

DI: 354998



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Bouwdienst Rijkswaterstaat

Nieuw gebruik van de Flakkeese Spuisluis als doorlaatmiddel

7 juni 2002

Haalbaarheidsstudie

Z4827

BIBLIOTHEEK BOUWDIENST RIJKSWATERSTAAT

NR. Z4827 BDL

Nieuw gebruik van de Flakkeese Spuisluis als doorlaatmiddel

7 juni 2002

Document nr.: 4943-R-2001.001

datum:	versie:	opgesteld:	paraaf:	OND:	paraaf, datum:	OGD:	paraaf, datum:
05/12/01	1	C.Zimmerman		J.T. de Vries		H.H. Jager	
23/01/02	2	C.Zimmerman		J.T. de Vries		H.H. Jager	
12/04/02	3	C.Zimmerman		J.T. de Vries		H.H. Jager	
07/06/02	4 def.	C.Zimmerman		J.T. de Vries		H.H. Jager	

BIBLIOTEK DOWIEDENSTY HUKSWATERSTADT

NR.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Algemeen	5
1.2	Korte beschrijving van de Flakkeese Spuisluis	6
2	Probleemomschrijving en opties	7
3	Uitgangspunten voor de haalbaarheidsstudie	9
4	Aanpak van de haalbaarheidsstudie	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Aanpak in stappen	12
5	Beschrijving van de huidige situatie	13
5.1	Algemeen	13
5.2	Hydraulische randvoorwaarden	13
5.3	Geometrie van de constructie	14
5.4	Bedrijfstoestanden en besturing volgens het ontwerp	14
5.5	Bodembescherming en bodemligging	15
5.6	Afvoercharacteristieken	16
6	0-optie: spuien en inlaten zonder aanpassingen	18
6.1	Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten	18
6.2	Stroombeeld en stroomsnelheden	18
6.3	Controle van de uitstroomconstructie	19
6.4	Resumé	19
7	Optie 1: spuien en inlaten zonder debietbegrenzer	21
7.1	Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten	21
7.2	Stroombeeld en stroomsnelheden	21
7.3	Globale dimensionering van de uitstroomconstructie	22
7.4	Resumé	23
8	Optie 2: spuien en inlaten met debietbegrenzer	24
8.1	Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten	24
8.2	Stroombeeld en stroomsnelheden	24
8.3	Globale dimensionering van de in- en uitstroomconstructie	25
8.4	Resumé	26
9	Nadere uitwerking van de doorlaatopties	28
9.1	Algemeen	28
9.2	Inventarisatie van de gevolgen voor beheer en besturing	28
9.3	Afwegingen bij de nadere uitwerking van opties en varianten	30
9.4	Schetsontwerp voor optie 1	30
9.4.1	Kostenraming	31
9.5	Schetsontwerp voor optie 2	31
9.5.2	Kostenraming	32
9.6	Kosteneffectiviteit	32
10	Conclusies en aanbevelingen	33
10.1	Conclusies	33
10.2	Aanbevelingen	34

Bijlagen

Bijlage 1	Situatie Flakkeese Spuisluis blad 1 Situatie Flakkeese Spuisluis blad 2
Bijlage 2	Getijkromme voor meetlocatie Krammersluizen west
Bijlage 3	Geometrie van de constructie, overzicht blad 1 Geometrie van de constructie, doorsnede blad 2
Bijlage 4	Afvoerkarakteristiek voor spuien (volgens ontwerp en prototype meting)
Bijlage 5	Berekening doorlaatdebieten voor 0-optie
Bijlage 6	Schets van stroombeeld uitstroming bij spuien
Bijlage 7	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (0-optie)
Bijlage 8	Berekening doorlaatdebieten voor optie 1
Bijlage 9	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 1)
Bijlage 10	Uitstroomconstructie (bodembescherming) voor optie 1
Bijlage 11	Berekening doorlaatdebieten voor optie 2
Bijlage 12	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 2)
Bijlage 13	Uitstroomconstructie (bodembescherming) voor optie 2
Bijlage 14	Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 1
Bijlage 15	Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 2
Bijlage 16	Raming (budgetindicatie) voor werktuigkundige en elektrotechnische installaties

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Het Grevelingenmeer is begrensd door de Brouwersdam aan de Noordzeezijde en de Grevelingendam aan de oostzijde. Door de dammen is een bekken gecreëerd dat enerzijds is afgesloten van de getijde invloed van de Noordzee en anderzijds van de peilvariaties in de Oosterschelde en het Hollands Diep. Het Grevelingenmeer wordt op een constant peil gehouden van NAP -0,20 m. In de Brouwersdam is ten behoeve van de peilbeheersing en waterverversing van het Grevelingenmeer een spuisluis aanwezig, die sinds 1999 het gehele jaar als spui-/inlaatsluis open staat, tenzij de waterstand op de Noordzee te hoog is.

Volgens de huidige inzichten is voor het Grevelingenmeer een sterkere uitwisseling met omringend water wenselijk en wordt overwogen om water door te laten, dat wil zeggen spuien en inlaten, via de Flakkeese Spuisluis. Dit is een hevelcomplex tussen het Grevelingenmeer en de Zijpe, dat als spuisluis heeft gefungeerd tijdens de compartimentering van het deltagebied. Aanvoer van voldoende zout water naar het Krammer, in de periode voor de voltooiing van de Philipsdam, werd destijds uit milieu-oogpunt vereist. Na de sluiting van deze dam (in 1987) is de spuisluis niet meer operationeel geweest.

De Bouwdienst is gevraagd om de mogelijkheden van een verruimd gebruik bij hernieuwde inbedrijfstelling van de hevels onderzoeken. Het inlaten van de getijstroom wordt dan, naast het spuien en het keren van hoge waterstanden, een nieuwe functionaliteit. Omdat verwacht mag worden dat voor het inlaten van significante debieten aan de Grevelingenzijde van de spuisluis aanpassingen noodzakelijk zijn, zullen de kosten en 'baten' (uit te drukken in een doorlaatdebit) van enkele, minder tot meer ingrijpende maatregelen worden onderzocht.

Als achtergrondinformatie over aanleiding en "doel" van de hevel en het jaartal van het stilzetten is door de Dienstkring Deltakust de hieronder vermelde info verstrekt.

Hoofddoel

De hevel is aangelegd omdat er tijdens de bouw/sluitingsfase van de Philipsdam getijreductie zou plaatsvinden in het noordelijk deel van de Oosterschelde (Krammer-west). Gekoppeld aan de aanvoer van zoet water via het Volkerak, via neerslag en via polderwaterlozingen zou dit verlaging van het zoutgehalte in deze uitloper van de Oosterschelde betekenen. Uit milieu-oogpunt achtte men dat onaanvaardbaar. Daarom was een spuumiddel noodzakelijk dat water met een voldoende hoog zoutgehalte (uit het Grevelingenmeer dus) zou aanvoeren om het anders verzoete water weer voldoende zout te krijgen.

Met andere woorden: een tijdelijke taak. In de literatuur wordt dan ook wel vermeld "tijdelijk doorlaatmiddel Grevelingendam".

De hevel is dan ook maar operationeel geweest tussen 1984 en 1987 (sluitingsjaar Philipsdam).

Omtrent overwegingen om de hevel enkel en alleen voor het doorspoelen van het Grevelingenmeer in bedrijf te houden, zoals nu wordt onderzocht, is zover bekend eerder niets vastgelegd.

Mogelijk nevendoeel.

Bij het ontwerp van de hevel was het nog niet duidelijk of het Grevelingenmeer uiteindelijk zout of zoet zou worden. Als het meer zoet zou worden, zou de hevel aan de uitstroomzijde, door de Philipsdam heen,

verlengd kunnen worden tot het zoete Zoommeer/Volkerak. Van hieruit zou dan, na verdere aanpassingen aan de zijde van het Grevelingenmeer, zoet water naar het Grevelingenmeer gevoerd kunnen worden. Door het latere besluit om het Grevelingenmeer zout te houden, verviel dit mogelijke nevensdoel.

(In feite wordt nu een vergelijkbare optie onderzocht, al gaat het nu om inlaten van zout water!)

1.2 Korte beschrijving van de Flakkeese Spuisluis

De Flakkeese Spuisluis is gesitueerd (zie Bijlage 1) direct ten zuidwesten van de aansluiting Philipsdam-Grevelingendam en kent aan weerszijden een toeleidingskanaal met aan de Grevelingenzijde een lengte van ca. 150 m en aan de Krammerzijde een lengte van ca. 300 m. Aan de Krammerzijde is een debietbegrenzer (zigzagoverlaat) aanwezig ter beperking van de zwaarte van de bodembescherming en van het optreden van ontgrondingen daarachter. De hevelleiding is een betonconstructie bestaande uit twee bundels van elk drie kokers met elk een vierkante stroomvoerende doorsnede van $3,2 \times 3,2 \text{ m}^2$. De bodem van de kokers en de woelbak voor de begrenzer ligt op NAP -5,75 m, de 'hevelknie' op NAP +3,0 m en de hevelkroon op NAP +6,2 m. Ten oosten van de hevel, deels in het dijklichaam, is een installatiegebouw opgetrokken, waarin zich 3 vacuümpompen bevinden voor het creëren van een onderdruk in de hevelkroon en een hogedrukventilator waarmee door het opbouwen van overdruk waterstanden op het Krammer groter dan NAP +2,5 m worden gekeerd.

Het spuidebiet (gemiddeld over de tijd bij gemiddeld getij), dat kort na de bouw (in 1983) is gemeten, bedroeg ca. $85 \text{ m}^3/\text{s}$; het maximum spuidebiet bij gemiddeld laagwater (in '83 NAP -1,69 m) was ca. $240 \text{ m}^3/\text{s}$.

Voor de situatie na het voltooiën van de Oosterscheldekering was de prognose voor het gemiddelde debiet ca. $70 \text{ m}^3/\text{s}$.

2 Probleemomschrijving en opties

De vraag die centraal staat in deze studie is om na te gaan welke mogelijkheden er zijn om de hevels te gebruiken voor inlaten van water vanaf het Krammer naar het Grevelingenmeer.

