

BEREKENINGEN VOOR EEN THEORETISCHEN STORMVLOED.

ALGEMEEN :

Het meerendeel der hier behandelde berekeningen is, mede wat hun theoretische grondslagen betreft, uitvoerig beschreven in het Rapport van Dr. J. J. Dronkers: "De exacte methode voor getijberekening met als toepassing de berekening van de getijvoortplanting bij enkele theoretische stormvloeden." Hier worden alleen enkele praktische kwesties behandeld, die in direct verband staan met de gevonden resultaten.

Voor nadere bijzonderheden wordt naar bovengenoemd rapport verwezen.

In verband met het plan om de Oude Maas en het Spui (Vierdaalendenplan) of de Oude Maas, het Spui en de Dordtsche Kil (Vijfdaalendenplan) af te sluiten en de wensch om den Brabantschen Biesbosch stormvloedsvrij te maken, werd verlangd het verloop van een stormvloed op onze rivieren te bepalen bij zeer hooge S.V.standen. Als uitgangspunt voor deze berekening werd voor de randstations een frequentie van 0,003 maal per jaar voor den S.V.stand vastgesteld. Bij de daaruit volgende S.V.standen werd de invloed van uit te voeren waterstaatwerken opgeteld.

In verband hiernede werd opdracht gegeven uit te gaan van de volgende S.V.standen :

Hoek van Holland 4,00 m + N.A.P.

Hellovoetsluis 4,40 m + N.A.P.

Willemsdam 4,75 m + N.A.P.^{x)}

Werd bij de berekeningen, behandeld in de groepen A tot en met D, uitgegaan van gemeten getijlijnen, zoo noodzaakten de gekozen hooge S.V.standen - gelegen boven waarden, die ooit gemeten waren - voor het hiervolgend tiental berekeningen een theoretisch verloop van de stormvloedswaterstanden van de randstations vast te stellen. Hiertoe werden nu getijlijnen door de vastgestelde S.V.standen geschetst, aan de hand van een gemeten stormvloed. Daar verondersteld werd, dat bij dezen theoretischen storm geen dijkdoorbraken zouden plaats hebben en de kruinen van alle dijken boven den plaatselijken S.V.stand zouden liggen, werd de stormvloed van 26 November 1928, waarbij geen belangrijke dijkdoorbraken optraden, als voorbeeld gekozen. Met die

^{x)} Bij de keuze van dezen hoogwaterstand is de invloed van de afsluiting van de Biesbosch verdisconteerd.

van 13 Januari 1916 geeft deze vloed voor het benedenrivierengebied de hoogste gemeten standen.

Aan de theoretische krommen werd eenzelfde verloop en een gelijke periode gegeven als bij den storm van 1928. Daar de theoretische stormvloedsstanden belangrijk hooger lagen dan de gemeten S.V.standen, werden ook de voorafgaande en volgende L.W.standen hooger gekozen dan bij het voorbeeld. (Voor nadere opgaven zie genoemd rapport). Daar voor één der berekeningen ook het voorafgaand getij bepaald werd, werd ook dit getij, waaruit de storm zich ontwikkelt, geschetst in analogie met den gemeten storm.

Het tiental hier te behandelen berekeningen valt uiteen in drie groepen.

- a) Daar de uitvoering van het viereilanden- of vijf-eilandenplan het sterkst merkbaar zal zijn op de benedenrivieren en op de Lek en de Waal, werd allereerst een vijftal berekeningen voor dit gebied gemaakt. (E_I t/m E_V).
- b) Daarnaast werd ter bepaling van den waterstaatkundigen toestand op den Amer na afsluiting van den Biesbesch, voor deze rivier een tweetal berekeningen uitgevoerd. (E_{VI} , E_{VII}).
- c) Tenslotte werd voor het stelsel : Hollandsch Diep-Maringvliet-Volkerak-Krammer een drietal berekeningen opgesteld, teneinde ten eerste te controleeren of de stroom- en getijkrommen, in bovengenoemde gebieden berekend, ook een bevredigende oplossing gaven voor de zeesamen en ten tweede den invloed van waterstaatkundige wijzigingen in dit gebied zelf te kunnen onderzoeken. (E_{VIII} , E_{IX} en E_X)

BEREKENING VOOR HET BESTAANDE RIVIERSTELSEL,
BIJ EEN TILBOORTSCHEEN STORAVLOED, INDIEN ECHTER DE
BRIELSCHE MAAS AFGESLOTEN IS.

OPPERWATERAFVOER LEK EN WAAL: 450 m³/sec. en
1500 m³/sec.

a. Algemeen.

Alvorens de waterbeweging te bepalen voor het geval van het viereilandenplan werd ter vergelijking eerst een tweetal berekeningen uitgevoerd bij de bestaande rivierprofielen, en wel voor een gemiddelden - en voor een hoogen opperwaterafvoer van Lek en Waal. Bij deze berekeningen werd de Brielsche Maas echter reeds afgesloten gedacht. De hieronder beschreven berekening E_I werd uitgevoerd voor het stelsel rivieren, dat op de bijgevoegde lijst aangegeven is. Op bijgaand schema is de vakindeeling voor deze rivieren nader aangegeven.

b. Randvoorwaarden :

Bij de berekeningen van het benedenrivierenstelsel werd niet uitgegaan van den S.V.stand te Willemstad, maar te Willemsdorp. Daar dit station dicht bij de splitsing van Nieuwe Merwede en Amer gelegen is, was het mogelijk ter berekening van den toestand op de aangegeven rivieren, den Amer buiten beschouwing te laten. Hiertoe werd ter bepaling van de strooming op de Nieuwe Merwede, voor het korte riviervakje Willemsdorp-Splitsingspunt Amer-Nieuwe Merwede slechts een gedeelte van het rivierprofiel in rekening gebracht. Daar het maximum verval op dit vakje slechts enkele cm. bedraagt, zal een eventueels fout in de geschatte verdeeling van den weerstand van het vak, zeer klein zijn. (zie berekening E_{VI} en E_{VII}).

Ook de Dordtsche Kil kon direct vanuit Willemsdorp berekend worden. Voor Willemsdorp werd een S.V.stand geschat van 4,80 m + N.A.P. Uit de berekeningen E_{VIII} en E_{IX} zal volgen, in hoeverre deze keus juist was.

In plaats van Hellevoetsluis, werd de S.V.stand te Zuidland als randvoorwaarde voor het Spui gekozen en wel bij een S.V.stand van 4,45 m + N.A.P. Uitgaande van de vastgestelde getijlijn aan te Hoek van Holland, Zuidland en Willemsdorp en den gegeven opperwaterafvoer van Lek en Waal resp. 450 en 1500 m³/sec. bedragend, is de waterbeweging op het geschatte rivierenstelsel ónduidig bepaald.

c. Rivierconstanten.

Bij het vaststellen van het schema werd gestreefd naar een zoo sterk mogelijke beperking van het aantal vakken (zie voor behandeling van den eisch, die de exacte methode aan de vaklengte stelt : genoemd rapport, § 4). Bij een gemiddelde lengte van 5000 m en een maximum

lengte van 7300 m, omvat het schema voor den bestaanden toestand toch nog 56 vakken. De eindpunten der vakken werden, waar dat mogelijk was, genomen ter plaatse van een zelfregistreerende peilschaal.

De riviervakprofielen werden bepaald uit peilingen van de jaren 1936 en 1937.

Grafisch werd een gemiddeld vakprofiel bepaald. De stroombreedte werd vastgesteld ter hoogte van den middenstand bij normaalgetij. Na deeling van deze waarde op de oppervlakte van het natte profiel volgde de vakdiepte. (Zie verder in genoemd rapport § 3).

De kombergingsoppervlakte voor een vak werd bepaald door opmeting op de topografische kaarten. Eventuele havens werden bij het vakoppervlak inbegrepen. Van alle dijkskruinen werd ondersteld, dat ze boven stormvloedshoogte liggen. De geheele Zuidhollandsche Biesbosch werd stormvloedsvrij gedacht, terwijl de afgedamde Maas aan den benedenmond werd afgesloten. Voor de kombergingsbreedte werd niet, zooals gewoonlijk, één vaste waarde voor de geheele berekening gekozen. Daar bij dezentheoretischen storm zeer uiteenlopende en hooge standen optreden, werd hier voor elk riviervak een variabele bergingsbreedte als functie van den waterstand ingevoerd, zoodat voor elk tijdstip de werkelijke bergingstoestand zoo goed mogelijk benaderd werd. Dit verband werd voor elk riviervak grafisch voorgesteld. Voor elk vak werd de kombergingsbreedte bij een bepaald peil (zoodanig gelegen dat op dat vak zoo klein mogelijke afwijkingen rondom deze groothed ontstonden) als basiswaarde gekozen. Deze waarde is in den overzichtsstaat weergegeven. Ze is voor alle E-berekeningen dezelfde en geeft niet voor alle vakken de grootte van de bergingsbreedte bij één vastpeil. Met deze "basiswaarde" werden de hoofdconstanten voor de formules berekend, waarna door middel van een reductiefactor op elk moment uit de grafieken de juiste waarde te bepalen was.

Voor de bepaling van den coëfficiënt van Eytelwein wordt verwezen naar § 7 van het genoemde rapport. Over de methode van berekenen is reeds een en ander vermeld in A_I en B_I.

Bijzonder dient vermeld te worden, dat voor de uiterwaarden voor C een waarde van 40 aangehouden is, gezien de vele plaatselijke hinderenissen, die daar de strooming belemmeren.

In de overzichtslijst zijn de vakconstanten weergegeven, terwijl het schema een beeld geeft van de ligging der vakken.

d. Theorie.

Voor de afleiding van de gebozigde formules wordt verwezen naar § 3 van voornoemd rapport van de hand van Dr. J. J. Dronkers.

De toepassing van de exacte methode op verschillende gevallen wordt aldaar behandeld in de paragrafen 5, 6, 11 en 12.

Voor de behandeling van de opwaaiing wordt verwezen naar § 9.

Daar bij de berekening voor den stormvloed van 15 Januari 1916 alleen opwaaiing berekend werd op den Waterweg, ten bedrage van 7 cm, werd ook voor deze berekeningen alleen op deze rivier een merkbaar windeffect verondersteld en wel ter grootte van 18 cm.

e. Verloop der berekeningen.

De berekeningen werden uitgevoerd volgens de grondslagen, die in de genoemde paragrafen 5, 6, 11 en 12 zijn weergegeven.

Aanvankelijk waren voor dit geheele stelsel alleen de randvoorwaarden bekend. Er werd dan ook naar gestreefd allereerst op een zeer globale wijze de orde van grootte van verschillende verschijnselen in het hart van het systeem te bepalen. Hierbij werd b.v. gerekend met vakken van dubbels lengte, terwijl voor de bovenrivieren de strooming over de zijvakken verwaarloosd werd. Bij de volgende berekeningen werd een hooger nauwkeurighedsgraad betracht. Aldus werden op benaderende wijze de verkregen einduitkomsten bepaald. In onderstaande beschrijving wordt de gang van zaken nader toegelicht.

