VERSLAG

VAN DE COMMISSIE TOT ONDERZOEK NAAR DE MATE, WAARIN

WATER ONDER VERSCHILLENDE DRUKHOOGTE DOOR ZANDMASSA'S VAN VERSCHILLENDE SAMENSTELLING EN BREEDTE STROOMT.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

MET ZEVEN PLATEN.

AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1887.

BIBLIOTHEEK UNIVERSITEIT UTRECHT
2970 402 4

Mineralog. Geolog. Institunt.

358.

Rijks-Universiteit te Utrecht.

N. 358.

5 Feb. 1900
don. Mr. J. Lorié! Utrecht

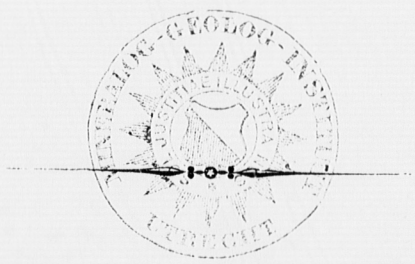
VERSLAG

VAN DE COMMISSIE TOT ONDERZOEK NAAR DE MATE, WAARIN

WATER ONDER VERSCHILLENDE DRUKHOOGTE DOOR ZANDMASSA'S VAN VERSCHILLENDE SAMENSTELLING EN BREEDTE STROOMT.

Uitgegeven door de Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam.

MET ZEVEN PLATEN.



AMSTERDAM,
JOHANNES MÜLLER.
1887.

INHOUD.

Blz.

VERSLAG 1

Ruimte tusschen de korrels 2

Proefnemingen over doorstrooming 2

Waarneming van doorstrooming 7

Toepassing op de droogmaking van een gedeelte der Zuiderzee. 11

AANTEEKENINGEN.

I. *Ruimte tusschen de korrels* 17

Berekening. 18

Proeven genomen door:

Dr. J. E. Enklaar. 21

Dr. E. F. van Dissel 22

Dr. F. Seelheim 23

H. Darcy en Ch. Ritter 23

Dupuit 23

Woltman 24

Hübbe 24

Wollny, Mayer en von Liebenberg. 24

Verzamelingstabel 25

II. *Bepaling van de hoeveelheid doorgesypeld water uit proeven van:*

H. Darcy en Ch. Ritter. 26

Dupuit 28

Dr. P. Harting 29

Dr. F. Seelheim 37

H. E. de Bruyn 38

Blz.

Dr. J. E. Enklaar 38
Hübbe. 39
Havrez 40
Verzamelingstabel 44

III. *Uitkomst van waargenomen doorsypeling door dijken of door den bodem.*

a. Kanaal van Sluis naar Brugge 46
b. Kanaal door Walcheren 50
c. Afgesloten kom te Vlissingen 50
d. Haarlemmermeerpolder. 54
e. Bemaling van 's Hertogenbosch 55
f. Betuwe 62

VERSLAG

VAN DE COMMISSIE TOT ONDERZOEK

NAAR DE MATE, WAARIN WATER ONDER VERSCHILLENDE DRUKHOOGTE DOOR ZANDMASSA'S VAN VERSCHILLENDE SAMENSTELLING EN BREEDTE STROOMT.

Het gevaar van mislukking van de ontworpen droogmaking van het zuidelijk gedeelte der Zuiderzee, dat door wijlen ons medelid HARTING gevreesd werd, tengevolge van de door hem verwachte sterke doorkwelling door het zeezand en het diluviale zand, waarop de afsluitdijk zou moeten worden opgeworpen, gaf aan wijlen ons medelid STIELTJES aanleiding tot het voorstel, de zaak der doorkwelling te maken tot een onderwerp van onderzoek in den boezem van de Natuurkundige Afdeeling der Akademie. Na door eene Commissie te zijn voorgelicht, omtrent het al of niet raadzame van het volgen van dezen weg, droeg de Afdeeling in hare Vergadering van 26 April 1878 aan zes leden uit haar midden het onderzoek op naar de mate, waarin water onder verschillende drukhoogte door zandmassa's van verschillende samenstelling en breedte stroomt; inzonderheid door verzameling van waarnemingen bij kanalen, rivieren, polders, droogmakerijen en andere werken. Daar de Heeren HARTING en ORTT verzochten verschoond te blijven van het aanvaarden van de opdracht, en het lid STIELTJES, spoedig daarop, door den dood aan de Akademie ontviel, bleef de volvoering van de taak rusten op de drie ondergeteekenden, overschietende leden der benoemde Commissie.

De verzamelde „Aanteekeningen", die thans worden aangeboden kunnen in drie hoofdafdeelingen worden verdeeld, te weten:

1. beschouwingen over de hoeveelheid water, die in een gegeven volumen zand kan worden opgenomen;
2. proefnemingen over doorstrooming in het klein;
3. waarnemingen over doorkwelling in het groot.

Ad 1m. Bij de berekening van de kwel in den Haarlemmermeerpolder (zie *Versl. en Meded.*, Afd. Natuurk., 3de Reeks, Deel I) is gebleken welk een belangrijken factor de hoeveelheid water vormt, die in den grond kan worden opgenomen. Het scheen daarom wenschelijk gegevens te bezitten, waardoor deze watermassa, althans ten naastebij, bepaald werd.

Het behoeft nauwelijks betoog dat eene meetkunstige berekening van de hoeveelheid water, die in zand kan worden opgenomen, slechts kan uitgevoerd worden onder zekere beperkende voorwaarden. De vrije ruimte, die tusschen gestapelde korrels overblijft, is berekend in de onderstelling, dat de korrels bolvormig waren en van gelijke grootte; dat zij op verschillende wijzen op elkander rustten, en ook voor het geval dat kleinere tusschen de groote waren geplaatst.

Bij korrels van gelijke grootte waren de tusschenruimten, al naar gelang van de plaatsing:

47.6 pCt.; 41.78 pCt. en 29.78 pCt.

van het totale volumen.

Eene plaatsing van kleine korrels tusschen de grootere gaf, volgens de berekening, geene verkleining van de tusschenruimte, wanneer de groote daardoor werden verhinderd dicht tegen elkander aan te sluiten. Alleen korrels van zoo geringe afmeting, dat zij in de tusschenruimten kunnen geborgen worden, zonder de groote van elkander verwijderd te houden, kunnen eene belangrijke verkleining der tusschenruimten teweeg brengen.

Voor praktische toepassing meer vertrouwbare gegevens leveren de proeven van tien verschillende waarnemers. Sluit men een der waarnemingen uit, waarbij door afwisselende bevochtiging en drooging eene kunstmatige inklinking werd verkregen, en de uiterste waarden 14 pCt. en 25 pCt. bedroegen, alsmede de proeven van een waarnemer, die de sterk uiteenloopende waarden van 45 pCt. en 4 pCt. verkreeg, dan leveren de 8 overige voor de tusschenruimten waarden, waarvan de kleinste 23 pCt., de grootste 44 pCt. bedraagt; grenzen, die niet ver verwijderd zijn van die der op verschillende wijzen gestapelde bollen van gelijke grootte. Op grond van deze uitkomsten is bij de berekeningen, voor de hoeveelheid water, die in zandgronden wordt opgenomen, $^1/_3$ van het zandvolumen als gemiddeld bedrag gesteld.

Ad 2m. De proefnemingen over het doorstroomen van water door zand, in het klein door HARTING verricht, laten eene eenigzins scherpere berekening toe dan door hem werd toegepast, en leveren daarmede ook meer bevredigende uitkomsten. Wat reeds door DARCY uit zijne proeven werd afgeleid, werd door

die van HARTING en anderen nader bevestigd, namelijk, dat de hoeveelheid water, die door zand stroomt, zoolang de stroom standvastig is, evenredig is met de drukhoogte en met den inhoud der dwarsdoorsnede en omgekeerd evenredig met de lengte van den weg, dien het water door het zand moet afleggen.

Zij wordt dus uitgedrukt door de betrekking

$$M = a \frac{H D}{L}$$

waarin M de hoeveelheid water beteekent, die in de tijdseenheid door eene zandlaag van de doorsnede D en de lengte L wordt doorgelaten, wanneer het verschil in waterdrukhoogte, aan de beide uiteinden van de zandkolom, H is. Wordt als tijdseenheid het etmaal, als lengte-eenheid de meter en als volumeneenheid de kubiek meter aangenomen, dan is alzoo a het aantal kubieke meters water, dat in 24 uren door eene zandlaag van een vierkanten meter doorsnede en een meter lengte wordt doorgelaten, wanneer het drukkingsverschil aan de eindvlakken 1 meter water bedraagt. Deze coëfficiënt wordt bepaald door den aard van het doorlatende zand, de grofheid der korrels en de mate van samenpakking; hij kan uit proeven berekend worden, wanneer opgegeven is hoeveel water in gegeven tijd bij bekende drukhoogte door eene zandlaag van bepaalde afmetingen is doorgelaten, doch alleen in de onderstelling, dat in het tijdperk der proef de doorstrooming standvastig bleef. In de volgende tabel is zijn bedrag berekend voor acht reeksen van waarnemingen, voor welke genoemde onderstelling als geldig werd aangenomen.

Naam van den waarnemer.	Soort van zand.	Stand der buis.	Gemiddelde waarde van a.	Wijdte der buis.	Gemiddelde tijd voorafgegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorsypeling.
DARCY	Grof zand	Vertikaal	19.52	0.35		19′
HARTING 1ste Serie. .	Fijn zand	Horizontaal	4.12	0.0195	6u 18′	30′
" 2de " . .	id. id.	id.	0.04	0.019	28.5 etmaal	9etm 5u 20′
SEELHEIM	id. id.	id.	12.32	0.015		
DE BRUIJN	id. id.	Vertikaal	9.72	0.135		
ENKLAAR.	Gemengd zand	id.	2.52	0.026	geruime tijd	1u 30′
HÜBBE	Fijn zand	id.	23.58	0.022		4′ 9″
HAVREZ	id. id.	id.	5.23	0.073		5′ 46″

De cijfers van deze tabel, die, zelfs bij aanduiding van dezelfde zandsoort, voor a waarden opleveren, afwisselende tusschen 23.58 en 0.04, bewijzen dat deze proeven in het klein genomen geenerlei maat kunnen opleveren van de hoeveelheid water, die onder gegeven omstandigheden op den duur door zandlagen stroomde. Vooral de proeven van HARTING, die voor dezelfde soort van zand, na gemiddeld een vierde etmaal en na $28^1/_2$ etmaal, getallen leveren, waarvan het eerste bijna honderd maal grooter is dan het tweede, toonen aan hoe weinig de onderstelling van een standvastige doorstrooming met de werkelijkheid heeft overeengekomen.

Alleen blijkt daaruit zeer in het oog loopend dat de hoeveelheid vermindert na eenigen tijd van doorstrooming; hetgeen aan samenpakking der korrels en verstopping der tusschenruimte is toe te schrijven.

Deze uitkomst werd bevestigd door eenige proeven genomen in het natuurkundig laboratorium van de Polytechnische School. Het bleek dat zelfs in tamelijk wijde gasbuizen de hoeveelheid water, die bij dezelfde zandvulling onder standvastigen druk doorstroomde, op den duur zoo groote vermindering onderging, dat er niet aan te denken viel ook maar eene benaderde waarde van a uit de proeven af te leiden. Zelfs het doorstroomende regenwater, afkomstig van een op den zolder van het gebouw geplaatsten bak, was in staat door medegevoerde, op en in het zand afgezette vaste bestanddeelen de doordringbaarheid van het zand allengs aanmerkelijk te verminderen en ten laatste bijna geheel te doen ophouden.

Doch — afgezien van het feit dat dergelijke proeven slechts onzekere waarden opleveren van de hoeveelheid water, die onder bepaalde omstandigheden door zand stroomt, — staat het vast dat de toestand van het zand in de buizen in geenen deele beantwoordt aan die van de zandlagen in de natuur.

In de natuurlijke lagen zijn de zandkorrels meer of minder aan elkander gekleefd, en hunne holten meer of minder gevuld door bestanddeelen, die zich daarin hebben afgezet.

Het meest bekend is in dit opzicht het ijzeroxyd, dat zich uit eene oplossing van ferro carbonaat of ijzerhumaat na oxydatie tot hydratisch ijzeroxyde op en tusschen de korrels heeft afgezet. Als deze werking in sterke mate heeft plaats gehad, kan eene zandlaag waterdicht worden, zoo als de bekende oerbanken leeren. Nog onlangs werd in een deel van het droog gelegde Naardermeer zulk een dichte oer-zandlaag (diluviaal) waargenomen. Doch niet alleen ijzeroxyde ook humusachtige stoffen, koolzure kalk, kieselzuur en silicaten kunnen tusschen de korrels afgezet worden, en verminderen dan belangrijk het waterdoorlatend vermogen.

Een met fijne slibdeeltjes bezwangerd water kan eene zandlaag, waarin het

doordringt, allengs dichter maken. Zelfs het waterkeerend vermogen van klei kan belangrijk verschillen, naarmate de physische toestand der kleideeltjes gewijzigd wordt. Eene zoutoplossing van eene zekere sterkte doet de kleideeltjes tot vlokken stollen, en door zulke klei kan de zoutoplossing gefiltreerd worden. Wordt de zoutoplossing door water verdrongen, dan verslibt de klei weder allengs, en het water blijft op de klei staan.

Aan het verschillend bedrag van die afzettingen en chemische werkingen is het ongetwijfeld voor een deel toe te schrijven, dat de zandlagen in het Nederlandsch diluvium en alluvium in water doorlatend vermogen onderling verschillen. Het zoogenaamde loopzand bestaat uit losse, witte of althans weinig gekleurde korreltjes. In het bruine zand bezitten de korrels veel meer samenhang; dit laat het water minder gemakkelijk door.

Grof zand en grint zijn gemakkelijk doorlatend. Het fijne grijze sterk samengeperste zeezand is over het algemeen minder doorlatend. De Heer HAVELAAR, die in 1875 een groot aantal boringen in de zuidelijke kom der Zuiderzee heeft verricht, meldt van zeezandlagen tusschen Urk en Enkhuizen, dat dit zand fijn en samengeperst is. Uit de waarnemingen in Zeeland meende de Heer STIELTJES te mogen besluiten, dat het fijne grijsachtige zeezand weinig doorlatend was voor water.

Daar tegenover staat dat in drooggemalen polders, wier bodem uit diluviaal zand of veen boven diluviaal zand bestaat soms groot waterbezwaar ondervonden is, zooals in den Maarsseveen-, Tienhovenschen of Bethunepolder en in de Ronde veenen van Mijdrecht.

Het feit dat gedurende de eerste jaren na de droogmaling de waterstand in de omringende polders verlaagd werd, en even zoo de groote hoeveelheden water, die moesten opgemalen worden om de polders droog te houden, bewijzen hoe het water door den bodem van meer of min aanzienlijken afstand buiten de bedijking werd aangevoerd. Het blijft echter de vraag hoeveel van dat water door of onmiddelijk onder de dijken, hoeveel door de zandlaag onder het veen zijnen weg nam en of ook water uit nog verder dan in de omliggende polders gelegen diluvium afkomstig was.

Dat de zandlaag onder het overgebleven veen niet overal in den Bethunepolder water aanvoerde bleek uit de volgende waarneming van 1878. In eene tijdelijk afgedamde sloot, welke, door het veen henen, tot in de bruine zandlaag was geschoten, stond het water geruimen tijd lager dan in de nabijzijnde molentocht. Op andere plaatsen kon men hier en daar duidelijk het water uit witte zandplekken zien opwellen.

In de Hollandsche droogmakerijen, waar het veen op eene kleilaag ligt, is

het waterbezwaar veel minder. In de nieuwe droogmakerij Groot Mijdrecht heeft men daarentegen veel met waterbezwaar te kampen gehad. Slechts voor een deel was dat toe te schrijven aan de omstandigheid, dat de ringdijken zich niet genoegzaam gezet hadden. Veeleer moet worden in aanmerking genomen dat juist dwars door dezen polder de scheidingslijn loopt tusschen het diluviale zand en de alluviale klei (de zoogenaamde blauwe zeeklei), in den ondergrond beneden het veen.

Aan het doorkwellen van het grondwater door de diluviale zandlaag in het oostelijk gedeelte der polders is ongetwijfeld voor het grootste gedeelte toe te schrijven, dat in dezen polder zooveel meer waterbezwaar is ondervonden dan in de westelijk daarvan gelegen droogmakerijen.

Een merkwaardig geval van doorlating had in 1872 plaats bij den Haarlemmermeerpolder.

Toen men in de ringvaart bij Heemstede een kuip van ongeveer 6 M. in het vierkant, waar binnen de pijler der draaibrug moest worden gemetseld, had afgedamd en des avonds alles voor de ledigmaling van den put had gereed gemaakt, vond men dezen des morgens droog. Het water was naar den polder weggezakt.

Het is van ouds bekend dat samengepakte veenlagen waterdicht kunnen zijn. De Heer HAVELAAR heeft zulks waargenomen bij de veenlaag, die in een gedeelte der zuidelijke Zuiderzeekom nog onder de nieuwe zandlaag aanwezig is (het overblijfsel van de veenlaag, die daar vroeger gelegen heeft). Dit veen kon naar zijn uiterlijk droog genoemd worden, en was sterk samengeperst.

Men weet dat de dijk van den Haarlemmermeerpolder voor een groot gedeelte uit veen is opgeworpen.

Doch niet alleen tusschenliggende zandlagen maar, zoo als reeds gezegd werd, de physische toestand en de samenstelling van het zand zelf hebben een grooten invloed op het doorlatend vermogen, zoodat proeven met zand in buizen geene uitkomsten kunnen geven, die met de werkingen in de natuur overeenstemmen.

Bij de proefnemingen met zand in buizen worden veelal de korrels eerst grootendeels van elkander losgemaakt en uit hun verband gebracht. Sommige waarnemers hebben het zand vóór de proefneming zelfs uitgewasschen of gegloeid.

Uit de gezamenlijke hier vermelde proeven kan dus worden besloten, dat de cijfers voor het doorstroomen van water door zand, verkregen uit waarnemingen met buizen, met los materiaal gevuld en zelfs aangestampt, noodzakelijk sterk overdreven moeten zijn en dat gevolgtrekkingen, ten aanzien van doorkwelling bij inpolderingen en droogmakerijen, daaruit afgeleid, schrikbeelden kunnen doen ontstaan, zeer verschillend van de werkelijkheid.

Ad 3m. Naar het oordeel uwer Commissie is de eenige weg, die kan leiden tot de beantwoording der vraag in hoe verre eene voorgenomen inpoldering tot overlast van kwelwater in de drooggelegde gronden kan leiden, die welke reeds door wijlen ons medelid STIELTJES werd aanbevolen; te weten het verzamelen van gegevens omtrent doorkwelling in bestaande polders, en eene vergelijking van de voor doorkwelling meer of minder gunstige omstandigheden in de gevallen, voor welke de kwel bekend is, met die, welke door de voorgenomen inpoldering zullen worden verwezenlijkt.

Is van een door dijken afgesloten terrein, kanaalpand, havenkom, polder of droogmaking bekend hoeveel water in zeker groot tijdperk door lozing en verdamping werd weggevoerd, hoeveel als regen werd opgevangen en kent men de hoeveelheid water, die bij het begin en bij het eind van het tijdperk binnen de omdijking aanwezig is, dan heeft men de gegevens voor de berekening hoeveel water langs onderaardschen weg in dat tijdperk naar binnen is gestroomd.

Heeft dezelfde toestand van omdijking reeds eenigen tijd geduurd dan mag aangenomen worden dat de ondergrond van dijk- en polderbodem tot standvastigen graad van inklinking en verstopping der poriën is gekomen en in elk deel daarvan de doorstroomingscoëfficiënt met den tijd niet of weinig meer verandert. Blijft de waterdrukhoogte, die de doorstrooming veroorzaakt, in het genoemde tijdperk onveranderd dan weet men hoeveel per meter drukhoogte in een etmaal doorkwelde. Neemt men aan dat het water, dat langs onderaardschen weg in het ingedijkte terrein vloeide, alleen door en onmiddelijk onder den dijk een toegang vond, dan kan, in de onderstelling dat de dijk overal dezelfde samenstelling en denzelfden ondergrond had en rondom het ingedijkte terrein de drukhoogte overal even groot was, men ook de hoeveelheid berekenen, die per strekkenden meter dijk en per meter hoogteverschil van binnen- en buiten water in het etmaal door den grond drong.

Noemt men den kwelcoëfficiënt k, de lengte van den dijk b, dan is de hoeveelheid water:

$$M = k\,b\,H\,t$$

als t den duur van het tijdperk in etmalen en H het verschil in waterhoogte in meters beteekent. De uitdrukking onderstelt dezelfde wet van doorstrooming als de vorige; zij verschilt daarvan alleen doordien, wegens de onbekendheid van de gemiddelde lengte en de diepteafmeting van den weg, die grootheden met den doorstroomingscoëfficiënt tot eenen factor zijn vereenigd.

Uit waterstaatkundige gegevens heeft men getracht den kwelcoëfficiënt te berekenen voor de navolgende door dijken afgesloten terreinen:

1. het kanaal van Sluis naar Brugge;

2. een afgesloten kom aan het kanaal van Walcheren te Vlissingen;
3. den Haarlemmermeerpolder;
4. 's Hertogenbosch, gedurende een tijdperk van keering van winterwater;
5. de Betuwe.

Zij leverden de volgende uitkomsten.

Plaats, waar in het groot de doorsypeling werd waargenomen.	Hoeveelheid doorgesypeld per etmaal. M.	Lengte van den dijk. b.	Aangenomen drukhoogte. H.	Hoeveelheid doorgesypeld per etmaal en per strekkenden meter van den dijk. In het geheel.	Hoeveelheid doorgesypeld per etmaal en per strekkenden meter van den dijk. Berekend voor eene drukhoogte van één meter. $k = \frac{M}{b\,h}$
	M³	M.	M.	M³	M³
Kanaal van Sluis naar Brugge	4311	22608	1.06	0.19	0.18
Afgesloten kom te Vlissingen	gemid. 261	719	1.10	0.36	0.32
	maxim. 377	719	1.14	0.52	0.46
Haarlemmermeerpolder	136800	60000	2.14	2.28	1.065
	200330		4.282	3.34	0.78
	207544		4.436	3.46	0.78
	211871		4.53	3.53	0.78
's Hertogenbosch	53927	4236	0.97	12.73	13.13
	of 53380		0 97	12.60	12.95
	43751	4236	0.44	10.32	23.47
	of 40192		0.50	9.48	18.96
Betuwe	1167545	179000	2.40	6.52	2.72
Vianensche bosch	20909	1550	4.00	13.49	3.37
„Kolfbaan"	7760	565	4.00	13.76	3.44
Achthoven	38040	4150	3.76	9.16	2.41
Betuwe boven de Ochtensche brug. . .	576000	77600	2.98	7.42	2.49

Het uiteenloopen der cijfers van k mag voor een deel worden toegeschreven aan het verschil van de grondlagen, door welke het water zijn weg moest nemen.

De gronden van de twee eerste punten van waarneming, het kanaal van *Sluis* naar *Brugge* en de afgesloten kom te *Vlissingen*, bestonden niet uit zuiver zand.

Bij den *Haarlemmermeerpolder* mag ondersteld worden de aanwezigheid van eene doorlatende zandlaag, die op den bodem der ringvaart, aan de westzijde van den polder door weinig waterkeerende stoffen wordt bedekt, en die in den polder zelf over de geheele uitgestrektheid meer of minder diep en in het noordwestelijk gedeelte van den polder zelfs aan de oppervlakte is weder te vinden.

De boringen voor den spoorweg bij *'s Hertogenbosch* hebben zoowel ten noorden als ten westen van de stad op eene diepte van ongeveer A.P. onvermengd zand doen vinden en tot zoo diep als de boring reikte, zijnde bij bastion Deuteren tot — 7.73 M.

Met veen of klei vermengd bevond zich zand hooger dan A.P.; bij de doorlaatbruggen N°. 2 en 3 zand met klei op + 1.30; bij bastion Deuteren veen met zand op + 1.37 M.

Dat *'s Hertogenbosch* zich onderscheidt door den grooten toevoer van kwelwater mag dus voor het grootste gedeelte worden toegeschreven aan de ligging op eenen doorloopenden zandbodem, die, tijdens hoogen stand van het water, dat rondom de kleine kom omgeeft, geheel doorweekt is. Ook moet gewezen worden op de onzekerheid omtrent de juiste hoeveelheid water, die werd opgemalen in de tijdperken, waarvan uitkomsten werden medegedeeld. De bemaling vond toen nog met een drijvend stoomgemaal en bij aanbesteding plaats en bovendien tot verschillende en meestal geringe hoogten.

Overigens zou de toestand van *'s Hertogenbosch* tijdens bemaling eenigzins beantwoorden aan de proefneming, met een door een zanddijk omringde kom, die door STIELTJES werd aanbevolen.

De diepte, waarop, onder de *Betuwe*, het bonte diluviale zand zich bevindt, wordt in het verslag van Dr. SEELHEIM aangewezen.

Plaat II van dat verslag bevat de grafische voorstelling van de ligging bij den Noorder- en bij den Zuiderdijk, en doet zien, dat zoo het diluviale zand nabij die dijken al schaars de oppervlakte bereikt, zooals tegenover Arnhem, dit toch veelmalen het geval is met de daarop rustende zandlaag van het alluvium. Dit heeft o. a. plaats tusschen Vianen en Lexmond.

Tegenover de groote verschillen in de waarden van k is de overeenstemming der waarden, verkregen in verschillende deelen van de Betuwe, derhalve onder nagenoeg dezelfde omstandigheden, opmerkelijk.