De mogelijkheden van een hernieuwd gebruik van de Flakkeese spuisluis, die dan als doorlaatmiddel kan gaan fungeren, worden beperkt door de aard en dimensies van de bestaande constructies en installaties. De geschiktheid voor spuien, dat wil zeggen doorlaten van water richting het Krammer is in het oorspronkelijke ontwerp en gedurende de operationele periode aangetoond. Voor doorlaten richting het Grevelingenmeer, verder met inlaten aangeduid, volgen beperkingen uit alle niet-symmetrische kenmerken van het kunstwerk, de toeleidingsgeulen en de randvoorwaarden. Vastgesteld dient te worden tot welke waterstanden op de Krammer het doorlaatmiddel veilig en duurzaam kan functioneren en welke debieten daarbij wordt bereikt. Daarbij geldt met name de bodembescherming aan de Grevelingenzijde als een maatgevende beperking.

Opmerking

Bij het modelonderzoek dat in de voorontwerpfase (in 1977) is uitgevoerd (zie lit. [1.4]) werd al opgemerkt dat bij regelmatig inlaten naar het Grevelingenmeer aan die zijde een verlenging van het stortebed noodzakelijk zou zijn en het aanbrengen van een begrenzer overwogen dient te worden.

Voor het geschikt maken van de spuisluis voor inlaten is een aantal oplossingen denkbaar. De opdrachtgever wenst inzicht hierin te krijgen door een aantal alternatieven te onderscheiden. Met het uitwerken van de volgende alternatieven wordt vooral inzicht beoogd in de mate waarin, door aanpassingen aan de spuisluis, een doorlaatdebiet kan worden gerealiseerd:

- Het gebruik van de hevels voor doorlaten in beide richtingen, zonder ontwerpaanpassingen, wordt aangeduid als de **0-optie**. Deze optie gaat uit van het weer in bedrijf brengen van de hevel zonder deze bij hoog water af te slaan en dient vooral om aan te geven welke gevolgen dat zou hebben. Vanzelfsprekend veronderstelt de 0-optie wel enige aanpassing van de besturing.

Om verder een inzicht te verkrijgen in het effect van meer realistische maatregelen ter vergroting van het toelaatbare inlaatdebiet is er behoefte om principiële verschillende en meer en minder ingrijpende oplossingen te vergelijken. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen:

- **optie 1:** spuien en inlaten zonder debietbeperkende constructies. Hierbij worden de hevelleidingen in beide richtingen maximaal benut, zonder debietbeperkende constructies voor het inlaten bij een hoge waterstand op het Krammer. Deze maximale benutting heeft naar verwachting consequenties voor de bodembescherming en taludbekledingen.
- **optie 2:** spuien en inlaten met debietbeperking. Hierbij wordt gestreefd naar grote, maar beheerste doorlaatdebieten en geschiktheid voor de meeste getijden.

Er wordt naar oplossingen met middelmatige kosten gezocht. Voor een 'afgewogen' functionaliteit van doorlaten zullen aanpassingen aan de constructie en/of de installaties van de spuisluis nodig zijn. Binnen de opties is vanzelfsprekend weer een aantal oplossingsvarianten denkbaar. Aangegeven zal worden welke debieten daarmee kunnen worden gerealiseerd en hoe de debietbeheersing daarbij plaatsvindt.

Voor beide opties wordt van een kansrijke variant de benodigde civiel-technische aanpassing uitgewerkt tot een schetsontwerp. Hierop wordt tenslotte een kostenraming gebaseerd die voor een haalbaarheidsstudie een aanvaardbare onzekerheidsmarge heeft.

3 Uitgangspunten voor de haalbaarheidsstudie

De volgende uitgangspunten bij de haalbaarheidsstudie geven inzicht in de afbakening van de 'oplossingscope' waarbinnen de nieuwe gebruiksopties van de spuisluis worden gezocht.

- De oude 'ontwerptoestand', aangevuld met de resultaten van de prototypemetingen en bij het beheer verzamelde meetgegevens, dient als referentie (0-toestand).
Alleen bij gereede verwachting van afwijkingen zullen (onderbouwde) aannamen worden gedaan en eventueel aanvullende inspecties worden aanbevolen.
- Gebruik van in principe alle leidingen in beide richtingen.
*Gezien de doelstelling bij nieuw gebruik van de hevels ligt het benutten van alle beschikbare leidingen voor de hand.
Het benutten van slechts een deel van de leidingen voor inlaten, continu of alleen bij te hoge waterstanden op het Krammer, leidt tot een debietbeperking, maar voor de 0-optie en optie 1 niet tot een vermindering van de stroomsnelheden bij een bepaald verval. Deze stroomsnelheden zijn in de uitstromende stralen van de afzonderlijke kokers gelijk.
Voor optie 2 houdt dit uitgangspunt in dat het uitschakelen van kokers niet als hoofdmaatregel wordt gezien, wanneer gekozen wordt voor het aanbrengen van een debietbeperking. Het zou dan nog wel als sturingsmaatregel kunnen dienen, bijvoorbeeld in verband met peilbeheer. De te realiseren doorlaatdebieten bij gebruiksvarianten met sturing van de inzet van hevelleidingen zijn overigens met de resultaten in dit advies goed te benaderen.*

*Zoals in de probleemomschrijving al is gedefinieerd is bij nieuw gebruik van de hevel een doorlaten in beide richtingen (i.p.v. eenzijdig inlaten) het meest voor de hand liggend. Het gebruik van de vacuüminstallatie om de hevel aan te laten slaan kan dan beperkt blijven. Dit is van belang met het oog op het energiegebruik en de vervanging van de installaties waartoe bij nieuwe ingebruikname naar verwachting wordt besloten.
Voor de (buiten beschouwing blijvende) optie van eenzijdig inlaten of spuien, wanneer doorstroming van de Grevelingen in één richting voordelen zou hebben, worden de consequenties wat betreft de dan optredende stroombeelden en de benodigde constructies in het onderhavige advies impliciet voldoende duidelijk.*
- Aanpassingen aan installaties worden alleen 'functioneel' zeer globaal uitgewerkt.
Aanpassingen van de besturing ten opzichte van de bestaande situatie kunnen, afhankelijk van de gewenste functionaliteit, worden voorgesteld. Volstaan wordt dan met een opgave van de benodigde functionaliteit van de installaties voor de verschillende gebruiksopties en een globale kostenraming. In deze kostenraming geldt als uitgangspunt dat de installatie bij het opnieuw in gebruik stellen geheel gereviseerd dient te worden.
- De waterstand op het Grevelingenmeer wordt constant verondersteld.
Gezien het grote bergend vermogen van het Grevelingenmeer en overige invloeden op het peil blijft een systeembenadering voor de waterstand(en),

met het in de Grevelingendam door te laten debiet als één van de sturende parameters, achterwege.

Ter oriëntatie wordt in dit verband vermeld dat de spui-/inlaatsluis in de Brouwersdam sinds 1999 in principe altijd open staat (en daarvoor alleen 's zomers). Omdat dit bestaande 'doorlaatmiddel' dus al een rol speelt in het peilbeheer van het Grevelingenmeer en het debiet daar relatief eenvoudig regelbaar is, lijkt het voor de hand liggend om voor de hevels peilbeheer niet al hoofdfunctie te beschouwen.

- *Gestreefd wordt naar een zoveel mogelijk gelijk spui- en inlaatvolume. Om het benodigde peilbeheer op het Grevelingenmeer niet teveel te beïnvloeden heeft het de voorkeur dat het gespuide en ingelaten volume niet teveel van elkaar afwijken. Bij de uitwerking van de variantenstudie en de oplossingen zal dit aspect worden belicht door de verhouding tussen inlaat- en spuivolume te bepalen.*
- *De kerende functie van de hevel wordt in principe gehandhaafd. Hierbij wordt aan het principe van keren (door overdruk in de hevelkroon) vastgehouden, tenzij door overige voorgestelde maatregelen deze functie ter discussie kan staan. Bij tijdig afslaan, of wanneer de uitstroomzijde daarvoor geschikt is, zou enige lek bij hoge waterstanden geaccepteerd kunnen worden. Het bestaande systeem is overigens bij het uitschakelen van de hevel in bedrijf gebleven.*
- *Vaarverkeer en recreatie vormen geen beperking. De beboeiing kan zonodig eenvoudig worden aangepast.*
- *De eigenschappen van de hevel als vispassage worden buiten beschouwing gelaten.*
- *Saliniteitsverschillen worden, gezien het verkennende karakter van dit advies, buiten beschouwing gelaten. Ter indicatie zijn recente meetgegevens van het verschil in chloridegehalte geraadpleegd voor de Plaat van Oude Tonge (Krammer) en Bommenede (Grevelingen). Deze geven aan dat het chloridegehalte aan de Krammerzijde van de Grevelingendam gemiddeld 5% lager is dan (in het westelijk deel!) van het Grevelingenmeer. Het dichtheidsverschil is dan verwaarloosbaar in verhouding tot de variatie van andere parameters die het doorlaatdebiet bepalen.*
- *Een eventueel gewijzigde ligging van geulen wordt meegenomen in de studie door gebruikmaking van peildata. De bodemligging, zoals deze na het buiten gebruik stellen van de hevel is gemeten, dient als uitgangspunt, tenzij er sprake is van geringe afwijkingen of, indien uitdrukkelijk vermeld, het herstellen van de 'ontwerpsituatie', zodat die weer als uitgangspunt kan dienen.*
- *Energiegebruik wordt meegewogen in de ontwerp/gebruiksopties. Dit aspect zal met name een rol spelen wanneer een beheer met een vaker afslaan hevel wordt overwogen. In eerste instantie wordt voor doorlaten in beide richtingen een range van waterstanden op de Krammer tussen NAP -2,2 m en NAP +2,5 m beschouwd. Bij waterstanden buiten de genoemde range vindt volgens de bestaande opzet van het hevelsysteem (bij LW) debietbeperking plaats door de debietbegrenzer (zonder afslaan van de hevel!) of wordt (bij HW) de*

kerende functie geactiveerd door de overdrukinstallatie. Dit zou inhouden in dat de hevel gedurende enkele (ca. 3-5) getijperioden per jaar buiten bedrijf wordt gesteld.

