

Danmarks geologiske Undersøgelse.

III. Række. Nr. 4.

Grundvand

og

vandførende Lag i Danmark,

særlig med Henblik paa Forsyningen af Brønde.

Af

V. Milthers.

Med 18 Tavler og et Kort samt 4 Figurer i Teksten.



Kjøbenhavn.

I Kommission hos C.A. Reitzel.

Bianco Lunos Bogtrykkeri.

1903.

Pris: 1 Kr. 50 Øre.

Danmarks geologiske Undersøgelse.

- I R. Nr. 1. **K. Rørdam:** De geologiske Forhold i det nord-
østlige Sjælland. (Beskrivelse til Kortbladene
Helsingør og Hillerød.)
Med 2 Kort, 5 Tavler og en fransk Résumé.
1893. Pris Kr. 2,00.
- I R. Nr. 2. **N. V. Ussing og V. Madsen:** Beskrivelse til Kortbladet
Hindsholm.
Med 1 Kort, 4 Tavler og en fransk Résumé.
1897. Pris Kr. 2,00.
- I R. Nr. 3. **A. Jessen:** Beskrivelse til Kortbladene Skagen, Hirs-
hals, Frederikshavn, Hjøring og Løkken.
Med 7 Kort, 1 Tavle samt en fransk Résumé.
1899. Pris Kr. 6,00.
- I R. Nr. 4. **A. Jessen:** Beskrivelse til Kortbladene Læsø og Anholt.
Med 2 Kort og en fransk Résumé.
1897. Pris Kr. 1,50.
- I R. Nr. 5. **V. Madsen:** Beskrivelse til Kortbladet Samsø.
Med et Kort og en fransk Résumé.
1897. Pris Kr. 1,50.
- I R. Nr. 6. **K. Rørdam:** Beskrivelse til Kortbladene København
og Roskilde.
Med to Kort, 5 Tavler og en fransk Résumé.
1899. Pris Kr. 4,00.
- I R. Nr. 7. **V. Madsen:** Beskrivelse til Kortbladet Bogense.
Med 1 Kort, 5 Tavler samt en fransk Résumé.
1900. Pris Kr. 2,00.
- I R. Nr. 8. **K. Rørdam og V. Milthers:** Beskrivelse til Kortbladene
Sejrø, Nykjøbing, Kalundborg og Holbæk.
Med 4 Kort, 3 Tavler samt en fransk Résumé.
1900. Pris Kr. 5,00.
- I R. Nr. 9. **V. Madsen:** Beskrivelse til Kortbladet Nyborg.
Med 1 Kort, 2 Tavler samt en fransk Résumé.
1902. Pris Kr. 4,50.

Som det er paapeget i Afhandlingen: „Grundvand og vandførende Lag i Danmark“ af V. Milthers (D. G. U. III R. Nr. 4), er Kendskabet til Landets dybere liggende Lag og disses Vandføringsforhold af stor Betydning ikke alene i videnskabelig, men ogsaa i praktisk Henseende. I et Sletteland som Danmark, hvor disse Lag kun sjældent kommer til Syne ved Jordoverfladen, maa et saadant Kendskab for en stor Del bygges paa det Materiale, der kan skaffes til Veje ved Boringer, foretagne med praktiske Formaal for Øje. Ved Prøver af de forskellige Lag, igennem hvilke der bores, samt ved omhyggeligt førte Borejournaler med Oplysninger om Lagenes Mægtighed og Vandføring, Vandrejsningen o. s. v., kan der tilvejebringes et Grundlag for vor Viden, som det er umuligt at skaffe sig ad anden Vej. For at dette Materiale kan udnyttes paa tilstrækkelig frugtbringende Maade, er det tillige nødvendigt, at det samles paa saadanne Steder, hvor det kan gøres til Genstand for planmæssig Bearbejdelse.

Den af Staten oprettede Institution „Danmarks geologiske Undersøgelse“ har ved Siden af sit Hovedhverv: den geologiske Kortlægning af Landet, tillige den Opgave at fremme Kendskabet til Jordlagene i Danmark saavel i praktisk som i videnskabelig Henseende. For Løsningen af denne Opgave søger den bl. a. i saa stort et Omfang som muligt at komme i Forbindelse med Brøndborere og andre, som i Kraft af deres praktiske Virksomhed har Lejlighed til at gøre Iagttagelser angaaende Landets Undergrund. Som et Led i denne Bestræbelse skulde ogsaa ovennævnte Afhandling tjene.

For at den nævnte Opgave kan blive løst i saa fyldig en Grad som mulig, er det imidlertid nødvendigt at paakalde alle de Interesseredes Bistand, hvorfor Opmærksomheden henledes paa det vedføjede Skema, der af D. G. U. benyttes til Udsendelse til Brøndborere og andre, om hvem det kan formodes, at de sidder inde med Oplysninger af den omtalte Art.

(Tillige vil findes indhæftet et saadant Skema med Eksempel paa, hvorledes dette udfyldes.)

Naar der tages Prøver af Jordlagene, f. Eks. hver Gang disse skifter, og naar Skemaet udfyldes paa nøjagtig Maade, faar man derigennem Kundskab om Jordlagenes Beskaffenhed og Tykkelse (Mægtighed). Antallet af Sprængninger samt den Dybde, Forerøret er ført ned til, giver yderligere Oplysninger om Lagenes Stenrigdom og Fasthed, som ikke altid alene kan erholdes af Prøverne selv. For Grundvandsforholdenes Vedkommende maa der gøres Optegnelse om Vandrejsningen (den Højde, Vandet stiger til i Borehullet), og den Vandmængde, Røret i en given Tid kan afgive i en bestemt Afstand over eller under Jordoverfladen. For at kunne bedømme Vandrigdommen er det endvidere nødvendigt at kende Vidden af det Rør (Fore-røret), som bruges til Udforing af Borehullets Sider.

Naar Skemaet ikke gaar mere i Enkeltheder, end det gør, da skyldes dette væsentlig praktiske Hensyn. Var man i Stand til ved „Danmarks geologiske Undersøgelse“ at tage Opgaven op i en mere omfattende Grad, end det for Tiden kan gøres, at føre planmæssigt Tilsyn med de Boringer, der udføres, samt hertil eventuelt knytte en Art Konsulentvirksomhed, da vilde Udfyldningsskemaerne kunne gives en fyldigere Form, end det nu er Tilfældet; man vilde herigennem kunne tilvejebringe et Materiale af betydelig Værdi for kommende Tiders Bestræbelse for at udnytte de Rigdomme og de Muligheder, Landets Under-

«BIL. DIANCO LUNOS BOGTR.

Fra Hr.

til *Danmarks geologiske Undersøgelse*

Østervoldgade 7. Kjøbenhavn K.

*) Ved Ler anføres, om det er stenet eller stenfrit.

Eksempel paa Udfyldning af Skemaet.

MEDDELELSE

Boring hos _____ Ejeren eller Beboerens Navn _____

Fra Hr. _____ Meddelelserens Navn _____

_____ Byens eller Stedets Navn _____

_____ Adresse _____

_____ Poststation _____

d. _____ Datum _____ 190 _____ Stedets Højde over Havet: _____ 130' _____

til _____ Danmarks geologiske Undersøgelse

Østervoldgade 7. Kjøbenhavn K.

Borehullets Vidde	Forerøret ført ned til en Dybde af	Samlet Boredybde i Fod	De gennemborede Lag			Spræng- ninger	Vandrejsning til: (Højde i Forhold til Jordoverfladen)	Vandmængde i Timen: (med Angivelse af den Dybde under Jordoverfladen, hvorfra Vandet pumpes op)	Bemærkninger
			Prøve Nr.	Mæg- tighed	Lagets Beskaffenhed *)				
3"	8'	8'	1	8'	Sandet Grus, rødt				
	8'	10'	2	2'	Stenet Ler, gult				
	39'	41'	3	31'	Stenet Ler, graat	1			
	46'	46'	4	5'	Sand uden Sten	Ganske svagt vandørende
	50'	54'	5	8'	Stenfrit Ler, graat				
	63'	66'	6	12'	Stenet Ler, graahvidt	1			
	68'	70'	7	4'	Grus, vandførende		5' under Jorden	8 1/2 Fd., 16' under Jorden	
	74'	87'	8	17'	Graat, stenfrit Ler				
	85'	93'	9	6'	Graa Kalksten	3	Meget sejt at bore i
	85'	94',5	10	1',5	Hvid Kalksten				
	88'	95',5	11	1'	Graa Flint	2			
	88'	98'	12	2',5	Hvid Kalksten				
	88'	99'	13	1'	Graa Flint	1	11' under Jorden	45 Fd., 16' under Jorden	

*) Ved Ler anføres, om det er stenet eller stenfrit.

grund ligger inde med, i Videnskabens og det praktiske Livs Tjeneste.

Skemaer til Udfyldning faaes ved Henvendelse til *Danmarks geologiske Undersøgelse, Østervoldgade 7, Kjøbenhavn K.*, eller til en af de ved samme Institution ansatte Geologer. Indsendelse af *Prøver*, forsynede med Løbenumer, sker ligeledes efter Adressen: *Danmarks geol. Undersøgelse, Østervoldgade 7, Kjøbenhavn.*

*Kommissionen for
Danmarks geologiske Undersøgelse.*

Danmarks geologiske Undersøgelse.

III. Række. Nr. 4.

Grundvand

og

vandførende Lag i Danmark,

særlig med Henblik paa Forsyningen af Brønde.

Af

V. Milthers.

Med 18 Tavler og et Kort samt 4 Figurer i Teksten.



Kjøbenhavn.

I Kommission hos C.A.Reitzel.

Bianco Lunos Bogtrykkeri.

1903.

Indhold.

	Side.
Indledning.....	1
Grundvandets Opstaaen	5
Regnvandets Nedsynken i Jorden. Tyngden. Haarrørskraften.	
Luften i Jordlagene (Grundluften). Fordampningen.	
Jordarternes Forhold til Vandføringen	8
Vandførende og vandstandsende Jordarter. Porositeten. Vandføringsevnen. Kornstørrelsens Betydning for Vandføringsevnen.	
Jordlagene i Danmark	16
Aflejringer yngre end Istiden.....	17
Istidens Aflejringer.....	20
Moræneler. Moræneflader. — Lagdelte Dannelser. Regelmæssige Lag.	
Forstyrrede Lag. — Grundvandet i Istidslagene.	
Tertiærtidens Aflejringer.....	26
Glimmersand og Glimmerler.....	26
Plastisk Ler og Kertemindeler.....	27
Grønsandskalk.....	29
Kridttidens Aflejringer.....	30
Nyere Kridt.....	30
Limsten. — Blegekridt. — Saltholmskalk. — Breccielag. — Stenarternes Beskaffenhed og Udbredelse. — Faxekalk.	
Skrivekridt.....	36
Grundvandets Beliggenhed og Bevægelse i Jorden	39
Det almindelige Grundvand.....	39
Grundvandstandens Vekslen.....	40
Grundvandspejlets Beliggenhed og Vandstanden i Brønde ..	42
Grundvandets Bevægelse.....	45
Det artesiske Grundvand.....	46
Princippet for artesiske Brønde.....	47
Det artesiske Grundvandspejl.....	51
Grundvandstrømmenes Bevægelse og Vandføring.....	54
Grundvandets Temperatur og nogle i Vandet opløste Stoffer	57
Grundvandets Temperatur.....	57
Nogle af de i Vandet opløste Stoffer.....	58
Kulsyre. Ilt. — Organiske Stoffer. — Kulsur Kalk. Jærnforbindelser.	
— Svovlbrinte. — Saltholdigt Vand.	

Afbildninger.

Tavler:	Side
I. Opstemning af Vandløb. Stevns Aa's Udløb i Kjøge Bugt...	18
II. Stenslette med Klitter. „Raahjerg Stene“ i Vendsyssel.....	—
III. Stenfrit Ler, afsat i en isdæmmed Sø. Stenstrup ved Svendborg	—
IV. Morænelersklint. Wedellsborg paa Fyn	20
V. Lagdelt Sand og Grus. Nørre Tvede Ø. f. Næstved	22
VI. Rullestensaa Sø. f. Næstved	—
VII. Kantstillede Lag af Sand og Grus. Fattigbakke ved Rudkjøbing	24
VIII. Krøllede Lag af Sand og stenfrit Ler. Bovbjerg	—
IX. Skiftende Lag af Moræneler og Sand. Thorø ved Assens ...	—
X. Glimmersand med Brunkul, dækket af Istidssand. Salten Aa Dal	26
XI. Væg i udskridende Plastisk Ler. Røgle Klint NØ. f. Strib ...	28
XII. Limsten med Flintlag. Stevns Klint, Ø. f. L. Hedinge	32
XIII. Limstensklint. Stevns Klint, SØ. f. L. Hedinge	34
XIV. Koralkalk med hældende Bænkning. Faxe	—
XV. Lag af Bryozokalk i en Hulning i Faxe-kalk. Faxe	—
XVI. Skrivekridt, dækket af Limsten. Stevns Klint, SV. f. Højerup	36
XVII. Flintlag i Skrivekridt. Stevns Klint, Ø. f. L. Hedinge	38
XVIII. „Græder“ i spalteførende Skrivekridt. Stevns Klint, Ø. f. Holtug	—

Figurer i Teksten:

1. Porøsitetens Forhold til Kornenes Størrelse og Lejring	11
2. Jordens Grundvandstand og Vandstanden i Brønde	44
3. Princippet for Vandrejsningen i artesiske Brønde	49
4. Vandrejsningen i artesiske Brønde langs L. Vejleaa mellem Kjøbenhavn og Kjøge	51

Kort over Danmarks Undergrund (1 : 2 000 000).

Indledning.

Af de mangfoldige Stoffer, der sammensætter Jordskorpen, er der næppe noget, der spiller en saa gennemgribende Rolle som Vandet. Intet Stof er saa konstant til Stede overalt. Det gaar ind som Bestanddel af talrige af Jordskorpens Bjergarter og gennemtrænger de fleste nok saa tætte Jordlag; det baner sig Vej gennem de fineste Porer og de snævre Spalter, være sig ved Jordens Overflade eller dybere nede. Men saa konstant Vandet forekommer, er det dog samtidig saa vekslende som heller intet af Jordskorpens Stoffer. Ustandselig strømmer det fra Jordens ydre Flade gennem Jordlagene, opløser Stoffer paa sin Vej, afsætter dem paa andre Steder, spærrer sit eget Løb, men baner sig nye Veje, indtil det til sidst gennem Kilder atter bryder frem ved Jordoverfladen eller strømmer ud i Havet for gennem Fordampning og Regn paany at begynde sin uophørlige Vandring.

Som Vandet er et af de betydningsfuldeste Led i Naturens egen Husholdning, saaledes hører det ogsaa til de uundværligste Betingelser for menneskelig Fremskridt og Kultur. Alt fra den tidligste Tid satte det sine Spor i Befolkningens Bebyggelsesforhold enten som noget, der optraadte som en Hindring, eller som noget, det var en Nødvendighed for Mennesket at besidde. Fra første Færd nøjedes man med at benytte det Vand, der af sig selv gennem Kilder

søgte Vej frem til Jordens Ydre eller samledes fra Regnvandet og blev staaende som Damme paa Jordoverfladen. Men eftersom Folkemængden tog til, og Bebyggelsen strakte sig til Steder, hvor der ingen naturlige Kilder eller Vand-samlinger fandtes, maatte man søge andre Udveje og ved egen Hjælp hente Vandet frem af Jorden. Og med de mangfoldige og store Fremskridt, det sidste Hundredeaar har bragt, har det været nødvendigt at søge dybere og dybere ned under Jordens Overflade for at tilfredsstille den stigende Trang til at faa gode og rigelige Vandbeholdninger. De gammelkendte, almindelige Brønde var ofte utilstrækkelige til at dække det øgede Forbrug. Man maatte ved Boring hente Vandet frem fra dybere liggende Lag, men disse undrog sig den direkte Iagttagelse, og hvad der bragtes frem for Dagen ved Boringen, bestod ofte af Jordarter, ganske forskellige fra dem, man kendte fra Overfladen. Desuden var der for den umiddelbare Bevidsthed noget gaadefuldt ved, at Vandet saaledes fra dybtliggende Vandaarer kunde stige til Vejrs, stundom over Jorden. Det syntes uforstaaeligt, at det her indstillede sig paa sin bestemte Højde og bevarede denne uforandret, selv om „Jordbrøndene“ under Aarstidernes skiftende Tørke og Regn afvekslende tørredes ud og fyldtes til Randen.

Paa den anden Side er der ved de talrige Boringer, der i de senere Aartier er foretagne Landet over, skaffet et rigeligt Materiale til Veje, som i flere Henseender er af stor Værdi. Der er ved Hjælp af dette Materiale kastet Lys over, hvad de Lag bestaar af, som ligger dybt nede i Jorden, og som kun faa Steder kommer frem til Overfladen. Man har faaet Kendskab til, hvorledes disse Jordlag dels giver Plads, saa at Vandet som Grundvandsstrømme kan bane sig Vej igennem dem, og dels som uigennemtrængelige Lag standser Vandet i dets frie Løb. Man har endvidere ved disse mange Boringer faaet Midler til at forstaa, paa hvilken Maade de

Kræfter virker, som tvinger Vandet til at stige op i de artesiske Brønde, saa at det bliver muligt for Menneskene at tage det i sin Tjeneste.

Det kan vel undertiden for mangen en se ud, som om Kendskabet til de Lag, der ligger gemte dybt nede i Jorden, kun kan have Interesse i teoretisk og videnskabelig Henseende, idet deres Beliggenhed i Jorden gør dem uskikkede til at benyttes i tekniske Øjemed og i det hele hindrer, at kan de tages i praktisk Brug. Han kan maaske derfor ofte fristes til at stille dem i Klasse med de Ting, praktiske Mennesker vilde anse det for Tidsspilde at beskæftige sig med. Han tager dog i saa Henseende fejl. Alene den Rolle, disse Lag spiller i deres Forhold til Vandet i Jorden, giver Kendskabet til dem en stor praktisk Betydning. For enhver, der vil lade udføre en Boring efter Vand, vil det være af Vigtighed, om han har eller kan skaffe sig Kundskab om, hvorvidt en saadan Boring overhovedet har Udsigt til at føre til noget heldigt Resultat. Det vil være af økonomisk Værdi for ham, om han paa Forhaand kan danne sig et Skøn over, hvor dybt der maa bores for at naa saadanne vandførende Lag, der kan antages at kunne dække de Krav, Vandforbruget stiller. Og ligesom det er af Vigtighed at kunne skønne over, hvorvidt man overhovedet kan faa Vand ved Boringen, saaledes har det ogsaa Betydning at kunne bedømme, om Vandet kan stige til en Højde i Borerøret, saa at det bliver praktisk anvendeligt.

For enkelte Dele af Landet har den store Mængde Brøndboringer, der er udførte, allerede givet Midler i Hænde til, at man kan skaffe sig Klarhed og Oversigt over disse Forhold. For andre Egne vil det kun være et Tidsspørgsmaal, hvornaar man kan danne sig en saadan Oversigt.

Mange Oplysninger, som vil være af Betydning for Fremtidens Arbejde, kan vindes ved, at der ved de Boringer, der udføres, gøres nøjagtige og fuldstændige Optegnelser, og at

disse samles, saa de kan komme til fuld Nytte. Mange værdifulde Oplysninger i den Retning er i Tidens Løb gaaede tabt paa Grund af manglende Forstaaelse og valen Interesse. Det er at haabe, at man efterhaanden bedre og bedre vil kunne fatte den Nytteværdi, der ligger i, at saadanne Oplysninger opbevares. Ligesaa er det at haabe, at de, der paa Grund af Øjeblikkets praktiske Krav bringes i Berøring med disse Spørgsmaal, som tilsyneladende kun har Interesse for dem selv, Brøndborere, Private og Institutioner, ikke vil lukke Øjnene for, hvad de forsømmer, naar de lader gaa til Spilde eller i det højeste bevarer for sig selv de Oplysninger, der tjener som Grundlaget for vort Kendskab til Landets Undergrund og Vandforholdene i Jorden.

Hensigten med nærværende Skrift er dels at udbrede Kendskabet til Jordlagenes almindelige Forhold her i Danmark, særlig med Hensyn til den Rolle, de spiller overfor Grundvandet og dets Optræden i Jorden, dels at bidrage til Forstaaelsen af, hvad det er, der betinger Vandets Bevægelse igennem Jordlagene og dets Tilgodegørelse ved Boringer og Brønde. Eftersom dette maa gøres uden at gaa stærkt ind paa Enkeltheder, vil maaske adskillige finde, at der her bydes dem mindre nyt, end de burde vente. Det tør imidlertid antages, at der senere vil blive Lejlighed til at fremlægge mere udførlige Enkeltheder fra mindre Omraader af Landet, hvor Grundvandsforholdene foreligger saaledes belyste, at de kan gøre Krav paa Interesse udenfor de enkeltes Kreds.

Grundvandets Opstaaen.

Regnvandets Nedsynken i Jorden. Tyngden. Haarrørskraften.
Luften i Jordlagene (Grundluften). Fordampningen.

Naar Regndraaberne falder mod Jorden, vil de som Følge af den Kraft, hvormed de støder mod Jordoverfladen, søge at trænge videre i samme Retning. Her kommer Regnen under Paavirkning af Kræfter, der arbejder dels i Retning af at føre den ned i Jorden, dels i modsat Retning. De Faktorer, som derved øver den største Indflydelse, er Tyngden, Haarrørskraften, Luften i Jordlagene (Grundluften) og Fordampningen.

