

Resultaterne af nogle Undersøgelser over Grundvandet Bevægelse i Jorden,

forelagte det kgl. Landhusholdnings-Selskab i dets Møde
d. 24de Januar 1872 af Professor A. Colding.

Lovene for Vandets Bevægelse i forskellige Ledninger og tildels ogsaa Lovene for Vandets Bevægelse i frie Strømme, have paa Grund af deres store Betydning for mange Foretagender været Gjenstand for en Mængde meget omhyggelige Undersøgelser, hvori jeg selv, tildels foranlediget ved forskellige under min Embedsstilling henhørende Arbejder, i en Række af Aar har deltaget saa godt jeg har formaaet; de Resultater, hvortil mine Undersøgelser over Strømforholdene have ført, har jeg efterhaanden offentliggjort for at bidrage min Del til at bringe større Klarhed tilveie i Behandlingen af dette ligesaa vigtige som interessante Afsnit af Hydrodynamiken.

Ved de forenede Bestræbelser er det efterhaanden bleven muligt at komme saa vidt, at vi fortiden ikke blot kjende Lovene for Vandets Bevægelse i Strømme temmelig nøje, men endogsaa derved tillige ere blevene bekendte med mangt et Naturforhold, som tidligere var os uklart eller maaste helt ubekjendt, og som belyst af Videnskaben nu stiller sig saa klart, at vi nogenlunde kunne gennemskue det forhen uklare Naturforhold og føre det tilbage til dets egentlige Aarsag, saaledes, at vi kunne

angive Størrelsen af de Kræfter, som paa hvert enkelt Punkt ere i Virksomhed, og af hvis forenede Virkning bemeldte Naturfænomen er en nødvendig Følge. Hvor Forholdet er saaledes, maa det opnaaede Standpunkt siges at være meget tilfredsstillende; men der gives andre Klasser af Strømninger, der ogsaa have en stor Udbredelse, og som paa mange Maader spille en stor Rolle i Naturen, hvorom vi kun vide lidt eller ingen Bested. Jeg sigter her til de Vandbevægelser, som foregaa i Jordens forskellige vandsførende Lag og som have deres Oprindelse fra det Nedslag af Regn og Sne, som falder paa Jordens Overflade. Hvad vi derom vide, er som sagt næsten intet; vi vide, fordi det saa at sige følger af sig selv, at der synker en Del af den faldende Regnmængde ned i Jorden, og at der synker en større Del ned igjennem „lette“ eller sandede Jorder end igjennem „svære“ eller lerede Jorder, fordi den Modstand mod Vandets Bevægelse, som Jorden frembyder, er mindre for let end for svær Jord; vi vide fremdeles, at det Vand, som trænger ned igjennem Jordoverfladen sædvanligt vedbliver at synke, indtil det finder et vandsførende Sand eller Gruslag, hvorigjennem det efterhaanden kan bortstrømme ad Stranden til paa Grund af Tyngden, som stadigt driver det nedad Vasse, og vi vide endelig, at Vandet gennemstrømmer Jordlaget som en samlet Strøm, der har et bestemt Vandspejl (Grundvandspejlet), hvis Højdebeliggenhed viser sig, naar vi udføre en Boring eller sætte en Brønd i Terrajnet. Det som forøvrigt er os bedst bekjendt er, at Grundvandet i Jorden kan forvolde os megen Besvær ved mange Arbejder, samt megen extra Bekostning, naar vi stulle befri Grunden derfor; men det er dog ikke mindre velbekjendt af Erfaring, at det i mange Tilfælde kan være maaste endnu mere vanskeligt at tilvejebringe en passende Ansamling af Grundvandet. At en nøjagtig Kundskab om Vandbevægelserne i Jorden vil kunne bidrage betydeligt til at komme ud over disse Vanskeligheder er saa indlysende, at derom næppe kan være forskellige Meninger, men for at bringe det til fuld Klarhed, hvilken Betydning en grundig Kundskab til

Vandets Bevægelse i Jorden har for hele Landets Befolkning, behøver jeg i ethvert Fald kun at henvise dels til den Betydning, som Grundvandet har for den almindelige Vandforsyning, — hvad enten denne foregaaer fra Brønde eller fra Kilder, — dels at henpege paa de Ulemper, som kunne fremkaldes derved, at en Brønd ikke er givet en tilstrækkelig Dybde, eller at det vandførende Lag, som skulde være tilstrækkeligt til at forsyne Brønden, ikke er stort og righoldigt nok for vandfattige Aar. Ulemperne af den deraf følgende Vandmangel kunne allerede være følelige nok for en enkelt Eiendom; men disse blive dog betydeligt større, naar flere Eiendomme eller endog en hel Byes Vandforsyning er baseret paa flige Kilder eller Ansamlinger af Grundvand, saafremt det viser sig, at Forudsætningen ikke har været velbegrundet. En Vandforsyning fra Kilder eller Egnende har i Almindelighed meget væsentlige Fortrin fremfor Forsyning fra overjordiske Vandbeholdere eller større Vandløb, — forudsat at Grundvandet er rent og kan tilvejebringes i rigelig Mængde; thi Grundvandet har undergaaet en naturlig Filtrering i Jorden som gjør det krystallkært; det medbringer derhos fra Jorden en Rørlighed, som er behagelig især om Sommeren, medens Ansamling af Overfladevand baade kræver kostbare Beholdere og kunstig Filtrering, for at bortskaffe de organiske Stoffer, som Vandet bortfører fra Markerne, og desuden foranledige flige Beholdere, at Vandet sædvanligt er uehageligt varmt om Sommeren, og om Vinteren saa koldt, at Ledningerne i langt højere Grad end ved Kildevand ere udsatte for at ødelægges ved Frost. Men foruden Grundvandets Betydning som Drikkevand for alle Punkter af vort Land, udøver dette, som foran nævnt, en meget stor Indflydelse paa mange andre Forhold, hvoriblandt jeg skal fremhæve dets Indflydelse paa Plantelivet i Almindelighed og Agerbruget i Særdeleshed. Man har sikkert længe vidst, at Grundvandet har en meget skadelig Virkning paa Agerbruget, naar Vandet ikke tilbørligt afledes; men det er dog først i de sidste 25 Aar, at dets Afledning ved Hjælp

af Drainrør er kommet i Brug og mer og mer har vist sig at være et af de virksomste Midler til Agerbrugets Fremme. Men atter herved famler man om i det uklare, da Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden ere ubekjendte. Man er enig om Drainningens store Betydning for Agerdyrkingen, og man er vel ogsaa nogenlunde enig om den Fugtighedsgrad, som man bør søge at naa, og navnlig om hvor stor en Vandhøjde Erfaring har lært, at Drainledninger som Maximum bør kunne aflede i 24 Timer, og hvor nær ved Jordoverfladen Grundvandet da uden Skade kan tillades at staa i Jorden. Hvad man derimod ikke veed, det er, hvorledes man paa den bedste og billigste Maade skal naa dette Maal; thi man er fortiden meget uenig baade om Dybden, hvortil der bør draines og om den Afstand, hvori Drainrørene bør lægges fra hverandre i Forhold til Dybden. Allerede omtrent for en Snæs Aar siden, navnlig ved Udførelsen af de artefiste Kilder i Damhusøens Opland i Aarene 1851—53, blev min Opmærksomhed henvendt paa Nødvendigheden af nøje at studere de Forhold, hvorunder Grundvandet bevæger sig i Jorden, og de Love, hvorefter disse Strømninger foregaa. Ved at iagttage Kilderne i længere Tid, lykkedes det virkelig at komme til Erkjendelsen af nogle af de Strømningsforhold, som særlig have Interesse ved Boring af artefiste Kilder; men jeg kom dog langt fra til den fulde Erkjendelse af Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden, som jeg havde tænkt muligt at kunne naa. Mere end en halv Snæs Aar, hvori min Opmærksomhed var henledet paa ganske andre Forhold, hengik derpaa uden at jeg foretog nye Undersøgelser over de underjordiske Strømningsforhold, og det var først ved i Tidsskriftet for Landøkonomi, 4de Bind, Pag. 81, at blive bekjendt med en Afhandling „Om Forholdet mellem Drainledningers indbyrdes Afstand og Dybde“, forfattet af Hr. Cand. polyt. D. Hannemann, Sekretair i Landhusholdningsselskabet, at det blev mig rigtig klart, at det ogsaa for Landvæsenet i Almindelighed vilde være af Betydning

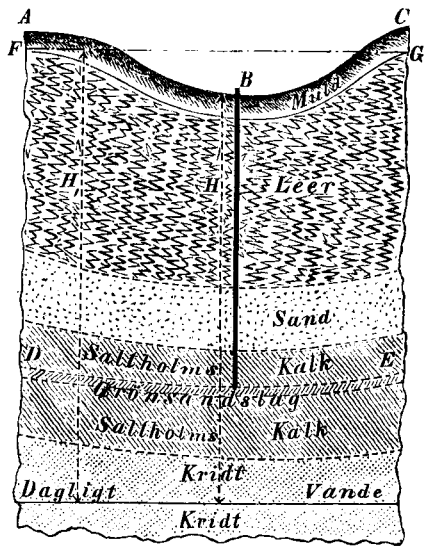
at komme til en nogenlunde klar Kundskab om Lovene for Grundvandets Bevægelse i Jorden.

Det er bekendt at de artefiste Kilder, som Kjøbenhavns Kommune har ladet udføre i Damhusøens Opland, skyldes forsaavidt afdøde Konferentsraad Forchhammer, som det var ham der foreslog at udføre Kildeboringer i denne Egn, fordi han af rent videnskabelige Grunde var ledet til at antage, at der i Oplandets vestlige Del maatte findes rige Kilder, som sandsynligvis maatte kunne tilflyde Damhusøen, og hvis Vand i saa Fald vilde kunne bidrage baade til at forøge og forbedre Kjøbenhavns Drikkevand. Det vakte en ikke ringe Forundring blandt Beboerne af den nævnte Egn, at Mænd som Forchhammer kunde falde paa at ville søge efter Kilder i deres Egn, hvor der ikke fandtes Spor til Kilder; men Forundringen blev endnu større, da man efterhaanden saa Kildevæld, af samme Størrelse og endog betydeligt større end den velbetjendte Maglekilde i Roskilde, bryde frem gjennem Borehullerne. Forchhammer vidste, ifølge sine videnskabelige Forskninger, at de overliggende Jordlag af Leer og Sand hvilede paa Kalk med Kridtunderlag, samt at der i Kalken fandtes vandførende Lag. Derimod var det ham ikke bekendt, hvor rige paa Vand disse Lag vare, ej heller om Vandet stod saa højt deri, at det af sig selv kunde udstømme af Boringen, men han formodede at det sidste vilde være Tilfældet, naar Kilderne bleve valgte paa passende Steder, og Rigtigheden heraf stadfæstedes fuldstændigt ved de udførte Boringer. Om Vandets Bevægelse i de underjordiske Lag havde Forchhammer heller ikke nogen klar Forestilling; han antog nemlig i lang Tid, at Grundvandet henstod i en Art staalformige, underjordiske Beholdere, som vare fyldte med Grus og Sand („Grønsandsgrus“) uden dog at være i indbyrdes Forbindelse, og det var først efterat flere af Kilderne vare udførte, samt efterat jeg af de forskjellige Kilders Stigehøjde havde paavist, at Grundvandstanden havde et jævnt Fald imod Øst, at Forchhammer blev mere tilbøjelig til at gaa ind paa

min Anskuelse, at alle Kilderne staa i indbyrdes underjordist Forbindelse med hinanden gennem de vandførende Lag, hvori Grundvandet stadigt bevæger sig nedad mod Stranden.