Teneinde eenige uitgangswaarden voor de berekeningen te verkrijgen werden in analogie met den stormvloed van 1928 getijlijnen voor Krimpen, Dordrecht en Werkendam geschetst. Hierbij werd vooral gelet op de onderlinge verschuiving der getijlijnen, de maximum vervallen tusschen de verschillende getijlijnen en bovendien op de verhouding van de helling der takken van deze getijlijnen ten opzichte van die van de randvoorwaarden.

Nu werd een eerste berekening voor den Waterweg en de Nieuwe Maas gemaakt. Hierbij konden dadelijk schattingen voor de maximumstroom en de kenteringen gemaakt worden in verband met reeds berekende stormvloedden. Voor de Oude Maas werd een afvoer geschat. Juist doordat bij de exacte methode van vak tot vak gerekend wordt is het voor een ervaren rekenaar mogelijk aanstonds te weten, wanneer hij een plausible oplossing op het spoor is. Zijn er grove fouten in het verloop der berekende stroomen, dan treden die dadelijk naar voren. Zoo werd te Krimpen a/d Lek een getijlijn berekend, die ongeveer voldeed aan de geschette curve en waarbij voor de stroomen ter plaatse plausible waarden verkregen werden. Bij deze getijlijn werd nu de waterbeweging op de Lek berekend. Daartoe werd eerst een stelsel krommen op de Lek geschat tot het getij was uitgestorven, (in analogie met het verloop van de getijlijnen voor elk uur bij den storm van 1928.) Voor elk riviervak werd de term $E_0 \cdot h \cdot x$ bepaald.^{x)} Door deze waarden voor elk uur te sommeren en hieraan voor alle uren een ebstroom ter grootte van den oppervlakte-afvoer toe te voegen was een eerste schatting voor den stroom te

^{x)} Dit stelt de waterbeweging op het riviervak voor in $m^3/sec.$

Krimpen voorhanden. Daarna werd deze rivier in vakken met dubbels lengten, en zonder de zijvakken in deze berekening te betrekken, uitge-rekend. Het is n.l. in dit stadium alleen belangrijk den stroom aan den benedenmond van de Lek bij een bepaalde getijlijn te kennen.

Uit de splitsingsvoorwaarde voor de stroomen te Krimpen volgden de stroomen voor de Noord.

Aangezien bij de gemeten stormen Dordrecht zoowel voor, als na den hoogwaterstand boven Krimpen ligt, volgt hieruit, dat op de Noord practisch geen vloedstroom loopt. Tevens blijkt onmiddellijk, dat de bedweerstand van de Noord geen stroomen boven 2500 m³/sec. toelaat. Op analoge wijze werd een zeer globale berekening voor de rivieren rondom Dordrecht en Werkendam opgesteld.

Bij de nu volgende berekeningen werd in het bijzonder gelet op de uitkomsten te Krimpen en Werkendam. Beschouwing van de fouten op de splitsingspunten wezen uit, in welken zin deze getijlijnen gewijzigd moesten worden, opdat de stroomen, op de benedenrivieren berekend, klopten met de beginstroomen der bovenrivieren ter plaats. Inmers verschuiving naar een later - of vroeger tijdstip van deze getijlijnen correspondeert met respectievelijk vergrooting of verkleining der stroomen op de benedenrivieren, daar het verval ten opzichte van de randvoorwaarden verandert. Vergrooting of verkleining der hellingen van de takken der getijlijnen veroorzaakt op de bovenrivieren resp. grootere of kleinere stroomen, daar de berging op de rivieren hierdoor gewijzigd wordt.

Deze laatste beschouwing gaf ook belangrijke aanwijzingen ter bepaling van het tijdstip waarop het hoogwater moest optreden (positieve- of negatieve $\frac{\partial h}{\partial t}$ op een bepaald moment).

Beschouwing van de uren in onderling verband, leerde welken vorm voor het verticaal getij te Krimpen en Dordrecht wenschelijk was. Het doel bij de volgende berekening was nu den stroom aan de zeemonden zoo te schatten, dat de fouten op de binnenwaarts gelegen splitsingspunten voor het overgrootste deel te niet gedaan werden. Na eenige berekeningen uitgevoerd te hebben was het mogelijk om bij een nieuw te kiezen getijlijn den stroom op sommige rivieren te schatten b.v. voor de bovenrivieren.

Men dient n.l. bij deze benaderende berekeningen slechts te zorgen dat de fout in de schatting kleiner is dan de fout in het splitsingspunt op dat moment.

Op deze wijze werd voortgegaan tot de fout in het verticaal getij op de splitsingspunten niet meer dan 1 cm en in den stroom niet meer

den gemiddeld 60 m³/sec. bedroeg.

Bij de eindberekening werden vanzelfsprekend alle rivieren berekend.

Opgemerkt wordt, dat uit deze berekeningen bleek, dat wanneer nog fouten van + 2000 m³/sec. op de splitsingspunten aanwezig zijn, de hoogwaterstanden reeds dusdanig bekend zijn, dat bij de uiteindelijke berekening geen afwijkingen optreden, groter dan + 5 cm. Dit stemt overeen met de gevonden resultaten voor de hoogwaterstanden bij de verschillende toestanden. Ook daar treden onderling kleine verschillen op.

Uit al deze berekeningen is duidelijk gebleken, dat op een rivierenstelsel de hoogwaterstanden veel minder sterk aan veranderingen onderhevig zijn dan de phaseverschuiving van de takken. Deze conclusie is zeer belangrijk.

Resultaten.

Deze berekening werd uitgevoerd voor een negental uren rondom het tijdstip van H.W.

Voor de bovenrivieren werden zooveel vakken berekend, dat de amplitudo van het resteerend getij op de Lek en de Waal resp. 55 en 45 cm bedroeg. De waterbeweging op deze rivieren is dan reeds met voldoende nauwkeurigheid bepaald. Op beide rivieren zijn dan resp. 15 en 10 riviervakken doorgerekend.

In de overzichtslijst zijn de berekende hoogwaterstanden opgenomen.

De berekening geeft het volgende beeld :

Afgezien van opwaaiing op den Waterweg treden op de benedenrivieren Nieuwe Waterweg, Spui, Kil en Nieuwe Merwede aanvankelijk hoogwaterdalingen op. Daarna stijgen de S.V.standen.

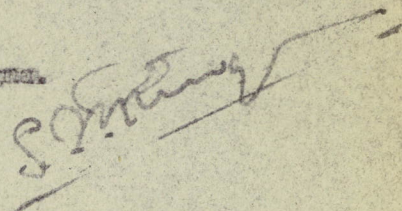
De Noord en Beneden Merwede zijn verbindingsrivieren. Daar treedt praktisch geen vloedstroom op. Op de Noord is zelfs het ebverval in de opgaande tak groter dan in de dalende tak.

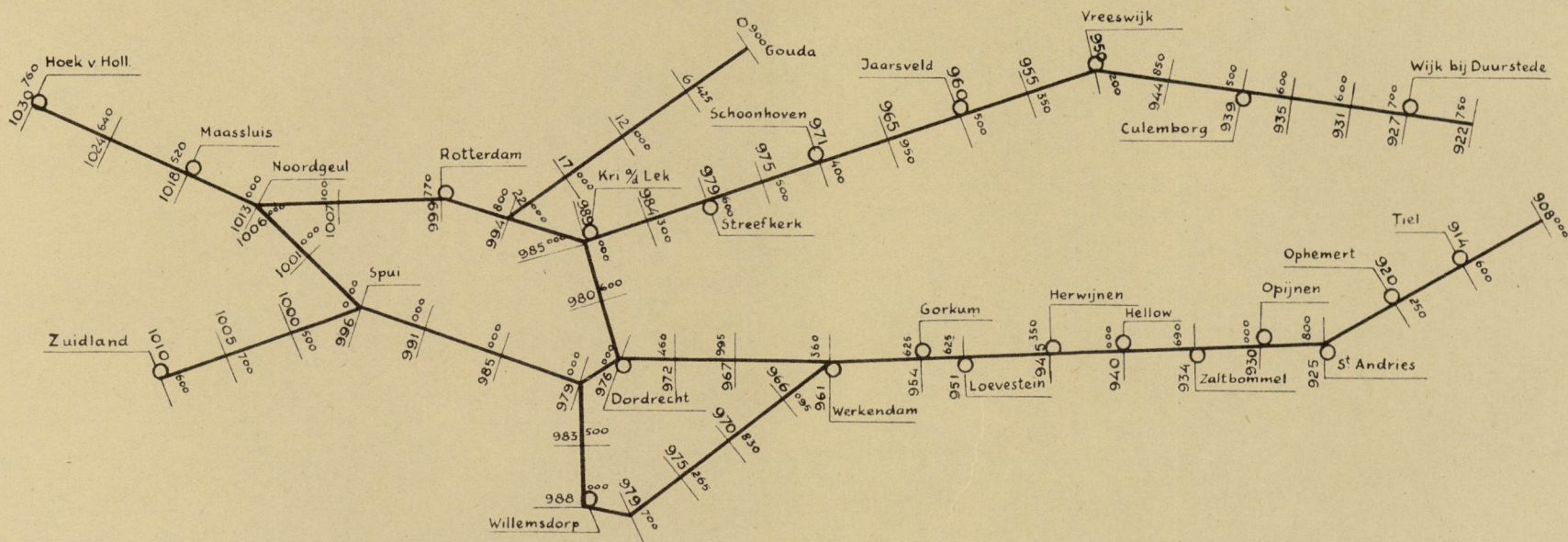
Voor nadere bestudeering van de verkregen resultaten wordt verwezen naar de aanwezige grafieken van de berekende getijlijnen en stroomen.