Bij de vergelijking en de toepassing dezer cijfers is intusschen wel in aanmerking te nemen, dat zij berusten op aangenomen onderstellingen, die van de werkelijkheid kunnen afwijken. Het is een welbekend feit dat in een bedijking of droogmakerij niet altijd al het kwelwater kan geacht worden onmiddellijk onder den dijk te zijn doorgestroomd. Daar, waar het ingedijkte terrein uit zand bestaat of waar door slooten, tochten of kanalen de onder klei of leem liggende zandbodem is blootgelegd, kwelt uit den grond water op, dat zoowel van den omringenden boezem als van verder afgelegenen kan afkomstig zijn. Alleen dan zou de op die wijs plaats vindende wateraanvoer kunnen beschouwd worden als begrepen in den kwelcoëfficient k, indien, bij de bedijkingen, die men vergelijkt, de verhouding tusschen de water doorlatende bodemoppervlakte en de dijklengte, alsmede de verhouding tusschen den waterdruk, die de opkwelling uit den grond veroorzaakt en het verschil in waterdruk, onmiddelijk binnen en buiten de omringing, konden ondersteld worden dezelfde te zijn.

In het algemeen zal dit geenzins kunnen geschieden met voldoende zekerheid en hierop dient gelet te worden bij gevolgtrekkingen, die men uit de verkregen cijfers zou willen maken ten aanzien van gelijksoortige gevallen. Voor een polder bijv., waarvan de kwel bekend ware, zou de gevonden of aangenomen coëfficient k, ook bij onveranderden toestand van den dijk, moeten verhoogd worden, indien door slootgraving of bebouwing eene bedekkende kleilaag werd verwijderd of verbroken. Ook kan de geologische gesteldheid van dien aard zijn, dat de evenredigheid van de kwel met het hoogteverschil van binnen- en buitenwater bij de polders, die men vergelijkt, niet meer kan worden ondersteld.

Immers bij zeer uitgestrekte polders zou het kunnen voorkomen, dat in zeker binnenwaarts gelegen gedeelte de druk van het grondwater niet bepaald werd door de waterhoogte, onmiddellijk buiten den ringdijk, maar door die van verder afgelegen terreinen. In werkelijkheid zou men, om meer nauwkeurige schatting te verkrijgen, van de kwel in een gegeven polder, moeten kunnen afscheiden de hoeveelheid water, die onmiddellijk onder den dijk doorsypelt, van die, welke op grooter diepte door den bodem wordt aangevoerd. Doch hiertoe ontbreken alle gegevens. Men kan alleen beweren dat het tweede gedeelte des te grooter zal zijn, naarmate binnen den polder het water-doorlatend vermogen grooter is.

Het is waarschijnlijk dat voor een deel ook hieraan het zeer groote verschil moet toegeschreven worden van de beide uitersten waarden van den kwelcoëfficient k. In het kanaal tusschen Sluis en Brugge was niet alleen de bodem van klei maar bovendien de verhouding van de dijkslengte tot het ingesloten terrein buitengewoon groot. In 's Hertogenbosch is de bodem zandgrond en de verhouding van dijklengte tot oppervlakte veel geringer.

Men dient in elk geval wel in het oog te houden van hoe groot gewicht eene doorkwelling in den polder onafhankelijk van de lengte en hoedanigheid van den dijk soms zijn kan.

In het geval bijv. van de indijking der Zuiderzee zal door het verleggen van den dijk, die, over het zand, in 1866 door BEYERINCK ontworpen was, naar de richting over de klei, volgens het plan van het wetsontwerp van 1877, het waterbezwaar in aanmerkelijke mate verminderd worden, niettegenstaande de dijk langer wordt. Evenzoo mag verminderde aanvoer van water in den polder verwacht worden van het voorstel bij dat wetsontwerp gedaan, tot opneming van de zandgronden, in de nabijheid o. a. van Harderwijk, in het boezemkanaal.

De sterk uiteenloopende cijfers der tabel wijzen reeds aan welke wijde grenzen de schatting toelaat van het waterbezwaar van een toekomstigen Zuiderzeepolder.

In de volgende proeve heeft men de ongunstigste cijfers, die men redelijkerwijs daarvoor kan aannemen, trachten te berekenen. Plaat V.

De buitendijk, die uit de specie, die de bodem in de nabijheid oplevert, en dus grootendeels uit zand zou worden samengesteld, zou volgens het ontwerp van 1866 van den Inspecteur van den Waterstaat J. A. BEIJERINCK aan de binnenzijde worden gesteund door het water van een boezemkanaal, breed op den waterspiegel 150 M., welke waterspiegel op — 0.50 M. hoogte zou worden opgehouden door den binnendijk.

Deze inrichting levert het voordeel dat de buitendijk, zelfs in het ongunstigste geval bijv. onder een stormvloed van 3.00 M. + A.P., geen grooter waterdruk dan 3.50 M. en dan slechts kortstondig te keeren heeft. De dijk zou echter worden aangelegd voor het grootste gedeelte zijner lengte op een zandbodem.

Ook door dien bodem, onder den dijk henen, mag dus doorsijpeling worden verwacht, zoolang hij niet door slib of kleineerzetting dicht is geworden. De waarde van 2.72, die voor k bij de Betuwe gemiddeld in haar ganschen omvang is gevonden, is voor den toestand, waarin de afsluitdijk, volgens het ontwerp van BEIJERINCK, zou verkeeren, zeker te gunstig. Het schijnt daarom veiliger bij waarnemingen, die grooter waarde voor k gaven, b. v. bij den toestand te 's Hertogenbosch te rade te gaan. Neemt men voor alle zekerheid $k = 15$, dus meer dan de meest vertrouwbare waarde, te 's Hertogenbosch gevonden, dan verkrijgt men voor de hoeveelheid, die op het boezemkanaal zal worden gebracht, het aanzienlijke bedrag van $M = 15 \times 3.50 \times 41000 = 2.152.000$ M^3; zijnde 41000 M. ruim de lengte van den buitendijk volgens het ontwerp van BEIJERINCK. Het is niet te verwachten dat het aanzienlijke cijfer van 2.152.000 M^3, zelfs gedurende den ongewonen stormvloed, zal worden bereikt in een etmaal,

*

omdat de reeds ruim genomen vloedhoogte van + 3.00 M. niet gedurende een vol etmaal zal aanhouden, en omdat gedurende de aanzienlijke doorsijpeling het boezemkanaal zal zwellen en dus de drukhoogte en daarmede de doorsijpeling door den buitendijk zal verminderen. In het plan van BEIJERINCK beslaan de boezem- en scheepvaartkanalen eene oppervlakte groot te zamen 6.848.000 M² of ruim 684 H A.

De rijzing van het water, veroorzaakt door de doorsijpeling, zal dus bedragen hoogstens:

$$\frac{2.152.000}{6.848.000} = 0.31 \text{ M. in het etmaal.}$$

en dus den waterspiegel een stand doen bereiken van $-0.50 + 0.31 = -0.19$ M.

Ten gevolge van deze rijzing zal een groot deel bij de eerstvolgende lage waterstanden zich weder op de Zuiderzee ontlasten. Het laag water, thans te Enkhuizen op ongeveer — 0.30 te stellen, zal namelijk na de afsluiting vermoedelijk eene geringe verlaging ondervinden. Het gedeelte dat niet door natuurlijke lozing wordt afgevoerd, zal onder de boezemkade of binnendijk naar den polder afzakken en moeten worden opgemalen.

De binnendijk, die het water van het boezemkanaal uit den polder moet keeren, zal, wat de samenstelling betreft, in gunstiger omstandigheid zich bevinden dan de buitendijk, omdat hij uit betere specie zal kunnen worden opgeworpen en omdat hij, vooral zoover hij binnenwaarts zal gericht zijn, op een bodem zal komen te rusten, die minder water doorlaat dan de bodem, waarop de buitendijk wordt gelegd. Daarentegen zal hij doorgaande aan grooter waterdruk blootstaan. Met een zomerpeil van 4.50 beneden A.P., zoo als door BEIJERINCK werd aangenomen, zal op een waterdruk tegen den binnendijk van 4.00 M. zijn te rekenen gedurende een groot deel van het jaar.

Eene andere zaak, die de doorsijpeling door den binnendijk bevordert, is de groote lengte, die hij moet verkrijgen, in verband met de leiding van het boezemkanaal met vertakkingen door den polder, ten dienste van de scheepvaart.

Bij het ontwerp van BEIJERINCK is op eene waterkeerende lengte van 216000 M. te rekenen, waarvan op klei rust eene lengte van 163000 en op zand, even als dat van den buitendijk, eene lengte van 53000 M. Voor het eerste gedeelte, dat met den toestand van den ringdijk van den Haarlemmermeerpolder overeenkomt, behoeft dus voor k niet meer dan 1 te worden genomen; voor het andere gedeelte zal de coëfficient 15, die bij den buitendijk is gebezigd, wederom kunnen dienen. Men verkrijgt dan voor de doorkwelling in gewone omstandigheden per etmaal:

$$M = 4 \times (15 \times 53000 + 163000) = 3.832.000 \text{ M}^3$$

en tijdens een stormvloed zooals de onderstelde:

$$M = 4.31 \ (15 \times 53000 + 163000) = 4.128.980 \text{ M}^3.$$

Deze berekening onderstelt, dat het boezemkanaal alle rechtstreeksche doorsijpeling van het Zuiderzeewater onder het kanaal door tegenhoudt; alleen in dit geval zijn 4.00 en 4.31 het gemiddelde hoogte verschil, dat water naar den polder doet doordringen. Wat aldus door te gering hoogte verschil te weinig mocht berekend zijn, wordt zeker in ruime mate opgewogen door de overdreven waarde van 15 aan den kwelcoëfficiënt toegekend.

Bij het wetsontwerp van 1877 werd van het plan van BEIJERINCK afgeweken door het voorstel den afsluitdijk ongeveer 2 uur bezuiden Urk te leggen, waardoor eene oppervlakte van niet minder dan 23400 hektaren zeezand buiten de droogmaking werd gelaten en de afsluitdijk op een bodem werd aangelegd, waarbij het zand door een kleilaag van meer of minder dan 1 M. dikte bedekt was. De buitendijk zou echter 8 kilometers langer of 49000 M. worden. De binnendijk of zoogenaamde boezemkade verkreeg door verdeeling van de oppervlakte in twee groote omringingen eveneens grootere lengte, namelijk eene van ongeveer 333000 M. Het boezemkanaal verkreeg dientengevolge en ook door het daarin opnemen van de zoogenaamde boezemmeeren grootere oppervlakte. Voor die boezemmeeren werden ook gekozen de oppervlakten zandgrond, die nog binnen de bedijking overbleven o. a. die bij Harderwijk.

Dewijl door de wijziging van de richting der afsluiting de buitendijk geheel op kleigrond zou komen te rusten, en bovendien een breede strook van den zeebodem vóór den buitendijk een kleibekleeding zou bezitten, is voor de waarde van k eene waarde van 4 stellig ruimschoots voldoende.

Bij eene lengte van 49000 M. en dezelfde drukhoogte tijdens een stormvloed als boven werd aangenomen, namelijk 3.50, verkrijgt men voor de doorkwelling door den buitendijk

$$4 \times 3.50 \times 49000 = 686000 \text{ M}^3.$$

In het plan volgens het wetsontwerp beslaan voorts de boezem-meeren en scheepvaartkanalen eene oppervlakte te zamen groot

$$107.350.000 \text{ M}^2 \text{ of } 10735 \text{ H A}$$

en bedraagt de zwelling van den waterspiegel, tengevolge van de doorsypeling door den buitendijk, slechts

$$\frac{686000}{107350000} = 0.006 \text{ M.}$$

Van den binnendijk of de boezemkade ligt een gedeelte van ongeveer 49000 M. op dezelfde soort van grond als de buitendijk. Ofschoon beter samengesteld dan deze kan toch door ontblooting van den zandbodem van het boezemkanaal de binnendijk onderloops worden; althans voor genoemde lengte, en is dus voor dit gedeelte het aannemen van een coëfficiënt $k = 4$ raadzaam. Voor de overige lengte van 284000 M. bestaat dat gevaar minder, omdat de kleilaag, waarop zij rust, dikker is, en behoeft dus voor k niet meer dan 1, zijnde iets meer nog dan bij Haarlemmermeerpolder, genomen te worden.

In gewone omstandigheden een drukhoogte van 4 M. aannemende, zoo als boven, verkrijgt men voor de doorsypeling

$$M = 4\ (4 \times 49000 + 284000) = 1.920.000$$

Bij stormvloed is de zwelling van het boezemwater te onbeduidend om op de doorsypeling onder den binnendijk van eenigen invloed te zijn.

Ook hier geldt de boven reeds gemaakte opmerking, dat de grootte van de gekozen waarde voor den kwelcoëfficient mag geacht worden te gemoet te komen aan het buiten rekening laten van de mogelijke toestrooming van water uit de Zuiderzee onder het boezemkanaal door.

Volgens het bovenstaande zou dus moeten gerekend worden op een waterbezwaar, veroorzaakt door kwel

bij het ontwerp Beyerinck, tijdens een stormvloed, van

4.128.980 M³ in het etmaal;

bij idem in gewone omstandigheden, van

3.832.000 M³ in het etmaal,

en bij het plan van het wetsontwerp, in gewone omstandigheden, van

1.920.000 M³ in het etmaal.

Hierbij moet nog gevoegd worden de regenval na aftrek der verdamping.

Nemende daarvoor die, welke in de ongunstigste periode in Haarlemmermeerpolder werd waargenomen, zijnde van 1867—1873 $\frac{34655}{18100} = 1.91$ M³ per hectare en per etmaal

dan verkrijgt men voor de 195000 H A. van BEIJERINCK 195000 × 1.91 = 373300 M³ en voor de 195000—23000 = 172000 van het wetsontwerp 172300 × 1.91 = 329300 M³ en dus een totaal waterbezwaar groot bij ontwerp

BEIJERINCK tijdens een stormvloed	4.502.280 M³;
in gewone omstandigheden.	4.205.300 „
Wetsontwerp	2.249.300 „

Bij beide ontwerpen kan naar de regelen van de praktijk gerekend worden op een stoomvermogen van 12 PK. voor 1 M. opmaling per 1000 H A.

Volgens deze berekening en een opmaling aannemende van 4 M. vordert het ontwerp van BEIJERINCK 9360 PK. en dat hetwelk tot grondslag lag aan het wetsontwerp een vermogen van 172 × 12 × 4 = 8256 PK.

De paardekracht rekenende op 4.5 M³ 1 M. hoog per minuut en dus de 12 PK. per etmaal op 19440 M³ 4 M. hoog, dan zouden voor de oppervlakte van BEIJERINCK de 9360 PK. uitmalen per etmaal 3.790.800 M³; terwijl volgens bovenstaande berekening bij een stormvloed op eene van 4.492.700 M³ zou moeten gerekend worden; weshalve in plaats van 9360 PK. noodig zouden zijn

$$\frac{4.502.280}{3.790.800} \times 9360 = 11110 \text{ PK.}$$

en in gewone omstandigheden

$$\frac{4.205.300}{3.790.000} \times 9360 = 10380$$

De oppervlakte van 172000 H A. van het wetsontwerp zou in gewone omstandigheden vorderen eene opmaling van

$$172 \times 19440 = 3.343.680 \text{ M}^3 \text{ per etmaal.}$$

Dus behoeft voor bovenstaande hoeveelheid van 2.249.000 M³ niet meer te worden gesteld dan een vermogen van

$$\frac{2.249.300}{3.343.680} \times 8256 = 5555 \text{ PK.};$$

derhalve minder dan de praktijk bij droogmakerijen aan de hand doet.

Voor zoo ver de verzamelde gegevens dit kunnen uitmaken zou derhalve het bezwaar der doorkwelling de uitvoering van het plan van het wetsontwerp van 1877 niet behoeven in den weg te staan.

De Commissie voornoemd:

Maart 1887.

G. VAN DIESEN.
J. BOSSCHA.
J. M. VAN BEMMELEN.

AANTEEKENINGEN

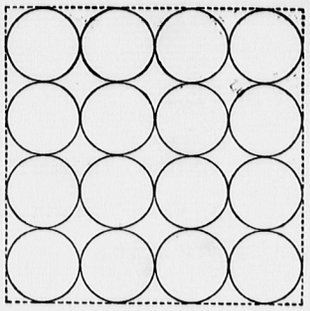
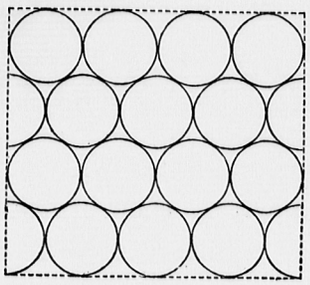
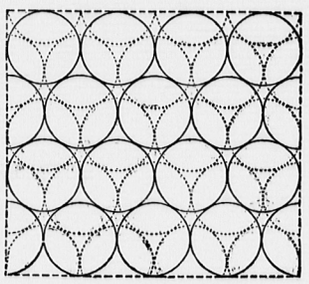
BETREFFENDE DE MATE, WAARIN WATER, ONDER VERSCHILLENDE DRUKHOOGTEN, DOOR ZANDMASSA'S VAN VERSCHILLENDE SAMENSTELLING EN BREEDTE STROOMT.

I. Ruimte tusschen de zandkorrels.

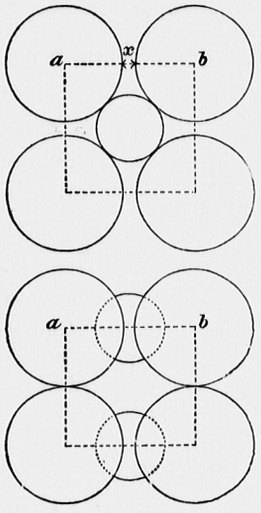
In de mededeeling van den Heer Stieltjes, bl. 212 van de *Verslagen en Mededeelingen*, Tweede Reeks, XIII^{de} Deel, tweede stuk, werd reeds met een woord gewezen op de omstandigheid, dat bij bolvormige korrels, zeer regelmatig gerangschikt, de tusschenruimte eene grootte heeft, die in constante verhouding staat tot de middellijn van de korrels, die alle even groot worden ondersteld.

Daaruit volgt dus dat bij toeneming der grootte van de bolvormige korrels ook de ruimte toeneemt, en dat derhalve waarschijnlijk zand meer water doorlaat naarmate het grover is, gelijk ook bij proefnemingen is gebleken. Daar in de werkelijkheid de zandkorrels niet zoo ruim gerangschikt op elkander liggen als volgens de zoo even genoemde onderstelling, zelfs indien zij bolletjes van gelijke grootte zijn, kan het, ook in verband met het onderzoek door waarneming, van nut zijn de grootte der tusschenruimte zoo veel mogelijk door berekening te verkrijgen.

Bij het reeds genoemde zeer eenvoudige geval, waarbij de middelpunten der bollen vier aan vier een kubus vormen en dus de tusschenruimten recht doorloopende openingen aanbieden, kan blijkbaar meer water tusschen de bollen worden geborgen dan bij de andere mede hieronder staande rangschikkingen.

	A.	*B.*	*C.*
			
	De bollen staan op elkander, en hunne middelpunten liggen in platte vlakken, waarvan de horizontale zoowel als al de vertikale op den afstand van de middellijn van een bol van elkander zijn verwijderd. In de drie richtingen loopen de openingen recht door.	De bollen rusten in de holten tusschen twee andere bollen; hunne middellijnen liggen in platte vlakken, waarvan de vertikale in één zin op den afstand d (middellijn van den bol) van elkander staan; de andere vertikale op een afstand $\frac{d}{2}$ en de horizontale op een afstand $\frac{1}{2} d\sqrt{3}$. In twee richtingen loopen de openingen recht door.	De bollen rusten in de holte tusschen drie andere bollen; de platte vlakken door hunne middelpunten gebracht liggen op den afstand $\frac{d}{2}, \frac{d}{2}\sqrt{3}$ en $\frac{1}{3} d\sqrt{6}$ van elkander. In geene richting loopen de openingen recht door.
Inhoud van den kubus of van het parallelopipedum, dat de bollen of segmenten van bollen omvat	$(4d)^3 = 64 d^3$	$4d \times 4d \times (d + \frac{3}{2} d\sqrt{3}) = 57.57 d^3$	$4d \times (d + \frac{3}{2} d\sqrt{3}) \times (d + d\sqrt{6}) = 49.650 d^3$
Inhoud der bollen	$64 \times \frac{1}{6} d^3 \pi = 33.51 d^3$	$64 \times \frac{1}{6} d^3 \pi = 33.51 d^3$	$48 \times \frac{1}{6} d^3 \pi = 25.128 d^3$ $16 \times 0.4168 d^3 = 6.6688 d^3$ $16 \times 0.2015 d^3 = 3\ 2240 d^3$ $35.0208 d^3$
Tusschenruimte	$30.49 d^3$	$24.06 d^3$	$14.6292 d^3$
Inhoud (percentswijze uitgedrukt) van de bollen	52.3 pCt.	58.20 pCt.	70.53 pCt.
Inhoud (percentswijze uitgedrukt) van de tusschenruimte	47.6 pCt.	41.78 pCt.	29.46 pCt.
Voor den inhoud der minimum-doorsnede van de recht doorloopende opening heeft men het volgende:			
Inhoud van kwadraat of rechthoek omvattende 16 cirkels	$(4d)^2 = 16 d^2$	$4d \times (d + \frac{3}{2} d\sqrt{3}) = 14.392 d^2$	
Inhoud van de 16 cirkels	$16 \times \frac{d^2}{4} \pi = 12.56 d^2$	$16 \times \frac{d^2}{4} \pi = 12.56 d^2$	
Tusschenruimte of minimum-doorsnede	$3.44 d^2$	$1.831 d^2$	
Inhoud (percentswijze uitgedrukt) van de cirkels	78 pCt.	87.27 pCt.	
Inhoud (percentswijze uitgedrukt) van de tusschenruimte	21 pCt.	12.72 pCt.	

Ongelijkheid der grootte van de korrels, door elkander vermengd, bevordert niet altijd de dichtheid. Er kan namelijk uit voortvloeien dat een tusschengeplaatste kleine korrel belet dat de groote korrels dicht aan elkander sluiten.



Dit is b.v. het geval bij eene schikking als de nevenstaande, waarbij D en d de middellijnen der twee grootten van bollen zijn en x de afstand is, waarop de groote bollen uit elkander moeten blijven door de toevoeging van den kleinen bol.

Men heeft dan:

$$a\,b = \tfrac{1}{2}(D+d)\sqrt{2} \qquad x = 0.707\,d - 0.293\,D.$$

$\overline{a\,b}^3 =$ inhoud kubus $= \frac{1}{4}(D+d)^3\sqrt{2} = 0.353\,(D+d)^3$

inhoud van de 8 gedeelten der bollen:

$$D = 8 \times \tfrac{1}{8} \times \frac{\pi}{6} D^3 = \frac{\pi}{6} D^3$$

inhoud van bol $d = \ldots\ldots\ldots \frac{\pi}{6} d^3$

$$\frac{\pi}{6}(D^3 + d^3) = 0.523\,(D^3 + d^3)$$

Tusschenruimte $= 0.353\,(D+d)^3 - 0.523\,(D^3 + d^3)$.

Naarmate D grooter wordt in verhouding tot d wordt de tusschenruimte kleiner.

Voor $D = d$ is tusschenruimte $1.778\,d^3$ of percentswijze:

inhoud der bollen	37 pCt.
tusschenruimte	63 „

Voor $D = 2\,d$ tusschenruimte $4.83\,d^3$ of:

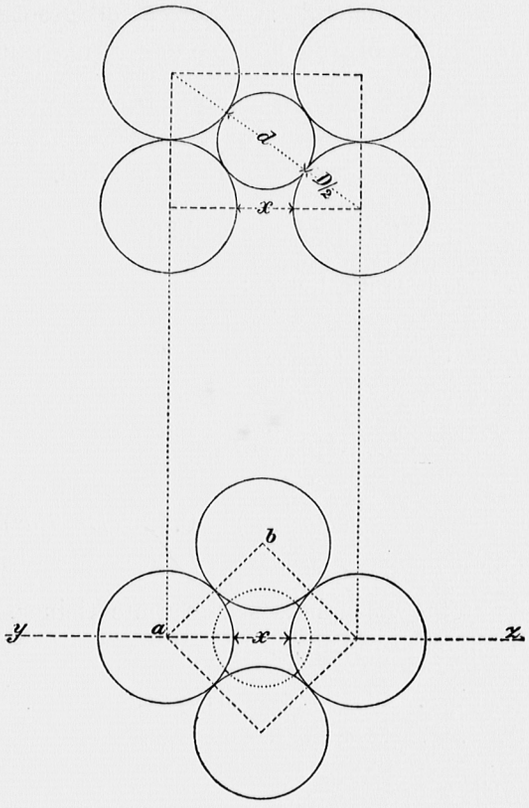
inhoud der bollen	50 pCt.
tusschenruimte.	50 „

Voor $D = \frac{0.707}{0.293}\,d$ of $x = 0$ als wanneer de groote bollen elkander raken: tusschenruimte $6.16\,d^3$ of:

inhoud der bollen	56 pCt.
tusschenruimte	44 „

Voor $D > \frac{0.707}{0.293}\,d$ wordt x negatief en vallen de bollen in elkander.

Bij eene schikking als deze van bollen van gelijke grootte was de tusschenruimte gevonden 47 pCt. van den geheelen inhoud; tusschenvoeging van een kleiner bol met het middelpunt in het vlak der middelpunten van de groote bollen, bij deze schikking, vermindert dus de grootte der tusschenruimte slechts met 47—44 of met 3 pCt.