Da det med Hensyn paa Kildeboringen var af særlig Betydning for mig, for ikke at spille Penge paa disse Anlæg, med nogenlunde Sikkerhed at kunne afgjøre, forinden vi paa begyndte en Boring, om der var Sandsynlighed for at en Boring paa det valgte Sted vilde give Vand, saa bestræbte jeg mig for af de allerede udførte Kildeboringer at komme til Erkjendelsen af, hvor højt Vandet paa de forskellige Punkter vilde stige, naar Kilderne opstemmedes saa højt, at de ikke mere gave Vand.

Naar vi nemlig i et Dalstrøg, der har Tværsnittet ABC, udføre en artesis Boring i Punktet B ned til det vandførende Grønsandslag DE, og denne Boring fremkalder en artesis Kilde, saa er det klart, at Vandet i Grønsandslaget har en Stigehøjde, der er større end til Jordoverfladen i Punktet B, og at Stigehøjden for Vandet i Grønsandslaget, forinden



Kilden aabnedes, maa have en saadan Stand, eller befinde sig under et saadant Tryk, at det kan stige til en vis Linie FG, som er beliggende i en bestemt Højde H over Jordsmønet i Punktet B. Kjendte man denne Højde for flere Kilder samt Terrajnhøjden over dagligt Vand af Jordsmønet ved B, saa kjendte man jo ogsaa Vandets Stigehøjde over dagligt Vand

for de forskjellige Punkter af Grønsandslaget; ønskede man altsaa at anbringe en ny Kilde imellem de alt borede Kilder eller i en ikke altfor stor Afstand udenfor disse Boringer, saa kunde man herefter forud faa et Begreb om hvor højt Vandet paa det nypaalte Sted vilde stige over Jorden, naar man ved et Nivellement havde bestemt Terrajnets Beliggenhed over dagligt Bunde. For at komme til Kundskab om den højeste Vandstand eller den største Stigehøjde for enhver af de først borede Kilder (Nr. I, II og III), forsøgte jeg derfor, som sagt, at opstemme disse Kilder indtil de ikke mere gavede Vand og paasatte navnlig i den Hensigt efterhaanden nye Stykker af Rør ovenpaa det i Jorden nedrammede Foringsrør, og tvang saaledes Kildevandet til efterhaanden at stige tilvejs indtil Aflobet over Rørets Overkant. Under den saaledes fremkaldte højere og højere Vandstand i Foringsrøret viste det sig, som naturligt er, at Kildens Vandføring aftog alt som Højden, hvortil Vandspejlet opstemmedes, blev større; men det viste sig tillige snart, at det ikke lod sig gjøre at opstemme Kilden saa højt, at dens Vandføring aldeles standsede, fordi Vandet bandede sig Vej ud igjennem Foringsrøret samt langs med dets Sider i Jorden. Ved imidlertid efterhaanden under Opstemningen at maale Vandføringens Størrelse, svarende til de forskjellige Vandstands højder, hvortil Kildens Vandspejl lod sig opstemme, fandt jeg at dens Vandføring stedse var proportional med Afstanden fra Vandspejlet i Stigerøret til Kildens største Stigehøjde, der som sagt er den Højde, hvortil Kildens Vandspejl overhovedet kan opstemmes, naar den ikke giver Vand. Da denne største Stigehøjde, som vi have seet, betegner Højde-Beliggenheden af Grundvandets frie Vandspejl, svarende til de naturlige Forhold, vare tilstede før Vandstanden blev paavirket af Kilden, saa følger deraf videre, at den Tryktaftagelse i det vandførende Lag henimod Kildeboringen, der er en Følge af Vandets Bevægelse i Jorden henimod Borehullet, er proportional med Vandføringen af Kilden. Men da det dernæst ogsaa er aabenbart, at det Tryktaf-

som den underjordiske Strøm lider i det vandførende Grøn-
sandslag paa Vejen henimod Kilden, fremkaldes ved den Mod-
stand, som Grøn-sandsgruset udøver imod Vandets Bevægelse,
saa kan deraf ligefrem sluttes, at Grøn-sandslagets Modstand
er proportional med den igjennem samme strømmende Vand-
mængde. Dette Strømningsforhold, der som bekjendt er ganske
forskjelligt fra hvad der finder Sted ved Vands Bevægelse i
cylindriske og prismatiske Ledninger, antog jeg at kunne hidrøre
fra, at Vandet under Tilstrømningen gjennem det Borehullet
omgivende Lag, strømmede til fra alle Sider, med større og
større Hastighed, alt som det kom Borehullet nærmere, men jeg
kunde forøvrigt ikke rigtigt forklare mig Grunden dertil og lod
det derfor henstaa som en ligefrem Kjendsgjerning.

Se vi bort fra det Tryk-højdetab, som svarer til Modstanden
i selve Foringsrøret, saa kan den fundne Lov for Tryktabet
under Vandets Bevægelse fremstilles ved:

$$H - H_1 = A \cdot Q, \dots \dots (I)$$

idet H og H_1 betegne respektive Kildens største Stigehøjde over
daglig Bunde i Stranden og Kildens virkelige Vandspejls-højde
o. d. V. ved en Vandføring af Q Kubikfod pr. Sekund, medens A
er en Constant, som bestemmes ved Forsøg. Denne Lov blev
mig, som foran antydet, senere til stor Nytte ved Valget af de
Steder, hvor det var sandsynligt, at Kildeboring kunde føre til
virkelige Kilder; thi skjønt jeg, som sagt, ikke direkte kunde be-
stemme den største Højde (H), hvortil en Kilde kunde opstemmes,
og derfor heller ikke ligefrem kunde observere det underjordiske
Grundvandspejls Højdebeligenhed, saa kunde jeg dog ved Hjælp
af en mindre Opstemning af Vandstanden i Foringsrøret i
Forening med en Maalning af Vandføringen under Opstem-
ningen, altid let beregne H . Var til Exempel Vandføringen =
0,425 Kbf. pr. Sek. under almindelige Forhold, naar Vand-
spejlet i Foringsrøret stod 47 Fod over dagligt Bunde, saa var
ifølge (I):

$$H - 47 = A \cdot 0,425;$$

stemmes nu Vandet op i Foringsrøret, f. Ex. 2 Fod, og

Vandforingen derved formindstes til 0,861 Rbf. pr. Sek., saa er efter Formlen (I) tillige:

$$H - 49 = A \cdot 0,861;$$

af disse to Ligninger følger da, at Grundvandspejlets naturlige Højde over dagligt Vand er:

$$H = \text{ca. } 60 \text{ Fod.}$$

Paa denne Maade kunde jeg altsaa bestemme Grundvandet Stigehøjde for de forskjellige Kilder, og af disse Højder drage videre Slutning om Stigehøjden for Grundvandet paa andre Puncter i Oplandet. Ved at sammenligne disse Højder med Terrajnets Beliggenhed over dagligt Vand, havde jeg altsaa et Middel til forud at overbevise mig om, hvorvidt der var Sandsynlighed for at en paatænkt Boring vilde kunne udføres med Held. Men ogsaa paa anden Maade blev Formlen (I) mig til Nytte ved Kildeboringerne, idet jeg ved Hjælp deraf kunde bestemme Stigehøjden over Jorden af Grundvandet for enhver Boring, der blot var ført saa vidt ned, at den begyndte at give Vand, hvilket i Reglen fandt Sted længe før Boringen var fuldendt, især naar der var store Flydesandslag som skulde gjennebores; thi fandtes det paa et saadant tidligt Stadium, at Grundvandet havde en saa lille Stigehøjde over Jorden, at man derefter ikke vilde kunne faa en Kilde af passende Storrelse, saa kunde Boringen standses før store Bekostninger vare offrede derpaa til ingen Nytte.

Jeg skal ikke videre opholde mig ved her omstændeligt at omtale de Forhold, hvorunder de artesiske Kilder i Damhusøens Opland ere udførte, men skal kun i Almindelighed bemærke, at der blev udført Kildeboringer paa 9 forskjellige Steder, som ere betegnede med Nummerne I til IX, hvilke Boringer ere udførte til forskjellige Dybder, beliggende mellem 50 og 250 Fod. Jeg skal nævne, at der i hele Dalsstrøget, gjenne-gaaende under Muldjorden, strækker sig et 20 til 30 Fod mægtigt Verlag, der dækker et vandførende Sand- og Gruslag, som hviler paa Saltholmskalk, der findes 30 til 40 Fod under Jordoverfladen. Paa nogle Steder mangler dog dette Sandlag

aldeles, og i saa Fald hviler Veret umiddelbart paa Kalken. Hvor dette vandførende Sand og Gruslag findes, har det viist sig, at Vandet omtrent har samme Stigehøjde deri, som Vandet i de dybere Lag, til hvilke Boringerne efterhaanden førtes ned, — idetmindste har jeg ikke havt Vejlighed til at bemærke nogen Forstjæl i Stigehøjde. At Vandet i disse nævnte Lag ikke fremtræder som naturlige Kildevæld i Eggen, skyldes alene det svære Verlag, som fuldstændigt dækker det vandførende Lag. Vore rigeste Kilder forsynes dog ikke med Vand fra nævnte Sandlag; men Kildeboringerne ere saavidt muligt førte igjennem dette Lag og ned i Kalken til det vandførende saakaldte „Grønsandsgruslag“ —, som langt lettere tillader Grundvandet at strømme frem gjennem Boringen end Tilfældet er med Flydesandslaget, hvis Sand, naar det ikke fuldstændigt udelukkes fra at trænge ind i Borehullet, i kort Tid fylder dette saaledes, at næsten intet Vand kan strømme derigjennem.

Bed stadig fortsat Sagttagelse af Grundvandspejlets Højde for Damhusøens Opland, har det i Tidens Løb viist sig, at Vandspejlet ikke holder sig bestandigt i samme Højde, men stiger og falder med Fugtighedsforholdene paa Jordoverfladen, og det saaledes, at Forøgelsen af Jordens Vandrigdom staaer i Forhold til den Del af det atmosfæriske Nedslag, som trænger ned i Jorden indtil den Dybde (4—5 Fod), hvori Drainrør sædvanlig nedlægges*). I en tidligere Afhandling i Tidsskrift for Landøkonomi for 1860 har jeg paaviist, at ikke al den Regn, som falder paa drajneede Jorder synker ned til Drainrørene, men at tværtimod næsten intet af den Regnmængde, som i Sommertiden falder paa Jorden, trænger saa dybt ned at Drainrørene give Vand derved; et Resultat som ogsaa har fundet Bekræftelse i andre Lande. Hele Sommerhalvaarets Regnmængde bortgaaer ved Fordampning fra Jordoverfladen, forsaavidt den ikke optages af Planterne, og trænger saa at sige aldeles ikke ned

*) I en Afhandling, som er optagen i Vid. Selsk. Skrifter, vil man finde en fuldstændigere Fremstilling af alle disse Forhold.

i de dybere Jordlag. Det er altsaa væsentligt kun Vinterhalvaarets Nedslag, som forsyner Drainrørene med Vand, og mine Undersøgelser over Kilderne have viist, at det ogsaa er i Vinterhalvaaret, at de underjordiske Lag under Damhusløens Opland modtage deres Tilgang af Vand, samt at den Tilvæxt i Vandmængde, som disse Lag modtage, i alt Væsentligt forholder sig ligesom Vandføringen af de undersøgte Drainrør, der igjen synes at være i Overensstemmelse med Nedslaget eller rettere med den Del af samme, som løber i Jorden i de forskellige Maaneder af Vinterhalvaaret. Der kan derfor næppe være nogen Tvivl om at de underjordiske, vandførende Lag, som forsyne vore artefiske Kilder i Damhusløens Opland, vilde miste en stor Del af deres Vandrigdom, hvis Grunden blev drainet tilstrækkeligt dybt; men det er paa den anden Side klart, at dette Opland fortiden paa en Maade er naturligt drainet til de underjordiske vandførende Lag, som nu tildeels udtømme sig gennem vore Kilder.