Bij afwezigheid van Dr. J. J. Dronkers

Aug. 1944

S. H. Ringna.





SCHEMA VAKINDEELING
SCHAAL 1:500.000

Berekening Theoretische Stormvloed
 voor de Benedenrivieren met Lek en Waal, uitgaande van:
 H.W.Hoek van Holland 4.00+ N.A.P. Opperwaterafvoer Lek 450 m³/sec.
 H.W.Willemsdorp 4.80+ N.A.P. Opperwaterafvoer Waal 1500 m³/sec.
 H.W.Zuidland 4.45+
 voor bestaande Toestand (Biesbosch en Brielsche Maas afgesloten gedacht)

Rivier	Vakbegrenzing	Plaatsen	L in m	B ₀ in m	b in m	d t.o.v. N.A.P.	C	zijvak			ber. H.W.
								b	d	C	
Nieuwe Waterweg	1030 ⁷⁶⁰ - 1024 ⁶⁴⁰	Hoek van Holland -	6120	700	495	- 10,20	60				4.00+
	1024 ⁶⁴⁰ - 1018 ⁵²⁰	- Maassluis	6120	685	440	- 10,55	60				3.96+
	1018 ⁵²⁰ - 1013 ⁰⁰⁰	Maassluis-Noordgeul	5520	625	500	9,45	60				4.00+
Nieuwe Maas	1013 ⁰⁰⁰ - 1007 ¹⁰⁰	Noordgeul -	5900	1420	453	- 10,40	50				4.11+
	1007 ¹⁰⁰ - 999 ⁷⁷⁰	- R'dam	7330	1600	419	- 11,30	50				4.17+
	999 ⁷⁷⁰ - 994 ⁸⁰⁰	R'dam-Holl.IJssel	4970	770	365	- 9,55	50				4.25+
	994 ⁸⁰⁰ - 989 ⁰⁰⁰	Holl.IJssel-Krimpen	5800	810	264	- 9,62	50				4.31+
Lek	989 ⁰⁰⁰ - 984 ³⁰⁰	Krimpen -	4700	475	298	- 4,95	50	164	1,00+	40	4.40+
	984 ³⁰⁰ - 979 ⁶⁰⁰	- Streefkerk	4700	475	298	- 4,95	50	164	1,00+	40	4.36+
	979 ⁶⁰⁰ - 975 ⁵⁰⁰	Streefkerk -	4100	525	218	- 4,50	50	234	1,20+	40	4.36+
	975 ⁵⁰⁰ - 971 ⁴⁰⁰	- Schoonhoven	4100	525	218	- 4,50	50	234	1,20+	40	4.32+
	971 ⁴⁰⁰ - 965 ⁹⁵⁰	Schoonhoven -	5450	525	200	- 3,85	50	202	1,95+	40	4.30+
	965 ⁹⁵⁰ - 960 ⁵⁰⁰	- Jaarsveld	5450	525	200	- 3,85	50	202	1,90+	40	4.30+
	960 ⁵⁰⁰ - 955 ³⁵⁰	Jaarsveld -	5150	420	173	- 3,35	50	152	2,25+	40	4.32+
	955 ³⁵⁰ - 950 ²⁰⁰	- Vreeswijk	5150	420	173	- 3,35	50	152	2,25+	40	4.39+
	950 ²⁰⁰ - 944 ⁸⁵⁰	Vreeswijk -	5350	580	136	- 2,10	50	62	3,60+	40	4.45+
	944 ⁸⁵⁰ - 939 ⁵⁰⁰	- Gulemborg	5350	580	136	- 2,10	50	62	3,60+	40	4.55+
	939 ⁵⁰⁰ - 935 ⁶⁰⁰	Gulemborg -	3900	380	135	- 1,25	50	150	3,20+	40	4.62+
	935 ⁶⁰⁰ - 931 ⁶⁰⁰		4000	350	135	- 0,90	50	110	3,50+	40	4.67+
	931 ⁶⁰⁰ - 927 ⁷⁰⁰	- Wijk bij Duurstede	3900	280	135	- 0,50	50	105	3,90+	40	4.72+
	927 ⁷⁰⁰ - 922 ⁷⁵⁰	Wijk bij Duurstede -	4950	380	130	- 0,10	50	63	4,50+	40	4.81+
Holl.IJssel	22 ⁰⁰⁰ - 17 ⁰⁰⁰	Mond - Capelle	5000	188	95	- 3,77	50				4.31+
	17 ⁰⁰⁰ - 12 ⁰⁰⁰	Capelle -	5000	188	95	- 3,77					4.42+
	12 ⁰⁰⁰ - 6 ⁴²⁵	- Moordrecht	5575	155	75	- 3,66					4.49+
	6 ⁴²⁵ - 0 ⁹⁰⁰	- Gouda	5525	155	54,5-	3,56	50				4.56+
Noord	985 ⁰⁰⁰ - 980 ⁶⁰⁰	Krimpen -	4400	540	220	- 4,60	50				4.40+
	980 ⁶⁰⁰ - 976 ²⁰⁰	- Dordrecht	4400	695	224	- 4,25	50				4.49+
Oude Maas	1006 ⁰⁰⁰ - 1001 ⁰⁰⁰	Noordgeul -	5000	400	241	- 7,40	50				4.11+
	1001 ⁰⁰⁰ - 996 ⁰⁰⁰	- Bovenmond Spui	5000	600	216	- 7,20	50				4.21+
	996 ⁰⁰⁰ - 991 ⁰⁰⁰	Bovenmond Spui -	5000	625	301	- 6,70	50				4.32+
	991 ⁰⁰⁰ - 985 ⁰⁰⁰		6000	550	245	- 7,00	50				4.41+
	985 ⁰⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbegoul	6000	350	212	- 6,45	50				4.49+
	979 ⁰⁰⁰ - 976 ⁰⁰⁰	Krabbegoul-Dordt	3000	400	260	- 6,00	50				4.59+
Spui	1010 ⁶⁰⁰ - 1005 ⁷⁰⁰	Zuidland -	4900	300	200	- 5,35	50				4.43+
	1005 ⁷⁰⁰ - 1000 ⁵⁰⁰		5200	245	158	- 5,60	50				4.40+
	1000 ⁵⁰⁰ - 995 ³⁰⁰	- Bovenmond Spui	5200	275	150	- 5,20	50				4.36+
Kil	988 ⁰⁰⁰ - 983 ⁵⁰⁰	Willemsdorp -	4500	333	213	- 5,92	50				4.80+
	983 ⁵⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbegoul	4500	326	147	- 6,51	50				4.70+
Beneden-Merwede	976 ⁰⁰⁰ - 972 ⁴⁶⁰	Dordrecht - Baanhoek	3540	382	258	- 5,60	50				4.60+
	972 ⁴⁶⁰ - 967 ⁹⁹⁵	Baanhoek - Sliedrecht	4465	425	258	- 4,80	50				4.62+
	967 ⁹⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	Sliedrecht-Werkendam	6635	405	278	- 4,00	50				4.67+
Nieuwe Merwede		Willemsdorp-Spl.punt	3400	1600	850	- 6,50	50				4.80+
	979 ⁷⁰⁰ - 975 ²⁶⁵	Splitsingspunt -	4435	900	685	- 4,80	50				4.80+
	975 ²⁶⁵ - 970 ⁸³⁰		4435	1050	565	- 4,--	50				4.79+
	970 ⁸³⁰ - 966 ⁰⁹⁵		4735	640	476	- 3,70	50				4.78+
	966 ⁰⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	- Werkendam	4735	486	418	- 3,75	50				4.74+
Waal	961 ³⁶⁰ - 954 ⁶²⁵	Werkendam - Gorkum	6735	800	470	- 4,30	50	88	1,70+	40	4.70+
	954 ⁶²⁵ - 951 ⁶²⁵	Gorkum -	3000	1000	400	- 4,45	50	140	1,85+	40	4.78+
	951 ⁶²⁵ - 945 ³⁵⁰	Loevestain -	6275	945	377	- 4,15	50	72	1,70+	40	4.82+
	945 ³⁵⁰ - 940 ⁰⁰⁰	Herwijnen -	5350	845	340	- 3,50	50	56	2,20+	40	4.94+
	940 ⁰⁰⁰ - 934 ⁶⁹⁰	Hellouw -	5310	1125	325	- 2,90	50	26	2,65+	40	5.02+
	934 ⁶⁹⁰ - 930 ⁰⁰⁰	Zaltbommel -	4690	1090	310	- 2,20	50	80	3,10+	40	5.11+
	930 ⁰⁰⁰ - 925 ⁸⁰⁰	Opijnen -	4200	950	295	- 1,85	50	52	3,50+	40	5.21+
	925 ⁸⁰⁰ - 920 ²⁵⁰	St.Andries -	5550	875	290	- 0,85	50	44	4,00+	40	5.31+
	920 ²⁵⁰ - 914 ⁶⁰⁰	Ophemert -	5650	845	283	- 0,05	50	40	4,60+	40	5.50+
	914 ⁶⁰⁰ - 908 ⁰⁰⁰	Tiel -	6600	575	287	+ 0,20	50	-	-	40	5.80+
											6.09+

E2.

BEREKENING THEORETISCHEN STORMVLOED VOOR BENEDEN-
RIVIEREN + LEK + WAAL. HOOG OPPERWATER.

BEREKENING VOOR DE BENEDENRIVIEREN MET LEK EN WAAL
BIJ EEN THEORETISCHEN STORMVLOED, VOOR DEN BESTAANDEN
TOESTAND.

Afvoer Lek : 1000 m³/sec.

Afvoer Waal : 3000 m³/sec.

Werd in berekening E_I de waterbeweging op de benedenrivieren en de Lek en de Waal bepaald voor een gemiddelde opperwaterafvoer, in deze berekening is uitgegaan van een ongeveer tweemaal zoo groote waterafvoer.

Daar hetzelfde rivierenstelsel, bij dezelfde schematisatie, bij dezelfde vakconstanten^{x)} en bij dezelfde randvoorwaarden aan de benedenmonden werd beschouwd, was het mogelijk om bij de berekeningen voor dit geval gebruik te maken van de in E_I verkregen uitkomsten.

Hierbij werd de volgende weg bewandeld :

De verhooging van de opperwaterafvoeren zal tot gevolg hebben dat voor de bovenwaartsche stroomen te Krimpen en Werkendam de vloed zal afnemen en de eb zal toenemen. Maar dan zullen op de benedenrivieren de stroomen op analoge wijze veranderen. Op deze laatsten wordt dus het vloedverval kleiner en het ebverval grooter. Dit heeft tot gevolg, dat het snijpunt van de opgaande en dalende tak van de getijlijn, dus de hoogwaterstand, te Krimpen en te Werkendam hooger wordt dan bij berekening E_I .

Ten opzichte van de stroomveranderingen op den Waterweg, de Nieuwe Maas en de Lek, kunnen bij een eerste schatting de veranderingen op de verbindingsrivier de Noord, verwaarloosd worden.

Door nu op den tak Hoek van Holland-Krimpen de maximum vloed- en ebstroom respectievelijk met $1000-450 = 550$ m³/sec. te verminderen en met eenzelfde hoeveelheid te vermeerderen, werd op globale wijze de verplaatsing van de getijtakken te Krimpen berekend. Door deze punten werd aldaar een getijlijn geschat, die analoog verliep met de vroeger berekende. Nu werd, uitgaande van dit gegeven, de getijvoortplanting op de rivier de Lek berekend. (Hierbij werd als eerste schatting voor den nieuwen beginstroom, bij de waarde van den vroeger bepaalden stroom aldaar, $+ 550$ m³/sec. ebstroom opgeteld). Daarna werden aan de hand van de oude berekening op den tak Hoek van Holland-Krimpen de getijlijnen en stroomkrommen berekend bij de geschatte getijlijn voor Krimpen en het verticale randgetij te Hoek van Holland.