Is de kleine bol geplaatst buiten het vlak der middelpunten van de groote bollen, t. w. in de holte in het midden tusschen acht volgens de schikking A gestelde bollen dan kan de middellijn van de kleine bol grooter zijn dan $0.414\,D$ namelijk $0.732\,D$. De tusschenruimte wordt dan terstond belangrijk verkleind en bedraagt slechts 27 pCt. van den geheelen inhoud.

Men heeft namelijk:

$$(D+x)^2 = 2\,D^2.$$

Eene doorsnede over yz, naar boven omgeslagen, geeft te zien:

$$(d+D)^2 = D^2 + (D+x)^2 = 3\,D^2$$

$$d + D = D\sqrt{3}$$

of:

$$d = D(\sqrt{3}-1) = 0.732\,D.$$

Voorts inhoud kubus $(a\,b)^3$ . . . D^3

$$8 \times \tfrac{1}{8} \text{ bol } D = \frac{\pi}{6} D^3$$

$$\text{bol } d \;.\;.\;.\;.\;. \frac{\pi}{6}(0.732\,D)^3$$

$$0.523\,(1 + 0.392)\,D^3 = \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \underline{0.728\,D^3}$$

$$\text{tusschenruimte} \;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;. \quad 0.272\,D^3$$

Dus inhoud bollen ongeveer	73 pCt.
en inhoud tusschenruimte	27 „

Berekening van de verkleining der tusschenruimte bij de rangschikkingen B

en *C* door tusschenplaatsing van kleinere bollen gaf geen kleiner cijfer dan het zooeven genoemde; hetgeen zich laat verklaren door de dichtheid waartoe, bij die schikkingen, de groote bollen reeds bij elkander gedrongen waren.

Tegenover de uitkomst der berekening kan tot vergelijking gesteld worden die, welke van genomen proeven bekend zijn.

In de, door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen, in 1877 uitgegeven Verhandeling van Dr. J. E. ENKLAAR over de *verdamping van water van onderscheidene gronden onder verschillende omstandigheden* wordt op bl. 30 een opgaaf gedaan van het gewicht aan water, dat door verschillende grondsoorten, waarmede proeven werden genomen, kon worden opgenomen.

De gronden werden gebracht in glazen cylinders, hoog 0.20 M. en van een inwendige middellijn van 0.028 M. De weging geschiedde voor en na de verzadiging met water.

Onderstaande tabel geeft de uitkomst der weging en van de daaruit berekende verhouding der volumina tot de tusschenruimten.

	Fijne grijze leem.	Veenachtige zandgrond.	Zandgrond Oranje woud.	Wit uitgegloeid zand.	Grove donkere leem.	Bruine knipklei.	Zwarte humusrijke klei.	Zwarte tuinaarde.	Wit uitgegloeid zand.
Gewicht van den luchtdroogen grond in grammen.	126.77	110.77	119.32	153.29⁵	125.50	83.30	115.75	123.90	153.59
	109.77	100.38	103.07	131.50	112.41	73.97	105.14	118.17	131.50⁵
	127.86	110.14	116.89	152.17	136.75	83.41	116.15	132.14	152.17
	148.47	125.57	117.31	164.71	137.10	93.21	115.41	139.65	164.71
Gemiddeld....	128.21	111.71	114.14	150.41	127.94	83.47	113.11	155.71	150.41
Aannemende het volumen, d. i. den inhoud van den cylinder, op 125 cM³ dan is het gewicht per M³.....	K.G. 1024	K.G. 893	K.G. 913	K.G. 1200	K.G. 1023	K.G. 667	K.G. 904	K.G. 1245	K.G. 913
Gewicht van het door den grond opgenomen water in grammen.	41.04	45.59	37.58	30.14⁵	36.68	52.28	47.94	36.60	27.00
	36.53	41.28	33.74	25.90⁵	59.09	47.09	43.23	33.77	24.77⁵
	43.26	45.81	38.42	31.96	42.10	56.55	47.09	33.98	30.19
	48.58	47.98	38.51	34.15	39.93	63.72	46.87	35.85	34.19
Gemiddeld in gr. of cM³.	42.35	45.16	37.06	30.54	38.45	54.91	46.28	35.05	29.03
Ruimte door den grond ingenomen in cM³.....	82.65	79.84	87.94	94.46	86.55	70.09	78.72	89.95	95.97
Percentswijze van het geheel ingenomen ruimte door den grond	66 pCt.	64 pCt.	70 pCt.	76 pCt.	69 pCt.	56 pCt.	63 pCt.	72 pCt.	77 pCt.
Percentswijze van het geheel ingenomen ruimte door het water	34 "	36 "	30 "	24 "	31 "	44 "	37 "	28 "	23 "

Bij den bouw der brug over de Waal bij Bommel werden door den ingenieur Dr. E. F. VAN DISSEL proeven genomen, ten einde het bedrag der inklinking van zand te leeren kennen.

Daaruit kan ook iets van de tusschenruimte worden afgeleid.

Den 20sten Januari 1866 werd een bak, lang 1.58 M., breed 0.75 M. en hoog 0.60 M., inhoudende derhalve 0.711 M³. gelijk gevuld met goed vochtig zand, uit het terrein genomen, niet vastgestampt.

Hierop water gegoten wordende stond de bak blank na toevoeging van 210 liter.

Onmiddellijk na het opgieten was de zakking 0.08 M., en dus de inklinking 0.0948 M³. of ruim $^1/_8$ in hoogte.

Uit de opgaaf blijkt niet of het water in den bak deelde in de beweging en beneden den bovenkant van den bak daalde of op de aanvankelijke hoogte bleef staan. In het eerste geval zou de totale hoeveelheid de verkleinde tusschenruimten hebben gevuld en zou de verhouding tusschen het massieve in de tusschenruimten percentsgewijze uitgedrukt zijn geweest als 75 tot 25 pCt. In het andere geval is die verhouding als 84 pCt. tot 16 pCt.

Zonder verdere bewerking bleef de inklinking doorgaan en bereikte zij eene hoogte van 0.10 M.; zijnde juist $^1/_6$ van de hoogte of 0.1185 M³.

Daalde, wat niet waarschijnlijk is, het water mede dan zou de verhouding van zand tot de tusschenruimte zijn geweest 74 pCt. tot 26 pCt. Bleef het water de oorspronkelijke hoogte, bovenkant van den bak, behouden dan was de verhouding als van 86 tot 14 pCt.

Hetzelfde zand klonk na drooging opnieuw in, zoodat 10 liter in volumen afnamen tot 9.6 liter en in gewicht verminderden van 18.4 KG. tot 15 KG.

De 3.4 KG. aannemende als zoovele liter water, die uit de tusschenruimten verdampten, is de verhouding tusschen het volumen zand en de tusschenruimte als 75 tot 25 pCt.

Den 24sten Januari 1866 wogen 5 liter zand uit het terrein genomen 7.5 KG. Na drooging klonk de massa in tot 4.5 liter wegende 7.3 KG. De verloren gewichtshoeveelheid aannemende als 0.2 liter water, die in de tusschenruimte begrepen was, zou de verhouding van zand tot tusschenruimte bedragen 96 pCt. tot 4 pCt. Vermoedelijk was dus de ruimte tusschen de zandkorrels niet geheel gevuld en het zand uit het terrein vrij droog.

Zand uit het water genomen, gaf een gewicht van 9.2 KG. voor 5 liters; woog na drooging 7.5 KG., en was toen tot 4.8 liter ingeklonken. De hieruit berekende verhouding is als van 75 tot 25 pCt.

Bij beide proeven was het zand gewoon grof rivierzand.

Uit de proeven te Bommel mag worden afgeleid een *minimum* van tusschenruimte ten bedrage van 14 pCt., omdat allicht eenige daling in den bak zal zijn ondervonden door het water, en een *maximum* van 25 pCt. omdat, bij laatstgenoemde proef, het zand bij de eerste meting waarschijnlijk niet volledig in elkander gezet zal zijn.

Voorts blijkt ook uit die proeven dat bevochtiging de zandkorrels gemakkelijker langs elkander doet glijden en dichter te zamen pakken; waaruit zich het verminderen van de doorsypeling na eenigen tijd, bij sommige proefnemingen waargenomen, laat verklaren.

In de verhandeling van Dr. F. SEELHEIM getiteld: Les lois de la perméabilité du sol, voorkomend in de *Archives Neerlandaises* T. XIV komen twee bepalingen voor van de grootte der tusschenruimte bij zand.

De buis, die daartoe met zand en met water, afzonderlijk en vermengd, werd gevuld en gewogen, had eene middellijn van 0.011 M.

Bij zand, bestaande uit korrels van ongeveer gelijke grootte, was in proef IX de verhouding der volumina 39.23 tot 22.72 of percentswijze als 63 pCt. tot 37 pCt.

Op gelijke wijze kan men uit de cijfers, die bij proef X met zand, waarvan de korrels ongelijke grootte hebben, zijn medegedeeld, de verhouding der volumina vinden, bedragende 44.03 en 17.93 of percentswijze 71 pCt. en 29 pCt.

Bij de proeven van H. DARCY en CH. RITTER, den 29 en 30 Oct. en 2 Nov. 1855 te Dijon genomen, waarop wij later zullen terugkomen, beschreven in het werk getiteld: *Les Fontaines publiques de la ville de Dyon* par HENRY DARCY, Inspecteur Général des ponts et chaussées, werd grof zand van verschillende korrelgrootte en vermengd met stukjes grint, schelpgruis enz. gebezigd. Op bl. 590, waar de mededeeling der proeven voorkomt, geeft hij op voor het bedrag der ruimte 38 pCt.; die der vaste deelen is dus 62 pCt. geweest.

Tegenover het grove zand, bij de zooeven genoemde proeven gebezigd, stelt de Inspecteur Generaal J. DUPUIT in zijn werk: *Etudes théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et à travers les terrains perméables*, 1863, uitkomsten met fijner zand, waarvan hij de ruimte op 30 pCt. en dus den inhoud der zandkorrels op 70 pCt. aanneemt.

In het in 1861 te Berlijn uitgekomen deel XI van het *Zeitschrift für Bauwesen* door G. ERBKAM komt eene belangrijke verhandeling voor van HÜBBE, von der Beschaffenheit und dem Verhalten des Sandes.

Daarin worden medegedeeld de volgende cijfers door WOLTMAN gevonden voor de tusschenruimte.

Bij	veldsteenen	van 1 à 3	KG.	. . . . .	37.6 pCt.
„	kiezel	„ 0.25	„	. . . . .	41.7 „
„	„	„ 0.10	„	. . . . .	39.3 „
„	loopzand			. . . . .	41.2 „
„	terreinzand			. . . . .	41.9 „

alles in verhouding van den geheelen omvang, zoodat de vaste deelen, in dezelfde verhouding, innamen resp. 62.4, 58.3, 60.6, 58.8 en 58.1 pCt.

De proeven door HÜBBE zelf genomen leverden de grensverhoudingen van zand tot de tusschenruimte

60.4 pCt. tot 39.6 pCt.
72.1 „ „ 27.9 „

Onder den titel: *Untersuchungen über die Wasserkapacität der Bodenarten* deelt Dr. E. WOLLNY op bl. 177 van de Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik van 1885 o. a. de volgende uitkomst mede van verscheidene waarnemingen van de ruimte tusschen zandkorrels.

Bij proeven van A. MAYER met korrels kwarts van gelijke grootte van 0.3 tot 0.9 mM. bedroeg de *grootste* watercapaciteit in percenten van het volumen 48.97

A. VON LIEBENBERG vond bij korrels van tertiair zand van verschillende grootte dooreengemengd de ruimte in pCt. 34.90

A. VON LIEBENBERG vond bij korrels van diluviaal zand van verschillende grootte dooreengemengd de ruimte in pCt. 25.50

WOLLNY's proeven gaven bij korrels van kwarts zand van 0.01 tot 2.00 mM. dooreengemengd eene grootste van . . . . . 28.52 tot 44.90
en een kleinste „ . . . . . 3.66 „ 35.56

Het bovenstaande bijeentrekkende verkrijgt men het volgende overzicht.

Naam van den proefnemer.	Omschrijving.	Inhoud in percenten van de	
		stof.	tusschenruimte.
Theoretische berekening.	Bolvormige korrels van gelijke groote.	52.3	47.6
		58.2	41.8
		70.5	29.5
	Bolvormige korrels van ongelijke groote.	56	44
		73	27
J. E. Enklaar.	Fijne grijze leem.	66	34
	Veenachtige zandgrond	64	36
	Zandgrond Oranjewoud	70	30
	Wit uitgegloeid zand.	76	24
	" " "	77	23
	Grove donkere leem	69	31
	Bruine knipklei	56	44
	Zwarte humusrijke klei	63	37
	Zwarte tuinaarde.	72	28
Dr. E. F. van Dissel.	Gewoon grof rivierzand. Grensverhoudingen . . .	75	25
		86	14
Dr. F. Seelheim.	Zandkorrels van gelijke grootte	63	37
	" " ongelijke grootte	71	29
H. Darcy.	Zeer grof zand met stukjes grint enz.	62	38
J. Dupuit.	Fijner zand dan het voorgaande	70	30
Woltman.	Veldsteenen	62	38
	Kiezel.	58	42
	"	61	39
	Loopzand	59	41
	Terreinzand	58	42
Hübbe.	Grensverhoudingen bij zand	60	40
		72	28
A. Maijer.	Kwartszand van gelijke grootte	51	49
A. von Liebenberg.	Tertiair zand van verschillende grootte dooreengemengd.	65	35
	Diluviaal " " " "	74	26
E. Wollny.	Kwartszand " " " " maxm.	55	45
	" " " " " minm.	96	4

II. Proeven tot bepaling van de hoeveelheid doorgesypeld water.

Groot is de verscheidenheid der uitkomsten van de in het klein genomen proeven. Zelfs bij beziging van denzelfden toestel door één proefnemer verkreeg deze soms uiteenloopende eindcijfers.

Vooral loopen de uitkomsten uiteen, waar het de bepaling geldt van de absolute hoeveelheid, die onder eene eenheid van drukhoogte, van lengte en van dwarsdoorsnede van den door het zand af te leggen weg in een eenheid van tijd doorsypelt.

Meer stellige gegevens zijn de betrekkelijke. Er is blijkens de uitkomsten namelijk groote waarschijnlijkheid, dat bij overigens gelijke omstandigheden de doorgesypelde hoeveelheden, ongeveer in rechte reden tot elkander staan als de drukhoogten en als de inhouden der dwarsdoorsneden van de doorloopen zandlagen en in omgekeerde reden ongeveer van de lengten dier lagen. Ook blijkt met groote mate van zekerheid, dat de grootte der zandkorrels, de meerdere of mindere grofheid van het zand, merkbaren invloed heeft.

Enkele waarnemers hebben getracht de wetten van doorsypeling in eene formule te brengen, en daarbij een empirischen coëfficiënt ingevoerd, ten einde omstandigheden in rekening te brengen, die voornamelijk in den aard van het gebezigde zand zijn gelegen en invloed uitoefenen. Dr. Seelheim brengt ook de temperatuur in rekening.

Bij de volgende beknopte mededeeling van de voornaamste uitkomsten door verschillende geleerden verkregen is tot gemakkelijker vergelijking de hoeveelheid water berekend, die, volgens hunne eindcijfers, zou doorgesypeld zijn gedurende 24 uren, ingeval de drukhoogte 1 M., de lengte van den weg door het zand 1 M. en de inhoud der dwarsdoorsnede van de zandlaag 1 M² had bedragen.

In het reeds genoemde werk: *Les Fontaines publiques* de la ville de Dyon worden op bl. 590 de uitkomsten medegedeeld van de in 1855 door H. Darcy en Ch. Ritter genomen proeven met kiezelzand van de Saône, samengesteld uit

0.58	zand gaande door een zeef van	0.77 millim.
0.13	„ „ „ „ „ „	1.10 „
0.12	„ „ „ „ „ „	2.00 „
0.17	stukjes grint, schelpgruis 4.	
1.00		

De tusschenruimte van het zand was 38 pCt.; de vertikaal gestelde buis, waarin het zand gebracht werd, was hoog 2.50 M.; de inw. middellijn 0.35 M. Het water werd er opgebracht door de waterleiding, zooveel noodig zijdelings

afgetapt om de drukking te regelen. Door middel van een kwik-manometer werd de grootte der drukking bepaald.

Nummer der Serie.	Dikte van de zandlaag.	Volgnummer der proeven.	Duur in minuten.	Gemiddeld doorgestroomd volumen per minuut.	Gemiddelde drukking.	Verhouding tusschen de drukking en het volumen.	Hoeveelheid in 24 uren berekend voor 1 M. drukhoogte door 1 M. lengte per M².	Opmerkingen.
				Lit.	M.		M³.	
1	M. 0.58 (Het zand was niet gewasschen).	1	25′	3.60	1.11	3.25	28.15	
		2	20′	7.65	2.36	3.24	27.34	De manometer vertoonde slechts weinig schommelingen.
		3	15′	12.00	4.00	3.00	20.83	
		4	18′	14.28	4.90	2.91	25.30	
		5	17′	15.20	5 02	3.03	26.28	
		6	17′	21.80	7.63	2.86	24.80	
		7	11′	23.41	8.13	2.88	24.99	Sterke schommelingen.
		8	15′	24.50	8.58	2.85	24.79	
		9	13′	27.80	9.86	2.82	24.50	Zeer sterke schommelingen.
		10	10′	29 40	10.89	2.70	23.44	
2	1.14 (Het zand was niet gewasschen).	1	30′	2.66	2.60	1.01	17.45	
		2	21′	4.28	4 70	0.91	15 53	
		3	26′	6.26	7.71	0.81	13.85	
		4	18′	8.60	10.34	0.83	14.19	Zeer sterke schommelingen.
		5	10′	8.90	10.75	0.83	14.12	
		6	24′	10.40	12.34	0.84	14.38	
3	1.71 (gewasschen zand).	1	31′	2.13	2.57	0.83	21.21	
		2	20′	3.90	5.09	0.77	19.61	
		3	17′	7.25	9.46	0.76	19.61	Zeer sterke schommelingen.
		4	20′	8.55	12.35	0.69	17.72	
4	1.70 (Gewasschen zand; iets grover dan het vorige.	1	20′	5.25	6.98	0.75	19 11	
		2	20′	7.00	9.95	0.70	17.90	
		3	20′	10.30	13.93	0.74	18 81	Zwakke schommelingen door gedeeltelijke verstopping van de opening des manometers.

*

De cijfers van kolom 8 zijn er na berekening door ons bijgevoegd. Zij leveren de volgende gemiddelden.

Serie 1	25.04	M^3.
2	14.92	„
3	19.53	„
4	18.60	„

Hun groot bedrag, in vergelijking van later mede te deelen uitkomsten, is waarschijnlijk toe te schrijven aan de grofheid van het zand en wellicht ook aan den korten duur der proeven. Bij langen duur is, althans bij proeven van anderen, vermindering in de doorsypeling waargenomen. Ook bij bovenstaande proeven is in iedere serie reeds eenige afneming der hoeveelheid blijkbaar.

DARCY leidt uit de bovengenoemde proeven af dat de doorsypeling plaats heeft in rechte reden van de drukhoogte en in omgekeerde reden van de dikte der zandlaag en komt daardoor tot de formule

$$Q = k \frac{H}{e}$$

waarin voorstellen

Q de hoeveelheid doorgeloopen water.
H de drukhoogte.
e de dikte van de zandlaag.
k een coëfficiënt, afhankelijk van den aard van het zand en van andere bijkomende omstandigheden, die invloed uitoefenen.

Wil men door Q laten uitdrukken de hoeveelheid in M^3, die in 24 uren per M^2 doorsnede van het zand wordt doorgelaten, dan moet voor k worden gesteld een der vier bovenstaande cijfers of wel een daaruit berekend gemiddelde.

DUPUIT in zijne meergenoemde *Etudes théoriques* houdt voor den coëfficiënt, die bij DARCY's proeven moet worden gebezigd, het grootste cijfer aan; zoodat volgens hem, bij het grove zand, dat voor die proeven diende, de formule zou zijn

$$Q = 25 \frac{H}{e}$$

Het fijnste zand, zooals bij filters gebruikt wordt, en waarbij de tusschenruimte 30 pCt. van het geheele volumen bedraagt, geeft volgens hem slechts $^1/_5$ van die hoeveelheid en dus eene formule

$$Q = 5\frac{H}{e}$$

De waarde voor Q verkregen uit laatstgenoemde formule komt nabij de uitkomst der proeven van den Heer HARTING, medegedeeld in de Verslagen en Mededeelingen, Tweede reeks, Deel XI, stuk 3.

De uitkomst van de in dit stuk gemelde proeven loopt namelijk niet zoo uiteen en vertoont niet de onregelmatigheid, die door den schrijver, op bl. 317 van zijne mededeeling, daarin gezien wordt.

Dit blijkt wanneer men berekent de hoeveelheid water, die volgens de verkregen uitkomst zou zijn doorgesypeld, in 24 uren, onder een drukhoogte van 1 M., door een zandlaag van 1 M. per M² dwarsdoorsnede van die laag, en dus acht slaat op de drukhoogte, zijnde het verschil in hoogte tusschen den waterspiegel in de drukkolom en die in de stijgbuis; aannemende dat de hoeveelheid in rechte reden staat tot die drukhoogte.

Bij de proeven is namelijk de drukhoogte aanhoudend verminderd, zooals op bl. 314 wordt opgemerkt, waar van de vermindering der snelheid van het opkomende water in de stijgkolom melding wordt gemaakt.

Nu is wellicht het aannemen van de bovengenoemde verhouding tusschen drukhoogte en hoeveelheid niet volkomen juist; veel zal men echter daarmede niet afwijken van de waarheid, zooals o. a. uit de proeven van Dr. SEELHEIM is gebleken, en ook de onderstaande bewerking van de proeven van Dr. HARTING doet zien.

Over de grootte der tusschenruimte, die in het zand aanwezig was, wordt niets gemeld; maar, wat van meer belang is, op bl. 312 wordt medegedeeld de grootte der korrels. Deze bedroeg, uit een twintigtal metingen afgeleid, 0.000167 M.

De zandbuizen lagen horizontaal.