Herved opstaaer ganske naturligt det Spørgsmaal, hvor har Grønsandsvandet haft sit naturlige Afløb før Kilderne bleve borede? — Jeg troer efter den Kundskab jeg nu har til Lovene for Vandets Bevægelse i Jorden, at turde anse det som temmelig sikkert, at Grundvandet har haft og endnu har sit naturlige Afløb i sydøstlig Retning til Kallebodstrand; thi dels er det bekjendt fra forskellige Boringer efter Vand, foretagne i Kjøbenhavn og dens Omegn indtil Kjøgevejen, at Grundvandspejlet i Grønsandslagene, der strækker sig under hele Terrajnet, staaer desto lavere jo nærmere Boringen ligger ved Stranden, og dels er det klart af de forskellige Boringer, at Grundvandet har størst Fald i den nævnte Retning til Stranden. De artefiske Kilder i Damhusløens Opland have ganske vist formindstet den Vandmængde, som tidligere flød gennem de vandførende Lag til Kallebodstrand, og de have tillige formindstet Vandstandshøjden under Damhusløens Opland noget; men der kan dog ikke være nogen Tvivl om, at der under almindelige Forhold, ligesom tidligere, endnu fremdeles løber betydelige

Vandmængder ad Stranden til. Under ekstraordinære Forhold, og navnlig i tørre Aar, naar Vandvæsenet ved Hjælp af sine Dampmaskiner og store Maskinpumper udtømmer betydelige Vandmængder af de artefiste Kilder, kan Virkningen af disse Pumpninger derimod spores i Sydvest helt udover Oplandets Grændser, hvoraf ligesom følger, at en Pumpning paa Kilderne under saadanne Forhold lægger Beslag paa Vandet i de underjordiske Grønsandslag i en saadan Udstrækning, at det sandsynligvis kun vilde kunne lykkes at oppumpe endnu større Vandmængder ved Anlæg af artefiste Brønde udenfor Oplandet, og navnlig ved Brønde i Terrajnet Syd for en Linie fra Glostrup til Risby, hvorfra Vandet endnu stadigt strømmer til Kallebodstrand, uafhængigt af de Pumpninger, som foregaa i Damhusøens Opland.

Jeg har maaste opholdt mig temmelig længe med at beskrive Forholdene ved de artefiste Kilder, da Kildeboringer ikke saameget vedkommer Landmanden som Draining af Jorderne, skjøndt ogsaa Kildeboring kan være af Betydning for Landbruget bl. A. for Mejerivæsenet. Grunden til disse Bemærkninger er imidlertid ikke blot den, at jeg ønskede at meddele Andre en Interesse for vore artefiste Kilder, der have udøvet stor Indflydelse paa Kjøbenhavns Vandforsyning; men væsentligt den, at det staaer klart for mig, at ligesom de ved Kilderne anstillede Undersøgelser over Vandets Bevægelser i Jorden efterhaanden have givet mig et Syn paa de underjordiske Vandbevægelser, som jeg tør sige nærmer sig til det Rigtige, saaledes vil ogsaa en Betragtning af de Forhold, som Kilderne fremvise, lettest være istand til at bibringe Andre et nogenlunde klart Indblik i de underjordiske Vandbevægelseres Natur.

Uagtet de Erfaringer, som saaledes bleve samlede ved de artefiste Kilder, i det Hele vare vel stikede til at give en rigtig Anstuelse angaaende de underjordiske Strømningsforhold, saa vare de dog ikke tilstrækkelige til at bibringe mig en saa klar Forestilling om Grundvandets Bevægelse, som behøvedes

for paa tilfredsstillende Maade at kunde gjøre Rede for de Love, hvorefter Grundvandets bevæger sig i Jorden. Da der ikke faldt mig noget Middel ind, hvorved jeg vilde kunne bringe Sagen til Klarhed, saa forblev der bestandigt noget Utilfredsstillende for mig ved de Undersøgelser af Rilderne, hvorpaa jeg havde anvendt saamegen Tid. En lang Tid hengik derfor før jeg igjen kom ind paa denne Række Undersøgelser over Grundvandets Løb, og da ad en hel anden Vej end tidligere. Som jeg alt har nævnt, var det først ved i Tidsskrift for Landøkonomi at blive bekendt med Hr. Sekretair Hannemanns Afhandling, at min Opmærksomhed blev henledet saavel paa det uklare Standpunkt, hvorpaa den almindelige Drainings-theori hviler, som paa den store Fordel for Vandvæsenet, det vilde kunne medføre, hvis man i hvert enkelt Tilfælde var istand til at angive de Dybder og de indbyrdes Afstande, hvori Drainledningerne hensigtsmæssigst ville være at nedlægge.

Bed nu paany at tænke over denne Sag, faldt det mig ind at afgjørende Forsøg over Lovene for Grundvandets Bevægelse i Jorden maatte kunne udføres paa en temmelig simpel Maade, nemlig ved at lade en given Vandmængde strømme gennem forskellige Sand og Gruslag, imedens man observerer hvor stort det tilsvarende Vandspejlsfald er for hvert af de undersøgte Jordarter. I Overensstemmelse med denne Tanke, har jeg derfor i Sommeren 1870 udført efterfølgende Rækker af Forsøg over Vandets Bevægelse i forskellige Sand og Gruslag, saaledes som jeg nu nærmere skal beskrive.

Paa Vandværksplassen lod jeg i det angivne Niemed opstille en af Træ dannet Maalekasse, som tilhørte Vandinspektør Poulsen, der velvilligt overlod mig samme til Benyttelse. Bemeldte Kasse, som var udført af sammenpløjede 3-Tommers Planker, var indvendig udforet med et tyndt Lag af Portland-Cement. Den havde en indvendig Længde af ca. $11\frac{1}{2}$ Fod, en Dybde af ca. $16\frac{1}{2}$ Tomme og en indvendig Brede af 23 Tommer. Ved den indvendige Cementering, var

Bundfladen formet saaledes, at den krummede sig op og løb jævnt over i de lodretstaaende Sideflader uden skarpe Overgange; men Røsfens indvendige Tværsnitsareal var forøvrigt temmelig nær konstant langs hele Længden og udgjorde ca. 2,23 □ Fod.

Denne Maalekasse, som forøvrigt var forarbejdet i et helt andet Diemed, var ved et Tværstillerum delt i 2 Rum, hvoraf det ene havde en Længde af ca. $10\frac{1}{2}$ Fod, medens det andet kun havde en Længde af ca. 1 Fod. Begge disse Rum bleve satte i Forbindelse med hinanden saaledes, at det filtrerede Vand, som jeg i en stadig Strøm lod indstrømme fra Vandværket i den mindre Afdeling, derfra flød fuldkommen jævnt over til den større Afdeling, hvori Forsøgene anstilledes. I begge Ender af dette større Rum blev der nedlagt Smaasteen i en Længde af Røssen af omtrent 1 Fod, og mellem disse to Stenlag blev det Materiale, hvis Ledningsmodstand mod Vandets Bevægelse jeg vilde undersøge, anbragt i en Længde af ca. $8\frac{1}{2}$ Fod. Det fra Vandværket tilstrømmende filtrerede Vand passerede altsaa fra det mindre Rum gennem Tværstillerummet ind i det tilstødende Stenlag, hvori det fordelte sig saaledes, at det tilflød Forsøgsmaterialet fuldkommen ensformigt og jævnt. Efter at Vandet havde gennemstrømmet Forsøgsmaterialet, traadte det ind i det i Røsfens anden Ende værende Stenlag, hvori Vandet fandt en let Udvej gennem et i Røsfens Endeflade værende Afløbsrør, der var bevægeligt saaledes, at jeg, ved at aabne en Hane paa Røret, kunde lade Afløbet finde Sted i hvilken Højde jeg ønskede; dette Afløbsrør tjente da forøvrigt til at bestemme Størrelsen af den Vandmængde, som i en given Tid strømmede igennem det i Maalekassen anbragte vandførende Lag. Ved at give Maalekassen et større eller mindre Fald fra Indstrømningsbassinets til Udstrømningsrøret og ved derhos at maale Vandstandshøjden i de to Stenlag ved begge Ender af Forsøgsmaterialet, kunde jeg bestemme Vandspejlsfaldet i den undersøgte Jordart, svarende til den stedfindende Vandføring. For at kunne holde konstant

Bandspejls-højde ved Indløbet, var det lille Bassin forsynet med et krumt Afløbsrør, der kunde stilles saaledes, at Bandspejlet i Bassinet stadigt holdtes i den Højde, som jeg ønskede, idet alt det overflødige Vand, som tilførtes, bortstrømmede gennem dette Afløbsrør. Da Maalekassens indvendige Brede, som angivet, var 23 Tommer, formindstedes Strømmens Tværsnitsareal med $0,16 \square$ Fod for hver Tomme Strømmens Bandspejl laa under Maalekassens Overkant, og Strømmens Tværsnitsareal S , udtrykt i Kvadratsfod, kunde derfor bestemmes efter Formlen:

$$S = 2,33 - 0,16 \cdot n,$$

idet n betegner Antallet af Tommer, som Bandspejlet fandtes at ligge under Maalekassens Overkant.

Jeg har paa denne Maade udført Forsøg over Vandets Bevægelse, dels i almindelig, ren, skarp Filtersand, dels i almindelig stort Grus og endelig i bornholmst Grus og vil nu begynde med at give en Oversigt over de Resultater, som erholdtes ved Forsøg med Filtersand, der havde en saadan Finess, at der omtrent gik 80 Sandkorn paa en Længde af $1\frac{1}{2}$ Tomme.

Imellem de to Lag af Smaasten, som anbragtes i begge Ender af Maalekassen, blev altsaa Rummet fyldt med Filtersand i en Længde af $8,6$ Fod, og efter at dette Sandlag var omhyggeligt nedlagt og jævnet, blev der paafat Vand, som efterhaanden gennemstrømmede Sandet fra den ene Ende af Maalekassen til den anden, indtil det tilfids flød fuldkommen klart bort igjennem Maalerøret i Kassens nederste Ende. Ved alle de anstillede Forsøg over Vandets Bevægelse blev det iagttaget, at Apparatet var i fuldkommen jævn Gang for Maalningerne udførtes, og Resultaterne af de under disse Forhold foretagne Maalninger vare følgende:

Forsøg med Filter sand.