^{x)}Zie bijgevoegd schema en overzichtslijst.

Voor het punt Werkendam werd op analoge wijze gehandeld. Bij variatieberekeningen voor E_I was reeds gebleken, dat de Beneden- en de Nieuwe Merwede ongeveer ieder de helft van de stroomveranderingen op de Waal op zich nemen. Een eerste globale schatting voor het verloop van het verticale getij te Werkendam werd dan ook vanuit Willemsdorp berekend door de maximum stroomen op de Nieuwe Merwede, in E_I berekend, met $\frac{3000 - 1500}{2} = 750 \text{ m}^3/\text{sec.}$ te wijzigen. Nadat voor de verschillende rivieren de eerste berekeningen waren uitgevoerd, kon met behulp van een stelsel kwadratische vergelijkingen (zie n^o's A) de verbeterde waarden voor de stroomen aan de benedenmonden van het stelsel bepaald worden.

Op de reeds genoemde wijze werd daarna de berekening verbeterd tot een sluitende oplossing verkregen was. Voor dit geval werd de Hollandse IJssel niet berekend. Het was mogelijk om de stroomen aan den benedenmond van deze rivier te schatten uit het in E_I berekend horizontaal en verticaal getij. De getijlijnen te Krimpen a.d.IJssel voor de berekeningen E_I en E_{II} verschillen n.l. onderling zeer weinig.

Daar het getij voor het geval van hooge opperwaterafvoer op de bovenrivieren sneller uitsterft, werden op de bovenrivieren minder vakken berekend. De getij-amplitude bovenwaarts bedroeg op de Lok nog 20 cm, terwijl er 14 vakken berekend werden. Voor de Waal is het verloop van het getij over 9 vakken bepaald. De amplitude van het verticaal getij op het laatste vak bedroeg 25 cm. Alle berekende S.V.standen zijn in de overzichtsstaat opgegeven.

Daar deze berekening van punt tot punt aan de voorgaande getoetst kon worden, werd ze slechts over een periode van vijf uren uitgevoerd.

Dat hier toch betrouwbare uitkomsten verkregen zijn, blijkt wel, wanneer de gevonden hoogwaterstanden vergeleken worden met de in E_I vermelde.

Er volgt dan, dat de hogere opperwaterafvoeren de volgende S.V. verhoogingen veroorzaken :

Noordgeul	5 cm
Rotterdam	11 cm
Krimpen	11 cm
Vreeswijk	39 cm
Dordrecht	12 cm
Werkendam	22 cm
Zaltbommel	54 cm
Krabbegeul	7 cm
Bovenmond Spui	5 cm.

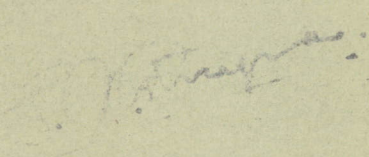
Tusschen deze punten in treden regelmatig klimmende - of dalende verschillen op. Zooals verwacht werd veranderden de stroomen op de Noord praktisch niet.

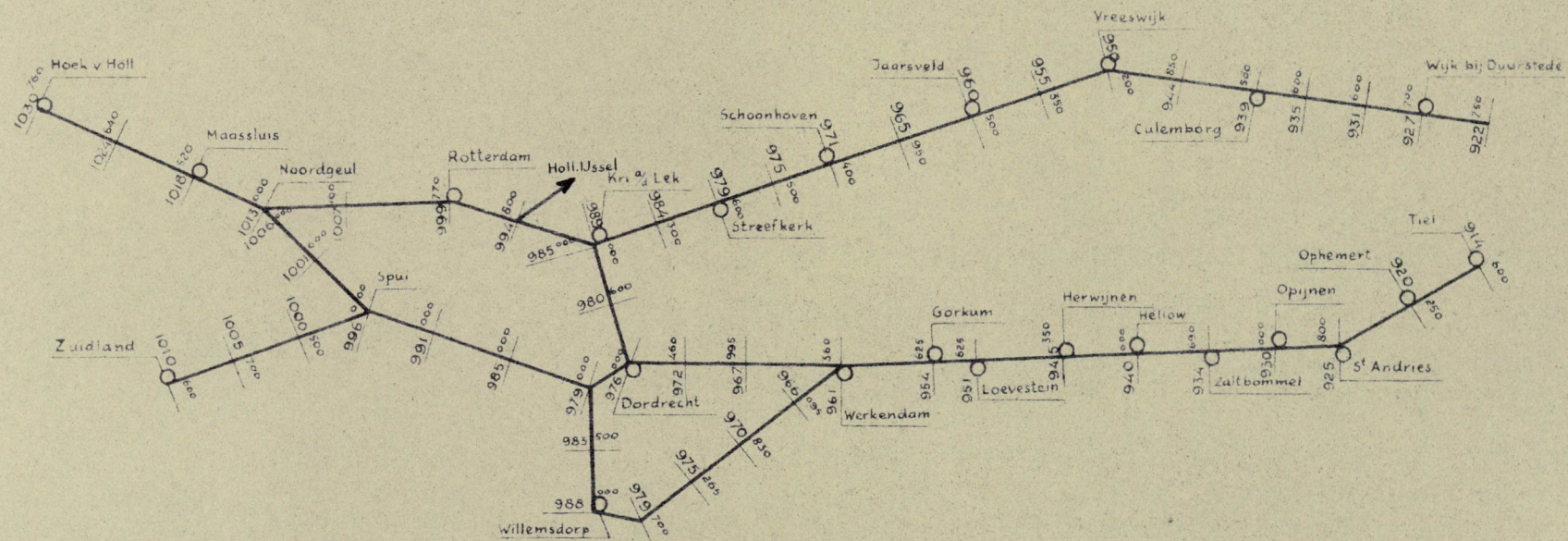
De veranderingen van den stroom op de Lek te Krimpen werden dan ook nagenoeg geheel door de Nieuwe Maas teweeg gebracht, terwijl de veranderingen van de stroomen op de Waal te Werkendam voor het overgrote deel hun terugslag vonden op Dordtsche Kil, Beneden Merwede en Nieuwe Merwede.

Bij afwezigheid van Dr. J. J. Dronkers.

Aug. 1944

S. H. Ringna.





SCHEMA VAKINDEELING
 SCHAAL 1 : 5 00.000

Berekening Theoretische Stormvloed
 voor de Benedenrivieren met Lek en Waal, uitgaande van :
 H.W. Hoek van Holland 4.00+ N.A.P. Opperwaterafvoer Lek 1000 m³/sec.
 H.W. Willemsdorp 4.80+ N.A.P. Waal 3000 m³/sec.
 H.W. Zuidland 4.45+ N.A.P.

voor Bestaande Toestand (Biesbosch en Brielsche Maas afgesloten gedacht)

Rivier	Vakbegrenzing	Plaatsen	L in m	B ₀ in m	b in m	d t.o.v. N.A.P.	C	zijvak			ber. H.W.	
								b	d	c		
Nieuwe Waterweg	1030 ⁷⁶⁰ - 1024 ⁶⁴⁰	Hoek van Holland -	6120	700	495	10,20-	60				4.00+	
	1024 ⁶⁴⁰ - 1018 ⁵²⁰	- Maassluis	6120	685	440	10,55-	60				3.98+	
	1018 ⁵²⁰ - 1012 ⁰⁰⁰	Maassluis-Noordgeul	5520	625	500	9,45-	60				4.01+	
Nieuwe Maas	1012 ⁰⁰⁰ - 1007 ¹⁰⁰	Noordgeul -	5900	1420	452	-10,40	50				4.16+	
	1007 ¹⁰⁰ - 999 ⁷⁷⁰	- R'dam	7230	1600	419	-11,30	50				4.25+	
	999 ⁷⁷⁰ - 994 ⁸⁰⁰	R'dam - Holl.IJssel	4970	770	365	- 9,55	50				4.36+	
	994 ⁸⁰⁰ - 989 ⁰⁰⁰	Holl.IJssel-Krimpen	5800	810	264	- 9,62	50				4.46+	
Lek	989 ⁰⁰⁰ - 984 ³⁰⁰	Krimpen -	4700	475	298	- 4,95	50	164	1,00+	40	4.51+	
	984 ³⁰⁰ - 979 ⁶⁰⁰	- Streefkerk	4700	475	298	- 4,95	50	164	1,00+	40	4.50+	
	979 ⁶⁰⁰ - 975 ⁵⁰⁰	Streefkerk -	4100	525	218	- 4,50	50	234	1,20+	40	4.52+	
	975 ⁵⁰⁰ - 971 ⁴⁰⁰	- Schoonhoven	4100	525	218	- 4,50	50	234	1,20+	40	4.53+	
	971 ⁴⁰⁰ - 965 ⁹⁵⁰	Schoonhoven -	5450	525	200	- 2,85	50	202	1,95+	40	4.60+	
	965 ⁹⁵⁰ - 960 ⁵⁰⁰	- Jaarsveld	5450	525	200	- 2,85	50	202	1,90+	40	4.68+	
	960 ⁵⁰⁰ - 955 ³⁵⁰	Jaarsveld -	5150	420	173	- 3,35	50	152	2,25+	40	4.78+	
	955 ³⁵⁰ - 950 ²⁰⁰	- Vreeswijk	5150	420	173	- 3,35	50	152	2,25+	40	4.92+	
	950 ²⁰⁰ - 944 ⁸⁵⁰	Vreeswijk -	5350	580	136	- 2,10	50	62	3,60+	40	-	
	944 ⁸⁵⁰ - 939 ⁵⁰⁰	- Culemborg	5350	580	136	- 2,10	50	62	3,60+	40	-	
	939 ⁵⁰⁰ - 935 ⁶⁰⁰	Culemborg -	3900	380	135	- 1,25	50	150	3,20+	40	-	
	935 ⁶⁰⁰ - 931 ⁶⁰⁰		4000	350	135	- 0,90	50	110	3,50+	40	-	
	931 ⁶⁰⁰ - 927 ⁷⁰⁰	- Wijk bij Duurstede	3900	280	135	- 0,50	50	105	3,90+	40	-	
	927 ⁷⁰⁰ - 922 ⁷⁵⁰	Wijk bij Duurstede -	4950	380	130	- 0,10	50	63	4,30+	40	-	
	Noord	985 ⁰⁰⁰ - 980 ⁶⁰⁰	Krimpen -	4400	540	220	- 4,60	50				4.51+
		980 ⁶⁰⁰ - 976 ²⁰⁰	- Dordrecht	4400	695	224	- 4,25	50				4.61+
Oude Maas	1006 ⁰⁰⁰ - 1001 ⁰⁰⁰	Noordgeul -	5000	400	241	- 7,40	50				4.72+	
	1001 ⁰⁰⁰ - 996 ⁰⁰⁰	- Bovenmond Spui	5000	600	216	- 7,20	50				4.16+	
	996 ⁰⁰⁰ - 991 ⁰⁰⁰	Bovenmond Spui -	5000	625	301	- 6,70	50				4.27+	
	991 ⁰⁰⁰ - 985 ⁰⁰⁰		6000	550	245	- 7,00	50				4.37+	
	985 ⁰⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbageul	6000	350	212	- 6,45	50				4.48+	
	979 ⁰⁰⁰ - 976 ⁰⁰⁰	Krabbageul - Dordrecht	3000	400	260	- 6,00	50				4.58+	
	1010 ⁶⁰⁰ - 1005 ⁷⁰⁰	Zuidland -	4900	300	200	- 5,35	50				4.66+	
Spui	1005 ⁷⁰⁰ - 1000 ⁵⁰⁰		5200	245	158	- 5,60	50				4.72+	
	1000 ⁵⁰⁰ - 995 ³⁰⁰	- Bovenmond Spui	5200	275	150	- 5,20	50				4.43+	
											4.41+	
Kil	988 ⁰⁰⁰ - 983 ⁵⁰⁰	Willemsdorp -	4500	323	213	- 5,92	50				4.36+	
	983 ⁵⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbageul	4500	326	147	- 6,51	50				4.80+	
Ben.Merwede	976 ⁰⁰⁰ - 972 ⁴⁶⁰	Dordrecht-Baanhoek	3540	382	258	- 5,60	50				4.75+	
	972 ⁴⁶⁰ - 967 ⁹⁹⁵	Baanhoek-Sliedrecht	4465	425	258	- 4,80	50				4.66+	
	967 ⁹⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	Sliedrecht-Werkendam	6635	405	278	- 4,00	50				4.72+	
Waal	961 ³⁶⁰ - 954 ⁶²⁵	Werkendam-Gorkum	6735	800	470	- 4,35	50	88	1,70+	40	4.84+	
	954 ⁶²⁵ - 951 ⁶²⁵	Gorkum -	3000	1000	400	- 4,45	50	140	1,85+	40	4.92+	
	951 ⁶²⁵ - 945 ³⁵⁰	Loevestein -	6275	945	377	- 4,15	50	72	1,70+	40	5.05+	
	945 ³⁵⁰ - 940 ⁰⁰⁰	Herwijnen -	5350	845	340	- 3,50	50	56	2,20+	40	5.12+	
	940 ⁰⁰⁰ - 934 ⁶⁹⁰	Hellouw -	5310	1125	325	- 2,90	50	26	2,65+	40	5.25+	
	934 ⁶⁹⁰ - 930 ⁰⁰⁰	Zaltbommel -	4690	1090	310	- 2,20	50	80	3,10+	40	5.43+	
	930 ⁰⁰⁰ - 925 ⁸⁰⁰	Opijnen -	4200	950	295	- 1,85	50	52	3,50+	40	5.61+	
	925 ⁸⁰⁰ - 920 ²⁵⁰	St.Andries -	5550	875	290	- 0,85	50	44	4,00+	40	-	
	920 ²⁵⁰ - 914 ⁶⁰⁰	Ophemert - Tiel	5650	845	283	- 0,05	50	40	4,60+	40	-	
												-
Nw.Merwede		Willemsdorp-Splitsingspunt	3400	1600	850	- 6,50	50				4.80+	
	979 ⁷⁰⁰ - 975 ²⁶⁵	Splitsingspunt -	4435	900	685	- 4,80	50				4.82+	
	975 ²⁶⁵ - 970 ⁸³⁰		4435	1050	565	- 4,00	50				4.84+	
	970 ⁸³⁰ - 966 ⁰⁹⁵		4735	640	476	- 3,79	50				4.87+	
	966 ⁰⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	- Werkendam	4735	486	418	- 5,73	50				4.88+	
											4.92+	