Lengte der zandcylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de drukkolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waargenomen doorsypeling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte per M².	Gemiddelde duur van doorsypeling, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.
					den zandcylinder.	de stijgbuis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M³.	
1.52	0.09	4.80	0.09	4.71	0.0195	0.020	15	2.933	
	0.095		0.185	4.615		0.020		3.159	
	0.095		0.28	4.52		0.020		3.226	
	0.10		0.38	4.42		0.020		3.464	

Lengte der zand-cylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de druk-kolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waarge-nomen doorsype-ling,	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M^2.	Gemiddelde duur van doorsypeling, voorafgegaan aan het tijd-stip van waarneming.
					den zand-cylin-der.	de stijg-buis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M^3.	
1.52	0.18	4.80	0.56	4.24	0.0195	0.020	30	3.265	
	0.16		0.72	4.08		0.020		3.016	
	0.16		0.88	3.92		0 020		3.132	
	0.16		1.04	3.76		0.020		3.273	
	0.14		1.18	3.62		0.020		2.968	
	0.12		1.30	3 50		0.020		2.631	
	0.05		1.44	3.36		0.018		0.924	
	0.15		1.59	3.21		0.018		2.902	
	0.10		1.69	3.11		0.018		1 997	
	0.065		1.755	3.045		0.018		1.325	
			Gemidd.	3.865			25	2.729	3^u
3.03	0.07	4.80	0.07	4.73	0.0195	0.020	15	3 616	
	0.055		0.125	4.675				3 599	
	0.06		0.185	4.615				3.978	
	0.045		0.23	4.57				3.012	
	0.09		0.34	4.46			30	3.087	
	0.11		0.45	4.35				3.868	
	0.10		0.55	4.25				3.599	
	0.10		0.65	4.15				3.686	
	0.11		0.76	4.04				4.165	
	0.095		0 855	3.945				3.684	
	0.09		0.945	3.855				3.571	
	0.09		1.035	3.765				3.657	
	0.075		1.11	3 69				3 109	
	0.08		1 19	3.61				3.390	
	0.06		1.25	3.55				2.585	
	0.065		1.315	3.485				2.853	
	0.065		0 54	3.26		0.018		2.467	
	0.10		1.64	3.16				3.917	
	0.09		1.73	3 07				3.628	
	0.08		1.81	2.99				3.311	
	0.08		1.89	2.91				3.402	
	0.08		1.97	2 83				3 507	
	0.07		2.04	2.76				3.136	

Lengte der zand-cylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de druk-kolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waarge-nomen doorsype-ling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M^2.	Gemiddelde duur van doorsypeling, voorafgegaan aan het tijd-stip van waarneming.
					den zand-cylin-der.	de stijg-buis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M^3.	
3.03	0.075	4.80	2.115	2.685	0.0195	0.018	30	3.466	
	0.065		2.18	2.62				3 072	
	0.06		2.24	2 56			30	2.901	
	0.07		2.31	2.49				3.479	
	0.07		2.38	2.42				3.580	
	0.06		2.44	2.36				3.146	
	0.05		2.49	2.31				2.679	
	0.06		2.55	2.25				3.300	
			Gemidd.	3 432			28	3 369	7u15'
4.55	0.05	4.80	0.05	4.75	0.0195	0.020	15	4.836	
	0.05		0.10	4 70				4.888	
	0.05		0.15	4.65				4.940	
	0.05		0.20	4.60				4.994	
	0.10		0.30	4.50			30	5.105	
	0.10		0.40	4.40				5.221	
	0.08		0.48	4.32				4.254	
	0.075		0.555	4.245				4.058	
	0.115		0 67	4.13				6.397	
	0.085		0.755	4.045				4.827	
	0.085		0.84	3 96				4.931	
	0.08		0.92	3.88				4.736	
	0.065		0.985	3.815				3.914	
	0.07		1.055	3.745				4.294	
	0.055		1.11	3.69				3.424	
	0.075		1.195	3.605				4.779	
	0 055		1 25	3.55				3.559	
	0.06		1.31	3.49				3.949	
	0.06		1.37	3 43		0.19			
	0.07		1.44	3.36		0.18		4.875	
	0.08		1.52	3.28				5.707	
	0.05		1.57	3 23				3.622	
	0.095		1.665	3.135				7 090	
	0.07		1.735	3.065				5.344	
	0.065		1.80	3 00				5.070	

Lengte der zandcylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de drukkolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waargenomen doorsypeling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde duur van doorsypeling, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.
					den zandcylinder.	de stijgbuis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M³.	
4.55	0 07	4.80	1.87	2.93	0.0195			5.590	
	0.06		1.93	2.87				3.627	
	0.065		1.995	2.805				5.422	
	0.06		2.055	2.740				5.124	
	0.06		2.11	2.69				5.219	
	0.055		2.165	2.635				4.884	
	0.045		2.21	2 59				4.066	
	0.05		2.26	2.54				4.606	
	0.06		2.31	2 49				5.638	
			Gemidd.	3.554			28	4.676	7u45′
6.08	0.04	4 80	0.04	4.76	0.0195	0.020	15	5.159	
	0.04		0.08	4.72				5.203	
	0.0375		0 1175	4.6825				4.917	
	0.0325		0.1500	4.6500				4 291	
	0.075		0.255	4.575			30	5.032	
	0.07		0.295	4.505				4.770	
	0.08		0.37	4.43				5.556	
	0.07		0.44	4.36				4.928	
	0.07		0.51	4.27				5.032	
	0.07		0.58	4.22				5.092	
	0.07		0.65	4.15				5.178	
	0.07		0.72	4.08				5.267	
	0.06		0.78	4.02				4.581	
	0.065		0.845	3.955				5.045	
	0.055		0.905	3.895				4.334	
	0.06		0.965	3.835				4 802	
	0.05		1 015	3 785				4.055	
	0.055		1.07	3.73				4.526	
	0.05		1.12	3.68				4.171	
	0.05		1.17	3.63				4.228	
	0.05		1.22	3.58				4.287	
	0.05		1.27	3.53				4.348	
	0.04		1.31	3.49				3.518	
			Gemidd.	4.110			27	4.709	5u15′

Lengte der zandcylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de drukkolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waargenomen doorsypeling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M^2.	Gemiddelde duur van doorsypeling, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.
					den zandcylinder.	de stijgbuis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M^3.	
7.595	0.035	4.80	0.035	4.765	0.0195	0.020	15	5.645	
	0.03		0.065	4.735				4.859	
	0.03		0.095	4.705				4.890	
	0.03		0.125	4.675				4.921	
	0.0575		0.1825	4.6175			30	4.775	
	0.0375		0.24	4.58				3.139	
	0.06		0.30	4.50			30	5.113	
	0.06		0.36	4.44				5.179	
	0.06		0.42	4.38				5.253	
	0.055		0.475	4.325				4.876	
	0.06		0.535	4.265				5.394	
	0.055		0.59	4.21				5.009	
	0.06		0.65	4.15				5.544	
	0.055		0.705	4.095				5.150	
	0.05		0.755	4.045				4.740	
	0.05		0.805	3.995				4.799	
	0.05		0.855	3.945				4.860	
	0.05		0.905	3.895				4.922	
	0.04		0.945	3.855				3.979	
	0.055		1.000	3.80				5 556	
	0.05		1.05	3.75				5.113	
	0.045		1.095	3.705				4.657	
			Gemidd.	4.246			27	4.926	5u
9.095	0.0225	4.80	0.0225	4.7875	0.0195	0.020	15	4.316	
	0.0225		0.045	4.755				4.346	
	0.02		0.065	4.735				3.879	
	0.02		0.085	4.715				3.904	
	0.045		0.13	4.67			30	4.425	
	0.04		0.17	4.63				3.967	
	0.045		0.215	4.585				4.507	
	0.045		0.26	4.54				4.551	
	0.04		0.30	4.50				4.082	
	0.04		0.34	4.46				4.382	
	0.0425		0.3825	4.4175				4.418	

Lengte der zandcylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de drukkolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waargenomen doorsypeling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M^2.	Gemiddelde duur van doorsypeling, voorafgegaan aan het tijdstip van waarneming.
					den zandcylinder.	de stijgbuis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M^3.	
9.095	0.0225	4.80	0.415	4.385	0.0195	0.020	30	2.356	
	0.055		0.47	4.33				5.833	
	0.04		0.51	4.29				4.281	
	0.045		0.555	4.245				4.868	
	0.04		0.595	4.205				4.268	
	0.04		0.63	4.17				4.404	
	0 04		0.67	4.13				4.447	
	0.0425		0.7125	4.0875				4.774	
	0.0425		0.755	4.045				4.824	
	0.035		0.79	4.01				4.008	
	0.04		0.83	3.97				4.626	
	0.0375		0.8675	3.9325				4.379	
	0.0375		0.905	3.895				4.421	
	0.035		0.94	3.86				4.163	
	0 03		0.97	3.83				3.597	
	0.035		1 005	3.795				4.235	
	0.0325		1.0375	3.7625				3.966	
	0.03		1.0675	3.7325				3 691	
	0.03		1.0975	3.7025				4.684	
	0.0150		1.1125	3.6875				1.868	
			Gemidd.	4.221			28	4.208	7u15'
10.605	0.02	4.80	0.02	4.78	0.0195	0.020	15	4.481	
	0.02		0.04	4.76				4.498	
	0 02		0.06	4.74				4.518	
	0.0175		0.0775	4.7225				3 968	
	0.0425		0.12	4.68			30	4.861	
	0.0375		0.1575	4.6425				4.325	
	0.0325		0.19	4.61				3.774	
	0.085		0.275	4.525			60	5.029	
	0.075		0 35	4.45				4.512	
	0.075		0.425	4.375			120	4.589	
	0.065		0.59	4.21			60	2.066	
	0.065		0.665	4.135				4.208	
	0.075		0.74	4.06				4.945	

Lengte der zandcylinders bij een.	Stijging.	Hoogte van de drukkolom.	Hoogte van den tegendruk.	Hoogte van den druk na aftrek van den tegendruk.	Aangenomen wijdte van		Duur van de waargenomen doorsypeling.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde duur van doorsypeling, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.
					den zandcylinder.	de stijgbuis.			
M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	Minuten.	M³.	
10.605	0.06	4.80	0.80	4.00	0.0195	0.020		3.924	
	0.06		0.86	3 94				4.086	
	0.065		0.925	3 875				4.220	
	0.0575		0.9825	3.8175				4.032	
	0.0625		1.045	3.755				4.456	
	0.0275		1.0725	3.7275			30	3.950	
			Gemidd.	4.305			47	4.234	7u30'

In de *Verslagen en Mededeelingen* XIII^de^ Deel, 2de stuk, bl. 233, komt eene tweede reeks proeven voor, die door den Heer HARTING zijn genomen met denzelfden toestel, hetzelfde zand en op dezelfde wijze als bij de voorgaande. Het voorname verschil bestond in den duur, daar iedere proef zoolang werd doorgezet, dat de grond het maximum van dichtheid had bereikt onder de onafgebroken doorstrooming van water. Zooals uit het hiernavolgend overzicht te zien is, werden daartoe soms vele weken gevorderd. Aanvankelijk was de doorstrooming bij de meeste proeven aanzienlijker dan na eenigen tijd van werking. Vrij spoedig, soms na weinige dagen, werd een normale gang bereikt. In de onderstaande tabel is de uitkomst berekend van de laatste dagen, zoover deze eene weinig uiteenloopende hoeveelheid van doorgesypeld water opleverden. Alleen bij de proeven n^0^. 5, 6 en 8 was de doorsypeling in den aanvang niet grooter maar zelfs geringer dan gedurende den volgenden tijd. Doch ook bij de overige proeven, met uitzondering van de 2de, werd zelfs in den aanvang het bedrag van de bovenstaande hoeveelheden van de eerste serie niet bereikt. Bij de 2de proef werd het overtroffen.

	Soort van grond.	Stelling van den cylinder.	Lengte van de grondkolom op het laatst.	Drukhoogte. (Verschil der niveau's).	Stijging in 1 Minuut.	Stijging in 24 Uren.	In rekening gebrachte tegendruk.	Aangenomen gemiddelde middellijn van den grondcilinder.	Aangenomen gemiddelde middellijn van de stijgbuis.	Gemiddelde hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M².	Geheele periode. Begin en einde.	Geheele periode. Aantal dagen.	Gedeelte der periode, waarop de berekening is toegepast. Begin en einde.	Gedeelte der periode, waarop de berekening is toegepast. Aantal dagen.	Richting der doorstrooming.
			M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M³.					
1	Klei	Vertikaal	1.064	3.80		0.012	1.20	0.020	0.020	0.0033	Van 6 Juni tot 29 Augustus	85	Van 20 Augustus tot 29 Augustus	10	Van boven naar beneden.
2	Zand	Vertikaal	1.450	2.886	0.00099		2.114	0.0184	0.0165	0.577	Van 2 September tot 21 September	20	21 September	1	Van boven naar beneden.
3	Zand	Horizontaal	1.447	4.660		0.160	0.16	0.0184	0.0184	0.050	Van 25 September tot 13 November	50	Van 9 November tot 13 November	4	
4	Zand	Horizontaal	2.954	4.767		0.053	0.053	0.0188	0.0184	0.031	Van 13 November tot 23 November	11	Van 17 November tot 23 November	6	
5	Zand	Horizontaal	4 405	4.767		0.053	0.053	0.0194	0 0184	0.044	Van 23 November tot 30 November	8	Van 23 November tot 30 November	7	
6	Zand Klei	Horizontaal Vertikaal	4.405 1.064	3.743		0.0055	0.057	0.0195	0.020	0 008	Van 30 November tot 11 December	12	Van 1 December tot 11 December	11	Van beneden naar boven.
7	Zand	Horizontaal	5.916	4.797		0.023	0.023	0.0192	0.0184	0.026	Van 11 December tot 19 Januari	40	Van 3 Januari tot 19 Januari	17	
8	Zand Klei	Horizontaal Vertikaal	5.916 1.064	3.640		0.005	0.160	0.0194	0.020	0.010	Van 19 Januari tot 26 Februari	39	Van 15 Februari tot 26 Februari	12	Van beneden naar boven.
9	Zand	Horizontaal	5.916	4.775		0.045	0.045	0.0192	0.0184	0.051	Van 26 Februari tot 8 April	42	Van 3 April tot 8 April	6	

In de reeds genoemde verhandeling van Dr. F. SEELHEIM worden reeksen van proeven beschreven, door welke de volgende eigenschappen der doorsypeling nader werden bevestigd of ontdekt.

I. De hoeveelheid water, die door het zand loopt, blijft dezelfde, zoolang de omstandigheden dezelfde zijn.

De proef, waaruit deze uitspraak is ontleend, werd genomen, met een buis van 0.50 M. lengte en 0.015 M. middellijn, waardoor, onder onveranderlijke drukking en temperatuur, gedurende vele weken het water stroomde.

II. De hoeveelheden doorgeloopen water staan tot elkander in rechte reden van de drukhoogten.

Bij vertikalen stand van de zandkolom moet de hoogte van die kolom, zoover hij boven den beneden waterspiegel uitsteekt, worden opgeteld bij de hoogte van den waterspiegel boven het zand.

III. De hoeveelheden doorgeloopen water staan tot elkander in omgekeerde reden van de dikten der zandlagen.

IV. De hoeveelheden doorgeloopen water staan tot elkander in rechte reden van de inhouden der dwarsdoorsneden der doorgeloopen zandlagen.

V. De invloed van de temperatuur wordt uitgedrukt door de formule

$$Q = (79.346)\ (1 + 0.0136\, t + 0.000704\, t^2)$$

waarin Q voorstelt de hoeveelheid, uitgedrukt in kub. centim. en t de temperatuur in centigraden tusschen 9 en 19.5 graad.

VI. De hoeveelheden doorgeloopen water staan tot elkander in reden als de vierkanten der middellijnen van de zandkorrels.

VII. Bestaat de zandkolom uit lagen van grof en van fijn zand dan gedraagt zich de doorgesypelde hoeveelheid water alleen naar de lagen van fijn zand en kunnen die van grof zand als niet aanwezig beschouwd en buiten rekening gelaten worden.

VIII. Is het grove zand met het fijne vermengd dan kunnen de zandkorrels bij de berekening worden beschouwd als hebbende een middellijn ter grootte van de gemiddelde grootte van die der vermengde korrels.

IX. De formule, waardoor ten slotte de doorloopende hoeveelheid water door zand wordt uitgedrukt, is:

$$Q = 0.4257\, \frac{h\, D^2\, r^2}{L}\ (1 + 0.0136\, t + 0.000704\, t^2)$$

waarin

Q De hoeveelheid in M^3 in het uur.
h de drukhoogte in M.
D^2 de inhoud van de dwarsdoorsnede der zandlaag in M^2.
r de straal van de zandkorrels in tiende deelen van een mM.
L de lengte van de zandkolom in M.
t de temperatuur (zie hierboven bij V).

$$\text{Voor } h = 1 \quad D = 1 \quad L = 1 \quad r = 1 \text{ en } t = 10$$

is $Q = 0.4257 \times 1.2064 = 0.5135$ M^3 in een uur of 12.32 M^3 in 24 uren.

De proeven door Dr. SEELHEIM genomen op laagjes klei van zoo geringe dikte, dat zij nog water doorlieten, kunnen hier buiten beschouwing blijven, omdat het doel is de hoeveelheid water te leeren kennen, die door zand kan zijgen.

Door den ingenieur H. E. DE BRUIJN werden in 1878 te Vlissingen een paar proeven genomen met gebruik van een van binnen verglaasde aarden buis; gevuld ter hoogte van 0.60 M. met zand. De buis rustte in vertikalen stand op zeer grof zand, dat in een ruimen bak zich bevond, waarin tevens het water werd opgevangen, dat onder een drukhoogte van 0.80 M. door het zand liep. De buis had een middellijn van 0.135 M. Het zand bij alle drie de soorten, die gebezigd werden, was zeer zuiver.

De doorlating per dM^2 in de minuut wordt opgegeven als bedragende bij

grof rivierzand	0.190	dM^3
bij Schelde plaatzand . . .	0.120	„
„ fijn duinzand	0.090	„

Berekend naar meer genoemde onderstellingen geeft dit de volgende hoeveelheden voor een drukhoogte van 1 M., een lengte van den zandkolom van 1 M., per M^2 dwarsdoorsnede, in 24 uren.

Grof rivierzand	20.52	M^3.
Schelde plaatzand	12.96	„
Fijn duinzand	9.72	„

Op bl. 14 van de bovengenoemde door het Utrechtsch genootschap bekroonde verhandeling van Dr. J. E. ENKLAAR komt eene opgaaf voor van de hoeveelheid water, die onder een standvastige drukhoogte van 0.03 M. in 90 minuten vloeide door grondkolommen, dik 0,20 M., geplaatst in vertikaal gestelde glazen cylinders van 0.026 M. inwendige middellijn.

Wanneer men ook deze uitkomsten reduceert tot de hoeveelheden in 24 uren, door een vierkanten meter, onder een drukhoogte van 1 M. en een grondkolom van 1 M. lengte, met aanneming van de meergenoemde verhoudingen, dan verkrijgt men de onderstaande uitkomst; waarbij tevens is aangeteekend de grootte van de korrels der verschillende grondsoorten, waarop de proef is toegepast.

Volgnommer.	Grondsoort.	Grootte der korrels in mM.	Hoeveelheid doorgeloopen in 24 uren, onder 1 M. druk, door 1 M. lengte, per M^2.	Aanmerkingen.
			M^3.	
1	Zandgrond Oranjewoud	0.35—0.01	0.3839	Duur der proef 1u30'; na geruimen tijd water te hebben doorgelaten.
2	Zwarte tuingrond	0.40—0.01	0.2974	
3	Zandige veengrond	0.20—0.01	0.2198	
4	Grove donkere leem	0.30—0.01	0.1132	
5	Zwarte humeuse klei	0.25—0.01	0.0330	
6	Uitgegloeid wit zand	0.20—0.05	3.691	
7	Grof geslibt zand.	1.00—0.20	5.314	
8	Fijn geslibt zand.	0.05—0.02	0.7086	

Bij deze uitkomsten, op hoe geringe schaal ook de proeven genomen werden, springt zeer in het oog hoe belangrijk bij zand de doorsypeling toeneemt met de grootte van de korrels. Evenals bij de laatste proeven van Dr. HARTING werd na schudding het water geruimen tijd doorgelaten alvorens de waarneming plaats vond.

In het reeds genoemde *Zeitschrift für Bauwesen*, Jahrgang XI, komt nog eene andere verhandeling van den Heer HÜBBE voor dan die, waaruit hiervoor een uittreksel werd medegedeeld. Zij is getiteld: *Von der Bewegung des Wassers im Sande.*

Op bl. 400 wordt de uitkomst gemeld van proeven, genomen tot bepaling der grootte van doorsypeling van water door zand, geplaatst in vertikaal gestelde glazen buizen, wijd 0.022 M. Na herleiding van pruissische in metermaat en na de meermalen omschreven berekening der doorsypeling in 24 uren wordt hieronder van de tabellen een uittreksel medegedeeld, gerangschikt naar de grootte der korrels.

Tijd van doorsypeling; voorafgegaan aan het tijdstip van waarneming.	Grootte van den korrel.	Drukhoogte gemiddeld.	Lengte van de zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen; berekend voor 1 M. drukhoogte, door 1 M. lengte, per M².
Seconden.	M.	M.	M.	M³.
14″.5	0.00096	0.444	0.156	110.00
127″.4		0.183		123.90
15″	0.00047	1.111	0.130	53.18
120″		0.671		55.00
30″		1.117	0.261	46.05
300″		0.633		45.70
60″		1.360	0.392	43.69
600″		0.674		43.39
60″	0.00032	1.081		24.05
300″		0.656		22.98
60″		1.248		19.88
780″		0.631		20.60
120″		1.365		19.49
1200″.5		0.713		19.89
67″	0.00020	0.444	0.156	23.93
630″.4		0.183		23.24

Ook deze uitkomst doet zien hoe belangrijk de invloed is der grootte van den korrel. De doorsypeling blijkt toe te nemen in de vierkante reden ongeveer van die grootte, zooals ook Dr. SEELHEIM heeft gevonden. Evenals bij de proeven van DARCY zal ook bij deze proeven, de groote hoeveelheid van doorgeloopen water moeten worden toegeschreven aan den korten duur der proef.

Samenpersing vermindert ook merkbaar het doorlatingsvermogen van zand. (bl. 398.)

De *Revue Universelle des Mines* van Mei en Juni 1874 bevat de mededeeling van de uitkomst van proeven, genomen door PAUL HAVREZ, tot opsporing der wetten van doorsypeling. Een kort overzicht van die mededeeling is opgenomen in de *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil engineors*, Vol. XXXIX, bl. 359.

De proeven werden genomen o. a. met grof zand, waarvan de korrels 0.15 mM. dik waren en met fijn zand van 0.08 mM.

De dikten der filters liepen uiteen van 0.10 tot 0.50 M.

Uit de proeven bleek spoedig dat de doorsypeling toenam in sterker verhouding dan die van den vierkantswortel uit de drukhoogten, en dat zij vermeerderde in rechte reden der hoogte van de kolom water boven het filter; aannemende eene voorafgaande doorlating, veroorzaakt door het water, dat in de filtreerende stof zelve bevat is.

Deze uitkomst werd verkregen met grof zand; met fijn zand; de korrels van nagenoeg gelijke grootte zijnde, en ook bij vermenging van slechts een weinig fijn zand onder het grove.

Bij beziging van ongezift fijn en grof zand door elkander ontstond samenpakking en verminderde de doorlating tot $^1/_2$, $^1/_3$ en op het laatst tot $^1/_5$ van het oorspronkelijk volume.

De invloed van temperatuur was zeer merkbaar. Bij 100° C. was de hoeveelheid doorgesypeld water ongeveer 6 maal zoo groot als die bij 0° C.

De volgende formulen zijn als vrucht van de proeven opgegeven.

Voor grof zand (0.15 mM.)

$$D = 4.32 + 0.576\,t + [2.16 + 0.0864\,t]\,E + \left(1.44 + 0.072\,t + \frac{8.64 + 0.432\,t}{E}\right)H.$$

Voor fijn zand (0.08 mM.)

$$D = (1.44 + 0.090\,t)\,E + \left(0.72 + \frac{2.016 + 0.217\,t}{E}\right)H.$$

Voor slikachtig zand bij $t = o$.

$$D = \frac{2\,H}{E}$$

In die formulen beteekenen:

D de hoeveelheid water in M^3 gesypeld in 24 uren door een oppervlakte van 1 M^2;

E de dikte van de zandlaag in decimeters;

H de hoogte in decimeters van den waterkolom boven het filter;

t de temperatuur in centigraden.

De beide eerste formulen, opgesteld op den grondslag van eene doorsypeling,

die reeds plaats vindt door de werking van de zwaartekracht op het water, dat zich in de zandlaag bevindt, onafhankelijk van het al of niet aanwezig zijn van een kolom water boven het filter, leveren het resultaat dat bij toeneming van de dikte E, $H = o$ zijnde, het bedrag der doorsypeling toeneemt; bij de tweede formule zelfs in rechte reden met E. Waarschijnlijk is dit een gevolg van de omstandigheid, dat het filter over de geheele hoogte gedrenkt wordt ondersteld. Vreemd is het echter dat, volgens de formule voor grof zand, voor H en E beiden $= o$, nog eene doorsypeling blijft plaats hebben.

De laatste formule

$$D = \frac{2\,H}{E}$$

werd door den schrijver afgeleid uit die voor fijn zand, onderstellende een temperatuur van 0^0; omstandigheden, waarbij in de praktijk de hoeveelheid van doorsypeling was waargenomen. Bovendien werd aangenomen, dat de onzuiverheid der zandlaag niet toeliet, dat er water doorsypelde zoo er geen waterkolom boven het filter aanwezig was.

De formule toegepast op eenige filters, waarvan de doorgelaten hoeveelheid bekend was, gaf goed overeenstemmende uitkomsten; weshalve de reeds meermalen gevonden wet dat de hoeveelheid in rechtstreeksche verhouding staat tot de drukhoogte en in omgekeerde reden van de dikte der laag werd bevestigd; behoudens de verwaarloozing van de hoogte der waterkolom in de zandlaag.

De hoeveelheid van 2 M^3 in 24 uren per M^2 onder een drukhoogte van 1 M. en een dikte van de laag van 1 M. is dus als een maximum te beschouwen.

De beide andere formulen geven bij aanneming van E en t ieder $= 10$ en aangezien de buis vertikaal staat en dus de 10 van E reeds de drukhoogte van 1 M. opleveren, $H = o$

voor grof zand $D = 40.32$ M^3 per M^2 in 24 uren.
„ fijn „ $D = 23{,}40$ „ „ „ „ „ „

Deze beide groote hoeveelheden zijn waarschijnlijk verkregen tengevolge van het afbreken van de proef na zeer kortstondige doorlating evenals bij Hübbe. Zij duurde blijkens de onderscheidene tabellen in de verhandeling slechts eenige minuten; hoogstens 7′ 22″ bij het grove en 12′ bij het fijne zand.

Bij de proeven van Harting werd even als bij die van Havrez, waarvan hierboven reeds melding is gemaakt, de doorlating na eenigen tijd belangrijk minder, en daalde ook wel tot $^1/_5$. De hoeveelheid bleef toen verder vrij constant.

Of dit ook bij de proeven van HAVREZ het geval was vindt men niet opgegeven.

Onafhankelijk van de formulen kan de hoeveelheid, die in 24 uren per M² zou doorsypelen onder een totale drukhoogte van 1 M. met inbegrip van die in de zandlaag, door een zandlaag dik 1 M., worden berekend uit de medegedeelde proeven.

Dit is gedaan, doch alleen voor de gevallen, waarin de temperatuur de gewone was zooals van 9° tot 13°, en niet bij de hooge.

Samenstelling der zandlaag.	Bladzijde.	Lengte van de zandkolom.	Aantal proeven waarvan het gemiddelde genomen is.	Temperatuur.	Hoeveelheid doorgesypeld; berekend voor 24 uren, voor 1 M. drukhoogte, door 1 M. lengte, per M².	Duur van doorsypeling.
					M³.	
Grof zand (0.15 m.M.)	490	0.10	9	9° à 10°5	14.4	1′ tot 7′
	490	0.10	6	id.	13.6	1′ „ 2′42″
	498	0.20	8	10°5 à 11°5	16.7	1′46″ „ 7′22″
	502	0.30	7	10° à 11°	20.1	2′11″ „ 7′ 7″
	509	0.5	9	17°	5.47	1′15″ „ 10′25″
Fijn zand (0.08 m.M.)	510	0.10	4	15° à 16°	5.29	2′35″ „ 6′
	512	0.15	5	11° à 12°	4.72	4′50″ „ 9′30″
	513	0.195	7	11°5	5.47	2′37″ „ 12′
Grof zand vermengd met fijn	520	0.40	2	12° à 13°	10.11	6′ 2″ „ 7′20″
Id. na 8 dagen rust en begroeiing.	520	0.40	6	12° à 13°	7.66	7′30″ „ 17′30″
Id. na schoonwassching met kokend water.	520	0.40	4	12° à 13°5	11.21	5′20″ „ 9′ 5″

In de volgende tabel zijn de bovenstaande uitkomsten verzameld en is bovendien de tijd gemeld, gedurende welke de doorsypeling had plaats gevonden alvorens de waarneming werd gedaan.