Forsøgenes Nummer og Dato.	Maalekassens Fald paa 8,0' Længde.	Vandstand i Sandlaget under Overtanten af Maalekassen.		Vandspejlsfald pr. Fod.	Vandføring i Timen.
		Bed Indtrædelsen.	Bed Udtrædelsen.		
Nr. 1 23. Ap. 1870	9 ⁵ / ₈ L.	1 ⁷ / ₈ L.	4 ¹ / ₄ L.	0,116 Fod	1,08 Kbf.
— 2 24. — —	9 ⁵ / ₈ —	2 —	9 ³ / ₄ —	0,169 —	1,32 —
— 3 25. — —	3 ³ / ₄ —	1 ⁵ / ₈ —	4 ³ / ₈ —	0,068 —	0,39 —
— 4 30. — —	3 ³ / ₄ —	2 ⁵ / ₈ —	10 ¹ / ₈ —	0,110 —	0,72 —
— 5 6. Maj —	7 ³ / ₈ —	2 —	4 ³ / ₄ —	0,098 —	0,60 —
— 6 10. — —	7 ³ / ₈ —	2 —	8 —	0,139 —	0,97 —
— 7 11. — —	7 ³ / ₈ —	2 ¹ / ₂ —	7 ³ / ₄ —	0,121 —	0,96 —
— 8 12. — —	7 ³ / ₈ —	2 ¹ / ₈ —	6 —	0,108 —	0,81 —
— 9 13. — —	7 ³ / ₈ —	2 —	3 ³ / ₄ —	0,087 —	0,52 —
— 10 22. — —	1 ¹ / ₄ —	2 ³ / ₈ —	5 ⁷ / ₈ —	0,088 —	0,19 —
— 11 28. — —	1 ¹ / ₄ —	2 ¹ / ₂ —	9 ⁷ / ₈ —	0,074 —	0,52 —
— 12 29. — —	1 ¹ / ₄ —	2 ¹ / ₂ —	9 ⁷ / ₈ —	0,074 —	0,52 —

For nærmere at bestemme Vandspejlsformen under det firdstanførte Forsøg af 29de Maj blev der i Sandet nedstuffed 3de Stykker halvtommige Jernrør, i Midten af Maalekassen, i Afstandene 3', 5' 10" og 8' 2" fra Sandlagets Begyndelse. Ved i disse Rør at maale Vandstanden i Sandlaget samt tidigt med at Vandstanden maalttes i Stenlagene ved Begyndelsen og Enden af Sandlaget, fandtes Vandstanden i Sandlaget under Maalekassens Overtant at være følgende:

3 Indløbet.	3 Fod fra Indløbet.	5,83 Fod fra Indløbet.	8,17 Fod fra Indløbet.	8,6 Fod fra Indløbet.
2 ¹ / ₂ Tomme	4 ³ / ₄ Tomme	6 ³ / ₄ Tomme	8 ³ / ₄ Tomme	9 ⁷ / ₈ Tomme

hvorefter Strømmens Tværsnitsareal, bestemt ved Formlen $S = 2,33 - 0,16 \cdot n$ findes at have været henholdsvis 1,98 □ Fod, 1,57 □ Fod, 1,95 □ Fod, 0,93 □ Fod, 0,75 □ Fod. Jeg kommer i det følgende tilbage hertil for at paavise, at den herved bestemte Vandspejlsform er en Parabel. Under de med Maalekassen udførte Forsøg af 23de og 24de April var Kassen næsten fuldkommen tæt; men efterat denne derpaa var bleven løftet med den nederste Ende, viste Kassen sig at være

noget utæt ved høj Vandstand, hvorimod den endnu fremdeles viste sig at være tæt, naar Vandstanden ikke holdtes for højt i den nederste Ende. Da jeg imidlertid anfaa Utæthederne for at være saa smaa, at de ikke vilde udøve nogen væsentlig Indflydelse paa Forsøgsresultaterne, tog jeg intet videre Hensyn til dem.

Den 22de Juli blev Filterlandet udtaget af Maalekassen og denne i dets Sted fyldt med skarp Grus af den Slags, som oprindeligt var nedlagt i Vandværnets Filtre, umiddelbart under Sandlaget. Dette Grus havde en saadan Størrelse, at 40 Korn tilsammen gennemsnitlig havde en Længde af $1\frac{1}{2}$ Tomme.

Vand blev derpaa paafat, og til nøjagtig Bestemmelse af Vandstanden i Gruslaget, der havde 8,6 Fods Længde mellem de tilstødende Smaastenslag, blev der i Maalekassens Midterlinie nedsat 4 Stykker lodretstaaende Maalerør, hvis Overkant stod i Højde med Overkanten af Maalekassen. Det første af disse Rør (Nr. 1) blev nedstuffedet i Kassens øverste Ende ved Overgangen fra Sten- til Gruslaget; det andet Maalerør (Nr. 2) blev nedstuffedet i Gruset 3,6 Fod fra det første; det 3die Maalerør blev nedstuffedet i 6,1 Fods Afstand fra Nr. 1 og det fjerde Maalerør i 8,6 Fods Afstand fra samme Rør.

Med dette Apparat blev derefter udført efterstaaende:

Forsøg med almindeligt Grus.

Forsøgenes Nummer og Dato.	Maalekassens Fald paa 8,6 Fod.	Vandstand i Gruslaget under Maalekassens Overkant.				Vand- spejlsfald pr. 10b. Fod.	Vand- føring i Timen.	
		Maale- rør 1.	Maale- rør 2.	Maale- rør 3.	Maale- rør 4.			
Nr. 13	23. Juli 70	$\frac{3}{4}$ L.	$1\frac{1}{2}$ L.	$4\frac{1}{4}$ L.	$6\frac{3}{8}$ L.	$8\frac{7}{8}$ L.	0,079 Fod	3,70 Rbfd.
— 14	—	$\frac{3}{4}$ —	$1\frac{5}{8}$ —	$3\frac{1}{2}$ —	$4\frac{5}{8}$ —	$4\frac{7}{8}$ —	0,039 —	2,15 —
— 15	—	$\frac{3}{4}$ —	$1\frac{3}{4}$ —	$4\frac{3}{4}$ —	$6\frac{7}{8}$ —	$8\frac{7}{8}$ —	0,078 —	4,16 —
— 16	26. Juli	$\frac{3}{4}$ —	$2\frac{1}{8}$ —	4 —	$5\frac{7}{8}$ —	$8\frac{1}{8}$ —	0,085 —	4,11 —
— 17	10. Aug.	$\frac{3}{4}$ —	$2\frac{3}{4}$ —	$4\frac{1}{4}$ —	5 —	$5\frac{1}{8}$ —	0,030 —	2,20 —

Det ved Utæthederne foranledigede Vandtab blev her maalt saa omhyggeligt som muligt og medtaget i Beregningen.

Den 15de September blev det benyttede Filttergrus udtaget af Maalekassen og denne derefter fyldt med det almindeligt bekjendte grove, røde, bornholmste Grus, som nufortiden danner Underlaget for Sandet i Vandvæsenets Filtre. Dette Grus havde en saadan Størrelse, at den samlede Længde af 10 Korn gjennemsnitlig udgjorde $1\frac{1}{2}$ Tomme. Af Mangel paa Materiale blev det til Undersøgelse bestemte Gruslag kun givet en Længde af 8 Fod; Resten af Kassen blev fyldt med Smaasten. Midt i Forsøgsapparatet blev nedsat 3 Maalerør for Vandstanden i Gruslaget, nemlig et Rør ved den øverste Ende af Gruslaget, et Rør 3,6 Fod fra Nr. 1 og det 3die i 8 Fods Afstand fra Røret samme Rør.

Med dette Apparat blev der foretaget følgende

Forføg med bornholmst Grus:

Forsøgenes Nummer og Dato		Maalekassens Fald paa 8 Fod.	Vandstand i Gruslaget under Maalekassens Overtant.			Vandspejlsfald pr. løb. Fod.	Vandføring i Timen.
			Maalerør 1.	Maalerør 2.	Maalerør 3		
Nr. 18	15. Sept	$\frac{7}{8}$ L.	4	L. 4	L. $4\frac{1}{8}$	0,013 Fod.	15,25 Kubf.
— 19	16. —	$\frac{7}{8}$ —	$7\frac{1}{2}$	— 7	— $6\frac{7}{8}$	0,0026 —	2,86 —
— 20	— —	$\frac{7}{8}$ —	$7\frac{1}{2}$	—	$6\frac{3}{4}$ à $6\frac{7}{8}$ L	0,0021 —	1,65 —
— 21	— —	$\frac{7}{8}$ —	$7\frac{7}{8}$	—	$7\frac{1}{16}$ L.	0,00085 —	0,45 —
— 22	— —	$\frac{7}{8}$ —	$5\frac{1}{8}$	— $5\frac{5}{8}$	— $6\frac{5}{8}$	0,0237 —	21,3 —

Vandspildet ved Forsøget Nr. 18 er medtaget under Vandføringen. Under Forsøgene Nr. 19—22 fandt intet Vandtab Sted gennem Utætheder.

Da det herved var bleven mig klart, at Maalekassen var fuldkommen tæt, naar Vandstanden i samme ikke overstred visse Grændser, besluttede jeg at gjentage Forsøgene med Filtter sand ved en lavere Vandstand i Maalekassen. Det bornholmste Grus blev derfor udtaget d. 22de Septbr., og det tidligere benyttede Filtter sand indbragt i Kassen i et Lag af $6\frac{1}{2}$ Fods Længde, medens Resten af Kassen fyldtes med Smaasten. Et Maalerør blev anbragt ved hver Ende af det 6,5 Fod lange Sandlag og til Bestemmelse af Vandstanden udførtes derefter følgende

Forsøg med Filter sand:

Forsøgenes Nummer og Dato.	Maalekassens Fald paa 6,5 Fod.	Bandsstand under Maalekassens Overkant.		Bandspejlsfald pr. Løb. Fod.	Bandsføring i Timen.
		Maalerør Nr. 1.	Maalerør Nr. 2.		
Nr. 23	23. Sept. 70	$11/16$ L.	$7 1/2$ L.	$9 3/8$ L.	0,033 Fod. 0,191 Kbfd.
— 24	24. — —	7,3 —	$8 1/4$ —	$9 1/4$ —	0,107 — 0,581 —
— 25	25. — —	7,3 —	$6 5/8$ —	$9 1/4$ —	0,127 — 0,708 —
— 26	29. — —	7,3 —	$6 3/8$ —	$9 1/8$ —	0,125 — 0,620 —
— 27	30. — —	7,3 —	$8 1/4$ —	$9 1/4$ —	0,108 — 0,36 —
— 28	— — —	7,3 —	$9 3/4$ —	$9 1/4$ —	0,087 — 0,368 —
— 29	— — —	7,3 —	$9 1/2$ —	$9 1/4$ —	0,091 — 0,357 —

Bed alle disse Forsøg var Maalekassen fuldkommen vandtet.

Naar de anførte 29 Forsøg ordnes i tre Grupper efter Forsøgs materialet og efter Bandspejlsfaldets Størrelse, samt naar Bandstrømmens, eller rettere Sandlagets vandførende Tværsnitsareal bestemmes tilligemed Strømmens Hastighed, idet vi tænke os hele Strømprofilen som en fuld Bandstrøm, saa finde vi som Middeltal for Bevægelsen igjennem Maalekassen følgende Resultater:

1. Følge Forsøgene med Filter sand.

Forsøgets Nummer.	Bandspejlsfald pr. Løb. Fod.	Middeltværsnitareal af Strømmen.	Bandsføring i Timen.	Strømhastighed i Timen.	Forchold mellem Hastighed og Bandspejlsfald, eller Hastigheden i et lodret Rør, hvori Faldet paa Genshed af Længde er = 1.
2	0,169 Fod	1,39 □ Fod	1,22 Kbfd.	0,88 Fod	5,2
6	0,128 —	1,53 —	0,97 —	0,63 —	4,9
25	0,127 —	1,08 —	0,708 —	0,67 —	5,2
26	0,125 —	1,15 —	0,620 —	0,54 —	4,3
7	0,121 —	1,51 —	0,98 —	0,63 —	5,3
1	0,118 —	1,84 —	1,08 —	0,59 —	5,1
4	0,110 —	1,81 —	0,73 —	0,55 —	5,0
8	0,108 —	1,66 —	0,81 —	0,38 —	4,4
24	0,107 —	0,93 —	0,581 —	0,63 —	5,9
27	0,106 —	0,93 —	0,360 —	0,50 —	4,7
5	0,099 —	1,77 —	0,80 —	0,33 —	3,4 *)
29	0,091 —	0,83 —	0,387 —	0,38 —	5,0
9	0,087 —	1,87 —	0,52 —	0,29 —	3,2 *)
28	0,087 —	0,81 —	0,368 —	0,45 —	5,2
11	0,074 —	1,84 —	0,52 —	0,40 —	5,4
12	0,074 —	1,34 —	0,53 —	0,40 —	5,4
3	0,068 —	1,85 —	0,39 —	0,21 —	3,3 *)
10	0,036 —	1,66 —	0,19 —	0,115 —	3,2 *)
23	0,033 —	0,98 —	0,191 —	0,20 —	6,0

Middeltforholdstal = 5,1

Forføgene Nr. 3, 5, 9 og 10, der vise de mindste Forholdstal, ere alle udførte ved høj Vandstand og ringe Vandspejlsfald. Vandføringen har derfor været forholdsvis lille medens Vandspildet gennem Utæthederne paa Maalekassen har været forholdsvis stort, og dette er utvivlsomt Grunden til de smaa Forholdstal. Ved derfor at udelade de 4 med *) betegnede Forføg, er Middelforholdstallet mellem Hastighed og Vandspejlsfald bestemt.