E3.

BIEREKENING THEORETISCHEN STORMVLOED VOOR BENEDENRIVIEREN
+ LEK + WAAL. VIERRILANDENPLAN. GEMIDDELD OPPERWATER.

BEREKENING VOOR DE BENEDENRIVIEREN MET LEK EN WAAL, BIJ EEN THEORETISCHEN STORMVLOED, INDIEN HET VIEREILANDENPLAN IS UITGEVOERD.

Opperwaterafvoer Lek : 450 m³/sec.
Opperwaterafvoer Waal : 1500 m³/sec.

a. Algemeene Opzet :

Maakt in E_I en E_{II} de waterbeweging bepaald was bij bestaande profielen, is in deze berekening onderzocht welke wijzigingen de uitvoering van het Viereilandenplan, voor het geval van een gemiddelde opperwaterafvoer der bovenrivieren, teweeg zou brengen. De uitkomsten van deze berekening zijn dus het beste te vergelijken met die van berekening E_I.

Bij overgang van berekening E_I op onderstaande treden de volgende veranderingen op: de Oude Maas en het Spui worden afgesloten en eenige rivieren worden verdiept. Zoo krijgt de Nieuwe Waterweg beneden het punt Noordgeul een profiel van 600 m breedte bij een diepte van 12,50 m - N.A.P. met het oog op de eischen, die de scheepvaart in de toekomst zal stellen. De Noord wordt van + 4,50 m - N.A.P. verdiept tot 9,00 m - N.A.P. Hierdoor blijft een vrije route voor zeeschepen naar Dordrecht bestaan, terwijl de vergroting van het Noordprofiel mede de mogelijkheid schept om een grooter gedeelte van het opperwater van de Waal langs den Waterweg af te voeren. (Zoutprobleem Waterweg).

De diepte van de Nieuwe Merwede wordt teruggebracht op 3,50 m - N.A.P., teneinde een grooter gedeelte van het opperwater der Waal langs de Beneden-Merwede te kunnen afvoeren (zie boven).

In de grootte van de kombergingsoppervlakken werden nergens wijzigingen aangebracht.

Afgezien van bovengenoemde rivierafsluitingen en profielsveranderingen, werden voor de overige rivieren dezelfde schematisatie en vakeconstanten aangehouden. In den overzichtsstaat zijn deze cijfers weergegeven, terwijl bijgaande schets het nieuwe rivierenstelsel met de vakindeeling weergeeft.

b. Verloop van de berekeningen en resultaten.

Teneinde een eerste benadering voor de maximum stroomen aan de benedenmonden van het rivierstelsel voor dit nieuwe rivierenstelsel te bepalen, werd weer een stelsel quadratische vergelijkingen opgesteld, volgens de methode als vroeger weergegeven is. Hierbij werd de stroom aan den mond van Lek en Waal bekend verondersteld. Uitgaande van de volgens deze methode bepaalde stroomen, werden de rivieren vak voor vak berekend, totdat aan de eischen op de splitsingspunten voldoende nauwkeurig voldaan werd. (Zie vorige berekeningen).

Vergelijkt men de berekende maximum stroomen met de in E_I bepaalde, ^{x)} dan blijkt, dat de stroomen op den Waterweg een weinig afnemen, op de Nieuwe Maas en op de Noord sterk toenemen, terwijl ze op de Dordtsche Kil en de Nieuwe Merwede afnemen. Een en ander is aldus te verklaren.

1. Waterweg: Doordat enerzijds de Oude Maas afgesloten is, zullen de stroomen op den Nieuwen Waterweg afnemen. Daar echter het profiel van den tak Hoek van Holland-Krimpen-Dordrecht ruimer wordt, zal deze tak anderzijds een belangrijker aandeel krijgen in de water- toe- en afvoer voor het gebied rondom Dordrecht, dan voorheen. Dit heeft tengevolge, dat de stroomen op den Waterweg weer zullen toenemen. Uiteindelijk treedt dan ook slechts een kleine stroomsvermindering op. De verruiming van het profiel van den Nieuwen Waterweg heeft ten gevolge, dat zowel vloed- als ebverval op deze rivier belangrijk afnemen. De getijlijn te Noordgeul ondervindt dan ook een sterke terugschuiving ten opzichte van den ouden toestand.
2. Nieuwe Maas : Daar de Nieuwe Maas bij den nieuwen toestand de geheele toevoer van den Waterweg moet opnemen, worden de maximum stroomen op deze rivier belangrijk versterkt ten opzichte van de vorige berekening. Daar hier het profiel niet veranderd wordt, zullen de vloed- en ebvervallen dus toenemen. Een en ander heeft tot gevolg, dat de groote terugschuiving nabij Noordgeul te Krimpen bijna weer geheel opgeheven is (vooral in den dalenden tak). De getijlijn te Krimpen voor den ouden en den nieuwen toestand verschillen dan ook onderling weinig. Het is duidelijk, dat de stroomen op de Lek, vergeleken met de vorige berekening, dus weinig zullen veranderen.
3. De Noord : De Noord zal voor het integreerend onderdeel de stroomtoename aan den bovenmond van de Nieuwe Maas moeten opnemen. Daar haar profiel danmerkkelijk verdiept is, geschiedt dit, zonder dat het verval tusschen Krimpen en Dordrecht belangrijke verandering ten opzichte van den ouden toestand ondergaat. De getijlijn te Dordrecht is dan ook practisch niet veranderd.
4. Dordtsche Kil: Daar nu de Noord belangrijker aandeel in de toe- en afvoer bij Dordrecht gekregen heeft, nemen de stroomen op de Dordtsche Kil af.
5. Nieuwe Merwede : Daar het profiel op de Nieuwe Merwede afneemt, en dus de weerstand grooter wordt, zullen ook daar de stroomen afnemen. Te Werkendam verandert het verticaal getij weinig. Vergelijkt men nu de in den overzichtsstaat opgegeven S.V.standen met die in E_I bepaald zijn, dan blijkt, dat in het algemeen voor den nieuwen toestand hooger S.V.standen berekend werden.

x) Deze zijn hier niet opgegeven.

De verschillen verlopen als volgt: Op den Nieuwen Waterweg treedt stroomopwaarts een geleidelijke stijging van de S.V.standen op ten opzichte van de vroegere berekening. Nabij het voormalige splitsingspunt Noordgeul bedraagt dit verschil 16 cm. Op de Nieuwe Maas daalt het verschil geleidelijk tot een waarde van 5 cm te Krimpen a/d Lek. Op de Noord neemt het verder af, tot het te Dordrecht nog 2 cm. bedraagt.

Zoowel op de Beneden Merwede, als op de Nieuwe Merwede, treedt in stroomopwaartsche richting weer een geleidelijke vergrooting van het verschil op. Te Werkendam wordt voordezen toestand een S.V.stand berekend 10 cm hoger dan in E_I .

Op den bovenloop van Lek en Waal moeten de verschillen theoretisch gelijk nul zijn. In werkelijkheid treden hier kleine positieve en negatieve verschillen op.