*

Naam van den waarnemer.	Soort van grond en stand van de buis.	Grootte van den korrel.	Tussehenruimte percentswijze van het geheel.	Wijdte van de buis.	Drukhoogte gemiddeld.	Lengte van de zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen, berekend voor 1 M. drukhoogte, door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde tijd, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorspeling.
		M.	Pct.	M.	M.	M.	M³.		
DARCY.	grof zand; vertikaal	0.00104	38	0.35	6.25	0.58	25.04		16′
		〃	〃	〃	8.07	1.14	14.92		21′
		〃	〃	〃	6.91	1.71	19.53		22′
		〃	〃	〃	10.24	1.70	18.60		20′
						Gemidd.	19.52		19′
DUPUIT.	fijn zand zooals bij filters gebruikt wordt.		30		1.50	1.00	5.00	niet bekend	
HARTING *Versl.* en *Meded.* D. XI. Stuk 3, bl. 315.	zand; horizontaal	0.000167		0.0195	3.865	1.52	2.729	3ᵘ	25′
		〃		〃	3.432	3 03	3.369	7ᵘ15′	28′
		〃		〃	3.554	4.55	4.676	7ᵘ45′	28′
		〃		〃	4.110	6.08	4.709	5ᵘ15′	27′
		〃		〃	4.246	7.595	4.926	5ᵘ	27′
		〃		〃	4.221	9.095	4.208	7ᵘ15′	28′
		〃		〃	4.305	10.605	4 234	7ᵘ30′	47′
						Gemidd.	4.12	6ᵘ8′	30′
HARTING *Versl.* en *Meded.* D. XIII. Stuk 2, bl. 228.	klei; vertikaal			0.020	3.80	1.064	0.0033	85 etmaal	10 etm.
	zand; 〃	0.000167		0.0184	2.886	1.450	0.577	20 〃	1 〃
	zand; horizontaal	〃		0.0184	4.660	1.447	0.050	50 〃	4 〃
	〃 〃	〃		0.0188	4.767	2.954	0.031	11 〃	6 〃
	〃 〃	〃		0.0194	4.767	4.405	0.044	8 〃	7 〃
	〃 〃 klei; vertikaal	〃		0.0195	3.743	4.405 1.064	0.008	12 〃	11 〃
	zand; horizontaal	0.000167		0.0192	4.797	5 916	0.026	40 〃	17 〃
	〃 〃 klei; vertikaal	〃		0.0194	3 649	5.916 1.064	0.010	39 〃	12 〃
	zand; horizontaal	0.000167		0 0192	4.775	5.916	0.051	42 〃	6 〃
					alleen zand gemidd.		0.129	28.5 etm.	9 etm. 5ᵘ20′
SEELHEIM.	zand; horizontaal	0.0001	37	0.015	1.00	0.50	12.32	van 20′ tot 1ᵘ42′	12′
DE BRUIJN.	grof rivierz.; vert.			0.135	0.80	0.60	20.52	niet bekend	
	Scheldeplaatzand; vertikaal.			〃	〃	〃	12.96		
	fijn duinzand; 〃			〃	〃	〃	9.72		
						Gemidd.	14.40		

Naam van den waarnemer.	Soort van grond en stand van de buis.	Grootte van den korrel.	Tusschenruimte percentswijze van het geheel.	Wijdte van de buis.	Gemiddelde drukhoogte.	Lengte van den zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen, berekend voor 1 M. drukhoogte door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde tijd, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorsypeling.
		M.	pCt.	M.	M.	M.	M³.		
ENKLAAR.	Zandgrond	0.00035							
	Oranjewoud.	0.00001	30	0.026	0.03	0.20	0.3839		
	Zwarte tuingrond.	0.0004 0.00001	28				0.2974		
	Zandige veengrond.	0.0002 0.00001	36				0.2198	„Geruime tijd"	
	Grove donkere leem.	0.0003 0.00001	31				0.1132		
	Zwarte humeuse klei.	0.00025 0.00001	37				0.0330		1 u30′
	Uitgegloeid wit zand.	0.0002 0.00005	24				3.6910		
	Grof geslibt zand.	0.001 0.0002					5.3140		
	Fijn geslibt zand vertikaal.	0.00005 0.00002					0.7086		
				alleen zand gemiddeld			2.52		
HÜBBE.	zand vertikaal.	0.00096	40 à 28	0.022	0.444	0.156	110.00		14″.5
					0.183		123.90		2′ 7″.4
		0.00047			1.111	0.130	53.18		15″
					0.671		55.00		2′
					1.117	0.261	46.05		30″
					0.633		45.70		5′
					1.360		43.69		1′
					0 674		43.39		10′
		0.00032			1.081		24.05		1′
					0.656		22.98		5′
					1.248		19.88		1′
					0.631		20 60		11′10″
					1.365		19 49		2′
					0.713		19.89		20′
		0.00020			0.444	0.156	23.93		1′ 7″
					0.183		23.24		10′30″.4
						gemiddeld	43.43		4′9″

Naam van den waarnemer.	Soort van grond en stand van de buis.	Grootte van den korrel.	Tusschenruimte percentswijze van het geheel.	Wijdte van de buis.	Drukhoogte gemiddeld.	Lengte van de zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen, berekend voor 1 M. drukhoogte, door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde tijd, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorspeling.
		M.	Pct.	M.	M.	M.	M³.		
Darcy.	grof zand; vertikaal	0.00104	38	0.35	6.25	0.58	25.04		16′
		〃	〃	〃	8.07	1.14	14.92		21′
		〃	〃	〃	6.91	1.71	19.53		22′
		〃	〃	〃	10.24	1.70	18.60		20′
						Gemidd.	19.52		19′
Dupuit.	fijn zand zooals bij filters gebruikt wordt.		30		1.50	1.00	5.00	niet bekend	
Harting *Versl.* en *Meded.* D. XI. Stuk 3, bl. 315.	zand; horizontaal	0.000167		0.0195	3.865	1.52	2.729	3ᵘ	25′
		〃		〃	3.432	3.03	3.369	7ᵘ15′	28′
		〃		〃	3.554	4.55	4.676	7ᵘ45′	28′
		〃		〃	4.110	6.08	4.769	5ᵘ15′	27′
		〃		〃	4.246	7.595	4.926	5ᵘ	27′
		〃		〃	4.221	9.095	4.208	7ᵘ15′	28′
		〃		〃	4.305	10.605	4 234	7ᵘ30′	47′
						Gemidd.	4.12	6ᵘ8′	30′
Harting *Versl.* en *Meded.* D. XIII. Stuk 2, bl. 228.	klei; vertikaal			0.020	3.80	1.064	0.0033	85 etmaal	10 etm.
	zand; 〃	0.000167		0.0184	2.886	1.450	0.577	20 〃	1 〃
	zand; horizontaal	〃		0.0184	4.660	1.447	0.050	50 〃	4 〃
	〃 〃	〃		0.0188	4.767	2.954	0.031	11 〃	6 〃
	〃 〃	〃		0.0194	4.767	4.405	0.044	8 〃	7 〃
	〃 〃	〃		0.0195	3.743	4.405 1.064	0.008	12 〃	11 〃
	klei; vertikaal zand; horizontaal	0.000167		0.0192	4.797	5 916	0.026	40 〃	17 〃
	〃 〃	〃		0.0194	3 649	5.916 1.064	0.010	39 〃	12 〃
	klei; vertikaal zand; horizontaal	0.000167		0 0192	4.775	5.916	0.051	42 〃	6 〃
					alleen zand gemidd.		0.129	28.5 etm.	9 etm. 5ᵘ20′
Seelheim.	zand; horizontaal	0.0001	37	0.015	1.00	0.50	12.32	van 20′ tot 1ᵘ42′	12′
De Bruijn.	grof rivierz.; vert.			0.135	0.80	0.60	20.52	niet bekend	
	Scheldeplaatzand; vertikaal.			〃	〃	〃	12.96		
	fijn duinzand; 〃			〃	〃	〃	9.72		
						Gemidd.	14.40		

Naam van den waarnemer.	Soort van grond en stand van de buis.	Grootte van den korrel.	Tusschenruimte percentswijze van het geheel.	Wijdte van de buis.	Gemiddelde drukhoogte.	Lengte van den zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen, berekend voor 1 M. drukhoogte door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde tijd, voorafgegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorsypeling.
		M.	pCt.	M.	M.	M.	M³.		
ENKLAAR.	Zandgrond	0.00035							
	Oranjewoud.	0.00001	30	0.026	0.03	0.20	0.3839		
	Zwarte tuingrond.	0.0004							
		0.00001	28				0.2974		
	Zandige veengrond.	0.0002							
		0.00001	36				0.2198	„Geruime tijd"	
	Grove donkere leem.	0.0003							
		0.00001	31				0.1132		
	Zwarte humeuse klei.	0.00025							
		0.00001	37				0.0330		1 u 30′
	Uitgegloeid wit zand.	0.0002							
		0.00005	24				3.6910		
	Grof geslibt zand.	0.001							
		0.0002					5.3140		
	Fijn geslibt zand vertikaal.	0.00005							
		0.00002					0.7086		
				alleen zand gemiddeld 2.52					
HÜBBE.	zand vertikaal.	0.00096	40 à 28	0.022	0.444	0.156	110.00		14″.5
					0.183		123.90		2′ 7″.4
		0.00047			1.111	0.130	53.18		15″
					0.671		55.00		2′
					1.117	0 261	46.05		30″
					0.633		45.70		5′
					1.360		43.69		1′
					0 674		43.39		10′
		0.00032			1.081		24.05		1′
					0.656		22.98		5′
					1.248		19.88		1′
					0.631		20 60		11′10″
					1.365		19.49		2′
					0.713		19.89		20′
		0.00020			0.444	0.156	23.93		1′ 7″
					0.183		23.24		10′30″.4
						gemiddeld 43.43			49′

Naam van den waarnemer.	Soort van grond en stand van de buis.	Grootte van den korrel.	Tusschenruimte percentswijze van het geheel.	Wijdte van de buis.	Gemiddelde drukhoogte.	Lengte van den zandkolom.	Hoeveelheid in 24 uren doorgeloopen, berekend voor 1 M. drukhoogte door 1 M. lengte, per M².	Gemiddelde tijd, vooraf gegaan aan het tijdstip van waarneming.	Gemiddelde duur der waarneming van de doorsypeling.
		M.	pCt.	M.	M.	M.	M³.		
Havrez.	zand vertikaal.	0.00015		0.078	0.60	0.10	14.4		1′ tot 7′
					0.71	0 10	13.6		1′ „ 2′42″
					0.61	0.20	16.7		1′46″ „ 7′22″
					0.66	0.30	20.1		2′11″ „ 7′ 7″
						gemiddeld	16.20		3′48″
		0.00008			0.56	0.05	5.47		1′15″ tot 10′25″
					0.81	0.10	5.29		2′35″ „ 6′
					0.76	0.15	4.72		4′50″ „ 9′30″
					0.64	0.195	5.47		2′37″ „ 12′
						gemiddeld	5.23		6′9″
	Grof en fijn vermengd.				0.91	0.40	10.11		6′2″ tot 7′20″
									gemiddeld 6′41″
	Id. na 8 dagen rust en begroeiing.				0.71	0.40	7.66		7′30″ tot 17′30″
									gemiddeld 12′30″
	Id na schoonwassching.				0.81	0.40	11.21		5′20″ tot 9′5″
									gemiddeld 7′12″

III. Uitkomst van waargenomen doorsypeling door dijken of door den bodem.

a. Kanaal van Sluis naar Brugge.

Plaat I en II.

Van 20 December 1877 tot en met 2 Januari 1878 was het kanaal van *Sluis* naar *Brugge*, dat bij eerstgenoemde plaats dood loopt, nabij het andere einde afgedamd.

Het werd door aanvoer van water, waarvan de hoeveelheid gemeten werd, bij den dam, gevoed en zoo veel mogelijk op peil gehouden. De waterstand werd op drie plaatsen, namelijk aan ieder uiteinde en bij het midden van het kanaal, driemaal daags nauwkeurig waargenomen.

Evenzoo werd waargenomen de hoogte van de waterspiegels in sloten enz. ter wederzijde buiten het kanaal, waarhenen het water ondersteld kon worden uit het kanaal door of onder de dijken door te sypelen. Met deze en andere gegevens, waarvan verder nader zal blijken is beproefd een cijfer voor het bedrag van den doorsypelingscoëfficiënt te verkrijgen, dat geen aanspraak mag maken op absolute juistheid, maar als benadering en in vergelijking met andere van eenigen dienst kan wezen.

De waarnemingen, waarvan hier melding en gebruik wordt gemaakt, hadden plaats door de zorg van den ingenieur R. J. CASTENDIJK.

De geheele lengte van het afgedamde gedeelte van het kanaal is 14675 M.

Het peil, waarop in gewone omstandigheden de waterspiegel zooveel mogelijk gehouden wordt, is 1.36 M. + A.P.

Tijdens de waarneming, van 20 December 1877 tot 2 Januari 1878, wisselde de stand af van 1.27 tot 1.31⁵ en bedroeg de gemiddelde stand 1.29 M. + A.P. Die hoogte werd behouden door de inlating aan het einde bij Brugge.

Uit de ingelaten hoeveelheid, vermeerderd met den gevallen regen, die gedurende de 13 etmalen 0.018 M. bedroeg, en verminderd met de verdamping, is de rijzing berekend, die de waterspiegel door de voeding ondergaan moest. Hetgeen in de werkelijkheid aan die rijzing ontbrak gaf gelegenheid tot berekening van het waterverlies. De verdamping werd in de nabijheid niet waargenomen; daar zij in dit jaargetijde onbeduidend was, is aangehouden de opgaaf van den Helder, alwaar zij in de 13 etmalen 0.008 M. bedroeg; dus was de regenval verminderd met de verdamping 0.01 M. p. e.

De voeding bedroeg in genoemd tijdperk 0.158 M.; derhalve had de waterspiegel moeten rijzen 0.168 M. Hij rees slechts 0.035 M.; er was dus een verlies van 0.133 M. of van 0.01023 per etmaal.

De waterspiegel, aangenomen op eene gemiddelde hoogte van 1.29 M. + A.P., besloeg volgens berekening eene oppervlakte van 421452 M². Het verlies bedroeg derhalve eene hoeveelheid van $421452 \times 0.01023 = 4311$ M³ per etmaal.

Wilde men verder, evenals bij de proeven in het klein, waarvan de uitkomsten werden medegedeeld, de berekening voortzetten dan zou daartoe op grond van de voorafgegane beschouwingen moeten worden gebezigd de formule:

$$M = a \frac{H \times D}{L},$$

waarin voorstellen:

M de doorgesypelde hoeveelheid en 24 uren in M³.

H de drukhoogte of het verschil in hoogte tusschen de waterspiegels in M.

D de inhoud van het dwarsprofil, waardoor de waterbeweging plaats heeft in M².

L de lengte van den weg, dien het water moet afleggen in M.

a de hoeveelheid water, die in 24 uren doorsypelt, indien H, D en L gelijk één zijn, in M³.

Wegens de moeijelijkheid evenwel van bij waargenomen doorsypeling door dijken of door den bodem de juiste waarde van D en L te bepalen, waarvoor in de meeste gevallen eenigszins onzekere cijfers zouden moeten worden genomen, is het raadzaam genoemde waarden zooveel noodig op te nemen in den coëfficiënt, waarvan door beschouwing van verschillende gevallen de vermoedelijke waarde moet worden opgespoord. Stelt men de doorsnede D voor door het produkt van de hoogte d en de lengte b, die meestal de lengte van den dijk zijn zal, dan kan men de formule aldus schrijven:

$$M = a \frac{d \times b \times H}{L} = k\, b\, H$$

waarin de nieuwe coëfficiënt k gelijk is aan $\frac{a\,d}{L}$, en dus de onzekere of moeijelijk te bepalen waarden omvat.

Voor de berekening van k heeft men dan:

$$k = \frac{M}{b\, H.}$$

De bijgaande teekening der dwarsprofillen van het kanaal en de wederzijdsche dijken kunnen voorts tot toelichting dienen.

Hoe H bepaald moet worden is daarin gemakkelijk te zien.

De onderstaande tabel bevat de verzameling van de waarden, die voor de berekening van $b\,H$ moeten dienen.

De profillen 1 en 7 kwamen voor den noordelijken dijk, de profillen 1, 2 en 13 voor den zuidelijken dijk niet in aanmerking; evenzoo zijn de lengten buiten rekening gelaten, over welke het kanaal door hoog terrein is begrensd.

Nummer van het profiel.	Lengte van het dijkvak. b	Drukhoogte. H	Produkt. $b \times H$	Gemiddelde drukhoogte.
		Noordelijke Dijk.		
2	3	0.44	1.32	
3	1300	0.64	832	
4	400	1.29	516	
5	950	0.99	940.50	
6	2	0.74	1.48	
8	300	0.59	177	
	2000	1.14	2280	
10	2050	0.64	1312	
11	2000	1.19	2380	
12	1250	1.14	1425	$\frac{24071.07}{22608} = 1.06$
13	500	1.29	645	
		Zuidelijke Dijk.		
3	1000	0.64	640	
4	2100	1.34	2814	
5	3	0.59	1.77	
6	650	1.14	741	
7	600	0.94	564	
8	700	1.09	763	
9	800	1.24	992	
10	4700	1.14	5358	
11	1200	1.34	1608	
12	100	0.79	79	
opgeteld	22608	20.34	24071.07	

Dus heeft men $k = \frac{M}{b\,H} = \frac{4311}{24071} = 0.18.$

Deze waarde van k mag als een maximum worden beschouwd. Er is namelijk ondersteld dat sommige gedeelten dijk en kanaalvakken niets hebben doorgelaten en ook dat de duikers, die in de kanaaldijken zich bevonden, volkomen afgesloten waren, en dat langs de beide syphons, door welke het water van het kanaal Schipdonk en het kanaal Leopold onder den bodem wordt doorgevoerd, geen water afvloeide.

In den noordelijken dijk zijn twee duikers, uitkomende in slooten, wier waterspiegel stond op + 0.76 en — 0.14 M.

In den zuidelijken dijk was er een met een waterspiegel op + 0.76 M. in de sloot. Bij dezen duiker was waterverlies te zien, dat echter niet kon worden opgemeten.

De waterspiegel in het kanaal Schipdonk stond op 0.66 M. en dat in het kanaal Leopold op — 0.34 M. Ook bij laatstgenoemd kanaal werd door de met schotbalken gesloten openingen van het noordelijke syphonhoofd waterverlies waargenomen.

De dijken zijn bij onderzoek bevonden aan beide zijden en over de geheele lengte te bestaan uit vet of kleihoudend zand, zoodat van een doorlatende laag van zekere dikte geen sprake kon zijn.

b. Kanaal door Walcheren.

Plaat III.

De waterspiegel van het kanaal door Walcheren bevindt zich op 1 M. + A.P. en dus ongeveer 2 M. boven den stand van het water in den polder. Het kanaalwater, dat zout is, dringt in den polder door, waarvan klachten van de landbouwers het gevolg zijn geweest. Aan de landzijde van den westelijken dijk, inzonderheid van het gedeelte tusschen Vlissingen en Souburg, is de doorsypeling zichtbaar en ook het meest hinderlijk. Door den oostelijken dijk van genoemd kanaalvak dringt eveneens, maar minder in het oogvallend, het kanaalwater door.

De beide hierbij gevoegde dwarsprofillen vertoonen de afmetingen van het kanaal en de dijken. Voor eene meting der hoeveelheid doorgesypeld water was nog geene gelegenheid.

Deze zal zich eerst voordoen, wanneer de werken tot opvanging en afleiding van het doorgesypelde water, zijn voltooid.

c. Afgesloten kom te Vlissingen.

Plaat IV.

Tusschen het kanaal, de 2de binnenhaven en den Prins-Hendrikweg te Vlissingen is een afgesloten kom, waarin ofschoon onder minder drukhoogte, eveneens kanaalwater doordringt. Ten einde daarvan de hoeveelheid te leeren kennen is, gedurende het tijdperk van 23 Mei tot 22 Augustus 1878, die kom, waarvan de situatie op bijgaande teekening is voorgesteld het water afgetapt onder meting der hoeveelheden over een daartoe ingericht houten overlaatje.

De hoogte van het water in de plas was constant 0.24 M. + A.P., de waterstand tusschen den dam *m* en den weg was 0.50 M. — A.P.; de overlaat lag op 0.85 — A.P.

De lengte van den doorkwellenden dijk was in het geheel 719 M. Hiervan lag 360 M, aan het gedeelte waar de waterstand in de kom op 0.24 M. + A.P. en het overige waar die stand op — 0,50 werd gehouden.

De drie hierbij behoorende dwarsprofillen vertoonen de overige afmetingen.

De doorkwelling had denkelijk plaats door een veen- en derrieachtige grondlaag en door den modder, die zich in de oude vestinggracht bevond.

De dagen van aflating van het kanaal van 23 tot 31 Mei en van 16 tot 19 Juli 1878 zijn in de volgende beschouwing buiten rekening gehouden; zoodat de afwisselingen gedurende den overigen tijd tusschen de grenzen van 0.30 M. beneden en 0.20 M. boven den normalen stand beperkt bleven. Wel werd op den kanaalstand acht geslagen bij de bepaling van het cijfer der drukhoogte, binnen- en buitendijks; en werd rekening gehouden met den tweeerlei stand van het binnen water. Hiertoe is de dijk in twee vakken verdeeld.

Drukhoogte. H	Lengte van het dijkvak. b	Produkt. $H \times b$
0.73	360 M.	262.80
1.47	359 „	427.73
Te zamen	719 M.	790.53

en dus de gemiddelde waarde van $H = \frac{790.53}{719}$ of $H = 1.099$.

Het eerstgenoemde dijkvak, lang 360 M., heeft aan de binnenzijde den constanten waterstand van 0.24 + A.P.; het andere dijkvak heeft de constante waterhoogte van — 0.50 aan de binnen zijde.

In de onderstaande tabel zijn de cijfers der waarnemingen en der daaruit gemaakte berekening verzameld. Daarin zijn ook opgenomen de hoeveelheden regen gevallen te Vlissingen en die der uitdamping; waarvoor echter, uit gemis aan waarneming in Zeeland, die van den Helder zijn aangenomen. Te Vlissingen zal de verdamping vermoedelijk niet geringer zijn geweest dan aan den Helder.

De belangrijke invloed, die door gevallen regen en verdamping op het eindcijfer wordt uitgeoefend, zooals men in de tabel kan zien, maakte het noodig daarmede rekening te houden. Voor de oppervlakte van de beide kommen te zamen is bij deze berekening 4 Hektaren aangenomen.

*

Dagteekening 1878.	Hoeveelheid per etmaal afgetapt.	Hoeveelheid per etmaal.			Verdampte hoeveelheid op te tellen bij die van kolom 2.	Totale hoeveelheid per etmaal doorgesypeld *M.*	Kanaalpeil betrekkelijk A.P. *k.*	Drukhoogte bij de natte kom. $k-0.24$ *H.*	Drukhoogte bij de drooge kom $k+0.50$ H_1.
		Gevallen regen.	Verdampt (a. d. Helder).	Verschil.					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	M³.	mM.	mM.	mM.	M³.	M³.	M.	M.	M.
1 Juni .	72.6	0	5.1	5.1	204	276.6	1.00	0.76	1.50
6 "	121.	0	2.3	2.3	92	213.0	1.03	0.79	1.53
7 "	167.6	0	3.2	3.2	128	295.6	0.98	0.74	1.48
8 "	113.2	1.3	5.1	3.8	152	265.2	1.01	0.77	1.51
20 "	159.8	0	2.8	2.8	112	271.8	0.90	0.66	1.40
21 "	121.0	0	4.7	4.7	188	309.0	0.84	0.60	1.34
24 "	106.3	0	5.1	5.1	204	310.3	0.80	0.56	1.30
25 "	92.4	0	3.7	3.7	148	240.4	0.86	0.62	1.36
26 "	78.6	0	6.4	6.4	256	334.6	1.00	0.76	1.50
27 "	84.7	0	6.5	6.5	260	344.7	1.14	0.90	1.64
28 "	84.7	0	8.2	8.2	328	412.7	1.10	0.86	1.60
1 Juli..	128.7	0	4.4	4.4	176	304.7	1.08	0.84	1.58
2 "	121.0	0.8	4.1	3.3	132	253.0	0.80	0.56	1.30
3 "	113.2	0.6	4.5	3.9	156	269.2	0.74	0.50	1.24
4 "	152 1	0	4.7	4.7	188	340.1	1.03	0.79	1.53
5 "	121.0	0	4.8	4.8	192	313.0	0.98	0.74	1.48
6 "	106.3	0	3.3	3.3	132	238.3	0.94	0.70	1.44
8 "	99.4	0	5.7	5.7	228	327.4	0.92	0.68	1.42
9 "	34.7	2.6	4.2	1.6	64	148.7	0 92	0.68	1.42
10 "	99.4	0	4.3	4.3	172	271.4	0.89	0.65	1.39
11 "	106.3	0.9	2.0	1.1	44	150.3	0.95	0.71	1.45
12 "	106.3	0.9	4.5	3.6	144	250.3	1.05	0.81	1.55
13 "	152.1	0	5.0	5.0	200	352.1	1.18	0.94	1.68
14 "	144 3	0	3.3	3.3	132	276.3	1.20	0.96	1.70
Opgeteld.						6768.7		17.58	35.34

Dagteekening 1878.	Hoeveelheid per etmaal afgetapt.	Hoeveelheid per etmaal.			Verdampte hoeveelheid op te tellen bij die van kolom 2.	Totale hoeveelheid per etmaal doorgesypeld M.	Kanaalpeil betrekkelijk A.P. k.	Drukhoogte bij de natte kom $k-0.24$ H.	Drukhoogte bij de drooge kom $k+0.50$ H_1.
		Gevallen regen.	Verdampt (a. d. Helder).	Verschil.					
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	M³.	mM.	mM.	mM.	M³.	M³.	M.	M.	M.
Overgebracht.						6768.7		17.58	35.34
15 Juli..	106.3	0	5.3	5.3	212	318 3	0.70	0.46	1.20
19 "	43.2	0	3.5	3.5	140	183.2	0.68	0.44	1.18
20 "	72.6	0	4.8	4.8	192	264.6	1.03	0.79	1.53
21 "	78.6	0	5.3	5.3	212	290.6	0.96	0.72	1.46
22 "	99.4	0	5.5	5.5	220	319.4	1.07	0.83	1.57
23 "	99.4	0.8	6.2	5.4	216	315.4	1.03	0.79	1.53
26 "	99.4	0.2	2.1	0.1	4	103.4	0.95	0.71	1.45
27 "	106.3	0.6	2 3	1.7	68	174.3	0 98	0.74	1.48
1 Aug..	167.6	0	5.1	5.1	204	371.6	0.97	0.73	1.47
2 "	159.8	5.0	5.6	0.6	24	183.8	0.88	0.64	1.38
5 "	167.6	2.0	4.0	2.0	80	247.6	1.03	0.79	1.53
6 "	144.3	3.6	3.3	—0.3	—12	132.3	0.98	0.74	1.48
7 "	136.5	0.3	4.8	4.5	160	296.5	1.07	0.83	1.57
12 "	113.2	2.4	3.0	0 6	24	137.2	1.03	0.79	1.53
13 "	121.0	3.2	2.4	—0.8	—32	89.0	0.96	0.72	1.46
15 "	144.3	4.5	3.6	—0.9	—36	108.3	1.07	0.83	1.57
19 "	128.7	1.0	3.9	2.9	116	144.7	1.05	0.81	1.55
20 "	128.7	0	6.2	6.2	248	376.7	1.01	0.77	1.51
21 "	128.7	0	5.4	5.4	216	344.7	1.00	0.76	1.50
22 "	128.7	0.3	5.2	4.9	196	324.7	0.96	0.72	1.46
Opgeteld.						11495		32.19	64.75
Gemiddeld.						261		0.73	1.47

Evenals bij het kanaal van Sluis naar Brugge stellende:

$$k = \frac{M}{b\,H}$$

heeft men hier M gemiddeld 261 M³

$$b = 719 \text{ M}$$
$$b \times H = 791 \text{ M}$$
$$\text{dus } k = \frac{261}{791} = 0.32.$$

Op den 20sten Augustus 1878, toen de grootste doorsypeling werd waargemen, was

$$M = 377 \text{ M}^3$$
$$b = 719 \text{ M.}$$
$$H = 1.14 \text{ M.}$$
$$b \times H = 819.66$$
$$\text{dus } k = \frac{377}{820} = 0.46.$$

d. Haarlemmermeerpolder.

