



Nota over de uitkomsten der waarnemingen van het slibgehalte der Nederlandsche rivieren

<https://hdl.handle.net/1874/234092>

mm 10621

NOTA

OVER DE

UITKOMSTEN DER WAARNEMINGEN

VAN HET

SLIBGEHALTE

DER

NEDERLANDSCHE RIVIEREN

DOOR

C. LELY,

Civiel-Ingénieur.

Uitgegeven op last van het Departement van Waterstaat, Handel en Nijverheid.

MET 22 PLATEN.

'S-GRAVENHAGE.

1887.



1942

1942

1942

1942

1942

1942

pl

J. P. Keenhuizen

NOTA
OVER DE
UITKOMSTEN DER WAARNEMINGEN
VAN HET
SLIBGEHALTE
DER
NEDERLANDSCHE RIVIEREN

DOOR
C. LELY,
Civiel-Ingénieur.

Uitgegeven op last van het Departement van Waterstaat, Handel en Nijverheid.

MET 22 PLATEN.

'S-GRAVENHAGE.
1897.

BIBLIOTHEEK UNIVERSITEIT UTRECHT

3084 604 6

1944

1944

1944

1944

1944

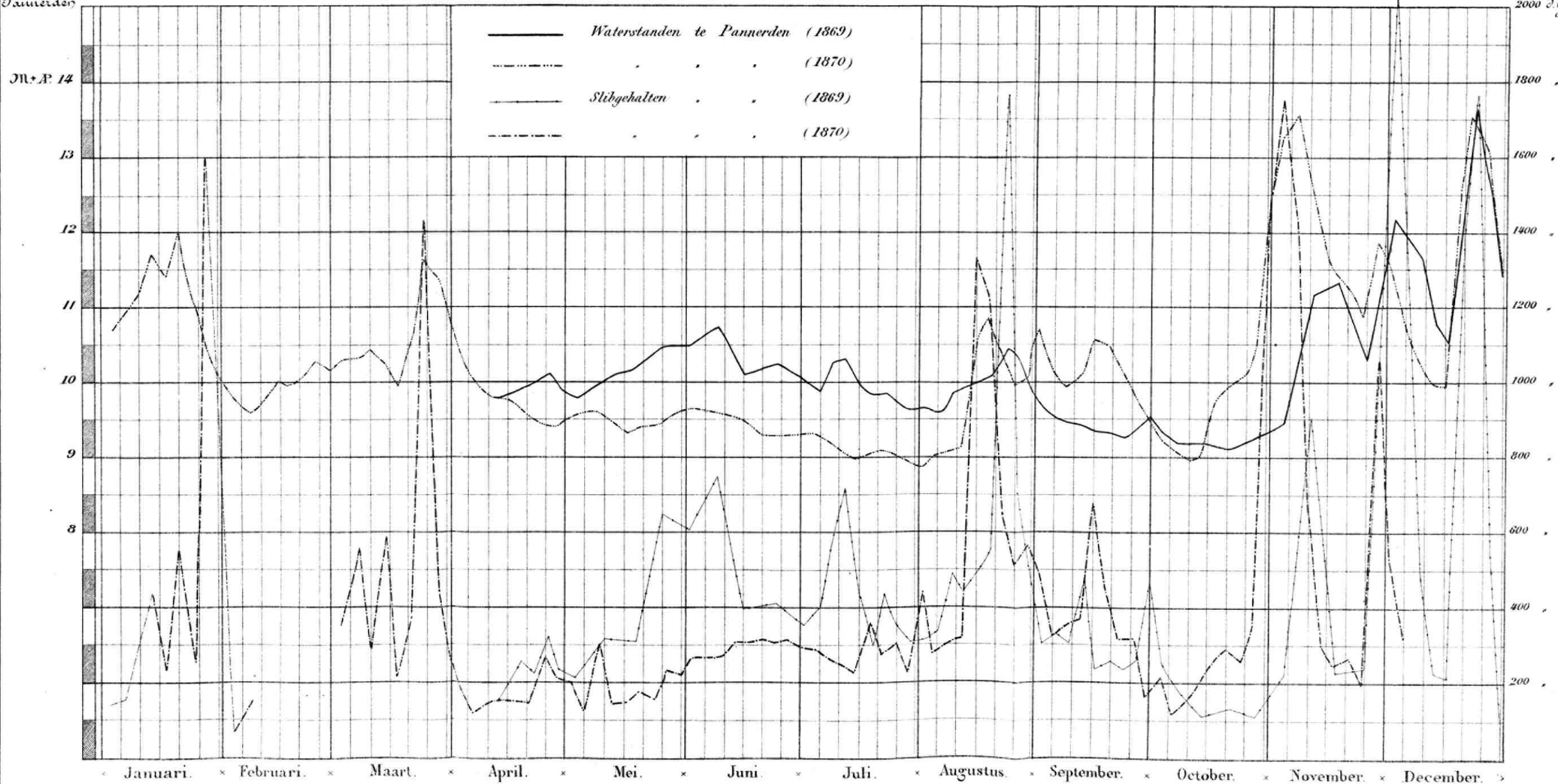
1944

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN

VOOR DE JAREN 1869 (NA APRIL) EN 1870.

Peilchaal te Pannerden

Slibgehalte per M³ water 2000 d.G.



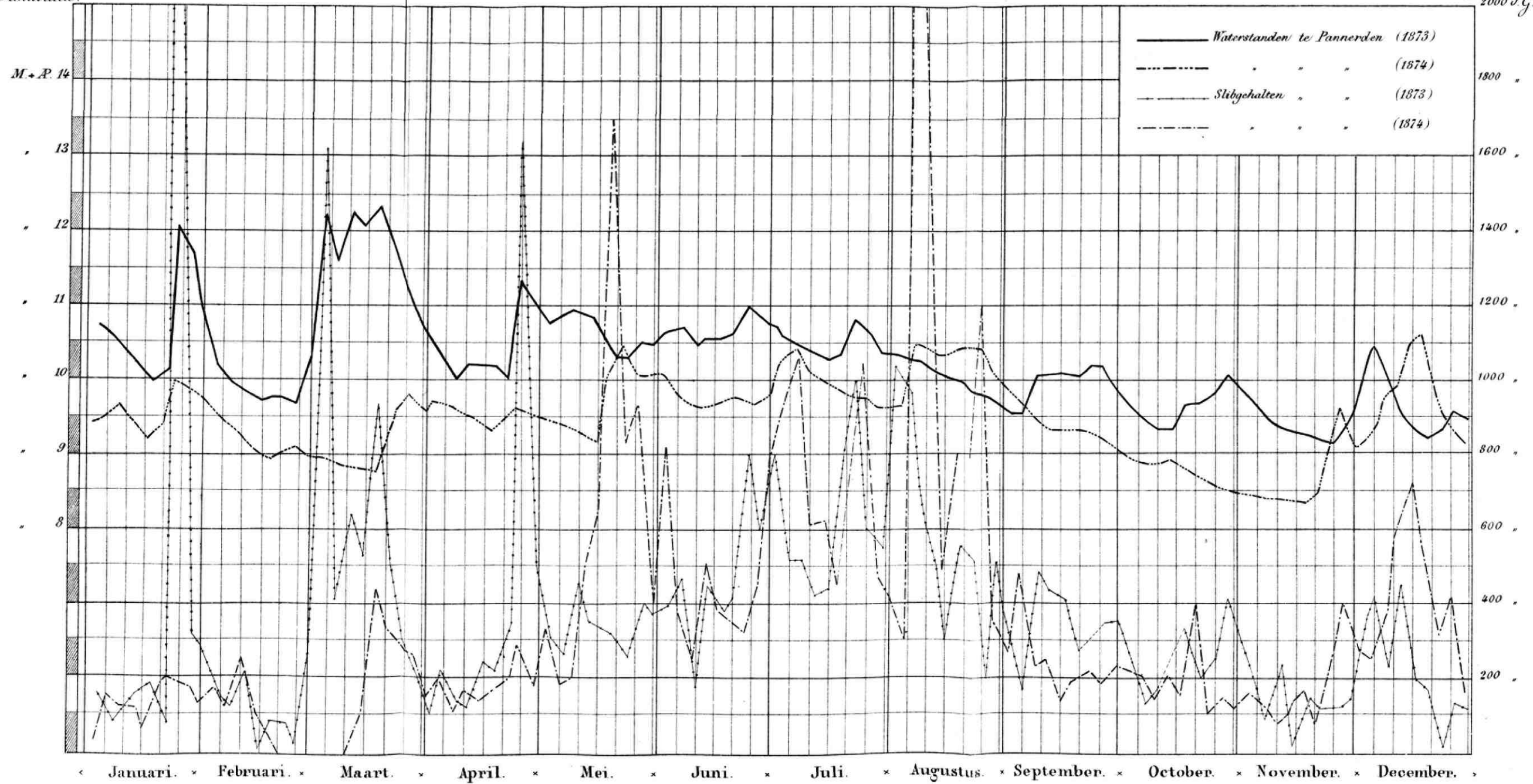
Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN
VOOR DE JAREN 1873 EN 1874.

Zeilschaal te
Pannerden.

Slibgehalte
per M³ water
2000 d.G.



< Januari. * Februari. * Maart. * April. * Mei. * Juni. * Juli. * Augustus. * September. * October. * November. * December. >

Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

NOTA over de uitkomsten der waarnemingen van het slibgehalte van het water der Nederlandsche rivieren.

§ 1. *Inleiding.* In een land als het onze, waarvan de wording en het bestaan, zoowel uit een waterstaatkundig als uit een handelsoogpunt in nauw verband met de rivieren staat, kan zeker elk onderzoek belangrijk genoemd worden, waardoor vermeerdering van kennis betreffende de rivieren wordt verkregen.

In het bijzonder is dit het geval voor een onderzoek betreffende de vaste stoffen, die door de rivieren worden afgevoerd, wegens den grooten invloed, welke door die stoffen op het rivierbed is en wordt uitgeoefend.

De hier te lande gedane waarnemingen hadden alleen betrekking op de vaste stoffen, die in zwevenden toestand werden afgevoerd.

Een onderzoek omtrent de stoffen, die over den bodem der rivier afgevoerd worden, moest achterwege blijven, om de eenvoudige reden, dat tot nog toe geen middel bekend is waardoor men de hoeveelheid van die stoffen kan bepalen.

Wij hebben gemeend ons bij dit verslag niet alleen tot beantwoording der uit een rivierkundig oogpunt belangrijke vragen te moeten bepalen, maar hebben getracht uit de gedane waarnemingen zooveel mogelijk resultaten af te leiden, onafhankelijk van het belang, dat aan die resultaten uit een praktisch oogpunt toegekend kan worden.

HOOFDSTUK I.

Beschrijving der waarnemingen.

Opgave der gedane waarnemingen.

§ 2. De eerste waarnemingen van het slibgehalte van het water der Nederlandsche rivieren, die vertrouwen verdienen, waren de waarnemingen, die in de jaren 1865 en 1866 door den heer J. VAN DER TOORN, destijds ingenieur van den Waterstaat, werden verricht tot bepaling van het slibgehalte der Waal te Nijmegen en der Maas te Grave.

De beschrijving en resultaten dezer waarnemingen zijn opgenomen in de werken van het Bataafsch Genootschap van Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam (*Tweede Reeks, eerste deel, eerste stuk*, 1867).

Deze waarnemingen hadden plaats op de Waal te Nijmegen, in den regel dagelijks, van 14 Januari tot 5 Mei en van 22 Juli tot 24 December 1866, terwijl op de Maas te Grave eene waarneming is gedaan in Februari 1865 en verder in het geheel twaalf waarnemingen in de maanden Januari, Februari en December 1866.

Het aantal dezer waarnemingen was dus betrekkelijk klein, zoodat eene voortzetting van waarnemingen van het slibgehalte wenschelijk bleef.

§ 3. Hiertoe werd in 1869 van rijkswege overgegaan op voorstel van den toenmaligen hoofdingenieur van Gelderland, jhr. J. ORT VAN SCHONAUWEN, door het doen van slibwaarnemingen op het Pannerdensch Kanaal te Panneerden.

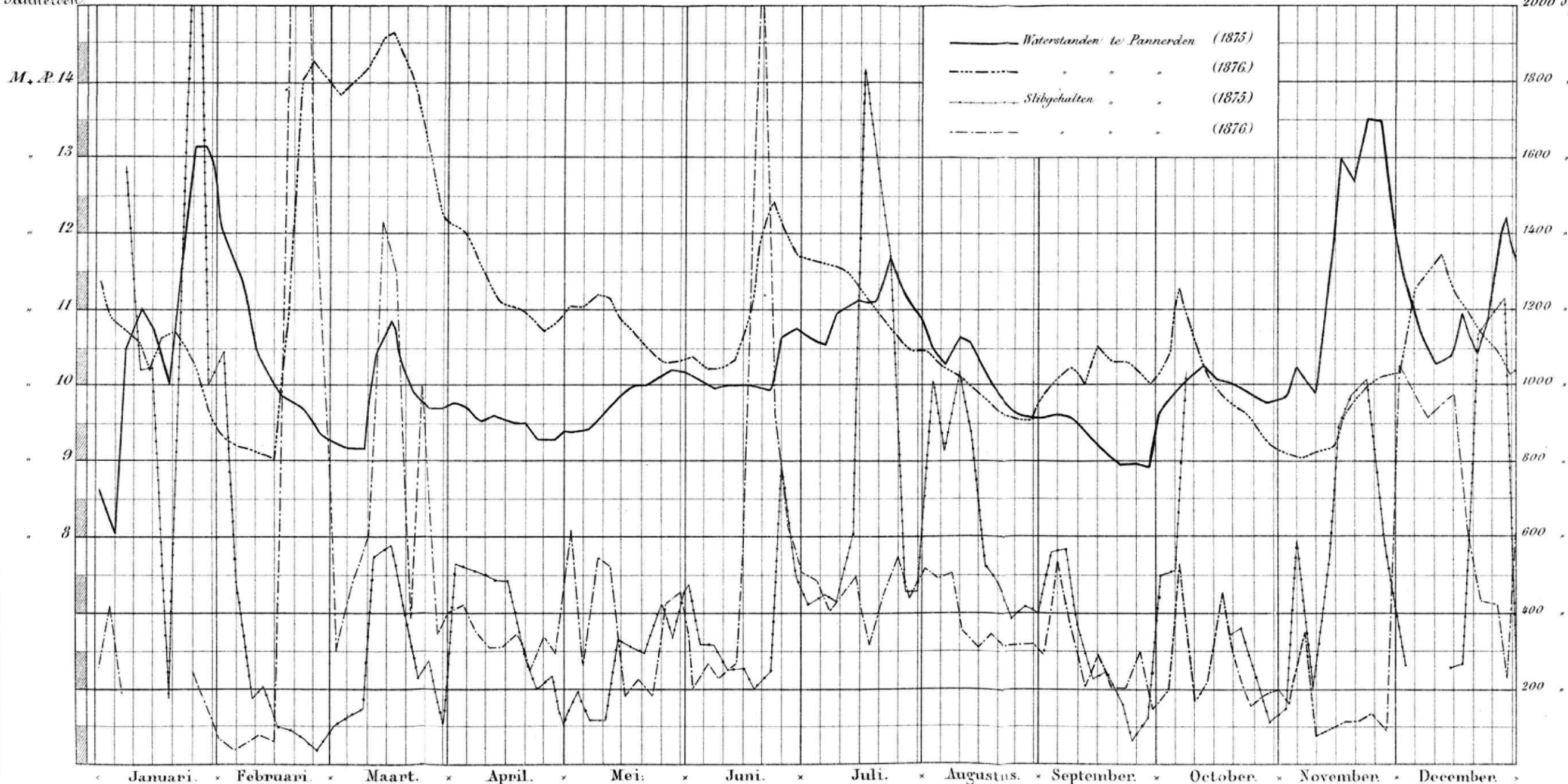
Deze waarnemingen werden gedurende verscheidene jaren voortgezet en hadden ten doel den jaarlijkschen slibafvoer van den Boven-Rijn te leeren kennen.

Men meende namelijk, dat wegens den korten afstand van de plaats van waarneming

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN
 VOOR DE JAREN 1875 EN 1876.

Peilchaal te
 Pannerden

Slibgehalte
 per M³ water
 2000 d.G.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

tot het separatiepunt, het te Pannerden waargenomen slibgehalte ook voor den Boven-Rijn kon aangenomen worden, en had het Pannerdensch wegens zijn regelmatig profiel voor het verrichten der waarnemingen gekozen.

Deze waarnemingen werden tweemaal per week verricht en begonnen op 13 April 1869 en zonder wijziging voortgezet tot Juli 1879.

De resultaten der waarnemingen van 13 April 1869 tot 31 Maart 1870 zijn opgenomen in eene verhandeling van den ingenieur BLECKMAN, voorkomende in het Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1870—1871, terwijl de resultaten der overige waarnemingen, met uitzondering van die van het jaar 1879, niet door den druk bekend zijn gemaakt.

Hierom zijn in de bij dit verslag behoorende platen 1—6 de resultaten van die waarnemingen graphisch voorgesteld.

§ 4. In Juli 1879 werd een meer uitgebreid onderzoek omtrent het slibgehalte van het water der Nederlandsche rivieren van rijkswege ingesteld met het doel om zoowel de schommelingen van het slibgehalte als de jaarlijksche slibafvoeren van den Boven-Rijn en de Boven-Maas te leeren kennen, alsmede om te kunnen nagaan in hoeverre de slib, welke door de bovenrivieren wordt aangevoerd, gedurende den loop der rivieren door ons land tot bezinking komt, of mede naar zee wordt gevoerd.

Hiertoe werden tweemaal per week op dezelfde dagen en op dezelfde uren waarnemingen verricht, op:

- het Pannerdensch Kanaal te *Pannerden* ;
- de Waal te *Nijmegen* en te *St. Andries* ;
- den IJssel te *Westervoort* en te *Kampen* ;
- de Lek te *Krimpen aan de Lek* ;
- » Boven-Merwede te *Gorinchem* ;
- » Beneden-Merwede te *Dordrecht* ;
- » Nieuwe-Maas te *Hoek van Holland*, en
- » Boven-Maas te *Maastricht* en te *St. Andries*.

Voorts werden tot onderzoek van het slibgehalte van enkele Zeeuwsche stroomen waarnemingen verricht op het Zijpe, de Mosselkreek en de Eendragt.

In 1882 werd besloten de waarnemingen te *Krimpen*, *Gorinchem*, *Dordrecht*, *Hoek van Holland* en op de Zeeuwsche stroomen met het einde van het jaar te staken en aan de waarnemingsplaatsen langs de bovenrivieren *Arnhem* met het begin van 1883 toe te voegen.

Aldus werden de waarnemingen op de verschillende plaatsen langs de bovenrivieren voortgezet tot het einde van het jaar 1884, toen de waarnemingen met uitzondering van die te *Pannerden* en te *Maastricht* werden gestaakt.

Met het einde van het jaar 1885 zijn ook de waarnemingen op die plaatsen gestaakt, waarmede dus het sedert 1869 van rijkswege ingestelde onderzoek betreffende het slibgehalte der Nederlandsche rivieren geëindigd werd.

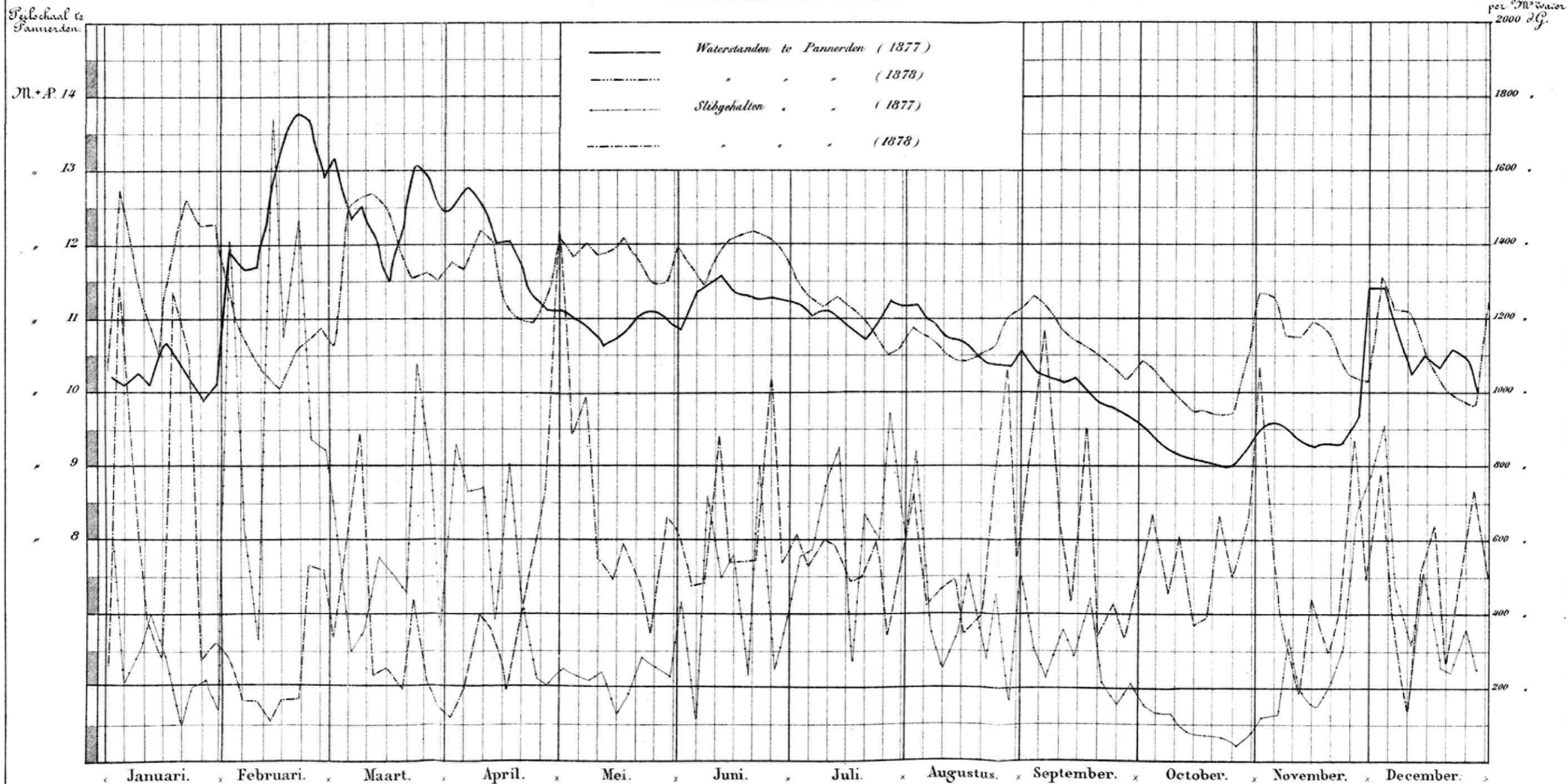
Gedurende de drie laatste jaren van waarneming zijn behalve de bovengenoemde waarnemingen, welke tweemaal per week plaats hadden, voor bijzondere onderzoekingen nog eenige buitengewone waarnemingen gedaan.

In 1883 zijn namelijk bij verschillende waterstanden in de maanden September, November en December eenige buitengewone waarnemingen te *Pannerden* gedaan met het doel de verdeling van de slib over het dwarsprofiel en den aard en samenstelling der slib te onderzoeken.

In 1884 zijn in de maand December eenige buitengewone waarnemingen te *Pannerden* gedaan, om te onderzoeken hoeveel op een zelfde oogenblik het slibgehalte in dicht bij elkander gelegen profillen verschillen kan.

In het voorjaar van 1885 werden eenige buitengewone waarnemingen te *Pannerden* ge-

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN
 VOOR DE JAREN 1877 EN 1878.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100. d.f. per M³ water.

daan, om te onderzoeken hoeveel op een zelfde oogenblik het slibgehalte in dicht bij elkander gelegen punten verschillen kan, terwijl in het najaar van hetzelfde jaar eenige buitengewone waarnemingen zijn verricht op verschillende plaatsen langs de Rijntakken en de Boven-Maas, om de samenstelling van de slib en de verandering, welke die samenstelling bij den loop der rivieren door ons land ondergaat, te onderzoeken.

De resultaten der waarnemingen gedurende de jaren 1879 en 1880 zijn medegedeeld in de jaarverslagen over de openbare werken van 1880 en 1881, terwijl de resultaten der waarnemingen voor elk der volgende jaren in eene afzonderlijke nota van rijkswege zijn uitgegeven. (1)

In de bij dit verslag behoorende platen 6—18 zijn de resultaten der gewone waarnemingen, welke sedert 1879 te Pannerden, Nijmegen, St. Andries (Waal), Westervoort, Kampen, Arnhem, Maastricht en St. Andries (Maas) werden verricht, graphisch voorgesteld.

Behalve de bovengenoemde van rijkswege gedane waarnemingen zijn voor de Boven-Maas van 13 November 1882 tot 13 November 1883 nog waarnemingen van het slibgehalte bekend, welke te Luik door de heeren SPRING en PROST verricht werden. (2)

Daar hierdoor eene vergelijking van het slibgehalte der Boven-Maas te Luik en te Maastricht voor dat tijdperk mogelijk is, hebben wij gemeend de resultaten dier Belgische waarnemingen ook in dit verslag te moeten opnemen.

Op de platen 15 en 16 zijn daarom tevens de resultaten van die waarnemingen graphisch voorgesteld.

Beschrijving der methode van waarneming.

§ 5. Elke waarneming van het slibgehalte eener rivier bestaat uit twee wel te onderscheiden gedeelten, namelijk:

1°. uit het scheppen van eene zekere hoeveelheid water;

2°. uit het bepalen van de hoeveelheid slib (zwevende bestanddeelen), welke in dat geschepte water aanwezig is.

Beide gedeelten kunnen op zeer verschillende wijzen plaats hebben, zooals onmiddellijk blijkt uit de hieronder volgende beschrijving der methoden, welke bij de verschillende waarnemingen werden gevolgd.

§ 6. Bij de waarnemingen van den heer VAN DER TOORN werd het water geschept even onder de oppervlakte van den waterspiegel ter plaatse van den sterksten stroom.

Ter bepaling van de hoeveelheid slib van het geschepte water, waarvan het volume verschillend was en ongeveer 1 tot 4 liter bedroeg, werd dat water in groote witte verglaasde kommen (waarvan eerst het gewicht was bepaald) gebracht, nauwkeurig gewogen en gelurende zoo langen tijd (in den regel 24 à 48 uren) in rust gelaten, dat al de slib zich langs den wand en op den bodem had neergezet. Bij twijfel, of de slibnederzetting wel volkomen had plaats gevonden, werd het water voorzichtig afgeheveld en opnieuw in een andere kom tot bezinking gebracht, hetgeen zoo dikwijls werd herhaald, dat volstekt geen aanslag tegen de kom meer verkregen werd. Na voorzichtige afneveling van het bovenste water werden ten slotte de vochtdeelen van de verzamelde hoeveelheid slib door matige verwarming tot verdamping gebracht, waarna de aldus gedroogde slib tot in *milligrammen* werd gewogen.

§ 7. Voor de in 1869 van rijkswege begonnen waarnemingen werd de methode van waarneming vastgesteld in overleg met den toenmaligen adviseur voor de werktuig- en

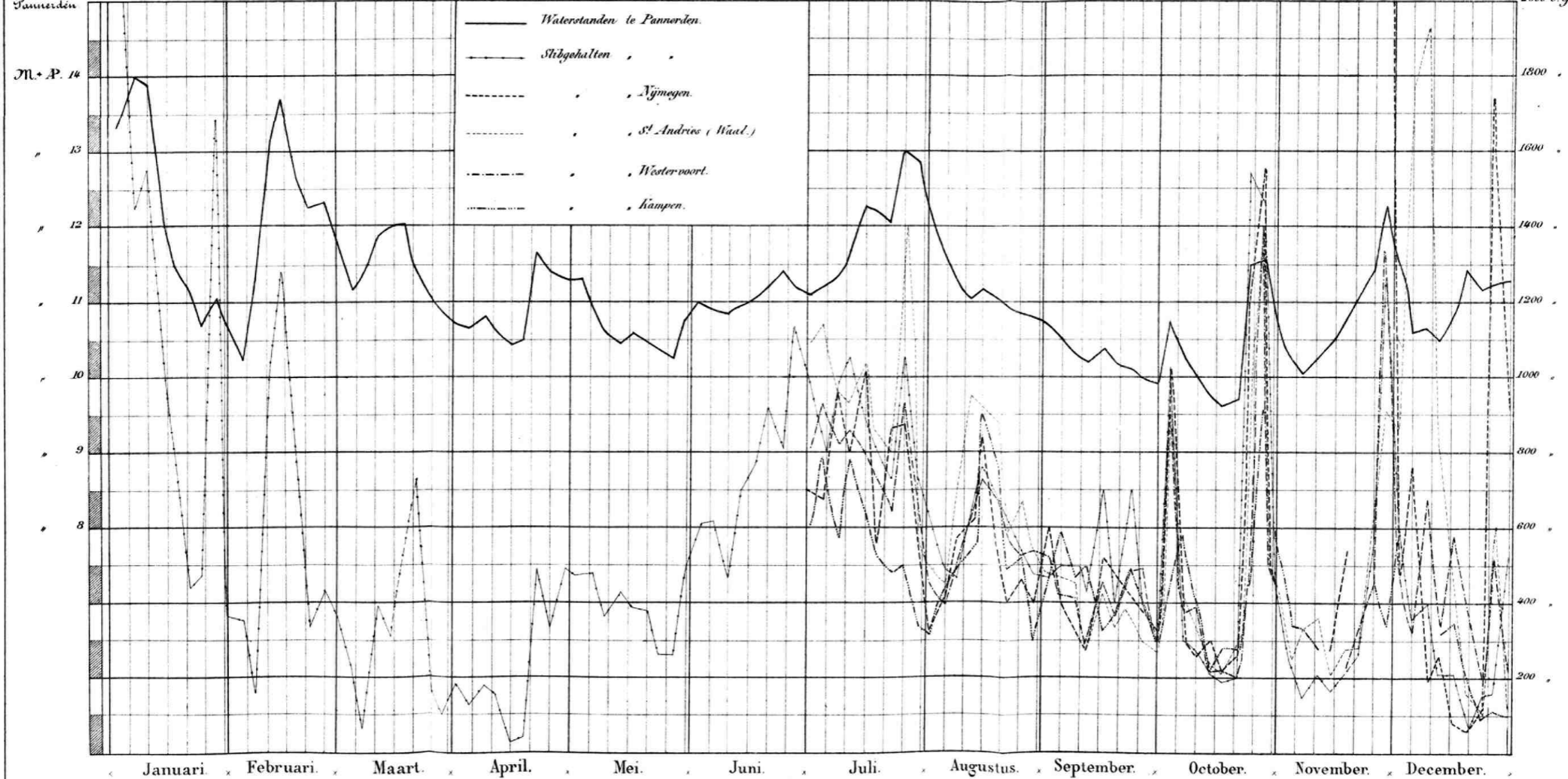
(1) De resultaten der waarnemingen van den heer VAN DER TOORN, der waarnemingen van 13 April 1869 tot 31 Maart 1870 en gedeeltelijk der waarnemingen van 1879 en 1880 zijn ook opgenomen in eene door het Bataafsch Genootschap bekroonde verhandeling van den heer J. G. W. FYNJE getiteld: *Het slibgehalte van het water van eenige Nederlandsche rivieren* (Rotterdam VAN HENGEL en EELTJES, 1882).

(2) Zie *Etude sur les Eaux de la Meuse* par W. SPRING et E. PROST (Liège DEQU et NIEBSTRASZ, 1884).

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN VOOR HET JAAR 1879
EN VAN DE SLIBGEHALTEN TE NIJMEGEN, S^t ANDRIES (WAAL), WESTERVOORT EN KAMPEN VOOR DE LAATSTE HELFT VAN HET JAAR 1879.

Peilschaal te Pannerden

Slibgehalte per M³ water. 2000 d.g.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

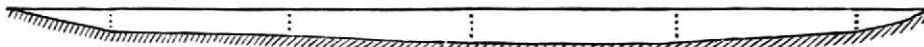
1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.g. per M³ water.

scheikunde bij het departement van binnenlandsche zaken Dr. E. H. VON BAUMHAUER. Deze methode, welke nauwkeurig omschreven is in de bovengenoemde verhandeling van den heer BLECKMAN, werd eveneens gevolgd bij de waarnemingen, die sedert 1879 van rijkswege gedaan zijn.

Bij het vaststellen van die methode is men van de onderstelling uitgegaan, dat de slib niet gelijkmatig over het dwarsprofiel verdeeld is, dat althans eene gelykmatige verdeling niet zonder voorafgaande proefnemingen aangenomen kon worden, in verband waarmede het noodzakelijk werd geacht het water op verschillende punten van het dwarsprofiel te onderzoeken.

Op elke rivier werd daarom water geschept in vijf à zes vertikalen, die onderling op ongeveer gelijke afstanden van elkander waren gelegen (1). In verband met de waterdiepte werd in eenige vertikalen water geschept, op 0.50 M. beneden den waterspiegel, in het midden der waterdiepte en op 0.50 M. boven den bodem, terwijl in de vertikalen, waar groote diepte werd gepeild, water werd geschept, op 0.50 M. beneden den waterspiegel, op 0.50 M. boven den bodem en op twee gelijkelijk daartusschen verdeelde punten.

Voor de waarnemingen op het Pannerdensch kanaal werd op deze wijze water in 17 punten geschept, welke over het dwarsprofiel verdeeld waren, zooals aangegeven is in onderstaande schets-teekening, waarin de breedte en de diepte op de zelfde schaal zijn geteekend.



Voor het waterscheppen werd gebruikt een van binnen wit verglaasde ijzeren bak, inhoudende ongeveer 4 Liter, welke met een deksel was voorzien en zoodanig was ingericht, dat hij op elke willekeurige diepte geopend kon worden.

Het geschepte water werd onmiddellijk in den bezinkingsbak, die bij het scheppen werd medegenomen, uitgestort.

De inhoud der bezinkingsbakken bedroeg ongeveer 50 Liter, welke inhoud zoo groot genomen was, om ook wanneer de rivier weinig slib afvoerde het slibgehalte te kunnen bepalen.

De bezinkingsbakken waren geheel van geel koper vervaardigd, hadden over het bovengedeelte den cilindervorm en over het ondergedeelte den kegelvorm met scherpem tophoek. Het ondereinde was voorzien van een kraan en een cilindervormig aanzetstuk waaraan verdeelde glazen buisjes geschroefd konden worden. Deze buisjes waren zuiver verdeeld in vijfden en tienden van kub. c. M. en hadden een inhoud van 30 tot 50 kub. c. M.

Na de vulling werd de bezinkingsbak naar het waarnemingslokaal gebracht, aldaar op een houten vret gezet, van het glazen buisje voorzien en gedurende zeven dagen in rust gelaten.

Op deze wijze werd het grootste gedeelte van de slib in de buisjes opgevangen, terwijl het overige gedeelte zwevende in het water of neergezet op den wand van den bezinkingsbak achterbleef.

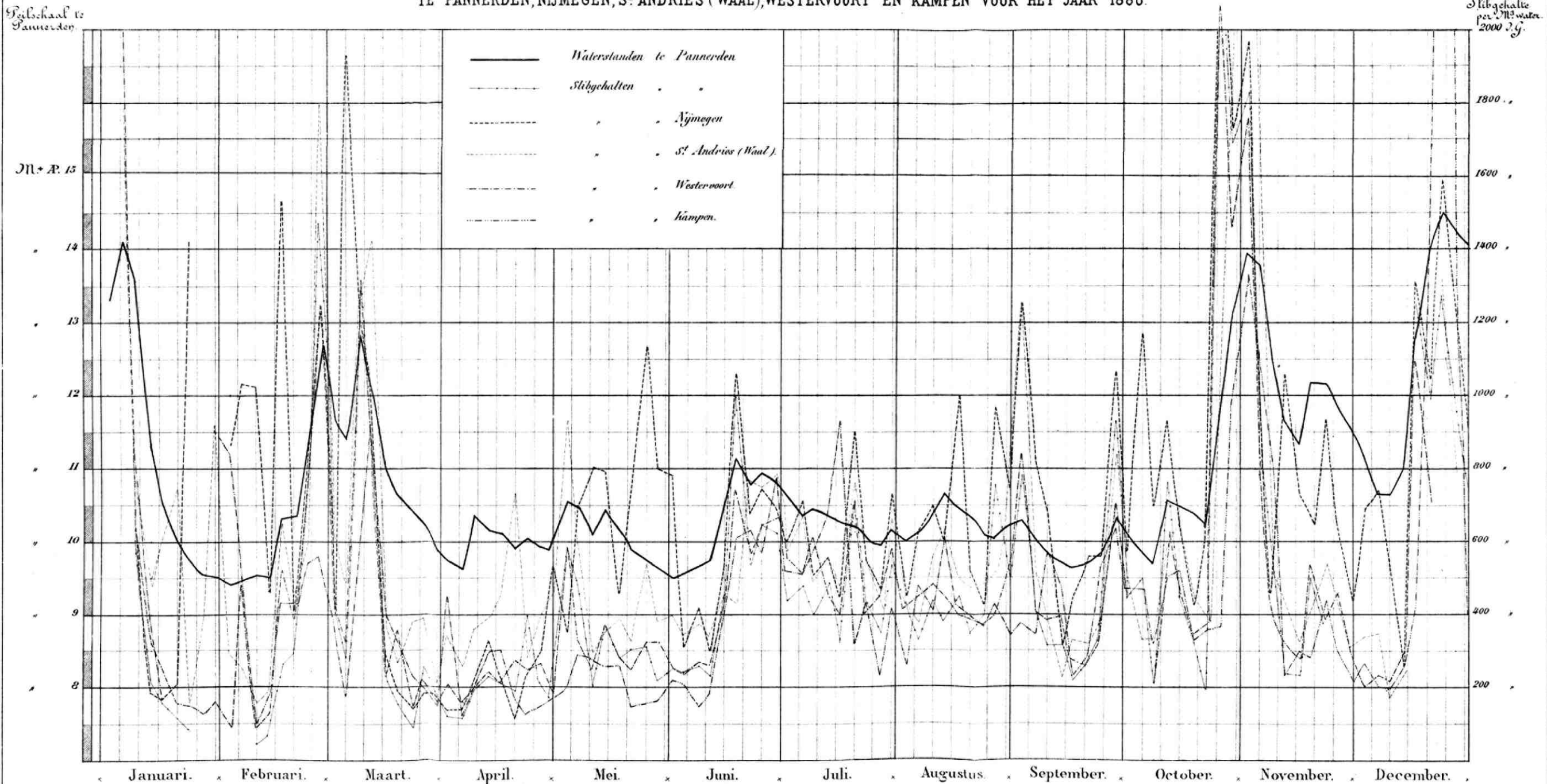
Voor het bepalen van deze laatste hoeveelheid werd het water in den bak goed omgeroerd en een flesch van nauwkeurig bekend volume inhoudende omstreeks 2 Liter daarmede gevuld.

Zowel de buisjes als de flesschen werden naar den hoogerleeraar Dr. A. C. OUDEMANS te Delft gezonden, aan wien de bepaling der hoeveelheden slib, die daarin aanwezig waren, was opgedragen.

De heer OUDEMANS heeft de wijze waarop deze bepalingen door hem zijn geschied uitvoerig

(1) De plaatsen der waarnemingen en het aantal vertikalen, waarin op elke plaats water werd geschept, zijn vermeld in het verslag over de slibwaarnemingen van 1879, voorkomende in het jaarverslag over de openbare werken van 1880. In het verslag staat echter abusievelijk opgegeven, dat het water te Pannerden in drie vertikalen geschept werd, hetgeen volgens de verhandeling van den heer BLECKMAN, alsmede volgens de nota over de slibwaarnemingen van 1884, moet zijn in vijf vertikalen.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN, NIJMEGEN, S^t ANDRIES (WAAL), WESTERVOORT EN KAMPEN VOOR HET JAAR 1880.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

medegedeeld in eene nota, welke als bijlage gevoegd is achter de nota over de slibwaarnemingen van 1882, aan welke mededeeling wij het volgende ontleend hebben.