Gezien de vele gelijktijdige veranderingen in het rivierenstelsel, die bij het uitvoeren van het Viereilandenplan optreden, is het niet gemakkelijk deze veranderingen ten opzichte van E_I in de S.V.standen afzonderlijk quantitatief te verklaren.

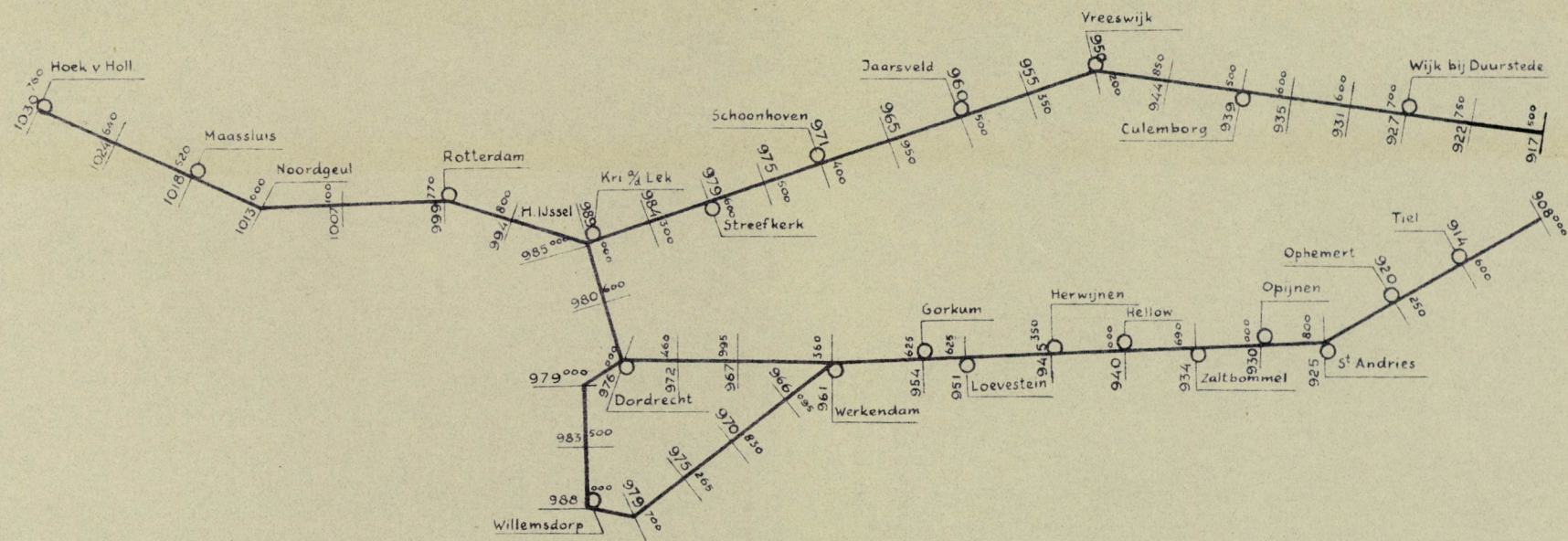
Het zal echter wel duidelijk zijn, dat de uitschakeling van de Oude Maas enerzijds en het verdiepen van enkele rivieren bij een slechts geringe toename der stroombreedte anderzijds, een verhooging van de S.V.standen zal veroorzaken. Daar de capaciteit van de Oude Maas aan den benedenmond grooter is dan aan den bovenmond, is het logisch, dat afsluiting aan den benedenmond grooter verschillen veroorzaakt dan aan den bovenmond. Dit klopt met hetgeen hierboven reeds opgemerkt is over de op chuijing der takken en de veranderingen der hoogwaters.

Daar het geheele stelsel voor een periode van negen uren rondom hoogwater is berekend en voor de Lek en de Waal respectievelijk 15 en 10 opeenvolgende riviervakken in de berekening zijn betrokken, mogen de berekende S.V.standen als betrouwbare waarden worden aangemerkt.

Bij afwezigheid van Dr. J.J. Dronkers

Aug. 1944.

S.H. Ringma.



SCHEMA VAKINDEELING
 SCHAAL 1 : 500.000

Rivier	Vakbegrenzing	Plaatsen	L in m	B _o in m	b in m	d t.o.v. N.A.P.	c	zijvak			ber. H.W.
								b	d	c	
Nieuwe Waterweg	1030 ⁷⁶⁰ -1024 ⁶⁴⁰	Hoek van Holland -	6120	700	600	-12,50	60				4,00+
	1024 ⁶⁴⁰ -1018 ⁵²⁰	- Maassluis	6120	685	600	-12,50	60				4,06+
	1018 ⁵²⁰ -1013 ⁰⁰	Maassluis-Noordgeul	5520	625	600	-12,50	60				4,16+
Nieuwe Maas	1013 ⁰⁰⁰ -1007 ¹⁰⁰	Noordgeul -	5900	1420	453	-10,40	50				4,27+
	1007 ¹⁰⁰ - 999 ⁷⁷⁰	- R'dam	7330	1600	419	-11,30					4,29+
	999 ⁷⁷⁰ - 994 ⁸⁰⁰	R'dam-Holl.IJssel	4970	770	365	- 9,55					4,37+
	994 ⁸⁰⁰ - 989 ⁰⁰⁰	Holl.IJssel-Krimpen	5800	810	284	- 9,60	50				4,39+
Lek	989 ⁰⁰⁰ - 984 ³⁰⁰	Krimpen -	4700	475	298	- 4,95	50	164	1,00+	40	4,45+
	984 ³⁰⁰ - 979 ⁶⁰⁰	- Streefkerk	4700	475	298	- 4,95		164	1,00+	40	4,40+
	979 ⁶⁰⁰ - 975 ⁵⁰⁰	Streefkerk -	4100	525	218	- 4,50		234	1,20+	40	4,39+
	975 ⁵⁰⁰ - 971 ⁴⁰⁰	- Schoonhoven	4100	525	218	- 4,50		234	1,20+	40	4,37+
	971 ⁴⁰⁰ - 965 ⁹⁵⁰	Schoonhoven -	5450	525	200	- 3,85		202	1,95+	40	4,35+
	965 ⁹⁵⁰ - 960 ⁵⁰⁰	- Jaarsveld	5450	525	200	- 3,85		202	1,95+	40	4,34+
	960 ⁵⁰⁰ - 955 ³⁵⁰	Jaarsveld -	5150	420	173	- 3,35		152	2,25+	40	4,34+
	955 ³⁵⁰ - 950 ²⁰⁰	- Vreeswijk	5150	420	173	- 3,35		152	2,25+	40	4,36+
	950 ²⁰⁰ - 944 ⁸⁵⁰	Vreeswijk -	5350	580	136	- 2,10		62	3,60+	40	4,42+
	944 ⁸⁵⁰ - 939 ⁵⁰⁰	- Culemborg	5350	580	136	- 2,10		62	3,60+	40	4,54+
	939 ⁵⁰⁰ - 935 ⁶⁰⁰	Culemborg -	3900	380	133	- 1,25		150	3,20+	40	4,62+
	935 ⁶⁰⁰ - 931 ⁶⁰⁰		4000	350	135	- 0,90		110	3,50+	40	4,70+
	931 ⁶⁰⁰ - 927 ⁷⁰⁰	- Wijk bij Duurstede	3900	280	135	- 0,50		105	3,90+	40	4,78
	927 ⁷⁰⁰ - 922 ⁵⁰⁰	Wijk bij Duurstede -	4950	380	130	- 0,10		63	4,30+	40	4,87
	922 ⁷⁵⁰ - 917 ⁵⁰⁰		5250	200	130	+ 0,50	50	103	5,20+	40	5,02
Noord	985 ⁰⁰⁰ - 980 ⁶⁰⁰	Krimpen -	4400	540	250	- 9,00	50				4,45+
	980 ⁶⁰⁰ - 976 ²⁰⁰	Dordrecht	4400	695	250	- 9,00	50				4,53+
Kil	988 ⁰⁰⁰ - 983 ⁵⁰⁰	Willemsdorp -	4500	333	200	- 4,50	50				4,62+
	983 ⁵⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbegaul	4500	326	200	- 4,50	50				4,80+
	979 ⁰⁰⁰ - 976 ⁰⁰⁰	Krabbegaul-Dordt	3000	400	200	- 4,50	50				4,72+
Ben.Merwede	976 ⁰⁰⁰ - 972 ⁴⁶⁰	Dordt-Baanhoek	3540	382	258	- 5,50	50				4,66+
	972 ⁴⁶⁰ - 967 ⁹⁹⁵	Baanhoek-Sliedrecht	4465	425	258	- 5,50	50				4,62+
	967 ⁹⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	Sliedrecht-Werkendam	6035	405	273	- 5,50	50				4,74+
W.Merwede	975 ⁰⁰⁰ - 970 ⁸³⁰	Willemsdorp-Spl.punt	3400	750	600	- 6,50	50				4,80+
	970 ⁸³⁰ - 966 ⁰⁹⁵	Splitsingspunt -	4435	900	685	- 3,50	50				4,80+
	966 ⁰⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	Werkendam	4735	486	418	- 3,50	50				4,82+
			4435	1050	565	- 3,50	50				4,84+
			4735	640	470	- 3,50	50				4,82+
Waal	961 ³⁶⁰ -954 ⁶²⁵	Werkendam-Gorkum	6735	800	470	- 4,35	50	88	1,70+	40	4,80+
	954 ⁶²⁵ -951 ⁶²⁵	Gorkum -	3000	1000	400	- 4,45	50	140	1,85+	40	4,84+
	951 ⁶²⁵ -945 ³⁵⁰	Loevestuin -	6275	945	377	- 4,15	50	72	1,70+	40	4,89+
	945 ³⁵⁰ -940 ⁰⁰⁰	Horwijnen -	5350	845	340	- 3,50	50	56	2,20+	40	4,96+
	940 ⁰⁰⁰ -934 ⁶⁹⁰	Hellouw	5310	1125	325	- 2,90	50	26	2,65+	40	5,03+
	934 ⁶⁹⁰ -930 ⁰⁰⁰	Zaltbommel -	4690	1020	310	- 2,20	50	80	3,10+	40	5,11+
	930 ⁰⁰⁰ -925 ⁸⁰⁰	Opijnen -	4200	950	295	- 1,85	50	52	3,50+	40	5,20+
	925 ⁸⁰⁰ -920 ²⁵⁰	St.Andries -	5550	875	290	- 0,85	50	44	4,00+	40	5,26+
	920 ²⁵⁰ -914 ⁶⁰⁰	Ophemert -	5650	845	283	- 0,05	50	40	4,60+	40	5,45+
	914 ⁶⁰⁰ -908 ⁰⁰⁰	Tiel	6600	575	287	+ 0,20	50				5,77+
											6,11+

E4.

BEREKENING THEORETISCHEN STORMVLOED VOOR BENEDENRIVIEREN
+ LEK + WAAL. VIEREILANDENPLAN. HOOG OPPERWATER.