II. Følge Forføgene med almindeligt Grus.

Forføgets Num=mer.	Vand=spejlsfald pr. løb. Fod.	Middel=tværsnits=areal af Strømmen.	Vand=føring i Timen.	Strøm=hastighed i Fimen.	Forhold mellem Hastighed og Vandspejlsfald α : Hastighed i et lodret Rør for hvilket Faldet paa Enhed af Længde er = 1.
13	0,079 Fod	1,50 □ Fod	3,70 Kbfd.	2,47 Fod	31
15	0,076 —	1,48 —	4,16 —	2,81 —	37
16	0,085 —	1,51 —	4,11 —	2,72 —	42
14	0,089 —	1,61 —	2,15 —	1,19 —	31
17	0,020 —	1,70 —	2,26 —	1,88 —	44
Middel=Forholdstal = 37					

III. Følge Forføgene med bornholmst Grus.

22	0,0287 F.	1,89 □ Fod	21,80 Kbfd.	15,8 Fod	616
18	0,018 —	1,86 —	15,25 —	9,2 —	708
19	0,0028 —	1,18 —	2,88 —	2,4 —	923
20	0,0021 —	1,19 —	1,65 —	1,4 —	667
21	0,00065 —	1,18 —	0,45 —	0,4 —	616
Middel=Forholdstal = 712					

Betragte vi nu de saaledes fremstillede Forføgsresultater, saa finde vi uheldigvis, at Forføgene indbyrdes ikke stemme saa fuldkommen overens som ønskeligt vilde være, eftersom det viser sig, at Forføg med det samme Materiale under det samme Vandspejlsfald have givet Strøm=hastigheder, som ere mærkeligt forskellige. Smidlertid er Overensstemmelsen i det Hele dog saa stor, at det kan betragtes som aldeles utvivlsomt godtgjort ved disse Forføg, at Vandets Strømnings=hastighed (v) for enhver Vandstrøm, som bevæger sig gennem et i Jorden værende ensartet, vandførende Lag, er ligefrem proportional

med den Højde (h), hvorigjennem Vandet falder, \circ : med Vandspejlsfaldet af den betragtede Strøm, og omvendt proportional med Længden (l) af den Vej, som Strømmen imidlertid gennemløber.

Den søgte Lov for Vandets Bevægelse igjennem et ensartet Jordlag, kan derfor ganske i Almindelighed fremstilles saaledes:

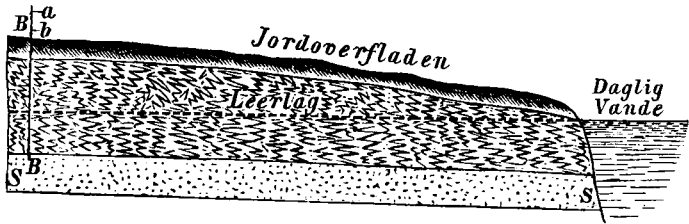
$$\frac{h}{l} = A \cdot v, \dots \dots (II)$$

idet A er en Størrelse, som voxer med det vandførende Lags Tæthed, og som nærmere beseet viser sig at fremstille det Vandspejlsfald, som er nødvendigt for at Strømmen skal bevæge sig med en Hastighed af 1 Fod i den valgte Tidsenhed, eller hvad der er det samme for at Strømmen skal have en Vandføring af 1 Kubiffod pr. Kvadratfod af Strømsprofilen.

Dette Resultat er, som man seer, fuldkommen overensstemmende med hvad der efter Undersøgelserne ved de artefiske Kilder er fremstillet i Formlen (I); men det sees tillige, at Grunden til at Loven for Vandets Bevægelse i de kildebannende Lag fremstillede sig under den ved (I) angivne Form, ikke som jeg tidligere antog var den, at Strømmen flyder til eller trænger frem fra alle Sider imod Borehullet, men simpelthen den, at det er en almindelig Lov for Vandets Bevægelse i Jorden, at Tryktabet er proportionalt med Strømhastigheden.

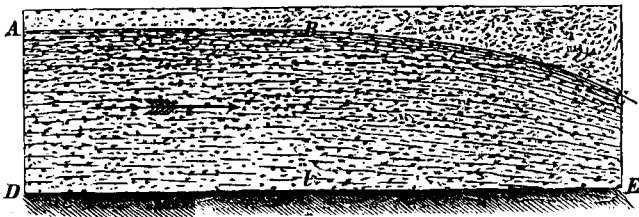
Ved Hjælp af Formlen (II) som fremstiller den almindelige Lov for Vandets Bevægelse i Jorden, ville vi nu, som vi i det Følgende efterhaanden skulle see, være istand til temmelig klart at gennemstue en hel Række af Strømningsforhold, hvorom vi hidindtil saa at sige ingen Kundskab have havt.

Tænke vi os til Exempel et vandførende Sandlag SS, som er dækket af et for Vand uigjennemtrængeligt Lerlag, og fremdeles at dette Sandlag modtager Grundvandet ved S og fører det til Stranden ved S, saunt forudsættes det, at vi til een Tid observere Vandets Stigehøjde i et Borehul BB



og finde, at det staaer ved a i en Højde af 48 Fod over dagligt Vand, medens vi til en anden Tid finde, at Grundvandet staaer i Højde med b , f. E. 42 Fod over dagligt Vand, saa vide vi nu ifølge Formlen (II), at Strømhastigheden i det vandførende Lag i sidste Tilfælde kun er $\frac{7}{8}$ af hvad den var i første Tilfælde, samt at Lagets Vandføring i det sidste Tilfælde selvfølgelig ogsaa kun er $\frac{7}{8}$ af Vandføringen i første Tilfælde.

Tænk vi os dernæst et horizontalt vandførende Sandlag af saadan Tykkelse at Vandet, som antages at bevæge sig paa et fast uigjennemtrængeligt Lerlag eller lignende, kun fylder den nederste Del af Sandet, samt antage vi at Vandet, som gjennemstrømmer dette Sandlag, tilstrømmer fra den ene Ende af Laget, — saaledes som Tilfældet var ved de af mig udførte Forsøg med Maaletassen, — saa lader det sig let paavise, at



Grundvandspejlet, som antydet i ovenstaaende Figur ved Linien ABC, vil antage Form af en Parabel, naar Vandet i Sandlaget bevæger sig i Retning af Pilen. Sættes Strømmens Bredde = B , dens Dybde ved Indløbet $AD = D_0$, dens Dybde i en

vilkaarlig Afstand l fra Indløbet $= D$ og dens Vandføring i Timen $= q$, saa er naturligvis Strømmens Tværsnitsareal ved Begyndelsen $= B \cdot D_0$, medens det, efter at Vandet har gennemløbet Bejen l , er $= B \cdot D$. Middeltværsnitsarealet af Strømmen bliver derfor $= \frac{B(D_0 + D)}{2}$, og den tilsvarende Middelhaftighed altsaa

$v = \frac{2q}{B(D_0 + D)}$, og da Vandspejlsfaldet h paa Længden l kan fremstilles ved $(D_0 - D)$ finder man naar disse Udtryk indsættes for v og h i Formlen (II) erholdes:

$$\frac{D_0 - D}{l} = A \cdot \frac{2q}{B(D_0 + D)}$$

En mere skarp Undersøgelse, som jeg dog ikke her skal gaa videre ind paa, viser, at denne Ligning nøjagtigt fremstiller Loven for Vandets Bevægelse paa ethvert Punkt af dets Bane. Med Hensyn til den fuldstændige Undersøgelse af dette og flere følgende Strømningsforhold, maa jeg henvise til min Afhandling i Videnskaberne's Selskabs Skrifter. For at overbevise os om, hvorvidt ovenstaaende Ligning stemmer overens med Erfaring, bemærkes foreløbigt at bemeldte Ligning, der kan gives følgende Form:

$$(B \cdot D) = \sqrt{(B \cdot D_0)^2 - 2 B \cdot A q \cdot l}, \dots (III)$$

ligeform svarer til de Forhold, som fandt Sted under Forsøget den 29de Maj, hvorved som sagt $B = 1,917'$, $A = \frac{1}{5,4}$ og $q = 0,52$ Kbfd. medens Strømsprofilen ved Indløbet var $(B \cdot D_0) = 1,93 \square'$. Indsætte vi disse Værdier for B , A , q og $(B \cdot D_0)$ i Formlen (III), saa blive vi derved istand til at beregne Strømmens Tværsnitsareal $(B \cdot D)$ for en hvilken som helst Afstand l fra Indløbet ved Hjælp af Formlen:

$$B \cdot D = \sqrt{3,725 - 0,37 \cdot l}$$

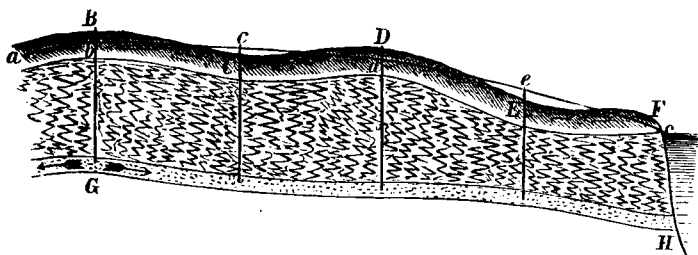
Herefter finde vi t. Ex., naar vi efterhaanden sætte: $l = 0$, $= 3,0$, $= 5,83$, $= 8,17$, $= 8,6$ Fod, Tværsnitsarealet $(B \cdot D)$

= 1,93, = 1,61, = 1,25, = 0,84, = 0,74 □ Fod, medens For-
 søgene af 29. Måj have givet (B. D) = 1,93, = 1,57, = 1,25,
 = 0,93, = 0,75 □ Fod, hvoraf tydeligt fremgaaer, at Formlen
 (III) er i fuldkommen Overensstemmelse med hvad der finder
 Sted i Naturen.