Plaat V.

De doorkwelling van water in den Haarlemmermeerpolder, zoowel gedurende als na de droogmaking, heeft het onderwerp van een onderzoek uitgemaakt, waarvan de bijzonderheden zijn medegedeeld in de Vergadering van de Akademie van 31 Januari 1885 en opgenomen in de Verslagen en Mededeelingen, Derde Reeks, deel I bl. 359.

De uitkomst was dat de hoeveelheid water, die per etmaal in den polder doordrong, heeft bedragen:

1.	Van	1 April	1849	tot	1 Juli	1852	136800	M³.
2.	„	20 „	1862	„	4 Mei	1867	200330	„
3.	„	26 Mei	1869	„	26 „	1873	207544	„
4.	„	10 April	1883	„	1 „	1884	211871	„

Voor de berekening van den coëfficiënt k uit de formule

$$k = \frac{M}{H\,b}$$

is het volgende aan te nemen.

Voor b, de lengte van den dijk, 60000 M.

Voor H de gemiddelde drukhoogten, zijnde het verschil in hoogte van de waterspiegels van Rijnland en in den polder te weten:

2.14 M., 4.282 M., 4.436 M. en 4.53 M.

De waarde van k bedraagt dan voor de vier perioden

$$1 \quad k = \frac{136800}{2.14 \times 60000} = 1.065$$

$$2 \quad k = \frac{200330}{4.282 \times 60000} = 0.7797$$

$$3 \quad k = \frac{207544}{4.436 \times 60000} = 0.7797$$

$$4 \quad k = \frac{211871}{4.53 \times 60000} = 0.7795$$

De dijk, die grootendeels uit veen is opgeworpen, heeft waarschijnlijk in den aanvang, toen hij minder te zamen gedrukt was, meer water doorgelaten dan in de latere perioden.

e. Bemaling van 's Hertogenbosch.

Plaat VI.

Ten einde 's Hertogenbosch te bevrijden van den waterlast, dien men in straten en huizen bij hoog opperwater placht te ondervinden, heeft men beproefd door afsluiting en bemaling het water uit de stad te weeren. Van de uitkomst dezer proef, in den winter van 1882 op 1883, zijn mij door welwillende tusschenkomst van de ingenieurs van den waterstaat SCHNEBBELIE en TUTEIN NOLTHENIUS gegevens verstrekt, waaruit het volgende wordt ontleend.

Achter de waterkeering in de haven werd op een vaartuig een dubbele centrifugaalpomp in het werk gesteld. De voorwaarde was dat iedere pomp per minuut, 2.50 M. hoog, 56 M^3 kon opbrengen, dus de twee te zamen 112 M^3; weshalve het werktuig kon gerekend worden een nuttig effekt van 62 PK. te moeten verrichten.

Toen het buitenwater in September 1882 steeg werden de waterkeering en

de duikers gesloten in den avond van 23 September, en begon de bemaling den 25sten. Het gedeelte der stad, dat droog gehouden moest worden, was begrepen tusschen den westelijken dijk van de Zuid Willemsvaart, die geheel uit grond bestaat, en de wallen, die tegen bekleedingsmuren rusten.

Volgens opmeting op een platte grond, op de schaal van 1 à 2500, heeft het bovengenoemde omringd gedeelte eene oppervlakte van ongeveer 85 Hektare; hebben de waterloopen binnen de omringing te zamen eene lengte van 5527 M. en eene oppervlakte van 4.7 HA.

In de drie tijdperken van bemaling verkreeg men de volgende uitkomst.

Tijdperk.	Waterstand boven A.P. aan den havenmond.				Gedurende de bemaling was					Het stoomwerktuig		Door de duikers werd ingelaten.	Meer werd uitgemalen dan ingelaten	
	Bij het begin		Bij het einde.		+ A.P. aan den havenmond				de gemiddelde drukhoogte.	werkte gedurende.	sloeg uit; naar zijn vermogen berekend.		in het geheel.	per etmaal.
	de hoogste stand		de laagste stand											
	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.						
1882.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.		M³.	M³.	M³.	M³.
25 Sept.—30 Sept.	4.60	4 52	4.79	4.38	5.05	4.56	4.60	4.05	0.51	28u	188160	12125	176035	39840
16 Nov.—19 Dec.	4.82	4.82	4.83	4.47	6.34	4.82	4.79	4.22	0.97	340u15′	2286480	452953	1833527	53927
1882—83.														
29 Dec.—19 Jan.	4.78	4.76	4.65	4.61	6.45	4 76	4.65	4.40	1.14	165u40′	1111280	153718	957562	43525

De hoeveelheid, die door de duikers, twee in getal, een bij de Vuchterpoort en een bij het Tuchthuis, werd ingelaten, is berekend door de opening, geleverd door de meer of minder hoog opgetrokken schuif, te vermenigvuldigen met de snelheid, genomen volgens de valhoogte, uit het verschil in hoogte der waterspiegels binnen en buiten ontleend, en zonder iets voor wrijving of contractie in rekening te brengen.

Zooals uit het aangeteekende omtrent de uren werkens kon worden afgeleid had slechts gedurende 8 à 10 uren in een etmaal uitmaling plaats. In de uren van stilstand steeg het water. Wil men uit die stijging omtrent het bedrag der doorsypeling iets afleiden, ten einde tot een vergelijking te komen met de cijfers der laatste kolom van bovenstaande tabel, dan kan daartoe de volgende

uitkomst dienen, getrokken uit de waarnemingen, die van uur tot uur bij de waterkeering in den havenmond werden gedaan en weinig verschilden van die, welke aan het andere einde van den boezem bij den Grooten Hekel plaats vonden.

Tijdperk.	Druk-hoogte.	Gemiddelde stijging.		Vermeerdering der hoeveelheid in M³. p. e.
		per uur.	per etmaal.	
26 tot 29 September 1882.....	0 49	0.0055	0 132	41448
17 Novemb. tot 21 Decemb. 1882.	0.97	0.0071	0.170	53380
30 Dec. 1882 tot 18 Jan. 1883...	1.36	0.0081	0.211	66254

De vermeerdering der hoeveelheid per etmaal werd berekend door de stijging per etmaal te vermenigvuldigen met de oppervlakte van

den boezem, groot . . . . . 47000 M².

en van den grond, van welks inhoud evenals bij Haarlemmermeerpolder $^1/_3$ werd genomen, dus $\frac{803000}{3}$, in rond getal . . 267000 „

In het geheel . . 314000 M².

De overeenstemming, inzonderheid van de eindcijfers van het tijdperk Nov.-Dec. in de beide tabellen, is vooral merkwaardig, omdat ten aanzien van de juistheid van de hoeveelheid, die opgemalen werd, geen volkomen zekerheid bestaat, en omdat dit evenzeer het geval is met de hierboven gemaakte onderstelling van eene gelijkmatige stijging in den bodem met die in den boezem, welke onderstelling voornamelijk gegrond was op de vele vertakkingen van den boezem. De waarnemingen, die omtrent den stand van het grondwater in den bodem, van 21 November tot 20 December, op 8 verspreide punten werden gedaan, hebben namelijk van op- en neergang met het boezemwater weinig of niets kunnen leeren; aangezien zij slechts eens in het etmaal plaats vonden.

Aannemende dat omtrent de nauwkeurigheid der waterpassing, zooals verzekerd wordt, geen twijfel behoeft te bestaan, en dat de buizen met den onderkant de zandlaag bereikten, dan verdienen de waargenomen waterhoogten in die buizen alle aandacht wegens de zonderlinge verschillen.

De hierbij gevoegde tabel toont het volgende aan.

De buizen *b* en *c* bleven, ondanks de bemaling, bestendig eene stijging van het water vertoonen. Het water aanvankelijk 4.39 en 4.29, dus *beneden* het

binnenwater, had bij het einde der bemaling een stand van 4.77 en 4.82 en dus boven het binnenwater bereikt. In *b* was de stijging daarenboven 0.15 M. meer dan in *c*.

Bij *a*, *f* en *g* stond het water aanvankelijk hooger dan het binnen water.

Het steeg met het buiten water; nadat dit eenige dagen dalende was volgde het die daling, maar het bleef ten slotte op hooger stand dan het buiten water. De gang van rijzing en daling van het buiten of binnen water werd ook door het water in buis *h* gevolgd; maar zoowel bij het begin als bij het eind der periode was de stand belangrijk beneden die van het binnen water.

In de buizen *d* en *e* was het water aanvankelijk lager dan het binnen water. Het volgde de rijzing en de daling, maar stond bij het eind der periode hooger dan het binnen water.

De waarnemingen zijn verzameld in het onderstaande overzicht.

Tijdperk van 21 November tot 20 December 1882.	Buiten-water.	Waterstand boven A.P. in buis								Binnen water.
		a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	
	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.
In den aanvang. 21 November....	5.48	4.86	4.39	4.29	4.35	4 27	4.82	4.62	3.78	4.49
Bij het einde. 20 December.....	4.79	5.06	4.77	4.82	4.50	4 99	4.81	4.95	4.09	4.49
Hoogste stand tusschen 1 en 20 December.....	6.34	5.13	4.77	4.82	4.65	5.12	5.23	5.07	4.13	4.75
Kleinste afstand der buis van het buitenwater.....		270 M.	90 M	40 M.	85 M.	125 M.	110 M.	60 M.	50 M	
Kleinste afstand der buis van het binnenwater.....		90 "	105 "	15 "	15 "	90 "	50 "	60 "	25 "	

De bodem van de Zuid Willemsvaart kan geacht worden te liggen ongeveer op A.P.; die van de Oude haven op gelijke diepte en die van de Vestinggracht nabij bastion Vught op 1.20 M. + A.P. De bodem van de vertakkingen van den boezem in de stad zal waarschijnlijk niet lager liggen dan 1.20 M. + A.P.

De zijden van den driehoek, die de berekende oppervlakten van 85 H. A. omgeven, hebben de lengten van 1387, 1293 en 1556 M. dus te zamen 4236 M. lang.

De straal van den ingeschreven cirkel van dezen driehoek is 400 M.

De ingesloten kom is dus zeer nauw door water omgeven.

Voor de berekening van k uit de formule $k = \frac{M}{H \times b}$ kan nu worden genomen

$$M = \frac{53927 + 53380}{2} = 53650$$

$$H = 0.97 \text{ en } b = 4236$$

dus is

$$k = \frac{53650}{0.97 \times 4236} = 13.05$$

Ook in den winter van 1883 op 1884 had eene bemaling plaats; met hetzelfde werktuig.

Zij kan in twee tijdperken worden verdeeld, het eerste van 17 tot 28 December 1883; het tweede van 5 tot 8 Februari 1884.

De uitkomst kan op de volgende wijze in een tabel worden voorgesteld.

Tijdperk.	Waterstand boven A.P. aan den havenmond.				Gedurende de bemaling was + A.P. aan den havenmond				de gemiddelde drukhoogte.	Het stoomwerktuig		Door de duikers werd ingelaten.	Meer werd uitgemalen dan ingelaten	
	Bij het begin		Bij het einde.		de hoogste stand		de laagste stand			werkte gedurende.	sloeg uit; naar zijn vermogen berekend.		in het geheel.	per etmaal.
	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.	buiten.	binnen.						
1883.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.	M.		M³.	M³.	M³.	M³.
17 tot 28 Decemb.	4.64	4.59	4.78	4.24	5.06	4.56	4.58	4.24	0.44	115ᵘ40′	777280	274137	503143	43751
1884.														
5 tot 8 Februari.	4.70	4.69	4.73	4.40	4.73	4.64	4.70	4.38	0.23	35ᵘ30′	238560	67587	170973	48849

Tot vergelijking van deze uitkomst met die der stijging gedurende den tijd, waarin niet werd uitgemalen, kunnen de volgende cijfers dienen.

Tijdperk.	Drukhoogte.	Gemiddelde stijging.		Vermeerdering der hoeveelheid in M³. p. e.
		per uur.	per etmaal.	
17 tot 28 December 1883....	0.50	0.00535	0.128	40192
5 tot 8 Februari 1884..	0.23	0.0050	0.120	37680

De overeenstemming tusschen de beide uitkomsten van de grootste periode is ook hier vrij bevredigend.

Door de berekening daaruit van k met de formule

$$k = \frac{M}{H\,b};\ \text{nemende}\ M = \frac{43751 + 40192}{2} = 41971\quad H = 0.48$$
$$b = 4236$$

verkrijgt men

$$k = \frac{41971}{0.48 \times 4236} = 20.64$$

Aan dit cijfer, grooter dan het gevondene uit de waarneming van het tijdperk van 16 November tot 19 December, is minder waarde toe te kennen dan aan het vorige, omdat het tijdperk korter is en ook wegens den invloed van de geringere opvoerhoogte, die het nuttig effekt van de drijvende centrifugaalpomp ongetwijfeld heeft doen verminderen, waardoor dus de opgevoerde hoeveelheid, berekend uit het aantal uren werkens, te groot moet zijn.

Bij al het voorgaande is de hoeveelheid gevallen regen buiten rekening gelaten, omdat die gedurende de beschouwde perioden na aftrek der verdamping zóó gering was, dat de invloed op de uitkomst van weinig beteekenis zou zijn.

TABEL VAN WATERSTANDEN, WAARGENOMEN AAN DEN HAVENMOND EN DEN GROOTEN HEKEL, BENEVENS IN DE HIERONDER AANGEGEVEN BUIZEN, VOORMIDDAGS 11 UUR.

1882.	Havenmond.		Groote Hekel.		In de buizen.								Aanmerkingen.
	Buiten.	Binnen.	Buiten.	Binnen.	*a*	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*	
November 21	5.48	4.49	5.49	4.46	4.86	4.39	4.29	4.35	4.27		4.62	3.78	De buizen zijn op de navermelde punten gesteld geweest.
" 22	5.50	4.54	5.51	4.50	4 89	4.41	4.37	4.38	4.32		4.65	3.83	
" 23	5.49	4.52	5.53	4.49	4.98	4.49	4.47	4.43	4 42		4.77	3.86	*a.* Nabij St. Janskerk.
" 24	5.43	4.52	5 46	4 50	5.02	4.53	4.54	4.44	4.50	4.82	4.81	3.95	*b.* Moestuin nabij de veemarkt.
" 25	5.40	4.52	5 42	4.50	5.11	4.56	4 59	4.45	4.57	4.92	4.85	3.96	
" 26	5.47	4.54	5.47	4.51	5.10	4.59	4.62	4.45	4.63	4.93	4.85	3.97	*c.* Moestuin tegenover bastion St. Theunis.
" 27	5.69	4.41	5.68	4 40	5 08	4.61	4.64	4.46	4.68	4.95	4 85	3.97	
" 28	5.96	4.46	5.96	4.43	5 10	4.64	4.68	4.47	4.73	4.99	4.87	3.99	*d.* Moestuin tegenover bastion Bazelaar.
" 29	6.15	4.46	6.15	4.44	5.09	4.65	4.68	4.50	4.77	5.04	4.89	4.00	
" 30	6 27	4.62	6.27	4 59	5.08	4.65	4.69	4.49	4.81	5.08	4.93	4.01	*e.* Moestuin nabij de Mortel.
December 1	6.32	4.75	6.32	4.72	5.10	4.67	4.71	4.52	4 86	5.12	4.94	4.01	*f.* Bleekveld tegenover kruittoren N°. 1.
" 2	6.34	4.72	6.34	4.69	5.06	4.67	4.72	4.54	4.89	5.14	4.96	4.00	
" 3	6.29	4.71	6.29	4.68	5.07	4.69	4.72	4.56	4.92	5.17	5.00	4.00	*g.* Moestuin ten noord-oosten van de Berewoudstraat.
" 4	6.21	4.75	6.23	4.72	5.13	4.70	4.75	4.55	4.96	5.23	5.04	4.03	
" 5	6.09	4.63	6.11	4.59	5.13	4.70	4.76	4.65	5.00	5.23	5.06	4 03	*h.* Moestuin ten noord-oosten van de Esplanade.
" 6	5.96	4.52	5.99	4.49	5.13	4.72	4.77	4.59	5.04	5.22	5.07	4.04	
" 7	5.98	4.46	5.81	4.44	5.11	4.73	4.78	4.55	5.07	5.19	5.07	4.05	
" 8	5 61	4.43	5.65	4.41	5.12	4.73	4.79	4.56	5.09	5.16	5.06	4.06	
" 9	5.50	4.50	5.51	4.47	5.11	4 74	4.80	4 57	5.12	5.12	5.05	4.07	
" 10	5.46	4.48	5.48	4.45	5.10	4.74	4 80	4.56	5.12	5.09	5.04	4.13	
" 11	5.42	4.49	5 44	4.47	5.09	4.74	4.81	4.55	5.11	5.06	5.03	4.12	
" 12	5.35	4.49	5.37	4.46	5.08	4.75	4.81	4.52	5.11	5.03	5.02	4.07	
" 13	5.26	4 45	5.28	4.42	5.07	4.75	4 81	4.52	5.10	5.00	5.02	4.21	
" 14	5.19	4.55	5.20	4.53	5.08	4.75	4.81	4.50	5.10	4.99	5.01	4.07	
" 15	5.09	4.54	5 13	4.51	5.08	4.75	4.82	4.50	5.11	4.95	5.00	3.93	
" 16	5.02	4.47	5 05	4.44	5.06	4 76	4.82	4.49	5.08	4.92	5.00	3.92	
" 17	4.96	4.51	5.00	4.49	5.07	4.76	4.82	4.50	5.06	4.89	4.99	4 03	
" 18	4.91	4.56	4.95	4.54	5.07	4.77	4.82	4.51	5.04	4.87	4.98	4.08	
" 19	4.85	4.47	4.90	4.53	5.06	4.77	4.82	4.50	5.03	4.86	4.97	4.08	
" 20	4.79	4.49	4.85	4.47	5.06	4.77	4.82	4.50	4.99	4.81	4.95	4.09	
Gemiddeld...	5.56	4.53	5.59	4.51	5.06	4.66	4.70	4.50	4.87	5.02	4 94	4.01	

f. Betuwe.

Een terrein, dat met den bodem van de Zuiderzee is te vergelijken, is dat der Betuwe. Bij beiden mag de onderliggende zandgrond als de weg worden beschouwd, die het water doorlaat. De Staats-Commissie, benoemd bij Koninklijk besluit van 13 Februari 1869 N°. 12, tot onderzoek der bezwaren in zake de Nieuwe Merwede en Dr. F. SEELHEIM, uitgenoodigd bij Kon. Besluit van 2 Juni 1881 N°. 59, tot het instellen van een geologisch onderzoek van de gronden in de Betuwe, in verband met waarnemingen betreffende de doorkwelling der dijken, hebben gegevens verzameld en in hunne verslagen bekend gemaakt, waaruit besluiten zijn te trekken.

In het Verslag der Commissie vindt men opgegeven: de hoeveelheid water, die van 1 November 1866 tot 30 Juni 1867 is uitgemalen; de hoeveelheid water, die door het stoomwerktuig te Steenenhoek is opgemalen en die, welke door de sluis aldaar en door die te Gorinchem is geloosd.

Deze hoeveelheden zijn de volgende.

Opgemalen te Steenenhoek:

December 1866	17.913.690	M³.
Januari 1867	32.643.960	„
Februari „	9.961.460	„
Maart „	36.980.320	„
April „	38.843.308	„
Mei „	17.574.601	„
Juni „	49.146.340	„
Te zamen	203.063.679	M³.

Geloosd te Gorinchem:

Februari 1867	30.318.900	M³.

Geloosd te Steenenhoek:

November 1866	17.683.500	M³.
December „	31.414.930	„
Januari 1867	16.202.920	„
Februari „	33.630.700	„
Maart „	52.918.352	„
April „	1.622.415	„
Mei „	54.100.490	„
Juni „	22.470.090	„
Te zamen	230.043.397	M³.

Alzoo werd in het geheel

Opgemalen	203.063.679	M³.
Geloosd te Gorinchem	30.318.900	„
„ „ Steenenhoek.	230.043.397	„
Te zamen . . .	463.425.976	M³.

Uit het meteorologisch jaarboek neemt de Commissie (op bl. 135 van haar Verslag) de volgende hoeveelheden over, die in genoemde perioden aan regenwater gevallen en die, welke verdampt zijn. Het overschot in de derde kolom aangeteekend schijnt als waterbezwaar in de Betuwe van den regen gerekend te mogen worden.

	Gevallen mM.	Uitgedampt mM.	Overblijvend water mM.
November 1866.....	115.5	15.7	99 8
December „	84.3	10.7	73.6
Januari 1867.....	71.4	9.1	62.3
Februari „	48.5	27.9	20.6
Maart „	29.7	43.5	—
April „	51.1	58.8	—
Mei „	25.5	120.4	—
Juni „	65.9	129.1	—
Te zamen....	491.9	415.2	256.3

De Commissie komt op blz. 138 door beschouwingen, ontleend aan waarnemingen op buitenlandsche rivieren, tot het eenigzins grootere cijfer, 0.2853 M. Ten einde de kwel niet te gering te berekenen is het kleinere cijfer 0.2563 aangehouden.

Men verkrijgt dan voor de hoeveelheid regenwater

$$0.2563 \times 705.740.000 = 180.880.000 \text{ M}^3;$$

waarbij voor het oppervlak der landerijen, die te Steenenhoek loozen, is overgenomen het cijfer van 70574 H.A. door de Commissie op bl. 129 opgegeven.

Van de hoeveelheid water opgemalen en geloosd ten bedrage van	463.425.976 M³,
aftrekkende het regenwater, dat na verdamping in de landerijen overbleef, bedragende	180.880.000 „
blijft eene hoeveelheid van	282.545.976 M³,

die alleen aan kwel kan worden toegeschreven gedurende de periode van 242 dagen; zijnde

$$\frac{282.545.976}{242} = 1.167.545 \text{ M}^3 \text{ per etmaal.}$$

De drukhoogte, onder welke uit den Neder Rijn en Lek en uit de Waal de toevoer van het kwelwater plaats had en de lengte van den weg, dien het water moest afleggen alvorens zich aan de oppervlakte des bodems van de Betuwe te vertoonen, zijn niet met juistheid te bepalen.

Voor het eerste kan eene opneming, die vroeger, in 1851, plaats vond, een cijfer aan de hand doen, dat echter slechts tot benadering kan dienen, omdat het op een anderen toestand dan dien van 1867 betrekking heeft.

De stand van 28 Februari 1851 is namelijk langs de geheele Linge door merken aangewezen, wier hoogte later is gewaterpast; zoodat men gelegenheid heeft gehad een lengte-profil samen te stellen, dat bij het Register van peilschalen en verkenmerken van de Linge is gedrukt. De rivieren hadden gedurende de maand Februari betrekkelijk weinig op- en neergang vertoond en een gemiddelden stand gehad, die ongeveer 0.50 M. beneden den middelbaren rivierstand is te stellen.