Bij de optie 2 wordt tevens nagegaan of met een debietbeperkende constructie het waterkeren door overdruk achterwege kan blijven.

- Bij de uitwerking van de gebruiksopties wordt vooral naar 'omslagpunten' in de principes van aanpassingen en de daarbij optredende kosten/'baten' gezocht.
Gestreefd wordt naar het uitwerken van oplossingen waarbij sprongen in kosten of functionaliteit (bate), uit te drukken in een doorlaatdebiet, zichtbaar worden.
- Voor de optimale maatregel geldt geen budgetbovengrens. In overleg met de opdrachtgever zullen oplossingen met (conform aanbidding) 'middelmattige' kosten worden uitgewerkt.

4 Aanpak van de haalbaarheidsstudie

4.1 Algemeen

Diverse randvoorwaarden spelen een rol in het functioneren van de hevel wanneer deze voor spuien en inlaten, dus als doorlaatmiddel, wordt gebruikt. Vooral de hydraulische randvoorwaarden en de aard en vorm van de constructie bepalen de stroombeelden en de optredende en toelaatbare debieten. Deze zijn op hun beurt bepalend voor conclusies over de huidige gebruiksmogelijkheden en noodzaak en effect van te nemen maatregelen.

Als 'beslissende' randvoorwaarden kunnen in dit verband worden genoemd:

- de 'asymmetrische' hydraulische randvoorwaarden
- geometrievschillen tussen de (voorzien) instroom- en uitstroomzijde (met o.a. alleen aan de Krammerzijde een woelbak met debietbegrenzer)
- verschillen tussen de bodembescherming aan beide zijden

Voor beide stroomrichtingen is een kwalitatieve beschouwing en berekening noodzakelijk.

Daarnaast is een onderdeel van de vraagstelling het inzichtelijk maken van de consequenties van een aantal in aanmerking komende oplossingen ('opties') om de hevel te kunnen laten inlaten.

Bovengenoemde elementen zijn uitgewerkt in de volgende aanpak.

4.2 Aanpak in stappen

De aanpak om te komen tot een advies kent de volgende stappen, die in hoofdstukken 5 t/m 10 aan de orde komen:

- 1 Beschrijving van de huidige situatie
- 2 Uitwerking van de **0-optie**: spuien en inlaten zonder aanpassingen, met bepaling van:
 - afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten
 - stroombeeld en stroomsnelhedenen een controle van de uitstroomconstructie
- 3 Uitwerking van de **optie 1**: Spuien en inlaten zonder debietbepalende constructies, met bepaling van:
 - afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten
 - stroombeeld en stroomsnelhedenen een globale dimensionering van de uitstroomconstructie
- 4 Uitwerking van de **optie 2**: Spuien en inlaten met debietbeperking, met bepaling van:
 - afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten
 - stroombeeld en stroomsnelhedenen een globale dimensionering van de uitstroomconstructie
- 5 Verdere uitwerking van de doorlaat-opties; hierin wordt voor de aanpassing van de spuisluis het volgende opgesteld:
 - een inventarisatie van de gevolgen voor beheer en besturing
 - een schetsontwerp
 - een kostenraming
- 6 Conclusies en aanbevelingen

5 Beschrijving van de huidige situatie

5.1 Algemeen

Op basis van de ontwerpnota (zie [3]) en de rapportage van prototypemetingen (zie lit. [2]) gelden de volgende uitgangspunten en gegevens voor de gerealiseerde situatie.

5.2 Hydraulische randvoorwaarden

- Waterstanden

Frequentieverdelingen van gemeten waterstanden voor een periode van 2 jaar (01-04-99 - 31-03-01) zijn beschikbaar voor de meetlocaties:

- HEVW (in de toeleidingsgeul ca. 200 m vanaf de hevel)
- KRSL (aan de westkant van de Krammersluizen, op ca. 1900 m vanaf de toeleidingsgeul naar de hevel)

Voor schattingen van de frequenties van ontwerpwaterstanden, bijvoorbeeld voor het afslaan van de hevels in verband met de stabiliteit van de bodembescherming, zijn deze verdelingen geschikt.

Voor de berekening van de doorlaat-debietten worden gegevens van het 'Tienjarig overzicht 1981-1990' van meetlocatie Krammersluizen West als uitgangspunt gehanteerd.

Dit biedt overigens geen langjarig gemiddelde omdat enerzijds voor het sluiten van de Philipsdam in 1987 het getij gereduceerd was en anderzijds de getijreductie na het voltooiën van de stormvloedkering in de Oosterschelde in die periode nog niet volledig optrad (drempel op hoogte medio '84, kering operationeel okt. '86).

De slotgemiddelden voor 1991 worden gehanteerd:

gemiddeld tij:HW	NAP +1,63 m
LW	NAP -1,45 m

gemiddelde over- en onderschrijdingsfrequentie:

HW	NAP +3,25 m	1x per 2 jaar
LW	NAP -250	1x per 10 jaar
	NAP -225	1x per jaar

Ter informatie worden nog de oude ontwerpuitgangspunten voor de huidige situatie gegeven (zie lit. [3]):

Krammer-zijde t.p.v. Philipsdam:
H.W. (1/4000 per jaar): NAP +3,5 m
L.W. (1/4000 per jaar): NAP -3,3 m

Grevelingenmeer-zijde:
Streefpeil: NAP -0,20 m (fluctuaties 0,10 m)
Op-/afwaaiing: maximaal 0,50 m

- Getijkrommen

Hiervoor wordt het voorspelde verloop gehanteerd voor meetlocatie Krammersluizen west. Dit is op internet www.getij.nl beschikbaar (zie ook Bijlage 2).

- **Golfgegevens**
Voor deze haalbaarheidsstudie zijn ontwerpgegevens en schattingen voldoende nauwkeurig.
Dit gaat overigens alleen om bijv. windgolven, deining en scheepsgoven. Langperiodieke waterbeweging (bijv. windopzet) komt via de gemeten waterstanden tot uitdrukking.

5.3 Geometrie van de constructie

In Bijlage 3 is de geometrie van constructie van hevel, woelbak, en debietbegrenzer afgebeeld. In Bijlage 1 (blad 2) zijn het stortebed en de bodembescherming afgebeeld.

Beschrijving:

- **layout van complex:**
2 bundels (h.o.h. 26,25 m) van 3 leidingkokers met elk een vierkante stroomvoerende doorsnede van $3,2 \times 3,2 \text{ m}^2$.
De bodem van de kokers en de woelbak voor de begrenzer ligt op NAP -5.75 m, de 'hevelknie' op NAP +3,0 m en de hevelkroon op NAP +6,2 m.
- **instroom/uitstroom-opening:**
De leidingkokers sluiten vlak aan op een blokkenvloer resp. op de betonvloer van de woelbak. Het bovenvlak van de kokers loopt bij de openingen met een afgeronde overgang hellend op tot NAP. De verticale begrenzingen van de instroom/uitstroom-openingen zijn weinig afgerond.
- **uitstroomconstructie:**
De debietbegrenzer wordt gevormd door een zogenaamde zigzag-overlaat met kruin op NAP -3,5 m. De debietbegrenzer fungeert vooral al stroomverdeler. Debiet begrenzing treedt op bij een waterstand op de Krammer van ca. NAP - 2,5 m. Het niveau van de bovenzijde van de koker op NAP -2,55 m is zodanig dat de begrenzer niet als waterslot fungeert.

5.4 Bedrijfstoestanden en besturing volgens het ontwerp

De hevel kende tijdens de gebruikperiode de volgende bedrijfstoestanden:

- **spuien van Grevelingenmeer naar Krammer**
Spuien vindt plaats gedurende laagwater en kan worden gestart bij gelijk water en afgaand tij op het Krammer door één of meerdere van de 6 hevelkokers in te schakelen.
Het hevelprogramma kan bij een niveauverschil tussen Grevelingenmeer- en Krammerzijde van minimaal 0,1 m worden gestart.
Stoppen van de hevel door beluchten van de hevelkronen gebeurt bij automatisch bedrijf bij opkomend tij wanneer het waterstandsverschil $\leq 0,1 \text{ m}$ wordt. Hiermee wordt inlaten voorkomen.
- **keren HW op het Krammer**
Door een overdruk in de hevelkroon van maximaal 2,5 m waterkolom op te bouwen, met behulp van een hogedrukventilator, ontstaat een kerende hoogte van maximaal 5,5 m. Het ventilatorbedrijf start automatisch bij een niveau van de Krammer $\geq \text{NAP} + 2,5 \text{ m}$ en stopt weer bij een waterstand $< \text{NAP} + 2,4 \text{ m}$. De maximale kerende hoogte (in theorie 5,5 m) is in de praktijk kleiner omdat bij streefpeil op het Grevelingenmeer bij een druk van 2,35 m wk in de hevelkroon lucht aan de Grevelingenmeerzijde kan

ontsnappen vanwege de ligging van de bovenzijde van de koker op NAP - 2,55 m.

5.5 Bodembescherming en bodemligging

• Bodembescherming

De bodembescherming van betonblokken aan de Krammerzijde op het talud voorbij de debietbegrenzer is volgens de modelproeven (zie lit. [1.4]) voor een waterstand tot NAP -3,0 (bij 505 m³/s, 9 kokers, breedte stortebed 87,5 m) geschikt. Uit dezelfde proeven wordt geconcludeerd dat voor het horizontale gedeelte (met begrenzer) tot NAP -4.00 de stortsteen 60/300 kg blijft liggen. Uit de prototype-metingen volgt door het kleinere maximale debiet dat het optredende risico van instabiliteit nog wat kleiner is.

Aan de Grevelingenmeerzijde is het eveneens uit betonblokken 0,7 x 0,7 x 0,7 m³ opgebouwde stortebed stabiel tot een verval van 2,2 m. Het afslagmechanisme moet hier voor bescherming tegen ongecontroleerde stroming zorgen. Als (beperkte) modelproef voor het ontwerp geldt dat bij een stortbedlengte van 10 m met stortsteen 300/100 en daarachter een onbekende lengte 60/300 kg bij NAP -0,20 en 660 m³/s geen begin van beweging is waargenomen. Wel werd een stortbedlengte van 50 m voldoende genoemd, waarvan uiteindelijk slechts de helft is gerealiseerd. Over de stabiliteit van de asfaltslab wordt in de literatuur niet gerapporteerd.