Vi have nu betragtet Vandets Bevægelse i Jordlag under
 den Forudsætning, at alle Tværsnit paa Strømmen have samme
 Vandføring for lige Brede af Strømmen, altsaa under For-
 udsætning af, at Vandføringen $\left(\frac{q}{B}\right)$, der svarer til en Strøm-
 brede af 1 Fod, er ligestor for alle Bærdier af 1. Et saadant
 Tilfælde forekommer imidlertid kun sjældnere i Naturen; det hypp-
 igit forekommende Tilfælde er tværtimod det, hvor den under-
 jordiske Strøm, under sit Løb gennem det vandførende Lag,
 stadigt forøges paa alle Punkter derved, at Regnvandet ovenfra
 trænger ned i Jorden til det vandførende Lag. Under visse
 Omstændigheder, og navnlig paa visse Tider af Aaret, kan det
 da indtræde, at Tilgangen af Vand fraoven er standset, saa
 at Strømmen har konstant Vandføring $\left(\frac{q}{B}\right)$ paa hele Længden,
 ja det Tilfælde kan endog forekomme, at Jorden oven fra ud-
 tørrer saa stærkt, at en Opsugning af Vand fra det vand-
 førende Lag kan finde Sted; men i alle Tilfælde, hvad enten
 Lagets Vandtilgang er positiv, Null eller negativ, ville vi i det
 Følgende regne Tilgangen at være ligestor i lige Tid for lige
 store Arealer af det omhandlede Terrajn, idet vi tænke os
 Jordsmønnet at være saa nær horisontalt, at Regnvandet kan
 forudsættes at synke lodret ned.

Vi ville nu i Overensstemmelse hermed foreløbigt tænke
 os et Terrajn, hvilende paa et Grønsandslag, hvorigennem det
 overalt ligeligt nedsynkende Regnvand føres bort til Stranden,
 saaledes som Tilfældet er med det hele Terrajn, som fra
 Kallebostrand strækker sig op under Damhusløssøens Dpland.
 Antage vi at det vandførende Grønsandslag har samme
 Tykkelse overalt, hvilket idetmindste tilnærmelsesvis maa gjælde

for det nævnte Grønsandsterrajn, saa lader det sig paavise, som jeg skal vise, at Grundvandet under dets Løb ad Stranden til maa indstille sig saaledes, at dets frie Overflade har Form af en Parabel, hvis Toppunkt findes paa det Sted i Terrajnet, hvor Vandfjeldet er, og hvorfra Grundvandet strømmer til begge Sider.



I ovenstaaende Figur betegner BCDEFGH et Længdesnit igjennem Terrajnet fra Vandfjeldet ved B til Stranden ved F og GH det vandførende Grønsandslag. Naar det dernæst forudsættes, at en Boring ved B har viist, at Grønsandslagets Vandstandshøjde er ved b, saa vil Stigehøjden for Grundvandet langs hele Linien BCDEF, fra Vandfjeldet ned til Stranden, være beliggende i den Parabelbue, som er antydet ved bcdef. Paa alle de Steder, hvor denne Vandspejlslinie ligger over Jordoverfladen, vil en artesiske Boring selvfølgelig give Aildevæld, saafom ved C og E; hvorimod en Boring ved B eller D kun vil give en Vandstandsmaaler for Grundvandet.

Da det vandførende Lag antages udstrakt under hele Terrajnet og de overliggende Jordlag ligeledes antages at være de samme overalt, saa kunne vi gjøre Regning paa at det Grundvand, som afløber gjennem Grønsandslaget til Stranden mellem to parallelle Længdesnit, der t. Ex. befinde sig i 1 Fods indbyrdes Afstand, alene hidrører fra den Regnmængde, som synker i Jorden mellem de to Længdesnit. Betegnes den Del af Regnhøjden, som synker i Jorden pr. Time, ved r Fod Vandhøjde,

saa vil den Vandmængde, som tilstrømmer det vandførende Lag i Timen imellem de to Længdesnit, der have Længden l fra Vandstjeldet, aabenbart være $= r \cdot l$ Cubikfod, naar Længden l udtrykkes i Fod. Betegnes Strømhastigheden i det vandførende Lag, i Afstanden l fra Vandstjeldet, ved V Fod i Timen og Grønsandslagets Tykkelse ved t Fod, saa er Lagets Tværsnitsareal for en Brede $= 1$ Fod udtrykt ved $t \cdot 1 = t \square$ Fod og dets Vandføring altsaa $= t \cdot V$ Kubikfod i Timen. Er der nu Ligevægt mellem Tiløb og Aføb for det betragtede Lag, saa er Vandføringen $t \cdot V = r \cdot l$ og altsaa Hastigheden $V = \frac{r}{t} \cdot l$. Dette er saaledes Udtrykket for Strømhastigheden i Afstanden l fra Vandstjeldet; men da Strømmen begynder ved selve Vandstjeldet, hvor Strømhastigheden $= 0$, saa kan Middelhastigheden, hvormed Vandet har gennemløbet Vejen l , aabenbart sættes $= \frac{rl}{2t}$, og naar denne Middelhastighed indsættes for v i Formlen (II), erholdes:

$$\frac{h}{l} = \frac{A \cdot r}{2 \cdot t} \cdot l, \dots \dots (III)$$

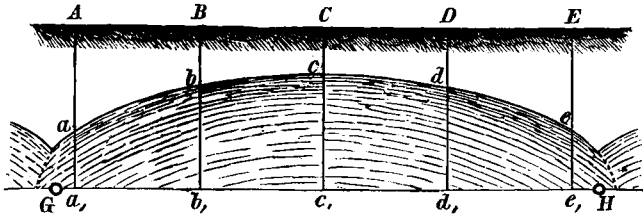
som ved en nærmere Undersøgelse, hvorpaa vi dog her ikke ville indlade os, fuldkommen nøjagtig viser sig at fremstille Vandets Bevægelse. — Ved Hjælp af den i (III) angivne Lov for Vandspejlets Fald h paa Længden l fra Vandstjeldet, kan man let bestemme Vandstandshøjden paa ethvert Punkt af den hele Strækning ned til Stranden. Antage vi, hvad der har Sandsynlighed for sig, at Grønsden for Damhusøens Opland tillige betegner Beliggenheden af det underjordiste Vandstjel, samt at Retningen af den underjordiste Vandstrøm gaaer fra Kilden Nr. III ved Harrestrup under Brøndbøster ned imod Avedøre Holme, saa findes det bl. A., at naar Vandstanden ved Nr. III, der ligger i ca. 38,000 Fods Afstand fra Kysten, oprindeligt var 60 Fod over dagligt Vand, saa maatte Vandstandsklinien ved Brøndbøster i ca. 18,000 Fods Afstand fra Kysten, ligge i en Højde af omtrent 38 Fod over dagligt

Bande, medens Afløbet fra den dervarende Kilde, der ligger i Højde med Jorden, omtrent ligger 35 Fod over dagligt Bande.

Hvis altsaa Beregningen var rigtig, skulde Brøndbøster Kilde, der er boret til en Dybde af henimod 150 Fod, forinden Kilderne i Damhusssøens Opland bleve borede have haft en Stigehøjde af omtrent 3 Fod over Jorden, og dette svarede, saavidt det vides, netop til hvad der fandt Sted; nufortiden skal Kildens Vandføring og Stigehøjde efter Beregningen være en Del mindre, hvilket saavidt jeg veed ogsaa er Tilfældet.

Efter saaledes at have viist, hvorledes den fundne Lov for Vandets Bevægelse i Jorden, Formel (II), ved at anvendes paa Vandets Bevægelse i de sædvanlige kildeførende Grønsandlag giver Resultater, der ere i Overensstemmelse med Naturen, vil jeg nu til Slutning gaa over til at fremstille en paa de virkelige Naturforhold grundet Drajningstheori, idet jeg, ligesom i foransførte Tilfælde, gaaer ud fra Grundformlen (II) for Vandets Bevægelse i Jorden. Vi ville forudsætte, at et Areal, som er drajnet ved parallelle Ledninger paa sædvanlig Maade, er horizontalt, og at den Part af den paa Overfladen faldende Regnhøjde, som løber i Jorden, synker lodret ned indtil Grundvandet, samt at den Vandhøjde, som i Timen synker ned i Jorden, og derfra afledes gennem Drajnledningerne betegnes ved r , udtrykt i Fod. Betragte vi Jordsmønnet som fuldkommen ensartet, og betegnes Afstanden mellem hvilke som helst to paa hinanden følgende parallelle Drajnrør ved a , saa er det klart, at Halvdelen af det paa Ageren mellem de to Drajnrør faldende Regnvand vil afgive Vand til hver af de to Ledninger, og at Skillelinien mellem det Grundvand, som flyder ned til begge Sider imod Drajnrørene, vil falde midt i Ageren, naar Drajnrørene aflede ligemeget Vand. Da vi antage, at der synker ligemeget Regn ned i Jorden paa alle Punkter, saa er det fremdeles klart, dels at Grundvandet under sit Løb fra Midten af Ageren henimod Drajnrørene maa bevæge sig lodret paa Rørenes Retning, dels at Vandbevægelsen, naar Tillob og Aflob holde hinanden i Pigevægt saaledes

at Grundvandet hverken stiger eller synker i Jorden, maa være den samme mellem hvilket som helst to Snit vi tænke os lagte lodret paa Drainrørene i en Afstand af 1 Fod fra hinanden. Vi kunne derfor indskrænke os til nærmere at undersøge, hvorledes og under hvilke Forhold Grundvandet maa bevæge sig fra Midten af Ageren ned imod Drainrørene i et faadant Jordbælte af 1 Fods Brede. Forestiller ABCDE GH



et Længdesnit af det omhandlede Jordbælte, G og H de to Drainrør, der optage Bæltets Grundvand, saa veed vi ifølge Delacroix's Undersøgelser, at Grundvandspejlet har en hvælvet Form, som antydet ved Linien abcde, og at Grundvandet bevæger sig fra Midtpunktet C af Ageren til begge Sider imod Drainrørene G og H. Dersom nu den ved r betegnede Vandshøjde ikke strømmede til, jævnt fordelt over hele Arealen af det betegnede Bælte, men derimod udelukkende nedstrømmede paa Midten af Ageren ved Cc, saa vilde efter hvad vi alt have seet, naar Strømningsforholdene vare permanente og ikke forandrede med Tiden, Vandspejlsformen abcde være en Parabel, som vilde være

nærmere bestemt ved Ligningen:
$$\frac{D_0 - D}{l} = A \cdot \frac{\frac{q}{B}}{D_0 + D},$$

naar vi ved D_0 betegne Strømdybden (cc_1) ved dens Begyndelse midt i Ageren, ved D betegne Strømdybden dd_1 i en hvilket som helst Afstand $l = c_1 d_1$ fra Begyndelsespunktet c_1 medens $\left(\frac{q}{B}\right)$ er den konstante Strømningsmængde, der fra C til E

gjennemstrømmer det her omhandlede Jordbælte af Brede = 1 i Timen. Men i det foreliggende Tilfælde, hvor Tilstrømningen er jævnt fordelt over hele Jordbæltets Areal, er det klart, at ligesom den underjordiske Vandbevægelse henimod Drainrørene er Nul midt i Ageren, hvor Strømmen deler sig, saaledes maa, naar Tilløb og Afløb under Jorden ere lige, Vandføringen under det betragtede Jordbælte af 1 Fods Brede i Afstanden 1 Fod fra Midtpunktet C være fremstillet ved r_1 . Middelvandføringen for den omhandlede Strækning kan derfor fremstilles ved $\frac{r \cdot l}{2}$, og dersom vi indsætte denne Værdi for

$\left(\frac{q}{B}\right)$ i ovenstaaende Formel, erholdes følgende Ligning:

$$\frac{D_0 - D}{l} = A \cdot \frac{r \cdot l}{D_0 + D},$$

som netop er det Resultat, hvortil man føres ved en nøjagtig Undersøgelse af Forholdene, med Hensyn til hvilken jeg atter maa henvise til min Afhandling i Vid. Selskabets Skrifter.