Nadat de flesschen te Delft een paar dagen gestaan hadden was in den regel de slib geheel bezonken, zoodat het geen bezwaar opleverde het water bijna geheel te verwijderen. De slib werd daarna door herhaald omschudden van de flesschen met gedistilleerd water in een van te voren gewogen platinaschaal overgebracht, welke op een waterbad geplaatst en na verdamping van het water tot op $\frac{1}{10}$ milligram nauwkeurig gewogen werd.

Met de slib van de buisjes werd op ongeveer gelijke wijze gehandeld, alleen werd voor deze hoeveelheid slib het gewicht slechts tot op een milligram bepaald.

Het vaste residu, dat bij verdamping van de kleine hoeveelheid in de schalen overgebracht rivierwater terugbleef, werd medegewogen.

Door echter te zorgen, dat slechts eene kleine hoeveelheid rivierwater in de buisjes en in de flesschen achterbleef, welke in de buisjes ongeveer 10 kub. c.M. en in de flesschen ongeveer 2 kub. c.M. bedroeg, kon het gewicht der in die kleine hoeveelheden rivierwater opgeloste vaste bestanddeelen zonder bezwaar buiten rekening gelaten worden (1).

Daar slib tengevolge van een gehalte aan klei hygroscopisch is wijkt het gewicht van de op 120° C gedroogde stof ongeveer 2 tot 3.5 procent af van het gewicht der luchtdroge stof. In de onderstelling daardoor het meest aan de praktijk aan te sluiten werd de slib luchtdroog gewogen.

De heer OUDEMANS eindigt zijne beschrijving der methode van waarneming als volgt:

»Uit het zoeven gezegde" (*omtrent het verschillend gewicht van de slib in geheel drogen en luchtdrogen toestand*) »is wederom op te maken, dat men zich ten aanzien van den be-reikbaren graad van nauwkeurigheid bij bepalingen als deze geen overdrevene voorstellingen »moet maken en dat het onhoudbaar zou zijn, die tot fracties van procenten te willen »opvoeren. Dit zal te meer in het oog springen, wanneer ik vermeld, dat onder het slib zeer »dikwijls zelfstandigheden worden gevonden, die niet zonder verlies zijn te verwijderen en »eigenlijk er niet toe behooren, zooals steentjes, kleine scherfjes baksteen, ja zelfs soms »schilfers metaal (tin enz.)" »

§ 8. Voor de waarnemingen, welke te Luik door de heeren SPRING en PROST in 1832 en 1883 zijn verricht werd slechts op een punt der rivier nabij een der oevers water geschept tot eene hoeveelheid van ongeveer 5 Liter. Ter bepaling van de daarin aanwezige hoeveelheid slibstoffen werd het geschepte water gedurende ongeveer 48 uren in flesschen ter bezinking in rust gelaten. Hierna werd het heldere water verwijderd en de overblijvende slibmassa op een filtrum gebracht en tot 120° C gedroogd.

Na afkoeling werd, door het filtrum met de slibmassa op een der schalen van een balans en een gelijk filtrum op de andere schaal te brengen, het gewicht van de slibmassa bepaald.

Te oordeelen naar de wijze waarop de resultaten worden opgegeven moet die weging tot op $\frac{1}{10}$ milligram nauwkeurig zijn geschied.

Deze waarnemingen hadden dagelijks plants en behalve de hoeveelheden slibstoffen werden voor elke waarneming de hoeveelheden opgeloste vaste stoffen en de hoeveelheden organische stoffen bepaald.

Bovendien werd geregeld om de vijf dagen het gehalte aan koolzuur en chloor bepaald, terwijl verder voor verschillende toestanden der rivier de scheikundige samenstelling van de zweren e en opgeloste vaste bestanddeelen bepaald is geworden.

Nauwkeurigheid der bepaling van het slibgehalte van het geschepte water.

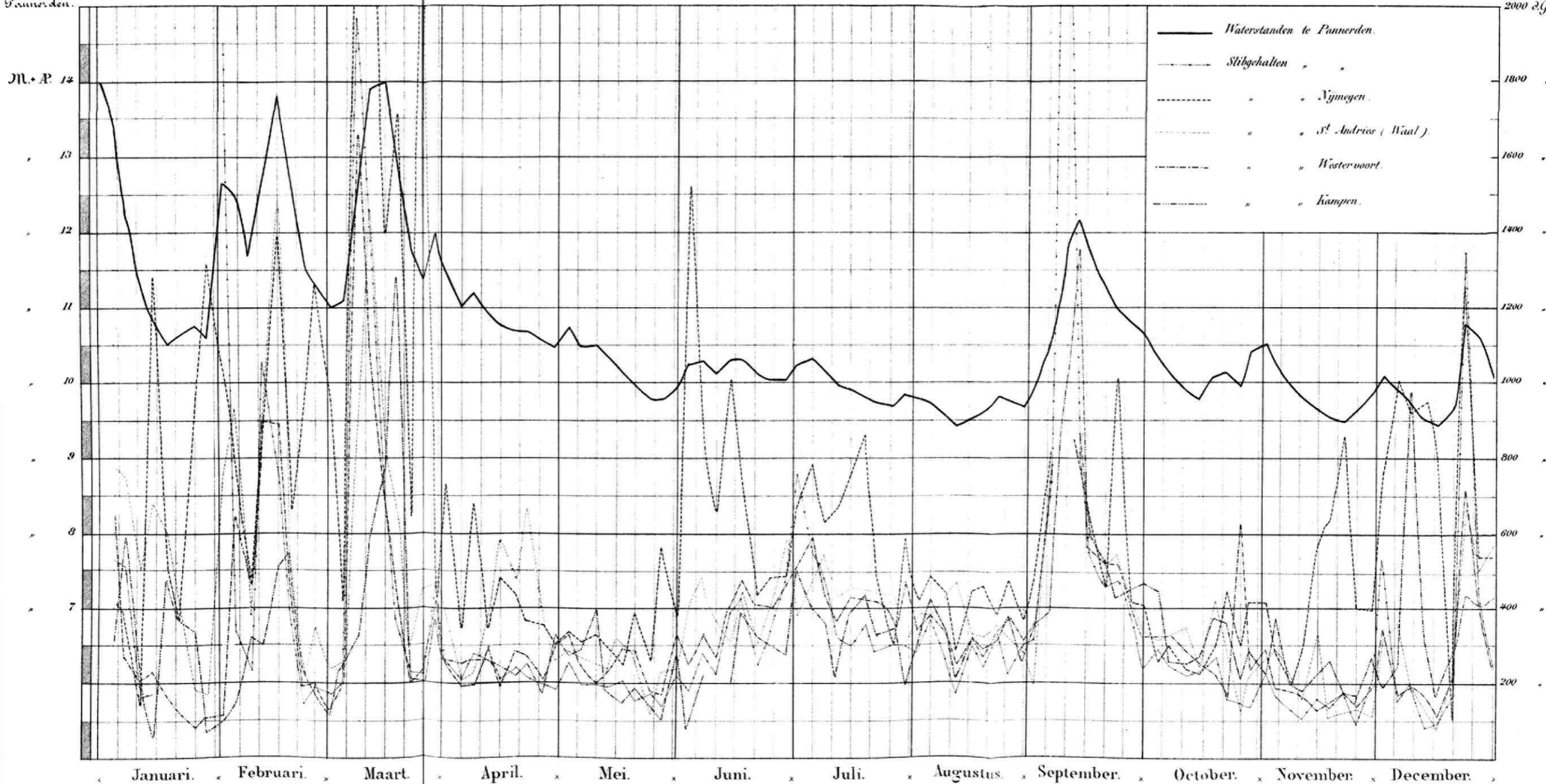
§ 9. Uit bovenstaande beschrijving der gevolgde methode van waarneming kan eenszins worden afgeleid welke graad van nauwkeurigheid bij de bepaling van het slibgehalte bereikt is. Wel kan men uit die beschrijving eenigermate uitsien met welke

(1) Bij de waarnemingen van 1869 werd dit gewicht aanvankelijk wel in rekening gebracht. Daar het Rijnwater volgens eenige proefnemingen ongeveer 0.2 gram vaste opgeloste bestanddeelen per liter bevatte, werd aan het bepaalde gewicht der slib uit de buisjes eene correctie van 5 milligram gebracht voor de 25 kub. c.M. rivierwater, welke die buisjes gemiddeld bevatten. Evenzoo werd eene correctie aangebracht aan het bepaalde gewicht der slib uit de flesschen.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN, NIMEGEN, S^t ANDRIES (WAAL), WESTERVOORT EN KAMPEN VOOR HET JAAR 1881.

Peil-schaal te
Pannerden.

Slibgehalte
per M³ water
2000 d.G.



nauwkeurigheid het slibgehalte van het geschepte water werd bepaald, doch in hoeverre het slibgehalte van het geschepte water met juistheid weergeeft het slibgehalte van de rivier, waarop de waarneming plaats had, valt daaruit niet af te leiden.

Tot zekere mate heeft men de nauwkeurigheid der bepaling van het slibgehalte van het geschepte water in de macht, althans door zorgvuldige uitvoering van de verschillende bewerkingen, die daartoe noodig zijn, kan men het tot een vrij grooten graad van nauwkeurigheid brengen.

In veel minder mate is men bij machte, om te zorgen, dat het slibgehalte van het geschepte water met juistheid het slibgehalte der rivier weergeeft, althans wanneer men dit slibgehalte zoodanig wil kennen, dat daaruit met juistheid den slibafvoer der rivier gedurende eenigen tijd, bijv. een dag, bepaald kan worden, en zich niet ten doel stelt het slibgehalte op een geheel willekeurig oogenblik in een willekeurig punt te leeren kennen.

Immers de nauwkeurigheid, welke voor het berekenen van den slibafvoer gedurende eenigen tijd aan het slibgehalte van het geschepte water te hechten is, hangt niet alleen af van de methode van waarneming maar is voornamelijk afhankelijk van de veranderingen, die in het slibgehalte van plaats tot plaats en van oogenblik tot oogenblik voorkomen.

Zijn deze veranderingen zeer groot, dan zal bij het herhalen der waterscheppingen op verschillende oogenblikken en op verschillende plaatsen elke waterschepping in werkelijkheid een zeer verschillend slibgehalte hebben, zoodat één dezer waterscheppingen het slibgehalte der rivier nimmer met grooter nauwkeurigheid kan weer geven, dan door de verschillen tusschen de slibgehalten der verschillende waterscheppingen zelve bepaald wordt.

Wanneer men in dat geval bij het bepalen van het slibgehalte van het geschepte water zorg draagt, dat de daarbij begane fouten slechts een toevallig karakter vertoonen en klein blijven ten opzichte van de verschillen, die zich bij het herhalen der waterscheppingen voordoen, dan is zulks volkomen voldoende en baat het weinig die bepaling met grooter nauwkeurigheid te verrichten.

Grootere nauwkeurigheid bij de bepaling van het slibgehalte kan dan slechts bereikt worden door herhaling der geheele waarneming of door vermeerdering van het aantal plaatsen van waterschepping.

Zooals wij later zullen zien zijn de gedurige schommelingen van het slibgehalte zoo groot, dat voor het bepalen van den slibafvoer de nauwkeurigheid waarmede het slibgehalte van het geschepte water bepaald is niet alleen volkomen voldoende is te achten maar waarschijnlijk zonder bezwaar kleiner had kunnen zijn.

Dit wordt in het volgend hoofdstuk nader aangetoond nadat eerst, voor zooverre mogelijk, de schommelingen zijn nagegaan, welke het slibgehalte vertoont.

Ten einde echter te kunnen uitmaken, dat de verschillende resultaten, die men bij het herhalen der waarnemingen vindt, veroorzaakt worden door schommelingen van het slibgehalte zelf en niet het gevolg kunnen zijn van de methode waarop het slibgehalte van het geschepte water werd bepaald, dienen wij eenigermate na te gaan welke fouten bij deze methode ongeveer gemaakt kunnen worden.

Wanneer de verschillende bewerkingen, zooals het vullen van den bak tot de juiste hoogte, het omroeren van het water in den bak, het vullen der flesschen, het verzamelen der hoeveelheid slib, welke gewogen moet worden, met zorg verricht worden, dan is het niet aan te nemen, dat door een dier bewerkingen fouten van groote betekenis bijv. van verschillende procenten gemaakt kunnen worden. Alleen zou in dit opzicht eenige twijfel kunnen bestaan in hoeverre bij het omroeren van het water in den bak de daarin aanwezige slib volkomen gelijkmatig over de geheele watermassa verdeeld wordt, doch die verdeling zou al zeer ongelijkmatig moeten zijn, wanneer daardoor op het eindresultaat een belangrijke fout veroorzaakt zou worden. Evenwel ware het wenschelijk geweest indien in dit opzicht door proefnemingen zekerheid was verkregen.

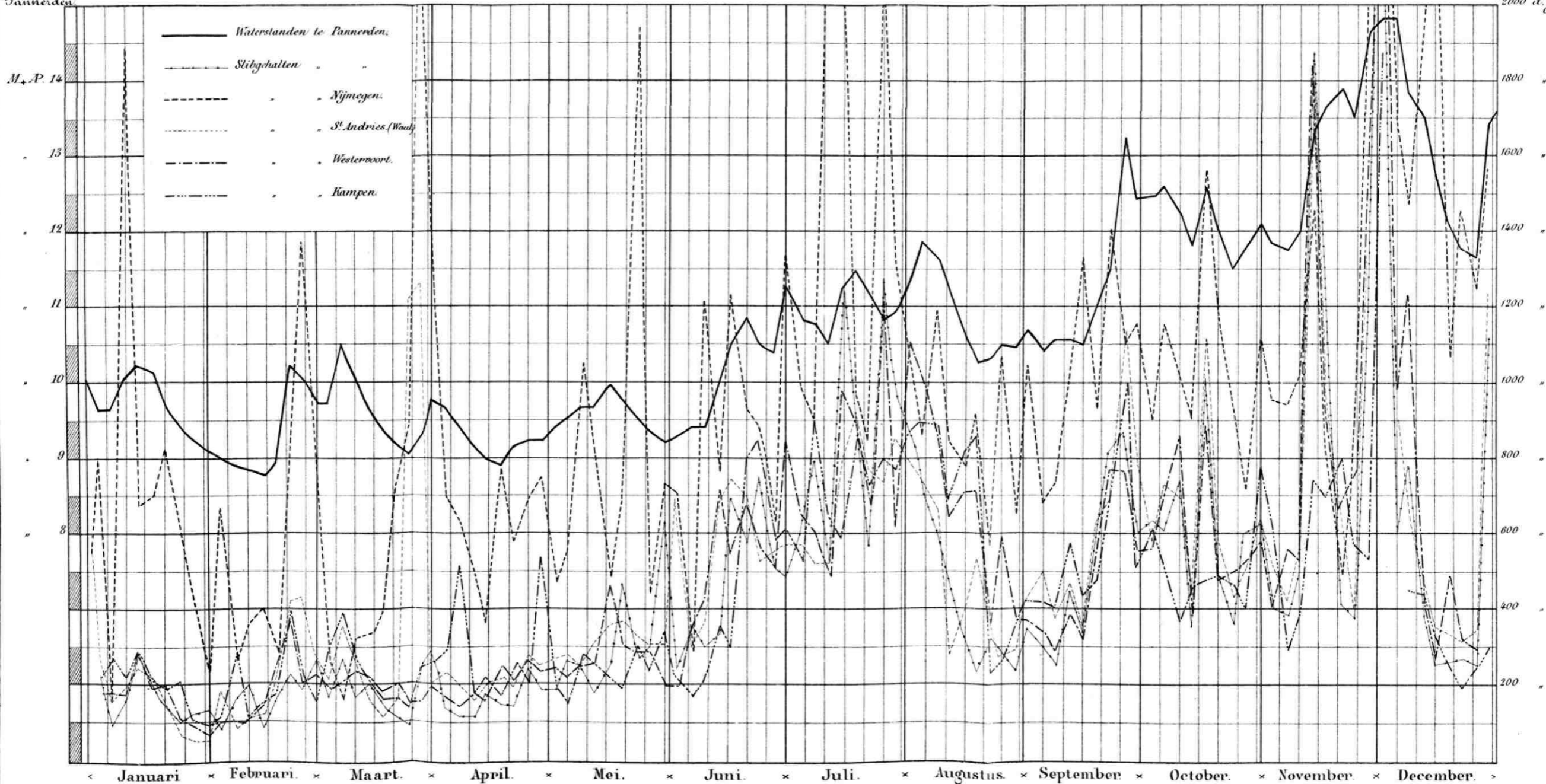
Omtrent de nauwkeurigheid waarmede de inhoud der bezinkingsbakken bekend is, zegt de heer OUDERMANS: »dat men het volumen van de bezinkingsbakken slechts tot op $\frac{1}{1000}$ nauwkeurig kent, en ik heb reden om te gelooven, dat het volumen van het water dat daarin wordt gestort, niet op $\frac{1}{2}$ procent zeker is te bepalen.»

Er is dus hoogstens sprake, dat het volume van het geschepte water een enkel procent enjuist zou kunnen zijn, van verscheidene procenten schijnt volstrekt geen sprake te zijn.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN, NIJMEGEN, S^t ANDRIES (WAAL), WESTERVOORT EN KAMPEN VOOR HET JAAR 1882.

Peilchaal te
Pannerden.

Slibgehalte
per M³ water.
2000 d.G.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water

De weging van de hoofdmassa had plaats tot op 1 milligram en van de slib uit de flesschen tot op $\frac{1}{10}$ milligram. Vermenigvuldigt men het eerste cijfer met 20 en het laatste met 500, om te komen tot de maximum-fouten waarmede ten gevolge van de weging het per M³. water bepaalde slibgehalte hoogstens aangedaan kan zijn, dan vindt men, dat die maximum-fouten tengevolge van de weging der hoofdmassa zouden kunnen opklimmen tot 0.2 decigram en tengevolge van de weging der slib uit de flesschen tot 0.5 decigram; fouten, die geheel buiten rekening gelaten kunnen worden, zelfs bij zeer kleine slibgehalten van minder dan 100 decigram per M³. water.

Hoewel wij volstrekt niet zullen beweren, dat het vorenstaande voldoende is ter beoordeeling van de nauwkeurigheid waarmede de bepaling van het slibgehalte van het geschepte water heeft plaats gehad, zoo komt het ons voor, dat men daaruit toch wel de overtuiging zal verkrijgen, dat fouten van verscheidene procenten niet bij die bepaling konden voorkomen.

Wanneer dus bij het herhalen van waterscheppingen voor het slibgehalte verschillende uitkomsten worden gevonden, die vele procenten onderling verschillen, dan mag men aannemen, dat die verschillende uitkomsten te wijten zijn aan werkelijke verschillen van het slibgehalte van het geschepte water en niet het gevolg kunnen zijn van de methode waarop dat slibgehalte werd bepaald.

HOOFDSTUK II.

Schommelingen van het slibgehalte en invloed dezer schommelingen op de waarneming van het slibgehalte.

Verskillende soorten van schommelingen.

§ 10. In enkele opzichten ware het wellicht juister geweest, om het opschrift *schommelingen van het slibgehalte* te splitsen in: *a.* ongelijkmatige verdeling van de slib en *b.* schommelingen van het slibgehalte.

Immers het zou kunnen zijn, dat er tusschen de slibgehalten van kleine hoeveelheden water, op verschillende punten van een kort riviervak geschept, volstrekt geen verschillen bestonden, maar dat voor elk van die punten het slibgehalte bijv. van dag tot dag zeer groote en voor ieder punt gelijke veranderingen vertoonde, in welk geval men zou kunnen zeggen, dat de slib gelijkmatig verdeeld was, doch het slibgehalte aan groote dagelijksche schommelingen onderhevig was.

Ook zou het kunnen zijn, dat er tusschen de slibgehalten op verschillende punten van een riviervak op een zelfde oogenblik groote verschillen bestonden, doch dat het gemiddelde slibgehalte van al het water in dat riviervak van uur tot uur of van dag tot dag geene of slechts zeer langzame veranderingen vertoonde, in welk geval men zou kunnen zeggen, dat de slib ongelijkmatig verdeeld was, doch het gemiddeld slibgehalte niet aan groote dagelijksche schommelingen onderhevig was.

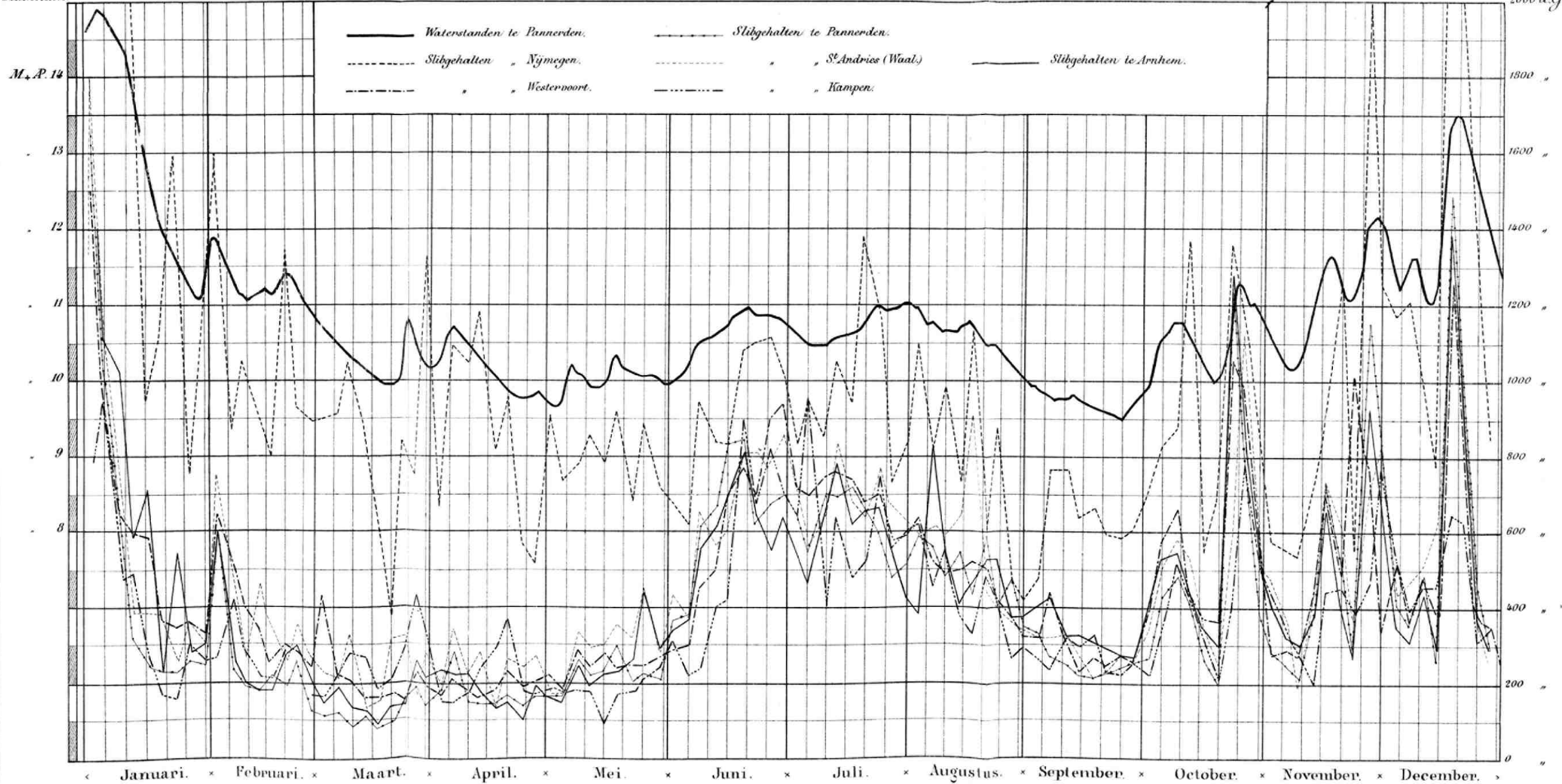
Daar evenwel de beteekenis van het woord slibgehalte eenigszins onbepaald is en zoowel betrekking kan hebben op eene kleine hoeveelheid water nabij een bepaald punt gelegen als op eene groote hoeveelheid water van een riviervak, zoo kan eene ongelijkmatige verdeling van de slib in het rivierprofiel ook beschouwd worden als de schommelingen welke de slibgehalten van kleine hoeveelheden water vertoonen bij waterschepping op verschillende plaatsen van het rivierprofiel.

De kennis van de verschillende schommelingen waaraan het slibgehalte onderhevig is kan als een onmisbaar vereischte beschouwd worden, om met juistheid over verschillende methoden van waarneming te kunnen oordeelen.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN, NIJMEGEN, S^t ANDRIES(WAAL), WESTERVOORT, KAMPEN EN ARNHEM VOOR HET JAAR 1883.

Rechtschaal te
Pannerden.

Slibgehalte
per M³ water.
2000 d.G.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Wanneer het bijv. mocht blijken, dat de plaatselijke schommelingen van het slibgehalte van eene kleine hoeveelheid water zeer groot waren, doch dat de schommelingen van het gemiddeld slibgehalte van eene groote hoeveelheid water van dag tot dag klein waren, dan zou daaruit volgen, dat men moest trachten voor elke waarneming eene zoo groot mogelijke hoeveelheid water te onderzoeken, doch dat het onnoodig zou zijn de waarnemingen dagelijks te herhalen.

Mocht het daarentegen blijken, dat de plaatselijke schommelingen zeer klein, doch de schommelingen van dag tot dag zeer groot waren, dan zou daaruit volgen, dat het voldoende zou zijn voor elke waarneming slechts eene kleine hoeveelheid water te onderzoeken, doch dat het noodig zou zijn de waarnemingen minstens dagelijks te herhalen.

Hoewel de tot dusver gedane waarnemingen niet in alle opzichten voldoende zijn, om de verschillende schommelingen van het slibgehalte met juistheid te leeren kennen, zoo valt uit de buitengewone waarnemingen, welke in de jaren 1883, 1884 en 1885 werden gedaan toch veel daaromtrent af te leiden.

Eene beschouwing der resultaten van die waarnemingen wordt daarom hieronder gegeven, waarbij het echter wenschelijk scheen eene andere volgorde aan te nemen dan die der jaren waarin de waarnemingen hebben plaats gehad.

Schommelingen van het slibgehalte in nabij elkander gelegen punten volgens de buitengewone waarnemingen van 1885.

§ 11. Bij de buitengewone waarnemingen, welke in het voorjaar van 1885 te Pannerden plaats hadden werd gelijktijdig op 5 plaatsen, welke niet verder dan 1.50 M. uit elkander waren gelegen, water geschept op hoogstens 0.30 M. beneden de oppervlakte en dit zooveel malen herhaald, dat op elk der plaatsen eene hoeveelheid water van omstreeks 50 Liter was geschept. Daar het waterscheppen op de vijf plaatsen telkenmale gelijktijdig geschiedde, zoo zullen de veranderingen welke het slibgehalte alleen tengevolge van het *verloop van tijd* tusschen de eerste en laatste waterschepping ondergaan mocht hebben voor alle vijf plaatsen hetzelfde zijn.

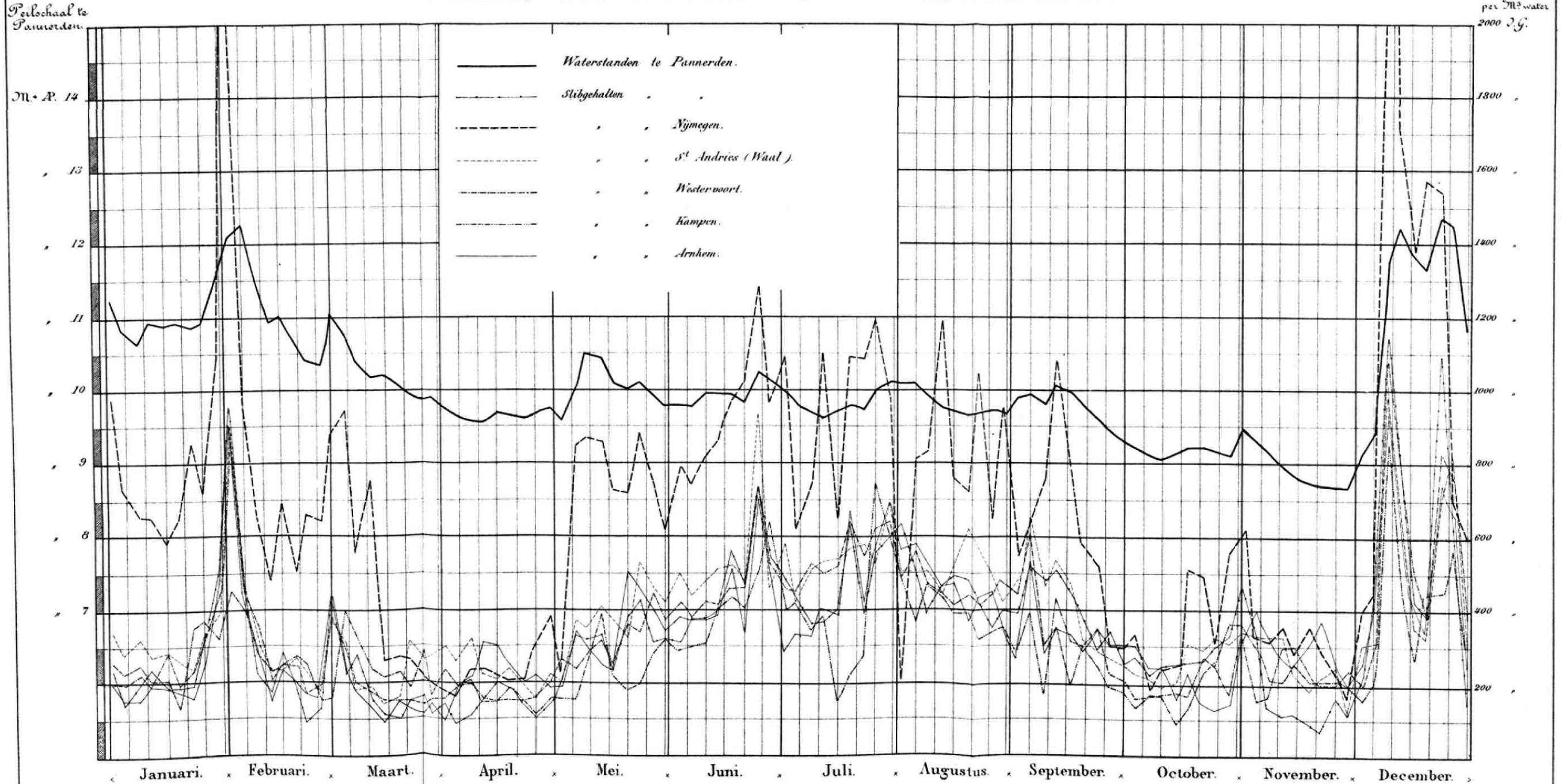
Daar voorts voor een der waarnemingen 10 en voor de andere 5 malen geschept moest worden tot het verkrijgen van 50 Liter zoo zullen de schommelingen, welke het slibgehalte, afgescheiden van de geheel plaatselijke schommelingen, volgens de lengte of breedte der rivier mocht vertoonen slechts weinig invloed uitoefenen op de verschillen tusschen de slibgehalten der verschillende watermonsters.

Die verschillen kunnen dus beschouwd worden als alleen aan te geven de geheel plaatselijke schommelingen, welke het slibgehalte van eene hoeveelheid water van omstreeks 50 Liter bij zeer kleine verandering der plaats van waterschepping op een zelfde oogenblik vertoont.

Dergelijke waarnemingen zijn 9 maal verricht, zoodat men ter beoordeeling van bovengenoemde schommelingen in het geheel kan beschikken over 9 groepen, ieder van 5 waarnemingen. Van deze 9 groepen hadden er 7 plaats bij zeer klein slibgehalte, 1 bij gemiddeld slibgehalte en 1 bij zeer groot slibgehalte, terwijl ten opzichte van de waterstanden twee der waarnemingen bij vrij hooge, een bij ongeveer middelbaren rivierstand en zes bij lagere rivierstanden plaats hadden. Daar het van te voren geheel onzeker is of de schommelingen bij groot en klein slibgehalte of bij hooge en lage waterstanden hetzelfde zijn, en het bovendien voor de hand ligt, dat uit de onderlinge verschillen van een groep van vijf waarnemingen de middelbare waarde van die verschillen volstrekt niet met nauwkeurigheid bepaald kan worden, zoo volgt hieruit reeds, dat die waarnemingen niet voldoende zijn, om de genoemde schommelingen bij gemiddeld en groot slibgehalte te doen kennen.

§ 12. In de volgende staten, welke de uitkomsten der bovengenoemde waarnemingen bevat, is voor elke groep van waarnemingen de middelbare waarde van de schommeling berekend en opgegeven in decigrammen en in procenten.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN, NIJMEGEN, S^t ANDRIES, WESTERVOORT, KAMPEN EN ARNHEM VOOR HET JAAR 1884.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

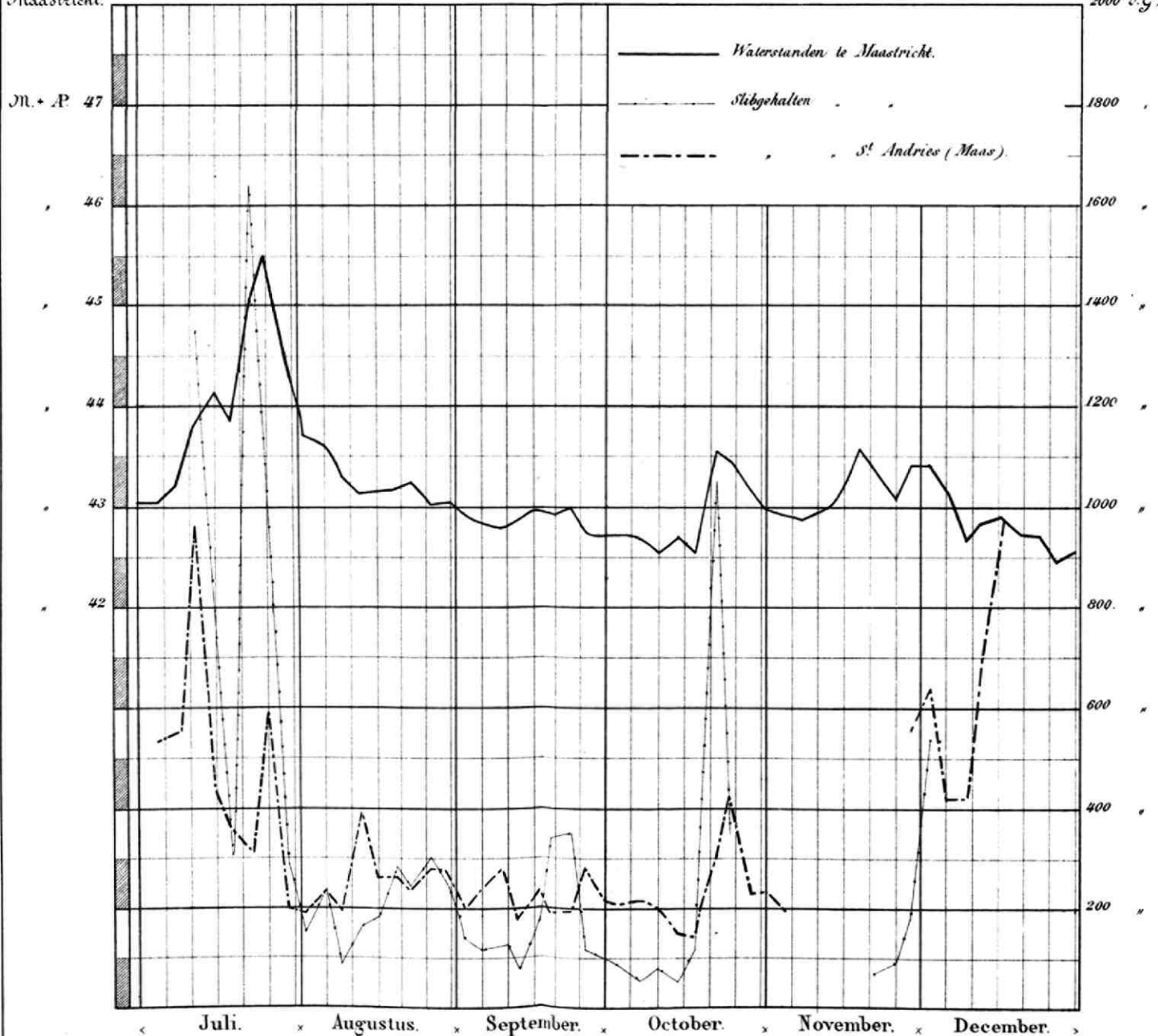
1 c. M. stelt voor een slibgehalte van 100 d. G. per M.³ water.

Datum van waarneming.	Water- stand te Pan- nerden. in M. + A P	Slibgehalte voor elk der vijf plaatsen van water- schepping in deci- grammen per M ³ . water.	Gemiddeld slibgehalte der vijf plaatsen van waterschep- ping in decigrammen per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte van elke plaats met het gemiddelde slibgehalte der vijf plaatsen in:		Middelbare schommeling van het slibgehalte tusschen de vijf plaatsen in:	
				decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemiddelde slibgehalte.	decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemiddelde slibgehalte.
10 Maart. . .	12.86	2245	2454	- 209	- 8.5	± 300	± 12.5
		2966		+ 512	+ 20.9		
		2311		- 143	- 5.8		
		2501		+ 47	+ 1.9		
		2246		- 208	- 8.5		
17 Maart. . .	12.03	506	498	+ 8	+ 1.6	± 45	± 9.0
		572		+ 74	+ 14.9		
		471		- 27	- 5.4		
		459		- 39	- 7.8		
		483		- 15	- 3.0		
24 Maart. . .	10.66	239	209	+ 30	+ 14.4	± 19	± 9.0
		207		- 2	- 1.0		
		213		+ 4	+ 2.0		
		196		- 13	- 6.0		
		191		- 18	- 8.6		
31 Maart. . .	10.07	159	153	+ 6	+ 3.9	± 21	± 12.9
		124		- 29	- 19.0		
		181		+ 28	+ 18.3		
		159		+ 6	+ 3.9		
		143		- 10	- 6.5		
7 April . . .	9.74	161	133	+ 28	+ 21.0	± 17	± 13.0
		121		- 12	- 9.0		
		139		+ 6	+ 4.5		
		120		- 13	- 9.8		
		124		- 2	- 6.8		

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE MAASTRICHT EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE MAASTRICHT EN S^t ANDRIES (MAAS) VOOR DE LAATSTE HELFT VAN HET JAAR 1879.

Peilschaal te
Maastricht.

Slibgehalte
per M³ water
2000 d.G.