Tyngdens Virkning paa det faldende Regnvand er klar. Den vil søge at drage det dybere og dybere ind i Jordskorpen i lodret Retning. Naar det er sunket til det Punkt, hvor Jordlaget er helt fyldt med Vand, vil Bevægelsen lodret nedad maaske blive erstattet af en Bevægelse til Siden, men Tyngden vedbliver at virke paa Vanddelene for at drage dem videre og videre indad i Jorden.

Anderledes er det med Haarrørskraften. Den er udelukkende henvist til at virke i de Jordlag, som ikke er fuldt mættede med Vand, derfor især i dem, der ligger nærmest under Jordoverfladen. I de helt vandfyldte Jordlag kan der ingen Haarrørsbevægelse finde Sted, men denne foregaar fra de helt eller delvis fyldte Porer til de helt tomme eller til saadanne, der indeholder mindre Fugtighed end dem, Bevægelsen kommer fra. Haarrørskraften virker derfor i alle Retninger: opad, nedad og til Siden. Er det nu umiddel-

bart efter eller under en Regnbyge, og det øverste Jordlag er mere fugtigt end det, der ligger neden under, da vil Haarrørskraften sammen med Tyngden søge at drage Regnen ind i Jorden. Men saa snart Regnvandet naar ned til Jordlag, der er lige saa vandfyldte som dem, det kom fra, vil Haarrørsbevægelsen forandre sin Retning. Mens Tyngdekraften stadig drager nedad, vil Haarrørskraften nu søge at drage Vandet opad og det des stærkere, jo større Forskel der er mellem Mængden af Fugtighed i de to Jordlag. I Jord, der er fyldt med levende Rødder, vil Haarrørsbevægelsen gaa i Retning af Rødderne fra alle Sider, hvor Jordens Porer er mere vandfyldte end dem, der omgiver Rødderne. Derfra vil Vandet gaa over i Rødderne og op i Planterne, til der indtræder Ligevægt, saa Bevægelsen kan ophøre. Idet Haarrørskraften virker paa denne Maade, har den ikke alene Betydning under Vandets Nedsynken i Jorden, men den indvirker under Tørkeperioder paa Grundvandstanden ved at sænke denne.

Den Luft, der staar i de øverste Jordlag, den saakaldte Grundluft, spiller til sine Tider en Rolle for Regnvandets Nedsynken i Jorden. Naar der har hersket en langvarig og stærk Tørke, bidrager den nemlig til at hindre Nedsynken, navnlig efter stærke Regnskyl, men ogsaa efter mindre Byger. Naar Jordbunden er næsten lufttør, idet den kun indeholder saa megen Fugtighed, som Haarrørskraften har formaaet at holde tilbage efter den stærke Udtørring, da vil de Porer, der findes i Jorden, være næsten fuldstændig fyldte med Luft. Denne Luft skal uddrives, for at Vandet kan blive i Stand til at komme ned. I Jorder, der bestaar af Grus og groft Sand, er Porerne saa store, at Luften forholdsvis let kan slippe ud, samtidig med at Vandet synker i Jorden, endnu mens Regnen staar paa. Hvor Jorden derimod har leret Undergrund, eller hvor Madjorden er af tættere Beskaffenhed med finere Porer, fyldes disse utallige, haar-

fine Smaakanaler med det nedstrømmende Regnvand, der som et sammenhængende Lag lukker for Luften. Selv kan Vandet ikke trænge dybere ind i Jorden paa Grund af Luftens Pres, men maa holde sig i det allerøverste Jordlag. En stor Del af det gaar derfor bort ved den livlige Fordampning, der følger efter Regnen, eller strømmer bort ad Overfladens Sænkninger og Vandløb. Efter at der er gaaet saa meget bort af Vandet, at dette ikke ganske fylder Porerne i Jorden, bliver Haarrørskraften og Tyngden i Stand til at drage Fugtigheden nedad imod de mere tørre Jorddele, samtidig med at der bliver Plads for Luften til at slippe ud. Først naar Jordens Porer er bleven til en vis Grad fyldte med Fugtighed, kan der opstaa en mere stadig Strøm nedad, saa at selv et stærkt Regnskyl i Løbet af kort Tid kan synke i Jorden. Strømmen flyder da under den fælles Paavirkning af Tyngden og Haarrørskraften.

Den Del af Regnen, som ikke straks trænger ned i Jorden, bliver Genstand for Fordampning, og hvis Luftfugtigheden er lille i Sammenligning med Jordens Fugtighed, vil der ogsaa fordampe Vand fra de allerøverste Jordlag. Haarrørskraften vil søge at erstatte det fordampede Vand ved at holde det, der er i Færd med at synke, tilbage i det øverste Jordlag eller endog løfte det til Vejrs, saa at ogsaa det kan forsvinde ved Fordampningen. Fordampningen modvirker altsaa Dannelsen af Grundvandet og virker, understøttet af Haarrørskraften, til at formindske den Mængde af Grundvand, som allerede findes i Jorden.

I de Jordlag, hvis Porer ikke er helt vandfyldte, kan Vandet altsaa bringes i Bevægelse baade af Haarrørskraften og Tyngden. Det kaldes her Haarrørsvand. Ved den Grænse, bag hvilken Haarrørskraften maa ophøre at virke, fordi alle Jordens Poremellemrum er helt vandfyldte, tager Grundvandet sin Begyndelse.

Jordarternes Forhold til Vandføringen.

Vandførende og vandstandsende Jordarter. Porøsiteten. Vandføringsevnen.
Kornstørrelsens Betydning for Vandføringsevnen.

Det, der fremfor noget andet har Betydning for Vandets Nedsynken i og videre Bevægelse igennem Jordlagene, er Beskaffenheden af Jorden selv, dens Tæthed og Kornstørrelse, Porevidde og Vandføringsevne. Det er almindelig kendt, at der for Vandets Nedtrængen i Jorden er stor Forskel paa, om Jorden er grovkornet og har vide Porer, eller om den er finkornet, og dens Porer er af den mindst mulige Størrelse. Lige saa velkendt er det, at den samme Forskel gør sig gældende for Vandets videre Bevægelse igennem Jorden. Man skælner derfor sædvanlig mellem vandførende og vandstandsende Jordarter.

Vandførende Jordarter er saadanne, som kun yder ringe Modstand mod Vandets Bevægelse. Aarsagen hertil kan ligge i Jordarten selv, naar denne nemlig bestaar af grove Dele med store Porer, Mellemlum, hvorigennem Vandet let kan søge sig Vej. Det bedste Eksempel paa saadan Jord er Grus eller groft Sand. — En anden Art af vandførende Jordarter er saadanne, som i sig selv er finkornede og har smaa Porer, men hvori der findes Revner, Spalter og Hulrum, hvorigennem Vandet kan flyde. Som et Eksempel herpaa kan Skrivekridtet i visse Tilfælde tjene.

I Modsætning til de vandførende Jordlag kaldes derimod saadanne Jordarter vandstandsende, hvis Porer er saa smaa og Spalterne saa snævre, at Jordarten derved yder en betydelig Modstand mod Vand, som vil trænge derigennem. Dertil hører de fleste nogenlunde fede Lerarter, det spaltefri Skrivekridt og mange andre.

Grænsen mellem de vandførende og de vandstandsende Jordarter er ingenlunde skarp, men der findes utallige Overgangsled fra den ene Gruppe til den anden. Heller ikke er der noget Lag, som er fuldkomment vandstandsende, lige saa lidt som der er noget vandførende Lag, der lader Vandet passere igennem sig uden nogen som helst Modstand. Den Lethed, hvormed Laget lader Vandet passere igennem sig, kaldes dets Vandføringsevne.

Medens et Jordlags Grovkornethed eller Finkornethed, som vi siden skal se, er af afgørende Betydning for, hvor hurtigt Laget kan optage og atter afgive en vis Vandmængde, altsaa for Vandføringsevnen, saa er Forholdet et andet, naar det gælder om, hvor meget Vand en Jordart kan optage i sig uden at afgive det i draabeformig eller flydende Tilstand. Dette afhænger nemlig ikke af de enkelte Porers Størrelse, men af, hvor stor en Del af hele Laget der indtages af Porer, eller — med andre Ord — hvor meget den samlede Mængde af Porer fylder i Sammenligning med hele Jordmassen. Dette Forhold, Forholdet mellem Porernes samlede Rumfang og det samlede Rumfang af baade Jord og Porer kaldes Jordartens Porøsitet.

Ved løse, usammenhængende Jordarter f. Eks. Sand bestemmer man Porøsiteten paa følgende Maade: Man fylder en tør Flaske med lufttørt Sand til et bestemt Mærke. Efter at man har vejjet, lader man Sandet indsuge Vand, uden at Mærket overstiges, og vejer igen. Derved faar man at vide, hvor meget Vand der kunde optages i Sandets Poremellemrum. Derpaa tømmes Flasken for Sandet, fyldes med

rent Vand til Mærket og vejes atter. Naar man da tillige har vejlet den tomme, tørre Flaske, faar man deraf at vide, hvor meget Vand Flasken rummer indtil Mærket. Forholdet mellem den Vandmængde, Sandet optog, og den Vandmængde, der overhovedet kunde rummes i Flasken indtil Mærket, giver da Sandprøvens Porøsitet. — Naar man vil bestemme Porøsiteten af sammenhængende Jordarter, saasom stenfrit Ler, Skrivekridt o. l., kan man skære dem til i Form af en Tærning. Rumfanget af denne bestemmes ved at maale Kanternes Længde. Man vejer nu Tærningen i lufttør Tilstand, lader den derpaa gennemtrænges af saa meget Vand, som den kan optage og beholde i sig uden at afgive det som Draaber. Saaledes vandfyldt vejes den atter. Porøsiteten er da Forholdet mellem Vægten af det indsugede Vand og Vægten af en Vandmasse af samme Rumfang som Tærningen.

Porøsiteten afhænger som sagt ikke ligefrem af Kornenes og Porerne Størrelse, men derimod af den Maade, hvorpaa Kornene ligger i Forhold til hverandre. Dette fremgaar klart af Afbildningen Fig. 1 paa næste Side. Lad os forestille os, at vi her ser ned i Kasser, fyldte med Kugler, og lad os først se paa Kasserne, der er mærkede I, II og III. Der er her Kugler af tre Størrelser: Kuglerne i II har halv saa stor Diameter som Kuglerne i I, Kuglerne i III atter halv saa stor Diameter som Kuglerne i II. Kuglerne i hver enkelt Kasse er derimod indbyrdes af ganske ens Størrelse, og man vil let kunne se, at de ligger pakkede paa den tættest mulige Maade. Ved Beregning viser det sig nu, at naar Kasserne er lige store, vil den samlede Mængde Mellemrum eller Porer fylde ganske lige meget for alle tre Kasser, d. v. s. at Porøsiteten er ens i alle tre Tilfælde. Man kan ogsaa indse dette ved en umiddelbar Betragtning. Lad os tænke os, at vi havde en Kasse med lige store Kugler, og at vi kunde formindske den til det halve, saaledes at alle Kuglerne samtidig blev

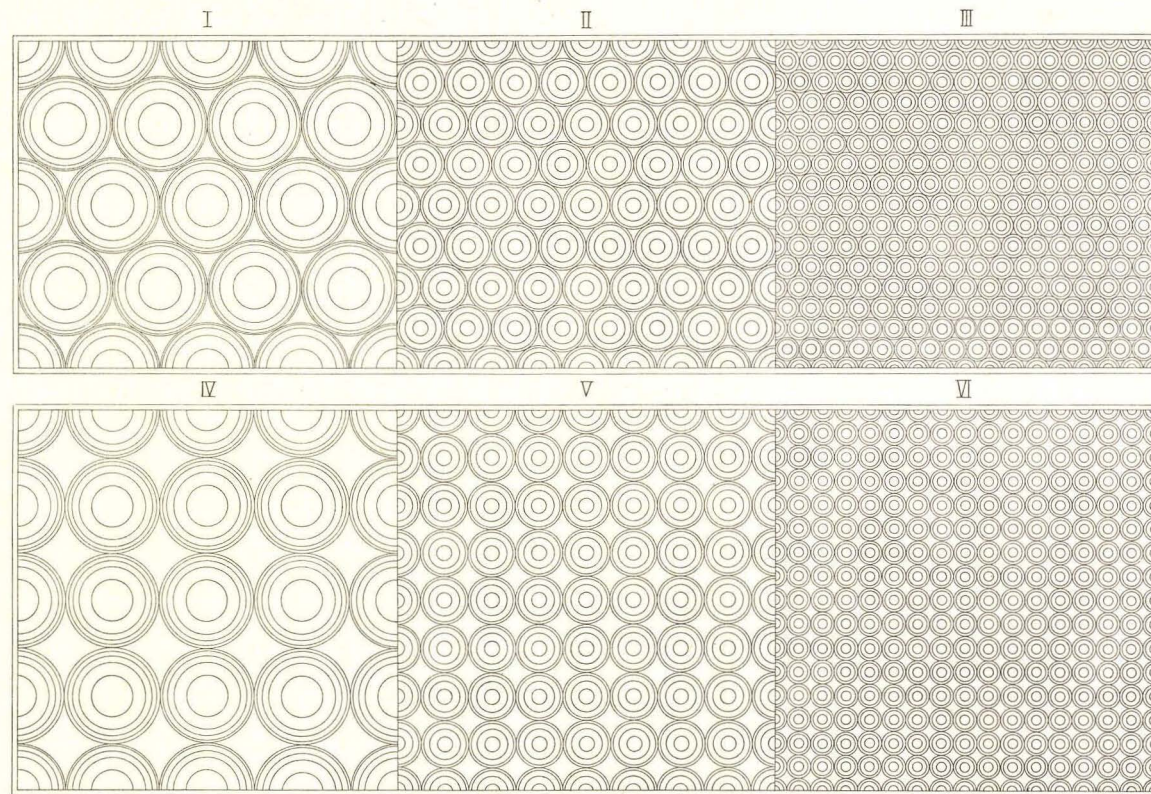


Fig. 1. Porositetens Forhold til Kornenes Størrelse og Lejring.

halv saa store og Mellemrummene imellem dem ligesaa. Forholdet mellem den samlede Mængde Porer og hele Kassens Rumfang vil da være ganske uberørt af Formindskelsen, eftersom begge Dele er formindskede lige meget. Porøsiteten er altsaa uafhængig af Kornstørrelsen.

Det samme Resultat kommer man til ved at betragte Kasserne IV, V og VI. Kun er Kuglerne her pakke- saaledes, at de indtager den størst mulige Plads. Da Kuglerne imidlertid er lige store med dem i Kasserne I, II og III, er det indlysende, at det er Mellemrummene, den forøgede Plads falder paa. Medens Porøsiteten i det ene Tilfælde er saa lille, den kan blive for lige store Kugler, nemlig 25,95 pCt. (af Kuglernes og Porernes samlede Rumfang), saa har den i det andet Tilfælde sin størst mulige Værdi, nemlig 47,64 pCt. Det vil altsaa heraf ses, at for kuglerunde, indbyrdes lige store Korn afhænger Porøsiteten ikke af Kornenes Størrelse, men af den Maade, hvorpaa de ligger i Forhold til hverandre.

De Jordarter, man finder i Naturen, bestaar imidlertid ikke saaledes af kuglerunde, lige store Korn. Sandkornene og Lerets fine Smaadele er kantede og uregelmæssige og vil altid til en vis Grad være af forskellig Størrelse, selv om de sorteres nok saa godt. Desuagtet har det ved en stor Mængde Forsøg med Sand, Ler og andre Jordarter vist sig, at Porøsiteten svinger mellem ca. 25 pCt. og ca. 50 pCt., ligesom ved de lige store Kugler. Dog er der en Forskel. Medens Porøsiteten ved de lige store Kugler er fuldstændig uafhængig af Kornstørrelsen, tager den for Jordarterne i Naturen i Reglen til, naar Kornstørrelsen tager af, og Jordartens Porer formindskes. Jo mere finkornet en Jordart er, desto mere Vand kan den derfor som Regel optage i sig.

Omvendt forholder det sig med Jordarternes Vandføringsevne. Jo grovere Jordarten er, desto lettere afgiver den sædvanlig Vandet, da Porerummene her er videre, saa at

der bydes en mindre Modstand mod Bevægelsen end ved Jordarterne med de finere Korn og de snævrere Porer.

Hvorledes Jordlagenes Vandføringsevne afhænger af Jordartens Kornstørrelse og Porøsitet, kan der ikke her redegøres for i Enkelthederne, da dette kun kan ske ved Hjælp af udviklede matematiske Beregninger. Her skal blot fremføres nogle Eksempler for at give en Antydning af, paa hvilken Maade disse enkelte Faktorer staar i Forhold til hinanden.

Vandføringsevnen vokser med Kornstørrelsen saaledes, at naar man har to Sandlag A og B, og Kornene i A har dobbelt saa stor Diameter som Kornene i B, da vil A's Vandføringsevne være 4 Gange saa stor som B's under i øvrigt ens Forhold. Man udtrykker dette saaledes, at Vandførings- evnen vokser i samme Forhold som Kvadratet af Kornstørrelsen (Korn-Diameteren). Vandførings- evnen vokser imidlertid ogsaa med Porøsiteten, og da Porøsiteten i Almindelighed er størst ved de finkornede Jordarter, er disses Vandføringsevne derfor ofte forholdsvis noget større, end man skulde vente efter Kornstørrelsen. Sæt som Eksempel, at vi har et Sandlag A, hvis Korn er 2 mm i Diameter, og hvis Porøsitet er 35 pCt. Lad Laget under visse, givne Forhold have en Vandføring af 40 000 Kubikfod i Minuttet. Lad et andet Sandlag B have Korn af halv saa stor Diameter, 1 mm, mens Porøsiteten er 35 pCt. ligesom ved Laget A; B's Vandføring vil da under iøvrigt lige Forhold være en Fjerdedel af A's Vandføring, d. v. s. 10 000 Kubikfod i Minuttet. Er Porøsiteten derimod større, vil Vandførings- evnen ligeledes være større og det saaledes, at Laget B med en Porøsitet af 43,1 pCt. og under de samme Forhold som før kan gennemstrømmes af en Vandmængde af 20 000 Kubikfod i Minuttet.

Lad os dernæst betragte et Lag af støvfint Sand C. Er dets Kornstørrelse 0,1 mm, altsaa 10 Gange mindre end

Kornstørrelsen i Sandlaget B, saa følger deraf, at Vandførings-
evnen vil være 100 Gange mindre under lige Forhold. Det
vil altsaa sige, at hvis Støvlagets Porøsitet er 35 pCt., da
vil det lade 100 Kubikfod Vand sive igennem i et Minut; er
Porøsiteten derimod større, 43,1 pCt. som ovenfor, da vil det
lade dobbelt saa meget passere igennem sig i samme Tid,
altsaa 200 Kubikfod i et Minut.

Tager vi som sidste Led i Rækken et Lerlag D med
Korn af kun 0,01 mm i Diameter, saa vil Vandføringsevnen
i dette Lag atter være 100 Gange mindre end i Støvlaget
C. Med Porøsiteten 35 pCt. vil Lerlagets Vandføring være
1 Kubikfod; med Porøsiteten 43,1 pCt. vil den være 2 Kubik-
fod i Minuttet.

Sammenstillede i et Skema vil de nævnte Talstørrelser
være lettere overskuelige.

Jordlaget	Kornstørrelse	Porøsitet	Vandføring i Minuttet
Groft Sand A	2,00 mm	35,0 pCt.	40 000 Kubikfod
Sandlag B	1,00 —	35,0 —	10 000 —
" B	1,00 —	43,1 —	20 000 —
Støvlag C	0,1 —	35,0 —	100 —
" C	0,1 —	43,1 —	200 —
Lerlag D	0,01 —	35,0 —	1 —
" D	0,01 —	43,1 —	2 —

Det vil af disse Eksempler kunne ses, udtrykt med Tal,
hvor stor Betydning Kornstørrelsen har for Jordarternes
Vandføringsevne, og hvor vigtigt det derfor kan være at be-
stemme eller faa et Udtryk for Kornstørrelsen.

Er Jordartens Smaadele af ens Størrelse, saaledes som
de i visse Tilfælde er i Sand, særlig Flyvesand, da kan
man nogenlunde bestemme Kornstørrelsen ved Hjælp af
Maaling eller Vejning. For de fleste Jordarter, som de
findes i Naturen, kan man imidlertid aldeles ikke bestemme
Kornstørrelsen paa denne Maade. De indeholder i Alminde-
lighed Korn af utallige, forskellige Størrelser, ofte lige fra det
fineste Lerslam til Sten af flere Kubikfods Størrelse. Dette

er som bekendt Tilfældet med en af de mest almindelige Jordarter i Danmark, nemlig det stenede Ler, Moræneleret. Selv om man med stort Besvær vilde slænne, sortere og adskille Leret i et stort Antal Dele og bestemme Kornstørrelsen i hver enkelt Del, saa vilde man dog ikke derigennem faa noget Udtryk for den Middelkornstørrelse, der betinger Vandføringsevnen. For at naa dette Maal, kan man imidlertid gaa en anden, mere direkte Vej, idet man ved Forsøg bestemmer, hvor lang Tid det tager at presse en bestemt Mængde Luft igennem Jordarten. Dette sammenligner man med, hvor lang Tid det har taget under ganske de samme Forhold at presse en lige saa stor Luftmængde igennem en anden Jordart f. Eks. ensartet Sand, hvis Kornstørrelse man i Forvejen har bestemt. Ad den Vej kan man bestemme et Tal, der udtrykker Jordartens Forhold overfor Vandføringen, ganske som om det var den virkelige Kornstørrelse, man havde fundet. Man siger, at dette Tal udtrykker Jordartens effektive eller virksomme Kornstørrelse.