En nærmere Betragtning af denne Ligning viser, at naar vi for Kortheds Skyld sætte:

$$\frac{D_0^2}{Ar} = l_0^2,$$

saar kan Loven for Vandets Bevægelse skrives:

$$\frac{D^2}{D_0^2} + \frac{l^2}{l_0^2} = 1, \dots \dots (V)$$

hvoraf fremgaaer, at Grundvandspejlets Form abcde er en Ellipse, hvis Centrum er i c_1 , hvis halve lille Axe er Vanddybden $cc_1 = D_0$ og hvis halve store Axe, der er beliggende i Linien GH, har Længden:

$$l_0 = \frac{D_0}{\sqrt{A \cdot r}} \dots \dots (VI)$$

Bed dernæst at betragte de af Delacroix anstillede Forsøg med „leret Sand“ og med „stærk Lerjord“, som ere fremhævede af Hr. Hannemann i hans Afhandling i dette Tidsskrifts 4de Bind, viser der sig ikke, for nogen af de under-

føgte Afstande (1), det mindste Tegn til at Forholdet $\left(\frac{D}{D_0}\right)$ varierer med den større eller mindre Højde, hvori Grundvandet staaer over Drainledningernes Niveau; men for den samme Jordbund viser dette Forhold sig tværtimod at være saa nær det samme ved alle Fugtighedsgrader, at vi ere berettigede til at betragte Forholdet $\left(\frac{D}{D_0}\right)$ som konstant. Men naar $\left(\frac{D}{D_0}\right)$ stedse har den samme Værdi for samme Afstand l fra Midtpunktet C, saa følger deraf ligefrem, idet vi betragte Ellipsingen (V), at Vandstands-Ellipsens store Axe, Horizontalaxen, (21₀) ikke forandres med Jordens Fugtighedsgrad, og at samme Axe for en given Jordbund altsaa er bestemt ved og ene afhængig af Drainrørens indbyrdes Afstand. Naar vi for yderligere at bestemme Forholdet betragte de to Rækker af Forsøg, som Delacroix har udført, dels med en Jordbund af leret Sand, som tillod Vandet temmelig let at trænge igjennem, og dels med en Jordbund af stærk Ler, som kun vanskeligt tillod Vandet at trænge igjennem, saa finde vi for den førstnævnte Række, hvor Afstanden a mellem Drainrørene var 25 Metre, at Længden af Ellipsens halve store Axe var $14\frac{1}{6}$ Meter og at Forholdet mellem a og l₀ var $\frac{a}{l_0} = 1,76$; medens for den anden Forsøgsrække, hvor a var 10 Metre, l₀ = 5,2 Meter og $\frac{a}{l_0} = 1,92$. Heraf følger, at uagtet der ved de omhandlede to Rækker af Forsøg var en mærkelig Forskjel mellem Undergrundens Vandføringssevne, saa viser Forholdet $\frac{a}{l_0}$ sig dog at være saa nær det samme, at vi tør betragte Afvigelsen som hidrørende fra Observationsfejl, — og af denne Kjendsgjerning troer jeg at turde drage den Slutning, at vi i det Hele næppe ville fejle meget ved at betragte Forholdet $\frac{a}{l_0}$ som konstant og sætte:

$$\frac{a}{l_0} = 1,8;$$

interessant vilde det dog være at faa dette Forhold yderligere bestemt ved Observation. Af Hensyn til den nye Drænings-Theori, som jeg grunder paa de her udviklede Love for Vandets Bevægelse i Jorden, vil det formentlig være nyttigt at se, hvorvidt den ved Formlen (V) bestemte Vandspejlsform stemmer med Forholdene i Naturen. I denne Henseende staa kun de ovennævnte tvende Forsøgsrækker, som Delacroix har udført, til min Raadighed, og jeg maa derfor atter her indskrænke mig til at paavise, hvorledes Theorien stemmer med disse Observationer. Naar vi i den Hensigt, i Overensstemmelse med hvad ovenfor er bemærket, for leret Sand sætte $l_0 = 14\frac{1}{6}$ Meter, saa finde, vi ifølge Formlen (V), at Vanddybden D , svarende til et Punkt, som ligger i Afstanden l Meter fra Midten af den betragtede Ager, kan beregnes efter følgende Formel:

$$D = D_0 \sqrt{\left(1 + \frac{l}{14\frac{1}{6}}\right)\left(1 - \frac{l}{14\frac{1}{6}}\right)},$$

hvori Vanddybden D_0 midt i Ageren er bestemt ved Forsøg. Gaa vi derfor ud fra den af Delacroix i Midten af Ageren observerede Vanddybde D_0 , og indsætte vi dernæst efterhaanden for l de forskjellige Maalerørs Afstande fra Agerens Midtpunkt, nemlig respektive $l = 6^m$ og $l = 12^m$, saa lade de tilsvarende Vanddybder sig let beregne, og det er de saaledes beregnede Dybder som ere indførte i den efterfølgende Tabel lige under de af Delacroix observerede Dybder.

Label over
de maanedlige Middelhøjder af Grundvandet i leret Sand.

Maalerøret.		Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
December 1857	af observeret } Delacroix } beregnet }	0,20 ^m	0,20 ^m	0,22 ^m	0,22 ^m	0,17 ^m
	af Golding } observeret }	0,17	0,20	0,22	0,22	0,17
Januar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,05	0,11	0,11	0,09	0,05
	af Golding } observeret }	0,058	0,10	0,11	0,10	0,058
Februar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,13	0,16	0,19	0,16	0,10
	af Golding } observeret }	0,10	0,17	0,19	0,17	0,10
Marts 1858	af Delacroix } beregnet }	0,18	0,20	0,22	0,22	0,16
	af Golding }	0,17	0,20	0,22	0,22	0,17

De største Højder af Grundvandet i leret Sand.

December 1857	af observeret } Delacroix } beregnet }	0,27 ^m	0,52 ^m	0,52 ^m	0,45 ^m	0,27 ^m
	af Golding } observeret }	0,276	0,47	0,52	0,47	0,276
Januar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,20	0,26	0,28	0,22	0,22
	af Golding } observeret }	0,20	0,24	0,28	0,24	0,20
Februar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,22	0,28	0,41	0,28	0,23
	af Golding }	0,22	0,27	0,41	0,27	0,22
Marts 1858	af Delacroix } beregnet }	0,20	0,62	0,63	0,54	0,50
	af Golding }	0,23	0,57	0,63	0,57	0,23

Foretage vi en tilsvarende Beregning og Sammenstilling for Forsøgsrækken med „stærk Lerjord“, idet vi gaa ud fra de i Midten af Ageren observerede Vandhøjder (Do), og efter det Foranførte sætte Vandstands-Ellipsens halve store Axe $l_0 = 5,2^m$, saa fremkommer efterfølgende Oversigtstabel ved i foranstaaende Formel successive sætte $l = 2,4^m$ og $l = 4,5^m$.

Label over
de maanedlige Middelhøjder af Grundvandet i stærk Lerjord.

Maalerøret.		Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.	Nr. 5.
December 1857	af observeret } Delacroix } beregnet }	0,28 ^m	0,60 ^m	0,75 ^m	0,71 ^m	0,81 ^m
	af Goldberg } observeret }	0,29	0,67	0,75	0,67	0,29
Januar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,25	0,67	0,68	0,48	0,26
	af Goldberg } observeret }	0,26	0,60	0,68	0,60	0,26
Februar 1858	af Delacroix } beregnet }	0,26	0,67	0,69	0,62	0,28
	af Goldberg } observeret }	0,27	0,61	0,69	0,61	0,27
Marts 1858	af Delacroix } beregnet }	0,23	0,59	0,66	0,63	0,24
	af Goldberg } observeret }	0,25	0,59	0,66	0,59	0,25
April 1858	af Delacroix } beregnet }	0,25	0,67	0,72	0,67	0,26
	af Goldberg } observeret }	0,28	0,64	0,72	0,64	0,28
Maj 1858	af Delacroix } beregnet }	0,27	0,80	0,81	0,79	0,42
	af Goldberg }	0,1	0,72	0,81	0,72	0,31

De største Højder af Grundvandet i stærk Lerjord.

December 1857	af observeret } Delacroix } beregnet }	0,28 ^m	—	0,88 ^m	—	0,88 ^m
	af Goldberg } observeret }	0,32	—	0,83	—	0,32
Maj 1858	af Delacroix } beregnet }	0,34	—	0,85	—	—
	af Goldberg }	0,37	—	0,85	—	0,37

Bed nærmere Betragtning af disse to Tabeller vil det sees, at de beregnede Vanddybder gennemgaaende falde saa nær ved de observerede, at der formentlig ingen Tvivl kan være om, at Grundvandspejlet virkelig har Form af en Ellipse, som er nærmere bestemt ved Formlen (V), samt at Theorien er i fuld Overensstemmelse med Naturen.

Gaaende ud fra at det herefter kan antages at Theorien er korrekt, ville vi nu nærmere betragte Formlen (VI), som efter hvad vi have seet, idetmindste tilnærmelsesvis kan fremstilles saaledes:

$$a = 1,8 \cdot \frac{D_0}{\sqrt{A \cdot r}}, \dots \dots \dots \text{(VII)}$$

naar vi efter Delacroix's Forsøg sætte Drainrørens indbyrdes Afstand $a = 1,8 \cdot l_0$.

Ved Hjælp af denne særdeles simple Formel, i hvilken D_0 betegner den største Højde over Drainrørene, hvori Grundvandet kan tillades at indstille sig, naar Grundvandsmængden er paa sit Højeste, kunne vi, som vi skulle se, besvare de forstjellige for Landvæsenet yderst vigtige Spørgsmaal, angaaende Drainledningernes rette Beliggenhed i en given Jordbund, naar man af Erfaring veed,

1. hvor stor en Regnhøjde Drainledningerne i det Højeste skulle kunne aflede fra Markerne i Døgnet og
2. hvor højt eller rettere hvor nær ved Jordoverfladen Grundvandet under disse Forhold kan taales at staa, uden Skade for Vegetationen.

Har man erfaringsmæssigt bestemt disse Størrelser, saa kan den største Vandføring i Timen, eller Størrelsen r , betragtes som bekendt tillige med den Dybde d under Overfladen, hvortil Grundvandet i det Højeste maa stige, og derefter kan da Spørgsmaalet, om Drainledningernes indbyrdes Afstand i Forhold til deres Dybde, besvares for ethvert givet Areal, som agtes drainet.

Lad os t. Ex. forudsætte, hvad jeg troer er temmelig almindeligt antaget, at den største Regnmængde, som Drainledninger behøve at aflede i 24 Timer, er 3 Linier eller $\frac{1}{4}$ Tomme Regn, samt antages at Grundvandet under saadanne Fugtighedsforhold ikke maa komme Jordoverfladen nærmere end d Fod, saa er det klart at den største Regnmængde, som skal afledes i Døgnet, beløber sig til $0,0208$ Fod, og at den største Regnmængde, som skal afledes i Timen, bliver $r = \frac{0,0208}{24} = 0,0009$ Fod. Betegnes

derneft den Dybde, hvori Drainrørene ftulle lægges under Jordoverfladen, ved D , faa bliver den ftørftte Vandhøjde, fom maa findes over Rørene ved Maximum af Vandføring, at fremftille ved:

$$D_0 = D - d.$$

Naar nu den foran angivne Værdi for r indfættes i Formlen (VII), findes det, at den almindelige Formel for Drainning af Jorder, kan fremftilles faaledes:

$$a = 60 \cdot \frac{D_0}{\sqrt{A}},$$

hvori A , fom bemærket, er en Størrelse fom afhænger af Jordens Modftand imod Vandets Bevægelse deri. Betegne vi med W den Vandmængde, fom pr. Time og pr. \square Fod gjennemstrømmer et Jordlag af den omhandlede Befchaffenhed, naar Jorden holdes overgjødt med et ganfte lille Vandlag, fom finker lodret ned igjennem Jorden, faa vifer Formlen (II) at $A \cdot W = 1$ eller at $W = \frac{1}{A}$.