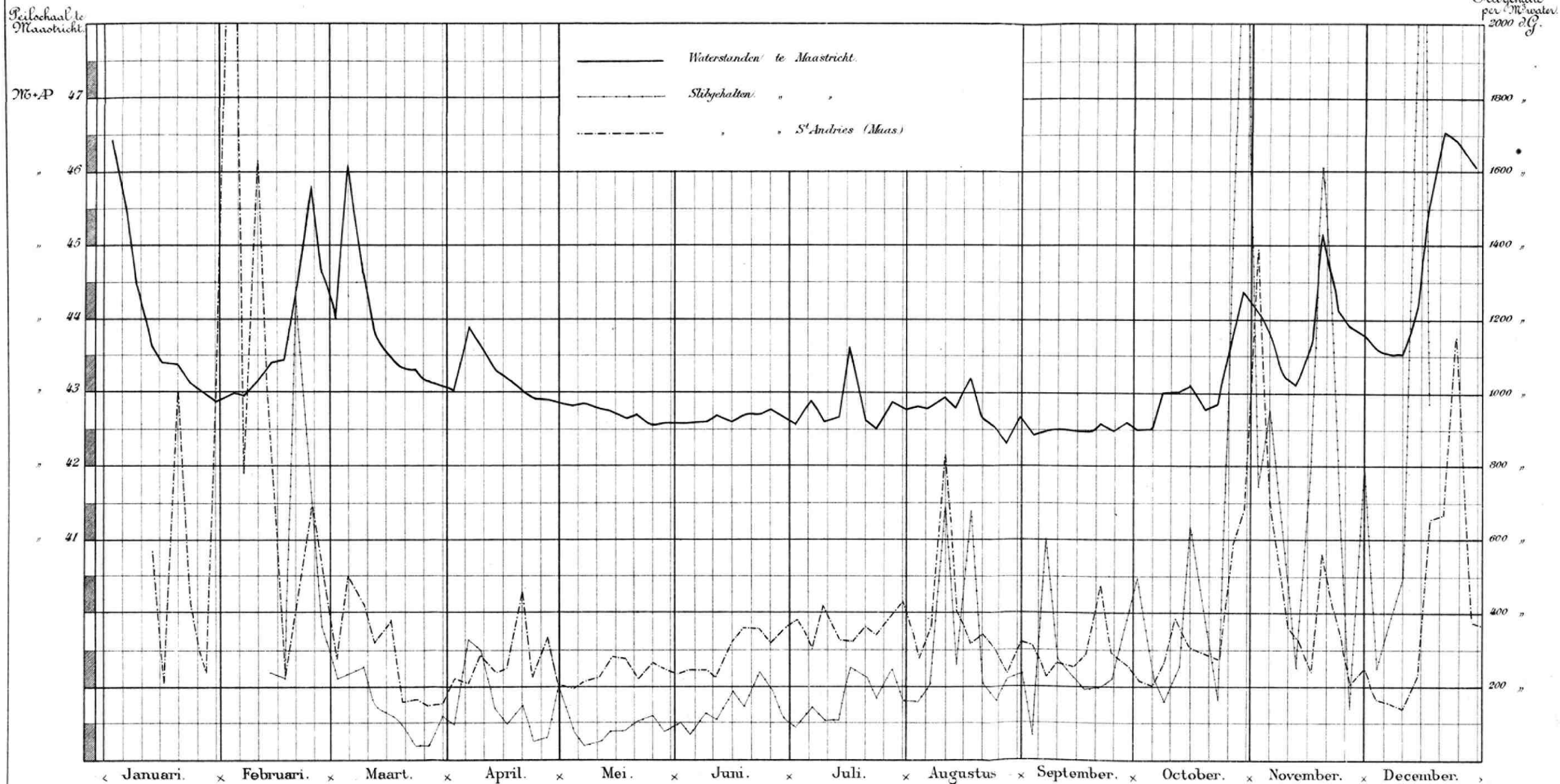


Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Datum van waarneming.	Water- stand te Pan- nerden in M. + A P.	Slibgehalte voor elk der vijf plaatsen van water- schepping in deci- grammen per M ³ . water.	Gemiddeld slibgehalte der vijf plaatsen van waterschep- ping in decigrammen per M ³ . water.	Verschillen tussehen het slibgehalte van elke plaats met het gemiddelde slibgehalte der vijf plaatsen in :		Middelbare schommeling van het slibgehalte (1) tussehen de vijf plaatsen in :	
				decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemiddelde slibgehalte.	decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemiddelde slibgehalte.
14 April . .	9.82	165	146	+ 19	+ 13.1	± 14	± 9.5
		150		+ 4	+ 2.7		
		148		+ 2	+ 1.4		
		127		- 19	- 13.1		
		142		- 4	- 2.7		
21 April . .	9.42	167	153	+ 14	+ 9.2	± 13	± 8.8
		145		- 8	- 5.2		
		163		+ 10	+ 6.5		
		154		+ 1	+ 0.7		
		134		- 19	- 12.4		
28 April . .	9.24	161	148	+ 16	+ 10.8	± 12	± 8.4
		156		+ 8	+ 5.4		
		148		0	0		
		132		- 16	- 10.8		
		141		- 7	- 4.7		
5 Mei . .	9.53	199	180	+ 19	+ 10.6	± 14	± 7.5
		180		0	0		
		171		- 9	- 5.0		
		185		+ 5	+ 2.8		
		163		- 17	- 9.4		

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE MAASTRICHT
EN ST ANDRIES (MAAS) VOOR HET JAAR 1880.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Wanneer voor de verschillende groepen van waarnemingen dezelfde procentische middelbare schommeling ondersteld mag worden, dan vindt men daarvoor als waarschijnlijkste waarde

$$\mu = \pm 10 \% \text{ (1).}$$

Deze uitkomst kan geacht worden met voldoende nauwkeurigheid aan te geven de bedoelde schommeling bij klein slibgehalte en lagen rivierstand; of de betrekkelijke schommeling bij groot slibgehalte en hoogen rivierstand grooter dan wel kleiner zal zijn, kan zonder nader onderzoek niet worden uitgemaakt.

Voor zooverre echter uit de beide groepen van waarnemingen, welke op 10 Maart en 17 Maart werden verricht, valt te oordeelen, bestaat er vooralsnog geen reden, om aan te nemen, dat de betrekkelijke of m. a. w. de procentische schommeling bij groot slibgehalte en hoogen rivierstand belangrijk van de boven bepaalde waarde zal afwijken.

Ten slotte zij er nogmaals de aandacht op gevestigd, dat de berekende schommeling al 10 procent betrekking heeft op eene hoeveelheid water van 50 Liter.

Schommelingen van het slibgehalte in verschillende punten van een dwarsprofiel volgens de buitengewone waarnemingen van 1883.

§ 14. Bij de buitengewone waarnemingen, welke in het najaar van 1883 te Pannderden plaats hadden werd in ieder van de zeventien punten, waarin voor de gewone waarnemingen een waterschepper gevuld wordt, eene hoeveelheid van 25 Liter water geschept en daarvan het slibgehalte bepaald.

Op grond van de schommelingen, welke uit de waarnemingen van 1885 voor kleine veranderingen in de plaats van waterschepping werden bepaald is het reeds te verwachten, dat de aldus bepaalde slibgehalten grooter schommelingen zullen vertoonen, daar de verandering van plaats bij de waarnemingen van 1883 grooter, de hoeveelheid van het geschepte water tweemaal kleiner was dan bij de waarnemingen van 1885. Echter ook om andere redenen zijn voor de op bovengenoemde wijze bepaalde slibgehalten in de verschillende punten grooter schommelingen te verwachten.

De waterscheppingen in die punten toch hadden niet gelijktijlig plaats, zoodat bij het waterscheppen in de laatste punten water geschept werd, dat tijdens het scheppen in de eerste punten verscheidene honderd meters of wellicht enkele kilometers boven de waterschepperaai op de rivier was.

De slibgehalten der verschillende punten zullen dus niet alleen de schommelingen vertoonen, welke het slibgehalte op een oogenblik in een dwarsprofiel vertoont maar ook de schommelingen, welke het slibgehalte op een oogenblik in de lengterichting der rivier over verscheidene honderd meters of enkele kilometers vertoont.

Wanneer voorts de slib volgens eene bepaalde wet afhankelijk van de stroomsnelheid of van de diepte in het profiel verdeeld mocht zijn, dan zullen de slibgehalten in de verschillende punten behalve bovengenoemde toevallige schommelingen nog regelmatige veranderingen afhankelijk van de diepte of de stroomsnelheid moeten vertoonen. Het ligt echter voor de hand, dat wanneer dergelijke regelmatige veranderingen klein mochten zijn, die alleen uit een groot aantal waarnemingen te bepalen zullen zijn, wegens de groote toevallige schommelingen waaraan de slibgehalten in de verschillende punten afgescheiden van mogelijke regelmatige veranderingen afhankelijk zijn.

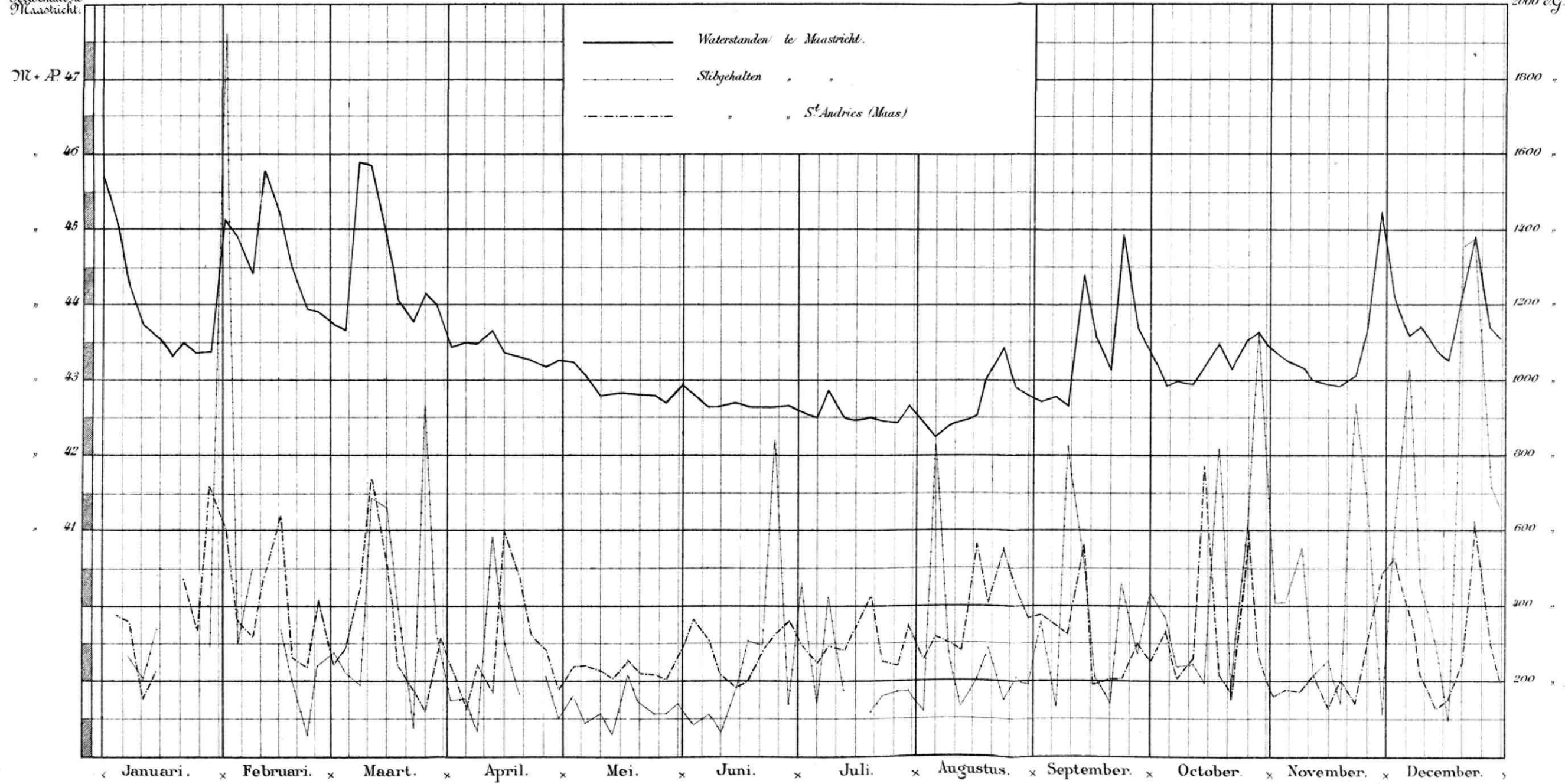
§ 15. In de volgende staten, welke de uitkomsten der bovengenoemde waarnemingen bevatten is voor elk stel waarnemingen de middelbare schommeling van het slibgehalte in een der punten van het dwarsprofiel ten opzichte van het gemiddelde slibgehalte der zeventien punten berekend en opgegeven in decigrammen en procenten.

(1) Berekend volgens de formule $\mu = \sqrt{\frac{[v.c.]}{m(n-1)}}$ waarin: μ = middelbare schommeling, $[v.c.]$ = som der vierkanten der verschillen van de waarnemingen van elke groep met het gemiddelde van die groep, m = het aantal groepen, n = het aantal waarnemingen van elke groep.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN TE MAASTRICHT EN ST ANDRIES (MAAS) VOOR HET JAAR 1881.

Peilchaal te Maastricht.

Slibgehalte per M³ water 2000 d.G.

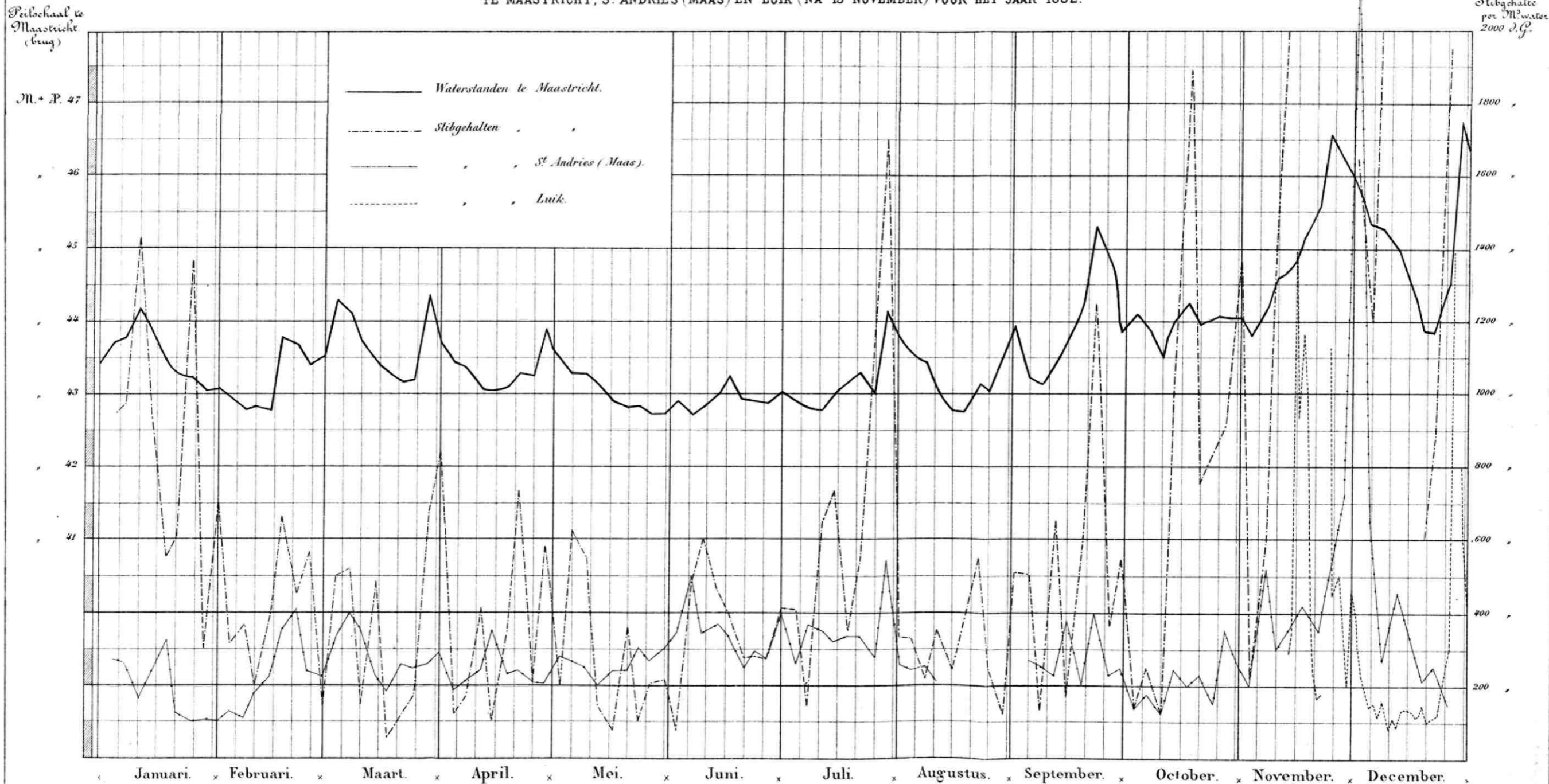


Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Datum. Waterstand te Pannerden.		4 September 9.80 M. + A.P.			11 September 9.76 M. + A.P.			18 September 9.61 M. + A.P.		
Ver- tikalen.	Nummers der punten van het profil.	Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:		Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:		Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:	
			decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.		decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.		decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.
I.	1	474	+ 93	+ 24.4	270	+ 4	+ 1.5	194	+ 36	+ 22.8
	2	404	+ 23	+ 6.0	313	+ 47	+ 17.7	209	+ 51	+ 32.3
	3	366	- 15	- 3.9	252	- 14	- 5.3	185	+ 27	+ 17.1
II.	4	577	+ 196	+ 51.4	227	- 39	- 14.7	112	- 46	- 29.1
	5	261	- 120	- 31.5	152	- 118	- 57.1	146	- 12	- 7.6
	6	251	- 130	- 34.1	240	- 26	- 9.8	173	+ 15	+ 9.5
III.	7	410	+ 29	+ 7.6	234	- 32	- 12.0	147	- 11	- 7.0
	8	493	+ 112	+ 29.4	294	+ 28	+ 10.5	135	- 23	- 14.6
	9	—	—	—	260	- 6	- 2.2	154	- 4	- 2.6
IV.	10	264	- 117	- 30.7	240	- 26	- 9.8	157	- 1	- 0.6
	11	260	- 121	- 31.7	243	- 23	- 8.6	119	- 39	- 24.7
	12	305	- 76	- 19.9	308	+ 42	+ 15.8	142	- 16	- 10.1
V.	13	430	+ 49	+ 12.9	306	+ 40	+ 15.0	165	+ 7	+ 4.4
	14	333	- 48	- 12.6	303	+ 37	+ 13.9	172	+ 14	+ 8.9
	15	547	+ 166	+ 43.6	381	+ 115	+ 43.2	—	—	—
	16	—	—	—	247	- 19	- 7.1	145	- 13	- 8.2
	17	333	- 48	- 12.6	250	- 16	- 6.0	180	+ 22	+ 13.9
Gemiddeld slibgehalte van alle punten.		381	—	—	266	—	—	158		
Middelbare schomme- ling		—	± 107 dG.	± 28%.	—	± 50 dG.	± 19%.	158	± 26 dG.	± 16%.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE MAASTRICHT EN VAN DE SLIBGEHALTEN
 TE MAASTRICHT, ST ANDRIES (MAAS) EN LUIK (NA 13 NOVEMBER) VOOR HET JAAR 1882.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

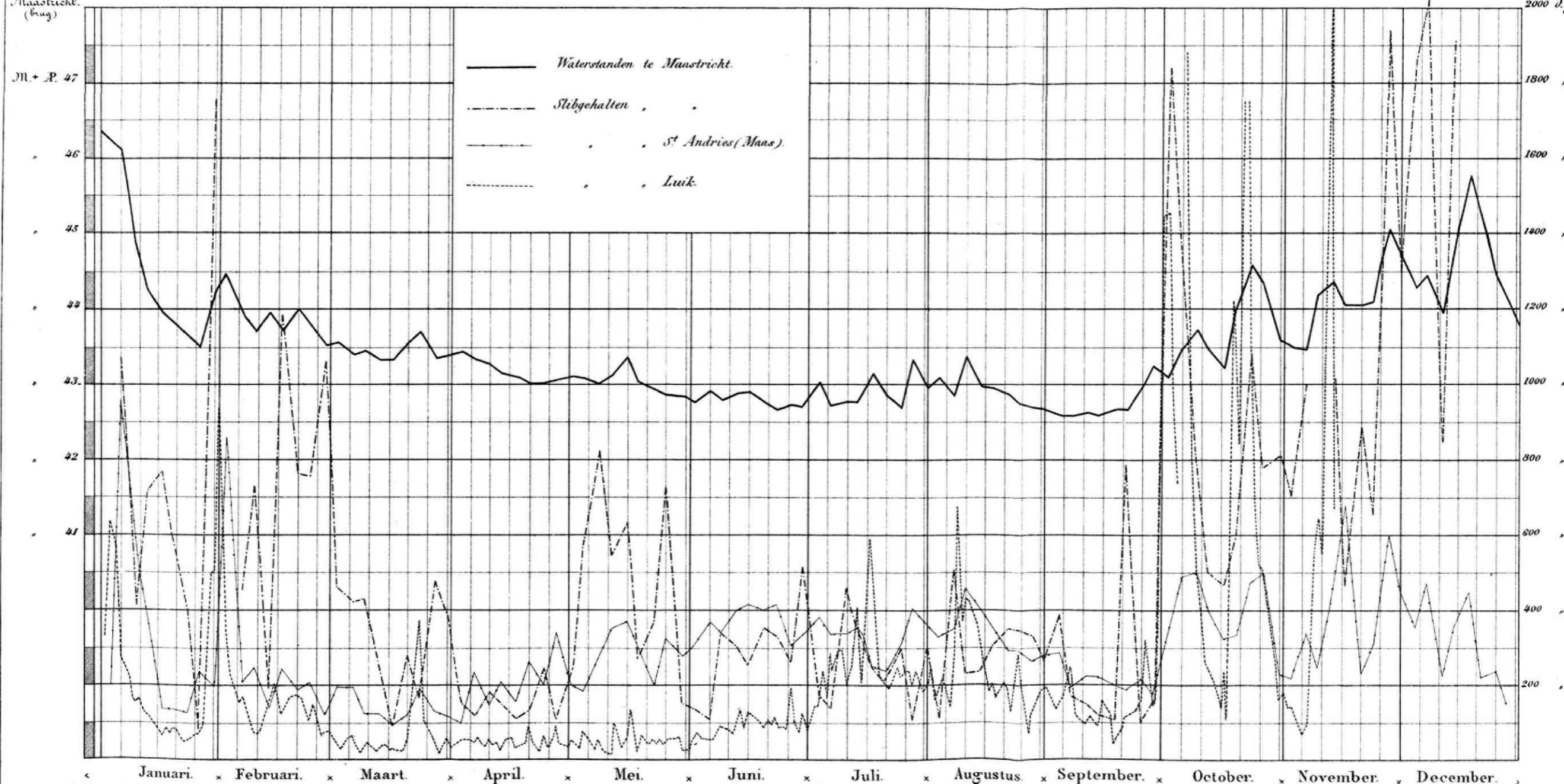
1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Datum. Waterstand te Pannerden.		27 November 12.06 M. + A.P.			4 December 11.26 M. + A.P.			18 December 13.35 M. + A.P.		
Ver- tikalen.	Nummers der punten van het profil.	Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:		Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:		Slib- gehalte in elk der punten van het profil in decigr. per M ³ . water.	Verschillen tusschen het slibgehalte in elk punt met het gemid- delde van alle punten in:	
			decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.		decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.		decigr. per M ³ . water.	procenten van het gemid- delde.
I.	1	1038	- 70	- 6.3	456	+ 22	+ 5.1	1288	- 25	- 1.9
	2	974	- 134	- 12.1	508	+ 74	+ 17.1	1373	+ 60	+ 4.6
	3	934	- 124	- 11.2	524	+ 90	+ 20.7	1349	+ 36	+ 2.7
II.	4	1061	- 48	- 4.3	434	0	0	1094	- 219	- 16.7
	5	1109	+ 1	+ 0.1	420	- 14	- 3.2	1285	- 28	- 2.1
	6	1107	- 1	- 0.1	463	+ 29	+ 6.7	1409	+ 96	+ 7.3
III.	7	1076	- 32	- 2.9	357	- 77	- 17.7	1132	- 181	- 13.8
	8	1100	+ 1	+ 0.1	442	+ 8	+ 1.8	1132	- 181	- 13.8
	9	1195	+ 87	+ 7.9	437	+ 3	+ 0.7	1278	- 35	- 2.7
	10	1109	+ 1	+ 0.1	373	- 61	- 14.1	1204	- 109	- 8.3
IV.	11	1120	+ 12	+ 1.1	377	- 57	- 13.1	1351	+ 38	+ 2.9
	12	1190	+ 91	+ 8.2	431	- 3	- 0.7	1288	- 25	- 1.9
	13	1160	+ 52	+ 4.7	423	- 11	- 2.5	1497	+ 184	+ 14.1
	14	1230	+ 122	+ 11.0	356	- 78	- 18.0	1552	+ 210	+ 18.2
V.	15	1140	+ 32	+ 2.9	497	+ 63	+ 14.5	1495	+ 182	+ 13.9
	16	1157	+ 49	+ 4.4	427	- 7	- 1.6	1261	- 52	- 4.0
	17	1066	- 42	- 3.8	406	+ 22	+ 5.1	1330	+ 17	+ 1.3
Gemiddeld slibgehalte van alle punten.		1108	-	-	434	-	-	1313	-	-
Middelbare schomme- ling		-	± 71 dG.	± 6%.	-	± 49 dG.	± 11%.	-	± 130 dG.	± 10%.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE MAASTRICHT EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE MAASTRICHT, S^t ANDRIES (MAAS) EN LUIK (TOT 13 NOVEMBER) VOOR HET JAAR 1883.

Peilschaal te
Maastricht.
(brug)

Slibgehalte
per M³ water.
2000 d.G.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c.M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

§ 16. Zooals uit de vorige staten blijkt hebben de waarnemingen zoowel plaats gehad bij hooge rivierstanden en groot slibgehalte als bij lage rivierstanden en klein slibgehalte. De omstandigheid, dat bij de drie eerste groepen van waarnemingen de procentische middelbare schommelingen belangrijk grooter zijn dan bij de drie laatste groepen, zou eenigszins aanleiding geven, om te onderstellen, dat die schommelingen bij lage waterstanden en klein slibgehalte grooter zijn dan bij hooge waterstanden en groot slibgehalte.

Wanneer men evenwel de procentische schommelingen der drie eerste groepen van waarnemingen onderling vergelijkt, dan wordt die onderstelling niet bevestigd.

Daar voorts voor de verschillende waarnemingen de procentische schommelingen zoo belangrijk verschillen kan de invloed van den rivierstand of van de grootte van het slibgehalte op de schommeling uit de gedane waarnemingen niet worden afgeleid.

Wanneer men uit alle zes groepen van waarnemingen de procentische schommeling bepaalt, dan vindt men als middenwaarde daarvoor:

$$\mu = \pm 16 \text{ } \%. .$$

Aan deze uitkomst kan vermoedelijk meer vertrouwen gehecht worden voor gemiddelde toestanden wat betreft de hoogte van den rivierstand en de grootte van het slibgehalte dan voor grootte of kleine slibgehalten en hooge of lage rivierstanden. Evenwel is de uitkomst ook zelfs voor gemiddelde toestanden vrij onzeker.

Ten slotte zij er wederom de aandacht op gevestigd, dat de berekende schommeling van 16 procent betrekking heeft op eene hoeveelheid water van ongeveer 25 Liter, en voorts, dat voor het geval het mocht blijken, dat de slib volgens eene bepaalde wet over het dwarsprofiel verdeeld is, de schommeling kleiner zou zijn dan boven werd bepaald.

Verdeeling van de slib over het profi.

§ 17. Wanneer men de beteekenis van *gelijke verdeeling der slib over het profi* in letterlijken zin opvat, dan behoeft men daaromtrent geen onderzoek in te stellen, daar uit de voorgaande opgaven omtrent de buitengewone waarnemingen van 1885 en 1883 gebleken is, dat het slibgehalte op elk oogenblik zelfs in dicht nabij elkander gelegen punten verschilt, zoodat eene aldus opgevatte gelijke verdeeling van de slib niet bestaat.

Wanneer men echter de beteekenis van gelijke verdeeling der slib eenigszins ruimer opvat en de verdeeling gelijk noemt wanneer die niet volgens eene bepaalde wet maar volkomen toevallig plaats heeft, (in welk geval het gemiddelt slibgehalte gedurende langen tijd in verschillende punten van een profi onafhankelijk van de plaats van dat punt zal zijn), dan is een nader onderzoek omtrent het al of niet bestaan dier gelijke verdeeling noodig.

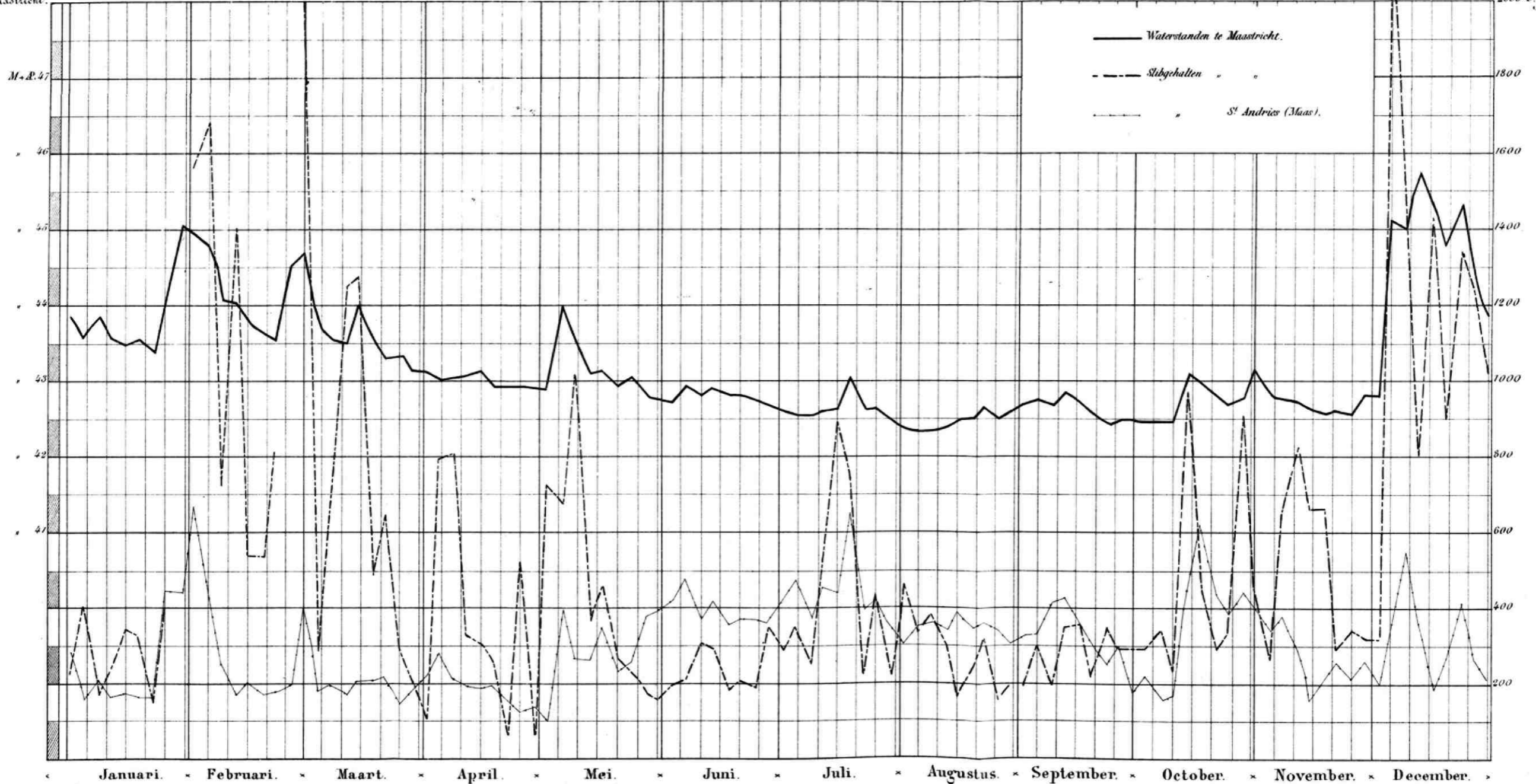
Het ligt voor de hand, dat wanneer het slibgehalte in een dwarsprofiel volgens bepaalde wijze veranderd, de oorzaken daarvan moeilijk anders gezocht kunnen worden dan in de verandering van de diepte of eigenlijk van de stroomsnelheid, doch daar de stroomsnelheid in elk profi met de diepte vrij gelijkmatig afneemt zoo zal het waarschijnlijk voldoende zijn, om te onderzoeken of er verband is te ontdekken tusschen het slibgehalte en de diepte.

§ 18. In de eerste plaats kan daarom onderzocht worden of er iets valt op te merken omtrent het verschil tusschen het slibgehalte in een zelfde vertikaal op 0.50 M. boven den bodem en op 0.50 M. onder den waterspiegel, waarvoor uit de buitengewone waarnemingen van 1883 de volgende staat is samengesteld.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN TE MAASTRICHT EN VAN DE SLIBGEHALTEN
TE MAASTRICHT EN S^t ANDRIES (MAAS) VOOR HET JAAR 1884.

Peilchaal te
Maastricht.

Slibgehalte
per M³ water.
2000 d.G.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c. M. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

Verschillen tusschen de slibgehalten op 0.50 M. onder den waterspiegel en op 0.50 M. boven den bodem in dezelfde vertikalen, uitgedrukt in procenten van het gemiddelde slibgehalte van het geheele dwarsprofiel.

[+ beteekent, dat het slibgehalte op 0.50 M. onder den waterspiegel grooter was dan op 0.50 M. boven den bodem.]

[— beteekent, dat het slibgehalte op 0.50 M. onder den waterspiegel kleiner was dan op 0.50 M. boven den bodem.]

Nummers der vertikalen.	Datums der waarnemingen.						Gemiddelde der verschillende waarnemingen voor een zelfde vertikaal.
	4 Sept.	11 Sept.	18 Sept.	27 Nov.	4 Dec.	18 Dec.	
I	+ 28	+ 7	+ 6	+ 5	- 17	- 5	I + 4.0 + 1.3 + 3.0 - 15.8 + 26.8
II	+ 86	- 5	- 39	- 4	- 7	- 23	
III	+ 38	- 2	- 6	- 3	- 4	- 5	
IV	- 19	- 23	- 34	- 9	+ 5	- 15	
V	+ 56	+ 49	-	+ 7	+ 10	+ 12	
Gemiddelde van alle vertikalen . . .	+ 37.8	+ 5.2	- 18.3	- 1.0	- 2.4	- 7.2	
Algemeen gemiddelde	+ 2.3						

Uit deze opgaven blijkt, hoe voorzichtig men dient te zijn met het afleiden van resultaten betreffende het slibgehalte uit een klein aantal waarnemingen.

Wanneer toch alleen de waarneming van 4 September bekend ware, dan zou men wellicht meenen daaruit te kunnen afleiden, dat het slibgehalte nabij den waterspiegel belangrijk grooter is dan nabij den bodem en toch blijkt door beschouwing van de overige waarnemingen voor die meening volstrekt geen grond te bestaan.

Immers het algemeen gemiddelde van de verschillen tusschen de slibgehalten nabij den waterspiegel en nabij den bodem bedraagt ruim 2 procent, en dus zelfs wanneer men deze uitkomst als volkomen juist kon beschouwen dan nog zou het verschil tusschen de slibgehalten op die plaatsen slechts zeer gering zijn.

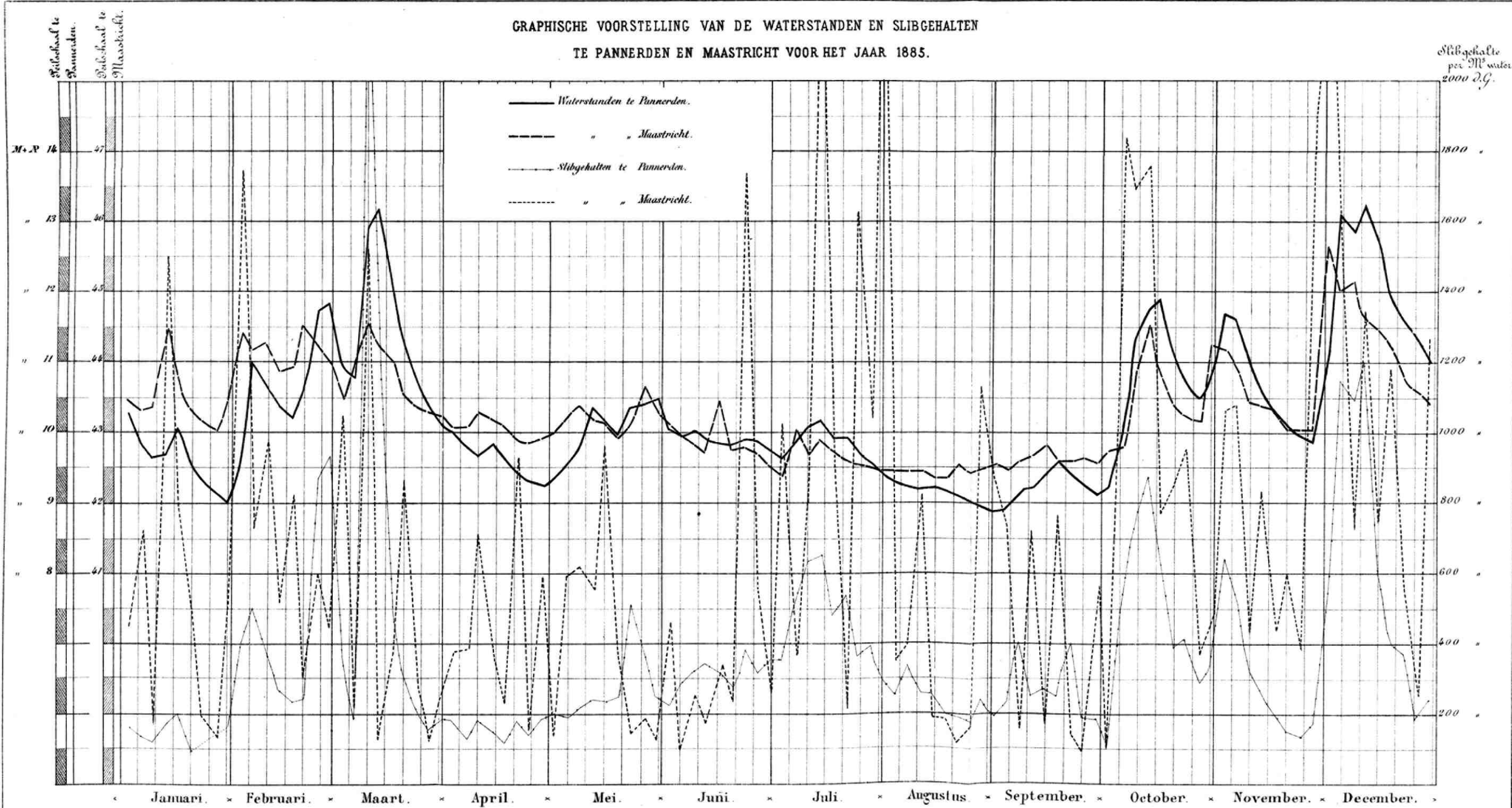
Wanneer men echter opmerkt, dat deze uitkomst het gemiddelde is van zes zeer uit elkander loopende waarden, waarvan de grootste + 37.8 en de kleinste - 18.3 bedraagt, dan is het duidelijk, dat aan die uitkomst geen waarde is te hechten.

De gedane waarnemingen geven dus geen aanleiding, om aan te nemen, dat er een bepaald verschil bestaat tusschen het slibgehalte nabij den waterspiegel en het slibgehalte nabij den bodem (1).

De toevallige schommelingen bij de gedane waarnemingen zijn echter zoo groot, dat de mogelijkheid van zulk een bepaald verschil evenmin daardoor uitgesloten wordt.

(1) Hetzelfde resultaat werd afgeleid uit de waarnemingen, welke voor de jaren 1837—1842 en 1853—1856 op de Elbe gedaan zijn. Zie: „Het slibgehalte van het water van eenige Nederlandsche rivieren door J. G. W. F. J. N. J. blz. 25 en 26.”

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN EN SLIBGEHALTEN
TE PANNERDEN EN MAASTRICHT VOOR HET JAAR 1885.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

1 c. Mb. stelt voor een slibgehalte van 100 d.G. per M³ water.

§ 19. In de tweede plaats kan nagegaan worden of er eenig verband valt te ontdekken tusschen de verhouding van de slijbgehalten in de verschillende vertikalen tot het slijbgehalte van het geheele profiel en de waterdiepte in de vertikalen, waartoe de volgende staat is samengesteld.

Verhoudingen tusschen de slijbgehalten in de verschillende vertikalen en het gemiddelde slijbgehalte van het geheele dwarsprofiel bij de buitengewone waarnemingen van 1883.