Hvor stor en Jordarts Vandføringsevne er, kan man finde ved Beregning, naar man kender Jordartens Porøsitet og Kornstørrelse tillige med de Forhold, som iøvrigt kommer i Betragtning. Man kan ogsaa bestemme Vandføringsevnen direkte ved at lade Vand strømme igennem den vedkommende Jordart. Især for de mere finkornede og tætte Jordarter, der byder en forholdsviis stor Modstand mod Vandets Bevægelse, er dette dog en langt mere langsom og besværlig Metode end at anvende Luft, saaledes som det ovenfor er angivet.

Jordlagene i Danmark.

Naar vi nu fra Fremstillingen af Forholdet mellem Vandføringsevnen og Jordarternes Beskaffenhed i Almindelighed skal gaa over til at omtale de forskellige Jordlag i Danmark og deres Forhold til Vandføringen, møder vi straks den mangelfulde Omstændighed, at der næsten ingen Undersøgelser er foretaget af dette Forhold, og at de, der foreligger, alle er mere eller mindre ufuldstændige og ufyldstgørende. Det bliver derfor nødvendigt ved Omtalen af vore Jordlags Forhold til Grundvandet og dets Bevægelse at holde sig til de mere almindelige Træk herved, i Forbindelse med de forskellige Lags Optræden i Naturen.

Ved Skildringen heraf skal vi gennemgaa Jordlagene efter deres Alder fra de yngste til de ældste, idet vi udelukkende holder os til Aflejringerne i det egentlige Danmark, nemlig:

Aflejringer yngre end Istiden,
Istidens Aflejringer,
Tertiærtidens Aflejringer og
Kridttidens Aflejringer.

De, der skulde ønske mere fyldige Oplysninger, end her kan gives om, hvorledes disse forskellige Aflejringer er opstaaede, kan henvises til N. V. USSING: „Danmarks Geologi

i almenfatteligt Omrids“, der udgør Nr. 2 i 3die Række af Danmarks geologiske Undersøgelses Skrifter.

Aflejringer yngre end Istiden.

De Dannelser, der er bleven aflejrede i den Tid, der er forløbet fra Istidens Afslutning indtil nu, er enten opstaaede langs Vandløb, ved og i Søer og Moser, eller de er afsatte af Havet eller ved Sandflugt. Da de hører til de yngste Jordaflejringer, man har, naar de sjældent ret dybt ned i Jorden, men gaar i Almindelighed nær op mod Jordens Overflade. Hvor der findes Lag, der er afsatte under denne, yngste Jordperiode, maa Brøndene derfor gaa ned i eller igennem disse Lag for at naa Vand.

Den Maade, hvorpaa disse Dannelser er opstaaede, fører med sig, at de ofte findes paa lavtliggende Steder, hvor Grundvandet naar tæt op til Jordoverfladen eller endog til Tider staar over denne, naar Overfladens Vandløb hindres i at føre Vandet bort. Et af de Steder, hvorfra dette kendes bedst, er Skjernaadalen og de lave, flade Strækninger, der ligger omkring Ringkjøbing Fjord. Blandt de mange andre Eksempler herpaa kan nævnes Dalen langs Stevns Aa, hvis Udløb i Kjøge Bugt ses paa Afbildningen Tavle I. Udløbet hindres her af Tilgroning samt Aflejring fra Havet af Tang og af en Strandvold, som har maattet graves igennem for at skaffe Vandet Afløb. Indenfor ligger der langs Aaen en lang, lav Engstrækning, der ofte oversvømmes af det opstemmede Vand.

Mange af de yngste Jordaflejringer er aabne Jordarter, som er let gennemtrængelige for Vand. Saaledes afsættes der Grus og Sand i næsten alle Aaløb, langs Søbredder og paa Søernes Bund. De Dannelser, der afsættes fra Havet, er ligeledes overvejende Grus og Sand, der ved Strøm og Bølgeslag føres ind mod Land og afsættes som Strandvolde

eller Revler, henholdsvis oppe paa Land og udenfor Kysten. Sandet, der hæves op over Strandbredden og tørres, bliver revet med af Stormene, især hvor disse er stærke som paa Jydlands Vestkyst. Derved opstaar Flyvesandet, der atter aflejres som Flader eller i Form af Klitter. Flyvesandet er en af de Jordarter, der har den mest ensartede Kornstørrelse, men denne kan dog variere en Del efter Stormenes Styrke.

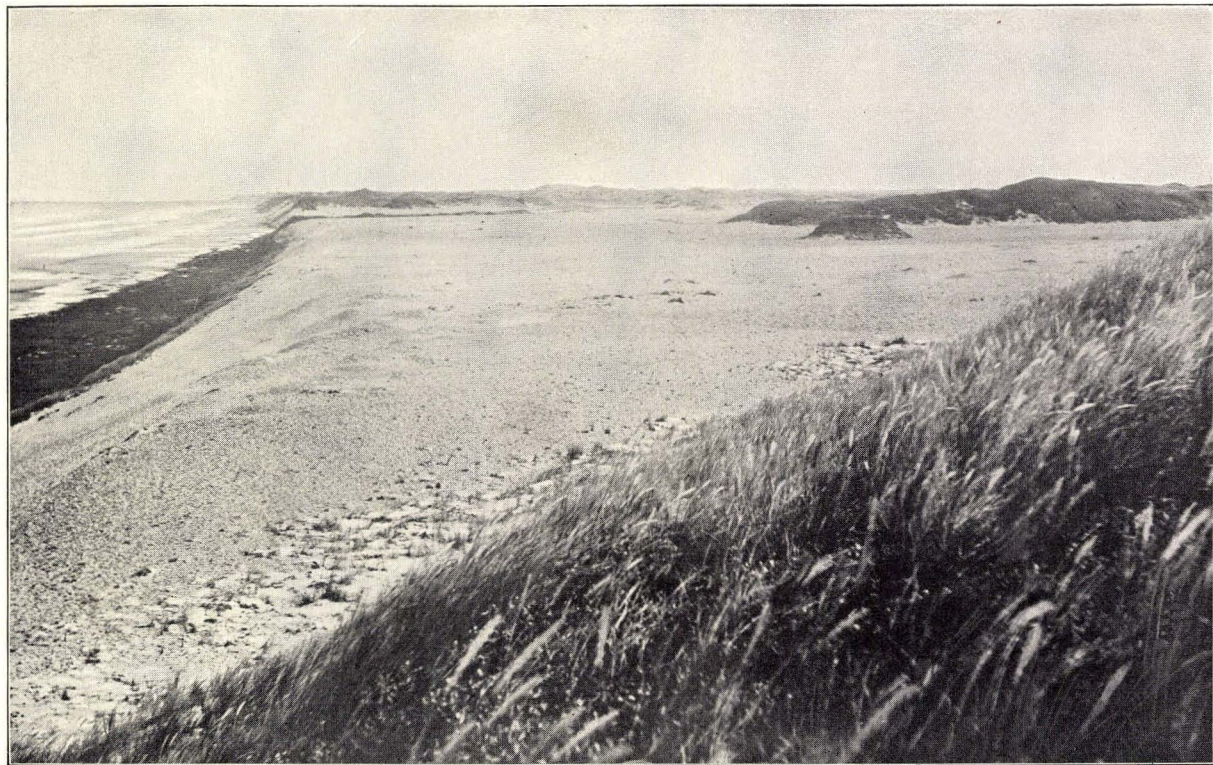
Naar Stormene saaledes gaar hen over de Sand- og Grusaflejringer, der er skyllede op fra Havet, og fejer Sandet bort, bliver de golde Stenmarker tilbage, saaledes som det ses af Afbildningen Tavle II. Her synker det faldende Regnvand let i Jorden, og er det nær ud imod Stranden, vil det først træffe Grundvandet, naar det kommer ned i Højde med Havet udenfor.

Medens Grus og Sand kan synke til Bunds, selv om Vandet ikke er i Ro, saa kan det finere Slam først aflejres paa større Dybder, hvor Strøm og Bølgeslag ikke formaar vedblivende at holde det opslæmmet, eller paa andre Steder, hvor der er tilstrækkelig Ro. I stillestaaende, lavt Vand, i Søer og Vige, Nor og Fjorde med snævert Indløb opstaar der Dynd- og Gytjelag, fyldte med Levninger af Planter og Dyr. De kan være af meget forskellig Tæthed og dermed have meget ulige Vandføringsevne.

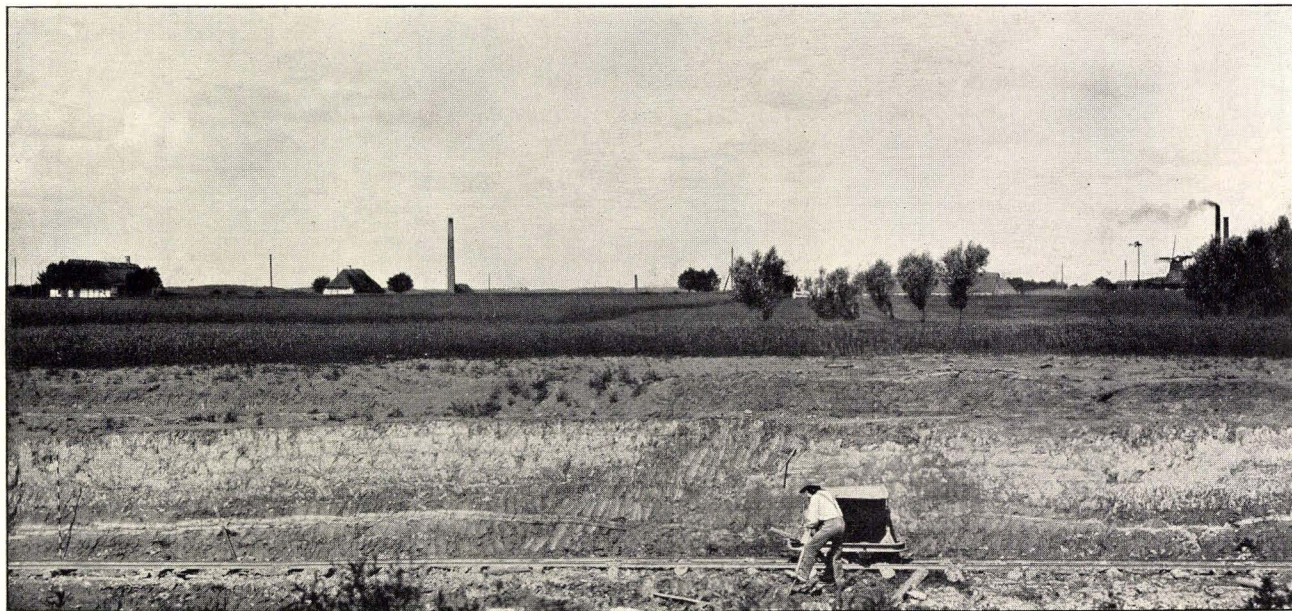
Det tætteste af de Jordlag, der er opstaaede efter Istiden, er det stenfri Ler, der er udslæmmet af andre Lerlag. For at der kan opstaa anselige Lag af saadant Ler kræves dels en betydelig Mængde Raamateriale, dels stærk Strøm eller Bølgeslag, der kan bevirke Udslæmningen, samt roligt Vand, hvori Leret kan bundfældes. Paa mange Steder foregaar der den Dag i Dag en saadan Udslæmning og Afsætning af Ler. De nævnte Betingelser har dog især været til Stede ved Slutningen af selve Istiden; Smeltevandet fra Isen medfører altid i de slamfyldte Gletscherbække eller Hvidaaer en Mængde Ler og Sand, der er vasket ud af de Jordmasser, Isen fører med



Opstemning af Vandløb. Stevns Aa's Udlob i Kjøge Bugt.



Stenslette med Klitter. »Raabjerg Stene« i Vendsyssel. (A. Jessen).



Stenfrit Ler, afsat i en isdæmmet Sø. Stenstrup ved Svendborg. (V. Madsen).

sig. Dette Slam bundfældes i Søer og andre Steder, hvor Vandet kan komme i tilstrækkelig Ro. Ler, der er afsat under saadanne Forhold, fylder nu hyppig større eller mindre Lavninger i Jordoverfladen, hvor det ligger i uforstyrrede, vandrette Lag, saaledes som det fremgaar af Billedet, Tavle III, fra Stenstrup paa Fyn. Her og mange andre Steder i Danmark danner Ler af denne Art Grundlaget for en betydelig Teglværksindustri. Ofte naar det ikke helt til Jordoverfladen, men er dækket af yngre Tørvelag.

Fra den Is, der smeltede i Havet, opstod der ligeledes en stor Mængde Slam, der under Bundfældningen sorteredes efter Kornstørrelsen og afsattes som Grus, Sand og Ler, alt eftersom Vandet var i stærk eller i svag Bevægelse.

Lag, der er opstaaede i Havet, kan ved senere Landhævninger blive løftede op over Havfladen og danne Landjord. I Danmark er der særlig i den nordlige og nordøstlige Del af Landet, Nordjylland og Nordsjælland, foregaaet saadanne Hævninger. Man finder dér hyppig lavtliggende Flader, der er dannede i Havet paa Tider, da Landet ikke laa saa højt som nu; i Nordsjælland finder man saadanne Lag, der er afsatte i Stenaldershavet; i Vendsyssel har man Lag baade fra Stenaldershavet og fra Istidshavet ved Slutningen af Istiden, da Landsænkningen var endnu større end i Stenalderstiden.

Flere af de Jordlag, der her er nævnte, er ikke meget egnede til Vandforsyning. Naar Vandet kun er trængt ned i ringe Dybde under Jordoverfladen, er det nemlig ofte mindre anvendeligt som Drikkevand. Hvor Lagene bestaar af Dynd, Tørv eller andre Jordarter, som indeholder hensmuldrende Levninger af Dyr og Planter, maa Brøndene for at kunne føre godt Vand gøres saa dybe, at de naar ned under disse Lag og ikke faar Tilløb fra dem.

Istidens Aflejringer.

Moræneler. Moræneflader. — Lagdelte Dannelser. Regelmæssige Lag. Forstyrrede Lag. — Grundvandet i Istidslagene.

I Danmark er der næsten ikke noget Punkt, hvor man kan gaa ned med en Brønd uden at trænge ned i større eller mindre Lag af Istidsdannelser. Den allerstørste Del af de almindelige Brønde faar Vandet fra Grus- eller Sandlag, der er afsatte under Istiden; og mange dybere Boringer er ikke trængte helt igennem Istidslagene, men modtager Vandet fra disse.

Som vi saa, er de Aflejringer, der er yngre end Istiden, opstaaede under Indvirkning af Vandet eller Vinden. De er derfor mere eller mindre sorterede efter Kornstørrelsen og aflejrrede i nogenlunde regelmæssige Lag. Istidslagene viser derimod ofte meget uregelmæssige Lejringsforhold og Mangel paa Sortering som Følge af den Indvirkning, de faste eller træge Ismasser har haft paa deres Dannelse. Saa ulige Jordarter som stærkt Ler og skarpt Grus kan paa korte Strækninger veksle paa den mest ubestemmelige Vis, noget der i mange Henseender har praktisk Betydning, og som ogsaa spiller en stor Rolle for disse Aflejringers Forhold til Vandføringen.

Det Istidslag, som i Danmark danner det Grundlag, hvorefter alle de øvrige er opstaaede, og som ogsaa i sig selv er et af de mest udbredte, er det stenede Ler, Moræneleret. Det danner en uordnet Blanding af grove og fine Dele, fra meget store Sten lige til det fineste Lerslam. Naar det forekommer i sin oprindelige, uforvitrede Form med blaa-graa Farve, og kun indeholder forholdsvis lidt Sand og grovere Bestanddele, kan det være i høj Grad vandstandsende og fast. Ud imod Kysterne staar det derfor paa mange Steder som stejle Klinger, undertiden med lodrette Vægge. En saadan Klint, fra Kysten af Lillebelt, ses paa Afbildningen Tavle IV. Øverst under Jordoverfladen ligger et Bælte, hvor Leret er omdannet under Indvirkning af Luften og det nedsivende



Morænelersklint. Wedellsborg paa Fyn. (A. Jessen).

Vand. Derunder ses det uforvitrede Ler med sine talrige Sten i den tætte Lermasse.

Moræneleret er afsat direkte af Indlandsisen og bestaar af de Masser, som denne har slæbt med sig i Form af en Bundmoræne, eller som har ligget indstrøede i selve Isen. Derfra har Leret sin uregelmæssige Bygning af ulige store Bestanddele imellem hverandre, idet Isen ikke kunde foretage nogen Sortering, saaledes som Vandet eller Vinden.

Hvor Isen ved en langvarig Fremrykning fik Lejlighed til at blande sit eget Moræneindhold grundigt med løsrevne Dele af den Jord, den passerede hen over, har Moræneleret kunnet forandres temmelig meget med Hensyn til Indholdet. Ved at gaa hen over den danske Kridtundergrund er det f. Eks. blevet stærkt blandet med Kridt, Kalk og Flint, hvilket ofte i en væsentlig Grad har forandret Lerets oprindelige Karakter. Paa lignende Maade er der ofte indblandet løsrevne Klumper og Flager fra den tertiære Undergrund tillige med Grus, Sand og Ler fra ældre Istidslag. Hvor stor Indflydelse disse Indblandinger har haft paa Lerets Sammensætning, er dog selvfølgelig langt vanskeligere at bedømme, end naar det gælder Indblandinger af Kridt, Kalk og Flint.

Smelter Indlandsisen bort under rolige Forhold, og Isranden drager sig jævnt tilbage, efterlader den sit Moræneindhold, Moræneleret, som et Dække over de Lag, den hvilede paa. Da det Lerlag, Isen saaledes afsætter, i Reglen ikke veksler særdeles meget i Mægtighed, vil Jordoverfladens Form efter Isens Afsmeltning være temmelig jævn, hvor Underlaget er jævnt eller kun svagt bølget. Eksempler paa saadanne jævne eller svagt bølgede „Moræneflader“ har vi mange Steder i Landet. Som de mest udprægede kan nævnes: „Heden“ mellem Kjøbenhavn og Kjøge, Stevns og et Omraade Vest for Stevns Aa samt Laaland.

Medens Hovedmængden af det Materiale, Indlandsisen

bragte med sig paa sin Vej her til Landet og aflejrede direkte, afsattes i Form af usorteret Moræneler, udfoldede Vandet, der opstod ved Smeltning af Isen, en stor Virksomhed ved at udslømme og sortere, bortføre og atter aflejre, hvad det kunde faa fat paa af de Ler- og Jordmasser, der fandtes paa, i og under Isen. En stor Del af de Masser, der uden Sortering vilde være bleven afsatte som Moræneler, blev bearbejdet af Vandet, adskilt efter Kornstørrelse til Sten, Grus, Sand og fint Ler, og aflejret, hvor Vandet var i tilstrækkelig Ro dertil. Hvor dette fandt Sted i Forbindelse med Isens sidste, endelige Bortsmeltning, paa Steder, som Isen ikke senere bredte sig ud over, opstod der Lag, der kom til at danne en Overgang til de yngre Dannelser, som det rindende Vand har afsat efter Istidens Afslutning. De Vandmasser, der strømmede ud fra Isen, skar dybe Furer i Jorden, men udfyldte med den udslømmede Jord andre Sænkninger, hvor Vandet fandt roligere Forhold. Saaledes opstod det stenfri Teglværksler i bækkenformige Fordybninger længst borte foran Isranden. Hvor Strømmen endnu havde nogen Styrke, afsattes Sand og fint Grus, ofte i skiftende Lag, eftersom Strømmen var stærkere eller svagere, saaledes som det ses af Billedet Tavle V. De jydske Hedeflader giver et storslaaet Eksempel paa Sandaflejringer, der er afsatte nærmere eller fjærnere foran en Isrand, som ikke senere naaede ud over de færdigdannede Sandflader. Disse gaar ofte jævnt og umærkeligt over i Aflejringer fra den efterfølgende Tid.

Nærmest ind imod Isranden eller under selve Isen afsattes det groveste Materiale, Sten og Grus blandet med Sand. Hvor der under Isen var samlet en stor og stadig Strøm, der medførte store Mængder af udslømmede Jordmasser, blev de Strømbanker, Vandet efterlod sig, efter Isens Bortsmeltning liggende som langstrakte Volde af Grus, Sand og Sten, som et omvendt Spor efter Vandets Strømfure under Isen, afsat efterhaanden som Isranden trak sig tilbage. Af



Lagdelt Sand og Grus. Nørre Tvede Ø. f. Næstved.



Rullestensaas SØ. f. Næstved.

saadanne Grusvolde kendes nu mange under Navn af Rullestensaase. Afbildningen Tavle VI viser en saadan skovbevokset Aas Sydøst for Næstved. Mellem Næstved og Præstø, fra Kjøge langs Kjøge Aa og videre Vest paa samt flere Steder paa Sjælland og Fyn har slige Strømløb givet sig Udslog i Aase af betydelig Størrelse og Udstrækning.