Bestemme vi altsaa ved Forsøg med den omhandlede Jordart Størrelsen af den tilsvarende Vandmængde W , fom vi kalde Jordens Vandledningsevne, faa er det klart, at da $\frac{1}{\sqrt{A}} = \sqrt{W}$, faa kan Drainningsformlen fremftilles under følgende Form:

$$a = 60 \cdot \sqrt{W} \cdot D_0, \dots \dots \dots \text{(VIII)}$$

hvoraf fremgaaer, at vi, for at finde den indbyrdes Afftand, hvori Drainledningerne ftulle lægges i en given Jordbund, kun behøve at bestemme denne Jordbunds Vandledningsevne W .

I det Foregaaende have vi feet, at ifølge de af mig anftillede Forsøg med bornholmft Grus, almindeligt Grus og fædvanlig Filterfand kan den tilsvarende Vandledningsevne (W) fom Middeltal henholdsvis fættes lig 712 Kbf., 37 Kbf. og 5,1 Kbf., og ved Hjælp af Delacroix's Forsøg med leret Sand, har jeg tillige fundet, at Vandledningsevnen for denne Jordart maa fættes lig 0,061 Kbf. i Timen. Ved at indfætte diſe

Værdier for W i Formlen (VIII), findes det at Drænrørens Afstand i disse Jordarter bør være følgende:

- | | | |
|------------------------|---|-----------------|
| 1. for bornholmsk Grus | — | $a = 1600$. Do |
| 2. — almindelig Grus | — | $a = 365$. Do |
| 3. — flarp Sand | — | $a = 135$. Do |
| 4. — leret Sand | — | $a = 15$. Do |

Den Maade hvorpaa de ovenfor angivne Værdier for Vandledningsevnen (W) er bestemt, er som bemærket temmelig omstændelig og kræver en Del Tid. Men Størrelsen W lader sig heldigvis ogsaa bestemme paa en anden, meget lettere og som det synes tilstrækkelig nøjagtig Maade.

Jeg har til Exempel udført saadanne Undersøgelser over Vandledningsevnen af givne Jordarter ved Hjælp af nogle Urtepotter, som jeg paa sædvanlig Maade forsynede med gode vandastrælkende Lag i Bunden. Ovenpaa Stenlaget blev den Jordart lagt, hvis Vandledningsevne jeg vilde bestemme, og derefter fattedes Urtepotten ned i et Kar med Vand, som da steg op igjennem Jorden og gennemfugtede denne aldeles. Den saaledes behandlede Urtepotte fattedes derefter oven i en tom Urtepotte af samme Størrelse, for at være sikker paa, at der var fuldkommen frit Afløb neden for det Vand, som stadigt blev paagjort foroven; thi efterhaanden som denne overgik med Vand, saa løber dette igjennem Jorden og desto hurtigere jo større Vandledningsevnen er, og af den gennemløbne Vandmængde kan Jordens Vandledningsevne, W , eller den Vandhøjde, udtrykt i Fod, som gennemstrømmer Jorden i Løbet af en Time, let bestemmes. Forsøget bør imidlertid gjentages flere Gange i Løbet af en Maanedes Tid, da Vandføringsevnen stadigt aftager imod en bestemt Grændse, der er den søgte Værdi (W). Paa denne Maade foretog jeg først Forsøg over Vandledningsevnen af det tidligere undersøgte Filter-sand og fandt derved, at denne efterhaanden aftog fra 5,7 til 5,1 Kbfd. pr. □ Fod eller hvad der er det samme, at den Jorden gennemstrømmende Vandhøjde efterhaanden aftog fra

5,7 til 5,1 Fod Vandhøjde i Timen, hvilken Grændseværdis for W netop er den samme, som den jeg erholdt som Middeltal af alle Forsøgene med den først benyttede Maalekasse. Ved senere lejlighedsvis at foretage lignende Forsøg med en sandet Muldjord, fandt jeg dennes Vandledningsevne W at aftage i Løbet af en Maaned fra 0,84 Fod til 0,11 Fod Vandhøjde i Timen, saa at Drajningsformlen (VIII) for denne Jordart bliver

$$a = 20 . \text{Do.}$$

Ved Forsøg med en Jord, der havde været benyttet for en Potteplante, fandt jeg $W = 0,0175$ Fods Vandhøjde i Timen, og Drajningsformlen for denne Jord bliver derfor

$$a = 8 . \text{Do.}$$

Ved Forsøg med fint, leret Flydesand fandt jeg $W = 0,0060$ og til denne Jordart svarer derfor følgende Drajningsformel

$$a = 5 . \text{Do.}$$

Endelig ved Forsøg med en noget sandet Ler, fandt jeg Vandledningsevnen at aftage indtil $W = 0,0016$ Fod Vandhøjde i Timen, og for denne Lerjord bliver Drajningsformlen derfor at fremstille ved

$$a = 2,5 . \text{Do.}$$

Det Anførte er formentlig tilstrækkeligt til at vise, hvor let det er muligt for enhver given Jordart at bestemme dens Vandledningsevne, — en Størrelse som det vistnok overhovedet er af stor Vigtighed at have sin Opmærksomhed henvendt paa ved al Slags Jordbrug. Jeg skal ikke gaa videre ind herpaa, men kun udtrykkelig tilføje, at de ovenfor angivne Jordarters Vandledningsevne nærmest ere at betragte som Exempler, da man i hvert enkelt Tilfælde, hvor Drajning af et Terrajn skal udføres, selvstændig bør undersøge Jordens Vandledningsevne paa forskjellige Punkter indtil den Dybde, hvortil man vil drajne, thi kun derved kommer man til sikker Kundskab om den Afstand, i hvilken Drajnrørene bør lægges fra hinanden.

Forinden jeg slutter denne Afhandling føler jeg mig opfordret til at gjøre en Bemærkning, som længe har ligget mig paa Sinde.

Naar man færdes imellem Folk, som beskæftige sig med Brøndgravning paa Landet eller i Kjøbstæderne, har man Lejlighed til at høre en Mængde nedarbejdede, mystiske Forestillinger, der endnu i vore Dage ere fremherskende angaaende de underjordiske Vandbevægelser, uagtet det maa være klart for Mange, at disse Forestillinger ere i Strid med vor nuværende Kundskab til Naturens Love, og derfor alene have deres Grund i Fortidens uklare Kjendskab til Naturen og i hiin Tids Tilbøjelighed til at forklare de naturlige Forhold ved Virkninger af ubekjendte og overnaturlige Kræfter.

Da det aabenbart til alle Tider og under alle Forhold har været en vigtig Opgave at forskaffe sig godt Vand i rigelig Mængde, saa har ogsaa Bestræbelsen for at naa dette Gode været tilstede hos alle Slægter; og da Bestræbelserne desuagtet altfor hyppigt mislykkedes, fordi man langt fra kunde gennemskue Grundvandets Strømningsforhold eller de Love, hvorefter Vandet bevæger sig i Jorden, men sjældent havde andet end løse, ubegrundede Meninger og uholdbare Anskuelser at rette sig efter, saa er det let at forstaa, at det ofte kan have vilst sig, at man ikke fandt Kilder, hvor man ventede at finde saadanne, og at man derimod kan have fundet Kildevæld paa Steder, hvor saadanne efter de gjældende Forestillinger vare ganske unaturligt beliggende. Men var man først gennem sin Erfaring kommen saa vidt, at man betragtede Kildernes Beliggenhed som unaturlig og ubegribelig, saa var det temmelig naturligt, at man i Middelsalderen, hvor man var tilbøjelig til at tro paa overnaturlige Kræfter, i det Hele knyttede Forestillinger om overnaturlige Kræfter til Kildevandet og dets Løb i Jorden. Paa hin Tid, da Naturvidenskaben indtog et meget lavt Standpunkt, var slikt ikke til at undres over, ejhellere var det videre forunderligt, at Folk samtidigt antog at

Rilderne lode sig fremtrylle ved Kræfter, der trodsede alle Tynghdens Love og vare istand til ikke blot at drive Vandet frem til Udspring paa Toppen af en Bakke, men til at give dette Vand en særlig helbredende Kraft, særdeles paa bestemte Tider og Dage i Aaret, paa hvilke Balsarter til Rilderne derfor bleve foretagne, endog fra meget fjerntliggende Steder, med Enge, der skulde hvile paa disse mystiske Steder og drikke af dette fortryllede Vand for at gjenvinde deres Helbred. I hin Tid kunde det sandsynligvis ikke falde vanskeligt at forestille sig, at Rildevandet, blandt saa mange andre Mærkeligheder, tillige var i Besiddelse af den Evne, at kunne indvirke paa en nylig afflaaren Pilekvist med en ejendommelig Kraft saaledes, at denne maatte bøje sig, hvergang den paa en behændig Maade og ved et særegent Kunstgreb førtes hen over et underjordist Vand, en saakaldet „Bandaare“. Man kan forstaa, at en saadan Tanke kan have været almindelig i hin Tid, da man som sagt manglede enhver Kundskab om de Kræfter, som de underjordiste Vandstrømme vare i Besiddelse af og hvormed de kunde indvirke paa andre Legemer; men hvad man derimod vanskeligt vil kunne forstaa er, at saadanne mystiske Forestillinger, som de der knyttede sig til Pilekvisten og dens Ufejlsbarhed med Hensyn paa „at vise Vand“, have kunnet holde sig igjennem alle Slægter lige ind til vor Tid, og det saa fuldstændigt, at Mange endnu den Dag i Dag stole fuldt og fast paa deres „Pilevaand“. At dette endnu er en almindelig Tro blandt Mængden, er som sagt en Kjendsgjerning; men hvad jeg her ønsker at gjøre klart er, at den hviler paa et fuldstændigt falsk Grundlag. Enhver kan nemlig sige sig selv, at hvis den Kraft, hvorom der her handles og hvoraf Vandet og Pilekvisten i Forening antages at være i Besiddelse, virkelig eksisterer, saa kan det ikke være nogen Virkning af Tynghdekraften, der som bekjendt alene virker i Forhold til Masserne og aftager omvendt som Afstandens Kvadrater vøges; men Virkningen maa i saa Fald have sin Grund i en hel anden Kraft. Men Enhver kan let forstaa, at hvis en saadan anden

Kraft eksisterede, saa kunde dens Tilstedeværelse umuligt have undgaaet vor Opmærksomhed indtil den nuværende Tid; eftersom en saadan Kraft nødvendigvis for lang Tid siden maatte have vist sin Indflydelse paa mangfoldige andre Maader. Da imidlertid ethvert Spor af en saadan anden Kraft fuldstændig mangler, saa kunne vi med Sikkerhed deraf drage den Slutning, at den tænkte mystiske Kraft, hvormed Rildevandet antages at virke paa Pilekvisten aldeles ikke eksisterer, og dermed er det da bevist, at Theorien om Pilekvistens Bøjning, paa Grund af det underjordiske Vand eller de underjordiske Vandstrømmes Tilstedeværelse, er fuldstændig falsk.

Troen paa „Pilekvisten“ er altsaa ligefrem kun en Overtro; thi den tænkte Kraft, som skulde fremkalde Bøjningen, eksisterer ikke.