Door vergelijking van den gemiddelden waterstand, gedurende de maand Februari op de rivieren waargenomen, met die van de meest nabij gelegen punten der Linge op den 28sten komt men tot de onderstaande cijfers voor het verval.

Gekozen punten.			Vergeleken waterstanden.	Verval.
Waal.		*Linge.*		
Nijmegen.		Elst (zuidelijke tak).	8.48—7.58	0.90
Tiel.		Zoelensche brug.	5.17—3.09	2.08
Bommel.		Deilsche sluis.	2.89—0.67	2.22
Gorinchem.	H. W.	Arkelsche dam	1.51—0.60	0.91
	L. W.		1.04—0.60	0.44
		Gemiddeld	3.82—2.51	1.31
Neder-Rijn en Lek.		*Linge.*		
Arnhem.		Elst (noordelijke tak)	8.44—7.54	0.90
Grebbe.		Ochtensche brug.	5.74—4.27	1.47
Rhemmerden.		Vogelensangsche brug	5.21—3.85	1.36
Wijk bij Duurstede.		Wadenoijensche brug.	3.94—1.86	2.08
Kuilenburg.		Deilsche sluis.	2.86—0.67	2.19
Vianen.		Arkelsche dam	1.85—0.60	1.25
		Gemiddeld	4.67—3.13	1.54

Dat bij hoogeren stand der rivieren, zooals die van de periode November 1866 tot Juni 1867, het verval gemiddeld grooter moet zijn dan 1.31 en 1.54, laat zich verwachten tengevolge van twee omstandigheden. Vooreerst doordat de rijzing in de rivieren de Rijn en de Waal sneller gaat dan in de Linge en ten tweede door de lage ligging van de terreinen, vooral langs het benedeneind der Linge, waarover het kwelwater zich kan uitbreiden zonder veel in hoogte toe te nemen.

Geregelde waarneming langs de Linge had in de periode van 1866 tot 1867 niet plaats, zoodat, door raadpleging van waarneming in andere tijden, bij benadering standen moeten verkregen worden, die voor de berekening van het verval met eenig vertrouwen kunnen worden aangenomen. Slechts voor weinige punten langs de Linge heeft dit kunnen plaats grijpen. Zij zijn hieronder verzameld.

Gemiddelde waterstand in de hoofdrivier van 1 November 1866 tot 30 Juni 1867.		Aangenomen gemiddelde stand in de Linge van 1 November 1866 tot 30 Juni 1867.		Verval tusschen de hoofdrivier en de Linge.
Plaats.	Stand boven A.P.	Plaats.	Stand boven A.P	
Waal.		*Linge.*		
Nijmegen	10.37	Elst	7.95 *b*	2.42
Dodewaard	8.36 *a*	Dodewaardsche brug	6.00 *c*	2.36
Tiel	7.01			4.04 *g*
St. Andries	5.59			
Tusschen St. Andries en Bommel		Geldermalsensche brug		3.15 *h*
Bommel	4.76	Deilsche sluis	2.30 *d*	2.46
Gorinchem H. W.	2.87	Asperensche Lingesluis	2.20 *e*	0.62
Gorinchem L. W.	2.78			
			Gemiddeld	2.51
Neder-Rijn en Lek.		*Linge.*		
Arnhem	10.28	Elst	7.95 *b*	2.33
Grebbe	7.51	Opheusdensche brug	5.86 *f*	2.55
Rhemmerden	6.98	Ochtensche brug	4.96 *f*	2.37 *i*
Wijk bij Duurstede	5.55	Vogelensangsche brug		
Tusschen Wijk b. D. en Kuilenburg.		Geldermalsensche brug		2.90 *k*
Kuilenburg	4.38	Deilsche sluis	2.30 *d*	2.08
Vreeswijk	3.60	Asperensche Lingesluis	2.20 *e*	1.60
			Gemiddeld	2.30

Omtrent bovenstaande cijfers kan het volgende worden aangemerkt.

a. De stand in de periode 1866—1867 voor de Waal te Dodewaard is berekend door interpolatie uit de waarneming van 1 Nov. 1880 tot 13 Jan. 1881, waarin de gemiddelde stand is geweest te Nijmegen 10.83
te Dodewaard 8.95
en te Tiel 7.69

b. De stand van 7.95 te Elst is geinterpoleerd tusschen de standen in de Linge op 7 Januari 1880 en 25 Dec. 1881, voorgesteld op het dwarsprofil Plaat IX van de verhandeling van Dr. SEELHEIM. Op die dagen was volgens dat dwarsprofil:

de Waal te Nijmegen	12.60	en	9.50
de Neder-Rijn te Arnhem.	12.50	„	9.46
en de Linge te Elst	7.90	„	8.10

c. De stand van 6.00 M. aan de Dodewaardsche brug over de Linge is geinterpoleerd tusschen de standen van 13 Maart en 25 December 1881, voorgesteld op bovengenoemde plaat IX. Op die dagen was volgens dat dwarsprofil:

de Waal te Dodewaard.	10.20	en	7.80
en de Linge aan genoemde brug	7.30	„	5.96

De waarneming van den Hoogleeraar HENKET, waarvan de uitkomst is medegedeeld in een grafische voorstelling op plaat XII bij de notulen der vergadering van 7 Mei 1881 van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, strookt goed met den aangenomen stand van 6.00 M. bij een van 8.36 te Dodewaard.

Volgens die waarneming is namelijk van 1 November 1880 tot 13 Januari 1881 de gemiddelde stand geweest in de Waal te Dodewaard 8.97 M. en in de Linge aan de Dodewaardsche brug 6.02 M.

d. De stand van 2.30 M. is afgeleid uit het dwarsprofil, voorkomende op de meergenoemde plaat IX bij de verhandeling van Dr. SEELHEIM; waarbij in aanmerking is genomen dat de richting van dat dwarsprofil, de lijn der standpijpen, de Linge niet snijdt in een punt, dat het dichtst gelegen is bij het waarnemingspunt Bommel van den waterstand in de Waal. Het doorsypelend water zal zich meer benedenwaarts, b. v. bij de Deilsche sluis ontlasten.

Overweegt men hierbij nog dat het Kuilenburgsche veld, laag gelegen, in het dwarsprofil 2.10 tot 2.40 M. + A.P., aan het kwelwater een groote oppervlakte aanbiedt om zich uit te spreiden, dan mag eene hoogte van 2.30 M. wel als het maximum worden aangenomen waartoe de Linge bij de Deilsche sluis stijgen zal, wanneer de Waal te Bommel 4.76 teekent. Het bereikte toch in genoemd dwarsprofil slechts een stand van 2.13 M. bij een hoogte van 4.40 te Bommel.

e. De stand van 2.20 M. aan de Asperensche Linge-sluis is aangenomen in de onderstelling, dat slechts een klein verhang plaats vond van daar tot de sluis bij Steenenhoek, alwaar de gemiddelde stand van 1 November 1866 tot 30 Juni, volgens de opgaaf der Staats-Commissie, bl. 120 en verder van haar Verslag, 2.169 M. bedroeg.

f. De stand van 5.86 aan de Opheusdensche brug, over de Linge, is genomen

0.14 M. beneden die van de Dodewaardsche brug, die in denzelfden weg over de andere tak van de Linge in de onmiddellijke nabijheid gelegen is; in de onderstelling dat het verschil in hoogte gelijk mocht genomen worden aan dat hetwelk door den Heer HENKET in bovengenoemde periode van 1 November 1880 tot 13 Januari 1881 werd waargenomen, toen hij voor den gemiddelden stand verkreeg aan de Dodewaardsche brug 6.02 en aan de Opheusdensche 5.88.

Voor de bepaling van het verval tusschen den Neder-Rijn te Grebbe en de Linge, ligt echter de Opheusdensche brug te hoog, en is het beter den stand aan de Ochtensche te berekenen. Bij deze stond de Linge den 28sten Februari 1851 0.90 lager dan aan de Dodewaardsche brug. Dit verval ook voor de periode 1866—67 aannemende, kan voor den stand aan de Ochtensche brug worden gesteld 5.86—0.90 = 4.96 M.

g. Van 11 Maart tot 21 April 1881 zijn aan het inundatiekanaal *beneden* Tiel waargenomen de rivierstand in de Waal en de stand in de Linge. Men vond voor den gemiddelden stand van den Waal 7.01 M. + A. P.

en voor die van de Linge	2.97	„ „
Dus een verval van . . .	4.04 M.	

De geringe afstand van Tiel geeft vrijheid tot het aannemen van een verval van 4.04 tusschen Tiel en de Linge, tijdens een gemiddelden waterstand van 7.01 te Tiel.

Voor hetzelfde doel, beproeving van de inundatiesluis beneden Tiel, werden ook gedurende 28 dagen van de maand December 1880 de waterstanden in de Waal en in de Linge dagelijks waargenomen en bevond men dat de gemiddelde stand in de periode van 1 tot 28 December was:

in de Waal	7.31	M. + A. P.
„ „ Linge	3.26	„ „
Verval gemiddeld	4.05	M. + A. P.

h. Voor het punt in de Waal, vanwaar het verval naar de Linge bij Geldermalsen is te berekenen, moet een punt tusschen St. Andries en Bommel worden genomen, ongeveer in het midden; dus kan het gemiddelde der waterstanden aan die beide plaatsen dienen.

Uit een verzameling van waarnemingen langs de Linge, in 1877 door de zorg van den ingenieur VAN DER SLEIJDEN aangevangen en na 1880 door anderen voortgezet, loopende tot heden, kiezende de maanden waarin de gemiddelde standen te St. Andries en Bommel niet veel afwijken van die van 1866

op 1867, verkrijgt men met het *gemiddelde* der waterstanden te Geldermalsen het volgende verval:

Tijdperk.	Gemiddelde waterstand				Verval van de Waal naar de Linge.
	te St. Andries.	te Bommel.	van beide plaatsen.	te Geldermalsen.	
April 1877	5.79	5.03	5.42	2.24	3.18
Juni "	5.17	4.38	4.78	1.25	3.53
Januari 1878	5.82	4.84	5.33	2.33	3.00
April "	5.47	4.55	5.01	1.91	3.10
Mei "	5.79	4.88	5.33	1.95	3.38
Juni "	5.84	4.93	5.38	1.82	3.56
Januari 1879	5.80	5.02	5.41	2.30	3.11
Februari "	5.80	4.96	5.38	2.30	3.08
Maart "	5.35	4.49	4.92	1.91	3.01
Juli "	5.92	5.04	5.48	1.78	3.70
December "	5.20	4.08	4.64	1.70	2.94
Januari 1881	5.60	4.82	5.21	2.71	2.50
September "	5.31	4.28	4.78	1.40	3.38
Juli 1882	5.24	4.32	4.78	1.64	3.14
Augustus "	5.11	4.20	4.65	1.53	3.12
September "	5.49	4.57	5.03	1.98	3.05
Februari 1883	5.23	4.33	4.78	2.23	2.55
December "	5.88	5.04	5.46	2.22	3.24
Maart 1885	5.17	4.35	4.76	1.44	3.32
Gemiddeld . .	5.52	4.63	5.08	1.94	3.15

Het geringe verschil van het bovenstaand gemiddelde der standen te St. Andries en Bommel (5.52 en 4.63) met dat der standen 1866/67 aldaar (5.59 en 4.76) mag doen onderstellen, dat het gemiddelde verval van 3.15 tusschen Waal en Linge niet ver van de waarheid zal afwijken.

i. De zoo evengenoemde waarnemingen van 1877 en later hebben ook plaats

gehad bij de brug aan de Vogelensang onder Echteld, en leveren een gelegenheid tot bepaling van het verval tusschen de Linge aan dat punt en den Neder-Rijn bij Rhemmerden, door vergelijking van nabij komende standen bij het gemiddelde van 1866/67 te Rhemmerden, zijnde 6.98 M.

Tijdperk.	Gemiddelde waterstand te		Verval.
	Rhemmerden.	Vogelensang.	
April 1877	7.14	4.36	2.78
Juni "	6.52	3.91	2.61
Januari 1878	6.97	4.91	2.06
Maart "	7.12	4.64	2.48
April "	6.67	4.43	2.24
Mei "	7.04	4.77	2.27
Juni "	7.11	4.89	2.22
Januari 1879	7.31	4.98	2.33
Februari "	7.20	4.65	2.55
Maart "	6.62	4.20	2.42
Juli "	7.25	4.71	2.54
Augustus "	6.49	4.67	1.82
December "	6.65	4.21	2.44
Januari 1880	6.78	4.51	2.27
December "	7.46	4.93	2.53
Gemiddeld . .	6.95	4.58	2.37

k. Eveneens als sub *h*, ten aanzien van het punt aan de brug te Geldermalsen, voor de bepaling van het verhang van de Waal naar de Linge is moeten genomen worden een punt van de Waal tusschen twee peilschalen gelegen, moet ook, voor de bepaling van het verhang tusschen de Lek en de Linge in de richting naar bovengenoemde brug, een punt genomen worden, ongeveer halfweg tusschen Wijk bij Duurstede en Kuilenburg en ondersteld worden, dat daar een waterstand wordt waargenomen, overeenkomende met de helft van die tusschen de twee genoemde plaatsen.

De onderstaande gemiddelde maandelijksche standen hebben voor de vergelijking gediend:

Tijdperk.	Gemiddelde waterstand.				Verval van de Lek naar de Linge.
	Te Wijk bij Duurstede.	Te Kuilenburg.	Aan beide plaatsen.	Te Gelder-malsen.	
April 1877	5.73	4.56	5.14	2.24	2.90
Juni "	5.19	3.99	4.59	1.25	3.34
Januari 1878	5.57	4.38	4.97	2.33	2.64
Maart "	5.72	4.51	5.11	2.23	2.88
April "	5.35	4.12	4.73	1.91	2.82
Mei "	5.69	4.46	5.07	1.95	3.12
Juni "	5.75	4.51	5.13	1.82	3.31
Januari 1879	5.90	4.74	5.32	2.30	3.02
Februari "	5.75	4.54	5.14	2.30	2.84
Maart "	5.31	4.10	4.70	1.91	2.79
Juni "	5.06	3.84	4.45	1.30	3.15
Juli "	5.84	4.63	5.23	1.78	3.45
Augustus "	5.20	3.99	4.59	1.92	2.67
Januari 1880	5.31	4.22	4.76	2.06	2.70
Maart "	5.06	3.88	4.47	1.81	2.66
December "	5.99	4.79	5.39	2.53	2.86
Januari 1881	5.81	4.62	5.21	2.71	2.50
Maart "	5.95	4.75	5.35	2.63	2.72
September 1882	5.21	4.01	4.61	1.98	2.63
October "	5.85	4.64	5.24	2.05	3.19
December 1883	5.75	4.53	5.14	2.22	2.92
December 1884	5.11	3.93	4.52	2.03	2.49
Maart 1885	5.20	4.01	4.60	1.44	3.16
Gemiddeld	5.53	4.38	4.93	2.03	2.90

Ook hier schijnt het geringe verschil van de gemiddelde waterstanden te Wijk bij Duurstede en Kuilenburg met die van de periode 1866/67 (5.55 en 4.38) de overneming van het gevonden verval van de Lek naar de Linge te wettigen.

Zooals verwacht kon worden is alzoo het gemiddeld verval of de drukhoogte tusschen de hoofdrivieren en de Linge, tijdens de periode van de hooge waterstanden van 1866 op 1867, grooter geweest dan in Februari 1851. Het heeft bedragen gemiddeld van de beide hoofdrivieren naar de Linge $\frac{2.51+2.30}{2} = 2.40$.

De dijken liggen niet overal onmiddellijk aan de rivier, maar hebben op vele plaatsen uitterwaarden voor zich, die door hooge waterstanden telkens een weinig zijn opgehoogd, meestal met kleilagen, zoodat hunne hoogte thans gewoonlijk die van het vroeg ingedijkte binnenland overtreft. Ofschoon in de uiterwaarden lage gedeelten, kolken, oude rivierarmen en wielen van doorbraken gevonden worden, die tot de waterdoorlatende zandlaag, die onder den dijk doorloopt, toegang geven, zal toch wel de voornaamste aanvoer van kwelwater uit den rivierbodem plaats vinden, die door de schuring van den stroom altijd van kleideelen ontbloot blijft, en dus het water onder de kleilaag van den uiterwaard grootendeels de geheel breedte moet doorloopen, die de riviergeul van den dijk scheidt.

Dit zal in ieder geval moeten plaats vinden zoolang de waterstand binnen de oevers van de uiterwaard beperkt blijft, hetgeen gedurende ruim de helft van het tijdperk van November 1866 tot Juni 1867 het geval was.

Daar in de registers van peilingen de breedte van den waterspiegel bij M.R. (middelbare rivierstand) en bij H.R. (hooge rivierstand) wordt opgegeven, kan, zoo noodig, de gemiddelde breedte van den uiterwaard gemakkelijk worden berekend.

Bij de Waal van het separatiepunt tot Gorinchem is:

De gemiddelde breedte bij H. W.	1398
„ „ „ „ M. R.	446
Dus de gemiddelde breedte der uiterwaarden . .	952
2	
Of aan iederen oever . .	476

Voor den Neder-Rijn en Lek heeft men van het separatiepunt tot Ameide:

Gemiddelde breedte bij H. W.	1125
„ „ „ M. R..	221
Dus de gemiddelde breedte der uiterwaarden . .	904
2	
Of aan iederen oever. . .	452

De gemiddelde breedte is dus 464 M.

De lengte van de Waal van het separatiepunt tot Gorinchem is volgens de kilometerraaien 83000 M.; die van den Neder-Rijn en Lek van het separatiepunt tot Ameide 96000 M.

Voor de berekening van k uit de formale $k = \frac{M}{b \times H}$ heeft men volgens het voorgaande:

$$M = 1.167545 \text{ M}^3$$
$$H = 2.40$$
$$b = 179000$$
$$\text{dus } k = \frac{1.167545}{2.40 \times 1.79000} = 2.72.$$

Eene rechtstreeksche waarneming van de kwel door een gedeelte van de omdijking, is in Januari 1880 gedaan nabij Vianen door den ingenieur R. P. J. TUTEIN NOLTHENIUS, die daarvan de uitkomst welwillend heeft medegedeeld.

Van Vianen tot Helsdingen ligt een strook grond tusschen den bandijk en de Zederik, welke strook door dwarswegen in drie deelen is gescheiden. Het bovenste deel, zich uitstrekkende van Vianen tot 123 M. beneden dijkpaal 53, vertoonde tijdens den hoogen waterstand geen kwel, zooals ook van ouds daar niet was waargenomen.

Het tweede deel, genaamd het *Vianensche bosch*, bestaat uit laag land door talrijke breede strooken doorsneden, en is wegens de sterke doorkwelling berucht. De bandijk langs dit gedeelte vangt aan 120 M. beneden dijkpaal 53, en eindigt 70 M. beneden dijkpaal 45 en heeft dus eene lengte van 1550 M.

Het derde deel, dat den naam draagt van *de Kolfbaan* was buitengemeen drassig. Het water stroomde uit de greppels met waterstraaltjes naar de Zederik. Slooten worden er bijna niet in aangetroffen. Het ligt achter een dijkvak, dat aanvangt 70 M. beneden dijkpaal 45, en eindigt 35 M. beneden paal 42 en dus lang is 565 M.

Op den 10den Januari 1880 werd door drijvers in opgepeilde dwarsprofielen van de Zederik de stroomsnelheid gemeten en dus de hoeveelheid water berekend, die aan het eind van *de Kolfbaan* en aan het eind van het *Vianensche bosch* werd afgevoerd, waaruit door aftrekking de hoeveelheid kwelwater voor ieder dier beide vakken kon worden berekend, daar het in geen tien dagen had geregend en de verdamping in dit jaargetijde buiten rekening mocht blijven.

De uitkomst was dat op 10 Januari 1880 in de seconde werd afgevoerd uiten dus doorkwelde naar:

het Vianensche bosch . . . . . 0.242 M³.
en de Kolfbaan . . . . . 0.09 M³.

Berekend per strekkenden meter van den dijk, leverde per etmaal die van:

het Vianensche bosch . . . . . $\frac{20909}{1550} = 13.40$ M³.

de Kolfbaan . . . . . $\frac{7776}{565} = 13.76$ M³.

Voor de berekening van k uit de formule:

$$k = \frac{M}{b \times H}$$

heeft men bij het Vianensche bosch:

$$M = 20909 \quad b = 1550 \text{ en } H = 4$$

dus:

$$k = \frac{20909}{1550 \times 4} = 3.37$$

en bij de Kolfbaan:

$$M = 7776 \quad b = 565 \quad H = 4$$

dus:

$$k = \frac{7776}{565 \times 4} = 3.44$$

De ingenieur NOLTHENIUS teekende nog aan, dat de uiterwaard voor den Lekdijk op den 5den Januari was begonnen in te stroomen en weldra tot rivierhoogte was volgeloopen, zoodat den 10den Januari het water 5 dagen tegen den bandijk stond. Het had den 8sten den hoogsten stand van 5.25 + A.P. te Vianen bereikt.

Hij nam in denzelfden tijd de kwel waar in den polder *Achthoven*, gelegen tusschen Ameide en Leksmond, en groot volgens de waterstaatskaart 426 H.A.

Deze polder wordt beschermd door een dijk met kruinsbreedte van 5 M. op 6 M + A.P., met een buitenglooiing van 2 op 1, een binnenglooiing van $1^1/_2$ op 1 en een berm breed 7.50 M. op 3 M. beneden de kruin; overal waar geen hoog achterland dezen overbodig maakt.

Blijkens waarneming, op 3 plaatsen in den polder, steeg, tijdens den hoogen rivierstand, bij stilstand van de molens en zonder regen, de waterstand in den polder 0.01 M. per etmaal; een verschijnsel dat ter plaatse als zeer gewoon wordt beschouwd.

De onderstaande waterstanden werden in die dagen waargenomen boven A.P.

Tijdstip.	Rivier aan de Zederiksluis.	Zederik.	Polderwater.
6 Januari 1880 4 uur 's namiddags	4.20	1.09	0.29
7 " " " "	4.43	1.09	0.30
8 " " " "	4.57	1.09	0.31
9 " " 12 uur 's middags	4.48	1.12	0.33
10 " " " "	4.10	1.19	0.34
11 " " " "	3.62	1.19	0.35

Op den 10den Januari stond eene oppervlakte van 350 H.A. blank. Nemende van de o ge 426—350 = 76 H.A. een tiende voor de oppervlakte van de slooten en een derde van het natte terrein $\frac{76-7.6}{3} = 22.8$ als ruimte tusschen de korrels, dan is de hoeveelheid, die op den 10den per etmaal in den polder was gekweld

$$(3.500.000 + 76000 + 228000)\ 0.01 = 38040\ M^3.$$

De polder wordt aan de rivierzijde begrensd door eene lengte van 4150 M. bandijk. Aannemende dat alleen van die zijde de doorkwelling plaats heeft en niet van den kant der Zederik, is de hoeveelheid kwelwater per strekkenden meter dijk $\frac{38040}{5140} = 9.166\ M^3.$ per etmaal.

Voor de berekening der waarde van k heeft men:

$$M = 38040\ \ b = 4150\ \ H = 3.76$$

dus:

$$k = \frac{38040}{4150 + 3.76} = 2.438.$$

Het gedeelte van de *Betuwe boven den weg* van *Ochten* naar *Kesteren* is

*

groot 20686 H.A. en is omgeven door een dijk ter lengte van 77600 M. De waterloozing van de Linge even boven genoemden weg benevens door twee slooten en een duiker, werd door de ingenieur VAN DER SLEYDEN, door middel van drijvers en opmeting der profielen, bepaald op den 6den Maart 1877, toen de rivieren een vrij hoogen stand hadden aangenomen en de Linge door het kwelwater was opgezet. Hare hoogte op verscheidene punten werd dien dag tevens opgenomen, zoodat het verhang van Waal en Neder-Rijn naar Linge bekend is, waartoe het gemiddelde van de eerste 5 dagen van Maart 1877 is genomen. In onderstaande tabel is een en ander samengevat.

Gemiddelde waterstand in de hoofdrivieren van 1 tot en met 5 Maart 1877.		Waargenomen waterstand in de Linge op den 6den Maart 1877.		Verval tusschen de hoofdrivier en de Linge.
Plaats.	Stand boven A. P.	Plaats.	Stand boven A. P.	
Waal.		*Linge.*		
Nijmegen	11.49	Elst	8.55	2.94
Dodewaard	9.52	Dodewaardsche brug	6.32	3.20
Tiel	8.10	Zoelensche brug	4.24	3.86
St. Andries	6.71			
Gemiddeld tusschen St. A. en B.	6.31	Geldermalsensche brug	3.35	2.96
Bommel	5.92	Deilsche sluis	$3.32^{\text{geïnt.}}_{\text{pold.}}$	2.60
Gorinchem H. W.	3.70	Asperensche Lingesluis	3.23	0.46
Gorinchem	3.69			
Gorinchem L. W.	3.68			
Neder-Rijn en Lek.		*Linge.*		
Arnhem	11.60	Elst	8.55	3.05
Lekskensveer	9.60	Hemmensche brug	6.94	2.66
Grebbe	8.80	Ochtensche brug	5.75	3.05
Rhemmerden	8.24	Vogelensangsche brug	5.15	3.09
Wijk bij Duurstede	6.68			
Gemiddeld tusschen W. b. D. en K.	6.09	Geldermalsensche brug	3.35	2.74
Kuilenburg	6.51	Deilsche sluis	$3.32^{\text{geïnt.}}_{\text{pold.}}$	2.19
Vreeswijk	4.65	Asperensche Lingesluis	3.23	1.42
Jaarsveld H. W.	3.67	Arkelsche dam	3.23	0.42
Jaarsveld	3.65			
Jaarsveld L. W.	3.64			

Het gedeelte van den Waaldijk boven den weg van Ochten naar Kesteren ondervond een waterdruk van $\frac{2.94 + 3.20}{2} = 3.07$; dat van den Neder-Rijn-dijk een van $\frac{3.05 + 2.66 + 3.05}{3} = 2.92$.