Var det Vandmasser, som havde samlet sig i Gletschersøer eller paa anden Maade, og som i Løbet af et kortvarigt Tidsrum kunde skaffe sig Afløb, da dannedes der større eller mindre, enkeltliggende Bakker, eller der afsattes Grusflager, som atter dækkedes af Isen og blev indlejrede som Lag i det Moræneler, der sluttelig blev tilbage ved Isens Forsvinden.

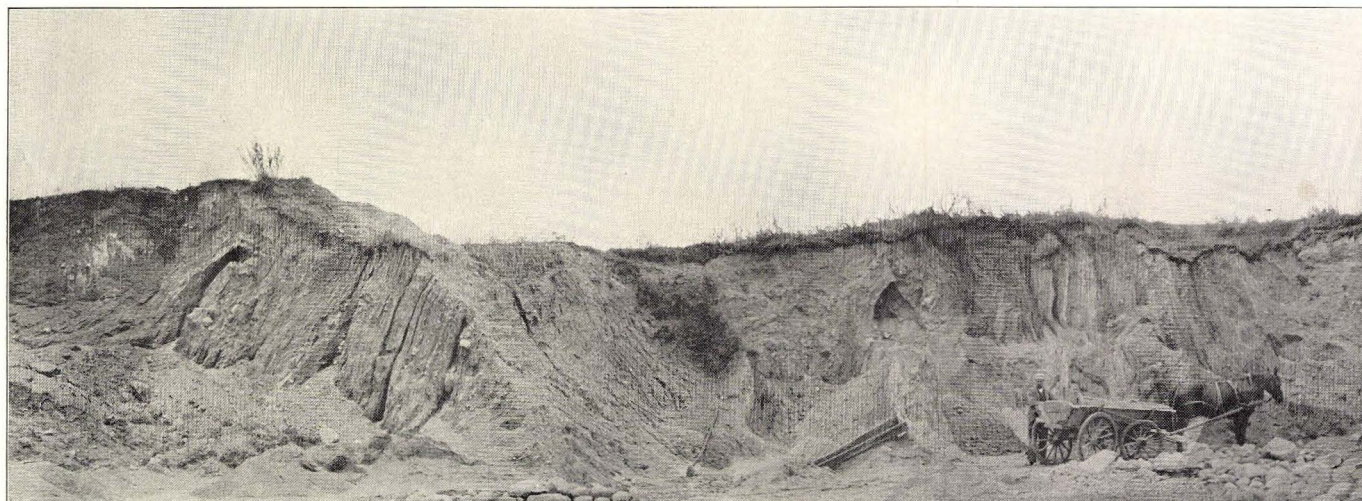
Det vil ikke være vanskeligt at forstaa, at Lag, der er opstaaede paa denne Maade, kan veksle ganske betydeligt, eftersom Strømmene, der afsatte dem, var stærke eller svage, havde et ensartet eller et skiftende Løb, førte faa eller mange, finere eller grovere Jordmasser med sig. Men endnu mere indviklet og uensartet blev Sammensætningen af Jordbunden, naar Isranden ikke — som her forudsat — var under stadig Tilbagerykning. Hvis den tværtimod atter rykkede frem, ud over de allerede afsatte Jordlag, blev disse ofte rodede op af Isen og blandede imellem hverandre, Moræneler og Sandlag, Grus og stenfrit Ler, og afsattes paany, med hældende Lag, paa Højkant eller i Form af aldeles uregelmæssigt liggende, sammenkrøllede Masser. Hvorledes saadanne forskudte og forstyrrede Lag kan se ud, fremgaar af Billederne Tavle VII og VIII.

Vandstandsene Lag af Moræneler eller stenfrit Ler staar derfor ofte med stejle Vægge, Side om Side med Lag af vandførende, skarpt Grus og Sand, der virker som Dræn i den omgivende, tætte Jord, hvor de ligger højt, eller som Beholdere for Grundvandet, naar Lagene ligger tilstrækkelig dybt. Det er derfor ikke underligt, at Grundvandsforholdene

i saadanne Lag er vekslende og uregelmæssige, saaledes som det ofte er Tilfældet endog for Brønde, der ligger hinanden ganske nær.

Hyppig træffer man dog ogsaa i Jorden mere regelmæssigt skiftende Lag, saaledes som det ses paa Billedet Tavle IX, hvor et tykt Lag Moræneler dækker regelmæssige Lag af Sand. Har et saadant Sandlag en anselig Udstrækning og ligger dybt nok nede i Jorden, kan det i en fortrinlig Grad tjene som Beholder for Grundvandet, hvorfra Brønde kan hente deres Vandforsyning.

For Grundvandets Bevægelse igennem Jordlagene fra Istiden og dets Samling i vandførende Lag, for Gravning og Boring af Brønde og for Muligheden af i det hele at naa Lag, hvorfra Vandet kan tilgodegøres, er disse Lags geologiske Tilblivelsesmaade og Optræden af stor Betydning. Hvor Forholdene er som paa „Heden“, i Stevns og mellem Kjøge og Faxe, hvor Moræneleret mange Steder saa at sige danner en eneste sammenhængende, kompakt Flade, der naar fra Jordoverfladen ned til Kalken med faa og ubetydelige, indskudte Lag af Grus og Sand, dør vil kun være daarlige Betingelser for at udvinde betydelige Vandmængder, inden man kommer igennem hele Lerlaget ned til Kalken. Vel trænger Regnvandet ned i Leret og frembringer Grundvand her saa vel som ved mere aabne Jordarter, men Manglen paa egentlig vandførende Lag gør, at Vandet ingen Samlingsplads kan finde, hvorfra det ved en Brønd let kan drages frem af Jorden igen. Leret selv er for vandtæt til, at en Brønd, som staar deri, og som man har tømt for Vand, atter hurtigt nok kan samle saa meget Vand fra Omgivelserne, som der i Almindelighed kræves. For at naa en tilstrækkelig rigelig Vandforsyning maa Vandet derfor under saadanne Forhold ofte hentes fra de vandførende Lag, som ligger under den samlede Morænelersmasse. I Kjøbenhavn-Kjøge-Faxe-Eggen er dette de øverste Lag af Kalkunder-



Kantstillede Lag af Sand og Grus. Fattigbakke ved Rudkjøbing. (V. Madsen).



Krollede Lag af Sand og stenfrit Ler. Bovbjerg. (A. Jessen).



Skiftende Lag af Moræneler og Sand. Thorø ved Assens. (A. Jessen).

grunden eller Gruslag mellem Moræneleret og Kalken. I andre Dele af Landet kan det være andre Aflejringer efter Undergrundens Beskaffenhed.

I saadanne Egne, som her er nævnte, hvor Vandet i Almindelighed maa hentes frem fra større Dybde, end man sædvanlig gaar ned til med aabne Brønde, og hvor Vandet kan stige til Vejrs i et Borerør, er „artesiske Boringer“ derfor meget almindelige.

Hvor Jordlagene derimod er lejrede paa uregelmæssig Maade, saaledes at tætte og aabne Lag veksler stærkt med hinanden, der vil Grundvandsforholdene ogsaa ofte stille sig helt anderledes. Ofte giver de uregelmæssige og skiftende Aflejringsforhold sig Udtryk i en bakket og ujævn Jordoverflade. Selv om Overfladelagene for en stor Del bestaar af Moræneler ligesom ved Morænefladerne, vil det synkende Regnvand dog altid dybere nede i Jorden finde vandførende Lag af Grus og Sand, hvori der kan samle sig større eller mindre Mængder af Grundvand. Men ligesom Uregelmæssigheden medfører, at saadanne Vandbeholdninger her forekommer meget hyppig i ringe Dybde, er den samtidig Aarsag til, at det kan være højst usikkert og tilfældigt, om man med en Brønd naar de vandfyldte, vandførende Lag eller ej. Derfor er det heller ikke sjældent at se, at en Brønd, der er gravet paa en Bakke, kan give rigeligt Vand fra ringe Dybde, medens man i en Dal tæt ved Siden af, med en langt dybere Brønd kun faar meget lidt eller slet intet Vand.

Selv om der i saadanne Egne foretages dybe Boringer, vil disse dog ikke sjældent modtage Vandet fra et af Istidens dybtliggende Grus- og Sandlag og ikke trænge ned til den ældre Undergrund, især hvor denne ligger i stor Dybde under Jordoverfladen.

Vi har altsaa set, at de vandførende Lag af Grus og Sand fra Istiden kan ligge baade regelmæssigt og uregelmæssigt indlejrede mellem vandstandsene Lerlag. Deres

vedvarende Vandføring afhænger imidlertid stærkt af den Lethed, hvormed der kan blive dem tilført Vand som Erstatning for de Vandmængder, de ved Brønde og Boringer eller paa anden Maade bliver tømte for. Er det et Lag med stor Fladeudstrækning og med rigelig Tilførsel, da kan et saadant Vandlag være praktisk talt udtømmeligt. Er det derimod et Lag, der har ringe Udstrækning, og som overalt er omgivet af vandstandsende Lag, der kun tillader en meget langsom og sparsom Tilførsel af Vand, da vil Laget maaske kun en kort Tid kunne afgive saa store Vandmængder, som det kunde formodes, første Gang der blev taget Vand derfra. Standser man en Boring ved et saadant, vandførende Istidsgruslag, maa man derfor altid ved gentagne Prøvepumpninger overbevise sig om, at Laget ikke blot i Øjeblikket indeholder tilstrækkelig meget Vand, men at dets Vandføring ogsaa kan holde sig.

Tertiærtidens Aflejringer.

Forud for Istiden gik en lang geologisk Periode, under hvilken der opstod en stor Mængde, dels kalkfattige Aflejringer af Ler og Sand, dels kalkrige Mergellag, paa det Sted, hvor Danmark nu ligger. Nogle af disse Lag f. Eks. det saakaldte „plastiske Ler“ er rimeligvis afsatte i temmelig dybt Vand, andre er afsatte i grundere Vand, saaledes Glimmerleret og Glimmersandet; og de Brunkullag, som findes deri, er endog opstaaede paa Land i Fordybninger i Lighed med de nuværende Tørvemoser. Under den største Del af denne Periode var det nuværende Danmarks Omraade dækket af et Hav, hvori maaske enkelte, spredte Dele ragede op som Landjord.

Glimmersand og Glimmerler.

De yngste af det tertiære Havs Aflejringer er Glimmersandet og Glimmerleret, der nu danner Undergrunden for Istidens Lag i den største Del af Jydland, nemlig Syd for en



Glimmersand med Brunkul, dækket af Istidssand. Salten Aa Dal. (A. Jessen).

Linie fra Thy over Salling til Aarhus, saaledes som det vil ses af Kortet. Det, der navnlig giver dem deres Særpræg, er den store Mængde lyse Glimmerskæl, de indeholder. Sandet bestaar iøvrigt langt overvejende af Kvartskorn, medens Feldspatkorn er temmelig sjældne. Leret er magert og ofte mørkt farvet af fint fordelt Svovljærn og Kulstøv. Af de to Dannelser er Glimmersandet den almindeligste; som tykke sammenhængende Lag er Glimmerleret kendt fra mange jyske Teglværker, men de to Dannelser følges meget ofte ad som stærkt skiftende Lag, der er mere eller mindre vandførende, eftersom det er Sandet eller Leret, der danner Hovedmassen. Paa flere Steder giver de Anledning til Fremkomst af Kilder; og hvor Istidslagene kun har ringe Tykkelse, saaledes som det ofte er Tilfældet paa Hedesletterne og andre Steder i Jydland, staar de almindelige Brønde ikke sjældent i Lag af Glimmersand og Glimmerler. Billedet Tavle X viser, hvorledes Glimmersand med Brunkul ligger som meget regelmæssige Lag, dækkede af Aflejringer fra Istiden.

Paa flere Steder er der foretaget dybe Boringer ned i eller ned igennem disse Lag, og det har derved vist sig, at de ofte er af meget betydelig Mægtighed og strækker sig ned til Dybder af flere Hundrede Fod under Jordoverfladen.

Da Indlandsisen fra Skandinavien skød sig ud over Danmark og det nordtyske Lavland, var det især saadanne løse Dannelser som Glimmersand og Glimmerler, der maatte blive Genstand for den Forstyrrelse, Is og Smeltevand øvede ved Gennempløjning og Søndermaling af Undergrunden. Deres oprindelige Overflade er derfor sædvanlig forsvundet, Lagene er bleven gennemfurede af Isen og ofte med større eller mindre Fuldstændighed blandede ind i de Lag, Isen senere afsatte.

Plastisk Ler og Kertemindeler.

Under de udstrakte Lag af Glimmersand og Glimmerler finder man en meget tæt, overordentlig vandstandsende Ler-

art, det plastiske Ler. Det strækker sig desuden noget videre mod Nord og Øst end Glimmersandet og Glimmerleret og dækkes her direkte af Istidsdannelser. I Jydland gaar Nordgrænsen for det plastiske Ler omtrent fra Skive over Hobro og Æbeltoft til Sejro NV. f. Sjælland. Ligeledes forekommer det i den sydvestlige Del af Fyn og den sydlige Del af Langeland og Laaland.

Det plastiske Ler er den mest finkornede Lerart, vi har. Bliver det gennemtrukket med Vand, har dette meget vanskeligt ved atter at svinde bort. Derimod udbløder det Leret og ligesom løsner dettes umaadelig fine Dele fra hinanden. Hvor det vandfyldte Ler derfor kan faa Lejlighed dertil, deler det sig, glider ud og danner Skred, saaledes som det kendes fra mange Kyster, hvor det plastiske Ler optræder, f. Eks. Røgle Klint, Trældenæs, Helgenæs, Røsnæs o. fl. St. Billedet Tavle XI viser en Væg i saadant udskridende, plastisk Ler ved Røgle Klint, NØ. f. Strib.

Leret kan være meget forskelligt farvet, graat eller grønt, gult, rødt eller blaat. Ved Tørring bliver Farven sædvanlig noget blegere og mindre udpræget end medens Leret er vaadt. I tør Tilstand er Leret meget stift og haardt.

Hvor det plastiske Ler træder frem i Kystklinter, ligger det ofte som forstyrrede, kantstillede Lag som Følge af Skred og Forskydninger, der er foregaaede i Leret, dels under Istiden, dels efter denne. De oprindelige Lag har mange Steder en Mægtighed paa 100 m og derover. Da det er meget stærkt vandstandsende og aldrig indeholder Sandlag, maa Boringer, som føres ned deri, sædvanlig føres igennem hele Laget, inden man naar Vand. De Boringer, der gaar ned i det plastiske Ler, er derfor ofte meget dybe. Dertil bidrager ogsaa, at dette mange Steder (om ikke altid) hviler paa en anden vandstandsende Lerart fra Tertiærtiden, det saakaldte Kertemindeler.

Kertemindeleret er kun truffet et Sted, hvor det



Væg i udskridende Plastisk Ler. Røgle Klint NO. f. Strib
(K. J. V. Steenstrup).

kan iagttages direkte, nemlig i en Klint ud mod Stranden lidt Sydøst for Kerteminde. Men det kendes desuden fra mange Boringer, dels paa Steder, hvor det ligger neden under plastisk Ler, dels paa Steder, hvor det plastiske Ler mangler, saa at Kertemindeleret er umiddelbart dækket af Istidslag. Dette er Tilfældet i den nordlige og midterste Del af Fyn samt i en stor Del af Vest- og Midtsjælland.

Kertemindeleret er i vaad Tilstand mørkegraat, men er lyst graat, naar det er tørt. Medens det plastiske Ler er meget kalkfattigt eller endog ganske kalkfrit, indeholder Kertemindeleret en Del Kalk. Det følger ofte direkte efter det plastiske Ler nedad i Jorden og kan være næsten lige saa fint som dette og ganske uden Sandlag. Undertiden kan der dog dybt nede i Kertemindeleret findes haarde Lag, vekslende med de bløde Lerlag, og der dannes herved en Overgang til det næste Jordlag, der skal omtales.

Grønsandskalk.

Naar man kommer ned igennem det bløde, graa Ler, træffer man en haard Kalksten af næsten ganske samme Farve som Leret. Ved Tørring bliver den lysegraa ligesom Leret og cementagtig af Udseende. Det er den samme Stenart, som findes i Brinkerne ved Kjøge Aa ved Lellinge, og som kaldes Grønsandskalk. I Modsætning til Leret er Grønsandskalken vandførende, paa sine Steder i temmelig høj Grad.

Udenfor det Omraade, hvor Grønsandskalken dækkes af Kertemindeler, kendes den kun fra en begrænset Del af Sjælland, saaledes som det fremgaar af Kortet. Den naar her op til en ikke ringe Højde over Havet, særlig i Eggen omkring Tune ved Roskilde, men ogsaa paa Strækningen fra Haslev og Nord paa. Der er her paa mangfoldige Steder boret ned til den for at faa Vand; den ligger sjældent mere

end 30—35 m under Jordoverfladen og er dækket af Istidslag. Mod Vest ved Ringsted skyder den sig ind under mægtige Lag af det graa Kertemindeler.

Med Grønsandskalken er det ældste og nederste af Tertiærtidens Lag naaet. Disse strækker sig over mere end Halvdelen af Danmarks Landomraade og har stor Betydning for Landets Vandforsyningsforhold. En betydelig Del af dem, nemlig baade det plastiske Ler, Kertemindeleret og til Dels Glimmerleret er ikke vandførende. Da de tilmed ofte har en meget stor og stærkt varierende Mægtighed, er disse Lag ikke velsete, hvor det er nødvendigt at bore ned igennem dem for at skaffe en Vandforsyning til Veje.

Kridttidens Aflejringer.

Nyere Kridt.

Limsten. — Blegekridt. — Saltholmskalk. — Breccielag. — Stenarternes Beskaffenhed og Udbredelse. — Faxekalk.

Den ældste af Tertiærtidens Aflejringer, Grønsandskalken gaar jævnt og uden Afbrydelse i den geologiske Rækkefølge over i den yngste af Kridttidens Aflejringer, det Nyere Kridt. Med dette Navn betegner man en Række Kalkstensarter, der er af noget ulige Beskaffenhed, og som forholder sig forskelligt overfor Vandføringen.

Stenarter, der hører til det Nyere Kridt, kan man vente at støde paa omtrent overalt, hvor man borer ned igennem de tertiære Aflejringer, der er omtalte i det foregaaende. Da disse Aflejringer sædvanlig har en anselig Mægtighed, vil man dog her først naa det Nyere Kridt i stor Dybde under Jordoverfladen. Udenfor Tertiærlagenes Omraade dækkes det direkte af Istidslag. Af det medfølgende Kort vil man se, at dette er Tilfældet paa en Strækning tværs over Jydland fra

Thy til Grenaa samt nogle Steder mellem Viborg og Holstebro, en Strækning i den østlige Del af Fyn, hele Nordsjælland og en stor Del af Sydsjælland langs Randen af Tertiærlagene.

De vigtigste af det Nyere Kridts Stenarter er Limsten, Blegeskridt, Saltholmskalk og Faxekalk. Deraf er det kun de tre første, der har nogen videre Udbredelse.

Limstenen er en gullig, fast Kalksten, der let suger Vand. Den er i Hovedsagen sammensat af en utallig Mængde mosagtigt stænglede Kalkdele, Resterne af ganske smaa Kolonidyr, der kaldes Mosdyr eller Bryozoa. Disse Dyr levede i det Hav, hvori Limstenen dannedes derved, at Dyrenes Skaller sank til Bunds, fyldtes mere eller mindre med Slam og hærtnede til Sten. Man kalder ogsaa denne Kalksten Bryozokalk, som Følge af den store Mængde Bryozostængler, den indeholder. Bores der med den almindelige Skilleboring ned i Limsten og denne sønderhugges af Mejslen, da vil de fine Kalkdele, der pumpes op, gøre Kredsløbet rundt med Skillevandet, som derved bliver mælkehvidt. De sønderhuggede Bryozostængler, der ser ud som smaa, fine Rørstumper, falder derimod til Bunds i Slamkarret og kan let opsamles.

Til det mest karakteristiske for Limstenen (og Saltholmskalken) hører de talrige Flintlag, som findes deri. Tavle XII giver et Billede af, hvorledes Flinten ligger i Limstenen i Stevns Klint. Den danner faste, sammenhængende Lag med en Tykkelse af indtil 1 Fod. Lagene har en indbyrdes Afstand af $\frac{1}{2}$ —3 Fod og strækker sig som vandrette eller svagt buede Plader igennem hele Kalkmassen. Hvor som helst man støder paa Limsten og Saltholmskalk, kan man være sikker paa at møde saadanne tætliggende, faste Flintplader. Det Nyere Kridts Flint er sædvanlig af graa Farve.

I Mellemrummene mellem de grenede og sønderbrudte Bryozostængler og de andre Dyreskaller, som findes i Kalken,

har der afsat sig Kalkslam, uden at dette helt har fyldt Hulrummene, saa at Stenen blev tæt og uigennemtrængelig for Vand. Limstenen er dog ikke vandførende blot paa Grund af de Porer, den saaledes indeholder, men ogsaa fordi den indeholder en Del Revner og Sprækker. Sædvanlig er de kun smaa og snævre, og de findes især i de øverste Partier af Kalken.

