørke i varme og tørre Somre, ligesom Jordvandets Koncentration af visse Stoffer, især Kogsalt, kan blive saa stærk, at det virker som Plantegift og svækker eller dræber Vegetationen paa Dele af det vandede Areal.

Denne Fare er man særlig udsat for paa Jord med ringe vandholdende Evne og ved svage Vandinger med lange Mellemrum, et Forhold, der forklarer, at meget regnfattige Somre er særlig skadelige for denne Art Vandingsanlæg. I Tyskland har man derfor ved forskellige Kloakvandingsanlæg indrettet sig paa Genbenyttelse af Drænvandet eller Oppumpning af rent Vand (Flodvand) til Opspædning af Kloakvandet og Bekæmpelse af Sommertørken.

Den her skildrede Skade, foraarsaget af forbigaaende stærk Koncentration

*) A. Friedrich: Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1914.

af Jordvandet, har man ofte tidligere tilskrevet en Overberigelse af Jorden med enkelte Gødningsstoffer, særlig med Kvælstof, hvad der skulde bevirke en unormal Udvikling af Planterne. Undersøgelser af Kloakvand viser, at de vigtigste Næringsstoffer Kvælstof, Kali og Fosforsyre omtrent forekommer i Forholdet 4—3—1; men noget af Kvælstoffet er tungtomsætteligt og noget gaar bort som luftformige Forbindelser, hvorfor Indholdet af nyttigt Kvælstof maa anslaas noget mindre; Forholdet bliver da formentlig som 3—3—1, hvilket nogenlunde svarer til det Forhold, hvori f. Eks. Græsserne optager disse Stoffer.

4) Endelig er det ofte en meget betydelig Vanskelighed, at Kloakvandet skal kunne aftages i nogenlunde samme Mængde hele Aaret rundt, ogsaa om Vinteren, hvor Vegetationen er standset, og hvor Jorden i kolde Klimater fryser til. Man kan indrette sig paa at have et stort Areal liggende vegetationsløst, saaledes at man om Vinteren kan oversvømme det og anvende det paa lignende Maade som kunstige, biologiske Filtre og senere efter Jordbehandling om Foraaret besaa eller beplante det, idet man herigennem søger at udnytte de i Jorden opmagasinerede Næringsstoffer; men nogen tilfredsstillende Udnyttelse af disse naas sædvanlig ikke.

De nævnte Forhold bevirker, at Kloakvandingsanlæg som Regel ikke er profitable som Landbrug betragtet, men nærmest maa vurderes under Hensyn til den Gavn, de gør ved Spildevandets Uskadeliggørelse. De bedste Resultater har man opnaaet ved smaa Anlæg med havemæssig Dyrkning af Grøntsager og ved Anlæg i sydlige Lande, hvor Vanding i det hele taget er af afgørende Betydning for Jordens Dyrkning, f. Eks. i Omegnen af Milano, hvor Vinterenge (marcites) holdes i Drift hele Aaret rundt og vandes med en Blanding af Kloakvand og det om Vinteren relativt varme Kildevand. En Opblanding af Kloakvandet med Flodvand har ogsaa andre Steder været af heldig Virkning og formindsket Ulemperne ved dets Anvendelse.

De Afgrøder, som egner sig bedst for Kloakvandingsanlæg, er Græs og Grøntsager, skønt Vejringen af Græsset er ret vanskelig. Rodfrugter kan give stort Udbytte, men Sukkerindholdet i Sukkerroer bliver ofte lavt, og Kartoflerne angives *(Friedrich)* at være bedst egnede til Brænderier. Sædarter er daarligt skikkede, fordi de vanskelig kan vandes i Vegetationstiden, og fordi den rigelige Kvælstoftilførsel giver Lejesæd.

Vandingen kan efter Omstændighederne, d. v. s. Arealets Overfladeform, Jordens og Vandets Beskaffenhed, Klima, Aarstid og Plantevækstens Art, foregaa som Oversvømmelse, Furevanding, Overrisling eller Oversprøjtning. Den sidste Fremgangsmaade er bl. a. anvendt paa Godset Eduardsfelde i Posen, hvor der vandes med flydende Latrin, og det anføres som en meget væsentlig Fordel, at man ved denne Metode har kunnet inddrage et betydeligt Areal under Vandingen uden særlig store Udgifter, fordi Oversprøjtningen ikke kræver nogen Tildannelse af Jordoverfladen, Anlæg af Vandingsrender e. l. Herved undgaas de store Ulemper, der foraarsages ved, at Jorden overbelastes med Kloakvand, og man opnaar en bedre Udnyttelse af Gødningsindholdet.

Hvor Arealets Højdebeliggenhed tillader det, kan man lade Kloakvandet strømme

til Vandingsomraadet i aabne Gravitationsledninger, i modsat Fald maa man pumpe det ud igennem Trykledninger.

Afvandingen er næsten altid underjordisk og etableres ved en dyb og tæt Dræning med rigelige Rørdimensioner og rigeligt Fald.

Her i Landet anvendes Kloakvanding kun lidt. Det største Anlæg er et Overrislingsanlæg ved Nakskov paa Saunsøgaards Engjorder*).

*) Vandingsarealet er ret fladt, og Anlæget er udført som Ryganlæg med ca. 16 m fra Ryg til Ryg og ringe Fald. Afvandingen er mangelfuld og foregaar kun ved smaa Grøfter. Det økonomiske Udbytte har hidtil været daarligt.