Diepte in de vertikalen bij een waterstand te Pannerden van 10.52 M. + A. P.	Nummers der vertikalen.	Datums der waarnemingen.						Gemiddelde der verhoudingen voor alle waarnemingen in een zelfde vertikaal. (1)
		4 Sept.	11 Sept.	18 Sept.	27 Nov.	4 Dec.	18 Dec.	
d. M.								
38	I.	1.09	1.05	1.24	0.90	1.14	1.12	1.07
39	V.	1.15	1.10	1.03	1.01	1.06	1.04	1.06
46	II.	0.95	0.77	0.91	0.99	1.01	0.96	0.93
60	III.	1.02	0.97	0.94	1.01	0.90	0.90	0.96
76	IV.	0.86	1.09	0.95	1.06	0.91	1.08	0.99

Uit dezen staat, waarin de vertikalen volgens de waterdiepten gerangschikt zijn, valt volstrekt geen verband te ontdekken tusschen de diepten en de verhoudingscijfers tusschen de slijbgehalten in de vertikalen en het slijbgehalte in het geheele profiel. De afwijkingen van de eenheid der gemiddelde verhoudingscijfers, welke in de laatste kolom worden opgegeven, zijn klein en ten opzichte van de onderlinge afwijkingen der verhoudingscijfers voor een zelfde vertikaal op verschillende dagen zoo klein, dat zij als volkomen toevallige afwijkingen beschouwd kunnen worden.

Het eindresultaat van het onderzoek naar eene bepaalde wet voor de verdeeling van de slijb in het dwarsprofiel is dus, dat de in 1883 gedane buitengewone waarnemingen volstrekt geen reden geven, om het bestaan van zulk een wet te onderstellen, doch dat aan den anderen kant die waarnemingen niet voldoende zijn, om de *mogelijkheid* daarvan buiten te sluiten.

Schommelingen van het slijbgehalte in nabij elkander gelegen profillen volgens de buitengewone waarnemingen van 1884.

§. 20. Bij de buitengewone waarnemingen, welke in December 1884 te Pannerden plaats hadden, zijn in drie dicht bij elkander gelegen profillen waarnemingen gedaan en wel telkens gelijktijdig in twee profillen, namelijk eerst in de gewone waterschepsraai en in een raai 275 M. daarboven gelegen, vervolgens nogmaals in de gewone waterschepsraai en in eene raai 225 M. daaronder gelegen.

Daar telkenmale in de overeenkomstige punten van beide profillen gelijktijdig water werd geschept, zoo zullen de regelmatige veranderingen, die het slijbgehalte gedurende de geheele waarneming in een profiel mocht vertoonen voor de waarnemingen in de beide profillen gelijken invloed hebben.

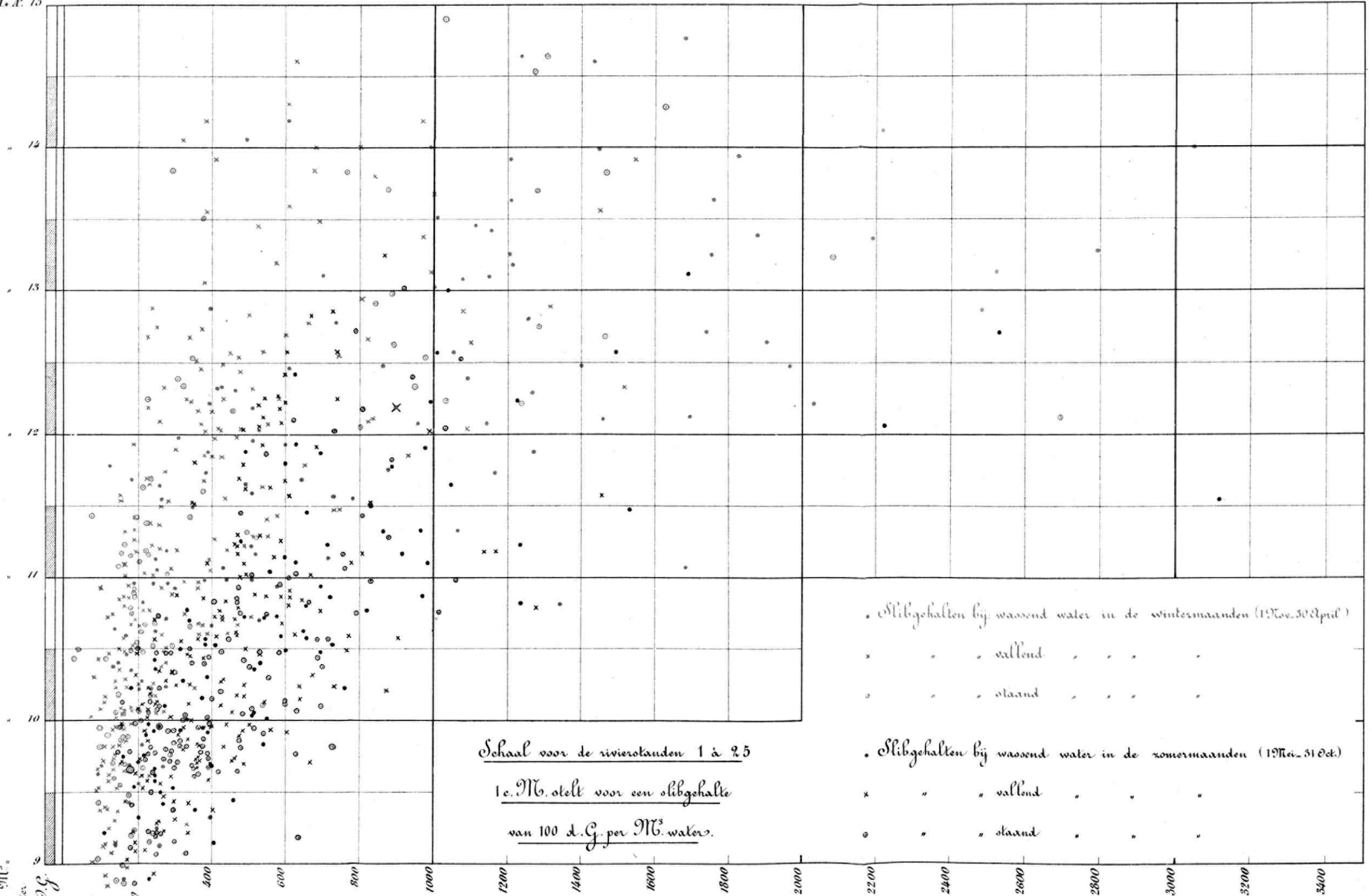
(1) De verhoudingen der gemiddelde stroomsnelheden in de vertikalen tot de gemiddelde snelheid in het geheele profiel bedroeg gemiddeld voor de zes waarnemingsdagen, voor vertikaal I 0.91, voor vertikaal II 1.03, voor vertikaal III 1.08, voor vertikaal IV 1.06, voor vertikaal V 0.94.

GEDURENDE DE JAREN 1885, 1884, 1883, 1882, 1881, 1879, 1878 EN VERDER VOOR WATERSTANDEN

HOoger dan 12 M. + AP TE PANNERDEN GEDURENDE DE JAREN 1880, 1877, 1876, 1875, 1874, 1873, 1872, 1871, 1870 EN 1869.

Schaal te
Pannerden.
M. P. 15

slibgehalte
per M³
water
in d.g.



Schaal voor de rivierstanden 1 à 25
1 c. M. stelt voor een slibgehalte
van 100 d. G. per M³ water.

• Slibgehalten bij wassend water in de wintermaanden (19 Nov. 30 April)
x " " vallend " " " "
o " " staand " " " "

• Slibgehalten bij wassend water in de zomermaanden (19 Mai. 31 Oct.)
x " " vallend " " " "
o " " staand " " " "

De verschillen van die gelijktijdige waarnemingen zullen dus alleen afhangen van de schommelingen, welke het slibgehalte bij verandering van de plaats der waterschepping volgens de lengterichting der rivier vertoont. Hierbij valt in rekening te houden, dat in elk der profillen eene hoeveelheid water werd geschept van omstreeks 50 Liter.

De uitkomsten der waarnemingen zijn in den volgenden staat opgegeven, waarin onder middenraai verstaan wordt de raai, waarin de waterscheppingen voor de gewone waarnemingen te Pannerden plaats hadden.

Datum van waarneming.	Waterstand te Pannerden M. + A.F.	Omschrijving der raaien waarin gelijktijdige waarnemingen plaats hadden.	Slibgehalte in dectogrammen per M ³ water	Verschillen der gelijktijdig waargenomen slibgehalten in:		Omschrijving der raaien waarin gelijktijdige waarnemingen plaats hadden.	Slibgehalte in dectogrammen per M ³ water.	Verschillen der gelijktijdig waargenomen slibgehalten in:	
				d.G. per M ³ water.	procenten van het gemiddelde.			d.G. per M ³ water.	procenten van het gemiddelde.
12 Dec.	12.19	bovenraai	988	+ 87	+ 9.2	middenraai	883	- 9	- 1.0
		middenraai	901			benedenraai	892		
16 Dec.	11.83	bovenraai	547	+ 104	+ 21.2	middenraai	425	- 156	- 34.6
		middenraai	433			benedenraai	529		
19 Dec.	11.67	bovenraai	403	+ 27	+ 6.9	middenraai	313	- 53	- 15.6
		middenraai	376			benedenraai	356		

Als middelbare waarde voor de schommelingen van het slibgehalte bij gelijktijdige waarneming in twee profillen vindt men uit dezen staat ongeveer 13% (1). Het aantal der verschillen, waaruit dit middelbare verschil werd opgemaakt bedraagt echter slechts 6, zoodat aan dit cijfer weinig waarde gehecht kan worden.

Daar de gelijktijdige waarnemingen in bovenraai en middenraai onmiddellijk gevolgd werden door de gelijktijdige waarnemingen in middenraai en benedenraai is het niet gewaagd om te onderstellen, dat het slibgehalte gedurende dien korten tijd slechts toevallige schommelingen doch geen blijvende verandering heeft ondergaan, in welke onderstelling ook de beide op elkanter volgende waarnemingen in de middenraai zoowel onderling als met de waarnemingen in boven- en benedenraai vergelijkbaar zijn.

De verschillen, welke zich bij die vergelijking voordoen zijn dan afhankelijk van de schommelingen, welke het slibgehalte zoowel bij betrekkelijk kleine verandering van de plaats als van den tijd der waterschepping vertoont.

Die verschillen kunnen dus op zich zelf eenig denkbeeld geven van de nauwkeurigheid, welke bij de gevolgde methode van waarneming van het slibgehalte te bereiken is.

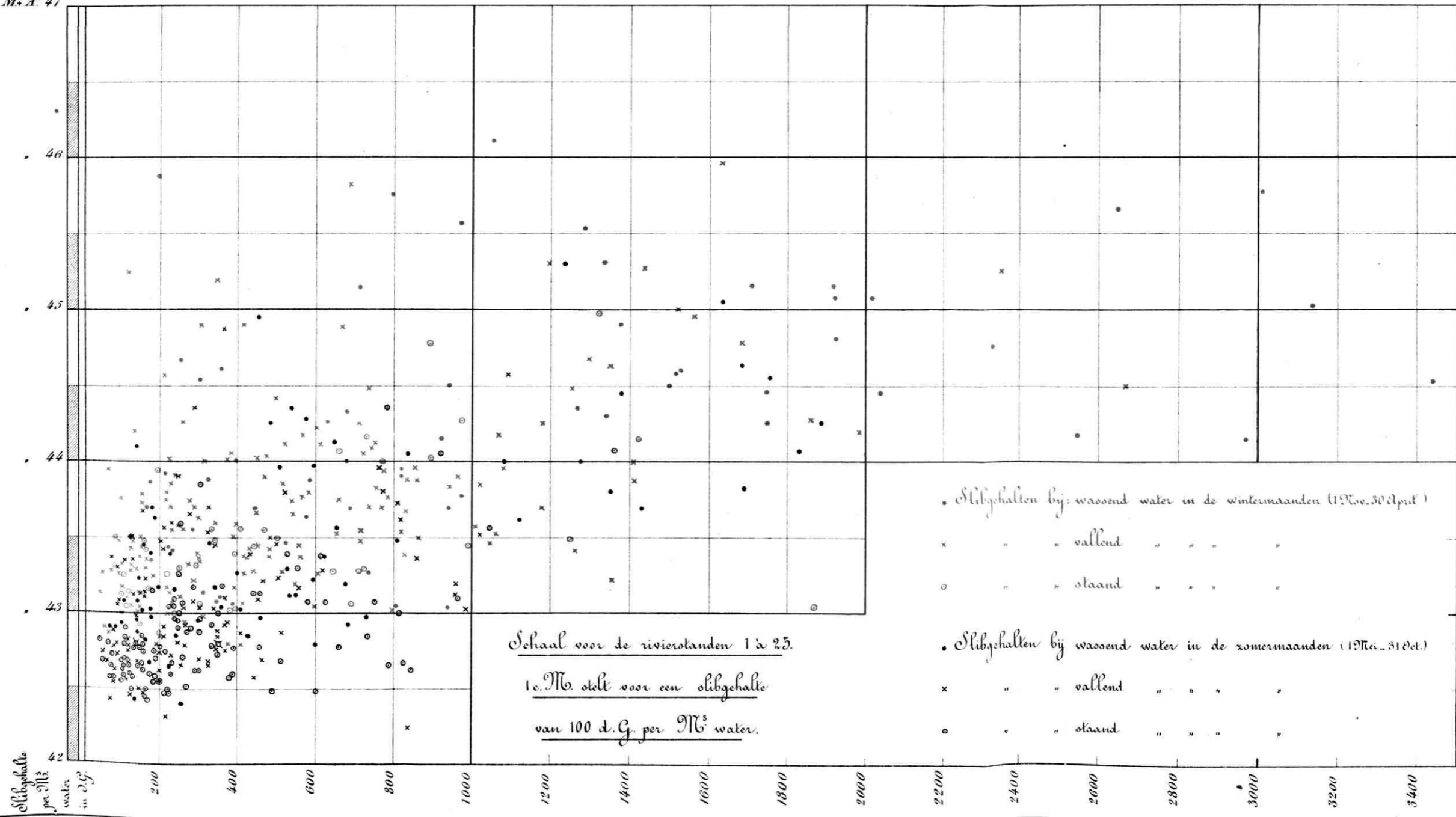
Op grond van het bovenstaande is ter onderlinge vergelijking van de buitengewone waarnemingen van 1884 de volgende staat samengesteld.

(1) Deze middelbare schommeling is bepaald uit de formule $\mu = \sqrt{\frac{(dd)}{2m}}$, waarin d voorstelt het verschil tusschen de beide gelijktijdig gedane waarnemingen en m het aantal groepen van gelijktijdige waarnemingen.

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE SLIBGEHALTEN BIJ VERSCHILLENDE RIVIERSTANDEN TE MAASTRICHT
 WAARGENOMEN GEDURENDE DE JAREN 1879 (2^{de} HELFT), 1880 1881, 1882, 1883 EN VERDER VOOR
 WATERSTANDEN HOOGER DAN 43 M. AP TE MAASTRICHT GEDURENDE DE JAREN 1884 EN 1885.

Peilschaal te
 Maastricht (brug).

M. P. 47



DATUM	Water-stand te Pannerden M. + A.P.	Omschrijving der raaien waarin de waarnemingen plaats hadden.	Slibgehalte in decigr. per M ³ . water.	Gemiddeld slibgehalte der vier waarnemingen.	Verschillen van de slibgehalten der afzonderlijke waarnemingen met het gemiddeld slibgehalte.	
					in decigr. per M ³ . water.	in procenten van het gemiddelde.
12 December	12.19	bovenraai	998	916	+ 72	+ 7.9
		middenraai	901		- 15	- 1.6
		middenraai	883		- 33	- 3.6
		benedenraai	892		- 24	- 2.6
15 December	11.83	bovenraai	547	499	+ 48	+ 9.6
		middenraai	433		- 66	- 13.2
		middenraai	425		- 74	- 14.8
		benedenraai	590		+ 91	+ 18.2
19 December	11.67	bovenraai	403	365	+ 38	+ 10.4
		middenraai	376		+ 11	+ 3.0
		middenraai	313		- 52	- 14.2
		benedenraai	366		+ 1	+ 0.3

Voor de middelbare schommeling vindt men uit bovenstaanden staat.

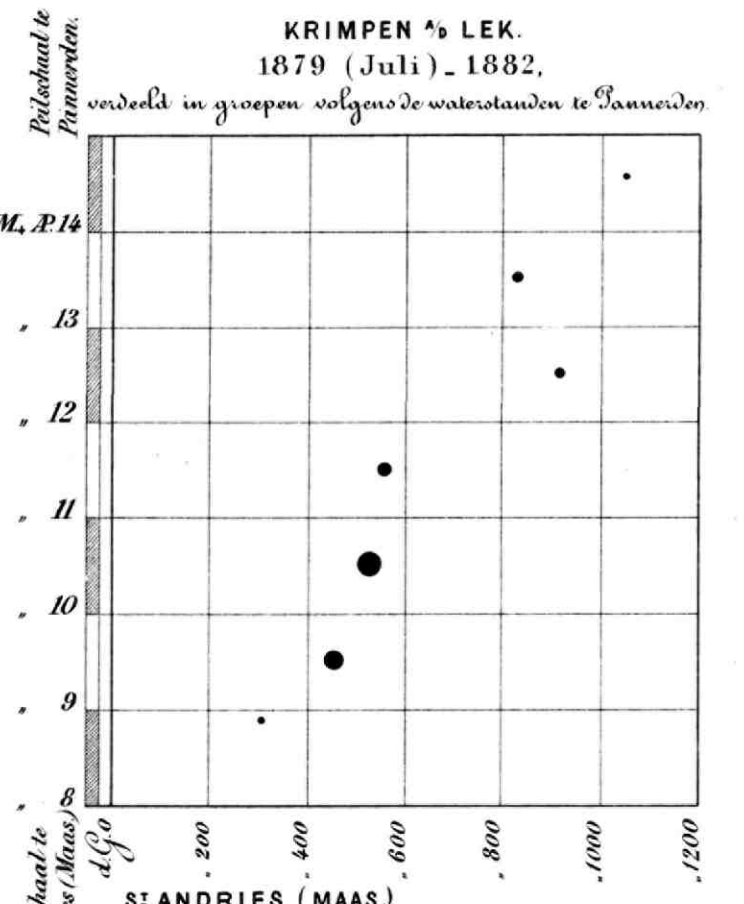
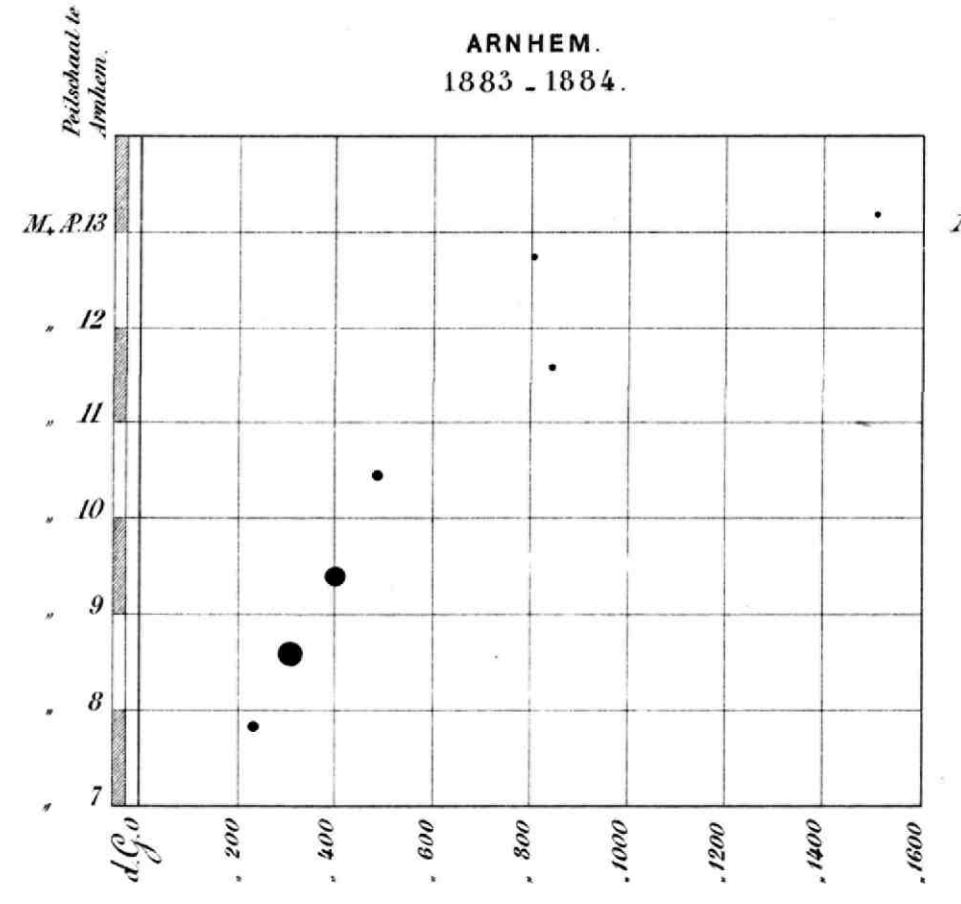
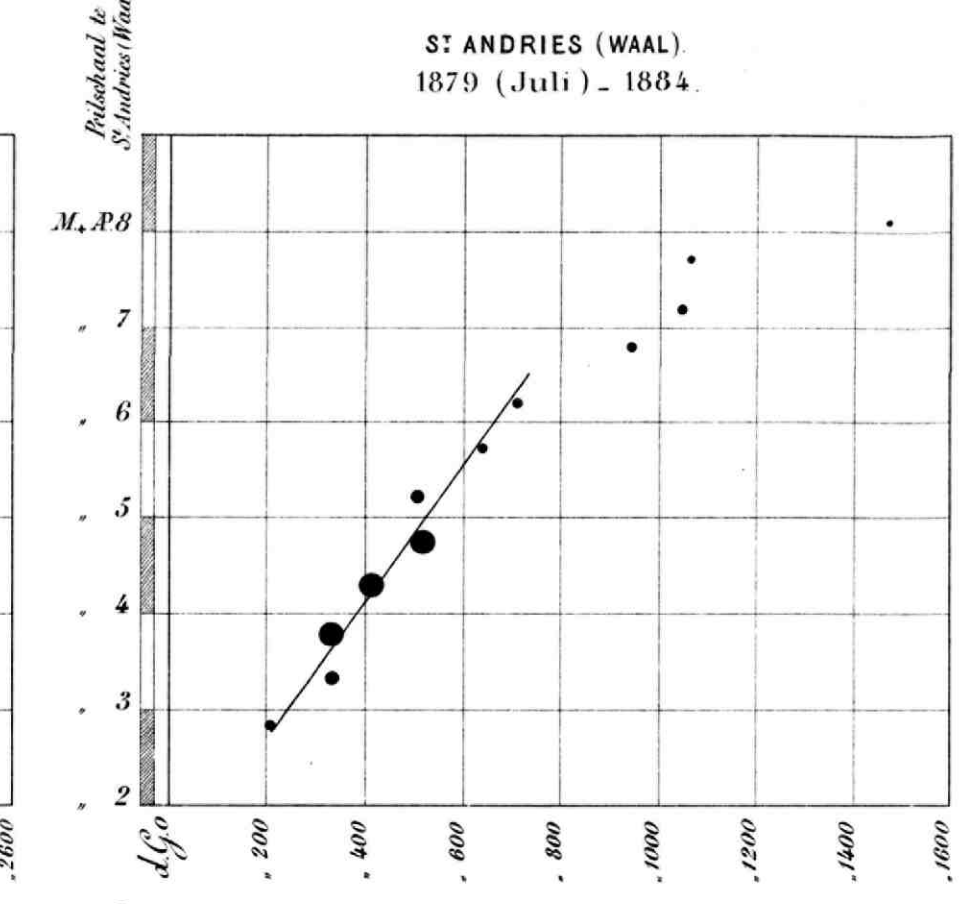
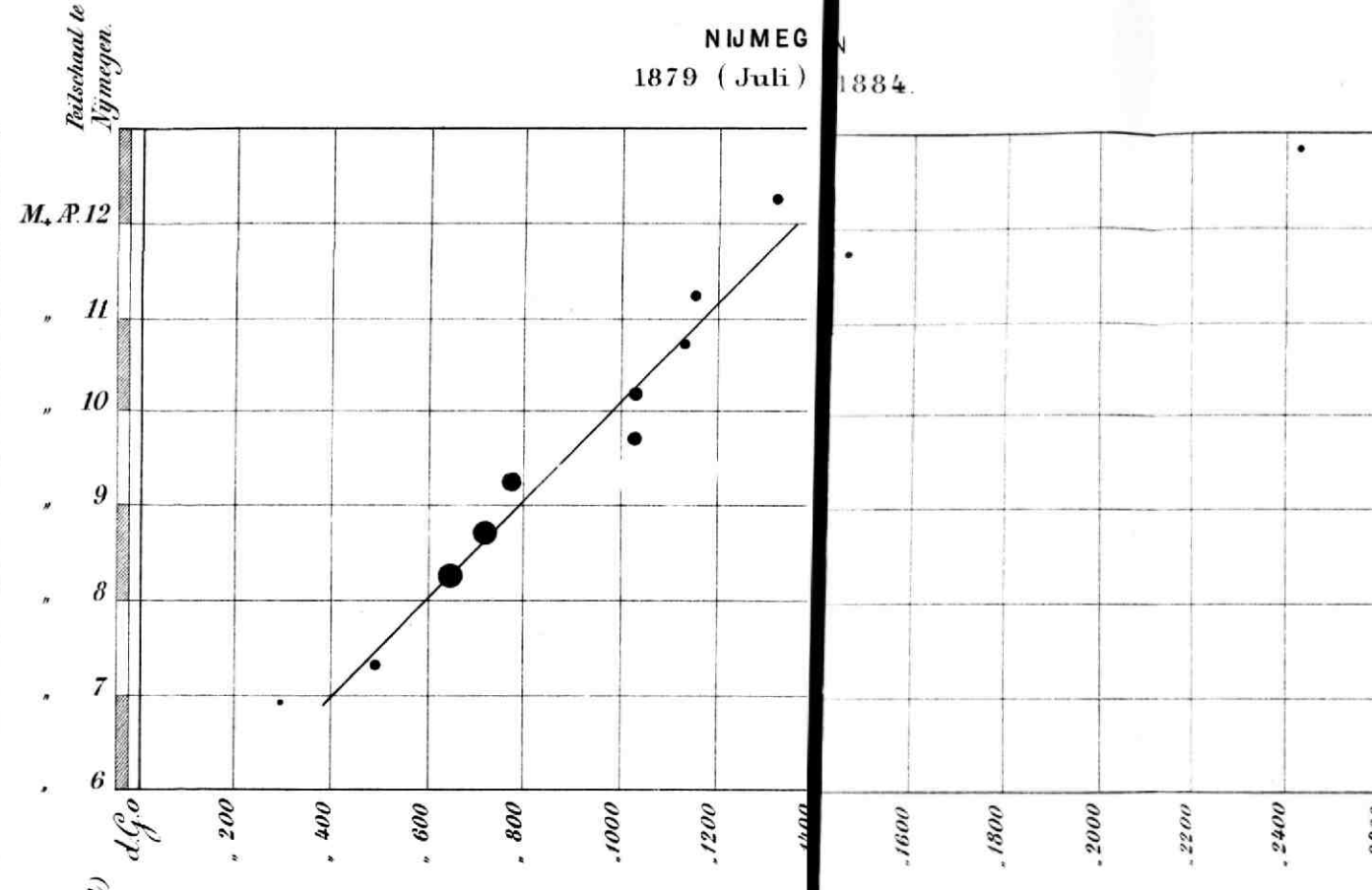
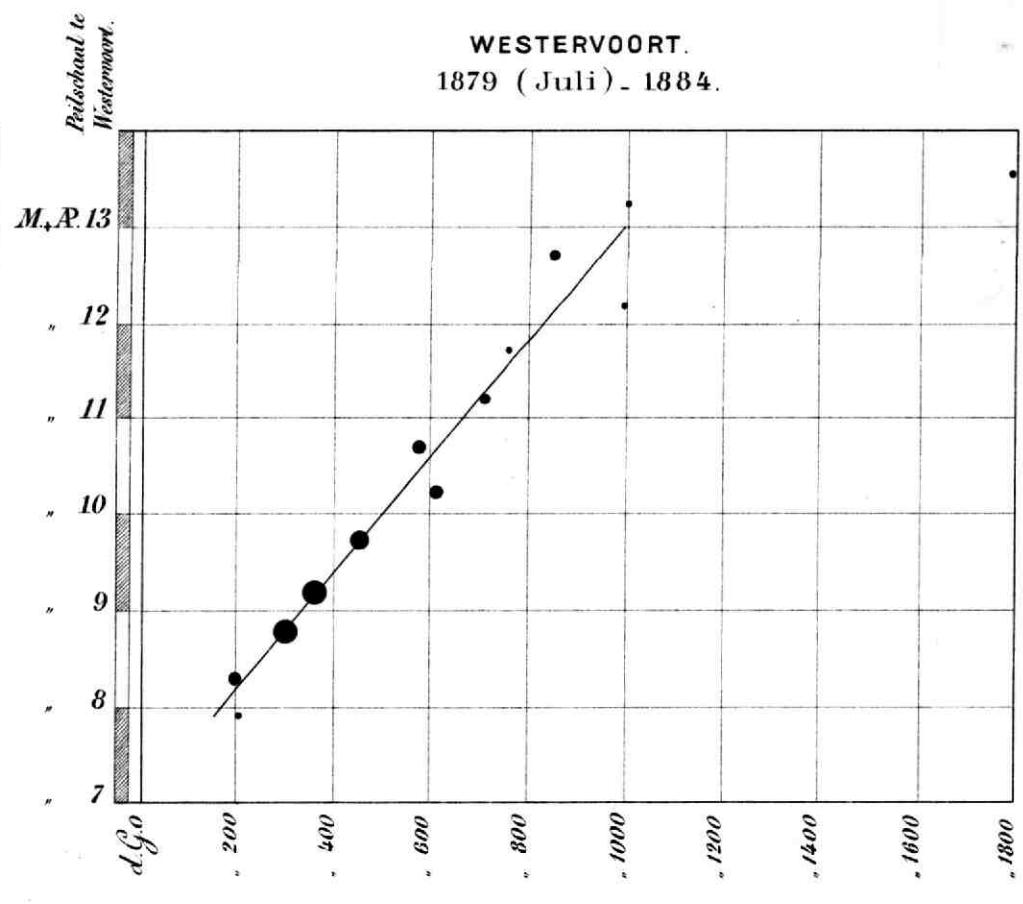
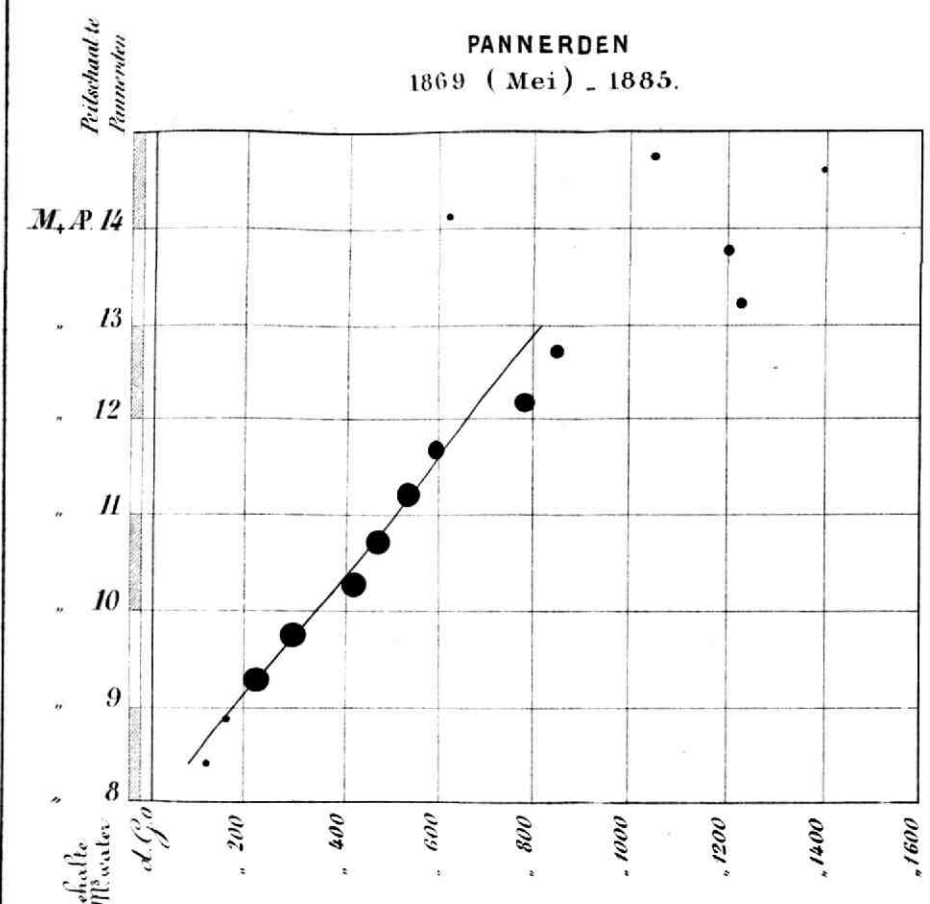
$$\mu = \pm 12 \text{ } \%.$$

Vergelijking der buitengewone waarnemingen van 1883, 1884 en 1885, en verdeling van de slib over een kort riviervak.

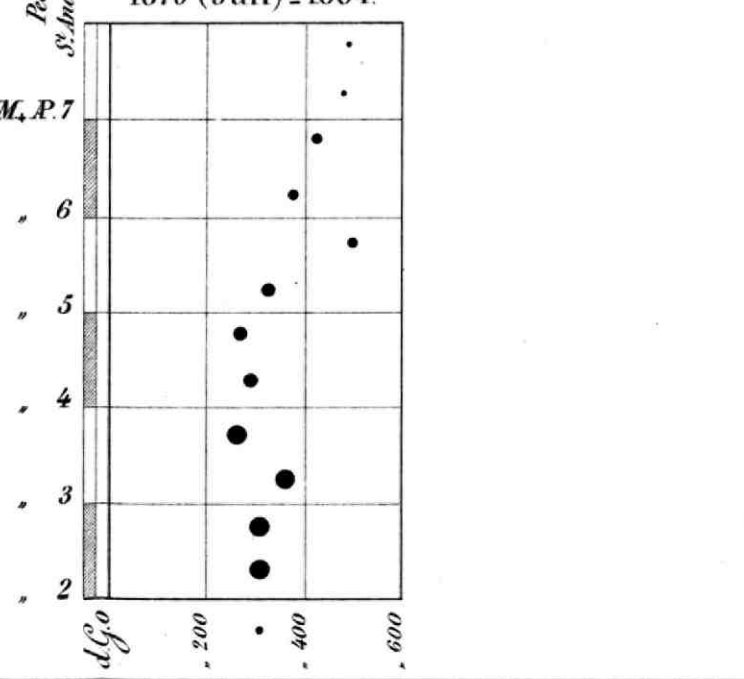
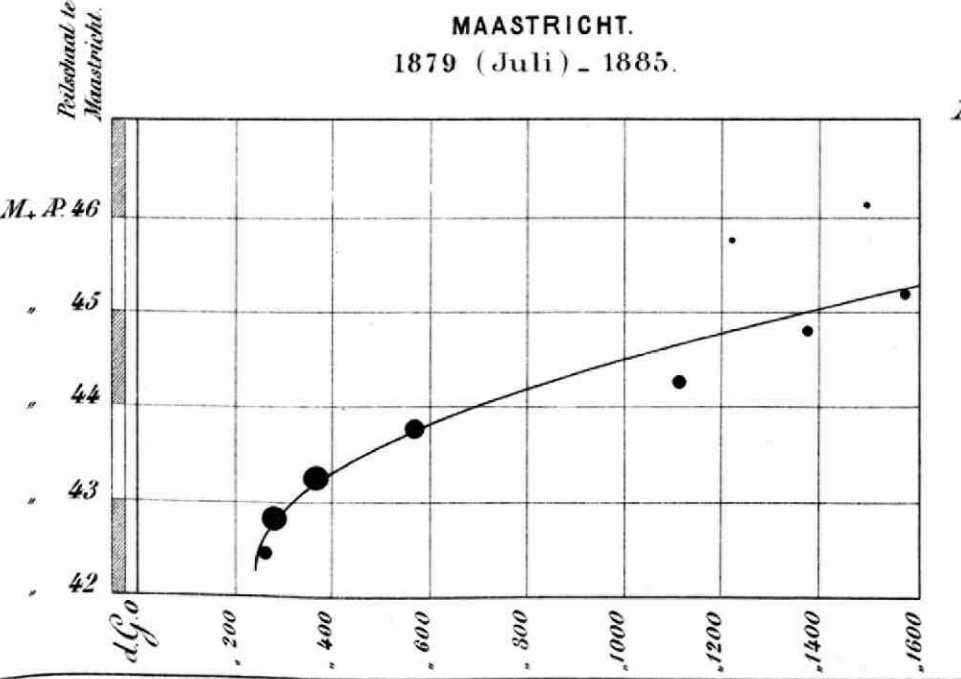
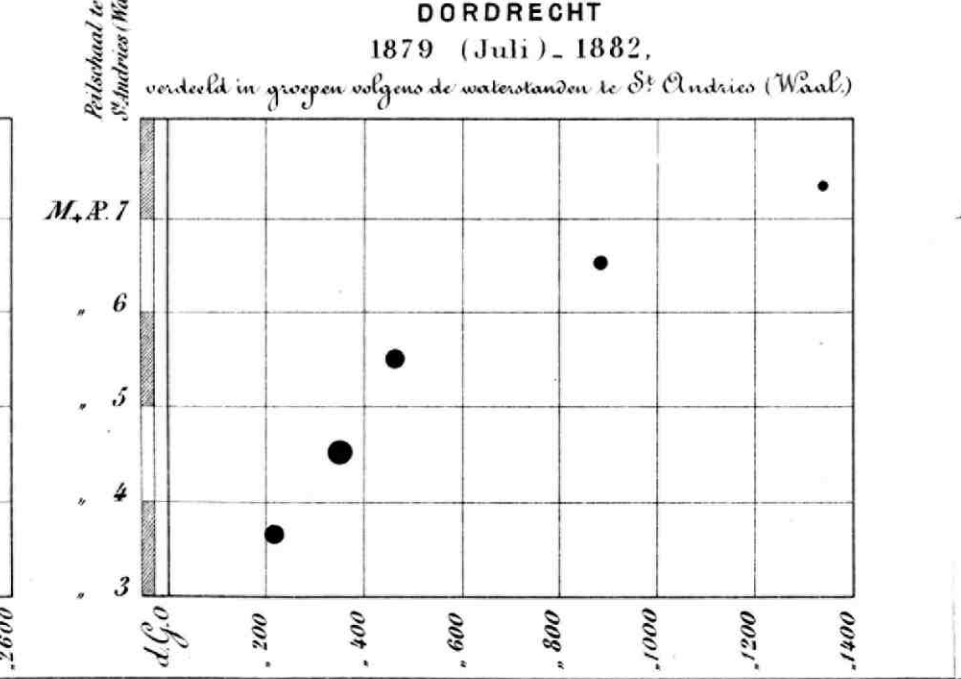
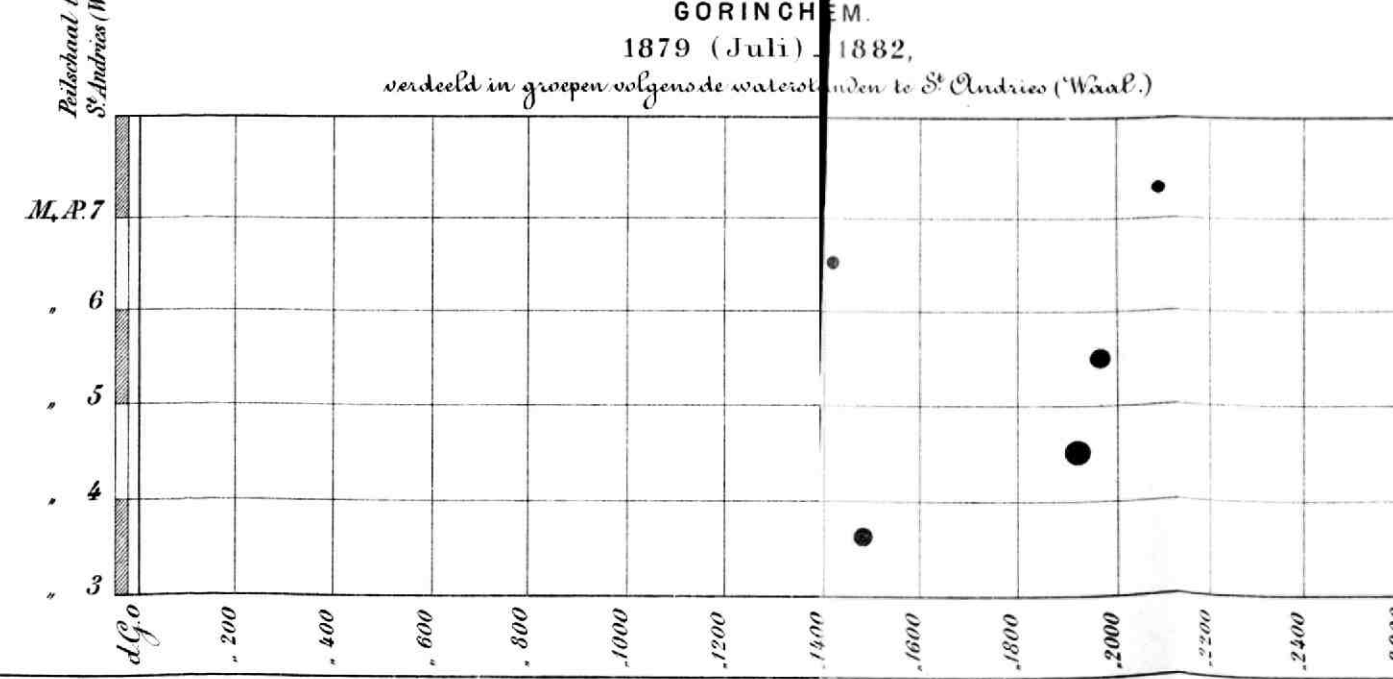
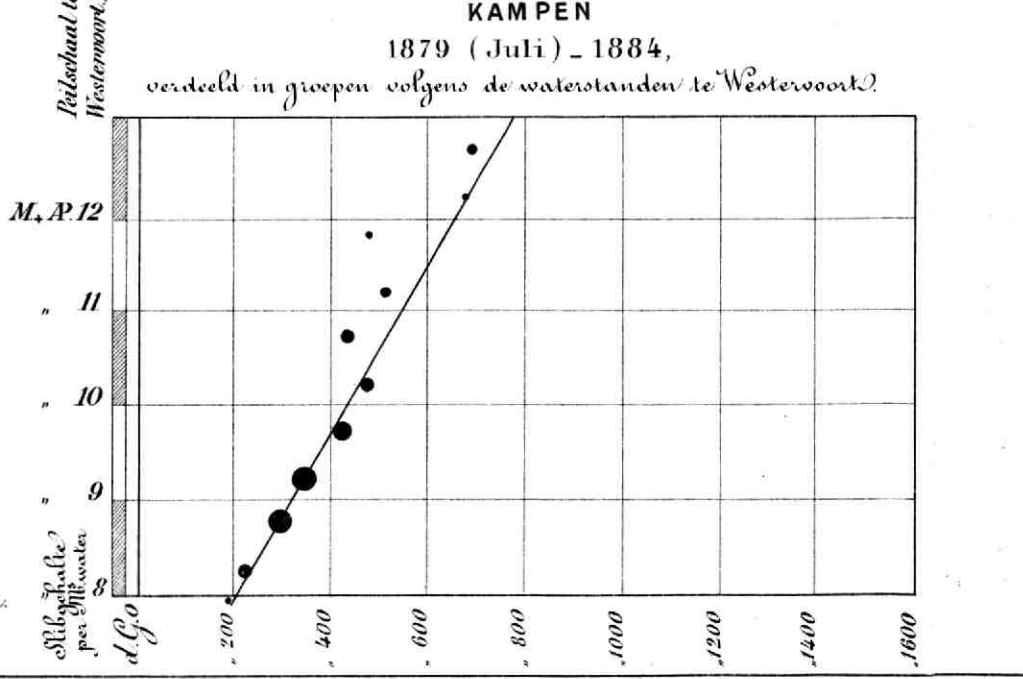
§ 21. De waarden, welke voor de middelbare schommelingen bij de verschillende buitengewone waarnemingen werden gevonden zijn niet onmiddelijk vergelijkbaar omdat bij de waarnemingen van 1883 slechts eene hoeveelheid water van 25 Liter en bij die van 1884 en 1885 eene hoeveelheid van ongeveer 50 Liter werd geschept.