Blegekridtet er af mere løs Beskaffenhed end Limstenen og sammensat af mere finkornede Bestanddele. Det ligner Skrivekridtet en Del og er afsmittende som dette, men er dog grovere og ligesom sandet at føle paa. Det er gulligt eller graaligt af Farve. Flinten ligger pladeformigt paa samme Maade som i Limstenen, men forekommer ikke slet saa rigelig som der. Medens Limstenen væsentlig bestaar af Bryozostumper, er Blegekridtets Hovedbestanddel Kalkskaller af de langt mindre Foraminiferer og Kokkoliter (Slimdyr og Alger). Da de fine Mellemrum mellem Kalkkornene heller ikke er udfyldte i Blegekridtet, hører det ligesom Limstenen til de vandførende Stenarter. Der findes imidlertid Overgange fra Blegekridtet baade til den grovere Limsten og til de ganske tætte Kalksten, hvor Poremellemrummene efterhaanden er bleven udfyldte med Kalk, afsat af det gennemsivende Vand.

Den tredie Kalksten, som hører til det Nyere Kridt, er den, der gaar under Navn af Saltholmskalk. Det er en fast, tæt, klingende Kalksten, der er opstaaet af Limsten, Blegekridt og Overgangsled imellem disse derved, at disse Kalkstenes Porer og Hulrum er bleven tættede med Kalk, der udfældedes af Vandet, som passerede igennem dem, og som lidt efter lidt spærrede Vejen for sig selv. Den tætte, omdannede Kalksten ligger ofte som Lag, der veksler med ikke-omdannede Lag af den Kalkstensart, den er opstaaet af. Er Omdannelsen og Hærddningen derimod foregaaet fuldstændig og ligeligt igennem Lagene, kan hele



Limsten med Flintlag. Stevns Klint, O. f. L. Hedinge.

Kalkmassen udgøres af Saltholmskalk. Da det dels er Limsten, dels Blegekridt, der danner Grundlaget for Saltholmskalken, kan denne være af forskellig Grovhed. Flinten danner sammenhængende Lag, hyppig af betydelig Mægtighed i Forhold til Kalkmassen, hvorfor Saltholmskalken kan være meget vanskelig at trænge igennem ved Boring.

Paa Grund af sin Tæthed er Saltholmskalken ikke i sig selv vandførende, men den indeholder en stor Mængde fine Revner, hvorigennem Vandet mere eller mindre let baner sig Vej.

Hvor Limstenen og Saltholmskalken danner det umiddelbare Underlag for Istidens Aflejringer, er deres øverste Lag ofte omdannede paa en særegen Maade, hvorved de er bleven stærkt vandførende. Idet nemlig Isen med sine indblandede Jord- og Stenmasser skurede hen over Kalken, blev dennes øverste Dele under det voldsomme Tryk knuste til uregelmæssige, kantede Brudstykker. En Del af Brudstykkerne førtes ind i Isens Morænemateriale og transporteredes bort; de mistede samtidig de skarpe Kanter og omdannedes til afrundede Rullesten. Af de Kalkstykker derimod, som kun fjærnedes ubetydeligt fra deres oprindelige, faste Leje, og som beholdt den kantede Form, opstod der et Lag paa Grænsen mellem den faste Kalksten og Istidslagene. Dette Lag, der saaledes er dannet af en overordentlig stor Mængde, smaa og store, kantede Brokker kaldes i den geologiske Sprogbrug et Breccie-Lag. I daglig Tale kaldes dette brokkede Kalklag for Makkel.

Rummene mellem Kalkbrokkerne blev hist og her delvis udfyldte med Grus og Ler samt Stoffer, der udskiltes af Vandet, som strømmede derigennem. De fleste Mellemrum forblev dog delvis aabne og danner derved en fortrinlig Vej for Vandets Træk igennem Laget.

Fra Breccielaget til den underliggende faste Kalksten er

der ofte en gradvis og jævn Overgang, idet Kalken og Flinten længere nedad i ringere og ringere Grad led Forstyrrelse under Isens Tryk. Selv om de knustes, blev Brudstykkerne liggende i den oprindelige Stilling uden at undergaa nogen Forflytning.

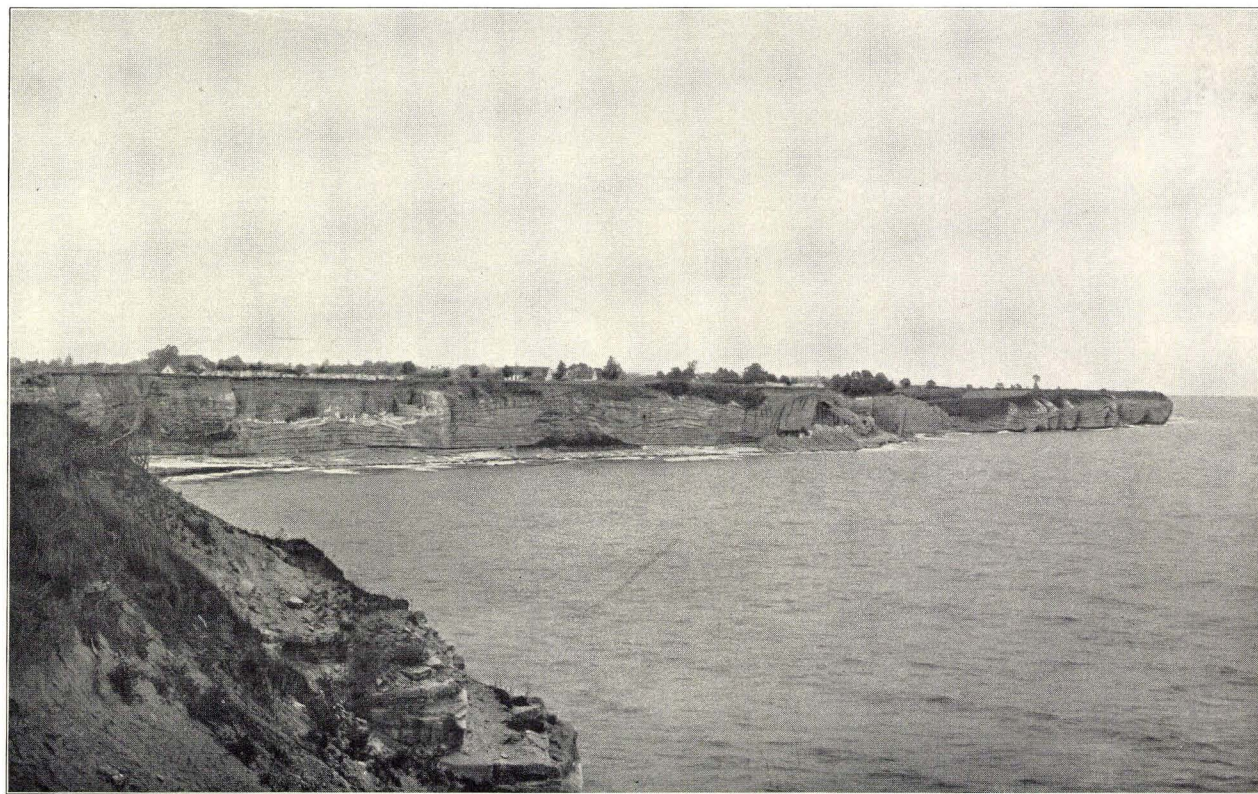
Hvad angaar Udbredelsen af de tre omtalte Kalkstensarter, træffes Limstenen navnlig i Sydsjælland. Det er den, der danner det øverste Kalklag ved Stevns Klint, hvor man paa en Strækning af mere end 2 Mil har udmærket Lejlighed til at iagttage den med dens talrige Flintlag. Den gaar sædvanlig under Navn af „Klintlaget“, ogsaa hvor den inde i Landet træffes ved Gravning af Brønde. Navnlig den sydlige Del af Klinten bestaar væsentlig af Limsten, der her paa sine Steder naar lige fra Klintens Top til Vand-skorpen, saaledes Sydøst for Lille Hedinge, se Billedet Tavle XIII. Limsten forekommer ligeledes paa Fyn og danner for en Del Kalkundergrunden i det nordvestlige Jydland, Hanherrederne og Thy samt i en Del af Himmerland.

Saltholmskalken findes mellem Kjøbenhavn og Kjøge og ligger her temmelig højt i Jorden. Den har sin Hovedudbredelse i den nordlige Halvdel af Sjælland og findes i Jydland navnlig i Egnen omkring Grenaa, hvor den paa flere Steder danner stejle Klinter ud imod Kattegat.

Blegekridtet har sin væsentligste Udbredelse i Jydland, Syd og Vest for Limstenen og Saltholmskalken; den danner Undergrunden ved Randers, i en Del af Himmerland, i Salling og paa Mors, og det er ligeledes den, der brydes i de forskellige Kalkbrud mellem Viborg og Holstebro.

De tre Slags Kalksten griber dog, som sagt, paa mange Steder stærkt ind i hinanden og glider derfor ogsaa over i hverandre med Hensyn til Udbredelsen.

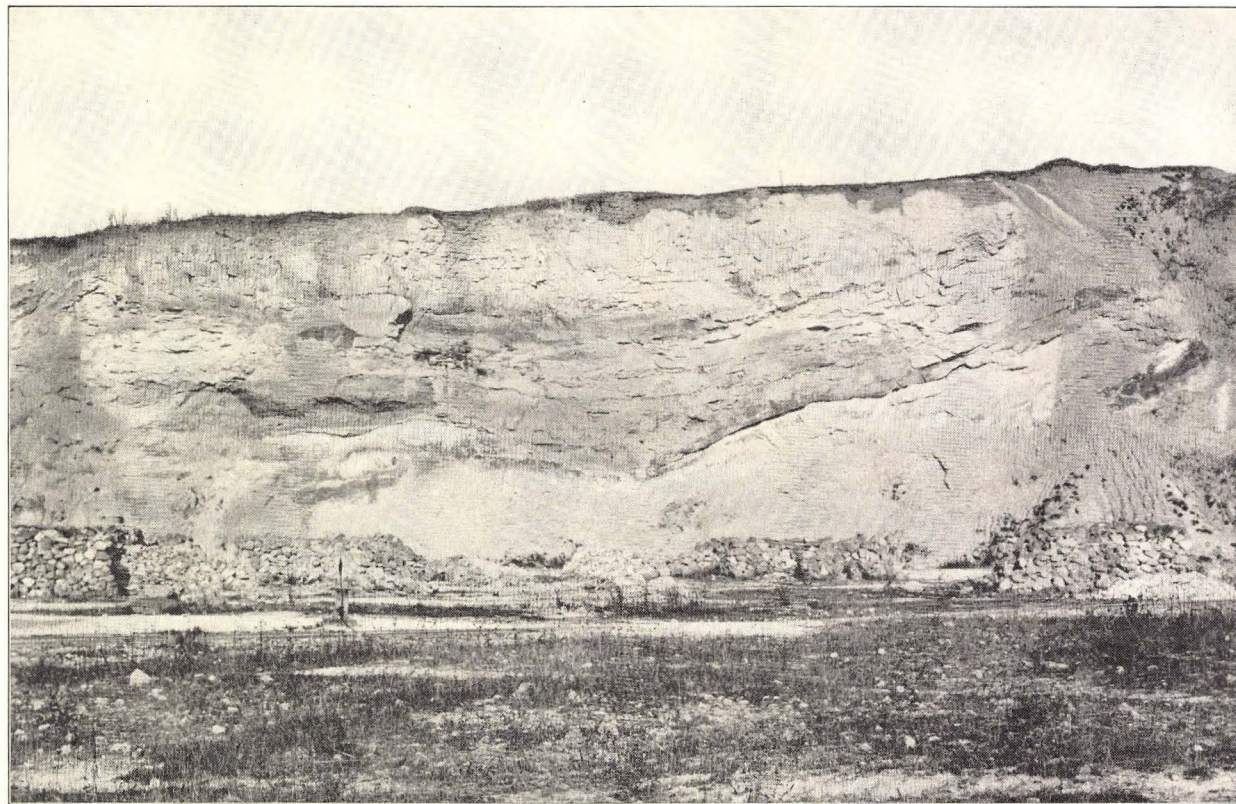
Den fjerde af de Kalkstensarter, der hører til det Nyere Kridt, er Koralkalk. Den kendes kun fra et eneste Sted i Danmark, nemlig Faxe, og gaar derfor under Navnet Faxe-



Limstensklint. Stevns Klint, SØ. f. L. Hedinge.



Koralkalk med hældende Bænkning. Faxe.



Lag af Bryozokalk i en Hulning i Faxekalk. Faxe.

kalk. Den bestaar i sin oprindeligste Tilstand af et sammenfiltret Virvar af Koraltængler, hvorimellem der ligger Skaller af Havdyr, som levede omkring og paa Koralkbanken: Muslinger, Snegle, Krebsdyr og andre. I denne Form er Kalken særdeles aaben og hører til de mest vandførende af vore Jordlag. Dette viser sig blandt andet derved, at der aldrig staar Vand i Kalkbruddet i Faxe, som er højtliggende i Forhold til Omgivelserne. Kan en Vandpyt ikke helt forsvinde af sig selv ned igennem Kalken, vil man dog let kunne fjerne den ved med en Stang at bore et Hul i dens Bund. — Ved den største Del af Kalken er Mellemrummene mellem Koraltænglerne delvis eller helt udfyldte med hærdenet Kalkslam, og der er derved opstaaet dels den almindelige, pibede Faxekalk, dels den helt tætte, saakaldte Faxe Marmor.

Faxekalken er i høj Grad uregelmæssig i sin indre Beskaffenhed, og den er ikke mindre uregelmæssig ved den Maade, hvorpaa den ligger i Jorden. Den har ingen Flintlag og ingen Lagdeling, men tager sig ud som en uordnet Hob, saaledes som det ses af Billedet Tavle XIV. Hist og her ligger Kalken som stærkt hældende Bænke (se ogsaa Billedet), der dog hverken optræder med nogen Regelmæssighed eller er meget fremtrædende.

Som indesluttede Partier i Koralkalken finder man Bryozokalk med Flintlag ligesom Limstenens. Den ligner paa sine Steder ganske Limstenen, men er paa andre Steder mere løs, ja undertiden ganske hensmuldrende. Ligesom Koralkalken er den stærkt vandførende. Billedet Tavle XV viser saadanne Lag af Bryozokalk med Flintlag, liggende i en Huling i Koralkalken.

Faxekalken har rimeligvis ikke nogen nævneværdig Udstrækning udenfor Faxe Bakke. Om dens Underlag udgøres af Skrivekridt eller af Stenarter, som hører til det Nyere Kridt, ved man ikke med Bestemthed.

Skrivekridt.

Naar man gaar langs Stevns Klint, vil man se, hvorledes Limstenen paa denne lange Strækning er skilt fra sit Underlag ved en meget skarp Linie. Under denne Linie har man et ca. $\frac{1}{2}$ m tykt Lag af en brokket, gennemhullet Kalksten, der nedadtil dels gaar jævnt og umærkeligt over i det underliggende Skrivekridt, dels er skilt derfra ved et ganske tyndt Lerlag. Den nederste Del af Klinten udgøres næsten helt og holdent af Skrivekridt, (der et enkelt Sted hæver sig til en Højde af 28 m over Havet, men i Almindelighed ligger mellem 0 m og 20 m over Havet), saaledes som det kan ses af Billedet Tavle XVI, der viser et Parti Sydvest for Højerup. Paa korte Strækninger længere mod Sydvest sænker Skrivekridtet sig helt ned under Havfladen (Tavle XIII).

Som det er Tilfældet i Stevns, paa Mors og andre Steder, maa Forholdet ogsaa antages at være over hele Danmark, at det Nyere Kridt hviler paa Skrivekridt. Dette er det dybeste af de Lag, som i Almindelighed spiller nogen Rolle med Hensyn til Spørgsmaalet om Vandforsyning. Skrivekridtet har nemlig en saa stor Mægtighed, over 1000 Fod, at man kun i meget sjældne Tilfælde vil gaa ned derigennem med en Boring, der foretages med Vandforsyning som Formaal.

Skrivekridtet er en meget finkornet, blød, afsmittende Kalksten, der næsten udelukkende bestaar af Rester efter de uhyre smaa Alger, Kokkoliter, hvoraf ogsaa Blegekridtet indeholder en stor Mængde. Medens det for Limstenen er saa karakteristisk, at den har sine mange, tætliggende og pladeformede Flintlag, er Forholdet et andet for Skrivekridtet. Flinten ligger ganske vist ogsaa her som oftest i Lag, der sædvanlig har en Tykkelse af henved 1 Fod, men Lagene bestaar af Boller og knudede Klumper, der paa uregel-



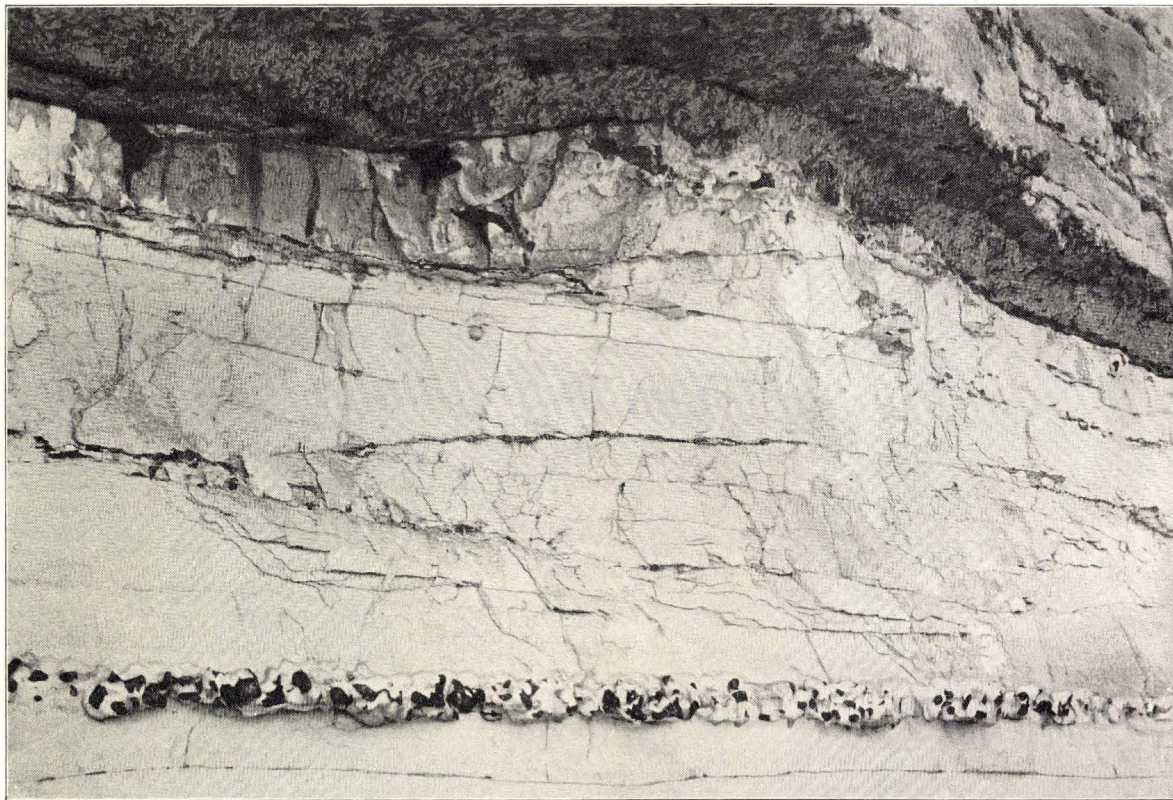
Skrivekridt dækket af Limsten. Stevns Klint, SV. f. Højerup.

mæssig Maade er forbundne med hverandre ved Flintstængler. Et saadant Flintlag i Skrivekridt ses paa Afbildningen Tavle XVII. Flinten er ganske sort, og dens blanke, muslede Brudflader træder ofte stærkt frem som Modsætning til det skinnende hvide Skrivekridt. Flintlagene af denne Art har en indbyrdes Afstand af 2—3 m, altsaa langt større end Limstenens Flintlag. Foruden Lagene af Flintboller indeholder Skrivekridtet, især i de øverste Lag, nogle tynde, pladeformede Flintlag, der er opstaaede i Spalter og afsatte af gennemsivende Vand. Disse tynde Lag af Pladeflint hælder ofte stærkt og har ringe Udstrækning, medens Lagene af Knudeflint sædvanlig ligger saa at sige ganske horizontalt, saaledes at enkelte af dem kan følges igennem næsten hele Klinten.