• Bodemligging

Voor de bodemligging zijn peilgegevens beschikbaar die samen met de ontwerpgegevens een indruk geven van de morfologische processen nabij de hevel.

Krammer-zijde

De toeleidingsgeul naar de hevel heeft een bodemniveau van NAP -8,0 m en een breedte van 51 m; op NAP is de breedte 127,4 m. Het begin van de toeleidingsgeul aan de Krammerzijde had tijdens de aanleg een diepte van NAP -7,5 m die snel toeliep naar de geul in de Krammer met een bodemniveau van NAP -17.5 m, lokaal zelfs tot -20,0 m.

Na de voltooiing van de Philipsdam mondt de geul uit op de horizontale drempel (NAP -8,0 m) van die dam, waarop een boventalud aansluit met hellingen die t.t.v. het gebruik van de hevel varieerden van 1:8 tot 1:27 en een benedentalud met hellingen variërend van 1:15 tot 1:25. Voor het boventalud werd in 1987 een peilprogramma als bewaking voor ontgroningen ten gevolge van dichtheidsstroming voorgeschreven.

Peilingen

Uit peilingen van 1987 en 1999 blijkt dat sinds het buiten bedrijf stellen enige dm aanzanding van de toeleidingsgeul en de woelbak heeft plaatsgevonden. Opvallend is dat in het zuidwestelijke deel van de woelbak in 1987 diepten tot ca. NAP -7,5 m in zijn gemeten. Dit zou duiden op schade aan de bodemconstructie, die overigens in de metingen van 1999 niet meer herkenbaar is. Er wordt van uitgegaan dat de waarneming in 1987 op een meetfout berust.

De bodem van de toeleidingsgeul lag bij peilingen in 1987 op NAP -8,0 m. Ter plaatse van de aanzetten van de taluds op NAP -8,0 m (talud 1:6) en op NAP -4,0 m (talud 1:4) werd, wellicht door aanzanding, in 1987 een ca. 1 m hogere bodemligging gemeten. In 1999 werd een nog wat toegenomen bodemverhoging over de gehele breedte gemeten.

Peilingen in 1999 duiden ook op aanzanding van de damdrempel nabij de ingang van de toegangsgeul tot een niveau van ca. NAP -7,0 m.

Voorgesteld wordt om in deze haalbaarheidsstudie de 'ontwerpprofielen' van de toeleidingsgeul en de drempel van de Philipsdam, d.w.z. met een bodemdiepte respectievelijk drempelniveau van NAP -8,0 m als uitgangspunt te hanteren.

In verband met de problematiek van eventuele schade aan de Philipsdam ten gevolge van dichtheidsstroom wordt voorgesteld om het bij de ontwerpnota gevoegde peilprogramma bij het ingebruiknemen van de hevel te actualiseren. Evenmin als destijds worden preventieve bestortingen of andere correctieve maatregelen voorgesteld.

Grevelingenmeer-zijde

De toeleidingsgeul naar de hevel heeft een bodemniveau van NAP -5,85 m en een breedte van 42 m ter plaatse van de noordelijke beëindiging van de blokkenvoer; op streefpeil is de breedte ter plaatse ca. 97 m. Tot 122,5 m vanaf de blokkenvloer is een asfaltslab aanwezig waarvan de bovenzijde oploopt tot ca. NAP -4,5 m en de breedte op bodemniveau toeneemt tot ca. 80 m; op NAP -2 m tot 100 m, waarna de geul breed uitmondt. Op streefpeil is aan de westzijde een stroomgeleiding tot ca. 80 m vanaf de blokkenvloer aanwezig; aan de oostzijde buigt deze vanaf ca. 40 m al af om de teen van de Grevelingendam te volgen. Op de ontwerptekeningen is verder naar buiten een onderwatertalud tot NAP -2 m aangegeven, waardoor de toeleidingsgeul aan de lange (west)zijde in noordelijke richting buigt.

Peilingen

Nabij de hevel (volgens peilingen 1991):

ca. NAP -6,5 m (t.p.v. het begin van de toeleidingsgeul);

Op ca. 1000 m van het dijklichaam bevindt zich evenwijdig aan het middenvak van de Grevelingendam een oude geul met een waterdiepte van ca. 13 m en een breedte van ca. 400 m. Deze vertakt in de richting van de toeleidingsgeul naar de hevel. Deze tak komt overigens ook al op tekeningen van de situatie voor het ingebruiknemen van de hevel voor.

- Bodemmateriaal, risico van ontgrondingen

Mogelijk worden in een later ontwerpstadium bodemmonsters gewenst.

Verder dient te worden nagegaan of er in de operationele fase sprake was van ontgrondingen voorbij de bodemverdediging.

De peiling van 1987 en de ervaringen vanuit het beheer duiden niet op noemenswaardige ontgrondingen in de operationele fase. In de bestorting werd in 1987 juist ten oosten van de as van het doorlaatmiddel nabij het einde van de bestorting een klein gebied met een ontgrondingskuil van enkele dm diepte gemeten. Omdat de voorafgaande operationele toestand (met eventueel spui-beheer met uitschakeling van hevelkokers) niet nader onderzocht is en waarschijnlijk ook niet eenvoudig kan worden 'gereconstrueerd', kunnen uit de peiling geen duidelijke conclusies worden getrokken wat betreft het stroombeeld.

Voor een eventuele nieuwe ingebruikname van de hevel is het in kaart brengen van de aanwezige bestorting aan te bevelen.

5.6 Afvoercharacteristieken

In de ontwerpnota (zie lit. [3]) worden de afvoercharacteristieken voor spuien volgens modelonderzoek en volgens de prototypemetingen gegeven (zie Bijlage 4).

Uit deze $Q-\Delta H$ krommen blijkt dat volgens de ontwerpberoekeningen een afvoercoëfficiënt van ca. 0,80 zou worden bereikt en dat in de praktijk een

lagere afvoercoëfficiënt van ca. 0,72 werd gemeten. De grotere verliezen zijn te wijten aan luchtinsluiting ter plaatse van de kokerinstroming (zie lit. [2]). De volgende karakteristieken van de hevel volgens het ontwerp, en zoals gemeten voor de huidige situatie, worden verder genoemd:

- debiet bij gemiddeld getij
Volgens het ontwerp zou in de eindsituatie het debiet (gemiddeld over de tijd op basis van het gemiddeld getij) ca. 80 m³/s bedragen. Volgens in 1983 uitgevoerde prototype metingen (zie lit [2]) wordt een lager debiet bereikt van ca. 70 m³/s.
- maximaal debiet (richting Krammer)
Volgens het ontwerp zou het volgende maximaal debiet bij spuien optreden:
voor 1 koker: $Q_{\max} = 51,3 \text{ m}^3/\text{s}$;
voor 6 kokers: $Q_{\max} = 308 \text{ m}^3/\text{s}$

Volgens (analyse van) de prototype-metingen bedraagt het maximale debiet:

voor 1 koker: $Q_{\max} = 44,8 \text{ m}^3/\text{s}$;

voor 6 kokers: $Q_{\max} = 269 \text{ m}^3/\text{s}$

Deze waarden zijn gebaseerd op metingen in één koker, nl. koker 2.

- effect van inschakelen van een beperkt aantal kokers
De debietverschillen tussen de verschillende kokers, die eerder in modellen zijn gemeten, bleken zo klein te zijn dat voor het ontwerp gesteld werd dat tussen de debieten per koker een verhouding van ongeveer 1 geldt. Wel werd uit geometrie-overwegingen verwacht dat de debieten van de diverse kokers, indien niet alle kokers tegelijk afvoeren, niet identiek zijn. Waarschijnlijk in verband met de onnauwkeurigheid van de debietmetingen (mogelijk groter dan 10%) werd bij de prototype-metingen op gemeten verschillen niet verder ingegaan. Uit figuur 15 (in lit. [2]) blijkt echter dat bij $\Delta H = 1 \text{ m}$ vooral bij slechts 2 hevels (van 1 groep) een reductie van het gemeten debiet tot ca. 15% optrad. Bij het inschakelen van alleen een middenkoker of één gehele groep kokers bleek het debietverschil in de middenkoker t.o.v. dat bij gebruik van alle kokers minder dan 2% te bedragen.
Voor het effect van inschakelen van een beperkte 'configuratie' van hevels kan op basis van het voorgaande dus slechts een schatting worden gedaan.
- effect van de debietbegrenzer (Krammerzijde)
Door de debietbegrenzer treedt volgens het ontwerp een maximaal debiet op van 308 m³/s bij $\Delta H = 2 \text{ m}$. Volgens de prototype metingen: 269 m³/s bij $\Delta H_{\text{borrelbuizen}} = 2,3 \text{ m}$.

6 0-optie: spuien en inlaten zonder aanpassingen

6.1 Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten

Spuien

De hydraulische eigenschappen bij spuien zijn in het ontwerp en door praktijkervaring aangetoond.

tijdgemiddeld debiet: ca. 74 m³/s (zie Bijlage 5)

m = 0,72

maximaal debiet: 269 m³/s bij $\Delta H \approx 2,3$ m

m = 0,65

Het debiet dat door prototypemetingen is vastgesteld bleek in de praktijk, waarschijnlijk door luchtinsluiting bij de instroming, minder groot dan volgens het ontwerp verwacht. De vormgeving van de instroomopening, die minder afgerond is dan volgens de modelproeven waarop het ontwerp is gebaseerd, is hier debet aan.