De omstandigheid, dat de hoeveelheid water van 50 Liters niet door een, maar door verscheidene waterscheppingen werd verkregen geeft voor de buitengewone waarnemingen van 1885 aanleiding, om de middelbare schommeling eener bepaling van het slibgehalte van 50 Liter gelijk te stellen aan de middelbare schommeling van het gemiddelde van twee bepalingen van het slibgehalte van 25 Liter water.

Neemt men deze onderstelling aan, dan zou men dus de middelbare schommeling van het slibgehalte eener hoeveelheid water van 25 Liter in zeer nabij elkander gelegen punten, of nabij een bepaald punt gedurende zeer korten tijd, op grond van de gedane waarnemingen voor 50 Liter, gelijk kunnen stellen aan $10 \sqrt{2} \text{ } \% = \pm 14 \text{ } \%$.



GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN GEMIDDELTE SLIBGEHALTEN BIJ VERSCHILLENDE RIVIERSTANDEN.



Verklaring:

- Gemiddelde slibgehalten afgeleid uit 1-10 waarnemingen.
- " " " " 11-30 " " "
- " " " " 31-60 " " "
- " " " " 61-100 " " "
- " " " " meer dan 100 " " "

Schaal

voor de waterstanden 0 1 2 3 4 5 M.

" " slibgehalten 0 200 400 600 800 1000 d.G. per 1 M. water.

Deze waarde verschilt zoo weinig van de middelbare schommeling ten bedrage van 16 %, welke, eveneens voor 25 Liter, in verschillende punten van het dwarsprofiel werd gevonden, dat er geen aanleiding is, om aan te nemen, dat er tusschen den aard van beide schommelingen een werkelijk verschil bestaat.

Neemt men dit aan, dan kan men op overeenkomstige wijze als boven uit de middelbare schommeling van het slibgehalte van 25 Liter in verschillende punten die schommeling voor 50 Liter bepalen, hetgeen wenschelijk wordt geacht omdat alle gewone waarnemingen op eene hoeveelheid water van 50 Liter betrekking hebben.

Men vindt alsdan voor de middelbare schommelingen van het slibgehalte van 50 Liter in verschillende punten van een dwarsprofiel geschept $\frac{16}{\sqrt{2}} \% = \pm 11 \%$.

Recapitulerende valt dus uit de gedane buitengewone waarnemingen af te leiden:

1°. dat de schommelingen, welke het slibgehalte eener hoeveelheid water van 50 Liter in een punt geschept vertoont bij gelijktijdige waarnemingen in nabij elkander gelegen punten, bedroegen $\pm 10 \%$

2°. dat de schommelingen, welke het slibgehalte eener hoeveelheid water van 50 Liter in een punt geschept vertoont bij niet gelijktijdige waarnemingen in verschillende punten van een dwarsprofiel, bedroegen $\pm 11 \%$

3°. dat de schommelingen, welke het slibgehalte van eene hoeveelheid water van 50 Liter in verschillende punten van een dwarsprofiel geschept vertoont, bij gelijktijdige waarnemingen in nabij elkander gelegen profillen of bij niet gelijktijdige waarnemingen in een dwarsprofiel, bedroegen $\pm 12 \%$

De groote overeenkomst tusschen de boven opgegeven middelbare schommelingen geven aanleiding om te onderstellen, dat de schommelingen, welke het slibgehalte van een door verscheidene waterscheppingen verzamelde hoeveelheid water van 50 Liter vertoont binnen zekere grenzen vrij onafhankelijk zijn van de wijze, waarop die waterscheppingen plaats hebben en van den tijd, die daarvoor gevorderd wordt. Die schommelingen kunnen ook beschouwd worden als de middelbare afwijkingen, die er zullen bestaan tusschen het slibgehalte eener hoeveelheid water van 50 Liter en het gemiddelde slibgehalte van al het water, dat door de rivier wordt afgevoerd gedurende den tijd, dat het slibgehalte niet aan bepaalde veranderingen onderhevig is.

Hoe groot die tijd is, valt niet met eenige zekerheid na te gaan, doch het ligt voor de hand, dat in vele gevallen voor dien tijd niet meer dan eenige uren gesteld zal kunnen worden.

Neemt men in aanmerking, dat ook bij de gewone waarnemingen eene hoeveelheid water van ongeveer 50 Liter werd geschept, dan volgt reeds uit het bovenstaande, dat er tusschen het slibgehalte van die hoeveelheid water en het gemiddelde slibgehalte van al het water, dat gedurende eenige uren door de rivier wordt afgevoerd een middelbaar verschil zal bestaan van ongeveer 12 procent.

§ 22. Met de uitkomsten der buitengewone waarnemingen kan men zich gemakkelijk eenige voorstelling maken omtrent de wijze waarop de slib over een betrekkelijk kort riviervak is verdeeld.

Immers noch bij de waarnemingen van 1884 noch bij die van 1883 hadden de waterscheppingen gelijktijdig plaats, zoodat voor elk dezer waarnemingen het water, dat het laatst werd geschept zich tijdens de eerste waterschepping verscheidene honderd meters of enkele kilometers boven de plaats van waarneming bevond.

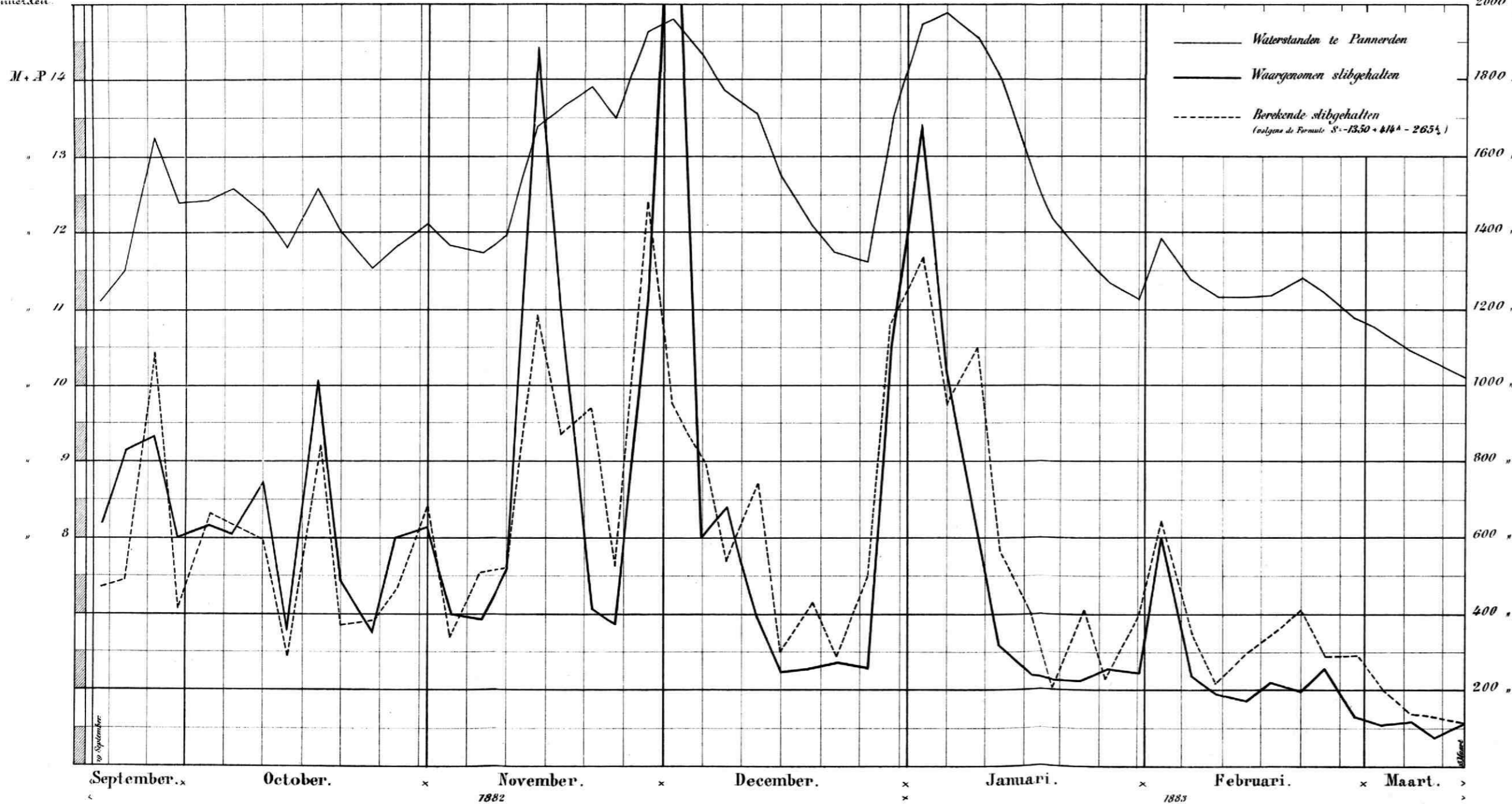
Daar het niet is aan te nemen, dat het slibgehalte gedurende den loop van het water over die lengte aan veranderingen onderhevig is, zoo zijn de schommelingen bij niet gelijktijdige waarnemingen in een dwarsprofiel ook te beschouwen als schommelingen bij gelijktijdige waarnemingen op verschillende plaatsen van een riviervak ter lengte van verscheidene honderd meters of enkele kilometers.

Op grond van het geringe verschil tusschen de schommelingen der waarnemingen van 1885 met die der waarnemingen van 1883 en 1884 volgt dan, dat de schommelingen

GRAPHISCHE VOORSTELLING VAN DE WATERSTANDEN, WAARGENOMEN EN BEREKENDE SLIBGEHALTEN TE PANNERDEN
 GEDURENDE HET TIJDVAK 19 SEPTEMBER 1882 - 13 MAART 1883.

Slibgehalte
 per 1000 water.
 2000 d.g.

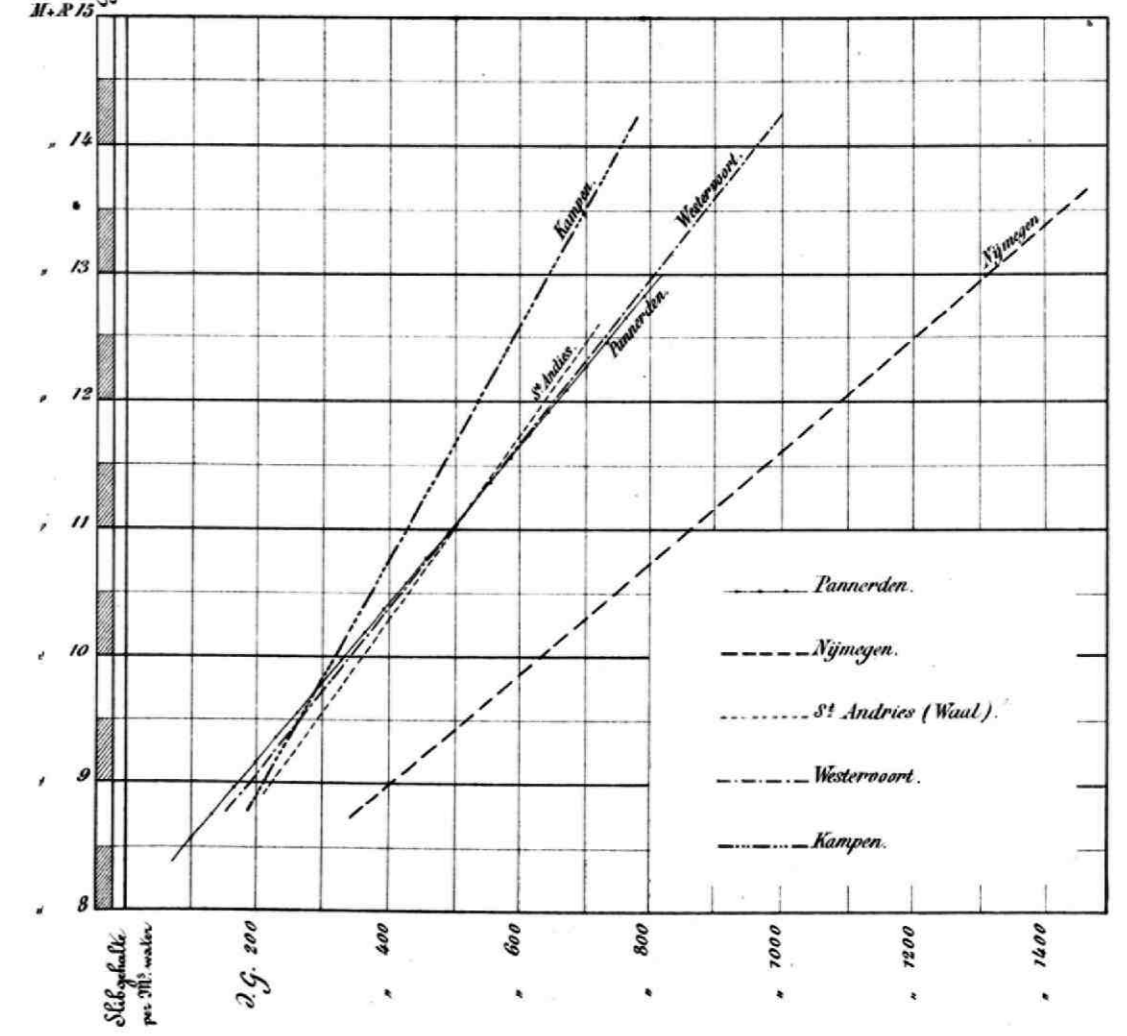
Peilchaal te
 Pannerden.



Schaal voor de waterstanden 1 à 50.

GRAPHISCHE VOORSTELLING DER FORMULES WELKE DE SLIBGEHALTEN
 TE PANNERDEN, NIJMEGEN, S^t ANDRIES (WAAL), WESTERVOORT EN
 KAMPEN AANGEVEN, TEN OPZICHTE VAN DE WATERSTANDEN TE PANNERDEN.

Peilchaal te
 Pannerden.



van het slibgehalte in zeer nabij elkander gelegen punten niet kleiner zijn dan in betrekkelijk ver van elkander gelegen punten van zulk een riviervak.

De verdeeling van de slib in een kort riviervak is dus over kleine afstanden nabij elk punt zeer ongelijkmatig doch vertoont *bovendien* geen ongelijkmatigheid over grooten afstand volgens de richting der lengte, breedte of diepte van dat riviervak.

Schommelingen van het slibgehalte gedurende eenige dagen.

§ 23. Tot nog toe zijn alleen de schommelingen beschouwd van het slibgehalte eener hoeveelheid water van ongeveer 50 Liter in verschillende punten van een kort riviervak, welke schommelingen het gevolg zijn van de ongelijkmatige verdeeling der slib.

Van geheel anderen aard zullen vermoedelijke de schommelingen zijn, welke het slibgehalte eener rivier van uur tot uur of van dag tot dag zal vertoonen. De kennis dezer schommelingen zou van groot belang zijn, om te beoordeelen met welken graad van nauwkeurigheid de slibafvoer eener rivier gedurende enkele dagen bepaald kan worden door slechts eenmaal gedurende die dagen het slibgehalte volgens de gewone methode waar te nemen.

Die kennis zou men kunnen verkrijgen door herhaaldelijk gedurende een bepaald tijdvak van enkele dagen het slibgehalte meermalen waar te nemen en het middelbaar verschil op te maken tusschen elk dezer waarnemingen en het gemiddelde van alle waarnemingen gedurende dat tijdvak gedaan.

Men zou daarbij echter onderscheid dienen te maken tusschen toevallige schommelingen en regelmatige veranderingen. Wanneer bijv. bij opvolgende waarnemingen het slibgehalte regelmatig grooter of kleiner werd gevonden, dan zouden de afwijkingen van de afzonderlijke waarnemingen met het gemiddelde van alle waarnemingen gedurende zulk een tijdvak niet als toevallige schommelingen maar als regelmatige veranderingen moeten beschouwd worden.

De van rijkswege gedane waarnemingen hadden afwisselend om de drie en vier dagen plaats; dagelijksche waarnemingen voor het boven omschreven doel zijn daarbij niet verricht, zoodat de bovengenoemde schommelingen van het slibgehalte uit de van rijkswege gedane waarnemingen niet zijn af te leiden.

Uit die waarnemingen is echter gebleken, dat de veranderingen van het slibgehalte bij waarnemingen met tusschenruimte van drie of vier dagen dikwijls bijzonder groot en zeer onregelmatig zijn.

Zonder nu hieruit te kunnen afleiden met welken graad van nauwkeurigheid het waargenomen slibgehalte zal aangeven het gemiddeld slibgehalte van den totalen waterafvoer gedurende een tijdvak van drie of vier dagen, blijkt daaruit toch, dat die nauwkeurigheid onmogelijk groot zou zijn.

Volgens den indruk, die men door beschouwing dier verschillen verkrijgt, zou men meenen, dat de middelbare afwijking tusschen het waargenomen slibgehalte en het slibgehalte gedurende drie of vier dagen, althans bij hooge waterstanden, eene waarde zal hebben ten opzichte waarvan de vroeger bepaalde middelbare schommeling ten bedrage van ongeveer 12 procent nog klein zal zijn.

Hoe dit echter zij, in ieder geval valt uit de grootte en den aard der verschillen der op elkander volgende waarnemingen af te leiden, dat een tusschenruimte van drie of vier dagen tusschen die waarnemingen te groot is om alle veranderingen, welke het slibgehalte ondergaat, te leeren kennen.

Beoordeeling der methode van waarneming.

§ 24. Bij de beoordeeling der methode van waarneming is de kennis van de schommelingen waaraan het slibgehalte onderhevig is een eerste vereischte.

Daar de schommelingen waaraan het slibgehalte onderhevig is van uur tot uur of van dag tot dag geenszins bekend zijn en deze schommelingen waarschijnlijk belangrijker zijn dan die welke het gevolg zijn van de ongelijke verdeeling der slib zoo volgt hieruit reeds,

dat men de gegevens mist, om op voldoende gronden de beste methode van waarneming aan te geven. Dit neemt niet weg, dat men, hoewel eenigszins in het algemeen toch wel in staat is omtrent die methode eenige opmerkingen te maken.

In de eerste plaats zij dan opgemerkt, dat men bij het beoordeelen der methode van waarneming wel dient te onderscheiden het doel waarmede de waarnemingen verricht worden.

Dit doel kan bestaan in het bepalen van de veranderingen, welke het slibgehalte tengevolge van verschillende invloeden vertoont of in het bepalen van den slibafvoer gedurende eenigen tijd. In het laatste geval is de nauwkeurigheid waarmede de slibafvoer uit de waarnemingen bekend wordt niet alleen afhankelijk van de nauwkeurigheid waarmede het slibgehalte wordt waargenomen, maar ook van de schommelingen, welke het slibgehalte vertoont gedurende den tijd, die er tusschen twee opvolgende waarnemingen verloopt.

Indien men dus bij waarnemingen voor dit doel zorgt, dat de middelbare fout der waarneming van het slibgehalte belangrijk kleiner blijft dan de bovengenoemde schommelingen, dan is dit voldoende en zou het onnoodig en zonder nut zijn, om grooter nauwkeurigheid te bereiken.

Wanneer de waarnemingen echter ten doel hebben, om de schommelingen van het slibgehalte hetzij van het eene tot het andere punt of van uur tot uur of van dag tot dag te bepalen, dan kan het bereiken van groote nauwkeurigheid bij de bepaling van het slibgehalte nuttig zijn.

Uit de omstandigheid, dat de slib in een riviervak nabij elk punt ongelijkmatig verdeeld is, volgt reeds dadelijk, dat de nauwkeurigheid waarmede het slibgehalte van het geschepte water het gemiddeld slibgehalte van den afvoer der rivier gedurende korten tijd zal aangeven afhankelijk is van de *hoeveelheid* water, welke geschept is.

Uit hetgeen omtrent de verdeling van de slib in een dwarsprofiel werd opgemerkt kan men afleiden, dat het weinig ter zake doet op welke plaatsen die hoeveelheid water geschept wordt, en dat het niet bepaald noodig zou zijn, die plaatsen regelmatig over het profiel te verdeelen.

Wanneer men evenwel in aanmerking neemt, dat door de tot dusver gedane waarnemingen de mogelijkheid van eene verdeling der slib over het profiel volgens eene bepaalde wet niet wordt buitengesloten en verder, dat het weinig meerdere moeite geeft of men de verschillende waterscheppingen op een plaats dan wel op verschillende plaatsen van een dwarsprofiel verricht, dan schijnt het vooralsnog rationeel, om het water in verschillende punten te scheppen (1).

Bij de van rijkswegen gedane waarnemingen werd eene betrekkelijk groote hoeveelheid water van ongeveer 50 Liter in verschillende punten van een dwarsprofiel geschept, zoodat de methode van waterscheppen, welke bij die waarnemingen gevolgd werd in het algemeen waardeering verdient.

Waar het echter te doen was, om te onderzoeken of de verdeling der slib over het dwarsprofiel volgens bepaalde wet plaats had, ware het wenschelijk geweest, indien in de

(1) Wanneer de verdeling der slib over het dwarsprofiel volgens bepaalde wet plaats had dan zou het wenschelijk zijn de verschillende punten, waar het water geschept wordt, zoodanig te kiezen, dat de verschillende vakken van het dwarsprofiel, die bij elk der punten behooren gelijke afvoeren hebben.

Immers zij: $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ en $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n$ respectievelijk de afvoeren en slibgehalten voor verschillende vakken waarin men het dwarsprofiel kan verdeelen; dan is het gemiddeld slibgehalte voor het

$$\text{geheele profiel} = \frac{\sum a s}{\sum a}.$$

Deze waarde nu zal alleen gelijk zijn aan de waarde $\frac{\sum s}{n}$, die men bij de gevolgde methode van waarneming daarvoor aanneemt, indien $a_1 = a_2 = \dots = a_n$ is. Wanneer de onderlinge verschillen tusschen s_1, s_2, \dots, s_n slechts door toevallige afwijkingen veroorzaakt worden, dan is het tamelijk onverschillig of $a = a_1 = \dots = a_n$ is; doch wanneer de onderlinge verschillen eene bepaalde wet volgen, dan zou daardoor bij groot ongelijkheid tusschen de afvoeren a_1, a_2, \dots, a_n eene fout begaan worden, welke bij herhaling der waarneming, op gelijke wijze, in denzelfden zin zou voorkomen en dus van constanten aard zou zijn.

verschillende punten van waarneming een belangrijk grooter hoeveelheid water was geschept dan thans is gedaan.

Verder zou het wenschelijk geweest zijn indien het onderzoek omtrent de schommelingen van het slibgehalte bij gelijktijdige waterscheppingen in nabij elkander gelegen punten voor verschillende hoeveelheden water herhaald ware, daar dan het verband tusschen die schommelingen en de hoeveelheid van het geschepte water eenigermate bekendgeweest zou zijn.

De nauwkeurigheid, waarmede het gewicht der slib van het geschepte water bij de van rijkswege gedane waarnemingen werd bepaald, kan zeker als volkomen voldoende beschouwd worden.

Immers tengevolge der ongelijkmatige verdeling van de slib bestaat er tusschen het slibgehalte van het geschepte water en het gemiddeld slibgehalte van het water in een kort riviervak eene middelbare afwijking van ongeveer 12 procent, zoodat voor het geschepte water, waarvan de totale hoeveelheid slib in den regel meer dan 1 gram weegt, de middelbare schommeling van het gewicht der slib gewoonlijk belangrijk meer dan 120 milligram zal bedragen.

Neemt men nu in aanmerking, dat tengevolge van de weging der hoofdmassa van de slib en der slib in de flesschen fouten gemaakt konden worden, die voor de totale hoeveelheid slib konden opklimmen tot hoogstens 1 en 2.5 milligram, dan is het duidelijk, dat bij die weging volkomen voldoende nauwkeurigheid werd bereikt.

Hoewel op grond hiervan de weging eenigszins minder nauwkeurig zou kunen gedaan worden, zoo zou daardoor geene bekorting der waarneming van eenige beteekenis verkregen worden.

Wil men echter de methode waarop het slibgehalte van het geschepte water bepaald werd vereenvoudigen, dan dient men te trachten de twee bepalingen van hoeveelheden slib (in de buisjes en in de flesschen), welke thans voor elke waarneming moesten geschieden, te voorkomen.

Dit kan moeielijk anders geschieden dan door de hoeveelheid water waarvan men de hoeveelheid slib bepaalt belangrijk te verminderen, omdat alleen van eene kleine hoeveelheid water de slib in betrekkelijk korten tijd tot volkomen bezinking kan komen.

Daar het evenwel wenschelijk is eene groote hoeveelheid water te *scheppen*, zoo zouden dan de waarnemingen als volgt gedaan moeten worden.

Na het scheppen van eene groote hoeveelheid water van bijv. 50 Liter zou, nadat dit water goed was omgeroerd (waarvoor wellicht een bepaald toestel is te vervaardigen), een hoeveelheid van enige Liters daarvan in een flesch of kom gebracht moeten worden, terwijl dan, wanneer de slib tot *volkomen* bezinking was gekomen, het gewicht daarvan op de gewone wijze bepaald zou kunnen worden.

Alvorens echter deze methode toe te passen zou het noodzakelijk zijn te onderzoeken of men door omroering van het water eene voor het doel genoegzame gelijkmatige verdeling der slib in dat water kan verkrijgen.

Een volkomen gelijkmatige verdeling zal daarbij wel niet te bereiken zijn, waarom het waarschijnlijk wenschelijk zal blijken de hoeveelheid water, welke uit het geschepte water tot onderzoek van het slibgehalte wordt afgezonderd, zoo groot te nemen als zonder bezwaar kan gedaan worden, hetgeen bijv. met eene hoeveelheid van 5 Liter (welke hoeveelheid bij de waarnemingen te Luik was aangenomen) zeker het geval is.

Wanneer de weging van de slib van deze 5 Liter water in milligrammen wordt gedaan, dan is die weging ook zelfs bij zeer klein slibgehalte voldoende nauwkeurig.

Bepaaldelijk zal men dienen te onderzoeken in hoeverre de nauwkeurigheid van die gewijzigde methode achter staat bij de thans gevolgde methode, omdat deze laatste ook, hoewel in *veel* geringer mate, afhankelijk is van de mogelijkheid om door goede omroering eene gelijkmatige verdeling van slib in eene hoeveelheid water van 50 Liter te verkrijgen.

Mocht het blijken, dat tengevolge van de bovenvoorgestelde vereenvoudiging de nauwkeurigheid der waarnemingen niet belangrijk verminderd wordt, dan gelooven wij dat die vereenvoudiging zeker wenschelijk zou zijn.

Immers behalve, dat de arbeid, die voor eene bepaling van het slibgehalte van het geschepte water noodig is, daardoor tot de helft verminderd zou worden, zou daardoor bovendien eene belangrijke vereenvoudiging ontstaan in de toestellen, welke tot het laten bezinken der slib noodig zijn.

Dit is eene zaak, die naar het ons voorkomt van groot belang is, daar naarmate die toestellen eenvoudiger zijn er minder bezwaar zal bestaan, om het aantal waarnemingen te vermeerderen en de veranderingen die het slijbgehalte ondergaat zijn zoo groot, dat men den aard dier veranderingen waarschijnlijk alleen dan nauwkeurig zal leeren kennen, wanneer de op elkander volgende waarnemingen met korte tusschenruimten plaats hebben.

Daar het waargenomen slijbgehalte met toevallige afwijkingen van 12 procent is aangedaan zou het meer rationeel zijn het slijbgehalte in grammen dan in decigrammen per M³ water uit te drukken. Nu evenwel in de verschillende nota's het slijbgehalte steeds in decigrammen werd uitgedrukt, hebben wij daarin voor dit verslag geen verandering gebracht.

Wanneer de slijbwaarnemingen ten doel hebben het bepalen van den jaarlijkschen slijbafvoer, dan zou de boven voorgestelde vereenvoudiging zeker wenschelijk zijn, indien het daardoor mogelijk wordt de waarnemingen na korter tijd op elkander te doen volgen dan bij de gelane waarnemingen het geval was, oók zelfs wanneer de nauwkeurigheid der enkele waarneming van het slijbgehalte door die vereenvoudiging eenigszins kleiner werd.

Bij hooge waterstanden namelijk zijn de veranderingen, die het slijbgehalte na drie of vier dagen op elkander volgende waarnemingen vertoont, zoo groot, dat de middelbare afwijking van het bepaalde slijbgehalte met het gemiddelde slijbgehalte gedurende genoemd aantal dagen vermoedelijk veel grooter zal zijn dan de vroeger genoemde middelbare fout van het waargenomen slijbgehalte ten bedrage van ongeveer 12 procent, zoodat de nauwkeurigheid van de bepaling van den slijbafvoer verhoogd zou kunnen worden door het aantal waarnemingen te vermeerderen, zelfs wanneer eene vermindering der nauwkeurigheid in de enkele waarneming daarmede gepaard ging.

De nauwkeurigheid waarmede uit de gedane waarnemingen de jaarlijksche slijbafvoer kan afgeleid worden is niet te bepalen zoolang men onbekend is met de schommelingen, welke het slijbgehalte gedurende drie of vier dagen ondergaat. Evenwel kan gemakkelijk worden aangetoond op welke wijze de berekende jaarlijksche slijbafvoeren van die schommelingen afhankelijk zijn.

Zij namelijk voor tijdvakken van drie of vier dagen waarin bepalingen van het slijbgehalte gedaan werden:

A_1, A_2, \dots, A_n de totale waterafvoeren.

s_1, s_2, \dots, s_n de waargenomen slijbgehalten.

$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ de in procenten uitgedrukte middelbare afwijkingen tusschen de waargenomen slijbgehalten en de gemiddelde slijbgehalten gedurende het aantal dagen waarop de waarnemingen betrekking hadden.

x de in procenten uitgedrukte middelbare fout van den jaarlijkschen slijbafvoer,

dan heeft men:

$$\text{jaarlijksche slijbafvoer} = A_1 s_1 + A_2 s_2 + \dots + A_n s_n = \Sigma (A s)$$

en in de onderstelling, dat de fouten der waterafvoeren buiten rekening gelaten kunnen worden,

$$x = \frac{\sqrt{\{ A_1^2 s_1^2 \mu_1^2 + A_2^2 s_2^2 \mu_2^2 + \dots + A_n^2 s_n^2 \mu_n^2 \}}}{\Sigma (A s)}$$

Voor het geval, dat $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_n$ gesteld kan worden heeft men dan:

$$x = \mu \frac{\sqrt{\Sigma (A^2 s^2)}}{\Sigma (A s)}$$

Als voorbeeld is de waarde van ε ($\Delta^2 \varepsilon^2$) berekend voor den Boven-Rijn volgens de waarnemingen te Pannerden voor het jaar 1883, waardoor het volgende gevonden werd:

$$x = \mu \frac{\sqrt{0.46}}{3.8} = \pm 0.18 \mu.$$

Hieruit blijkt, dat zelfs wanneer de middelbare afwijking μ bv. 30 procent bedroeg, de middelbare fout van den berekenden jaarlijkschen slibafvoer slechts ruim 5 procent zou bedragen, althans wanneer de fouten der aangenomen cijfers voor den waterafvoer buiten rekening gelaten worden.

In het jaar 1883 hadden er van alle waarnemingen zes plaats bij waterstanden hooger dan 13 M. + A.P.; en voor de dagen waarop die waarnemingen betrekking hadden bedroeg de slibafvoer 1.3 milliard K. G. of ruim een derde gedeelte van den totalen slibafvoer.

Onderstelt men alleen voor die dagen eene andere middelbare afwijking bijv. μ' tusschen de waargenomen slibgehalten en het gemiddelde slibgehalte gedurende de dagen waarop de waarnemingen betrekking hebben, dan vindt men:

$$x' = \frac{\sqrt{\{0.13 \mu'^2 + 0.33 \mu'^2\}}}{3.8}$$

Zij als voorbeeld: $\mu' = \frac{1}{2} \mu$.

dan vindt men: $x' = \pm 0.12 \mu$.

In het onderstelde geval zou dus de verdubbeling der nauwkeurigheid van de bepaling van den slibafvoer alleen gedurende het kleine aantal dagen, dat de waterstanden hooger dan 13 M. + A.P. waren, de middelbare fout van den jaarlijkschen slibafvoer een derde kleiner doen worden.

Wanneer de slibwaarnemingen dus ten doel hebben het bepalen van den jaarlijkschen slibafvoer dan is het rationeel, om te trachten den slibafvoer gedurende de dagen van hooge waterstanden met grooter procentische nauwkeurigheid te bepalen dan gedurende de dagen van lage waterstanden.

Hieruit volgt, dat men bij hooge waterstanden de waarnemingen met korte tusschenruimten op elkander moet laten volgen, terwijl het daarentegen geen bezwaar kan geven, om bij lage waterstanden die tusschenruimten groot te nemen.

HOOFDSTUK III.

Invloeden waarvan het slibgehalte afhankelijk is en vergelijking tusschen de slibgehalten op verschillende plaatsen.

Verskillende invloeden in het algemeen.

§ 25. Wanneer men de achter dit verslag gevoegde platen 1—18 beschouwt dan valt onmiddellijk in het oog, dat er bepaalde invloeden bestaan waardoor de veranderingen van het slibgehalte worden beheerscht.

Wat de waarnemingen op de Rijntakken betreft zoo valt in de eerste plaats op te merken, dat de lijnen die de slibgehalten op verschillende plaatsen voorstellen, met uitzondering van Nijmegen, over het algemeen veel overeenkomst vertoonen.

Hieruit volgt dus, dat er over het algemeen geen groot onderscheid bestaat tusschen de slibgehalten op de verschillende plaatsen van waarneming, voor zoover die in genoemde platen in teekening zijn gebracht.

In de tweede plaats valt op te merken, dat op alle plaatsen van waarneming het slibgehalte bij hooge waterstanden in den regel grooter is dan bij lage waterstanden.

In de derde plaats valt op te merken, dat bij sterken was der rivier het slibgehalte veelal vrij plotseling zeer groot wordt.

In de vierde plaats valt op te merken, dat in het midden van den zomer het slibgehalte belangrijk grooter is dan bij gelijke waterstanden in andere jaargetijden.

Omtrent de waarnemingen op de Boven-Maas valt op te merken, dat de slibgehalten op de verschillende plaatsen van waarneming zeer uiteenloopen.

Te Maastricht vertoont het slibgehalte veel grooter schommelingen dan te St. Andries en voor zooverre uit de waarnemingen van 13 November 1882 tot 13 November 1883 te Luik valt af te leiden is het slibgehalte aldaar in den regel veel kleiner dan te Maastricht.

Voor Maastricht blijkt duidelijk, dat het slibgehalte bij hooge waterstanden belangrijk grooter is dan bij lage waterstanden, voor St. Andries blijkt dit echter minder duidelijk.

Een invloed van het jaargetijde op het slibgehalte der Boven-Maas is uit de teekeningen niet af te leiden.

§ 26. Ten einde de bovengenoemde invloeden nader aan te toonen zijn de platen 19 en 20 samengesteld.

In deze platen is de uitkomst van elke waarneming aangegeven door een teeken (punt, cirkel met middelpunt of kruisje) waarvan de abscis het waargenomen slibgehalte voorstelt en de ordinat den waterstand waarbij dat slibgehalte werd waargenomen.

Door verschil van kleur is aangegeven of de waarneming in de zomer- of wintermaanden plaats had, terwijl door verschil van teeken is aangegeven of de waarneming bij wassend, staand of vallend water plaats had.