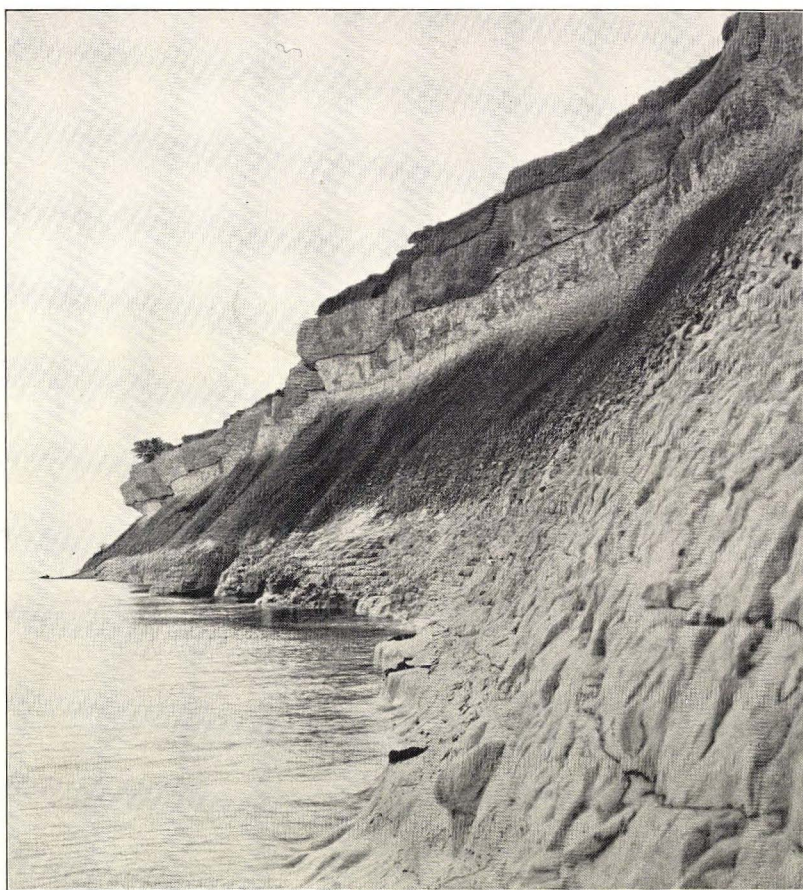
Da Skrivekridtet er saa finkornet, er det i sig selv stærkt vandstandsende. Det er dog ofte gennemsat af større og mindre Spalter, der dels ligger vandret og derved angiver en vis Bænkning i Kridtet, dels hælder under meget forskellige Vinkler. Kridtet kan paa enkelte Steder have en ikke helt ubetydelig Vandføringsevne som Følge af disse Spalter. I Stevns Klint har man Lejlighed til at se dette ved de saakaldte „Grædere“, hvoraf Tavle XVIII giver et Billede. Vandet strømmer her bestandig ud gennem de snævre Spalter og siver ned over Kridtoverfladen. Paa de Steder, hvor Græderne findes, er Forstranden meget smal, eller Kridtet gaar endog som en Brink lige ud i Vandet aldeles uden nogen Forstrand, idet Kridtfoden bliver bortvasket af det nedsivende Vand.

Forholdene i Stevns Klint giver et fortrinligt Billede af, hvorledes Skrivekridtet med sit Dække af yngre Lag ligger i Jorden, naar det ingen forstyrrende Omvæltninger er undergaaet. Andre Steder optræder Kridtet derimod som stærkt forstyrrede Lag, der mere eller mindre fuldstændig er revne ud af deres faste Forbindelse med den Undergrund, hvor de

oprindelig havde deres Plads. Et af de smukkeste Eksempler paa saadanne forstyrrede Kridtlag har man ved Møens Klint, hvor Lagene ofte er væltede om paa Kant paa en tilsyneladende tilfældig Maade. Hvorvidt Omvæltningerne ved Møens Klint skyldes Forskydninger i Jordskorpen selv eller er fremgaaede af Tryk fra Indlandsisen, kan næppe siges at være fuldstændig afgjort. Paa flere andre Steder er det derimod utvivlsomt Isen, der har pløjet ned i den bløde Kridtmasse og revet Flager med, som den har ført bort og atter aflejret sammen med sit øvrige Indhold. Saadanne Kridtpartier ligger ofte som Klumper i Istidslagene uden mindste Forbindelse med den faste Undergrund dybere ned i Jorden. At naa ned til Kridtlag af denne Art har derfor langt fra samme Betydning som at naa det faststaaende Kridt, hvis det gælder om at afgøre, hvorvidt en Boring efter Vand kan føre til noget heldigt Resultat eller ej.



Flintlag i Skrivekridt. Stevns Klint, Ø. f L. Hedinge.



»Græder« i spalteførende Skrivekridt. Stevns Klint, Ø. f. Holtug.

Grundvandets Beliggenhed og Bevægelse i Jorden.

Det almindelige Grundvand.

Som det vistes i Afsnittet om Grundvandets Opstaaen, drages Regnvandet ved Haarrørskraften og Tyngden ned igennem de øverste Jordlag, hvis Porer delvis er fyldte med Vand, delvis med Luft. Naar Vandet er trængt ned til den Dybde i Jorden, hvor alle Porerne er helt fyldte med Vand, siger man, at Grundvandet begynder. Den Flade, der danner Grænsen for Grundvandet, kaldes Grundvandspejlet. I selve Jordlagene er denne Grænse ikke meget skarp. Den kan baade veksle efter den Lethed, hvormed Jorden lader Vandet trænge igennem sig, og efter den Styrke, hvormed Porerne suger Vandet til sig. Tillige er Jorden lige oven over Grundvandspejlet ofte saa nær fyldt med Vand, at Grænsen mellem Grundvandet og Haarrørsvandet langt fra er skarp, men at Overgangen fra det ene til det andet tværtimod er meget jævn. Hvor Grundvandspejlet ligger, kan man imidlertid faa at se, naar man borer eller graver en Brønd ned i tilstrækkelig Dybde og sørger for, at der er umiddelbar og let Forbindelse mellem Brønden og den omgivende Jord. Naar der fra en saadan Brønd ikke borttages Vand, og naar den beskyttes mod Tilførsel fra oven, da vil dens Vandspejl

næsten ganske falde sammen med Jordens Grundvandspejl, naar dette i længere Tid har holdt sig uforandret. Er Grundvandstanden stærkt stigende som Følge af rigelig Nedbør, da vil Brøndens Vandspejl vise for lav Vandstand, idet Jorden først efterhaanden afgiver sit Overskud af Vand til Brønden. Er Grundvandstanden derimod synkende paa Grund af stærk Tørke med livlig Fordampning og den deraf følgende Opsugning ved Haarrørskraften, da kan Brønden vise lidt for høj Vandstand, fordi den først lidt efter lidt afgiver Vandet til den omgivende Jord. Jo mere vandstandsende Jordlaget er, des større kan Forskellen blive mellem Brøndens Vandstand og Grundvandstanden i Jorden, medens den i meget aabne Jordarter kan være næsten umærkelig.

Grundvandstandens Vekslen. Den Højde, hvortil Grundvandet i Jorden naar, er ikke til enhver Tid den samme. Grundvandstanden stiger ved Tilførsel af Vand fra oven ved Nedbøren, og synker, naar Haarrørskraften suger Fugtighed op mod Jordoverfladen. Vekslingen i Grundvandstanden iagttages bedst i Brønde, der bores eller graves med saadanne Iagttagelser for Øje, og hvis Vandstand lades urørt. Grundvandets vekslende Stand er imidlertid ogsaa velkendt fra de almindelige „Jordbrønde“, hvor Vandet til visse Tider, navnlig om Vinteren og Foraaret kan staa næsten til Overkanten af Brønden, medens det efter en lang Sommertørke kan synke mange Alen under Jordoverfladen. Selv i Løbet af kort Tid kan Vekslingen i Vandstand beløbe sig til flere Fod og er størst, hvor de Jordlag, der omgiver Brønden, kun har ringe Vandføringsevne, saa at den forøgede Vandmængde kun langsomt kan slippe bort ved Afløb ud til Siden til Kilder og Overfladevandløb.

Grundvandstandens Vekslen kan ogsaa ses af den forskellige Vandstand i Søer og Vandhuller, som ikke har Afløb. Medens Grundvandspejlet nemlig i Almindelighed ligger under Jordoverfladen, saa træder det i Søerne frem i Dagen og

ligger over Jordoverfladen. Grundvandets underjordiske Vandspejl og Søernes Vandspejl staar i nøje Forbindelse med hinanden. Naar Grundvandstanden synker, vil Søens Vandstand synke og omvendt. Men der er desforuden andre Forhold, der indvirker paa Søernes Vandstand, saasom paa den ene Side Vandtilløb fra Jordoverfladen samt direkte Tilgang ved Nedbør, og paa den anden Side Sænkning af Vandspejlet ved Fordampning.

De Søer, der har Afløb eller Gennemløb, kan ogsaa til en vis Grad vise Grundvandstandens Variation, ligesom denne kan ses af de snart tørre, snart oversvømmede Engstrækninger langs Aaer og Vandløb. Man faar dog her et langt mindre paalideligt Udtryk for Grundvandstanden og dennes Vekslen end ved de afløbsfri Søer. Vandstanden i Enge og Søer med Gennemløb er nemlig afhængig baade af Tilløbsforhold og Afløbsforhold, som er den tilstødende Jords Grundvandstand aldeles uvedkommende.

Overfladens Vandløb kan omvendt indvirke paa Grundvandstanden baade ved at sænke og ved at hæve denne. En Sænkning af Grundvandstanden følger af al forbedret Vandafløb, saasom Regulering af Aaer, Uddybning og Gravning af Grøfter, og i det hele alt det, der gaar ud paa at fjerne skadeligt og overflødigt Vand. I samme Retning virker Tørlægning af Fjorde og Søer. Den Sænkning af det aabne Vandspejl, der følger af saadanne Arbejder, udøver atter en Virkning paa Vandet i de tilstødende Jordlag. Der opstaar et stærkere Fald og indtræder en Art Sugning, som virker hen til at sænke Grundvandstanden. Denne Virkning bliver yderligere forøget ved, at hvad der til Tider findes af overflødigt Vand i Jorden selv, ved Dræning sættes i Stand til lettere at søge sig Vej ud af Jorden til de fri Vandafløb, endnu forinden det er naaet ned til Grundvandet. Da gode Afløbsforhold for Vandet er en Hovedbetingelse for alt fremskredent Landbrug, saa er Grundvandstanden i Jorden — som en Følge af Bestræbelserne hen derimod — sænket ikke ube-

tydeligt i Tidernes Løb. Dette viser sig blandt meget andet ogsaa deri, at Brønde, som tidligere var jævnt velforsynede med Vand, i nyere Tid Gang paa Gang har maattet graves dybere for at kunne tjene som Vandbeholdere. (Ofte er det selvfølgelig ogsaa det stigende Krav til Vandforbruget, der har gjort en Uddybning af Brøndene nødvendig).

Medens det saaledes er meget almindeligt, at Arbejder, der udføres som Følge af de menneskelige Fremskridt, ledsages af en Sænkning af Jordens Grundvandstand, saa er der omvendt ogsaa Arbejder, der bevirker en Hævning af Vandstanden i Jorden. Dette kan f. Eks. være Tilfældet ved Anlæg af Vandmøller og Fabriker, der benytter Vandløbene som Drivkraft. Dammene, der her anlægges, modvirker Grundvandets Afløb ved at skabe et ringere Fald og bevirke en Art Opstemning af Vandet, der staar i Jorden. De kunstige Vandingskanaler, der tjener til at forbedre Jorden ved Overrisling, hvorved Vandets Afløb forsinkes, bevirker ligeledes en Hævning af Grundvandstanden i den omliggende Jord.

Grundvandspejlets Beliggenhed og Vandstanden i Brønde. Uden Hensyn til den Variation, som Grundvandstanden er underkastet paa det enkelte Sted, kan Grundvandspejlets Afstand fra Jordoverfladen være meget forskellig selv for hinanden nærliggende Steder. Den Form, Grundvandspejlet indtager, er afhængig af flere Forhold, hvoraf de vigtigste er Jordlagenes Vandføringsevne og Jordoverfladens Form. Havde man et Jordlag, der var saa stærkt vandførende, at Regnen paa sin Vej ned igennem det saa at sige ingen Modstand mødte, da vilde Vandet fortsætte sit Løb ned i Jorden, indtil det mødte et vandstandsende Lag. Det vilde der stille sig i Forhold til dette Lag paa samme Maade som Overfladevandet stiller sig overfor Jordoverfladen. Ligesom Vandet paa Jordoverfladen under sin Bevægelse maa rette sig efter Overfladens Form og Fald, saaledes maatte Grundvandet i dette Tilfælde rette sig efter det vandstandsende

Jordlags Form og Hældning. Saa let vil Vandet dog kun i meget sjældne Tilfælde bevæge sig igennem Jorden, navnlig ikke ved Jordlag af den Art, som forekommer i Danmark. Disse vil overalt volde Vandet et vist Besvær med at bane sig Vej. Med flad Mark og ensartede Jordbundsforhold vil Vandspejlet stille sig omtrent parallelt med Jordoverfladen. I bakket Landskab med en Jordbund af uens Beskaffenhed vil der foregaa Vandbevægelse med forskellig Hastighed og i forskellig Retning: nedad og til Siden. Vandet vil et Sted staa tættere ved Jordoverfladen, et andet Sted stille sig dybere under denne. Den Form, Grundvandspejlet antager, vil derfor være en Flade, som delvis afspejler Jordoverfladens Form, men som dog ogsaa kan afvige stærkt fra denne paa Grund af de Forhold inde i Jorden, som er med til at bestemme Formen. En saadan Afvigelse ses f. Eks. af Tegningen Fig. 2.

Det er nævnt tidligere (Side 39), at den Vandstand, en almindelig Brønd viser, som er gravet nogle Alen ned i Jorden, paa samme Tid viser Grundvandstanden i den omgivende Jord og omtrent falder sammen med denne, naar Brønden overlades til sig selv. Dette er dog ikke altid Tilfældet, ja undertiden er Forholdet endog et ganske andet. Lad os til Belysning heraf benytte Tegningen Fig. 2.

De skraverede Partier, *mm*, betegner her Lag, f. Eks. af Moræneler, som ikke er ganske uigennemtrængelige for Vand, men dog kun meget lidt vandførende. Det øvre Lags Underkant er paa Figuren betegnet ved Linien *c-c*, der skiller Laget fra det underliggende, stærkt vandførende Sandlag *ss*. Lad Grundvandspejlet være betegnet med Linien *b-b*, og lad *A*, *B*, *C* og *D* betegne gravede Brønde. En Brønd *A*, der graves ned i Moræneleret, vil naa Grundvandet ved *b*. Paa Grund af den ubetydelige Vandtilførsel igennem Leret maa Brønden dog til praktisk Brug graves en Del dybere, hvad der uden Vanskelighed lader sig gøre i et fast og lidet vandførende Jordlag, selv om man er

langt under Grundvandspejlet. Brønden graves til i . En saadan Brønd kan maaske give tilstrækkelig meget Vand til et lille Forbrug. Vokser derimod Forbruget, saa at det gælder om at skaffe en større Flade, hvorfra Vandet kan strømme ind i Brønden og give en større Beholdning, eller hvis der indtræder en stærk Tørke, som for en Tid sænker Grundvandspejlet og forringer Vandtilførslen, da kan det være nødvendigt at fordybe Brønden. Den graves da f. Eks. til k .

For et større Forbrug af Vand vil en saadan „Jordbrønd“ dog ikke være tilstrækkelig. Brønden maa graves ned til et virkelig vandførende Lag, som i kort Tid kan tilføre den de

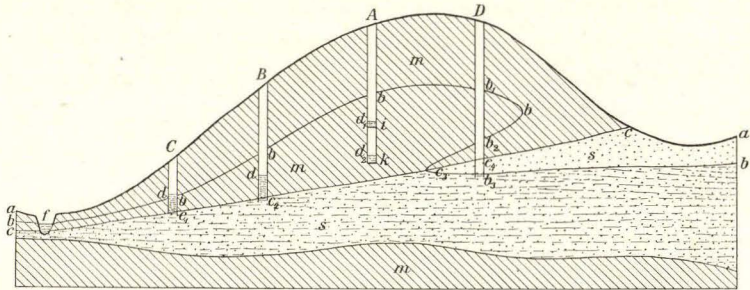


Fig. 2. Jordens Grundvandstand og Vandstanden i Brønde.

Vandmængder, der kræves. Dette er sket med Brøndene B og C . Vandet i Sandlaget s vil imidlertid ved c_2 og c_1 være underkastet et vist Pres, dels som Følge af Grundvandstandens større Højde til højre i Sandlaget, dels paa Grund af Vandtrykket fra Lerlaget. Idet Vandet flyder igennem Sandlaget fra højre til venstre ned imod Vandløbet f , vil det derfor øve et tilsvarende Modtryk opad imod Lerlaget som imod et Laag, det søger at løfte i Vejret. Hvor stort Trykket (og Modtrykket) er, faar man at se, idet Brøndene B og C føres ned til Sandlaget; Vandet vil nemlig stige nøjagtig saa stort et Stykke op i Brøndene, som svarer til Trykkets Størrelse. Brøndenes Vandspejl d kan ligge lavere end den omgivende Jords Grundvandspejl b , men det kan ogsaa godt ligge højere; og

man vil let se, at det i hvert Fald ikke umiddelbart er noget Udtryk for Vandstanden i Jorden omkring Brønden. — Ved Brønde af denne Art har man en Overgang til de artesiske Brønde, som senere skal omtales.

Ved Brønden *D* er Forholdet atter et andet end ved *B* og *C*. Efter at der er gravet ned igennem Leret, naaes Sandet ved c_4 , men dette er ikke her fyldt med Vand, idet Grundvandspejlet i Sandlaget paa dette Sted ligger dybere nede. Medens Vandet ved c_1 og c_2 presses op imod Lerlaget og hindrede dettes Vandindhold i at synke nedad, vil det omvendte være Tilfældet ved c_4 . Sandet indeholder her kun Haarrørsvand og vil derfor tværtimod suge Vand til sig fra Leret ovenover; da dette imidlertid ikke tillader Vandet at flyde hurtigt nok til, vil Grundvandspejlet i Leret faa det i Figuren viste Udseende, b_1-b-b_2 . Vandet vil først naaes ved Gravning ned til b_3 , og her vil selvfølgelig ingen Stigning fremkomme som ved Brøndene *B* og *C*, eftersom b_3 repræsenterer selve Grundvandspejlet i Sandlaget.

Grundvandets Bevægelse. For Jordoverfladens Vandløb er det en velkendt Sag, at Vandets Bevægelse som Regel retter sig efter Underlagets Fald. Dette gælder dog kun, for saa vidt som Vandspejlet og Vandløbets Bund har omtrent ens Fald, er nogenlunde parallelle. Hvor saaledes Vandet har Afløb fra en dyb Sø igennem en flad Aa, er dets Bevægelsesretning ganske uafhængig af Søbundens Form. Det, som derimod bestemmer — og igen selv bestemmes af — Vandets Bevægelsesretning, er selve Vandspejlets Fald i det strømmende Vand. Som Forholdet her er for Overfladevandet, saaledes er det ogsaa for Grundvandets Vedkommende. Underlaget faar her endog mindre Betydning paa Grund af de vandførende Lags Modstand mod Bevægelsen, hvorved Vandspejlet i Jorden kan stille sig med langt stærkere Hældning end et almindeligt, frit Vandspejl, selv om Strømmen i Overfladevandløbet gaar med stærk

Fart. Grundvandet bevæger sig fremad i den Retning, hvor Trykket er mindst, og denne Retning tilkendes gives af Grundvandspejlets Hældning.

Ser man paa Fig. 2, vil man imidlertid forstaa, at Forholdene i de ulige Jordlag vil kunne medføre store Forskelligheder med Hensyn til Vandbevægelsen. Modstanden kan være forskellig, Trykket kan komme fra hver sin Side; Bevægelsen kan derfor gaa i højst ulige Retning. Til enhver selvstændig Grundvandstrøm vil der ogsaa svare et selvstændigt Vandspejl (se Brøndene *B*, *C* og *D*), og af dettes Hældning vil man i ethvert Tilfælde kunne se, til hvilken Side Bevægelsen gaar i det Vandlag, Vandspejlet svarer til.

Det artesiske Grundvand.

Som vi har set, kan Forholdene ved de vandførende Lag ofte være saaledes, at Vandet deri er underkastet et Tryk, som bringer det til at stige til Vejrs i en Brønd, der føres ned til Vandlaget. Kommer man ned til store Dybder, vil Vandet næsten overalt staa under Tryk saaledes, at det maa stige i en Brønd eller et Borerør op over Vandlagets Overkant. Denne Stigning, som Vandet maa foretage op i Borerøret, kaldes Vandrejsningen; og den Højde, til hvilken Vandrejsningen formaar at hæve Vandet over Vandlagets Overkant, kan kaldes den artesiske Trykhøjde. Er Forholdene som i Fig. 2, vil der foregaa en Vandrejsning paa Strækningen $f-c_3$. Hvor stor Vandrejsningen vil være paa det enkelte Sted, beror udelukkende paa, hvor stort et Tryk Vandet staar under nede i det vandførende Lag. Og Trykket er igen afhængigt af flere Ting, saasom Terrænets Højdeforhold, Vandmængden i Jorden, Jordlagenes Vandføringsevne og Modstand mod Bevægelsen.

En Brønd, der ved Boring føres ned til et saadant Vandlag, hvorfra Vandet kan stige op i en højere liggende

Beholder eller helt op til eller over Jordoverfladen, kaldes en artesisk Brønd, og Vandet kaldes artesisk Grundvand. Brugen af Betegnelsen „artesisk“ er forskellig. Oprindelig anvendtes Betegnelsen (der udledes af Navnet paa Grevskabet Artois i det nordvestlige Frankrig) kun for Brønde, hvori Vandet kunde stige over Jordoverfladen. Senere er Navnet ogsaa anvendt om Brønde, hvori Vandet er underkastet et Tryk, saa at det stiger over Vandlaget, uden Hensyn til, om Vandrejsningen kan hæve det over Jordoverfladen eller ej. I denne Betydning vil Betegnelsen „artesisk“ blive brugt i denne Afhandling, eftersom det betragtes som det mindre væsentlige, hvor højt Vandet stiger i Forhold til Jordoverfladen, naar det overhovedet er en større Stigning underkastet. Om Vandet stiger op over Jordoverfladen, afhænger nemlig ofte af Jordsmonnets rent lokale Højdeforhold. Det, der forarsager Vandrejsningen, bestemmes derimod af langt mere omfattende Forhold. En artesisk Brønd, hvor Vandet stiger over Jordoverfladen og løber ud af Borerøret, kan kaldes en artesisk Kilde.