BEREKENING VOOR DE BEMIDENRIVIEREN MET LEE EN WAAL,
BIJ EEN THEORETISCHEN STORMVLOED, INDIEN HET VIERSILANDEN-
PLAN IS UITGEVOERD, VOOR HET GEVAL VAN HOOGTE OPPERWATER-
AFVOEREN DER BOVENRIVIEREN.

Deze berekening sluit, wat profileering, schematisatie en gehezigde vakconstanten betreft, geheel bij de vorige aan.

De vakverdeling is op bijgaand schema weergegeven. In de overzichtslijst zijn de vakconstanten vermeld.

De berekening voor dit geval, bij een opperwaterafvoer van respectievelijk 1000 en 3000 m³/sec. voor Lek en Waal, werd op analoge wijze als in E_{II} is aangegeven uit berekening E_{III} (bij gemiddelden opperwaterafvoer) opgebouwd.

De bepaling van horizontaal en verticaal getij voor een periode van 9 uren rondom den S.V.stand, evenals in E_{III}, leverde dan ook geen bijzondere moeilijkheden op.

Daar het echter wenschelijk werd geacht voor een der berekeningen den invloed van het voorafgaande getij op de berekende S.V.standen na te gaan, werd deze berekening uitgebreid tot een periode van 19 uren. In deze periode valt dus het voorafgaande hoogwater en laagwater en de S.V.stand.

Deze uitbreiding van de berekende periode van 9 tot 19 uren had ten gevolge dat voor de uren van de oorspronkelijke berekening, vóór H.W. gelegen, een eenigszins gewijzigde oplossing werd gevonden. In de reeds bepaalde waarden voor de S.V.standen traden echter geen veranderingen op.

Ook hier blijkt weer dat wanneer er wijzigingen in horizontaal of verticaal getij optreden, de S.V.stand in veel mindere mate aan verandering onderhevig is als de waterstanden in de takken der getijlijnen. (Vergelijk ook wat hieromtrent in berekening E_I is opgemerkt).

Bij deze uitgebreide berekening werden de bovenrivieren zoover berekend, tot zowel het horizontaal - als het verticaal getij over de geheele periode uitgestorven was.

De berekende waarden voor den S.V.stand en het voorgaand hoog- en laagwater zijn in den overzichtsstaat opgegeven.

Vergelijkt men deze waarden met die, welke voor het analoge geval, bij gemiddeld opperwater berekend zijn (E_{III}) dan blijkt dat tengevolge van de verhooging van den opperwaterafvoer de S.V.stander als volgt oploopen :

Nabij den Noordgeul	met	5 cm
Rotterdam	met	17 cm
Krimpen a/d Lek	met	21 cm
Vreeswijk	met	62 cm
Wijk bij Duurstede	met	118 cm
Dordrecht	met	18 cm
Werkendam	met	14 cm
Zaltbommel	met	56 cm
Tiel	met	169 cm

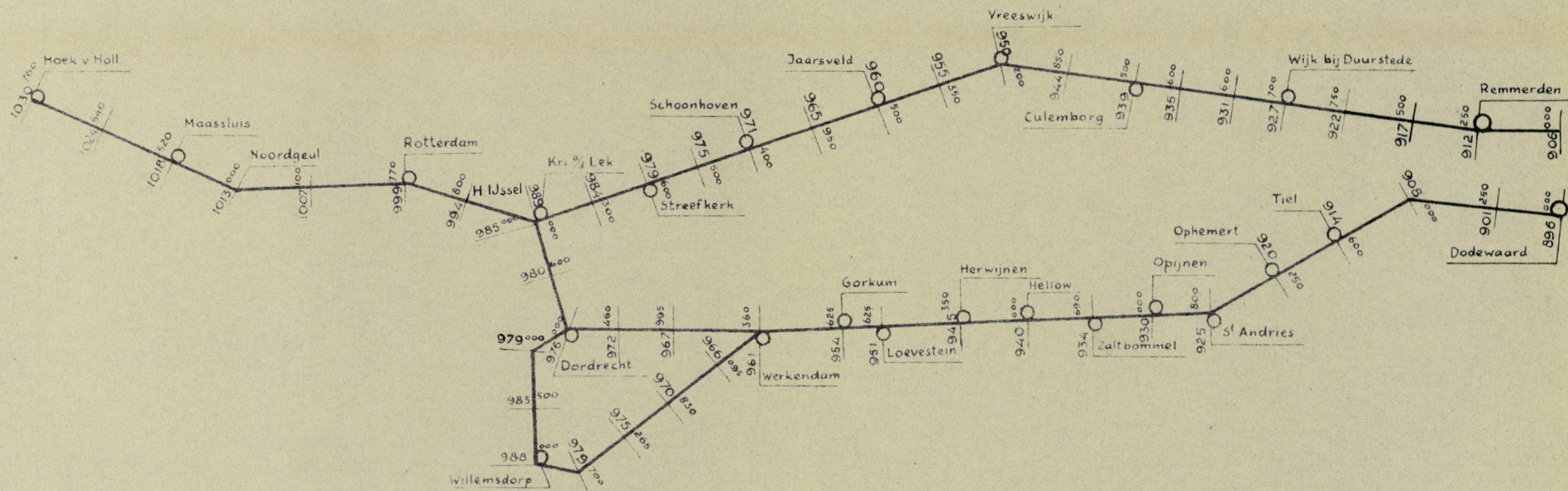
Voor een uitvoeriger beschouwing der gevonden resultaten wordt verwezen naar de bij de berekening aanwezige grafieken voor horizontaal en verticaal getij.

Bij afwezigheid van Dr. J.J. Dronkers

Aug. 1944

S.H. Ringma.

S.H. Ringma



SCHEMA VAKINDEELING
 SCHAAL 1: 500.000

Berekening Theoretische Stormvloed
 voor de Benedenrivieren met Lek en Waal, uitgaande van :
 H.W. Hoek van Holland 4.00+ N.A.P. Opperwaterafvoer Lek 1000 m³/sec.
 H.W. Willemsdorp 4.80+ Opperwaterafvoer Waal 3000 m³/sec.
 voor het Viereilandenplan (Holl.IJssel, Brielsche Maas, Spui, O.Maas en Biesbosch afgesloten)

Rivier	Vakbegrenzing	Plaatsen	L in m	B _o in m	b in m	d t.o.v. N.A.P.	C	zijvak			ber. H.W.	ber. voorg. H.W.	ber. voorg. L.W.
								b	d	C			
Nieuwe Waterweg	1030 ⁷⁶⁰ - 1024 ⁶⁴⁰	Hoek van Holland -	6120	700	600	- 12,50	60				4.00+	2.52+	0.98+
	1024 ⁶⁴⁰ - 1018 ⁵²⁰	- Maassluis	6120	685	600	- 12,50	60				4.09+	2.52+	1.02+
	1018 ⁵²⁰ - 1013 ⁰⁰⁰	Maassluis-Noordgeul	5520	625	600	- 12,50	60				4.22+	2.58+	1.08+
Nieuwe Maas	1013 ⁰⁰⁰ - 1007 ¹⁰⁰	Noordgeul -	5900	1420	453	- 10,40	50				4.52+	2.47+	1.14+
	1007 ¹⁰⁰ - 999 ⁷⁷⁰	- R'dam	7330	1600	419	- 11,30	50				4.40+	2.55+	1.20+
	999 ⁷⁷⁰ - 994 ⁸⁰⁰	R'dam - Holl.IJssel	4970	770	365	- 9,55	50				4.54+	2.66+	1.26+
	994 ⁸⁰⁰ - 989 ⁰⁰⁰	Holl.IJssel-Krimpen	5800	810	264	- 9,60	50				4.58+	2.76+	1.33+
Lek	989 ⁰⁰⁰ - 984 ³⁰⁰	Krimpen -	4700	475	298	- 4,95	50	164	1.00+	40	4.66+	2.92+	1.52+
	984 ³⁰⁰ - 979 ⁶⁰⁰	- Streefkerk	4700	475	298	- 4,95	50	164	1.00+	40	4.66+	2.97+	1.64+
	979 ⁶⁰⁰ - 975 ⁵⁰⁰	Streefkerk -	4100	525	218	- 4,50	50	234	1.20+	40	4.66+	3.00+	1.75+
	975 ⁵⁰⁰ - 971 ⁴⁰⁰	- Schoonhoven	4100	525	218	- 4,50	50	234	1.20+	40	4.68+	3.05+	1.96+
	971 ⁴⁰⁰ - 965 ⁹⁵⁰	Schoonhoven -	5450	525	200	- 3,85	50	202	1.95+	40	4.72+	3.09+	2.12+
	965 ⁹⁵⁰ - 960 ⁵⁰⁰	- Jaarsveld	5450	525	200	- 3,85	50	202	1.95+	40	4.78+	3.19+	2.44+
	960 ⁵⁰⁰ - 955 ³⁵⁰	Jaarsveld -	5150	420	173	- 3,35	50	152	2.25+	40	4.86+	3.29+	2.69+
	955 ³⁵⁰ - 950 ²⁰⁰	- Vreeswijk	5150	420	173	- 3,35	50	152	2.25+	40	4.95+	3.45+	3.03+
	950 ²⁰⁰ - 944 ⁸⁵⁰	Vreeswijk -	5350	580	136	- 2,10	50	62	3.60+	40	5.04+	3.61+	3.28+
	944 ⁸⁵⁰ - 939 ⁵⁰⁰	- Gulemborg	5350	580	136	- 2,10	50	62	3.60+	40	5.22+	4.11+	3.98+
	939 ⁵⁰⁰ - 935 ⁶⁰⁰	Gulemborg -	3900	380	135	- 1,25	50	150	3.20+	40	5.42+	4.54+	4.46+
	935 ⁶⁰⁰ - 931 ⁶⁰⁰		4000	350	135	- 0,90	50	110	3.50+	40	5.59+	4.88+	4.83+
	931 ⁶⁰⁰ - 927 ⁷⁰⁰	- Wijk b. Duurstede	3900	280	135	- 0,50	50	105	3.90+	40	5.80+	5.24+	5.20+
	927 ⁷⁰⁰ - 922 ⁷⁵⁰	Wijk b. Duurstede -	4950	380	130	- 0,10	50	63	4.30+	40	6.05+	5.62+	5.58+
	922 ⁷⁵⁰ - 917 ⁵⁰⁰		5250	200	130	+ 0,50	50				6.44+	6.16+	6.12+
	917 ⁵⁰⁰ - 912 ²⁵⁰	- Remmerden	5250	250	135	+ 1,10	50				6.90+	6.73+	6.70+
912 ²⁵⁰ - 906 ⁰⁰⁰	Remmerden	6250	270	134	+ 1,80	50				7.44+	7.32+	7.29+	
Noord	985 ⁰⁰⁰ - 980 ⁶⁰⁰	Krimpen -	4400	540	250	- 9,00	50				4.66+	2.92+	1.53+
	980 ⁶⁰⁰ - 976 ²⁰⁰	- Dordrecht	4400	695	250	- 9,00	50				4.73+	2.98+	1.55+
											4.80+	3.04+	1.58+
Kil	988 ⁰⁰⁰ - 983 ⁵⁰⁰	Willemsdorp -	4500	333	200	- 4,50	50				4.80+	2.92+	1.59+
	983 ⁵⁰⁰ - 979 ⁰⁰⁰	- Krabbegeul	4500	326	200	- 4,50	50				4.80+	2.97+	1.48+
	979 ⁰⁰⁰ - 976 ⁰⁰⁰	Krabbegeul-Dordrecht	3000	400	200	- 4,50	50				4.80+	3.00+	1.58+
Ben. Merwede	976 ⁰⁰⁰ - 972 ⁴⁶⁰	Dordt - Baanhoek	3540	382	258	- 5,50	50				4.80+	3.04+	1.58+
	972 ⁴⁶⁰ - 967 ⁹⁹⁵	Baanhoek-Sliedrecht	4465	425	258	- 5,50	50				4.84+	3.10+	1.74+
	967 ⁹⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	Sliedrecht-Werkendam	6635	405	273	- 5,50	50				4.88+	3.18+	1.92+
Nw. Merwede		Willemsdorp-Spl. punt	3400	750	600	- 6,50	50				4.94+	3.28+	2.11+
	979 ⁷⁰⁰ - 975 ²⁶⁵	Splitsingspunt -	4435	900	685	- 3,50	50				4.80+	2.92+	1.59+
	975 ²⁶⁵ - 970 ⁸³⁰		4435	1050	565	- 3,50	50				4.82+	2.97+	1.45+
	970 ⁸³⁰ - 966 ⁰⁹⁵		4735	640	470	- 3,50	50				4.84+	3.03+	1.56+
	966 ⁰⁹⁵ - 961 ³⁶⁰	- Werkendam	4735	486	418	- 3,50	50				4.87+	3.11+	1.69+
Waal	961 ³⁶⁰ - 954 ⁶²⁵	Werkendam-Gorkum	6735	800	470	- 4,35	50	88	1.70+	40	4.89+	3.18+	1.90+
	954 ⁶²⁵ - 951 ⁶²⁵	Gorkum	3000	1000	400	- 4,45	50	140	1.85+	40	4.94+	3.28+	2.11+
	951 ⁶²⁵ - 945 ³⁵⁰	Loevestein -	6275	945	377	- 4,15	50	72	1.70+	40	5.06+	3.46+	2.50+
	945 ³⁵⁰ - 940 ⁰⁰⁰	Herwijnen -	5350	845	340	- 3,50	50	56	2.20+	40	5.11+	3.54+	2.72+
	940 ⁰⁰⁰ - 934 ⁶⁹⁰	Hellouw -	5310	1125	325	- 2,90	50	26	2.65+	40	5.24+	3.78+	3.20+
	934 ⁶⁹⁰ - 930 ⁰⁰⁰	Zaltbommel -	4690	1090	310	- 2,20	50	80	3.10+	40	5.42+	4.11+	3.71+
	930 ⁰⁰⁰ - 925 ⁸⁰⁰	Opijnen -	4200	950	295	- 1,85	50	52	3.50+	40	5.67+	4.55+	4.28+
	925 ⁸⁰⁰ - 920 ²⁵⁰	St. Andries	5550	875	290	- 0,85	50	44	4.00+	40	5.93+	5.04+	4.87+
	920 ²⁵⁰ - 914 ⁶⁰⁰	Ophemert -	5650	845	283	- 0,05	50	40	4.60+	40	6.22+	5.50+	5.38+
	914 ⁶⁰⁰ - 908 ⁰⁰⁰	Tiel -	6600	575	287	+ 0,20	50				6.74+	6.26+	6.20+
908 ⁰⁰⁰ - 901 ²⁵⁰	- Doodewaard	6750	510	284	+ 0,65	50				7.40+	7.08+	7.06+	
901 ²⁵⁰ - 896 ⁰⁰⁰	Doodewaard	5250	-	288	+ 1,30	50				8.20+	8.00+	8.00+	
										9.05+	8.96+	8.96+	
										9.65+	9.61+	9.61+	