Wanneer men plaat 19 beschouwt dan blijkt daaruit onmiddelijk, dat bij een zelfden waterstand zeer verschillende slibgehalten kunnen voorkomen, bij rivierstanden van ongeveer 11.50 M + A. P. te Pannerden bijv. is zoowel een slibgehalte waargenomen van ruim 3100 als van ongeveer 70 d. G. per M². water. Over het algemeen echter zijn de waargenomen slibgehalten grooter naarmate de rivierstand hooger is.

Hieruit volgt dus, dat het slibgehalte te Pannerden afhankelijk is van de hoogte van den rivierstand, doch behalve daarvan bovendien nog van andere zeer sterke invloeden of groote schommelingen afhankelijk moet zijn.

Wanneer men de beschouwing van plaat 19 verder voortzet en de kleur waarmee de waarnemingen zijn aangegeven in aanmerking neemt, dan doet zich een opmerkelijk verschijnsel voor. Er blijkt namelijk, dat voor waterstanden van 9 M. tot 12 M. + A. P., de waarnemingen, welke met zwart zijn aangegeven in de teekening rechts zijn gelegen van de waarnemingen, welke met rood zijn aangegeven, zoodat voor die waterstanden het slibgehalte der rivier in de zomermaanden veel grooter is dan in de wintermaanden.

Voor hoogere waterstanden is het aantal der waarnemingen met zwart aangegeven, zooals te verwachten was, vrij klein en kan dus van een verschil van beide waarnemingen geen sprake zijn.

Beschouwt men thans de waarnemingen in de zomermaanden en in de wintermaanden ieder afzonderlijk en let men op de verschillende teekens waarvoor is aangegeven of de waarnemingen bij wassend, staand of vallend water plaats hadden, dan valt, althans bij waterstanden lager dan 12 M + A. P., een verschil van slibgehalte naarmate de waarnemingen door het eene of andere teeken zijn aangegeven, niet onmiddelijk in het oog. Bij hoogere waterstanden echter blijkt onmiddelijk, dat bij een zelfden rivierstand de waarnemingen, die op wassend water betrekking hebben in den regel grooter slibgehalte aangeven dan de overige waarnemingen. Beschouwt men zonder op de hoogte van den rivierstand te letten alleen die waarnemingen, welke een zeer groot slibgehalte aangeven, bijv. die waarbij het slibgehalte grooter was dan 1500 d. G. per M². water, dan blijkt, dat op slechts weinige uitzonderingen na al die waarnemingen plaats hadden bij wassend water.

Uit het bovenstaande volgt, dat ook de toestand van de rivier, namelijk of het water wassend is of niet, op het slibgehalte invloed heeft.

Dat die invloed niet voor alle waarnemingen van plaat 19 te onderscheiden valt, is te verklaren door aan te nemen, dat de invloed van het wassen van het water zich alleen belangrijk bij een sterken was der rivier doet gevoelen en bij een kleinen was, waarop vele waarnemingen betrekking hebben, niet merkbaar is.

In hoeverre er nog andere invloeden zijn waarvan het slibgehalte afhankelijk is, kan uit plaat 19 voor wassend en vallend water niet onmiddellijk worden uitgemaakt. Immers wanneer het wassen of vallen van het water invloed op het slibgehalte heeft, dan is het duidelijk, dat de slibgehalten, die bij een zelfden rivierstand in een zelfde jaargetijde bij wassend water zijn waargenomen onderling nog belangrijke verschillen kunnen vertoonen afhankelijk van de grootte van den was.

Uit de waarnemingen, welke bij staand water zijn gedaan blijkt echter, dat de waarnemingen bij een zelfden rivierstand en in een zelfde jaargetijde onderling nog belangrijke verschillen vertoonen, hetgeen zooals duidelijk is niet het geval had moeten zijn indien het slibgehalte alleen van bovengenoemde invloeden afhankelijk was en geen toevallige schommelingen vertoonde.

Omgekeerd kan men dus hieruit afleiden, dat behalve van den waterstand, het jaargetijde en den toestand der rivier, wat betreft de verandering van den waterstand, het slibgehalte nog van andere invloeden of van geheel toevallige schommelingen afhankelijk is.

In hoeverre meer aan toevallige schommelingen dan aan bepaalde invloeden gedacht moet worden, kan waarschijnlijk alleen door een nader onderzoek worden uitgemaakt, daar het te betwijfelen is of dat uit de gedane waarnemingen wel met voldoende zekerheid afgeleid zal kunnen worden.

Waarschijnlijk zou men de andere invloeden, waarvan het slibgehalte behalve van de bovengenoemde afhankelijk kan zijn, eerder hebben kunnen opsporen indien de waarnemingen met korter tusschenruimten waren verricht dan thans het geval is geweest.

Beschouwt men thans plaat 20, dan blijkt daaruit, dat omtrent het slibgehalte van het water der Maas te Maastricht, behoudens eene belangrijke uitzondering, hetzelfde valt op te merken als uit plaat 19 omtrent het slibgehalte te Pannerden.

Deze uitzondering betreft den invloed van het jaargetijde, welke voor de waarnemingen te Maastricht volstrekt niet valt waar te nemen (1).

Waarom het jaargetijde invloed op het slibgehalte heeft, is niet met zekerheid te zeggen; de omstandigheid echter, dat die invloed wel op den Rijn en niet op de Boven-Maas bestaat, geeft aanleiding om te vermoeden, dat de voeding van den Rijn door Alpenwater, welke voornamelijk in het warme jaargetijde plaats heeft, daarmede in verband zal staan.

Het zou bijv. kunnen zijn, dat de neven-rivieren van den Rijn over het algemeen een kleiner slibgehalte hadden dan de hoofdstroom, in welk geval het slibgehalte in den zomer grooter zou moeten zijn dan in den winter. Immers de afvoer van den Rijn wordt in den zomer grootendeels door Alpenwater gevoeld en is dus dan hoofdzakelijk van den hoofdstroom afhankelijk, terwijl in de wintermaanden die afvoer grootendeels door regenwater wordt gevoeld en dus dan in groote mate van de neven-rivieren afhankelijk is.

Invloed van den rivierstand.

§ 27. De omstandigheid, dat het slibgehalte van verschillende invloeden afhankelijk is, maakt het moeielijk de grootte van elk dier invloeden afzonderlijk te bepalen.

(1) Op de Boven-Maas zijn de waterstanden in den zomer gewoonlijk zeer laag, zoodat het aantal waarnemingen in de zomermaanden bij middelbare standen, dat met waarnemingen in den winter vergeleken kan worden betrekkelijk klein is. Waterstanden tusschen 42 en 43 M + A. P. zijn vele malen in de zomermaanden doch slechts enkele malen in de wintermaanden voorgekomen, zoodat voor die waterstanden niet kan nagegaan worden of het jaargetijde eenigen invloed op het slibgehalte heeft. Voor waterstanden van 43 tot 45 M + A. P. is echter het aantal waarnemingen in de zomermaanden, hoewel klein, toch groot genoeg om te doen zien, dat het jaargetijde geen invloed op het slibgehalte heeft. Men ziet namelijk in de teekening de zwarte teekens geheel toevallig verspreid tusschen de roode teekens.

Om elk dezer invloeden te bepalen, zou men uit alle waarnemingen die moeten uitzoeken, waarbij de overige invloeden zich in het geheel niet, of steeds op dezelfde wijze hadden doen gevoelen.

Zoo zou men bijv. om den invloed van de *hoogte* van den rivierstand onafhankelijk te onderzoeken van den invloed, welke door de *verandering* van den rivierstand wordt teweeg gebracht, alleen waarnemingen moeten vergelijken, welke bij staand water plaats hadden. Voorts zou men deze waarnemingen in verschillende groepen kunnen verdeelen volgens de jaargetijden waarin zij plaats hadden. Uit elke groep op zich zelf zou dan de invloed van den rivierstand voor een bepaald jaargetijde, onafhankelijk van den invloed van was of val, zijn op te maken.

Deze methode zou toepasselijk zijn wanneer men over een zeer groot aantal waarnemingen kon beschikken, doch thans is dit niet het geval, vooral omdat behalve de bekende invloeden nog andere invloeden of schommelingen aanwezig zijn, welke zich in een groep van een klein aantal waarnemingen in sterke mate kunnen doen gevoelen.

Wij hebben daarom een anderen weg gevolgd en alle waarnemingen volgens de waterstanden in groepen verdeeld, zoodanig, dat elke groep waarnemingen bevatte, die allen werden gedaan bij waterstanden, die niet meer dan 0.50 M. onderling verschilden.

Voor elke groep is de gemiddelde waterstand en het gemiddelde slibgehalte van alle waarnemingen opgemaakt.

Wanneer het aantal der waarnemingen van elke groep zeer groot is, dan heeft men reden om te onderstellen, dat de verschillen tusschen de gemiddelde slibgehalten der groepen bijna alleen door den invloed der hoogte van den rivierstand op het slibgehalte worden beheerscht, of eigenlijk juist door den gemiddelden invloed van den rivierstand, daar die invloed niet voor elk jaargetijde hetzelfde behoeft te zijn.

Volkomen zeker zou men hiervan alleen zijn indien de andere invloeden zoowel in positieve als in negatieve zin voorkomen, hetgeen zeker eenigszins twijfelachtig is.

Wanneer bijv. bij sterk wassend water het slibgehalte zeer groot wordt, dan zal het daarom bij vallend water niet zeer klein worden. Daar de invloed, welke door het wassen van het water op het slibgehalte wordt uitgeoefend alleen dan zeer belangrijk wordt, wanneer de was groot is en daar na een sterken was hooge waterstanden uit den aard der zaak zullen voorkomen, zoo is het van te voren te verwachten, dat de gemiddelde slibgehalten der groepen van waarnemingen bij hooge rivierstanden niet alleen van den invloed der hoogte van den rivierstand afhankelijk zijn. Dit is te meer het geval, omdat het aantal waarnemingen bij hooge waterstanden betrekkelijk klein is, zoodat die waarnemingen ook nog in sterke mate van andere invloeden afhankelijk kunnen zijn.

Voor de plaatsen langs de beneden-rivieren, waar vloed- en ebstroom gaat, hebben wij de waarnemingen niet gerangschikt volgens de waterstanden aan de daarbij gelegen peilschalen, maar volgens de waterstanden, welke op de dagen der waarnemingen op plaatsen langs de boven-rivieren voorkwamen.

Zoo zijn de waarnemingen te Kampen gerangschikt volgens de waterstanden te Westervoort, die te Krimpen aan de Lek volgens de waterstanden te Panterden, die te Gorinchem en Dordrecht volgens de waterstanden te St. Andries (Waal).

De waarnemingen te Hoek van Holland en op de Zeeuwsche stroomen laten wij hier buiten beschouwing, omdat op die plaatsen het water dikwijls alleen uit zeewater en in het geheel niet uit rivierwater bestaat.

Daar te Arnhem, Krimpen, Gorinchem en Dordrecht slechts gedurende een kort tijdvak waarnemingen gedaan werden, zijn voor die plaatsen de waarnemingen in een kleiner aantal groepen verdeeld dan voor de andere plaatsen.

Voor Panterden is de verdeling in groepen zoowel voor alle daar gedane waarnemingen opgemaakt als voor de waarnemingen, welke daar gelijktijdig met die der overige stations plaats hadden.

§ 28. De resultaten der groepeerings van de verschillende waarnemingen volgens de rivierstanden zijn in de volgende staten opgenomen.

STAAT A.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Pannerden gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1884 en het tijdvak April 1869—December 1885, verdeeld in groepen volgens de waterstanden te Pannerden.

Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Pannerden. M. + A.P.	JULI 1879—1884.			APRIL 1869—1885.		
	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.
Lager dan 8.50	—	—	—	6	8.41	116
8.51—9.00	6	8.86	134	44	8.89	163
9.01—9.50	40	9.27	234	203	9.28	214
9.51—10.00	145	9.77	284	375	9.76	291
10.00—10.50	128	10.25	388	327	10.26	417
10.51—11.00	76	10.75	463	241	10.74	480
11.01—11.50	49	11.25	467	147	11.24	523
11.51—12.00	33	11.73	587	100	11.73	594
12.01—12.50	21	12.19	774	73	12.21	786
12.51—13.00	12	12.76	911	40	12.73	594
13.01—13.50	8	13.27	1156	26	13.25	1230
13.51—14.00	10	13.81	930	20	13.80	1201
14.01—14.50	—	—	—	6	14.17	619
14.51 en hooger	—	—	—	7	14.67	1393

STAAT B.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Westervoort en te Krimpen gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1884, verdeeld in groepen volgens de waterstanden te Westervoort.

Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Westervoort M. + A.P.	WESTERVOORT.			KAMPEN.		
	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A. P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.
Lager dan 8.00	8	7.94	202	8	7.94	180
8.01— 8.50	38	8.30	198	39	8.31	222
8.51— 9.00	128	8.78	300	129	8.79	297
9.01— 9.50	141	9.22	359	135	9.23	345
9.51—10.00	95	9.75	446	91	9.74	426
10.01—10.50	50	10.23	609	47	10.22	477
10.51—11.00	36	10.72	571	36	10.72	433
11.01—11.50	22	11.22	711	21	11.21	511
11.51—12.00	10	11.73	756	9	11.83	478
12.01—12.50	8	12.18	998	8	12.22	663
12.51—13.00	13	12.72	855	12	12.72	695
13.01—13.50	5	13.27	1000	6	13.26	1836
13.51 en hooger.	3	13.53	1792	2	13.53	1413

STAAT C.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Nijmegen en te St. Andries (Waal)
gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1884, verdeeld in
groepen volgens de waterstanden te Nijmegen en te St. Andries.

NIJMEGEN.				ST. ANDRIES (WAAL).			
Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Nijmegen M. + A. p.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.	Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te St. Andries (Waal) M. + A.P.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.
Lager dan 7.00	3	6.92	295	Lager dan 3.00	17	2.84	215
7.01—7.50	15	7.33	493	3.01—3.50	55	3.33	338
7.51—8.00	—	—	—	3.51—4.00	120	3.78	328
8.01—8.50	126	8.25	648	4.01—4.50	114	4.25	411
8.51—9.00	104	8.74	717	4.51—5.00	104	4.76	520
9.01—9.50	69	9.24	782	5.01—5.50	52	5.22	506
9.51—10.00	43	9.73	1031	5.51—6.00	44	5.74	642
10.01—10.50	36	10.22	1030	6.01—6.50	25	6.20	711
10.51—11.00	24	10.72	1133	6.51—7.00	19	6.78	946
11.01—11.50	12	11.24	1158	7.01—7.50	14	7.19	1047
11.51—12.00	10	11.72	1469	7.51—8.00	6	7.72	1065
12.01—12.50	12	12.26	1334	8.01 en hooger.	2	8.08	1472
12.51—13.00	4	12.81	2436				
13.01 en hooger	4	13.33	2434				

STAAT D.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Maastricht gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1885 en te St. Andries (Maas) gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1884, verdeeld in groepen volgens de waterstanden te Maastricht en te St. Andries.

MAASTRICHT.				St. ANDRIES (MAAS).			
Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Maastricht M. + A.P.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.	Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te St. Andries (Maas) M. + A.P.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.
Lager dan 42.50	32	42.44	266	Lager dan 2.00	10	1.91	300
42.51—43.00	174	42.76	279	2.01—2.50	95	2.31	306
43.01—43.50	123	43.26	366	2.51—3.00	94	2.76	304
43.51—44.00	84	43.74	575	3.01—3.50	66	3.23	360
44.01—44.50	43	44.22	1118	3.51—4.00	63	3.74	264
44.51—45.00	21	44.77	1383	4.01—4.50	58	4.28	288
45.01—45.50	13	45.18	1582	4.51—5.00	45	4.76	270
45.51—46.00	7	45.75	1227	5.01—5.50	41	5.25	323
46.01—46.50	2	46.10	1497	5.51—6.00	29	5.73	496
46.51 en hooger.	1	46.55	5900	6.01—6.50	19	6.20	373
				6.51—7.00	12	6.78	424
				7.01—7.50	9	7.27	475
				7.51—8.00	5	7.78	493
				8.01 en hooger.	2	8.13	1560

STAAT E.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Arnhem gedurende het tijdvak Januari 1883—December 1884 en te Krimpen a/d Lek gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1882, verdeeld in groepen volgens de waterstanden te Arnhem en te Pannerden.

ARNHEM.				KRIMPEN a d LEK (1)			
Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Arnhem M. + A.P.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.	Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te Pannerden M. + A.P.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.
Lager dan 8.00	16	7.81	239	Lager dan 9.00	5	8.86	310
8.01—9.00	101	8.58	311	9.01—10.00	95	± 9.50	461
9.01—10.00	67	9.39	402	10.01—11.00	123	± 10.50	538
10.01—11.00	18	10.43	485	11.01—12.00	55	± 11.50	564
11.01—12.00	4	11.57	844	12.01—13.00	23	± 12.50	881
12.01—13.00	2	12.75	804	13.01—14.00	19	± 13.50	836
13.00 en hooger	2	13.20	1511	14.01 en hooger	3	14.58	1055

(1) Voor deze plaats, evenals voor Gorinchem en Dordrecht, werd het onnoodig geacht de gemiddelde waterstand van elke groep nauwkeurig uit te rekenen en kan die gemiddelde waterstand globaal gelijk gesteld worden met het gemiddelde der uiterste waterstanden van elke groep.

Alleen voor de beide eerste en de laatste groep zijn de gemiddelde waterstanden uitgerekend.

STAAT F.

GEMIDDELDE SLIBGEHALTEN te Gorinchem en Dordrecht gedurende het tijdvak Juli 1879—December 1882, verdeeld in groepen volgens de waterstanden te St. Andries (Waal).

Verdeeling in groepen volgens de waterstanden te St. Andries (Waal). M. + A.P.	GORINCHEM.			DORDRECHT.		
	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Gemiddelde waterstanden der waarnemingen van elke groep. M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d. G. per M ³ . water.
Lager dan 4.00	81	3.64	1482	86	3.65	216
4.01—5.00	144	± 4.50	1924	147	± 4.50	351
5.01—6.00	66	± 5.50	1967	69	± 5.50	463
6.01—7.00	36	± 6.50	1420	35	± 6.50	886
7.01 en hooger	19	7.32	2081	18	7.31	1331

§ 28. Uit de staten A—F valt duidelijk af te leiden, dat het slibgehalte bijna voor alle langs de rivieren gelegen waarnemingsplaatsen in hooge mate afhankelijk is van den rivierstand. Alleen de waarnemingen te Gorinchem te St Andries (Maas) maken hierop eene uitzondering.

De uitkomsten van bovenstaande staten zijn in plaat 21 graphisch voorgesteld, waardoor onmiddellijk in het oog valt, dat er voor de meeste waarnemingsplaatsen tusschen het slibgehalte en den rivierstand eene vrij eenvoudige betrekking bestaat.

Dit is althans het geval, wanneer men de waarnemingen bij zeer hooge waterstanden buiten beschouwing laat, omdat de gemiddelde slibgehalten bij die waterstanden om vroeger genoemde reden niet geacht kunnen worden alleen van de hoogte van den rivierstand afhankelijk te zijn.

Voor de meeste plaatsen langs de Rijnakken wijken de punten, die de gemiddelde slibgehalten bij verschillende rivierstanden aangeven, niet belangrijk van eene rechte lijn af, zoodat de betrekking tusschen slibgehalte en rivierstand door eene vergelijking van den eersten graad kan uitgedrukt worden. Voor Maastricht echter wijken de punten zeer veel van eene rechte lijn af en kan dus de betrekking tusschen slibgehalte en rivierstand niet door eene vergelijking van den eersten graad worden weergegeven.

Zij op een der plaatsen van waarneming:

$$\text{het slibgehalte} = s.$$

$$\text{de waterstand} = h$$

dan volgt uit het bovenstaande, dat men voor de waarnemingen langs de Rijnakken bij standvastigen rivierstand mag stellen:

$$s = \mathcal{L} + \beta h$$

indien \mathcal{L} , en β nader te bepalen coëfficiënten voorstellen.

Door volgens de methode der kleinste vierkanten deze coëfficiënten uit de gegevens der vorige staten te bepalen en daarbij de waarnemingen bij zeer hooge waterstanden buiten rekening te laten zijn de volgende formules gevonden; (1)

waarin s_P , s_N , s_{SLA} , s_W , s_K , de slibgehalten in dG. per M³. water.

en h_P , h_N , h_{SLA} , h_W , de waterstanden in M. boven A.P. voorstellen, respectievelijk te Panmerden, Nijmegen, St. Andries (Waal), Westervoort en Kampen;

(1) Bij de bepaling der coëfficiënten is ondersteld, dat de som der vierkanten der *betrekkelijke* verschillen, een minimum moest zijn.

Indien dus s voorstelt het slibgehalte volgens de formule, s' het gemiddelde slibgehalte volgens de waarnemingen, h de gemiddelde waterstand, en p het aantal waarnemingen van een der groepen, dan heeft men ter bepaling der coëfficiënten de volgende vergelijking:

$$\left[p \left(\frac{s-s'}{s'} \right)^2 \right] = \left[p \left(\frac{\mathcal{L} + \beta h - s'}{s'} \right)^2 \right] = \text{minimum.}$$

Hieruit volgt ter oplossing van \mathcal{L} en β .

$$1) \mathcal{L} \left[\frac{p}{s'^2} \right] + \beta \left[\frac{p h}{s'^2} \right] - \left[\frac{p}{s'} \right] = 0.$$

$$2) \mathcal{L} \left[\frac{p h}{s'^2} \right] + \beta \left[\frac{p h^2}{s'^2} \right] - \left[\frac{p h}{s'} \right] = 0.$$

- 1) $s_P = -1292 + 162 h_P$ (tot waterstanden te Pannerden van ongeveer 13,00 M. + A.P.)
 2) $s_N = -952 + 193 h_N$ (1) » » » Nijmegen » » 12,00 » + »)
 3) $s_{St.A} = -169 + 187 h_{St.A}$ » » » St. Andries » » 6,50 » + »)
 4) $s_W = -1173 + 167 h_W$ » » » Westervoort » » 13,00 » + »)
 5) $s_X = -730 + 116 h_W$ » » » » » » 13,00 » + »)

Voor Arnhem, Krimpen, Gorinchem en Dordrecht was het aantal waarnemingen te klein, om den invloed van den rivierstand in formule te brengen.

Voor St. Andries (Maas) is de formule niet opgemaakt, omdat voor die plaats de invloed van den rivierstand klein bleek te zijn en daardoor niet met eenige zekerheid berekend kon worden.

Voor Maastricht moest eene vergelijking van den tweeden graad worden aangenomen waarvoor gevonden werd, indien s_M , het slibgehalte in d.G. per M³. water en h_M , de waterstand in M. boven A.P. voorstellen.

$$6) s_M = 262000 - 12420 h_M + 147 h_M^2$$

welke formule ook als volgt kan geschreven worden.

$$7) s_M = 244 + 147 (h_M - 42.24)^2$$

De lijnen, welke door de vergelijkingen 1—6 worden voorgesteld, zijn op plaat 21 in teekening gebrachd.

Invloed van het jaargetijde.

§ 29. Uit plaat 19 is reeds gebleken, dat het slibgehalte te Pannerden bij gelijke rivierstanden in de zomermaanden veel grooter is dan in de wintermaanden, zoodat het slibgehalte behalve van den rivierstand ook van het jaargetijde afhankelijk is.

Ten einde den invloed van het jaargetijde eenigszins nader te onderzoeken zijn de waarnemingen, welke te Pannerden gedurende het tijdvak 1869—1885 werden gedaan, zoowel volgens de maanden van het jaar als volgens de hoogte der rivierstanden in groepen verdeeld. Voor elk van die groepen is wederom de gemiddelde waterstand en het gemiddeld slibgehalte opgemaakt.

Wegens het betrekkelijk gering aantal waarnemingen, dat elke groep op deze wijze bevatte is de verdeling in groepen volgens de hoogte van den rivierstand telkens met opklimming van een vollen Meter gedaan, terwijl voorts zoowel zeer hooge als zeer lage waterstanden buiten beschouwing zijn gelaten. Verder zijn, opdat het geringe aantal waarnemingen van iedere groep zoo weinig mogelijk afhankelijk zou zijn van den invloed van het wassen van het water, de waarnemingen met een slibgehalte grooter dan 1000 d.G. per M³. buiten rekening gelaten, omdat zooda later zal blijken zulk een slibgehalte gewoonlijk door een sterken was veroorzaakt wordt.

De resultaten van bovengenoemde groepeerings der waarnemingen te Pannerden zijn in den volgende staat opgegeven.

(1) Voor Nijmegen en St. Andries zijn ook formules van den tweeden graad uitgerekend. Met inachtname van alle waarnemingen werden de formules gevonden:

voor Nijmegen $s_N = -510 + 87 h_N + 6.3 h_N^2$

en voor St. Andries $s_{St.A} = -77 + 90 h_{St.A} + 6.6 h_{St.A}^2$

Het voordeel dezer formules boven die van den eersten graad bleek echter klein te zijn, waarom verder de laatste zijn aangehouden.

Gemiddelde slibgehalten te Pannerden.

MAANDEN.	Rivierstanden te Pannerden in Meter boven A.P.								
	9.01—10.00.			10.01—11.00.			11.01—12.00		
	Aantal waarnemingen in elke groep.	Ge-middelde water-standen der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Ge-middelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Ge-middelde water-standen der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Ge-middelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.	Aantal waarnemingen in elke groep.	Ge-middelde water-standen der waarnemingen van elke groep M. + A.P.	Ge-middelde slibgehalten der waarnemingen van elke groep in d.G. per M ³ . water.
Januari . . .	18	9.54	136	41	10.52	226	15	11.44	401
Februari . .	28	9.47	<u>112</u>	23	10.43	265	17	11.53	387
Maart	36	9.65	163	43	10.43	237	19	11.56	<u>291</u>
April	76	9.63	185	33	10.45	<u>224</u>	18	11.33	300
Mei	55	9.63	258	56	10.44	351	15	11.42	484
Juni	41	9.72	331	67	10.49	465	18	11.48	576
Juli	39	9.67	<u>376</u>	65	10.51	<u>554</u>	25	11.26	631
Augustus . .	44	9.60	352	61	10.45	499	11	11.30	634
September .	83	9.58	286	45	10.33	378	7	11.33	<u>651</u>
October . . .	73	9.49	246	18	10.45	374	—	—	—
November . .	42	9.42	178	7	10.49	382	24	11.40	397
December . .	24	9.45	221	16	10.53	373	28	11.40	461

Uit dezen staat kan als algemeen resultaat worden afgeleid, dat er bij gelijke waterstanden betrekkelijk geen groote verschillen bestaan tusschen:

- 1°. de slibgehalten in de maanden Januari, Februari, Maart en April;
- 2°. » » » » » Juni, Juli en Augustus;
- 3°. » » » » » October, November en December.

Verder blijkt uit dien staat dat bij gelijke waterstanden de slibgehalten over het algemeen het grootst zijn in de maanden Juni, Juli en Augustus en het kleinst in de maanden Januari, Februari, Maart en April.

Voor rivierstanden van 11.01—12.00 M + A. P. te Pannerden was het gemiddeld slibgehalte het grootst in de maand September, evenwel is het aantal waarnemingen waaruit dat gemiddelde bepaald werd zeer klein, zoodat daaraan geen groot vertrouwen is te hechten.

Om de verhouding te bepalen tusschen de slibgehalten bij gelijke waterstanden in verschillende jaargetijden kan men naar aanleiding van bovenstaande opmerkingen de waarnemingen der vier eerste maanden van het jaar te zamen groepeeren, evenzoo die der drie zomermaanden Juni—Augustus en verder die der drie laatste maanden van het jaar.

De waarnemingen der maanden Mei en September kunnen moeielijk onder een dezer groepen gerangschikt worden, en zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

Men verkrijgt dan het volgende resultaat:

Rivierstanden te Pannerden in M. + A.P.	Gemiddelde slibgehalten in d.G. per M ³ . water voor de maanden			Verhoudingen tusschen de gemiddelde slibgehalten voor de maanden	
	Jan.—April.	Juni—Aug.	Oct.—Dec.	$\frac{\text{Juni—Aug.}}{\text{Jan—April.}}$	$\frac{\text{Juni—Aug.}}{\text{Oct.—Dec.}}$
9.01—10.00	149	353	215	2,37	1,64
10.01—11.00	238	506	376	2,13	1,35
11.01—12.00	345	614	(1) 433	1,78	(1) 1,42
			Gemiddeld	± 2,1	± 1,5

Hieruit blijkt, dat bij gelijke waterstanden het slibgehalte in de maanden Juni—Augustus gemiddeld ruim twee maal grooter is dan in de maanden Januari—April en ongeveer anderhalf maal grooter dan in de maanden October—December.

De cijfers in de voorlaatste kolom, welke de verhoudingen aangeven tusschen de slibgehalten der maanden Juni—Augustus en der maanden Januari—April vertoonen een regelmatige verandering met den rivierstand, bij hooge waterstanden namelijk schijnt die verhouding kleiner te zijn dan bij lage waterstanden.

Dezelfde regelmatige verandering vertoonen de cijfers in de laatste kolom niet, doch het is mogelijk, dat het betrekkelijk kleine aantal waarnemingen waaruit de gemiddelde slibgehalten zijn afgeleid voor de laatste maanden van het jaar bij waterstanden van 10-11 en van 11-12 M + A. P., daarvan oorzaak is.

Invloed van wassend water.

§ 30. Uit plaat 19 blijkt, dat de waarnemingen waarbij het slibgehalte zeer groot was voor het meerendeel bij wassend water plaats hadden.

De grootte van den was die bij elke waarneming plaats had kon op die plaat niet worden aangegeven, evenmin als het gedeelte van den geheelen was, dat de waarneming reeds was voorafgegaan.

Het ligt echter voor de hand, dat, wanneer het wassen van het water invloed op het slibgehalte heeft, de grootte van dien invloed van een of van beide dezer grootheden zal afhangen.

Daar het wassen eener rivier op zeer verschillende wijze kan geschieden en onder zeer verschillende omstandigheden kan plaats hebben, zoo is het aantal waarnemingen waarbij de invloed van het wassen der rivier zich op een zelfde wijze heeft doen gelden zeer klein.

Men kan daarom bij het onderzoek van dien invloed de beschouwing niet gronden op *gemiddelde* uitkomsten van eenige waarnemingen, maar dient elke waarneming afzonderlijk te beschouwen.

Hierdoor is het moeielijk den invloed van het wassen van het water nauwkeurig te bepalen, te meer daar het van te voren geheel onzeker is op welke wijze die invloed van de grootte van den geheelen of den voorafgeganen was zal afhangen.

(1) Gemiddelde van de maanden November en December.

Wegens deze onzekerheid hebben wij de waarnemingen niet gegroepeerd volgens de grootte van den was, die bij elk der waarnemingen plaats had, maar hebben die waarnemingen waarbij het slibgehalte grooter was dan 1500 d.G. per M³. verdeeld in groepen volgens de grootte der slibgehalten en daarbij eenige opgaven gedaan, welke op den toestand der rivier betrekking hebben.

De resultaten dezer verdeling in groepen zijn in de volgende staten verzameld.

DATUM DER WAARNEMING.	Slib- gehalte te Panner- den in d.G. per M ³ . water.	Kleur van het water.	Water- stand te Panner- den M. + A.P.	Toestand der rivier.	Was waarbij de waarneming plaats had.		Was voor de waarneming.	
					Totale duur in dagen.	Totale hoogte in M	Aantal dagen.	Hoogte in M.

Slibgehalten grooter dan 3000 d.G. per M³. water.

7 Augustus 1874 . .	3818	witachtig.	10.47	wassend.	5	0.90	4	0.82
22 Februari 1876 . .	3056	"	13.99	"	10	5.24	7	4.97
9 September 1881 . .	3106	"	11.54	"	13	2.53	10	1.87

Slibgehalten van 2501 tot 3000 d.G. per M³. water.

31 Mei 1871 . .	2533	geelachtig.	12.45	wassend.	27	3.10	23	2.14
24 Januari 1873 . .	2700	"	12.10	maximum stand.	4	2.17	4	2.17
26 Februari 1875 . .	2528	witachtig.	13.13	wassend.	10	3.41	8	3.17
3 Januari 1880 . .	2804	"	13.28	" (ijs)	9	2.84	5	2.44

Slibgehalten van 2001 tot 2500 d.G. per M³. water.

2 December 1869 . .	2037	geel.	12.20	wassend.	7	2.78	4	2.19
14 Februari 1871 . .	2232	—	13.11	1 dag na maximum stand.	9	1.37	—	—
28 April 1871 . .	2086	witachtig.	13.23	wassend.	10	3.54	10	3.54
20 Juni 1876 . .	2251	"	11.95	"	12	2.17	9	1.72
3 Januari 1879 . .	2195	"	13.35	"	11	4.23	6	3.53
6 Januari 1880 . .	2217	"	14.11	"	9	2.94	8	2.85
26 October 1880 . .	2204	"	12.05	"	12	3.77	4	1.82
1 December 1882 . .	2488	"	14.60	"	8	1.31	7	1.30
10 Maart 1885 . .	2492	geel.	12.86	"	8	2.47	4	2.11

DATUM DER WAARNEMING.	Slib- gehalte te Panner- den in dG per M ³ . water.	Kleur van het water.	Water- stand te Panner- den M + A.P.	Toestand der rivier.	Was waarbij de waarneming plaats had.		Was voor de waarneming.	
					Totale duur in dagen.	Totale hoogte in M.	Aantal dagen.	Hoogte in M.

Slibgehalten van 1501 tot 2000 d.G. per M³. water.

23 Augustus 1869 ..	1777	wit.	10.45	wassend.	4	0.48	3	0.46
23 December 1869 ..	1759	—	13.62	maximum stand.	6	3.06	6	3.06
27 Januari 1870 ..	1600	groenachtig.	10.44	vallend.	—	—	—	—
3 November 1870 ..	1753	—	13.25	wassend.	25	4.70	22	4.29
22 November 1872 ..	1695	witachtig.	12.11	„	4	1.85	2	1.17
25 April 1873 ..	1617	„	11.32	„	4	1.36	3	1.33
19 Mei 1874 ..	1696	„	10.13	„	5	1.46	3	1.02
8 Januari 1875 ..	1575	„	10.45	„	6	3.21	4	2.41
16 Juli 1875 ..	1832	groenachtig.	11.11	weinig ver- anderlijk.	—	—	—	—
25 Februari 1876 ..	1630	witachtig.	14.26	maximum stand.	10	5.24	10	5.24
13 Februari 1877 ..	1746	„	12.71	wassend.	12	2.33	—	—
10 Januari 1879 ..	1552	„	13.90	vallend. 2 dagen na maximum.	—	—	—	—
28 Januari 1879 ..	1684	groenachtig.	11.06	vallend na ijs- gang.	—	—	—	—
24 October 1879 ..	1536	witachtig.	11.48	wassend.	7	2.35	5	1.93
2 October 1880 ..	1690	„	13.12	„	12	3.77	7	2.89
2 November 1880 ..	1830	„	13.93	„	12	3.77	11	3.70
1 Februari 1881 ..	1905	„	12.64	„	4	2.83	3	2.24
8 Maart 1881 ..	1968	„	12.47	„	7	3.04	2	4.41
2 Januari 1883 ..	1685	—	14.75	„	10	3.37	8	3.21
14 November 1883 ..	1883	—	13.37	„	11	2.22	5	1.62

Uit dezen staat valt af te leiden, dat ervan de 36 waarnemingen te Pannerden met een slibgehalte grooter dan 1500 d.G. per M³. 28 plaats hadden bij wassend water, 4 bij maximum stand of op 1 dag na dien stand, 1 bij weinig veranderlijken waterstand en 3 bij vallend water.

Neemt men aan, dat de slibgehalten der waarnemingen, welke plaats hadden bij een maximum stand of op een dag daarna ook nog afhankelijk van den voorafgaanden was waren, dan zijn er dus onder bovengenoemde 36 waarnemingen 32, die onder den invloed van wassend water waren. De waarnemingen met een slibgehalte grooter dan 2000 d.G zijn allen onder dien invloed geweest.

De hoogten der wassen, waarbij de waarnemingen plaats hadden, bedroegen bij 2 waarnemingen minder dan 1 M, bij 5 waarnemingen meer dan 1 M doch minder dan 2 M, bij 11 waarnemingen meer dan 2 M doch minder dan 3 M, en bij 14 waarnemingen meer dan 3 M —, zoodat die wassen over het algemeen vrij sterk waren.

Men mag hieruit afleiden, dat een groot slibgehalte in den regel gepaard gaat met sterk wassend water. (1).

Dit neemt niet weg, dat er behalve het wassen van het water ook nog andere oorzaken schijnen te zijn, waardoor gedurende korten tijd een zeer groot slibgehalte kan veroorzaakt worden. Dit moet o. a. het geval geweest zijn bij de waarneming van 7 Augustus 1874, welke bij een middelbaren waterstand en bij een zeer geringen was plaats had en niettemin het grootste slibgehalte aangaf, dat te Pannerden is waargenomen.

Eene bepaalde wet voor de afhankelijkheid tusschen de grootte van het slibgehalte en den duur of de hoogte van den was, welke daarbij voorkwam, valt uit bovenstaanden staat volstrekt niet af te leiden.

Wanneer men let op de kleur, welke het water had bij die waarnemingen, waarbij het slibgehalte grooter dan 1500 d.G. per M². water was, dan blijkt, dat van de 31 waarnemingen, waarvoor de kleur omschreven is, het water 24 maal wit of witachtig, 4 maal geel en 3 maal groenachtig was.

Voor verreweg het meerendeel was dus de kleur van het water bij de waarnemingen met zeer groot slibgehalte wit of witachtig, waaruit volgt, dat de slib bij die waarnemingen grootendeels van de *Moezel* afkomstig moet zijn, daar de witte kleur van het water aan den invloed van deze nevenrivier wordt toegeschreven. (2)

Verband tusschen de slibgehalten en de waterstanden bij veranderlijke rivierstanden.

§ 31. Hoewel uit de voorgaande staten geen verband was op te merken tusschen het slibgehalte, den waterstand en den was der rivier, zoo volgt daaruit nog geenszins, dat zulk een verband in het algemeen niet bestaat. Immers in die staten waren alleen de zeer groote slibgehalten opgenomen en het schijnt niet onmogelijk, dat juist daarvoor zulk een verband niet bestaat.

Men kan zich namelijk voorstellen, dat tot zekere grenzen wat betreft de hoogte vanden waterstand en den was der rivier, de slib door langzame afschuring in de rivier komt en dat wanneer die grenzen overschreden worden tengevolge van buitengewoon grooten regenval er meer afbreking van gronden plaats heeft, waarvan zeer groote slibgehalten het gevolg zouden moeten zijn.

Is iets dergelijks het geval dan zouden dus de zeer groote slibgehalten volstrekt geen regelmatig verband vertoonen met den waterstand of was der rivier, zelfs wanneer kleinere slibgehalten volgens eene bepaalde wet van die grootheden afhangen.

Om te onderzoeken of zulk een verband bestaat kan men, zooals duidelijk is, niet van gemiddelde uitkomsten gebruik maken.

Wij hebben voor dat onderzoek een tijdvak uitgezocht waarin groote veranderingen in de waterstanden en slibgehalten plaats hadden en hebben daarvoor gekozen het tijdvak van 19 September 1882 tot 13 Maart 1883.

Zij nu:

s = het slibgehalte op een willekeurigen dag;

h = de waterstand op denzelfden dag;

h_1, h_2, h_3 , enz. = de waterstanden op een, twee, drie. dagen te voren;

h', h'', h''' , enz. = » » » » » » » later;

dan zal men, indien er een verband tusschen het slibgehalte, den waterstand en de veranderingen van den waterstand mocht bestaan, het slibgehalte in functie van die grootheden kunnen uitdrukken.

(1) Uit de gedane opgaven blijkt ook, dat buitengewoon groote slibgehalten zowel in de zomermaanden als in de wintermaanden kunnen voorkomen.