[Ofte benytter man Betegnelsen „artesisk“ om saadanne Boringer, der udføres inde i Rør (med eller uden Skylleindretning) i Modsætning til Boringer, der udføres ved Hjælp af et almindeligt Skebor. Dette er imidlertid en rent teknisk Adskillelse, som ikke har noget at gøre med, om Vandet, der skaffes til Veje, kan kaldes artesisk eller ej].

Princippet for artesiske Brønde. Har man et vandførende Lag, der har Form som et skaalformigt Bassin — saaledes som det i Almindelighed fremstilles, naar man vil tydeliggøre Princippet for artesiske Brønde — da vil Vandet i et Borerør stille sig nogenlunde ens med Skaalrandens Højde. Borer man paa et Sted, hvor Jordoverfladen ligger lavt nok i Forhold til den vandførende Skaals Rand, da vil der opstaa en artesisk Kilde. Ligger Jordoverfladen højere, vil det artesiske Grundvand stille sig i større eller mindre Afstand

under Jordens Overkant. Den Regel, at Væskesøjlerne i forbundne Rør vil stille sig ved samme Højde, gælder ogsaa for de artesiske Brønde af den nævnte Art. Afvigelser fra den nøjagtig lige store Højde kan dog let fremkomme som Følge af Jordlagenes ulige store Vandføringsevne.

Saadanne skaalformige Vandbassiner i Jordlagene forekommer imidlertid kun i visse sjældne Tilfælde. Langt oftere er de vandførende Lag enten hældende eller uregelmæssigt liggende i Jorden. De almindelige Forhold, hvorunder det artesiske Vand fremkommer, ses af det Forsøg, hvoraf Fig. 3 viser et Fotografi.

A er en Beholder, som indeholder Vand, hvortil der er sat Farve, for bedre at gøre det synligt paa Fotografiet. Vandet har Afløb nederst i Beholderen ved *a* gennem Røret *B*, der er forsynet med lodrette Stigrør. Røret *B* er fyldt med fint Grus for at mindske Strømmens Hastighed. Naar nu Vandet strømmer igennem *B*, vil det stige op i de lodrette Rør, saaledes som Billedet viser, og stige højest i det Rør, der er nærmest ved *A*, medens Stighøjden aftager jævnt henimod Rørets anden Ende *b*. — Ved *b* er Vandet kun underkastet det almindelige Lufttryk, ved *a* er det tillige underkastet et Tryk, som svarer til Vandets Højde i Beholderen. Idet nu en Vanddel bevæger sig fra *a* til *b*, vil den komme under et mindre og mindre Tryk indtil det Øjeblik, da den forlader Røret ved *b*. Trykkets Størrelse paa de forskellige Steder i Røret kan man direkte iagttage ved at se, hvor højt Vandet stiller sig i Stigrørene. Formindskes Trykket i Røret *B* ganske ensartet hele Røret igennem, vil Vandet i Stigrørene stille sig saaledes, at Vandspejlet i alle Rørene falder i en og samme rette Linie. Er Modstanden i de enkelte Rørdele derimod ikke ganske ens, vil den Linie, man lægger igennem Rørenes Vandspejl, blive krum eller ujævn, hvad man ogsaa kan se af Figuren. Derimod er det ganske uden Betydning for Stighøjden i Rørene, hvor stærk Strømmen er. Naar

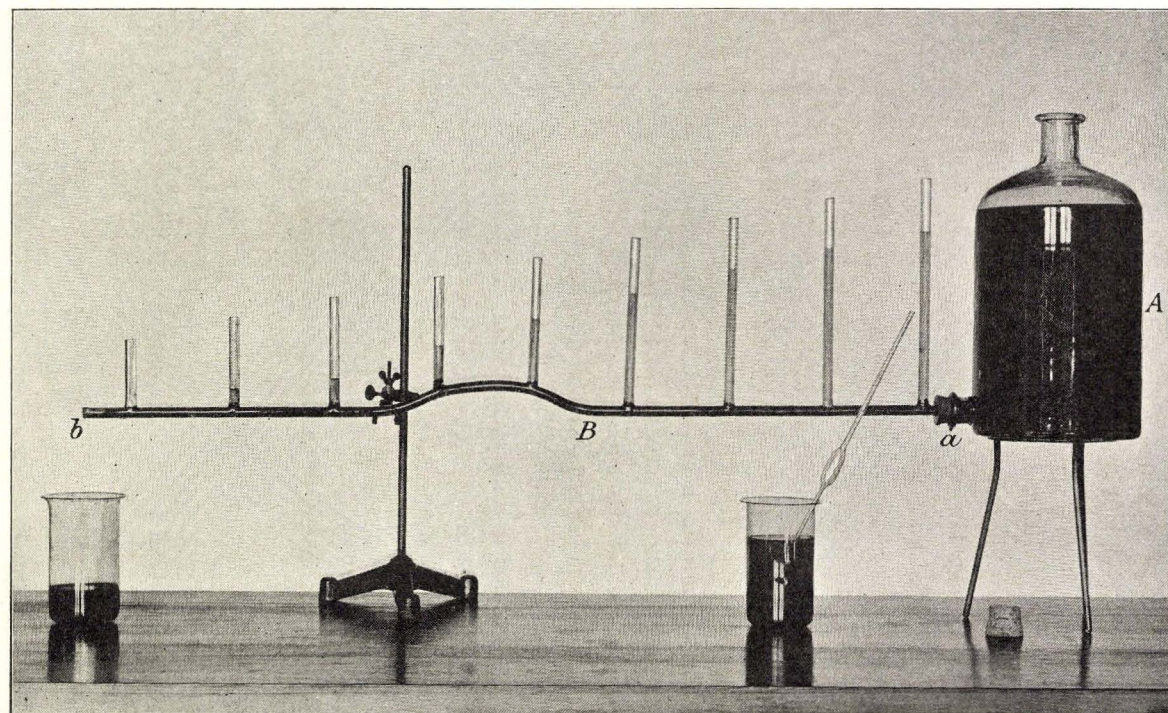


Fig. 3. Princippet for Vandrejsningen i artesiske Brønde.

blot Tilførsel og Bortførsel af Vand holder hinanden i Lige-vægt, saa vil Trykket være lige stort, enten der passerer store eller smaa Vandmængder forbi. Fik Afløbet Overtaget over Tilløbet, vilde Vandet synke, navnlig i de yderste Rør. Steg Tilløbet stærkere, end Afløbet kunde svare til, vilde Vandet stige i Rørene. Stoppedes man ganske for Afløbet, vilde Vandet stille sig ved ens Højde i alle Rørene, om de var tilstrækkelig lange.

Dette kan man let overføre paa Forholdene i Jorden, om man tænker sig, at der lægges en bugtet Linie tværs paa de lodrette Rør, omtrent ved det opstigende Vands Overkant, og at denne Linie forestiller Jordoverfladen. De lodrette Rør svarer til artesiske Boringer, der er førte ned til det vandførende Lag *B*, som ved *b* har Afløb til Jordoverfladen gennem en naturlig Kilde. Det artesiske Vand i Borehullerne stiller sig ved Højder, der svarer til Trykket i det vandførende Lag, men om det stiger over Jordoverfladen eller ej, afhænger af Terrænets Højde paa vedkommende Sted.

Dette svarer aldeles til Forholdene i Naturen, hvad man kan faa et Indtryk af ved at betragte Tegningen Fig. 4, der fremstiller et Snit igennem Jordlagene langs Lille Vejleaa mellem Kjøbenhavn og Kjøge. Der er her udført en Række artesiske Boringer for Kjøbenhavns Vandvæsen, hvis Kort ligger til Grund for Tegningen.

Det skraverede Parti betegner Jordlag, der er afsatte under og efter Istiden. Igennem disse Lag er Boringerne førte ned til de underliggende Kalkaflejrings vandførende Lag. Vandet stiger op i Rørene, nær op til eller over Jordoverfladen, alt eftersom Jordsmonnet ligger højere eller lavere paa vedkommende Sted. De Højder, som Vandet stiger til i Borehullerne, er forbundne ved Linien *bb*, og man ser saaledes af Tegningen, hvorledes Borehullernes Vandstand sænker sig jævnt ned imod Kjøge Bugt, nøjagtig paa samme Maade som Vandstanden i de lodrette Glasrør i Forsøget Fig. 3

blev lavere og lavere hen imod den Ende af Røret, hvor Vandet havde Afløb.

Forholdet er dette, at Grundvandet i Jorden under Tyngdens Indvirkning søger at synke dybere og dybere ned i Jordlagene. Det er derfor i en stadig Bevægelse, der kan være af meget forskellig Styrke, eftersom Jordlagene er mere vandstandsende eller mere vandførende. Men under Trykket nedad nødes Vandet til at søge ud til Siden, indtil det kan faa Afløb enten til Overfladevandløb og Søer eller til Havet. I de større, sammenhængende Vandlag vil der foregaa en saadan jævn og stadig Bevægelse til en eller flere Sider i Lighed med Bevægelsen i Røret *B* (Fig. 3). Borer man ned til Vandet, vil det stige op i Borehullet til en Højde, som svarer til det Tryk, Vandet er underkastet paa vedkommende Sted i Vandlaget. Som det er blevet nævnt, afhænger dette Tryk ikke af selve Vandføringens Størrelse. To artesiske Brønde kan derfor vise ganske ens Vandrejsning, men have højst ulige Vandføring.

Det artesiske Grundvandspejl. Naar Vandet fra

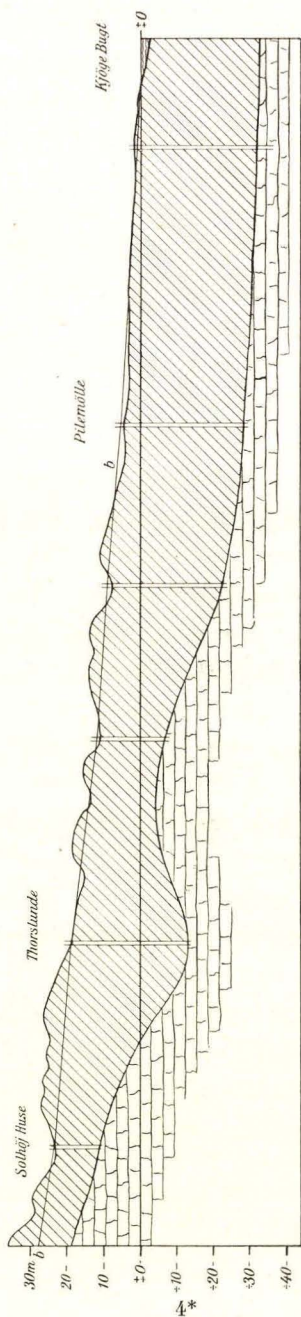


Fig. 4. Vandrejsningen i artesiske Brønde langs L. Vejleaa mellem Kjøbenhavn og Kjøge. Snittets Længde er 10 700 m.

et sammenhængende Vandlag, dybt nede i Jorden og af stor Udstrækning, faar Lejlighed til i et stort Antal Borehuller at hæve sig saa højt, som Trykket i Vandlaget fordrer, da vil en Flade, som lægges igennem de Punkter, Vandet stiger til, betegne Vandlagets artesiske Vandspejl. Man kan fremstille dette Grundvandspejls Højdeforhold paa et Kort med Højdekurver, ganske ligesom man fremstiller Jordoverfladens Højdeforhold. For Omegnen af Kjøbenhavn er der af Kjøbenhavns Vandvæsen udarbejdet et saadant Vandstandskort. I et senere af Danmarks geologiske Undersøgelser Skrifter vil der fremkomme et artesiske Vandstandskort over den sydlige Del af Sjælland, grundet paa de talrige Boringer, der her er foretagne.

Et saadant Kort giver et ligesom udjævnet og udglattet Billede af Landets Overfladeforhold. Modsætningen mellem Jordsmonnets Højdeforskelligheder udslettes tildels og det saaledes, at jo dybere Vandlaget ligger, des mere udviskede viser Overfladens Ujævnheder sig i det artesiske Vandspejls Højdeforhold. I de højt beliggende Dele af Landet vil det artesiske Vandspejl sædvanlig ligge forholdsvis dybt; i større Sænkninger eller paa Flader, der grænser nær op til store Højdedrag, vil Vandet jævnlig stige over Jordoverfladen. Og tæt ud imod Stranden vil det artesiske Vand i Almindelighed stille sig omtrent i Højde med Havet, naar det ikke af Vandtrykket fra nærliggende Bakkedrag tvinges op til større Højde.

Hvor højt de artesiske Vandspejl fra Vandlag, der ligger i forskellig Dybde i Jorden, vil stille sig i indbyrdes Forhold til hinanden, kan der ikke gives nogen almenlydig Regel for. Ligger Vandlagene ligesom Skaale inden i hinanden med vandstandsende Lag imellem, da vil Skaalranden ofte rage højest op for det Lag, der ligger nederst (yderst). Vandet fra dybtliggende Lag vil derfor i dette Tilfælde ikke sjældent stige højere end Vandet fra Lag, der ligger nærmere ved Over-

fladen. Som det tidligere er nævnt, er saadanne skaalformige Vandlag imidlertid yderst sjældne i Danmark. Vandrejsningen fra de forskellige Vandlag vil her ofte forholde sig anderledes, men kan paa Grund af de uensartede Forhold i Jorden stille sig højst ulige; dog vil det gælde ret almindelig, at det artesiske Vandspejl for dybtliggende Vandlag vil ligge højere, jo højere selve Laget ligger. Er man naaet ned til et Vandlag, der ligger nogenlunde dybt under Jordoverfladen (f. Eks. 50 m), og Vandet herfra stiller sig ved en bestemt Højde i Borehullet, vil man altsaa sjældent faa Vandet til at stige til en større Højde ved at bore ned til Vandlag, som ligger dybere nede i Jorden.

Den Virkning, som Aarstidernes ulige Regnmængde har paa Beliggenheden af det almindelige Grundvandspejl, bliver mindre og mindre, i samme Grad som Lagene, hvorfra Vandet stiger op, ligger dybere og dybere i Jorden. Idet Grundvandet trænger ned igennem Jordlagene, udjævnes Ulighederne fra Sted til Sted og fra det ene Tidspunkt til det andet; man faar i det artesiske Grundvandspejl fra de dybtliggende Vandlag ligesom et Fællesudtryk for det Vandforraad, Jordlagene indeholder, medens den Højde, det almindelige Grundvandspejl til enhver Tid viser, mere er et Udslag af øjeblikkelige og stedlige Forhold. For at lære det almindelige Grundvands Middelvandstand at kende, kræves derfor en lang Række, hyppige Iagttagelser. For det artesiske Grundvand er Svingningerne i Vandstanden smaa og langsomme; Iagttagelserne maa ogsaa her strække sig over lang Tid, men kan foretages med store Mellemrum.

Hvor de artesiske Brønde skal tilfredsstille et stort Vandforbrug, kan en stærk Pumpning paa et enkelt Sted medføre en ganske betydelig Sænkning af det artesiske Vandspejl og kan tillige indvirke paa Vandstandens Højde i almindelige Brønde. Hvor vidt omkring denne Vandspejlsænkning kan spores, afhænger af, hvor stor Vandføringsevne de vedkommende Jordlag

har, og af, hvor meget Vand der borttages af Jorden. En saadan kunstig, meget betydelig Sænkning af det artesiske Grundvandspejl er foregaaet i den Del af Kjøbenhavns Omegn, hvor Hovedstadens Vandværk har Pumpestationerne, som forsyner Byen med Vand. Lignende, mindre Vandspejlsænkninger indtræder i Reglen overalt, hvor Byerne lægger artesiske Brønde til Grund for Vandforsyningen, eller hvor der opstaar store Fabriker eller andre Virksomheder, der kræver et stort Forbrug af artesisk Vand.

Hvor der skal foretages Boring efter Vand, er det af meget stor Betydning at vide, ved hvilken Højde det artesiske Grundvandspejl vil stille sig. Herved kan man paa Forhaand afgøre, hvor dybt i Jorden den Beholder skal lægges, som Vandet skal stige op i, for at man kan faa den nødvendige Beholdning. Ligesaa kan det være af stor Betydning for Fabrik anlæg, Anlæg af Mejerier o. l. med stort Vandforbrug, om man forud kan vide, hvor man fra en artesisk Kilde kan faa Vandet til at komme af sig selv ind i Huset uden Anvendelse af Maskinkraft. Med tilstrækkelig Kendskab til den artesiske Grundvandstand kan Nyanlæg af denne Art ofte med Fordel lægges paa Steder, hvor Vandet kan stige over Jordoverfladen, medens det maaske et kort Stykke Vej derfra maa stille sit Vandspejl dybt nede i en Brønd, hvorfra det er forbundet med Vanskelighed og Bekostning at faa det draget op til den Højde, hvor det skal anvendes.

Grundvandstrømmenes Bevægelse og Vandføring. Naar man tager et tilstrækkelig stort og nøjagtigt Højdekort over Jordoverfladen for sig, kan man af dette indtil Enkeltheder se, i hvilke Retninger og ad hvilke Veje Overfladevandet vil søge bort. Ved Hjælp af Højdekort over det artesiske Grundvandspejl vil man paa ganske samme Maade kunne se, i hvilke Retninger Grundvandet bevæger sig i dybtliggende Vandlag i Jorden. Vandet vil overalt søge

sig Vej i den Retning, hvor der er den mindste Modstand. Dette angives paa Vandstandskortet direkte af Højdekurverne, idet nemlig en Kurve forbinder Punkter, hvor Vandspejlet stiller sig ved ens Højde. Da Højderne er et umiddelbart Udslag af det Tryk, Vandet er underkastet (henført til en bestemt Nullinie) og selv er i Stand til at øve, saa forstaar man, at Kurverne forbinder de Punkter, der har ens Tryk. De Linier, der forbinder det højeste og det laveste Tryk, den største og den mindste Modstand mod Vandets Bevægelse, vil gaa vinkelret paa Vandstandskortets Højdekurver. I samme Retning vil Vandet bevæge sig i det vandførende Lag, altsaa efter Linier vinkelret paa Kurverne, fra den ene mod den næste o. s. fr., indtil det ender sit Løb, hvor det artesiske Vandspejl synker ned til sin laveste Højde, der sædvanligvis falder nær sammen med Havets Overflade.

Det følger med det samme heraf, hvad der ogsaa er fremhævet tidligere (Side 45), at Grundvandstrømmenes Retning ikke væsentlig bestemmes af det underliggende, vandstandsende Lags Faldretning, saaledes som det undertiden fremstilles. Tværtimod bevæger Grundvandet sig ofte i ganske modsat Retning af den, hvori Underlaget falder. Dette viser sig tydeligt, om man sammenligner Kort over den artesiske Vandstandshøjde med Kort over selve det vandførende Lags Højdeforhold. Den Bøjning, der er givet Røret *B* i Fig. 3, er ogsaa udført for at vise, at Vandets Bevægelse og den artesiske Vandstand ikke bestemmes af det vandførende Lags Form. — Derimod virker de vandstandsende Lag ofte i det enkelte til at ændre Retningerne for Vandets Løb derved, at de afgiver en Modstand, som Vandet maa vige udenom for at søge andre Veje, hvor Modstanden er mindre.

Som det tidligere er nævnt, staar den artesiske Trykhøjde ikke i nogen Aarsagsforbindelse med det vandførende Lags Vandrigdom eller den Lethed, hvormed Jordlaget afgiver Vandet. Skal man derfor have nogen Kundskab om,

hvor de større Grundvandsstrømme har deres Løb, kan man ikke nøjes med et Vandstandskort, men maa søge sin Kundskab ved Pumpning af Vand fra de artesiske Borerør. Naar man ved Pumpning fra Borerør af samme Vidde anvender en saadan Sugning, at man derved sænker Vandspejlet et lige stort Stykke i alle Rørene, giver de oppumpede Vandmængder et umiddelbart Maal for, hvor meget Vand der i en vis given Tid kan strømme til de artesiske Brønde. Det vil med andre Ord sige, at man herved umiddelbart for Vandlagets Vandføring faar et Udtryk, der giver Midler i Hænde til at afgøre, hvor Grundvandstrømmene har deres Løb. At Oplysningerne om det vandførende Lags Vandføring er af stor praktisk Værdi, er ikke vanskeligt at indse, idet man først derigennem kan bedømme, i hvor fuldt Maal en udført Boring kan fyldestgøre de Krav, der stilles til den. Ved samlede Iagttagelser af denne Art er man i Stand til at vinde fuldstændig Oversigt over de underjordiske Vandløbs Retning og Størrelse.

Grundvandets Temperatur og nogle i Vandet opløste Stoffer.

Grundvandets Temperatur.