Inlaten

Door het ontbreken van een stroomverdeler en de enigszins gunstiger vormgeving aan de Krammerzijde ten aanzien van instroming wordt geschat:

Dit leidt tot:

tijdgemiddeld debiet: ca. 116 m³/s (zie Bijlage 5)

m = 0,74

Bij gemiddeld getij HW NAP +1,63 m geldt:

maximaal debiet: 272 m³/s bij $\Delta H = 1,83$ m

Bij HW NAP +2,0 m (overschrijdingsfrequentie ca. 10x per jaar) geldt:

maximaal debiet: 300 m³/s bij $\Delta H = 2,20$ m

6.2 Stroombeeld en stroomsnelheden

Spuien

De maximale stroomsnelheid in de kokers bedraagt ca. 4,4 m/s.

Deze treedt op bij extreem laag water, d.w.z. een waterstand op de Oosterschelde van NAP -2,50 m (overschrijdingsfrequentie ca. 1x per 10 jaar) In Bijlage 6 is het stroombeeld bij de uitstroming geschetst.

Inlaten

De maximale stroomsnelheid bij gemiddeld getij in de kokers bedraagt 4,4 m/s. Deze treedt bij een waterstand op de Oosterschelde van NAP +1,63.

Bij inlaten bij gemiddeld getij treden reeds dezelfde stroomsnelheden in de kokers op als bij spuien onder extreme omstandigheden.

Het stroombeeld kan goed worden benaderd door de resultaten van proeven uit de voorontwerpfase van de Flakkeese Spuisluis, die als doel hadden om de benodigde uitstroomconstructie te onderzoeken.

In Bijlage 7 is het stroombeeld geschetst dat optreedt wanneer geen begrenzer aanwezig is. Kenmerkend is dat beide uitstroom stralen zich bundelen en aan een oever gaan liggen zodat over grote lengte hoge stroomsnelheden optreden.

6.3 Controle van de uitstroomconstructie

Krammerzijde (spuien)

De geschiktheid van de uitstroomconstructie met woelbak en debietbegrenzer en daarop aansluitende bodembescherming is in de praktijk voldoende aangetoond. Voor de operationele periode ('83-'87), die een sterkere getijbeweging kende dan momenteel optreedt, geldt volgens het ontwerp (zie [3]) dat de dimensionering geschikt is en zelfs reserve kent. Slechts de geringe aanwijzingen van opgetreden ontgronding zouden voor een nieuwe ingebruikname gecontroleerd moeten worden.

Grevelingenzijde (inlaten)

Voor de 'nul'-optie bestaat vooraf al een sterke aanwijzing dat een verzwarende van de bodembescherming aan de Grevelingenzijde noodzakelijk zal zijn. Het doorlaatmiddel heeft aan die zijde een bodemverdediging die niet is ontworpen om regelmatig uitstroming toe te kunnen laten. Hoewel de lokale verdediging van betonblokken nabij de hevel stabiel is voor een verval tot ca. 2,2 m (volgens de ontwerpnota [3]) is ongecontroleerde stroming in de richting van het Grevelingenmeer in het ontwerp beschouwd als een ongewenste situatie, die bijvoorbeeld t.g.v. een storing in het afslagmechanisme enige tijd zou kunnen optreden.

Blokken

Ter plaatse van de blokkenvloer treden bij gemiddeld getij snelheden van 2,9 tot 4,4 m/s op. Bij HW NAP +2,0 m treedt een snelheid op van ca. 4,9 m/s. Volgens de ontwerpnota zijn de betonblokken stabiel tot een verval van ca. 2,2 m, dat wil zeggen tot stroomsnelheden van ca. 4,9 m/s.

Aansluitende bodemverdediging

Ter plaatse van de 2m brede overgangstrook tussen betonblokken en asfaltslab van stortsteen 60/300 kg geldt:

$$v = 3,0 \text{ m/s bij gemiddeld getij}$$

$$\text{Met } D_n = 0,38 \text{ m geldt:}$$

$$v_{cr} = 3,0 \text{ m/s}$$

De bodemverdediging voldoet nog juist bij gemiddeld getij, maar wordt bij groter verval sterker aangevallen en voldoet dus niet voor regelmatig langdurig inlaten.

Van de aansluitende asfaltslab is de stabiliteit bij grote stroomsnelheden niet bekend. Iedere beschadiging van deze verouderde laag zal een ontgronding inleiden waarbij de constructie voortschrijdend wordt aangetast.

De talusbekleding van grove grind (800 kg/m^2 , $v_{cr} = 0,7\text{-}0,8 \text{ m/s}$), die aan bij gemiddeld getij aan stroomsnelheden in orde grootte $2,3 \text{ m/s}$ wordt blootgesteld, voldoet zeker niet. Tenminste één van de taluds van de toeleidingsgeul zal vanaf de teen worden aangevallen.

6.4 Resumé

Doorlaten zonder voorzieningen geeft aan de inlaatzijde al schade bij gemiddeld getij. Bodem en taluds van de toeleidingsgeul, die nauwelijks verdedigd zijn, worden aangevallen door een lange straal die geleiding zoekt. Hoe de asfaltslab in het midden van de geul zich zal gedragen is niet goed te

voorspellen; echter in korte tijd (zeker binnen een jaar) treedt zeker aan de taluds schade op en op den duur wordt de blokkenbodem voor de constructie, en daarmee het kunstwerk en de waterkering, bedreigd.

7 Optie 1: spuien en inlaten zonder debietbegrenzer

7.1 Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten

Spuien

De hydraulische eigenschappen bij spuien voor een onaangepast ontwerp zijn door praktijkervaring aangetoond.

De grotere afvoercoëfficiënt $m = 0,80$ volgens het ontwerp kan als een bovengrens beschouwd worden, die zou kunnen worden bereikt na een aantal aanpassingen om het spuidebiet te maximaliseren. Daarbij moet gedacht worden aan een sterk verbeterde vormgeving van de instroomopening (aan de Grevelingenzijde), om daar een kleiner energieverlies te bereiken en waarmee luchtinsluiting wordt voorkomen.

tijdgemiddeld debiet: ca. $82 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie Bijlage 8)

$m = 0,80$

maximaal debiet: ca. $330 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H \approx 2,3 \text{ m}$

Deze laatste waarde dient te worden beschouwd als een bovengrens om de bodembescherming te kunnen controleren. Opnieuw dient rekening gehouden te worden met een kleinere afvoercoëfficiënt bij een groot verval.

Zonder aanpassingen gelden de eigenschappen volgens de prototypemetingen (zie 6.1).

Inlaten

Als maximaal-optie ten aanzien van inlaten wordt beschouwd het hanteren van een debietbegrenzing door buiten bedrijf stellen van de hevel bij waterstanden op het Krammer groter dan NAP +2,0 m. Het aantal buitenbedrijfstellingen, nl. bij minder dan 2% van het aantal tijwisselingen, heeft een verwaarloosbare invloed op het tijdgemiddelde inlaatdebiet en de blokkenbescherming aan de Grevelingenzijde kan worden gehandhaafd.

Door het ontbreken van een stroomverdeler en de enigszins gunstiger vormgeving aan de Krammerzijde ten aanzien van instroming wordt, zoals bij de 0-optie, geschat:

Dit leidt tot:

tijdgemiddeld debiet: ca. $116 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie Bijlage 8)

$m = 0,74$

Bij gemiddeld getij HW NAP +1,63 m geldt:

maximaal debiet: $272 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H = 1,83 \text{ m}$

Bij HW NAP +2,0 m (overschrijdingsfrequentie ca. 10x per jaar) geldt:

maximaal debiet: $300 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H = 2,20 \text{ m}$

7.2 Stroombeeld en stroomsnelheden

Spuien

In 6.2 is het stroombeeld geschetst dat ook geldt voor de situatie van maximaal spuien. Bij het optimaliseren van de vormgeving van de instroomopening zou de maximale stroomsnelheid in de kokers nog kunnen toenemen. De maximale stroomsnelheid in de kokers bedraagt dan ca. $5,4 \text{ m/s}$.

Deze treedt op bij extreem laag water, d.w.z. een waterstand op de Oosterschelde van NAP -2,50 m (onderschrijdingsfrequentie ca. 1x per 10 jaar).

Inlaten

Het stroombeeld is hetzelfde als bij de 0-optie, echter de stroomsnelheden zijn toegenomen door het toelaten van een groter verval.

De maximale stroomsnelheid in de koker, bij een waterstand op het Krammer van NAP +2,0 m, bedraagt 4,9 m/s. In Bijlage 9 is het stroombeeld geschetst.

7.3 Globale dimensionering van de uitstroomconstructie

Krammerzijde (spuien)

De uitstroomconstructie met woelbak en debietbegrenzer zijn volgens het ontwerp (zie [3]) geschikt voor een groter debiet dan in het verleden is opgetreden. Voor een nieuwe ingebruikname met verbeterde hydraulische eigenschappen ten aanzien van spuien zijn geen aanpassingen nodig, slechts een controle van de toestand van de aanwezige constructies.

Grevelingenzijde (inlaten)

De uitstroomconstructie voor de maximaal-optie wordt als volgt gedimensioneerd.

Blokken

Ter plaatse van de blokkenvloer treedt bij HW NAP +2,0 m een snelheid op van ca. 4,9 m/s

Volgens de ontwerpnota zijn de betonblokken stabiel tot deze stroomsnelheden.

Aansluitende bodemverdediging

Ter plaatse van de overgangsstrook tussen betonblokken en asfaltslab geldt:

$v = 3,25$ m/s bij HW NAP +2,0 m

Benodigde bestorting 300/1000 kg met $D_n = 0,60$ m:

$v_{cr} = 3,7$ m/s

Op 40 m vanaf de frontwand:

$v = 2,6$ m/s

Benodigde bestorting 60/300 kg of 40/200 kg met $D_n = 0,32$ m:

$v_{cr} = 2,7$ m/s

Op 60 m vanaf de frontwand:

$v = 2,25$ m/s

Benodigde bestorting 10/60 kg met $D_n = 0,21$ m:

$v_{cr} = 2,2$ m/s

Deze laatste bestorting kan centraal op 85 m van de frontwand worden beëindigd. De oevers van de toeleidingsgeul worden door een strook voor de taludteel beschermd, zoals geschetst in Bijlage 10.

Overigens treedt zonder stroomverdelende constructies nog op grote afstand een uitstroomstraal op die geulvorming zal veroorzaken. Zelfs als dit geen bezwaar heeft zal tenminste voldoende monitoring plaats moeten vinden om eventuele aantasting van de toeleidingsgeul en het profiel van de Grevelingendam tijdig vast te kunnen stellen.