E5.

BEREKENING THEORETISCHEN STORMVLOED VOOR BENEDENRIVIEREN
+ LEK + WAAL. VIJFEILANDENPLAN. HOOG OPPERWATER.

E_V

BEREKENING VOOR DE BENEDENRIVIEREN MET LEK EN WAAL,
BIJ EEN THEORETISCHEN STORMVLOED, INDIEN HET VIEREILANDEN-
PLAN IS UITGEVOERD, VOOR HET GEVAL VAN EEN HOOGE OPPERWATER
AFVOER DER BENEENRIVIEREN.

Zijn bij het viereilandenplan o.a. de Oude Maas en het Spui afgesloten, zoo wordt bij dit plan bovendien de Dordtsche Kil aan beide monden en de Beneden Merwede tusschen Baanhoek en Werkendam afgedamd. Ter vervanging van laatstgenoemde riviertak wordt de Sliedrechtsche Doorsteek gegraven, die de Nieuwe Merwede boven Kop van 't Land met de Beneden-Merwede bij Baanhoek verbindt.

Bijgaande schets licht de situatie van het dan resterende rivierenstelsel nader toe.

Ten opzichte van den "bestaanden" toestand (zie E_I, E_{II}) worden eenige belangrijke profielswijzigingen aangebracht. Zoo wordt, in verband met de toekomstige scheepvaartelken, het profiel van den Waterweg gebracht op 600 x 12,50 m - N.A.P., terwijl het bovenste gedeelte van de Nieuwe Merwede verdiept wordt tot 6 m - N.A.P. Dit laatste riviervak zal immers het gezamenlijke opperwater van Beneden- en Nieuwe Merwede moeten afvoeren.

De Nieuwe Merwede beneden den mond van den Doorsteek wordt verondiept tot 3,50 m - N.A.P., teneinde een grooter gedeelte van het Waalopperwater langs den Waterweg te doen afvloeien. (Zoutprobleem).

In verband met den dan toegenomen opperwaterafvoer langs den Noord, wordt deze rivier verdiept tot 6 m - N.A.P.

De vakindeeling en de vakconstanten zijn op de overzichtslijst vermeld.

Deze berekening komt het meest overeen met E_{IV}. Daar waren reeds eenige rivieren verdiept en andere afgesloten, terwijl dezelfde opperwaterafvoer in acht genomen werd als voor dit geval.

Berekening E_V werd dan ook op de gebruikelijke wijze opgebouwd vanuit de in E_{IV} verkregen resultaten.

Daar voor dezen theoretischen stormvloed reeds een viertal berekeningen werd uitgevoerd, kon bij deze laatste berekening volstaan worden met de beschouwing van een zestal uren. De rivieren Lek en Waal werden niet verder berekend dan tot respectievelijk Vreeswijk en St. Andries. Het getij is daar nog niet uitgestorven. Bij berekening E_{IV}, die als voorbeeld voor dit plan diende, werden echter zeer uitvoerige berekeningen uitgevoerd. (Zie aldaar).

De in den overzichtstaak opgegeven S.V.standen bezitten dan ook een voldoende graad van nauwkeurigheid.

Vergelijkt men deze cijfers met de in E_{IV} berekende waarden, dan

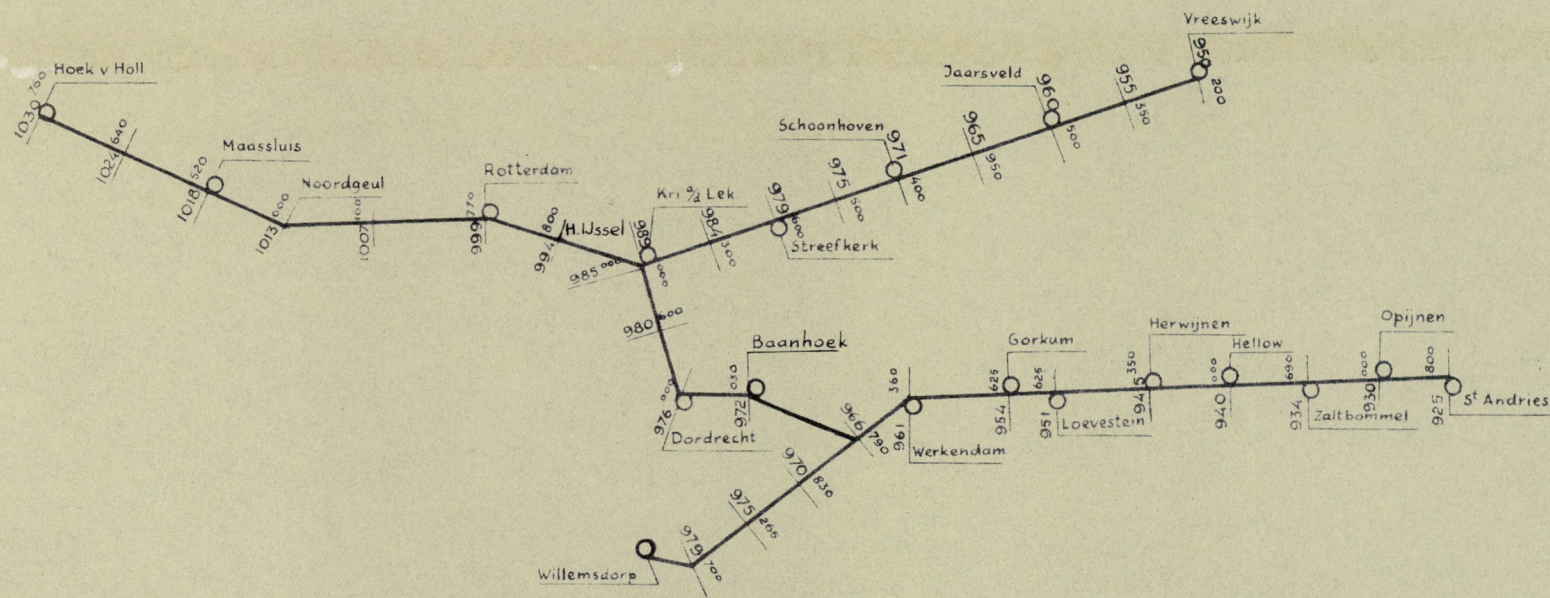
blijkt dat de S.V.standen nabij den Noordgeul (3), te Kringen a/d Lek (10), te Dorrecht (6) en te Werkendam 5 en zakken.

Bij afwezigheid van Dr. J. J. Dronkers.

Aug. 1944

S. H. Ringma.

S. H. Ringma



SCHEMA VAKINDEELING
 SCHAAL 1 : 500.000