Voor de gemiddelde drukhoogte mag dus worden aangenomen $\frac{14.90}{5} = 2.98$ M.

De gemeten afvoer bedroeg per etmaal, berekend uit de 19.6 M³. per 1″, 1.693.440 M³.

Voor het in rekening brengen van regen en uitdamping die van twee etmalen vóór den dag der waarneming nemende, en wel het gemiddelde van den regenval te Arnhem en te Slijk Ewijk en de verdamping te Urecht, verkrijgt men het onderstaande overschot aan regenwater.

	Regen gevallen te:			Uitdamping	
	Arnhem. m.M.	Slijk Ewijk. m.M.	gemiddeld. m.M.	te Utrecht. m.M.	Overschot.
4 Maart	14.0	6.4	10.2	7.1	3.1
5 „	6.0	4	5	2.7	2.3
6 „	0	0	0	0.6	—
				overgeschoten regenwater	5.4

gevende een waterbezwaar van:

$$205.860.000 \times 0.0054 = 1.117.044 \text{ M}^3.$$

Aan kwelwater blijft dus over:

$$M = 1.693.000 - 1.117.000 = 576.000 \text{ M}^3.$$

Men heeft derhalve in de formule:

$$k = \frac{M}{b \times H}$$

$$M = 576.000 \quad b = 77.600 \quad H = 2.98$$

dus:

$$k = \frac{576000}{77600 \times 2.98} = 2.49.$$

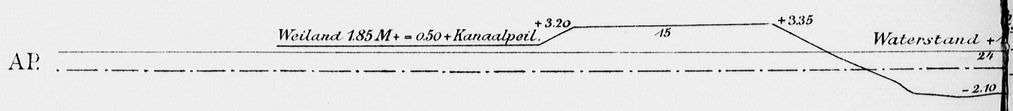
Verslag over de mate, waarin water door zandmassa's stroomt.

KANAAL VAN SLUIS NAAR BRUGGE

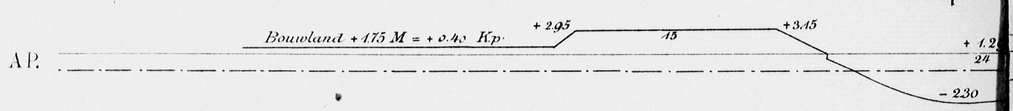
Dwarsprofillen van het kanaal en de dijken.

Zuidzijde.

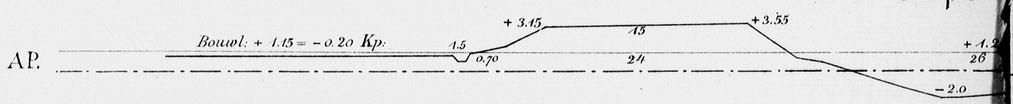
Profil N°. 1.



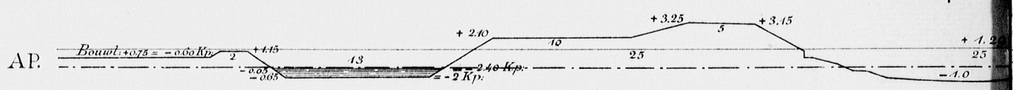
Profil N°. 2.



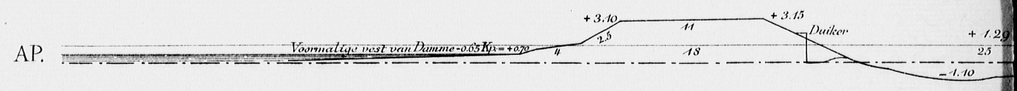
Profil N°. 3.



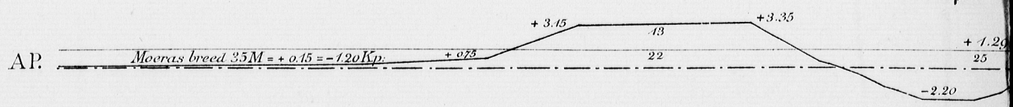
Profil N°. 4.



Profil N°. 5.



Profil N°. 6.

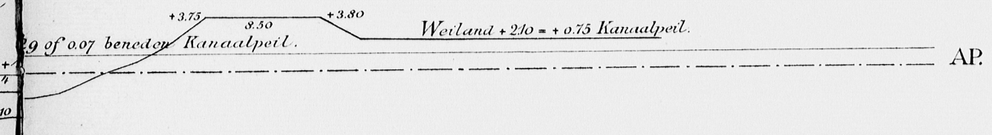


Verhandelingen Afd. Natuurk. Dl. XXVI.

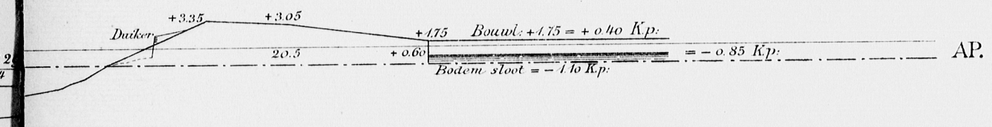
Schaal van 1 a 400.

Noordzijde

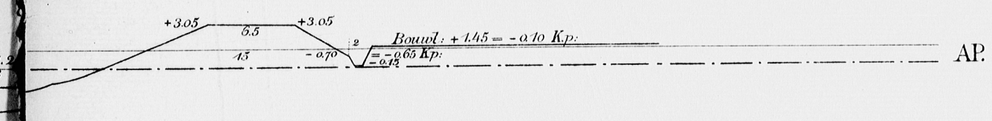
N°. 1.



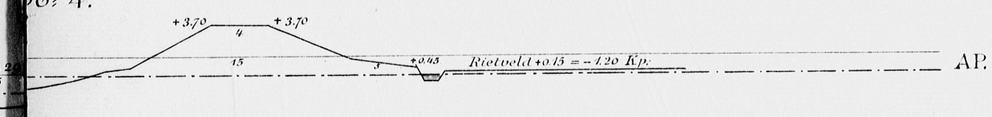
N°. 2.



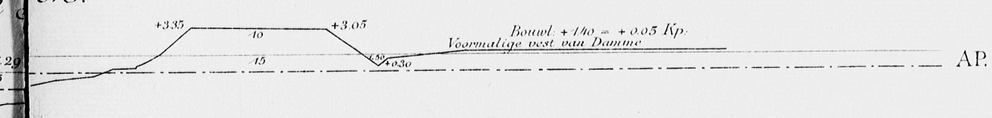
N°. 3.



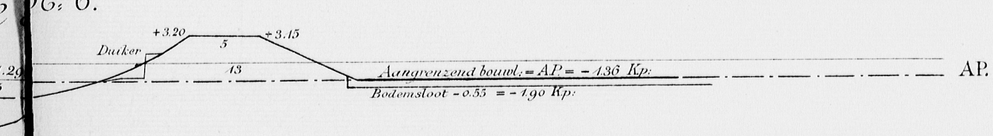
N°. 4.



N°. 5.



N°. 6.



Lith. v. Gebr. Reimeringer, Arnhem.

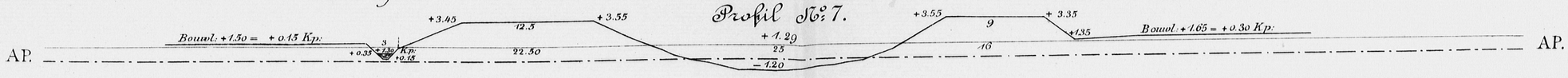
KANAAL VAN SLUIS NAAR BRUGGE.

Dwarsprofillen van het kanaal en de dijken.

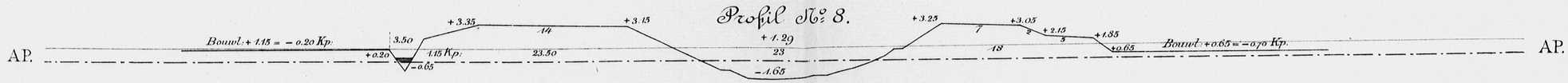
Zuidzijde

Noordzijde.

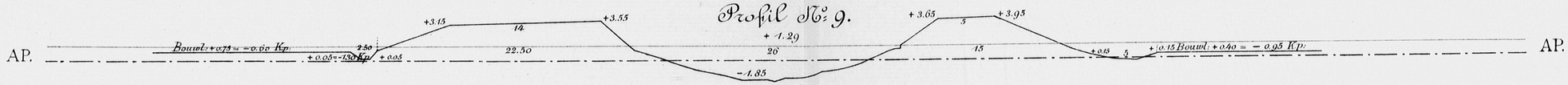
Profil N°. 7.



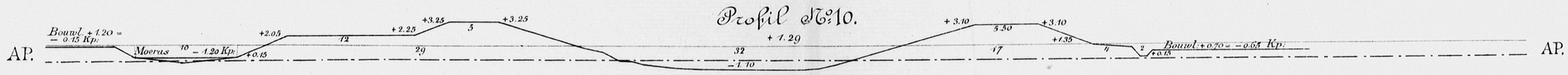
Profil N°. 8.



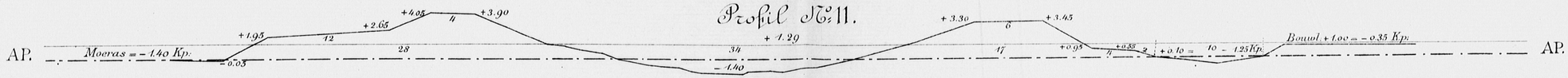
Profil N°. 9.



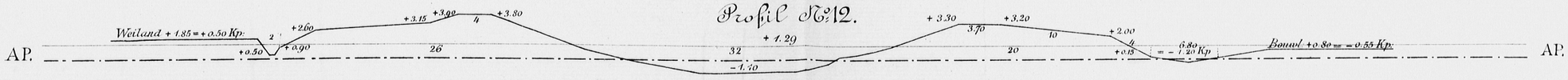
Profil N°. 10.



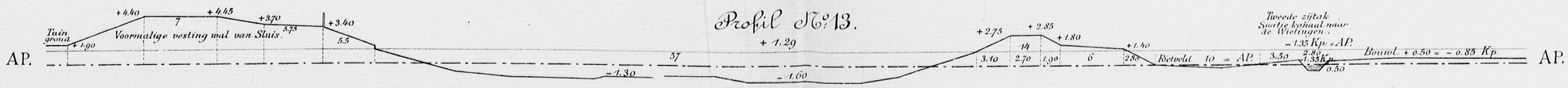
Profil N°. 11.



Profil N°. 12.



Profil N°. 13.

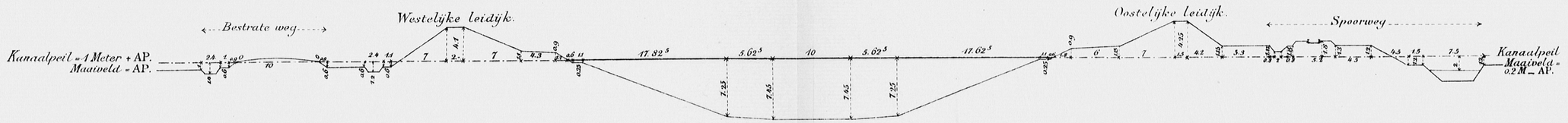


Schaal van 1 à 400.

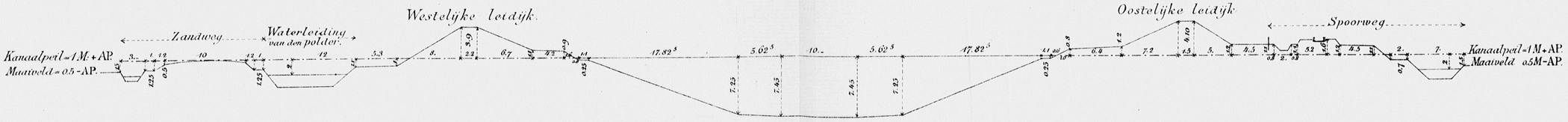
Lith. v. Gebr. Reimeringer, Amstp.

KANAAL DOOR WALCHEREN.

Dwarsprofil bij Abeele.



Dwarsprofil bij West-Souburg.



Schaal 1:500.

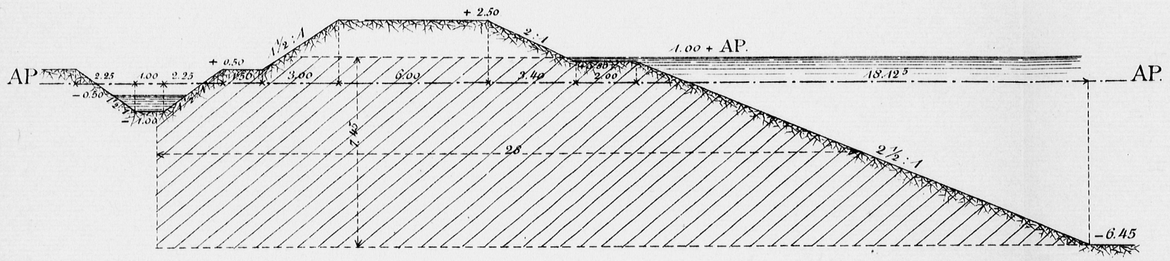
Lith. v. Gebr. Kolmerunger, Amst.

KANAAL DOOR WALCHEREN.

Dwarsprofielen van den Kanaaldijk bij Vlissingen.

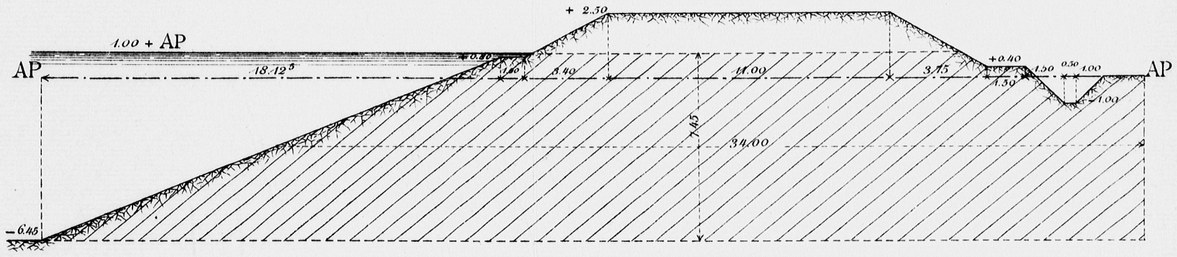
Schaal: 1 à 200.

Dwarsprofil over AB.



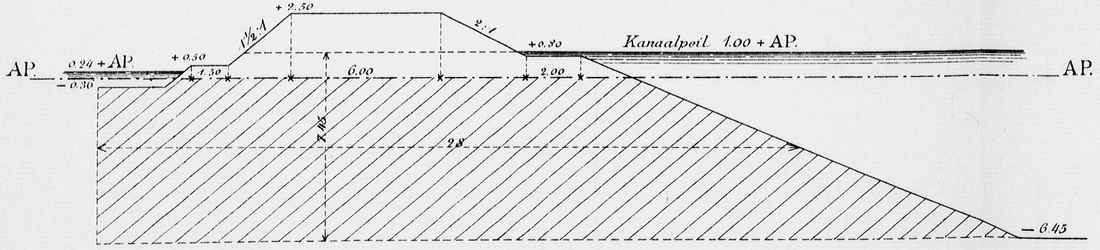
Schaal van 1 à 200.

Dwarsprofil over EF.



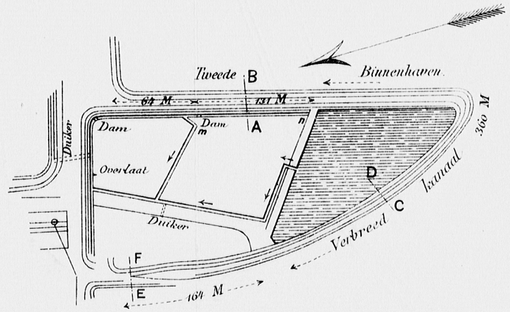
Schaal van 1 à 200.

Dwarsprofil over CD.



Schaal van 1 à 200.

Situatie van de afgesloten kom bij Vlissingen.

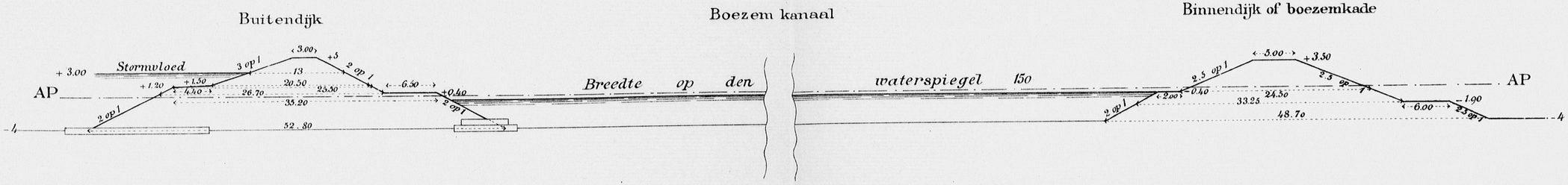


Schaal van 1 à 5000.

Lith. Gebr. Reimeringer. Amst.

DROOGMAKING VAN DE ZUIDERZEE.

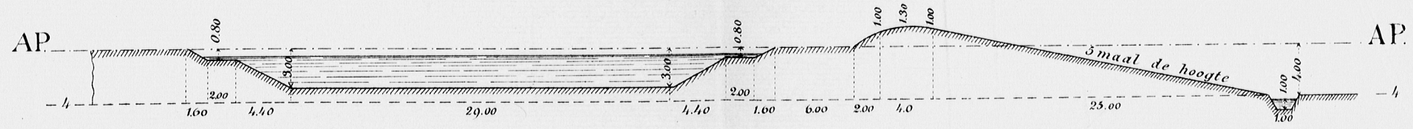
Ontworpen afsluitdijk



Schaal van 1 à 500.

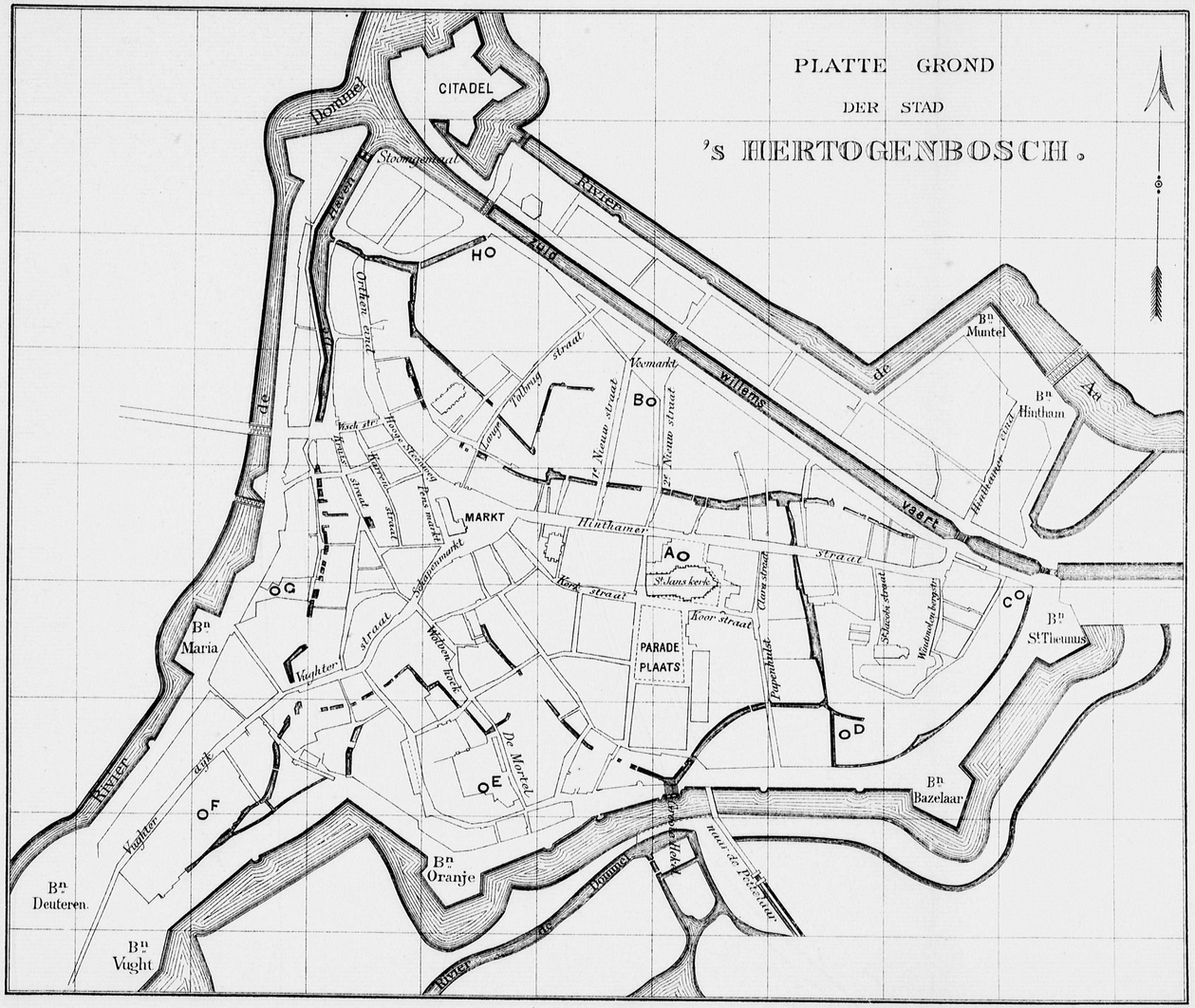
Haarlemmermeerpolder.

Profil van den ringdijk.

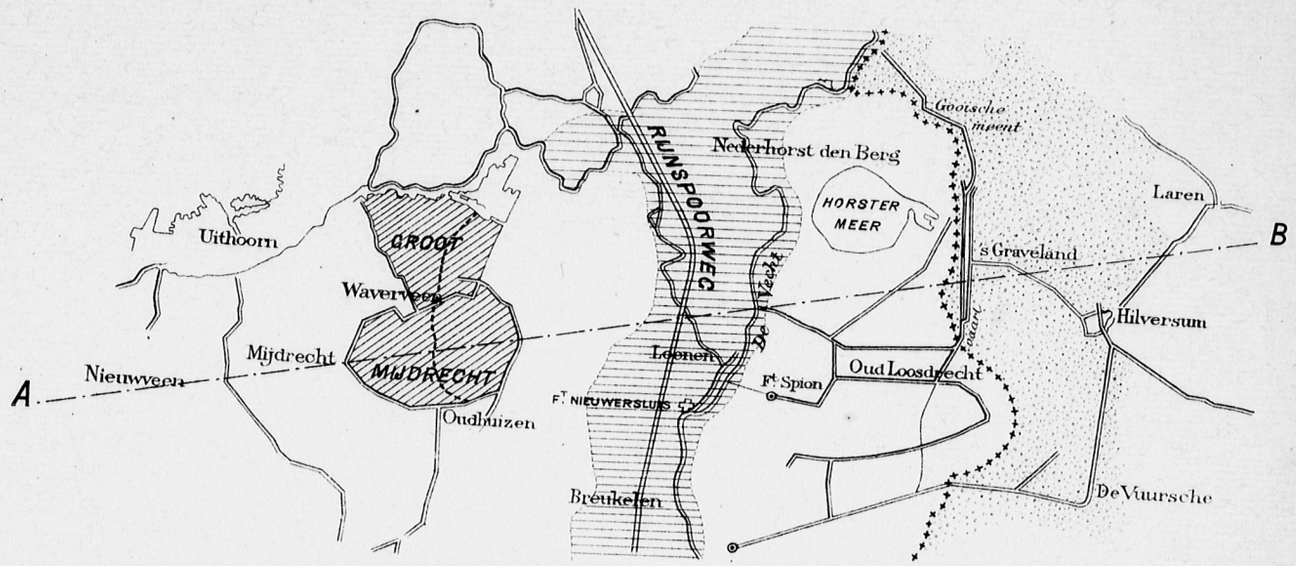


Schaal van 1 à 400.

Lith. v. Gebr. Reimeringer, Amst.



Lith. v. Gebr. Remmelink, Amst.



Verklaring

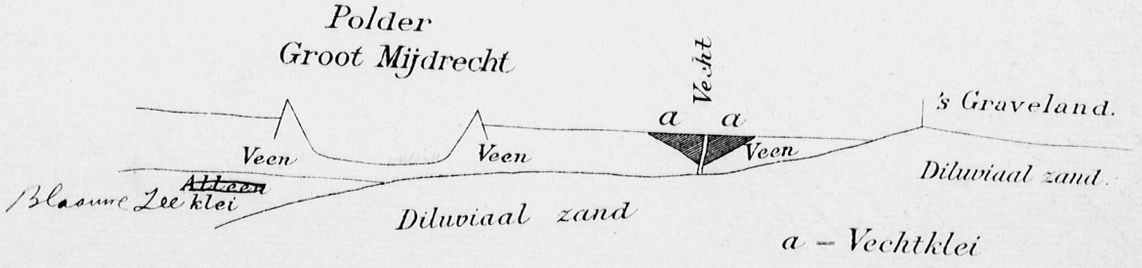
---------- Grenslijn tusschen het diluv. zand en de klei in den ondergrond, beneden het laag veen.

++++++++++ Grenslijn van het diluviale zand aan de oppervlakte.

Vochtl. klei. Diluvium.

Laag veen.

Profiel bij AB.



Lith. v. Gebr. Reimeringer, Amst.

1891780