7.4 Resumé

Voor maximaal doorlaten kan ten aanzien van spuien zonder aanpassingen worden volstaan. Door ingrijpende verbetering van de vormgeving van de instroomzijde is een debietvergroting van maximaal ca. 10% bereikbaar. Om een maximaal inlaatdebiet te bereiken is een begrenzing door incidenteel buiten gebruik stellen van de hevel een effectieve oplossing.

Doordat aan de Grevelingzijde een lange straal met relatief hoge stroomsnelheden optreedt is in de toeleidingsgeul vanaf de betonblokken in een aanzienlijke zone een bestorting noodzakelijk, die voldoende door peilingen moet worden gecontroleerd.

8 Optie 2: spuien en inlaten met debietbegrenzer

8.1 Afvoercoëfficiënt en doorlaatdebieten

Spuien

Voor spuien is in de bestaande situatie al sprake van beheersing van het debiet door de stroomverdeler, die bij extreme waterstanden als debietbegrenzer werkt.

De afvoercharacteristiek bij spuien in de bestaande situatie is in 5.6 weergegeven.

Wanneer ook bij inlaten voor beheersing van het debiet door een debietbegrenzende constructie wordt gekozen zal dit leiden tot enige toename van het verlies bij spuien.

Afhankelijk van type en vorm van debietbegrenzer zal dit leiden tot een afvoercoëfficiënt voor spuien $m < 0,70$. Het effect zou gecompenseerd kunnen worden door een verbeterde vormgeving van de instroomopening (Grevelingenzijde). Op deze wijze is de karakteristiek voor spuien ongewijzigd (zie ook 6.1):

tijdgemiddeld debiet: ca. $74 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie Bijlage 11)

$m = 0,72$

maximaal debiet: $269 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H \approx 2,3 \text{ m}$

$m = 0,65$

Inlaten

Als maatregel om het inlaten te beheersen wordt beschouwd het toepassen van een stroomverdeler op soortgelijke wijze als aan de Krammerzijde.

Kenmerk van deze optie is dat de bodembescherming gelijkmatiger en beter voorspelbaar wordt aangevallen zodat het buiten bedrijf stellen van de hevel vanwege hoge waterstanden op het Krammer achterwege kan blijven.

De stroomverdeler functioneert daarbij, vanwege het vaste peil op de Grevelingen, meer als overlaat dan als debietbegrenzer.

Het aanbrengen van een nieuwe constructie zal leiden tot enige vergroting van het energieverlies bij instroming. Voor deze optie wordt uitgegaan van:

$m = 0,67$.

Dit leidt tot:

tijdgemiddeld debiet: ca. $105 \text{ m}^3/\text{s}$ (zie Bijlage 11)

Bij gemiddeld getij HW NAP +1,63 m geldt:

maximaal debiet: $247 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H = 1,83 \text{ m}$

Bij HW NAP +3,0 m (overschrijdingsfrequentie ca. 1x per jaar) geldt:

maximaal debiet: $330 \text{ m}^3/\text{s}$ bij $\Delta H = 3,20 \text{ m}$

8.2 Stroombeeld en stroomsnelheden

Spuien

Aan de instroomzijde verandert het stroombeeld door de overlaat die bij spuien als een drempel fungeert. Ter verbetering van de vormgeving van de instroomopening worden geleideschermen tussen de overlaat en de frontwand van de sluis en voor het centrale deel tussen de twee kokergroepen voorzien. Deze verminderen de contractie ter plaatse van de ingang van de kokers.

Aan de uitstroomzijde is het stroombeeld bij benadering gelijk aan dat bij de nul-optie.

De maximale stroomsnelheid in de kokers bedraagt ca. 4,4 m/s.

Deze treedt op bij extreem laag water, d.w.z. een waterstand op de Oosterschelde van NAP -2,50 m (onderschrijdingsfrequentie ca. 1x per 10 jaar).

Inlaten

In Bijlage 12 is het stroombeeld geschetst.

Het stroombeeld aan de instroomzijde is bij benadering hetzelfde als bij de maximaal-optie, echter de stroomsnelheden zijn toegenomen door het toelaten van een groter verval.

De maximale stroomsnelheid in de koker, bij een waterstand op het Krammer van NAP +3,0 m, bedraagt 5,4 m/s.

Boven de overlaat is de stroomsnelheid 3,3 m/s, ervan uitgaande dat de straal over een breedte van ca. 43 m wordt gespreid. Voor de overlaat is aangehouden een breedte van 60 m en een kruinniveau van NAP -2,50 m, wat overeenkomt met 0,6 h.

Over de overlaat stroomt het water in een brede strook zodat een brede oppervlaktestraal ontstaat, die op ca. 20 m (1:6) van de overlaat de bodem treft met een straalhoogte van ca. 3 m en een snelheid van 2,5 m/s.

Op ca. 55 m van de overlaat is de straal verticaal (1:15) gespreid tot de gehele waterdiepte en is de snelheid ca. 1,5 m/s.

8.3 Globale dimensionering van de in- en uitstroomconstructie

Krammerzijde (spuien)

De uitstroomconstructie met woelbak en debietbegrenzer is volgens het ontwerp (zie [3]) geschikt voor een groter debiet dan in het verleden is opgetreden. Voor een nieuwe ingebruikname met gelijkblijvende of licht veranderde hydraulische eigenschappen ten aanzien van spuien zijn geen aanpassingen nodig, slechts een controle van de toestand van de aanwezige constructies.

Grevelingenzijde (spuien)

Omdat aan de instroomzijde een overlaat wordt toegevoegd is hiervan een dimensionering nodig zodanig dat deze niet maatgevend wordt voor het spuidebiet.

Als voorwaarde voor de inlaat'opening' boven de overlaat wordt gesteld dat daar bij maximaal spuien (270 m³/s) een snelheid van max. ca. 2,0 m/s optreedt. Dit leidt tot een natte doorsnede van ca. 140 m² die bepalend is voor de breedte (60 m) van de overlaat.

Grevelingenzijde (inlaten)

De uitstroomconstructie voor de optimaal-optie wordt als volgt gedimensioneerd.

Blokken

Ter plaatse van de blokkenvloer treedt bij HW NAP +3,0 m een snelheid op van ca. 5,4 m/s.

Volgens de ontwerpnota zijn de betonblokken bestand tot een stroomsnelheid van ca. 4,9 m/s.

Omdat voor de overlaat en de geleidewanden een damwandconstructie in aanmerking komt wordt voorgesteld om in de woelbak die zodoende ontstaat een onderwaterbetonvloer van gelijke dikte (0,70 m) aan te brengen.

Overlaat

Wanneer voor een constructie wordt gekozen die in den natte kan worden aangebracht, en die wellicht tijdelijk als bouwkuij zal dienen, komt een stalen damwand als overlaatconstructie in aanmerking.

Kracht op de overlaat tijdens inlaten:

$$f_p = C_d 0,5 \rho v^2 p = 100 \text{ kN/m}$$

waarin:

$$p = \text{hoogte overlaat} = 3,35 \text{ m}$$

$$v = \text{stroomsnelheid} = 5,4 \text{ m/s (of minder, bij eerder afslaan van de hevel)}$$

$$C_d = \text{dragcoëfficiënt} \approx 2$$

$$\rho = \text{soortelijke massa water} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Met profielen AZ 18 met een lengte van 12 m kan de overlaat worden gevormd. Als geleidewand kan met een lichter profiel worden volstaan: AZ18 als kuuwand en AZ 13 voor de delen buiten de woelbak.

Aansluitende bodemverdediging

Ter plaatse van het trefpunt van de bodemverdediging op 20 m vanaf de overlaat geldt:

$$v = 2,5 \text{ m/s}$$

Benodigde bestorting 5/40 kg met $D_n = 0,17-0,21 \text{ m}$

Toepassen: 10/60 kg

Op 55 m vanaf de overlaat geldt:

$$v = 1,5 \text{ m/s}$$

Benodigde bestorting 80/200 mm met $D_n = 0,11-0,15 \text{ mm}$

Toepassen: 5/40 kg

De minimaal benodigde stortbedlengte is 75 m.

In het midden wordt de bestorting beëindigd. Aan de randen dienen de taluds beschermd te worden.

Voorstel: bestorting 30/80 mm

In verband met de turbulentie-intensiteit achter de overlaat wordt voor het stortebed één soort zwaardere bodembescherming gekozen dan berekeningsformules aangeven. In Bijlage 13 is de toe te passen bodembescherming geschetst.

8.4 Resumé

Voor 'beheerst' doorlaten zijn ten aanzien van spuien in principe geen aanpassingen nodig.

Om de extra verliezen die ontstaan om beheerst te kunnen inlaten te compenseren is een verbetering van de vormgeving van de instroomzijde door het aanbrengen van geleidewanden voor de frontwand gewenst.

Om het relatief grote inlaatdebiet, dat door de getijkenmerken en de waterstand van de Grevelingen optreedt, veilig en duurzaam toe te kunnen laten biedt een stroomverdeler een effectieve oplossing.

Om deze niet tot te grote verliezen bij spuien te laten leiden heeft de overlaat ongeveer dezelfde afmetingen nodig als de zigzag-overlaat aan de Krammerzijde.

De woelbak, die door voorgaande aanpassingen aan de Grevelingenzijde ontstaat, heeft een betonnen vloer nodig, tenzij voor het inlaten in het

besturingssysteem van de hevel een vorm van debietbegrenzing wordt toegepast.

Tenslotte is een bodembescherming in de toeleidingsgeul noodzakelijk, die lichter kan zijn dan bij de 'maximaal'-optie.

9 Nadere uitwerking van de doorlaatopties

9.1 Algemeen

In het voorgaande zijn drie opties beschouwd om de hevel als doorlaatmiddel te gebruiken.