(2) Wegens gemis aan gegevens betreffende de waterstanden op de nevenrivieren van den Rijn kon niet nagegaan worden door welke nevenrivier de boven opgegeven wassen voornamelijk veroorzaakt waren. Wellicht, dat, wanneer men over die gegevens beschikken kon, er eerder een bepaalde regel voor de verandering van het slibgehalte bij sterk wassend water te ontdekken ware.

De waterstanden op een of meer dagen na de waarneming meenden wij van te voren niet buiten rekening te kunnen laten, hoewel het te verwachten is, dat het slibgehalte in den regel meer afhankelijk zal zijn van de waterstanden welke voor, dan van die welke na de waarneming voorkwamen.

Op grond van de betrekking, die bij onveranderlijken rivierstand tusschen waterstand en slibgehalte bleek te bestaan is er eenige reden, om te onderstellen, dat ook bij veranderlijken rivierstand het verband tusschen slibgehalte en waterstanden door eene vergelijking van den eersten graad kan voorgesteld worden, in welk geval men dus mag stellen:

$$s = \mathcal{L} + \beta h + \gamma_1 h' + \gamma_2 h'' + \dots + \delta_1 h_1 + \delta_2 h_2 + \dots$$

indien \mathcal{L} , β , γ_1 , γ_2 , \dots , δ_1 , δ_2 , \dots nader te bepalen coëfficiënten voorstellen.

Ten einde niet in te uitvoerige berekeningen te vervallen hebben wij in bovenstaande formule alleen in aanmerking genomen den waterstand van den dag der waarneming, den waterstand op twee dagen na de waarneming en de waterstanden op twee en vier dagen voor de waarneming, waardoor de formule den volgende vorm verkreeg:

$$s = \mathcal{L} + \beta h + \gamma_2 h'' + \delta_2 h_2 + \delta_4 h_4.$$

De coëfficiënten \mathcal{L} , β , γ_2 , δ_2 en δ_4 zijn door toepassing van de methode der kleinste vierkanten bepaald uit de helft der waarnemingen, welke in bovengenoemd tijdvak van 19 September 1882—13 Maart 1883 te Pannerden plaats hadden. (1)

De waarnemingen echter waarbij het slibgehalte grooter dan 1500 d.G. per M². bedroeg, hebben wij buiten rekening gelaten, omdat al spoedig bleek, dat voor die slibgehalten de formule volstrekt niet geldig was.

Als resultaat der berekening van de coëfficiënten is voor het slibgehalte te Pannerden de volgende formule gevonden:

$$(A) \quad s = -1330 + 164 h + 118 h_2 - 293 h_4 + 159 h''$$

indien het slibgehalte in d.G. per M². water en de waterstanden in Meters boven A.P. zijn uitgedrukt.

Nadat deze formule bepaald was is onderzocht of ook eenvoudiger formules konden toegepast worden.

Hierdoor is gebleken, dat de nauwkeurigheid waarmede de formule de slibgehalten gedurende het beschouwde tijdvak aangeeft zeer weinig vermindert, indien de formule alleen de grootheden h , h_2 en h_4 bevat en dus de waterstand h'' op 2 dagen na de waarneming buiten rekening wordt gelaten.

Door berekening der coëfficiënten voor dat geval verkrijgt men de formule.

$$(B) \quad s = -1350 + 434 h - 40 h_2 - 245 h_4.$$

Wanneer men op deze wijze voortgaat en achtereenvolgens een der waterstanden h , h_2 of h_4 buiten rekening laat, dan blijkt, dat de nauwkeurigheid der formule belangrijk vermindert, indien men den waterstand h of h_4 buiten beschouwing laat, doch, dat die nauwkeurigheid slechts zeer weinig vermindert, wanneer de waterstand h_2 uit de formule wordt gelaten. (2)

(1) De coëfficiënten zijn berekend door te onderstellen, dat de som der vierkanten van de werkelijke verschillen tusschen de waargenomen en berekende slibgehalten een minimum moest worden. Wellicht ware het juistere geweest, om de som der vierkanten van de betrekkelijke verschillen tot een minimum te maken.

(2) Dat de nauwkeurigheid van de formules A, B en C weinig verschilt blijkt uit eene vergelijking van de sommen der vierkanten der verschillen tusschen de waargenomen en de berekende slibgehalten.

Men heeft namelijk voor de vier en twintig waarnemingen, die tot bepaling der coëfficiënten zijn gebruikt,

volgens formule A, $[\delta\delta] = 349000$;

" B, " = 387000;

" C, " = 390000;

terwijl wanneer de formule alleen de waterstanden h en h_2 bevat wordt gevonden $[\delta\delta] = 577000$.

Men vindt alsdan:

$$(C.) s = - 1350 + 414 h - 265 h_2. (1)$$

De uitkomsten, welke men verkrijgt door met formule C de slijbgehalten gedurende het tijdvak 19 September 1882—13 Maart 1883 te berekenen, zijn in den volgenden staat verzameld, waarin de waarnemingen, welke tot bepaling van de coëfficiënten gediend hebben, onderstreept zijn.

Vergelijking tusschen waargenomen en berekende slijbgehalten te Pannerden.

DATUM.	Slijbgehalte in d. G. per M ³ . water.		DATUM.	Slijbgehalte in d. G. per M ³ . water.		DATUM.	Slijbgehalte in d. G. per M ³ . water.	
	volgens waarneming.	volgens berekening met formule (C).		volgens waarneming.	volgens berekening met formule (C).		volgens waarneming.	volgens berekening met formule (C).
19 September 1882	<u>628</u>	470	17 November 1882	<u>1210</u>	870	16 Januari 1883	<u>238</u>	400
22 " "	<u>828</u>	490	21 " "	<u>413</u>	940	19 " "	<u>226</u>	200
26 " "	<u>868</u>	1090	24 " "	<u>374</u>	530	23 " "	<u>223</u>	410
29 " "	<u>599</u>	400	28 " "	<u>1239</u>	1490	26 " "	<u>256</u>	330
3 October "	<u>631</u>	660	1 December "	<u>2458</u>	960	30 " "	<u>245</u>	390
6 " "	<u>607</u>	630	5 " "	<u>603</u>	800	2 Februari "	<u>598</u>	640
10 " "	<u>741</u>	590	8 " "	<u>681</u>	540	6 " "	<u>233</u>	350
13 " "	<u>355</u>	280	12 " "	<u>386</u>	740	9 " "	<u>189</u>	220
17 " "	<u>1010</u>	840	15 " "	<u>250</u>	300	13 " "	<u>173</u>	300
20 " "	<u>484</u>	370	19 " "	<u>260</u>	430	16 " "	<u>216</u>	340
24 " "	<u>348</u>	580	22 " "	<u>270</u>	290	20 " "	<u>195</u>	410
27 " "	<u>597</u>	460	26 " "	<u>254</u>	500	23 " "	<u>257</u>	290
31 " "	<u>624</u>	680	29 " "	<u>1115</u>	1160	27 " "	<u>126</u>	290
3 November "	<u>400</u>	340	2 Januari 1883	<u>1685</u>	1330	2 Maart "	<u>109</u>	210
7 " "	<u>384</u>	510	5 " "	<u>1030</u>	950	6 " "	<u>119</u>	140
10 " "	<u>511</u>	520	9 " "	<u>625</u>	1100	9 " "	<u>81</u>	130
14 " "	<u>1883</u>	1180	12 " "	<u>314</u>	570	13 " "	<u>111</u>	110

(1) De omstandigheid, dat de nauwkeurigheid dezer formule veel grooter is dan die van eene formule, waarbij alleen de waterstanden h en h_2 voorkomen, doet vermoeden dat die nauwkeurigheid wellicht nog grooter zou worden indien ook de waterstanden van meer dan vier dagen voor de waarneming in rekening werden gebracht.

De waargenomen en berekende slibgehalten van bovenstaanden staat zijn op plaat 22 graphisch voorgesteld.

Wanneer men die teekening beschouwt dan blijkt, dat de lijnen, welke de berekende en waargenomen slibgehalten voorstellen over het algemeen een vrij gelijk beloop hebben, hoewel zij op vele plaatsen belangrijke verschillen vertoonen. Voorts blijkt, dat voor die gevallen waarbij het waargenomen slibgehalte zeer groot was het berekende slibgehalte in het geheel niet met het waargenomen overeenkwam.

Hoewel wij dus geenszins zullen beweren, dat bovenstaande formule alle veranderingen aangeeft, welke het slibgehalte bij veranderlijken rivierstand vertoont, zoo meenen wij toch dat men uit plaat 22 de gevolgtrekking mag maken:

dat het slibgehalte, met uitzondering van die gevallen waarbij het zeer groot is, bij veranderlijke rivierstanden veranderingen ondergaat, die niet grillig zijn, maar eene bepaalde wet volgen, welke voor het tijdvak van 19 September 1832—13 Maart 1883 ongeveer door de bovengegeven formule uitgedrukt kan worden.

Vergelijking tusschen de slibgehalten op verschillende plaatsen langs de Rijntakken.

§ 32. Uit eene beschouwing der platen werd reeds afgeleid, dat met uitzondering van Nijmegen de slibgehalten, welke in de platen waren aangegeven, voor verschillende plaatsen langs de Rijntakken in den regel veel overeenkomst vertoonen.

Dit kan nog nader aangetoond worden door voor verschillende plaatsen van waarneming de gemiddelde slibgehalten in functie van de waterstanden aan een zelfde peilschaal bijv. aan die te Pannerden uit te drukken.

Hiertoe is het noodig de waterstanden aan de peilschalen, ten opzichte waarvan de slibgehalten van de verschillende plaatsen langs de Rijntakken zijn opgegeven, uit te drukken in functie van de waterstanden te Pannerden. Door vergelijking van een groot aantal gelijktijlig voorgekomen waterstanden zijn de volgende formules gevonden, waarin wederom h_P voorstelt den waterstand te Pannerden, h_N dien te Nijmegen enz.:

$$\begin{aligned} \text{voor Nijmegen} & \quad h_N = - 3.67 + 1.184 h_P \\ & \text{> St. Andries (Waal)} \quad h_{St. A} = - 6.14 + 1.001 h_P \\ & \text{> Westervoort} \quad h_W = - 0.28 + 0.933 h_P \end{aligned}$$

Substitueert men deze waarden in de formules van bladz. 37 dan verkrijgt men de volgende formules, waardoor de gemiddelde slibgehalten op verschillende plaatsen in functie van de waterstanden te Pannerden uitgedrukt worden. (1)

$$\begin{aligned} \text{voor Pannerden} & \quad s_P = - 1292 + 162 h_P \\ & \text{> Nijmegen} \quad s_N = - 1660 + 229 h_P \\ & \text{> St. Andries (Waal)} \quad s_{St. A} = - 1010 + 137 h_P \\ & \text{> Westervoort} \quad s_W = - 1218 + 156 h_P \\ & \text{> Kampen} \quad s_K = - 762 + 108 h_P \end{aligned}$$

De lijnen, welke door deze formules worden voorgesteld, zijn op plaat 22 in teekening gebracht. Zoowel uit de formules als uit plaat 22 blijkt duidelijk, dat de gemiddelde slibgehalten te Pannerden, St. Andries (Waal) en Westervoort ongeveer gelijk zijn. De onderlinge verschillen

(1) Hoewel de formule voor Pannerden afgeleid is uit de waarnemingen van het tijdvak April 1869—1885 en de formules voor de overige plaatsen uit die van het tijdvak Juli 1879—1884, zoo kunnen die toch onderling vergeleken worden, daar zooals uit staat A van blz. 30 blijkt er geen belangrijke verschillen bestaan tusschen de gemiddelde slibgehalten te Pannerden van beide tijdvakken.

zijn zoo klein, dat die zeer goed alleen veroorzaakt kunnen zijn door kleine onzekerheden in de verschillende berekeningen, welke voor het afleiden der formules noodig waren.

Voorts blijkt, dat het slibgehalte te Kampen bij lage waterstanden ongeveer gelijk, doch bij hooge waterstanden kleiner is dan de slibgehalten op de bovengenoemde drie plaatsen.

Eindelijk blijkt, dat het slibgehalte te Nijmegen bij alle waterstanden veel grooter is en bij middelbare waterstanden bijna het dubbel bedraagt van de slibgehalten te Pannerden, Westervoort en St. Andries (Waal).

Alvorens uit deze verschijnselen eene gevolgtrekking te maken zal het noodig zijn ook de slibgehalten te Arnhem, te Krimpen a/d Lek en te Dordrecht met die der overige plaatsen te vergelijken.

Daar echter op deze plaatsen slechts gedurende een kort tijdvak waarnemingen hebben plaats gehad, zoo kon voor die plaatsen de betrekking tusschen slibgehalte en waterstand niet met voldoende nauwkeurigheid opgemaakt worden, daarom is voor bovengenoemde vergelijking een anderen weg gevolgd en zijn de verschillen opgemaakt tusschen de slibgehalten, welke op die plaatsen en op andere plaatsen gelijktijdig werden waargenomen.

Zoo zijn bijv. de waarnemingen, welke in 1883 en 1884 te Arnhem werden gedaan vergeleken met die, welke gelijktijdig te Westervoort werden gedaan.

Hierdoor is gebleken, dat bij 61 procent van alle gedurende die twee jaren gedane waarnemingen het slibgehalte te Arnhem grooter, en bij 39 procent kleiner werd waargenomen dan te Westervoort.

Het gemiddeld verschil tusschen de slibgehalten op beide plaatsen bedroeg 17 d.G. per M³. water voor het jaar 1883 en 9 d.G. voor het jaar 1884, in dien zin dat het gemiddelde der slibgehalten te Arnhem grooter was dan te Westervoort.

De verschillen vertoonden over het algemeen geen regelmaat maar schenen een toevallig karakter te hebben, alleen kwamen enkele malen reeksen voor, waarbij de verschillen voor verscheidene op elkander volgende waarnemingen hetzelfde teeken behielden. Wij hebben onderzocht of het teeken van het verschil ook eenige afhankelijkheid vertoonde van de windrichting bij den kop van den IJssel tijdens de waarneming, doch hebben een dergelijken invloed niet kunnen constateeren.

De vergelijking van de gelijktijdig verrichte waarnemingen te Arnhem en Westervoort geeft dus aanleiding om te onderstellen, dat er geen bepaald verschil tusschen de slibgehalten op beide plaatsen bestaat.

De waarnemingen te Krimpen zijn vergeleken met de gelijktijdig gedane waarnemingen te Pannerden, terwijl de verschillen tusschen de slibgehalten op beide plaatsen gerangschikt zijn volgens de waterstanden te Pannerden. De waarnemingen bij waterstanden te Pannerden lager dan 9 M + A. P. of hooger dan 14 M + A. P. zijn wegens het geringe aantal buiten beschouwing gelaten.

De resultaten dezer vergelijking zijn in den volgende staat verzameld.

Gemiddelde verschillen tusschen de slibgehalten te Krimpen a/d Lek en te Pannerden gedurende 1879 (Juli) — 1882.

(+ duidt aan, dat het slibgehalte te Krimpen grooter, — dat dit kleiner was dan te Pannerden).

Rivierstanden te Pannerden in M. + A.P.

9.01—10.00.	10.01—11.00.	11.01—12.00.	12.01—13.00.	13.01—14.00.
d.G.	d.G.	d.G.	d.G.	d.G.
+ 239	+ 157	+ 23	+ 5	— 108

Uit deze vergelijking volgt, dat bij rivierstanden te Pannerden lager dan 11.00 M + A. P. het slibgehalte te Krimpen gemiddeld grooter was dan te Pannerden, dat bij rivierstanden

van ongeveer 11 tot 13 M + A.P. te Pannerden, de slibgehalten op beide plaatsen zeer weinig verschilden, terwijl bij hoogere rivierstanden het slibgehalte te Pannerden grooter schijnt geweest te zijn dan te Krimpen.

De waarnemingen te Dordrecht zijn vergeleken met die te St. Andries (Waal) waarvan de resultaten in den volgende staat zijn samengevat.

Gemiddelde verschillen tusschen de slibgehalten te Dordrecht en te St. Andries (Waal) gedurende 1879 (Juli) — 1882.

(+ duidt aan dat het slibgehalte te Dordrecht grooter, — dat dit kleiner was dan te Pannerden).

Rivierstanden te St. Andries in M. + A.P.

Beneden 4.00.	4.01—5.00.	5.01—6.00.	6.01—7.00.	7.01 en hooger.
d.G. — 53	d.G. — 105	d.G. — 148	d.G. + 47	d.G. + 110

Uit deze vergelijking valt eenigszins af te leiden, dat bij lage en middelbare rivierstanden het slibgehalte te Dordrecht kleiner en bij hooge rivierstanden grooter is geweest dan te St. Andries (Waal), met volkomen zekerheid is deze gevolgtrekking niet te maken daar de verschillen niet regelmatig met de rivierstanden veranderen.

Men mag echter uit bovenstaande staten wel afleiden, dat de slibgehalten te Dordrecht en Krimpen over het algemeen niet belangrijk verschillen van de slibgehalten te Pannerden en te St. Andries (Waal), althans daarmede veel meer overeenkomst vertoonen dan bijv. met de slibgehalten te Nijmegen.

Voor Gorinchem weken de slibgehalten *geheel* af van- en waren veel grooter dan de slibgehalten op de overige plaatsen langs de Rijntakken, hetgeen onmiddellijk blijkt door vergelijking van de gemiddelde slibgehalten te Gorinchem met die te St. Andries of Dordrecht, welke alle drie ten opzichte van de waterstanden aan de peilschaal te St. Andries zijn opgegeven. (Zie de staten C en F en Pl. XXI).

Wanneer wij ten slotte de resultaten samenvatten van de vergelijking der slibgehalten op de verschillende plaatsen langs de Rijntakken, dan is gebleken:

1°. dat de slibgehalten te Pannerden, Westervoort, St. Andries (Waal) en Arnhem nagenoeg gelijk zijn;

2°. dat het slibgehalte te Kampen eenigszins kleiner is dan op bovengenoemde plaatsen. en wel meer daarmede verschilt naarmate de waterstanden hooger zijn;

3°. dat de slibgehalten te Krimpen en Dordrecht gemiddeld veel overeenkomst vertoonen met de slibgehalten op de bovengenoemde plaatsen langs de Rijntakken;

4°. dat de slibgehalten te Nijmegen en te Gorinchem geheel afwijken van, en *veel grooter* zijn dan de slibgehalten op de overige plaatsen langs de Rijntakken.

Wij meenen uit deze resultaten de gevolgtrekking te kunnen maken, dat het slibgehalte van den Rijn gedurende zijn loop langs verschillende takken door ons land tot aan de benedenrivieren waarschijnlijk slecht weinig verandering ondergaat, en dat er eenige reden is, om te onderstellen, dat er bij de waarnemingen te Nijmegen en Gorinchem bijzondere geheel lokale invloeden in het spel geweest zijn.

De afwijking, welke het slibgehalte te Kampen ten opzichte van de slibgehalten op de overige plaatsen vertoont is met bovengenoemde resultaten niet in strijd, immers die afwijking kan gedeeltelijk het gevolg zijn van de omstandigheid, dat de IJssel tusschen

Westervoort en Kampen het water van verschillende kleine zijrivieren opneemt, welke vermoedelijk minder slibrijk zijn dan de Rijn.

Dat er afwijkingen bestaan tusschen de slibgehalten te Krimpen a/d Lek en Dordrecht met de slibgehalten op de overige plaatsen behoeft zekerniet te verwonderen daar genoemde plaatsen aan een benedenrivier zijn gelegen waar zowel eb- als vloedstroom gaat, waarvan eenige invloed op het slibgehalte van het water wel te verwachten was, en wat Dordrecht betreft zoo is het slibgehalte op die plaats ook eenigermate afhankelijk van het slibgehalte van het water der Maas.

De afwijkingen der slibgehalten te Nijmegen en Gorinchem met de slibgehalten van overige plaatsen zijn echter niet verklaarbaar, en geven aanleiding tot het maken van twee onderstellingen.

Men kan namelijk onderstellen, dat de waarnemingen te Nijmegen en te Gorinchem geheel te vertrouwen zijn en dus de rivier op die plaatsen een geheel ander slibgehalte heeft dan het Pannerdensch Kanaal, de Neder-Rijn en de IJssel, of men kan onderstellen dat bijzondere lokale invloeden de slibgehalten te Nijmegen en Gorinchem veel te groot hebben doen vinden.

Gaat men van de eerste onderstelling uit, dan zou men daarbij tevens moeten aannemen, dat het slibgehalte van de Waal en van de Merwede van de eene tot de andere plaats zeer veranderlijk was, om de verschillen tusschen de slibgehalten te Nijmegen, St. Andries, Gorinchem en Dordrecht te kunnen verklaren.

Op zich zelf zou het geenszins onmogelijk of onwaarschijnlijk zijn, dat het slibgehalte der Waal geheel zou afwijken van de slibgehalten van den Rijn en den IJssel, evenmin zou het onmogelijk of onwaarschijnlijk zijn, dat het slibgehalte der Waal van de eene tot de andere plaats zou veranderen, doch hoewel niet onmogelijk zou het bij die onderstellingen toch zeer *onwaarschijnlijk* zijn, dat het slibgehalte te St. Andries bijna volkomen overeenstemde met het slibgehalte te Pannerden en het slibgehalte te Dordrecht met dat te St. Andries veel overeenstemming vertoonde.

Op grond van het bovenstaande meenen wij, dat er eenige reden is om de tweede onderstelling aan te nemen, en dus te onderstellen, dat door bijzondere lokale invloeden de slibgehalten te Nijmegen en Gorinchem te groot zijn gevonden.

In deze meening worden wij versterkt door de omstandigheid, dat de waarnemingen te Gorinchem ook in een ander opzicht eene belangrijke afwijking vertoonden met de waarnemingen op de overige plaatsen.

Terwijl namelijk op alle overige plaatsen langs de rivieren de stoffen, welke het rivierwater bevatte uitsluitend uit slibdeelen bestonden, was dit te Gorinchem niet het geval en bestonden die stoffen voor een deel en soms zelfs voor een groot deel uit zand of grintzand.

Wat Nijmegen betreft, worden wij in die meening versterkt door de omstandigheid, dat de afwijking van het slibgehalte te Nijmegen van het slibgehalte op de overige plaatsen niet altijd aanwezig geweest is en verder iets onregelmatigs vertoont.

Wanneer men namelijk de platen 6—11 beschouwt dan blijkt, dat de bedoelde afwijking van het slibgehalte te Nijmegen in het jaar 1879 nagenoeg niet bestond, in het jaar 1880 niet voortdurend bestaan heeft en geenszins zoo groot was als in de volgende jaren, en in de jaren 1881 en 1884 gedurende enkele maanden niet voorgekomen is.

Welke bijzondere lokale invloeden de bedoelde afwijkingen veroorzaakt hebben is thans niet meer na te gaan, het schijnt ons echter niet onwaarschijnlijk, dat het stooten met den waterschepper tegen den bodem daaronder behoort. Wanneer dit het geval is geweest dan zouden althans de afwijkingen der waarnemingen te Gorinchem zoowel wat de grootte van het slibgehalte als wat de samenstelling der slib aldaar betreft geheel te verklaren zijn. De afwijkingen der waarnemingen te Nijmegen zijn met die onderstelling echter minder goed te verklaren.

Ten slotte kunnen wij niet ontkennen, dat de waarnemingen te Gorinchem en Nijmegen eenige onzekerheid laten in de gevolgtrekking, welke boven omtrent de slibgehalten der verschillende Rijntakken werd gemaakt.

Buitengewoon groote en kleine slibgehalten.

§ 32. Ten einde eenige gegevens te verstrekken omtrent het aantal malen, dat op verschillende plaatsen buitengewoon groote slibgehalten zijn voorgekomen, alsmede omtrent het grootste en kleinste slibgehalte, dat op elke plaats is waargenomen, zijn de volgende staten samengesteld, die geen nadere toelichting behoeven.

STAAT A aangevende het aantal malen, dat op de verschillende plaatsen de hieronder opgegeven slijbgehalten werden waargenomen.

Plaatsen van waarneming.	Tijdvakken der waarnemingen.	Slijbgehalten in d. G. per M ³ . water.									Aantal malen dat het slijbgehalte gelijk of groeter was dan 1000 d. G.	
		1000—1499	1500—1999	2000—2499	2500—2999	3000—3499	3500—3999	4000—4499	4500—4999	5000 en meer.	Totaal.	Gemiddeld per jaar.
Pannerden	April 1869-1885	78	22	9	4	3	—	—	—	—	116	± 7
Nijmegen	Juli 1879-1884	90	22	11	6	1	—	—	—	—	132	„ 24
St. Andries (Waal)	„ „ - „	21	8	—	1	2	—	—	—	—	32	„ 6
Westervoort	„ „ - „	20	4	2	2	—	—	—	—	—	28	„ 5
Kampen	„ „ - „	5	2	—	1	1	—	—	1	—	10	„ 2
Arnhem	1883-1884	5	1	—	—	—	—	—	—	—	6	„ 3
Gorinchem	Juli 1879-1882	73	45	32	27	19	15	5	5	13	234	„ 67
Dordrecht	„ „ - „	16	6	3	1	1	1	—	—	—	28	„ 8
Krimpen a/d Lek.	„ „ - „	24	10	1	1	—	—	—	—	—	36	„ 10
Maastricht	„ „ -1885	42	25	7	4	3	—	—	—	2	83	„ 13
St. Andries (Maas)	„ „ -1884	4	1	1	2	—	—	—	—	—	8	„ 1
Hoek van Holland	„ „ -1882	52	33	18	13	7	2	2	4	3	134	„ 38
Zijpe	Sept. „ -1882	67	28	18	15	7	4	5	3	12	159	„ 42
Mosselkreek	„ „ - „	30	7	7	2	—	1	—	3	2	52	„ 16
Eendracht	Oct. „ -1882	2	—	—	—	—	—	—	—	—	2	„ 1

STAAT **B** bevattende de grootste slijbgehalten in d. G. per. M³.
water op de verschillende plaatsen waargenomen in elk jaar
van het tijdvak 1879—1885.

Plaatsen van waarneming.	(1) 1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	Aanmerkingen.
Pannerden (2)	2195	2804	¹⁾ 3106	2488	1685	1163	2492	¹⁾ 9 September.
Nijmegen	3177	2537	4118	2900	²⁾ 5106	1163	—	²⁾ 9 Januari.
St. Andries (Waal)	1932	2596	³⁾ 3368	3340	1804	979	—	³⁾ 9 September.
Westervoort	1406	2070	⁴⁾ 2592	2604	1500	1081	—	⁴⁾ 9 September.
Kampen	923	3491	1859	⁵⁾ 4559	946	851	—	⁵⁾ 5 December.
Arnhem	—	—	—	—	⁶⁾ 1905	1107	—	⁶⁾ 2 Januari.
Gorinchem	¹⁰⁾ 11741	9332	9502	3762	—	—	—	⁷⁾ 12 December.
Dordrecht	3469	2274	1941	¹¹⁾ 3519	—	—	—	⁸⁾ 18 Januari.
Krimpen a/d Lek.	⁹⁾ 2548	1768	1677	1525	—	—	—	²⁾ 14 November.
Maastricht	1632	2350	1921	⁷⁾ 5960	3021	3457	2651	¹⁰⁾ 23 December.
St. Andries (Maas)	1932	2750	⁸⁾ 2864	2157	963	669	—	¹¹⁾ 1 December.
Hoek van Holland	1948	¹²⁾ 7940	6333	7925	—	—	—	¹²⁾ 9 November.
Zijpe	6460	¹³⁾ 11950	8624	5567	—	—	—	¹³⁾ 27 Februari.
Mosselkreek	2383	4907	1387	¹⁴⁾ 8144	—	—	—	¹⁴⁾ 7 April.
Eendrecht	823	1060	¹⁵⁾ 1408	816	—	—	—	¹⁵⁾ 4 Maart.

(1) De opgaven hebben voor Pannerden betrekking op het geheele jaar 1879, voor de overige plaatsen op de laatste helft van dat jaar.

(2) De grootste slijbgehalten, die gedurende het tijdvak 1869—1878 te Pannerden werden waargenomen, bedroegen in:

1869	2037 d. G.	1874	3318 d. G.
1870	1753 „	1875	2528 „
1871	2086 „	1876	3058 „
1872	2583 „	1877	1746 „
1873	2700 „	1878	1462 „

STAAT C bevattende de kleinste slibgehalten in d. G. per M³.
water op de verschillende plaatsen waargenomen in elk jaar
van het tijdvak 1879—1885.

Plaatsen van waarneming.	(1) 1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885
Pannerden	25	43	83	77	73	70	95
Nijmegen	65	125	105	152	372	167	—
St. Andries (Waal)	102	158	79	56	127	109	—
Westervoort	172	84	83	67	145	135	—
Kampen	98	101	60	101	89	91	—
Arnhem	—	—	—	—	84	92	—
Gorinchem	108	209	101	146	—	—	—
Dordrecht	49	70	80	15	—	—	—
Krimpen a/d Lek	284	173	154	167	—	—	—
Maastricht	52	25	55	64	81	66	91
St. Andries (Maas)	137	137	120	103	86	105	—
Hoek van Holland	169	203	103	126	—	—	—
Zijpe	262	152	169	119	—	—	—
Mosselkreek	200	23	107	128	—	—	—
Eendracht	52	23	29	29	—	—	—

Uit staat B volgt, dat het grootste slibgehalte, dat op de bovenrivieren werd waargenomen voor de Rijntakken bedroeg 5106 d.G. te Nijmegen en voor de Boven-Maas 5980 d. G. te Maastricht, terwijl het grootste slibgehalte, dat op de benedenrivieren of Zeeuwsche Stroomen werd waargenomen bedroeg 11980 d. G. op het Zijpe.

Deze slibgehalten blijven allen nog verre beneden het slibgehalte, dat door den heer van

(1) Zie noot bij staat B.

DER TOORN op de Boven-Maas te Grave werd waargenomen op 20 Januari 1866 ter grootte van ongeveer 20000 d.G. per M². water.

HOOFDSTUK IV.

Jaarlijksche slibafvoeren.

Jaarlijksche water- en slibafvoer van den Boven-Rijn.

§ 34. Op den Boven-Rijn hebben geen slibwaarnemingen plaats gehad zoodat men ter bepaling van den slibafvoer dezer rivier van de onderstelling moet uitgaan, dat de waargenomen slibgehalten te Pansterdam ook voor den Boven-Rijn gelden. Deze onderstelling schijnt ons, op grond van de overeenstemming, die tusschen de slibgehalten op verschillende plaatsen bleek te bestaan, voor dat doel niet gewaagd.

In de nota's betreffende de waarnemingen van het slibgehalte zijn bij de berekening van de waterafvoeren van den Boven-Rijn afvoercijfers gebruikt, die, zooals bij onderzoek gebleken is, waren afgeleid uit de afvoermetingen gedurende het tijdvak 1870—1874.

Daar na 1874 verscheidene afvoermetingen zijn verricht, dienen die afvoercijfers thans herzien te worden. Daartoe hebben wij door gebruikmaking van alle tot dusver gedane waarnemingen graphisch de afvoerlijn geconstrueerd, welke de betrekking tusschen de afvoeren van het Bijlandsch kanaal en de waterstanden te Pansterdam aangaf.

Voorts is hetzelfde gedaan voor de waargenomen afvoeren van den Ouden Rijnmond zoodat ook de afvoerlijn voor den Boven-Rijn boven den Ouden Rijnmond kon bepaald worden.

Het beloop dezer afvoerlijn was tot waterstanden van ongeveer 14 M + A. P. te Pansterdam vrij zeker aan te geven, voor hoogere waterstanden was dit echter volstrekt niet het geval en daarvoor zijn dus de aangenomen afvoercijfers onzeker. (1)

Vergelijkt men de op boven omschreven wijze verkregen afvoercijfers voor den Boven-Rijn met die, welke in de verschillende nota's der slibwaarnemingen waren aangenomen, dan blijken de verschillen over het algemeen betrekkelijk klein te zijn, waarom het onnoodig

(1) Wanneer men uitrekent welke hoeveelheid water in verschillende jaren werd afgevoerd bij waterstanden hooger dan 14 M + A. P., dan blijkt die hoeveelheid slechts een zeer klein gedeelte van den jaarlijkschen waterafvoer te bedragen, zoodat zelfs eene groote fout in de aangenomen afvoercijfers voor die hooge waterstanden slechts eene kleine fout in den jaarlijkschen afvoer kan veroorzaken.

Zoo bedroeg bijv. de afvoer bij waterstanden hooger dan 14 M + A. P.:

in 1880 ongeveer 2 procent van den totalen afvoer gedurende dat jaar;

" 1881	" 4	" " " " " " " "
" 1882	" 9	" " " " " " " "
" 1883	" 11	" " " " " " " "
" 1884	" 0	" " " " " " " "
" 1885	" 0	" " " " " " " "

Eene fout van bijv. 20 procent van de afvoercijfers voor waterstanden hooger dan 14 M + A. P. zou dus zelfs voor de jaren 1882 en 1883, waarin buitengewoon hooge waterstanden zijn voorgekomen, slechts eene fout van ongeveer 2 procent van den jaarlijkschen waterafvoer ten gevolge hebben.

werd geacht de berekende jaarlijksche afvoeren, welke in die nota's zijn opgegeven, te wijzigen. (1)

Ten einde voor elk jaar den totalen slibafvoer te kunnen opgeven en niet genoodzaakt te zijn dit slechts voor verschillende gedeelten van elk jaar te doen, hebben wij voor de weinige dagen waarop de waarnemingen ontbraken het slibgehalte door interpolatie tusschen de voorgaande en volgende waarneming afgeleid of in verband met de hoogten van den waterstand geschat.

Hoewel de op deze wijze aangenomen slibgehalten natuurlijk hoogst onzeker zijn, is de betrekkelijke invloed hiervan op den jaarlijkschen slibafvoer zeer gering zoolang de afvoer gedurende de dagen waarvoor het slibgehalte moest aangenomen worden slechts een klein gedeelte uitmaakt van den geheelen jaarlijkschen afvoer, en dit was voor alle jaren gedurende het tijdvak 1870—1885 het geval.

Door op bovengenoemde wijze het slibgehalte te bepalen gedurende de weinige dagen, dat de waarnemingen niet plaats hadden is met de vroeger genoemde afvoercijfers de volgende staat samengesteld.

(1) Ter vergelijking van beide afvoercijfers is de volgende staat samengesteld:

Waterstanden te Pannerden. M. + A.P.	Afvoer van den Boven-Rijn voor deze waterstanden.		Verschillen.	
	aangenomen in de nota's over de slib- waarnemingen. M ³ . per seconde.	afgeleid uit alle tot dusver ge- dane waar- nemingen. M ³ . per seconde.	in M ³ .	in procenten der laatste af- voercijfers.
van 8.83 tot 8.92	932	900	— 32	— 3.4
„ 9.33 „ 9.42	1274	1250	— 24	— 1.9
„ 9.83 „ 9.92	1660	1680	+ 20	+ 1.2
„ 10.33 „ 10.42	2090	2080	— 10	— 0.5
„ 10.83 „ 10.92	2565	2580	+ 15	+ 0.6
„ 11.33 „ 11.42	3087	3100	+ 13	+ 0.4
„ 11.83 „ 11.92	3672	3650	— 22	— 0.6
„ 12.33 „ 12.42	4328	4180	— 248	— 5.7
„ 12.83 „ 12.92	5068	4900	— 168	— 3.3
„ 13.33 „ 13.42	5903	5750	— 153	— 2.6
„ 13.83 „ 14.42	6898	6700	— 198	— 2.0
„ 14.33 „ 14.82	7872	7900	+ 28	+ 0.4
„ 14.83 „ 14.92	9007	9150	+ 143	+ 1.6

JAAR.	Waterafvoer van den Boven-Rijn in milliarden M ³ .	Slibafvoer van den Boven-Rijn		Gemiddeld slibgehalte in decigrammen per M ³ water. (in <i>ronde cijfers</i> .)
		in miljoenen K. G. (1)	in duizendtallen M ³ . (in luchtdrogen toestand) (2)	
1870	64	3 600	2 250	560
1871	66	3 300	2 060	500
1872	71	3 500	2 190	490
1873	62	3 000	1 880	480
1874	43	1 900	1 190	440
1875	68	4 200	2 630	620
1876	87	5 400	3 380	620
1877	86	4 600	2 880	530
1878	91	5 000	3 130	550
1879	94	5 800	3 630	620
1880	84	6 000	3 750	710
1881	78	3 800	2 380	490
1882	85	5 100	3 190	600
1883	78	3 800	2 380	490
1884	60	2 200	1 380	370
1885	65	3 200	2 000	490
Te zamen gedurende 1870-1885 .	1182	64 400	40 300	

(1) Van dezen slibafvoer bedroeg de hoeveelheid, waarvoor het slibgehalte wegens het ontbreken van waarnemingen geschat is:

voor 1870 ongeveer 300 miljoen K.G.

1871	600	"	"
1875	100	"	"
1876	100	"	"
1877	100	"	"
1878	100	"	"
1878	100	"	"
1878	100	"	"
1879	100	"	"
1880	1000	"	"
1881	300	"	"
en voor de overige jaren minder dan	100	"	"

(2) Ter berekening van de cijfers voor deze kolom is aangenomen dat een M³ slib in luchtdrogen toestand 1600 K.G. slibstoffen bevat. (Zie hieromtrent het naschrift met bijlage I).

Uit dezen staat volgt, dat gemiddeld gedurende het zestienjarig tijdvak 1870—1885: de jaarlijksche waterafvoer 74 milliard M³; de jaarlijksche slibafvoer ongeveer 4 milliard K. G. of 2,5 miljoen M³; en het gemiddeld slibgehalte 540 d. G. per M³. water bedroeg.

Denkt men zich deze gemiddelde jaarlijksche water- en slibafvoeren gelijkmatig verspreid over de geheele oppervlakte van het stroomgebied van den Rijn, dat ongeveer 15,7 miljoen H.A. groot is, dan zou de dikte van de waterlaag ongeveer 0,47 Meter en van de sliblaag in luchtdrogen toestand ongeveer 0,016 millimeter bedragen.

Jaarlijksche water- en slibafvoer van de Waal.

§ 35. Uit de gegevens, welke omtrent den water- en slibafvoer der Waal in de nota's over de waarnemingen van het slibgehalte in verschillende jaren voorkomen, is de volgende staat samengesteld.

J A A R.	Waterafvoer der Waal in milliarden M ³ .	Slibafvoer der Waal volgens de waarnemingen.			
		te Nijmegen.		te St. Andries.	
		in millioenen K. G.	in duizendtallen M ³ . (1) (in luchtdrogen toestand).	in millioenen K. G.	in duizendtallen M ³ . (1) (in luchtdrogen toestand).
1879 (2de helft).	24	1 800	1 130	1 800	1 130
1880	59	5 000	3 130	4 400	2 750
1881	52	4 600	2 880	3 100	1 940
1882	61	7 000	4 380	4 100	2 560
1883	57	7 000	4 380	3 200	2 000
1884	41	3 300	2 060	1 700	1 060
Te zamen gedurende Juli 1879—Dec. 1884.	294	28 700	17 960	18 300	11 440

Wanneer dus de waarnemingen voor het slibgehalte te Nijmegen te vertrouwen waren, dan zou uit bovenstaande opgaven volgen, dat gedurende het tijdvak Juli 1879—1884 of ook gedurende het tijdvak 1880—1884 de slibafvoer te Nijmegen ruim 6,5 miljoen M³. grooter is geweest dan te St. Andries.

De afstand van Nijmegen tot St. Andries bedraagt ongeveer 42 000 M., zoodat indien werkelijk te Nijmegen zooveel meer slib dan te St. Andries ware afgevoerd, de gemiddelde slibneerzetting per Meter rivierlengte ruim 150 M³. zou moeten bedragen hebben.