Den Varmegrad, Grundvandet har, er afhængig dels af Luftens Temperatur og dels af Jordlagenes egne Varmeforhold. Luftens Temperatur har desto større Indvirkning, jo nærmere Vandet ligger Jordoverfladen. En Hævning eller Sænkning af Lufttemperaturen vil medføre en tilsvarende Bevægelse i Grundvandets Varmegrad. Denne Bevægelse bruger dog nogen Tid til at forplante sig ned igennem Jorden. Som Eksempel herpaa kan det nævnes, at medens Vandet i en Brønd 0,3 m under Jordoverfladen havde sin laveste Temperatur, 0° , den 7. Februar og sin højeste Temperatur, 19° C, den 29. Juli, saa forsinkedes Temperatursvingningen saa stærkt paa sin Vej ned i Jorden, at Vandet i en anden Brønd paa samme Sted, 5 m under Jordoverfladen, fik sin laveste Temperatur, 8° C, den 5. April og sin højeste Temperatur, 12° C, den 5. Oktober; i en tredie Brønd, hvor Vandet stod 7,9 m under Overfladen, fik dette sin laveste Temperatur, $9,6^{\circ}$ C, i Juni og sin højeste Temperatur, $11,1^{\circ}$ C, den 17. November. Temperaturvekslingen bruger altsaa en ikke ringe Tid til at forplante sig igennem Jorden. Af de anførte Tal ser man endvidere, at Temperatursvingningerne

samtidig bliver mindre og mindre, jo dybere man kommer ned i Jorden. I en fjerde Brønd, hvor Vandet stod 11,7 m under Jordoverfladen, havde det omtrent en og samme Varmegrad hele Aaret igennem, nemlig $10,5^{\circ}$ — 11° C. Aars-tidernes Temperaturforskel var saaledes her ganske udjævnet, og Vandet havde i denne Dybde Stedets aarlige Middelvarme. Den Dybde, hvori dette er Tilfældet, kan iøvrigt være noget forskellig, men regnes i Almindelighed for at ligge omkring 15 m under Jordoverfladen. Kommer man dybere ned i Jorden, retter Vandets Temperatur sig udelukkende efter Jordens egen Varme, der som bekendt stiger nedefters med omtrent 1° C for hver 30—35 Meters Dybde. I et Borehul ved København, der nylig er ført ned til en Dybde af 603 m (1920 Fod), var Varmegraden i denne Dybde dog kun lidt over 21° C.

Ved Maaling af Vandets Temperatur ved Kilder kan man til en vis Grad have et Hjælpemiddel til at skønne over, fra hvilken Dybde i Jorden Vandet kommer.

Nogle af de i Vandet opløste Stoffer.

Kulsyre. Ilt. — Organiske Stoffer. — Kulsur Kalk. Jærnforbindelser. — Svovlbrinte. — Saltholdigt Vand.

Medens der ikke her er Lejlighed til at komme ind paa Grundvandets kemiske og fysiske Forhold i Almindelighed, skal dog enkelte Stoffer omtales, som mere eller mindre hyppig forekommer i Vandet, og som ofte i en særlig Grad hendirager Opmærksomheden paa sig.

Det reneste Vand, der forekommer i Naturen, er det Regnvand, der falder, naar Luften er fri for eller fattig paa Støv. Foruden de almindelige Bestanddele, der findes i Luften: Kvælstof, Ilt og Kulsyre, indeholder Vandet da sædvanlig kun ganske ubetydelige Mængder af Salpetersyre og Ammoniak. Af de Luftarter, som Regnen saaledes fører

med sig, idet den falder til Jorden, er det især Ilten og Kulsyren, der spiller en Rolle under Vandets Bevægelse ned i Jorden. Idet Vandet passerer ned igennem Muldlaget, bliver dets Indhold af disse Luftarter ofte forøget i en ganske betydelig Grad.

Fra Muldlaget selv og fra Dynd- og Tørvelag, som findes øverst i Jorden, modtager Vandet større eller mindre Mængder af Muldstoffer, hensmuldrende Plantedele og andre organiske Stoffer, der dels opløses af Vandet, dels opslæmmes deri. Muldstofferne farver Vandet brunt og giver det en flov og ubehagelig Smag, men er i sig selv ganske uskadelige, saa at Vandet, der indeholder dem, uden Fare kan anvendes som Drikkevand. Af de organiske Forraadelsesprodukter, der kan forekomme i Vandet, er der ligeledes en Del, som ikke i sig selv er sundhedsfarlige. Andre, især de dyriske, kan derimod indeholde farlige Giftstoffer. Tillige danner Forraadelsesprodukterne en god Jordbund for Bakterier og gør derved, ligesom ogsaa ved den modbydelige Lugt og Smag, de giver Vandet, at dette bliver uanvendeligt og farligt at benytte som Drikkevand.

De Stoffer, som Vandet saaledes kan have optaget i sig fra de øverste Jordlag, og som kan være skadelige for dets Anvendelse, taber det i Almindelighed hurtig ved den Rensning, det bliver Genstand for, naar det synker i Jorden: hvad der findes af Plantedele og andre Stoffer, der ikke opløses i Vandet, men kun forekommer deri i opslæmmet Form, afsættes nemlig ved Filtreringen igennem Jordlagene; og de organiske Forbindelser, der er til Stede i opløst Form, kommer i Berøring med Stoffer, som øver Tiltrækning paa dem, hvorved de omdannes til andre kemiske Forbindelser og lades tilbage af det gennemsivende Vand.

Idet Vandet bevæger sig ned igennem Jordlagene, mister det i det hele den overvejende Mængde af de Bestanddele, det i Forvejen har optaget. Ikke alene for de faste Stoffers

Vedkommende er dette Tilfældet, saaledes som det er nævnt, men ogsaa for de Luftarter, som Vandet har indsuget, dels fra den atmosfæriske Luft, dels fra de øverste Jordlag. Ved det Indhold af Luftarter, som Vandet har medbragt, er det imidlertid blevet i Stand til at opløse eller omdanne forskellige faste Stoffer i Jordlagene, som det kemisk rene Vand ikke vilde have nogen tilsvarende Virkning paa.

Af de Stoffer, hvoraf Grundvandet sædvanlig indeholder større eller mindre Mængder, men som det absolut rene Vand ikke formaar at opløse, spiller kulsur Kalk en vigtig Rolle. Den bringes i Opløsning af Vand, der indeholder Kulsyre, idet denne forbinder sig med den kulsure Kalk og danner tvekulsur Kalk (sur, kulsur Kalk; *Calciumbicarbonat*), der er opløselig i Vand. For hver 1000 Dele kulsyreholdigt Vand kan der opløses 1 Del kulsur Kalk. Denne Indvirkning gaar først og fremmest ud over Kalken i de allerøverste Jordlag. Disse er derfor ofte helt eller delvis udvaskede for det Kalkindhold, som de oprindelig var i Besiddelse af. Ved den opløsende Evne, Kulsyren giver Grundvandet, bliver dette i Stand til at ændre Jordlagenes Sammensætning i en meget betydelig Grad. Paa nogle Steder bortvasker og opløser det en Del af den Kalk, der findes, udvider Spalterne og danner ny Hulrum; paa andre Steder gaar det modsatte for sig: Vandet afsætter den Kalk, det har ført med sig, tætter Porerne og spærrer sig selv Vejen. Det gennemsvivende Vand medfører stadige Omdannelser og Omlejringer; og som dette er Tilfældet med den kulsure Kalk, saaledes finder det ogsaa Sted for talrige andre Stoffers Vedkommende.

Den tvekulsure Kalk er imidlertid en ret ustadig Forbindelse. Naar Vandet atter faar Lejlighed til at komme ud i fri Luft, spaltes den, og der opstaar Kulsyre, som gaar bort i luftformig Tilstand, samt almindelig kulsur Kalk, der afsættes som Kildekalk eller i Form af Overtræk over de

Planter, Sten o. l., som Vandet strømmer hen over. Denne Adskillelse vil dog ikke foregaa paa en Gang, men først efterhaanden som Vandet bliver i Stand til at afgive den overskydende Kulsyremængde til Luften. Ved Kogning af kalkholdigt, „haardt“ Vand vil al den fri Kulsyre blive udreven; den kulsure Kalk vil udskilles og bliver afsat i Kogekarret i Form af Kedelsten.

Paa lignende Maade som det kulsyreholdige Vand opløser kulsur Kalk i de øverste Jordlag, indvirker det ogsaa paa nogle af de Jærnforsyndelser, som disse Jordlag indeholder. Naar Jordlag som Moræneler og andre Lerarter forekommer med deres sædvanlige, blaaligt graa Farve, indeholder de Jærn i Form af Forsyndte, der tillige med Lerjord, Kalk, Alkalier og Kulsyre danner en Forsyndelse (Ler), som er uopløselig i Vand. Det kulsyreholdige Vand formaar derimod at uddrage Jærnforsyndtet af denne Forsyndelse og kan omdanne det til tvekulsurt Jærnforsyndte, der er opløseligt i Vand, ligesom Tilfældet er med den tvekulsure Kalk. Side om Side med Kulsyrens Indvirkning paa Jærnsyndtet i Leret gaar imidlertid en Indvirkning af den Ilt, som Vandet har indsuget fra Luften og i de øverste Jordlag. Idet nemlig Jærnforsyndtet bringes i Berøring med Iltten, omdannes det af denne til Jærntveiltte, der ikke kan holdes opløst af det kulsyreholdige Vand, men bliver udfældet og efterladt i Leret, naar Vandet siver bort. Jærntveiltteforsyndelsen, der dannes, giver Leret en rød Farve i Modsætning til den graa Farve, det havde, før det blev udsat for Iltens Paa-virkning og den dermed følgende „Forsyndning“. Naar Vandets Indhold af fri Ilt paa denne Maade er forbrugt til Omdannelse af Jærnforsyndtet til Jærntveiltte og Omfarvning af „Blaaleret“ til „Rødler“, kan Vandet fortsætte sin Bane med ny Mængder af Jærnforsyndte, der er bragte i Opløsning ved at gaa i Forsyndelse med Kulsyren, som findes i Vandet. Hvor Jordlagene indeholder jærnholdige Stoffer,

vil Grundvandet derfor sædvanlig indeholde en Del tvekulsurt Jærnforilte i Opløsning. — Kommer saadant jærnholdigt Vand frem til Jordoverfladen i et Borerør eller en Kilde, vil Atmosfærens Ilt bevirke Omdannelser af ganske lignende Art som de nys omtalte, der foraarsagedes inde i Jordlagene af den Ilt, der var opløst i Vandet. Kulsyren og Jærnforiltet vil slippe Forbindelsen med hinanden: Kulsyren fordamper, medens Jærnforiltet træder i Forbindelse med Ilt og Vand og afsættes som et rødt Rustlag. Udskillelsen af „Jærn“ finder først Sted lidt efter lidt, ligesom Tilfældet er med den kulsure Kalk.

Blandt de Stoffer, som undertiden træffes i Vandet, ogsaa i det, der drages frem fra dybtliggende Jordlag, fortjener Svovlbrinten at nævnes. Hvor Vandet, som Svovlbrinten findes i, stammer fra Lag dybt nede i Jorden, er det ikke sundhedsfarligt, men Svovlbrinteluftens ubehagelige Lugt, som raadne Æg eller forraadnende Tang, gør i mange Henseender Vandet uanvendeligt. Stammer det svovlbrinteholdige Vand derimod fra Jordlag, der ligger nær ved Jordoverfladen, og som indeholder henraadnende, organiske Stoffer, kan det herfra tillige medføre farlige Giftstoffer.

I Almindelighed opstaar Svovlbrinten i Jordlagene, hvor der findes svovlsure Salte, f. Eks. Gips (svovlsur Kalk), og disse kommer i Berøring med Stoffer, som med stor Kraft tiltrækker Ilt fra det svovlsure Salt og afgiver Brint til Gengæld. De Stoffer, som øver en saadan Tiltrækning paa Ilten, dannes for en væsentlig Del af Omdannelsesprodukter af Træ og Plantedele, der er blevet indlejrede i Jordlagene. Ved den almindelige Forbrænding af Træ under Luftens Adgang opstaar der Kulsyre og Vand. Hvor Plantedelene bliver omsluttede af Jordmasser, som hindrer Tilførslen af Ilt og derved forhindrer, at denne fuldstændige Omdannelse foregaar, dér vil der foruden en be-

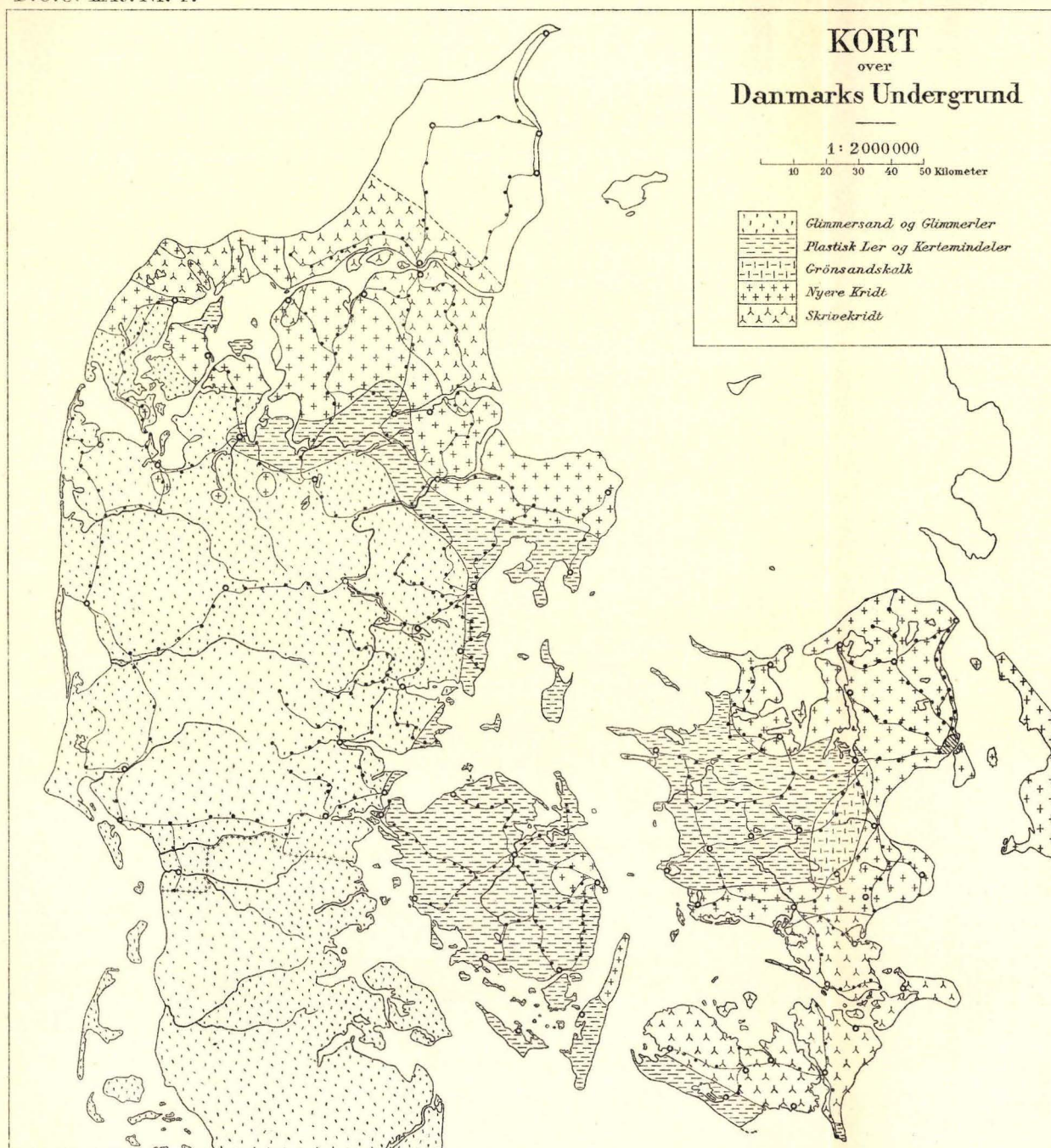
grænset Mængde Kulsyre og Vand tillige dannes Kulstof og Kulbrinter, ved Hjælp af den Ilt og Brint, som Plantedelene selv indeholder. Kulbrinterne drager imidlertid med stor Kraft Ilt til sig for med den ligeledes at danne Forbrændingens Slutningsprodukter: Kulsyre og Vand. Naar der nu ikke længere er nogen Ilt til Stede i fri Form, søger Kulbrinterne at udtrække den af de iltholdige Stoffer, de kommer i Berøring med. Forekommer der saaledes svovlsure Salte i Jordlaget, f. Eks. Gips, hvorfra Ilten kan tages, kan der eksempelvis foregaa følgende Omdannelse:



Den nydannede kulsure Kalk vil blive udskilt i fast Form, hvis Vandet ikke indeholder tilstrækkelig meget fri Kulsyre, til at den kan bringes i Opløsning. Den nydannede Luftart, Svovlbrinten, vil derimod blive optaget af Vandet og føres med, indtil den enten bliver omdannet af andre Stoffer, der formaa at spalte den, eller den bringes med ud i fri Luft, hvor den ligeledes vil blive sønderdelt eller svinde bort ved Fordampning. Ved Kogning vil i hvert Fald de sidste Rester af Svovlbrinten kunne uddrives af Vandet.

Undertiden hænder det, at Brønde eller Borerør kan føre saltholdigt Vand. Dette er ret ofte Tilfældet med dybe Boringer i den nordlige Del af Vendsyssel, ligesom man f. Eks. ogsaa ved Varde har truffet paa Saltvand dybt nede i Lag af Glimmersand. Saltet maa anses for at stamme fra Lag, som ere afsatte i Fortidens Have, og hvorafr Grundvandet faar Lejlighed til at bringe større eller mindre Mængder i Opløsning ved at sive igennem Jordlagene. Saltvand kan endvidere paa sine Steder bane sig Vej til Brøndene fra selve Havet, nemlig hvor Brøndene ligger nær

ved Kysten og kun er adskilte fra Havet ved vandførende Lag, som ikke i tilstrækkelig Grad har kunnet befri det tilsivende Havvand for dets Saltindhold. Det er dog sædvanligvis kun ved Højvande, at Brøndvandet saaledes bliver omdannet til Brakvand som Følge af det salte Vands Tilstrømning.



- II R. Nr. 1. K. Rørdam:** Undersøgelse af mesozoiske Lerarter og Kaolin paa Bornholm i geologisk og teknisk Henseende.
Med to Tavler og en fransk Résumé.
1890. Pris Kr. 1,25.
- II R. Nr. 2. K. Rørdam:** Saltvandsalluviet i det nordøstlige Sjælland.
Med 2 Kort, 4 Tavler og en fransk Résumé.
1892. Pris Kr. 3,00.
- II R. Nr. 3. K. Rørdam:** Geologisk-agronomiske Undersøgelser ved Lyngby Landboskole og Brede Ladegaard.
Med 2 Tavler.
1894. Pris Kr. 1,00.
- II R. Nr. 4. H. Posselt:** Brachiopoderne i den danske Kridtformation.
Med 3 Tavler samt en fransk Résumé.
1894. Pris Kr. 1,25.
- II R. Nr. 5. K. Rørdam:** Beretning om en geologisk Undersøgelse paa «Frønnemark» ved Svaneke paa Bornholm.
Med en Tavle og en fransk Résumé.
1895. Pris Kr. 0,75.
- II R. Nr. 6. K. Rørdam:** Kridtformationen i Sjælland i Terrænet mellem København og Kjøge, og paa Saltholm.
Med en fransk Résumé.
1897. Pris Kr. 1,50.
- II R. Nr. 7. K. Rørdam og C. Bartholin:** Om Forekomsten af Juraforsteninger i løse Blokke i Moræneler ved København.
Med en Tavle.
1897. Pris Kr. 0,75.
- II R. Nr. 8. Ethel G. Skeat and Victor Madsen:** On Jurassic, Neocomian and Gault boulders found in Denmark.
With 8 plates and 1 map.
1898. Pris Kr. 4,00.
- II R. Nr. 9. N. Hartz og E. Østrup:** Danske Diatoméjord-Aflejringer og deres Diatoméer.
Med 2 Tavler samt en fransk Résumé.
1899. Pris Kr. 1,25.

- II R. Nr. 10.** Bidrag til Bornholms Geologi. I: Mindre Afhandlinger af K. Grönwall, J. P. Ravn, A. Hjorth og N. V. Ussing.
Med 4 Tavler samt en fransk Résumé.
1899. Pris Kr. 1,75.
- II R. Nr. 11.** N. Hartz: Bidrag til Danmarks senglaciale Flora og Fauna.
Med 1 Kort samt fransk Résumé.
1902. Pris Kr. 2,00.
- II R. Nr. 12.** N. V. Ussing: Mineralproduktionen i Danmark ved Aaret 1900.
Med 1 Tavle samt en fransk Résumé.
1902. Pris Kr. 2,00.
- II R. Nr. 13.** Karl A. Grönwall: Bornholms Paradoxideslag og deres Fauna.
Med 4 Tavler, 1 Kort og en engelsk Summary.
1902. Pris Kr. 6,00.
- II R. Nr. 14.** Victor Madsen: Om den glaciale, isdæmmede Sø ved Stenstrup paa Fyn samt om Dannelsen af Teglværksleret i Stenstrup-Eggen.
Med 4 Tavler, 1 Kalke og 2 Stereoskopbilleder samt en fransk Résumé.
1903. Pris Kr. 2,00.
- III R. Nr. 1.** Oversigt over de af Danmarks geologiske Undersøgelse indtil Foraaret 1895 udførte Arbejder.
1896. Pris Kr. 1,00.
- III R. Nr. 2.** N. V. Ussing: Danmarks Geologi i almenfatteligt Omrids.
Med 3 Tavler.
1899. Pris Kr. 3,50.
- III R. Nr. 3.** V. Milthers: Foreløbig Beretning om en geologisk Rejse i det nordøstlige Tyskland og russisk Polen, foretaget i Forsommeren 1901.
1902. Pris Kr. 0,25.
-