Daarvan zijn twee opties haalbaar op grond van hydraulische aspecten:

- Optie 1: 'maximaal' doorlaten na het aanbrengen van voldoende bodembescherming en met incidentele buitenbedrijfstelling bij hoog water;
- Optie 2: 'beheerst' doorlaten na het aanbrengen van een uitstroom- en geleideconstructie en bodembescherming aan de Grevelingenzijde, zodat een min of meer symmetrische lay-out ontstaat.

Om een afweging te kunnen maken zijn naast de genoemde aspecten ook de consequenties voor de rol die de hevel kan gaan spelen in het waterbeheer van belang.

Hierbij is tevens inzicht nodig in de gevolgen die een en ander heeft voor de benodigde (te vervangen) installaties en besturing.

Bij de uitwerking van de opties in voorgaande hoofdstukken zijn al aspecten van beheer en besturing genoemd en zijn enkele overwegingen gegeven. In het volgende wordt hiervan een overzicht gegeven en worden varianten binnen optie 1 en 2 aangeduid, wat betreft het besturings'regime' van de hevels.

Tenslotte is inzicht nodig in de kosten, die de verschillende gebruiksmogelijkheden met zich meebrengen.

Hierin wordt nader inzicht gegeven door voor de twee aanpassingsopties meer integraal een schetsontwerp en een kostenraming te geven. Deze ontwerpen hebben een gespecificeerde beheer/besturings-variant als uitgangspunt. Voor andere varianten kunnen de ramingen als basis dienen.

9.2 Inventarisatie van de gevolgen voor beheer en besturing

Een belangrijke parameter in de haalbaarheidsstudie is het volume dat gespuid en ingelaten wordt.

In de tabel is dit aangegeven door het gemiddelde debiet op jaarbasis zowel voor spuien als voor inlaten aan te geven ($Q_{gemT,sp}$ en $Q_{gemT,inl}$).

Deze parameters geven aan welke spui- en inlaatstroom er 24 uur per dag gemiddeld optreedt.

Ter verdere interpretatie: $100 \text{ m}^3/\text{s}$ komt overeen met een volume van $8,64 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per dag.

De verhouding tussen het gemiddeld inlaat- en spuivolume ($V_{inlaten}/V_{spuien}$) wordt vervolgens vermeld omdat deze inzicht geeft in de benodigde peilbeheermaatregelen om de waterstand op het Grevelingenmeer constant te houden. Een verhouding 1,0 heeft gezien de uitgangspunten (Hoofdstuk 3) de voorkeur. Deze ideale verhouding blijkt, wanneer onderbreken van doorlaten vanwege peilbeheer buiten beschouwing wordt gelaten, niet bereikt te worden. Een verhouding tussen 1,40 en 1,55 wordt bereikt, dat wil zeggen dat per saldo aanmerkelijk meer wordt ingelaten.

De variant van optie 1, die bestaat uit het ingrijpend verbeteren van de instroomopening aan de Grevelingenzijde, illustreert in hoeverre deze verhouding kan worden verbeterd: een verlaging van $V_{inlaten}/V_{spuien}$ van 1,55 tot maximaal ca. 1,40 kan door verbeterde vormgeving worden bereikt.

	Optie 1		Optie 2	
	basis-oplossing	variant	basis-oplossing	varianten (A, B)
Tijdgemiddeld spui-/inlaatdebiet:				
$Q_{gemT,sp}$ in m ³ /s	74	82	74	
$Q_{gemT,inl}$ in m ³ /s	115		105	
$V_{inlaten}/V_{spuien}$	1,55	1,40	1,42	
Doorlaatbeperkingen:				
Onderbreken spuien bij LW Krammer in m NAP	niet		niet	
Onderbreken inlaten bij HW Krammer in m NAP (frequentie van onderbreken /jaar)	+2,0 (10x)		niet (gevolg: 1x geen HWK)	A:+2,5 (3-5x)
				B:+2,0 (10x)
Maximaal optredend debiet (criterium bodembescherming):				
$Q_{max,sp}$ in m ³ /s	269	330	269	
$Q_{max,inl}$ in m ³ /s	300		330	A: 300
				B: 270

Tabel 9.1 Specificatie van 'prestaties' en beperkingen van de hevel als doorlaatmiddel voor optie 1 en 2 en varianten

Een volgende parameter, die de doorlaatbeperkingen weergeeft, is het peil waarbij het inlaten respectievelijk het spuien wordt onderbroken.

Van onderbreken van het spuien is geen sprake omdat de voorzieningen hiervoor (debietbegrenzer en bodembescherming) in de bestaande situatie aanwezig zijn.

Voor het onderbreken van het inlaten worden, afhankelijk van de optie, verschillende voorstellen gedaan. Meer dan 10x per jaar onderbreken van het inlaten bij optie 1 wordt ongewenst geacht. Een lagere frequentie zou een vervanging of fixeren van de blokkenvloer aan de Grevelingenzijde noodzakelijk maken en een nog zwaardere bodemverdediging en is daarom buiten beschouwing gelaten.

Voor optie 2 zijn 3 mogelijkheden aangegeven:

- de 'basisvariant', waarbij een incidenteel sterke inlaatstroming wordt geaccepteerd. Door de begrenzer wordt dan het debiet beheerst.
- variant A: onderbreken van het inlaten bij HW op het Krammer > NAP +2,5 m
- variant B: onderbreken van het inlaten bij HW op het Krammer > NAP +2,0 m

Bij varianten A en B vindt door besturing debietbegrenzing plaats en dient de debietbegrenzer alleen als stroomverdeler.

Tenslotte worden in de tabel de maximaal optredende spui- en inlaatdebieten gegeven.

Deze geven een indicatie van de benodigde bodemverdediging. Hierbij dient bedacht te worden dat bij optie 2, voor eenzelfde maximaal inlaatdebiet, door de gelijkmatiger stroomverdeling met een minder zware bodemverdediging kan worden volstaan dan bij optie 1.

9.3 Afwegingen bij de nadere uitwerking van opties en varianten

Omdat het wel of niet aanbrengen van een nieuwe debietbegrenzer aan de Grevelingenzijde een belangrijk onderscheid vormt, waarvoor niet op voorhand een voorkeur op basis van functionaliteit en kosten kan worden uitgesproken, worden beide opties nader uitgewerkt.

Voor de varianten binnen de opties heeft het de voorkeur om inzicht te krijgen in de kosten van verschillende maatregelen die de functionaliteit van de aangepaste spuisluis beïnvloeden. Dit kan door combinatie van de schetsontwerpen van de basisvariant.

Op deze wijze worden de 'kostendragers' voldoende duidelijk om voor bijvoorbeeld een gerichte variantenstudie of een voorontwerp een onderbouwde afbakening te kiezen.

Op basis van voorgaande overwegingen wordt voorgesteld om nader uit te werken:

- De basisvariant van optie 1.
Optie 2 geeft al inzicht in de kosten van een beperkte verbetering van de vormgeving van de instroomopening. De aanpassing in de variant van optie 1 is duurder omdat er een ingrijpendere verbetering van de vormgeving voor nodig is.
- De basisvariant van optie 2.
Zodoende wordt de 'bovengrens' van de benodigde bodembescherming (en de kosten daarvan) voor optie 2 duidelijk. De varianten A en B kunnen daaruit worden afgeleid, omdat de kosten van debietbeperking door onderbreken van het inlaten in optie 2 duidelijk zullen worden en de kosten van een lichtere bodembescherming kunnen worden ingeschat.

Hierdoor ontstaat nader inzicht in de volgende 'elementen' van de aanpassing:

- de benodigde bodemverdediging (Grevelingenzijde) wanneer geen debietbegrenzer wordt aangebracht
- de maximaal benodigde bodemverdediging (Grevelingenzijde) met debietbegrenzer
- het aanbrengen van een debietbegrenzer (Grevelingenzijde)
- het aanbrengen van geleidewanden (Grevelingenzijde)
- het aanbrengen van een onderwaterbetonvloer (woelbak Grevelingenzijde)
- het herstellen van een systeem om hevelen te staken, nu niet bij iedere (opkomende) tijwisseling, maar boven een bepaald HW

Opmerking:

Het handhaven/vervangen van een waarschuwingssysteem en overdrukinstallatie om hoog water te keren is niet noodzakelijk wanneer incidenteel 'overslag' in de hevel (bij HW > NAP +3,0 m) of 'overmatig instromen' (alleen bij optie 2: basisvariant) wordt geaccepteerd. De instroming kan in het laatste geval aanzienlijk zijn. Overwogen kan worden de hevel door 'handbediend' beluchten af te slaan.

Het niet handhaven van de overdrukinstallatie geeft bij nieuwe inbedrijfstelling een besparing van ca. € 20.000 (zie Bijlage 16), die vooral voortkomt uit een minder uitgebreid visualiserings- en besturingssysteem. Een vergelijking van de integrale kosten (incl. onderhoud en energiekosten enerzijds en kosten van 'overslag' anderzijds) is noodzakelijk om de afweging te kunnen maken.

9.4 Schetsontwerp voor optie 1

In Bijlage 10 is in een overzichtstekening aangegeven waaruit de benodigde aanpassing voor optie 1 bestaat.

De nieuwe elementen zijn:

- bodemverdediging (Grevelingenzijde)
- herstellen aan-/afslagsysteem met aangepaste besturing

Dit systeem bestaat uit:

- 1 een meetsysteem voor waterstanden
- 2 een regelsysteem voor beluchtungs- en vacuümafsluiters en vacuümpompen
- 3 vacuümpompen: benodigde luchtpompcapaciteit: voorstel: opnieuw (totale) $k_e = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Nu zijn 3 waterringpompen aanwezig die daarmee gezamenlijk 6 kokers in ca. 32 minuten kunnen aanslaan; volgens de ontwerpnota overigens in 24 minuten. Indien minder snel aanslaan acceptabel is kan met minder capaciteit en eventueel trapsgewijs aanslaan worden volstaan. Voor meer debietregeling is meer capaciteit vereist, wellicht opnieuw te leveren door meerdere pompen.
- 4 een besturingssysteem (lokaal of op de Krammersluizen?)

9.4.1 Kostenraming

In Bijlage 14 is een raming voor de *directe kosten* van het aanbrengen van de bodembescherming gegeven.

Dit wordt geraamd op € 430.000.