Wanneer men de verhoudingen opmaakt tusschen de berekende slibafvoeren van Nijmegen en St. Andries dan heeft men het volgende:

(1) Zie noot bladg. 54 en Naschrift

In 1879, 2de helft, was de slibafvoer te Nijmegen = 1.00 slibafvoer te St. Andries;
> 1880, > > > > > = 1.14 > > > >
> 1881, > > > > > = 1.48 > > > >
> 1882, > > > > > = 1.71 > > > >
> 1883, > > > > > = 2.19 > > > >
> 1884, > > > > > = 1.94 > > > >

Neemt men in aanmerking, dat de cijfers welke de verhouding tusschen de slibafvoeren van den Boven-Rijn en van de Waal te St. Andries aangeven voor bovenstaande jaren slechts kleine verschillen vertoonen, dan volgt daaruit, dat de verandering der verhouding tusschen de slibafvoeren te Nijmegen en te St. Andries zeer waarschijnlijk door eene verandering van het slibgehalte der rivier te Nijmegen veroorzaakt moet zijn. (1)

Jaarlijksche water- en slibafvoer van den IJssel.

§ 36. De afvoercijfers van den IJssel te Westervoort, welke in de laatste nota's over de slibwaarnemingen voorkomen, vertoonen kleine verschillen met die, welke in de eerste nota's voorkomen. De cijfers der laatste nota's verdienen de voorkeur, daar deze uit een grooter aantal afvoermetingen dan die der eerste nota's zijn afgeleid.

Op grond hiervan zijn aan de opgaven, welke in de eerste nota's voorkomen, kleine wijzigingen gebracht, zoodat de hieronder volgende opgaven berusten op de afvoercijfers welke in de laatste nota's voorkomen. (2)

Voorts zijn de slibafvoeren voor de dagen waarop de waarnemingen ontbraken, evenals zulks voor den Boven Rijn werd gedaan, door interpolatie bepaald, terwijl voor de dagen waarop wegens ijsbezetting de waterafvoer onbekend was, die afvoer geschat is in verband met de waterstanden welke meer bovenwaarts waar de rivier open was voorkwamen.

De op deze wijze verkregen resultaten zijn in den volgenden staat verzameld.

(1) Voor St. Andries is de waterafvoer gelijk genomen aan den afvoer te Nijmegen, hetgeen in werkelijkheid niet het geval is, daar een gedeelte van het water, dat de Waal bij Nijmegen afvoert boven St. Andries over de Heerewaardensche overlaten naar de Maas stroomt. In de onderstelling echter, dat het slibgehalte te St. Andries overeen zal komen met het slibgehalte der rivier even boven de overlaten, kon uit de waarnemingen te St. Andries de slibafvoer der Waal boven de overlaten berekend worden. De in § 35 voor St. Andries opgegeven water- en slibafvoeren hebben dus betrekking op de Waal boven de overlaten.

(2) Deze afvoercijfers zijn:

voor een waterstand te Westervoort van	8.42 M + A.P. of 1 M. onder M R. 1871—1880	104 M ³ . per seconde
" " " " " "	9.42 " " " " " "	218 " " "
" " " " " "	10.42 " " " " " 1 " boven "	350 " " "
" " " " " "	11.42 " " " " " 2 " " "	509 " " "
" " " " " "	12.42 " " " " " 3 " " "	788 " " "
" " " " " "	13.42 " " " " " 4 " " "	1867 " " "

JAAR. (1)	Waterafvoer (2) van den IJssel te Westervoort in milliarden M ³ .	Slibafvoer van den IJssel te Westervoort		Gemiddeld slibgehalte in decigrammen per M ³ . (in ronde cijfers).
		in millioenen K. G. (3)	in duizendtallen M ³ . (in luchtdrogen toestand.) (5)	
1880	9.1	570	356	630
1881	8.1	370	231	460
1882	9.4	680	425	720
1883	9.3	500	313	540
1884	6.0	230	144	380
Te zamen geduren- de 1880—1884.	41.9	2350	1469	
Gemiddeld per jaar	8.4	470	294	560

Jaarlijksche water- en slibafvoer van den Neder-Rijn.

§ 37. Volgens de waarnemingen van het slibgehalte te Arnhem, welke slechts gedurende twee jaren hebben plaats gehad zijn de volgende resultaten verkregen.

JAAR. (4)	Waterafvoer van den Neder-Rijn te Arnhem in milliarden M ³ .	Slibafvoer van den Neder-Rijn te Arnhem		Gemiddeld slibgehalte in decigrammen per M ³ . water. (in ronde cijfers).
		in millioenen K. G.	in duizendtallen M ³ . (in luchtdrogen toestand.) (5)	
1883	15.5	830	519	540
1884	10.7	390	244	360

(1) Voor de tweede helft van het jaar 1879 wordt geen opgave van den water- en slibafvoer gedaan, omdat voor dat tijdvak vele waarnemingen ontbreken.

(2) De hoeveelheid water, welke voor de dagen van ijsbezetting door schatting bepaald is, bedroeg voor het jaar 1880, 0,3 en voor 1881, 0,2 milliard M³, terwijl voor de overige jaren geene schatting noodig was.

(3) De hoeveelheid slib door interpolatie of schatting bepaald bedroeg voor het jaar 1880, 120 en voor 1881, 20 millioen K. G., terwijl voor de overige jaren geen schatting noodig was.

(4) In de nota's over de waarnemingen van het slibgehalte in de jaren 1883 en 1884 is abusievelijk de water- en slibafvoer op 30 en 31 December 1883 bij het jaar 1884 gerekend.

(5) Zie noot. bladz. 54 en Naschrift

Vergelijking der jaarlijksche water- en slibafvoeren van de verschillende Rijntakken.

§ 38. Ter onderlinge vergelijking van de water- en slibafvoeren der verschillende Rijntakken is de volgende staat samengesteld, waarbij de slibafvoer der Waal is opgegeven volgens de waarnemingen van het slibgehalte te St. Andries.

Verhoudingen tusschen de jaarlijksche water- en slibafvoeren van de Waal, den Neder-Rijn en den IJssel en den jaarlijkschen water- en slibafvoer van den Boven-Rijn.

J A A R.	Waal Boven-Rijn.		Neder-Rijn Boven-Rijn.		IJssel Boven-Rijn.	
	ver- houding der water- afvoeren.	ver- houding der slib- afvoeren.	ver- houding der water- afvoeren.	ver- houding der slib- afvoeren.	ver- houding der water- afvoeren.	ver- houding der slib- afvoeren.
1880.	0.70	0.73	>	>	0.11	0.10
1881.	0.67	0.62	>	>	0.10	0.09
1882.	0.72	0.80	>	>	0.11	0.13
1883.	0.73	0.84	0.20	0.22	0.12	0.13
1884.	0.68	0.77	0.18	0.17	0.10	0.10
Gemiddeld.	0.70	0.79	0.19	0.20	0.11	0.11

Uit dezen staat blijkt, dat de verhoudingen tusschen de slibafvoeren van de Waal, Neder-Rijn en IJssel met den slibafvoer van den Boven-Rijn weinig verschillen met de verhoudingen tusschen de waterafvoeren van die rivieren.

Hieruit volgt wederom, dat er geen groot verschil tusschen de slibrijkheid van de verschillende riviertakken bestaat.

Voor den Neder-Rijn en IJssel blijken die verhoudingen bijna volkomen gelijk te zijn, voor de Waal daarentegen is de verhouding tusschen de slibafvoeren van deze rivier en den Boven-Rijn eenigszins grooter dan de verhouding tusschen de waterafvoeren van die rivieren. Het verschil is echter niet groot en het is zeer goed mogelijk, dat dit verschil alleen het gevolg is van fouten van waarneming bij de bepaling der slibgehalten van beide rivieren bij hooge waterstanden, hetgeen wel niet nader aangetoond zal behoeven te worden. Bovendien is het mogelijk en zelfs waarschijnlijk, dat de aangenomen afvoercijfers, vooral bij hooge waterstanden, belangrijk van de werkelijke afvoeren afwijken, en wanneer die afwijkingen voor beide rivieren verschillend zijn, dan kan ook daardoor het verschil tusschen de gevonden verhoudingscijfers gedeeltelijk veroorzaakt zijn. (1)

(1) Ter contrôle van de aangenomen afvoercijfers, de som der jaarlijksche waterafvoeren van de Waal, den Neder-Rijn en den IJssel met den jaarlijkschen waterafvoer van den Boven-Rijn vergelijkende, heeft men het volgende:

	1883	1884
	milliard M ³ .	milliard M ³ .
afvoer Waal	5.7	41
„ Neder-Rijn	15.5	10.7
„ IJssel	9.3	6.0
Te zamen	31.5	57.7
afvoer Boven-Rijn	78	60
Vershil +	3.8	— 2.3
of ongeveer	4.2	— 3.8
	procent en	procent

Indien men onderstelt, dat de verhoudingen tusschen de water- en slibafvoeren van den Neder-Rijn en den Boven-Rijn voor het geheele tijdvak 1880—1884 gelijk genomen kunnen worden aan de gemiddelde verhoudingen over de jaren 1883 en 1884 welke daarvoor zijn gevonden, dan kan men voor de gemiddelde jaarlijksche water- en slibafvoeren der verschillende Rijntakken gedurende het vijfjarig tijdvak 1880—1884 de volgende waarden aannemen :

	Waterafvoeren in milliarden M ³ .	Slibafvoeren in millioenen K. G. (1)
Boven-Rijn	77	4 200
Waal	54	3 300
Neder-Rijn	14,6	940
IJssel	8,4	470

Jaarlijksche water- en slibafvoer van de Boven-Maas te Maastricht.

§ 39. De cijfers, welke in de verschillende nota's over de waarnemingen van het slibgehalte voor den afvoer der Boven-Maas te Maastricht voorkomen, vertoonen voor gelijke waterstanden zeer kleine verschillen, hetgeen veroorzaakt werd doordien den afvoer telkenmale op nieuw uit eene graphische voorstelling van de afvoerlijn werd overgenomen. (2)

Het aantal malen, dat de waarnemingen ontbreken is voor de Boven-Maas vrij groot, en daar de waarnemingen dikwijls ontbreken voor hooge waterstanden, is de jaarlijksche slibafvoer voor enkele jaren vrij onzeker.

Voor zoover dat mogelijk was, is bij het ontbreken van waarnemingen het slibgehalte wederom door interpolatie afgeleid of geschat in verband met de hoogte van den rivierstand.

Voor het jaar 1880 echter was het aantal malen, dat de waarnemingen ontbraken te groot, om den slibafvoer voor het geheele jaar te bepalen; voor de overige jaren zijn de resultaten in den volgenden staat verzameld.

(1) De nauwkeurigheid dezer cijfers is niet zoo groot, dat aan het verschil tusschen den opgegeven slibafvoer van den Boven-Rijn en de som der opgegeven slibafvoeren van de Waal, den Neder-Rijn en den IJssel eenige waarde gehecht kan worden.

(2) Volgens deze afvoerlijn is de afvoer der Boven-Maas bij een waterstand te Maastricht van:

42.87 M + A.P. of	M.R. (1871—1883)	130 M ³ . per seconde.
43.37 " " " " 0.50 M. boven "	" " " " " "	250 " " "
43.87 " " " " 1.— " " " "	" " " " " "	410 " " "
44.37 " " " " 1.5 " " " "	" " " " " "	570 " " "
44.87 " " " " 2.— " " " "	" " " " " "	760 " " "
45.37 " " " " 2.5 " " " "	" " " " " "	1020 " " "
45.87 " " " " 3.— " " " "	" " " " " "	1380 " " "
46.37 " " " " 3.5 " " " "	" " " " " "	1780 " " "

JAAR.	Waterafvoer van de Boven-Maas te Maastricht in milliarden M ³ . (1)	Slibafvoer van den Boven-Maas te Maastricht		Gemiddeld slibgehalte in decigrammen per M ³ . water. (in ronde cijfers).
		in miljoenen K. G. (2)	in duizendtallen M ³ . (3) (in luchtdrogen toestand.)	
1881	9.8	600	375	610
1882	13.1	1800	1125	1370
1883	10.6	1000	625	940
1884	7.7	770	481	1000
1885	8.4	710	444	850
Te zamen gedurende 1881—1885.				
	49.6	4880	3050	
Gemiddeld per jaar				
	9.9	980	610	990

Wanneer men deze gemiddelde jaarlijksche water- en slibafvoer over het geheele stroomgebied der Boven-Maas boven Maastricht, dat ongeveer 2 miljoen H. A. groot is, gelijkmatig verspreid denkt, dan zou de dikte van de waterlaag 0,50 Meter en de dikte van de sliblaag in luchtdrogen toestand ongeveer 0,03 millimeter bedragen.

(1) De jaarlijksche water- en slibafvoeren der Boven-Maas worden alleen voor Maastricht opgegeven, daar te St. Andries (Maas) behalve het water der Boven-Maas bij hooge waterstanden ook water van de Waal wordt afgevoerd, terwijl de opgaven omtrent den waterafvoer te Luik van de heeren *Spring* en *Prost* slechts op één jaar betrekking hebben, en zooveel verschillen met de bovenstaande opgaven omtrent den waterafvoer te Maastricht, dat er alle aanleiding is om aan misverstand te denken.

Even boven Luik splitst de Maas zich in twee takken, die zich beneden Luik wederom vereenigen. Van deze beide takken is de kleinste bij lage en middelbare standen aan haar boveneinde door eene stuw afgesloten, die tak ontvangt dan alleen het water van de *Ourthe*, eene nevenrivier der Maas, terwijl de grootste tak dan het water van de eigenlijke Maas afvoert. Bij hooge waterstanden daarentegen kan zoowel water van den grootsten naar den kleinsten tak, als omgekeerd van den kleinsten naar den grootsten tak worden afgevoerd. De waarnemingen hadden plaats op den hoofdtak beneden de stuw, zoodat de opgegeven afvoeren betrekking hebben op het water dat door den hoofdtak wordt afgevoerd.

Voor het tijdvak 13 Nov. 1883 — 13 Nov. 1883 wordt de waterafvoer door de heeren *Spring* en *Prost* opgegeven op ongeveer 5.5 milliard M³, voorts wordt ondersteld, dat de afvoer van den kleinsten tak ongeveer een vijfde gedeelte bedraagt van den afvoer van den grooten tak.

Voor beide takken te zamen wordt op grond van die onderstelling de waterafvoer gedurende bovengenoemd tijdvak opgegeven op ongeveer 6.6 M³. Gedurende hetzelfde tijdvak bedroeg de afvoer te Maastricht ongeveer 12.7 milliard M³.

Daar het stroomgebied der Maas op beide plaatsen slechts weinig verschilt, zoo is zulk een belangrijk verschil tusschen de waterafvoeren op die plaatsen geheel onverklaarbaar. Wegens de overeenstemming, die er bestaat tusschen de afvoermetingen te Maastricht met die op plaatsen beneden Maastricht gelegen, kan het bedelde verschil onmogelijk het gevolg zijn van fouten der voor Maastricht aangenomen afvoercijfers.

Men zou dus geneigd zijn om aan te nemen, dat er in de opgaven van den waterafvoer te Luik eenig misverstand bestaat; wellicht dat de schatting van den afvoer van den kleinen tak niet met de werkelijkheid overeenkomt. Het verschil tusschen de opgaven omtrent de afvoeren te Luik en Maastricht bestaat zoowel bij hooge als bij lage waterstanden.

(2) De hoeveelheid slib door interpolatie of schatting bepaald bedroeg voor het jaar 1881 . . . 200, voor 1882 . . . 600, en voor 1883 . . . 300, miljoenen K.G., terwijl voor de overige jaren geen schatting noodig was.

(3) Zie noot bladz. 54 en Naschrift.

Vergelijking tusschen de water- en slibafvoeren van den Boven-Rijn en van de Boven-Maas te Maastricht.

§ 39. Ter vergelijking van de water- en slibafvoeren van den Boven-Rijn met die van de Boven-Maas te Maastricht is de volgende staat samengesteld.

JAAR.	Waterafvoer in milliarden M ³ .		Slibafvoer in miljoenen K. G.		Verhoudingen tusschen	
	Boven-Rijn.	Boven-Maas.	Boven-Rijn.	Boven-Maas.	waterafvoer (Maas) (Rijn.)	slibafvoer (Maas) (Rijn.)
1881	78	9.8	3800	600	0.13	0.16
1882	85	13.1	5100	1800	0.15	0.35
1883	78	10.6	3800	1000	0.14	0.26
1884	60	7.7	2200	770	0.13	0.35
1885	65	8.4	3200	710	0.13	0.22
Gemiddeld ge- durende 1881—1885.	73	9.9	3620	990	0.14	0.27

De gemiddelde verhouding tusschen de waterafvoeren van beide rivieren gedurende het tijdvak 1881—1885 bedraagt dus 0.14 en tusschen de slibafvoeren 0.27.

Hieruit volgt, dat de slibrijkheid van het Maaswater te Maastricht *gemiddeld* ongeveer tweemaal grooter is dan van het Rijnwater te Pannerden.

HOOFDSTUK V.

Aard en samenstelling van de slib.

Aard en samenstelling van de slib in het algemeen.

§ 40. Onderzoekingen omtrent den aard en de samenstelling van de slib hebben bij de van rijkswege gelane slibwaarnemingen plaats gehad voor de monst'ers slib, welke bij de buitengewone waarnemingen van 1883 te Pannerden en bij de buitengewone waarnemingen van 1885 op verschillende plaatsen langs de bovenrivieren waren verzameld.

De hoogleeraar Dr. A. C. OUDEMANS door wien ook deze onderzoekingen zijn verricht heeft de methode en de resultaten daarvan medegedeeld in twee nota's, welke als bijlagen afgedrukt zijn bij de nota's over de waarnemingen van het slibgehalte in 1883 en 1885.

Aan die nota's van den heer OUDEMANS hebben wij het volgende hoofdzakelijk ontleend.

In de eerste plaats is uit de onderzoekingen gebleken, dat de stoffen, welke met de naam van *slib* worden aangeduid geen zand in afzonderlijke afgeronde korrels bevatten.

Beschouwt men dit resultaat in verband met het feit, dat bij de gedane waarnemingen met uitzondering van Gorinchem op alle langs de rivieren gelegen plaatsen de stoffen, welke zwevende in het rivierwater voorkwamen, na bezinking alleen uit *slib* en niet uit zand bestonden dan kan hieruit worden afgeleid, dat het rivierwater geen zand bevat.

Eene uitzondering op dezen overigens algemeenen regel is bij de waarnemingen te Gorinchem voorgekomen, alwaar de stoffen, die het geschepte rivierwater bevatte gedeeltelijk uit zand bestonden.

Hoewel dit, wat de gedane waarnemingen betreft, thans niet meer is na te gaan zoo schijnt het ons waarschijnlijk, dat het voorkomen van zand in het te Gorinchem geschepte water aan bijzondere plaatselijke invloeden moet toegeschreven worden.

Het is althans anders onverklaarbaar, dat zand alleen in het geschepte water te Gorinchem voorkwam en niet in het water, dat boven en beneden die plaats te St. Andries en te Dordrecht werd geschept.

Welke bijzondere plaatselijke invloeden te Gorinchem bestaan hebben kan natuurlijk niet worden uitgemaakt, het kan echter zijn dat bij het scheppen van water de bodem werd geraakt.

Blijkt uit het bovenstaande, dat het onjuist is om aan te nemen, dat het rivierwater zand in zwevenden toestand medevoert, even onjuist is de meening, dat de in het rivierwater zwevende bestanddeelen alleen uit kiezelzure aluinaarde (klei) zouden bestaan.

Volgens de gedane onderzoekingen zijn de hoofdbestanddeelen waaruit de *slib* bestaat: 1^o. onontleed mineraal (kiezelzure verbindingen in vergruisden toestand), 2^o. verveerd mineraal (kiezelzure aluinaarde) 3^o. koolzure kalk, 4^o. organische stoffen, terwijl de *slib* verder in kleine hoeveelheden koolzure magnesia, ijzeroxyde en andere bestanddeelen bevat.

Eene mechanische scheiding dezer hoofdbestanddeelen door *slibben* werd te vergeefs beproefd en kan als onmogelijk beschouwd worden, daar de *slib* niet uit een mechanisch mengsel maar uit eene innige verbinding van die hoofdbestanddeelen bleek te bestaan.

De densiteit der luchtdroge *slib*stof werd met behulp van den pycnometeor op 2.34 bepaald. (1) Het onontleed mineraal bevatte korreltjes waarvan de afmetingen gewoonlijk tusschen 4 en 40 mikrons afwisselden hoewel soms grootere stukjes werden waargenomen.

Scheikundige analyses van slib.

* § 41. Scheikundige analyses hebben in 1883 plaats gehad voor bijna alle monsters *slib*, welke bij de buitengewone waarnemingen van dat jaar te Pannerden waren verzameld.

Bij deze buitengewone waarnemingen, die plaats gehad hebben op 4.11 en 18 September, 27 November, 4 en 18 December, zijn monsters *slib* verzameld in ieder van de zeventien punten waar in de gewone waterscheppingen plaats hadden.

De uitkomsten van de scheikundige analyses leeren, dat de monsters *slib* van verschillende punten van het dwarsprofiel afkomstig onderling vrij groote verschillen in samenstelling vertoonen.

Men kan hieruit al dadelijk afleiden, dat wanneer men wil nagaan of de samenstelling der *slib* afhankelijk is van de hoogte van den waterstand, of ook wanneer men wil nagaan, of er verschil bestaat tusschen de samenstelling der *slib* op verschillende plaatsen der rivieren, het daartoe noodig zal zijn een zeer groot aantal scheikundige analyses te verrichten, althans wanneer men zich niet alleen ten doel stelt slechts zeer groote verschillen in samenstelling te bepalen.

Ter onderlinge vergelijking van de samenstelling der *slib* op verschillende dagen is voor elken dag de gemiddelde samenstelling der verschillende monsters *slib* opgemaakt, waarvan de resultaten, gerangschikt volgens de hoogte der waterstanden, in den volgenden staat zijn opgenomen:

(1) Zie ook: Naschrift en bijlage I.

Datum der waarneming.	Waterstand te Pannerden. M. + A.P.	Procentische samenstelling der slib.			
		Koolzure kalk en ijzer oxyde. (1)	Organische stof.	IJzer- houdende kieselzure aluinaarde (klei).	Onontleed mineraal.
18 September . .	9.61	36.6	8.2	55.0	
11 » . .	9.76	38.5	8.0	17.0	36.9
4 » . .	9.80	37.8	7.9	20.1	33.4
4 December . . .	11.26	22.3	8.8	69.2	
27 November . . .	12.03	16.1	9.0	29.1	44.1
18 December . . .	13.35	15.5	7.7	28.8	48.4

Uit deze opgaven blijkt, dat op de verschillende dagen van waarneming slechts kleine verschillen voorkwamen tusschen de hoeveelheden organische stoffen, doch vrij groote verschillen tusschen de hoeveelheden koolzure kalk en de hoeveelheden onontleed mineraal.

Aan welke oorzaak de verschillende samenstelling der slib op de verschillende dagen van waarneming moet toegeschreven worden, kan niet met zekerheid worden uitgemaakt.

Het is mogelijk, dat de verschillen der samenstelling het gevolg waren van de verschillen der waterstanden waarbij de waarnemingen plaats hadden, daar de procentische hoeveelheid koolzure kalk kleiner en onontleed mineraal grooter was bij hooge dan bij lage waterstanden, doch het is ook mogelijk dat de verschillende samenstelling het gevolg was van de omstandigheid, dat de waterscheppingen in verschillende maanden hebben plaats gehad.

Bij de buitengewone waarnemingen van 1885 werden op verschillende plaatsen langs de bovenrivieren monsters slib verzameld ten einde te onderzoeken of de slib gedurende den loop der rivieren door ons land wijziging ondergaat.

(1) De hoeveelheid koolzure kalk enz. wisselde af voor:

de verschillende monsters slib van 18 September van 33.0 tot 39.6 procent.

»	»	»	»	»	11	»	»	30.3	»	45.0	»
»	»	»	»	»	4	»	»	27.6	»	53.8	»
»	»	»	»	»	4	December	»	17.3	»	32.1	»
»	»	»	»	»	27	November	»	12.0	»	18.5	»
»	»	»	»	»	18	December	»	13.6	»	17.5	»

De waarnemingen, die voor dat doel waren voorbereid zijn door het breken van flesschen en andere omstandigheden niet allen geslaagd. Uit de gedane waarnemingen valt alleen af te leiden, dat er verschillen bestaan tusschen de verschillende monsters wat de samenstelling betreft, geenszins kan daaruit worden afgeleid of die verschillen afhankelijk zijn van de plaatsen waar de slibmonsters verzameld waren.

De resultaten der scheikundige analyses van 1885 waarbij ook afzonderlijk de hoeveelheden koolzure magnesia en ijzeroxyde werden bepaald, zijn in den volgenden staat opgegeven:

Datum der waarneming.	Plaats der waarneming.	Procentische samenstelling der slib.						
		Koolzure kalk.	Koolzure magnesia.	IJzer- oxyde en sporen aluinaarde.	Water.	Or- ganische stof.	IJzer- houdende kieselzure aluinaarde (klei).	Onontleed mineraal.
12 October	Lobith	21.1	0.8	3.5	2.0	8.4	13.3	51.7
12 "	Pannerden	17.8	1.2	2.8	1.9	8.0	13.9	55.8
12 "	Arnhem	22.3	2.4	2.6	2.3	10.1	15.2	45.3
13 "	Wijk bij Duurstede	17.6	1.6	1.8	2.0	7.9	13.9	50.0
13 "	Schoonhoven	16.8	0.8	1.4	2.0	9.0	15.0	53.3
4 November	Lobith	28.4	sporen	sporen	1.8	7.4	14.9	46.4
4 "	Pannerden	26.4		8.8	2.0	8.1	9.3	46.4
4 "	Arnhem	29.2		2.9	2.3	8.4	14.4	44.8
5 "	Wijk bij Duurstede	22.6	1.8	1.3	1.8	10.6	16.4	44.0
5 "	Schoonhoven	13.8		0.8	2.3	8.1	14.2	60.0
30 October	Alem	17.6		sporen	2.2	8.0	15.4	54.0
4 November	Venlo	14.2	sporen	sporen	2.0	11.2	14.8	55.9
11 "	"	27.8		sporen	1.8	16.0	54.4	

De waterstanden te Pannerden waren op 12 en 13 October en 4 en 5 November 11.59, 11.78, 11.76 en 11.73 M. + A P.

De verschillen tusschen de hoeveelheden der hoofdbestanddeelen van de slibmonsters van verschillende plaatsen der rivieren zijn niet veel grooter dan de verschillen welke bij de

waarnemingen voor 1883 voorkwamen voor slibmonsters in verschillende punten van een dwarsprofiel verzameld.

Er valt dus uit bovenstaande opgaven niets af te leiden omtrent het verschil in samenstelling van de slib op verschillende plaatsen langs de rivieren.

BESLUIT.

Wanneer wij ten slotte nagaan, welke resultaten door de gedane slibwaarnemingen zijn verkregen, dan blijkt dat behalve eenige kennis omtrent de invloeden waarvan het slibgehalte afhankelijk is twee resultaten zijn verkregen, welke uit een praktisch oogpunt belangrijk genoemd kunnen worden.

Het bewijs, dat de rivieren geen zand in zwevendend toestand afvoeren schijnt ons uit een praktisch oogpunt wel het belangrijkste resultaat, dat door de waarnemingen verkregen is.

Eveneens schijnt ons belangrijk de kennis, die door die waarnemingen is verkregen omtrent de hoeveelheden slib, welke de bovenrivieren jaarlijks afvoeren.

De vraag echter »waar blijven de slibstoffen die de rivieren medevoeren», kan door de gedane waarnemingen niet voldoende beantwoord worden, en naar het ons voorkomt zou de beantwoording van die vraag uit een praktisch oogpunt groote waarde hebben.

Het is evenwel uit de gedane waarnemingen gemakkelijk af te leiden, dat die vraag hoogst moeilijk en niet anders dan door het verrichten van een zeer groot aantal waarnemingen te beantwoorden zal zijn.

's Gravenhage, September 1886.

C. LELY,
Civil-Ingenieur.

N A S C H R I F T.

Ter berekening van het volumen van den slibafvoer uit het volgens waarneming bepaalde gewicht wordt veelal van de onderstelling uitgegaan, dat een Liter droge slib 2 K. G. zou wegen op grond van de waarnemingen, die daaromtrent voor slib van de Elbe door den Baurath BLOHM zijn gedaan. (Zie Zeitschrift des Architekten und Ingenieur Vereins zu Hannover, Jahrgang 1867.)

Bij deze waarnemingen werd van een bal droge slib eerst het gewicht bepaald en vervolgens het volumen door dien bal onder water te wegen. Daar echter droge slib vrij snel water opneemt, mag men aannemen, dat op die wijze het volumen te klein en dus het gewicht van een Liter slib te groot werd gevonden.

In deze nota was voor het soortelijk gewicht der luchtdroge slibmassa eerst abusievelijk 2,34 aangenomen. Dit cijfer, dat voor de densiteit der slib in de nota over de slibwaarnemingen van 1883 door den Hoogleeraar OUDEMANS wordt opgegeven, heeft echter betrekking op de slibstof zelve en daar droge slib eene poreuse massa vormt, die dus gedeeltelijk uit *stof* en gedeeltelijk uit *ledige* tusschenruimte bestaat is het duidelijk, dat het gewicht van een Liter droge slib veel kleiner dan 2,34 K. G. moet zijn.

Het thans in deze nota aangenomen soortelijk gewicht van 1,6 voor droge slibmassa berust op de waarnemingen, die de Hoogleeraar OUDEMANS tijdens het afdrukken van deze nota met groote bereidwilligheid heeft gedaan voor vijf verschillende monsters rivierslib (zie bijlage I). Deze slibmonsters, door de welwillende tusschenkomst van den Hoofdingenieur van den Waterstaat W. F. LEEMANS en de Ingenieurs van den Waterstaat J. W. G. STIENECKER en J. C. RAMAER verkregen, waren genomen langs de oevers van het afgedamde Scheur, de doorgraving door den Hoek van Holland, de Nieuwe Maas, de Waal en den IJssel, van die plaatsen waar men meende, dat de slib betrekkelijk versch was neergezet.

Uit de resultaten der waarnemingen van den Hoogleeraar OUDEMANS is het volgende staatje samengesteld:

Plaats van afkomst.	Watergehalte der slibmassa in volumen procenten.	Gewicht van		Omschrijving van den aard der slib.
		een Liter slib.	de luchtdroge slibstof in een Liter slib bevat	
Waal	49,62	1,47 K.G.	0,97 K.G.	boterachtige massa.
Afgedamd Scheur.	47,40	1,52 " "	1,05 " "	min of meer elastische massa.
IJssel	43,74	1,57 " "	1,13 " "	idem.
Nieuwe-Maas	35,09	1,71 " "	1,36 " "	idem.
Doorgraving	29,54	1,78 " "	1,48 " "	idem.
IJssel	± 2,00 (luchtdroog)	1,43 " "	1,43 " "	droge massa met innengselen van plantaardigen aard en kleine tusschenruimten.
Afgedamd Scheur.	± 2,00 (")	1,53 " "	1,53 " "	idem.
Waal	± 2,00 (")	1,62 " "	1,62 " "	droge vrij vaste moeielijk verbreekbare massa.

Uit de opgaven van den Hoogleeraar OUDEMANS voor het soortelijk gewicht der slibstof 2,34 en voor het soortelijk gewicht der luchtdroge samenhangende slib zelve 1,6 volgt, dat het volumen van luchtdroge samenhangende slib voor ongeveer 68 % uit stof en voor ongeveer 32 % uit ledige tusschenruimte bestaat.

Delft, November 1887.

C. L.

BIJLAGE I.

Onderzoek omtrent het soortelijk gewicht van eenige monsters
slib van verschillende afkomst.

Ter bepaling van het soortelijk gewicht der nog vochtige massa werd een cilindrisch glazen bakje met afgeslepen rand gebezigd, dat met een glazen plaat kon worden bedekt. Door waterweging werd het volumen bepaald; dit bleek 363 C. C. te zijn. (1)

Van de monsters slib werd nu door zorgvuldig invoegen en aanplempen van de weeke massa zooveel in het leeg bakje gebracht, dat dit na van boven vlak te zijn afgestrekten, juist gevuld was en door de glazen plaat kon worden bedekt.

Van de aldus gebezigde soorten slib werd nu een gedeelte (20 à 30 gram) gedroogd en gedurende eenigen tijd op 105 °C. verhit, tot geene gewichtsvermindering meer kon worden waargenomen. Daarna liet men de massa aan de lucht bekoelen, waarbij zij een weinig vocht door hygroscopiciteit opneemt. (Naar vroegere bepalingen is die hoeveelheid gewoonlijk 1,8 à 2,0 percent).

Voorts werden de droge residuen met verdund zoutzuur uitgetrokken, om het gehalte aan koolzuren kalk te bepalen (sporen van magnesia en ijzeroxyde, die mede worden opgelost, kunnen hier buiten beschouwing blijven); het residu, voorstellende de som van silicaten fijn zand en organische stof, werd uitgegloeid en na bekoeling weer gewogen; het gloeiverlies werd als organische stof in rekening gebracht; zand en silicaten (hoofdzakelijk ijzerhoudende klei) werden wegens het omslachtige en tijdroovende der bewerking niet afzonderlijk bepaald.

Ten aanzien van de physische geaardheid der slibmonsters valt niets bijzonders mede te deelen, dan alleen, dat zij geene eigenlijk gezegde plastische hoedanigheid bezaten. N°. 2 gedroeg zich als eene boterachtige stof (in verband met het grootte watergehalte); de andere monsters waren min of meer elastisch; alle donkerbruin van kleur en hier en daar gemengd met afval van organische stof (fijne worteldraden enz.).

Zie hier nu de uitkomst der gedane onderzoekingen:

Nummer en afkomst.	Inhoud van het bakje.	Gewicht van het slib.	Soortelijk gewicht.	Watergehalte.	Procent droge stof.	Soortelijk gewicht berekend op de droge stof.
1. IJssel	363 C. C.	568 gram.	1,57	43,74 %	56,26 %	2,01
2. Waal	149 »	219 »	1,47	49,62 »	50,38 »	1,93
3. Nieuwe Maas . .	363 »	622 »	1,71	35,09 »	64,91 »	2,09
4. Doorgraving . .	363 »	645 »	1,78	29,54 »	70,46 »	2,11
5. Afgedamd Scheur	363 »	550 »	1,52	47,40 »	52,60 »	2,00

(1) Alleen voor n°. 2, waarvan te weinig stof voorhanden was moest een afzonderlijk bakje gebezigd worden.

De cijfers betrekking hebbende op het soortelijk gewicht zijn natuurlijk minimum-cijfers, omdat het niettegenstaande alle in acht genomen voorzorgen, wel onmogelijk mag heeten, om alle luchtholten bij het vullen der glazen bakjes te vermijden. Het cijfer 2,0 als gemiddelde komt zooals begrijpelijk is lager uit dan het vroeger door mij gevondene, dat door weging van een monster slib in water met behulp van een pycnometer was verkregen (2,34).

Uit het volgende staatje kan worden opgemaakt, in hoeverre de samenstelling der monsters slib verschil opleverde:

Nummer en afkomst.	Oplosbaar in zoutzuur (hoofdzakelijk koolzure kalk).	Organische stoffen.	Silicaten en fijn zand.
1. IJssel	25,92 %	7,02 %	67,06 %
2. Waal	30,45 >	4,87 >	64,68 >
3. Nieuwe-Maas	15,57 >	4,12 >	79,31 >
4. Doorgraving	16,97 >	3,71 >	79,32 >
5. Afgedamd Scheur	31,90 >	7,51 >	60,59 >

Ten aanzien van het gehalte aan zand kan gezegd worden, dat dit bij n^o. 2 ongeveer = 0 was, n^o. 1 bevatte er betrèkkelijk weinig van, terwijl n^o. 3 en n^o. 4 betrèkkelijk het rijkst daaraan waren. Opmerkelijk was het, dat dit zand uitermate fijn was, veel fijner dan ik het bij vroegere slibbepalingen had gezien.

Om de densiteit van het zachtens ingedroogde slib te bepalen, heb ik getracht, een cilindrisch glazen bakje met slib te vullen, dit bij zeer zachte warmte te drogen en telkens wanneer de massa door waterverlies begon te slinken, de ontstane ledige ruimte met nieuwe slib aan te vullen. Het was mij echter niet mogelijk langs dien weg tot een resultaat te komen, want toen de massa bijna droog begon te worden, hing zij zeer sterk te samen en kromp regelmatig in, zoodat de middellijn van den samenhangenden cilinder vrij wat geringer was dan die van het bakje. In dezen toestand vereenigde zich de droge massa niet meer met later bijgebracht slib. Ik vond het daarom verkieslijker de ontstane droge cilinders nauwkeurig op te meten en te wegen en uit de verkregene cijfers de densiteit te berekenen. Met drie der mij toegezonden monsters verkreeg ik zoodoende de volgende uitkomsten:

Nummer.	Gewicht.	Middellijn.	Hoogte.	Berekend S. G.
1	360 gram	93 m. M.	37 m. M.	1,43
2	229 >	77 ¹ / ₂ >	30 >	1,62
5	340 >	97 >	30 >	1,53

Naar het uiterlijk te oordeelen, waren echter de drie cilinders van slib niet even vast en homogeen. N^o. 1 en n^o. 5 bevatten hier en daar inmengselen van plantaardigen aard en dit gaf aanleiding tot een minderen graad van samenhang en en het overblijven van kleine tusschenruimten. N^o. 2 vormde daarentegen eene vrij vaste, moeielijk verbreekbare massa; het daartoe dienende slib was dan ook veel zuiverder geweest. Ik meen daarom te mogen aannemen, dat het cijfer **1,6** vrij nabij het soortelijk gewicht voorstelt van slib, dat tot eene samenhangende massa is opgedroogd.

Delft, 9 November 1887.

INHOUD.

Inleiding	Bladz. 3
---------------------	-------------

HOOFDSTUK I.

Beschrijving der waarnemingen.

Opgave der gedane waarnemingen	3
Beschrijving der methode van waarneming	5
Nauwkeurigheid der bepaling van het slibgehalte van het geschepte water	7

HOOFDSTUK II.

Schommelingen van het slibgehalte en invloed dezer schommelingen op de waarneming van het slibgehalte.

Verschillende soorten van schommelingen.	9
Schommelingen van het slibgehalte in nabij elkander gelegen punten volgens de buitengewone waarnemingen van 1885	10
Schommelingen van het slibgehalte in verschillende punten van een dwarsprofiel volgens de buitengewone waarnemingen van 1883	13
Verdeeling van de slib over het profiel.	16
Schommelingen van het slibgehalte in nabij elkander gelegen profillen volgens de buitengewone waarnemingen van 1884	18
Vergelijking der buitengewone waarnemingen van 1883, 1884 en 1885 en verdeeling van de slib over een kort riviervak.	20
Schommelingen van het slibgehalte gedurende eenige dagen	22
Beoordeeling der methode van waarneming	22

HOOFDSTUK III.

Invloeden waarvan het slibgehalte afhankelijk is en vergelijking tusschen de slibgehalten op verschillende plaatsen.

Verschillende invloeden in het algemeen	26
Invloed van den rivierstand.	29

Invloed van het jaargetijde	Bladz. 37
Invloed van wassend water	39
Verband tusschen de slibgehalten en de waterstanden bij veranderlijke rivierstanden	42
Vergelijking tusschen de slibgehalten op verschillende plaatsen langs de Rijntakken.	45
Buitengewoon groote en kleine slibgehalten	48

HOOFDSTUK IV.

Jaarlijksche slibafvoeren.

Jaarlijksche water- en slibafvoer van den Boven-Rijn	52
» » » » » de Waal	55
» » » » » den IJsel	56
» » » » » » Neder-Rijn	57
Vergelijking der jaarlijksche water- en slibafvoeren van de verschillende Rijntakken.	58
Jaarlijksche water- en slibafvoer van de Boven-Maas te Maastricht	59
Vergelijking tusschen de water- en slibafvoeren van den Boven-Rijn en van de Boven-Maas te Maastricht	60

HOOFDSTUK V.

Aard en samenstelling van de slib.

Aard en samenstelling van de slib in het algemeen	61
Scheikundige analyses van slib	62

BESLUIT	65
-------------------	----

Naschrift.	67
-----------------------------	----

Bijlage I. Nota van den Hoogleraar dr. A. C. OUDEMANS Jr., betreffende een onderzoek omtrent het soortelijk gewicht van eenige monsters slib van verschillende afkomst .	69
--	----