In Bijlage 16 is een *budgetraming* van de kosten van werktuigkundige en elektrotechnische installaties gegeven.

Deze worden geraamd op € 505.000.

Als 'bedrijfseconomische raming' (in PRI-begrippen kan dit worden opgevat als een budgetraming) voor de totale product- en uitvoeringsuitgaven (incl. BTW) geldt voor optie 1: € 1.580.000. Deze kostenraming is geen echte raming die uitgaat van een kostenopbouw voor de aanpassingen aan de hevel. Als 'referentie' is gebruik gemaakt van gegevens van de het doorlaatmiddel in de Zandkreekdam (voor de civiel-technische aanpassing) en de aanpassing van de besturingsinstallatie van de Brouwerssluis.

De civieltechnische raming is op grond van het 'referentieproject' eenvoudig bereikt door de directe kosten civiel met een factor 2.1 te vermenigvuldigen. Bovendien is voor de engineeringkosten een percentage van 20% geschat, op grond van de overweging dat bij het uitwerken van een uitgekende aanpassing, in verhouding tot de omvang van de aanpassingen aan de constructie, veel onderzoek- en ontwerpinspanning nodig is.

Een raming voor dit stadium van haalbaarheidsstudie kent een variatie van +/- 25% en een trefzekerheid van 70%. Het eerstgenoemde betreft de onzekerheidsmarge, het laatstgenoemde begrip, eveneens volgens de PRI-systematiek, slaat op de 'hardheid' van de raming en houdt in dat de kosten met een zekerheid van 70% binnen de aangegeven boven- en ondergrens blijven.

9.5 Schetsontwerp voor optie 2

In Bijlage 12 is in een overzichtstekening aangegeven waaruit de benodigde aanpassing voor optie 2 bestaat.

De nieuwe elementen zijn, aan de Grevelingenzijde:

- bodemverdediging achter debietbegrenzer
- debietbegrenzer
- geleidewanden
- onderwaterbetonvloer voor de nieuwe woelbak
- deels herstellen aan-/afslagsysteem met aangepaste besturing

Dit systeem bestaat uit:

- 1 een meetsysteem voor waterstanden
- 2 een regelsysteem voor beluchtungs- en vacuümafsluiters en vacuümpompen met voor basisoplossing en variant A de optie om niet automatisch te beluchten om af te slaan omdat dit maar incidenteel nodig is en het risico bij falen beperkt is.
- 3 vacuümpompen: benodigde luchtpompcapaciteit: voorstel: voor variant B:
opnieuw (totale) $k_e = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}$. Nu zijn 3 waterringpompen aanwezig die daarmee gezamenlijk 6 kokers in ca. 32 minuten kunnen aanslaan; volgens de ontwerpnota overigens in 24 minuten. voor basisoplossing en variant A:
minder snel aanslaan lijkt acceptabel zodat met minder capaciteit en eventueel trapsgewijs aanslaan kan worden volstaan.
- 4 een besturingssysteem (lokaal of op de Krammersluizen?)

9.5.2 Kostenraming

In Bijlage 15 is een raming voor de directe kosten van het aanbrengen van de constructies en de bodembescherming gegeven.

Dit wordt geraamd op € 555.000 tot € 690.000.

De onzekerheid houdt verband met de effectiviteit van een damwand als debietspreider. Wanneer de uitstromende straal niet voldoende gebroken en gespreid wordt is een zwaardere bodembescherming nodig. Als alternatief voor de damwand zou een betonnen zigzag-overlaat, zoals aan de Krammerzijde, kunnen worden toegepast; dit leidt vanzelfsprekend ook tot extra kosten.

De *budgetraming* (Zie Bijlage 16) van de kosten van werktuigkundige en elektrotechnische geeft, evenals voor optie 1, een bedrag van € 505.000.

Als 'bedrijfseconomische raming' voor de totale product- en uitvoeringsuitgaven (incl. BTW) geldt voor optie 2:
€ 1.890.000 tot € 2.225.000

9.6 Kosteneffectiviteit

Als maat voor de kosteneffectiviteit zou kunnen worden aangegeven tegen welke kosten het 'doorlaatvolume' bij doorlaatopties 1 en 2 wordt bereikt. Als doorlaatvolume kan dan de som van het gemiddelde spui- en inlaatvolume worden gehanteerd.

Voor een dergelijke beschouwing dienen de kosten van de benodigde aanpassingen en het herstel van de verouderde installaties en het besturingssysteem met verschillende varianten in de functionaliteit tegen elkaar te worden afgewogen. Tevens is het dan raadzaam om de integrale kosten (inclusief de energiekosten) in een lifecycle-benadering te vergelijken.

Wanneer dit achterwege wordt gelaten zou op basis van de gepresenteerde resultaten in dit rapport geconcludeerd kunnen worden dat optie 1 het meest aantrekkelijk is. Dit lijkt vooralsnog een voorbarige conclusie.

Overigens zou een dergelijke beschouwing nog veel 'variabelen' kennen, wanneer de randvoorwaarden voor het doorlaten en waterkeren nog niet zijn vastgesteld.

10 Conclusies en aanbevelingen

10.1 Conclusies

Op basis van de haalbaarheidsstudie kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het in gebruik nemen van de Flakkeese Spuisluis als doorlaatmiddel, dus met inlaten van water in het Grevelingenmeer als aanvullende functie, vereist aanpassingen;
- Regelmatig inlaten in de huidige situatie (de 0-optie) is bij gemiddeld getij al ontoelaatbaar voor de bodemverdediging in het toeleidingskanaal aan de Grevelingenzijde, zelfs bij gebruik van een beperkt aantal kokers;
- De aanpassingen kunnen beperkt blijven tot de Grevelingenzijde van het hevelcomplex en de installaties en besturing van de hevels.
- Twee effectieve opties wat betreft de aanpassingen geven inzicht in het te bereiken doorlaatvolume en de daarmee gemoede kosten:
 - **optie 1:** Het aanbrengen van een zwaardere bodemverdediging in combinatie met een inlaatdebietbeperking door afslaan van de hevels;
 - **optie 2:** het aanbrengen van een debietbegrenzer en bodembescherming aan de Grevelingenzijde, zodat een min of meer symmetrische lay-out ontstaat. Tevens is een verbeterde vormgeving van de instroomopening nodig om het spuivolume niet verder te reduceren;
- De aanpassingen resulteren in:
 - een spuidebiet van ca. 74 m³/s;
 - een inlaatdebiet van ca.105 (optie 2) tot ca.115 (optie 1) m³/s.Zonder debietregeling zal de hevel dus een 'waterbezwaar' door inlaten van ca. 30 m³/s veroorzaken.
Dit betreft een tijdgemiddelde over het gehele jaar bij gemiddeld getij, waarbij slechts incidenteel (maximaal 10 x per jaar) het inlaten onderbroken wordt.
- De omvang van de benodigde aanpassing of het herstel van de verouderde installaties en het besturingssysteem hangt af van de eisen die aan het nieuwe gebruik worden gesteld. Met name speelt een rol:
 - de vereiste 'beschikbaarheid' van de hevels; hoe vaak is afslaan wegens hoog water toelaatbaar en hoe snel dient aanslaan daarna plaats te vinden?
 - de toelaatbaarheid van 'overslag' van water in afgeslagen hevels bij hoog water;
 - de eventuele eisen om de hevel voor het peilbeheer van het Grevelingenmeer in te kunnen zetten.
- Als 'bedrijfseconomische raming' voor de totale product- en uitvoeringsuitgaven (incl. BTW) geldt :
 - **optie 1:** € 1.580.000;
 - **optie 2:** € 1.890.000 tot € 2.225.000.

In tabel 10.1 zijn de kosten van de civieltechnische aanpassingen, en de daarbij te behalen gemiddelde spui- en inlaatdebieten, samengevat.

- Beide opties komen voornamelijk in aanmerking; de tabel geeft een indicatie van de kosteneffectiviteit op basis van alleen de 'aanleg'kosten van de aanpassingen voor het opnieuw in gebruik nemen van de hevel. Aangezien optie 1 meer inzet van de besturing (installaties) vergt, terwijl voor optie 2 het hydraulisch ontwerp meer 'robuust' is, hebben beide opties niet dezelfde functionaliteit en onderhoudskosten en kan de 'optimale optie' nog niet worden aangewezen. Nadat nieuwe functionele eisen zijn opgesteld is het zinvol een integrale kostenafweging te maken.

	Optie 1: zonder debietbegrenzer	Optie 2: met debietbegrenzer
Gemiddeld spui- /inlaatdebiet:		
$Q_{gemT,spuien}$ in m ³ /s	74	74
$Q_{gemT,inlaten}$ in m ³ /s	115	105
Kosten van aanpassingen:		
kosten civieltechn. aanpassing in mln. EUR (budget-raming*)	1,075	1,385 à 1,720
aanpassing installaties (revisie bestaande installatie + nwe besturing) in mln. EUR (budget-raming*)	0,505	0,505
Totale kosten in mln. EUR (budget-raming*)	1,580	1,890 à 2,225

* De budgetraming is een kostenschatting op basis van referentieprojecten (zie 9.4.1)

Tabel 10.1 Overzicht van spui- en inlaatdebieten en kosten van benodigde aanpassingen

10.2 Aanbevelingen

De volgende nadere overwegingen en aandachtspunten worden genoemd om tot een concreet voorstel te komen voor nieuw gebruik van de Flakkeese Spuisluis en een ontwerp van de aanpassingen:

- Een integrale benadering voor het beheer van de waterkwaliteit op het Grevelingenmeer en de Oosterschelde (het Krammer) en voor het peilbeheer van het Grevelingenmeer is nodig om de functionele eisen aan een nieuw doorlaatmiddel te kunnen formuleren. Onder andere dient daaruit duidelijk te worden of het streven naar een gelijk spui- en inlaatvolume een randvoorwaarde vormt en of de eis van waterkeren een 'afsluitmiddel' (door overdrukstelsel of anders) noodzakelijk maakt.
- Hydraulische aspecten: in de nadere uitwerking van aanpassingen aan de constructie en/of installaties dient aandacht besteed te worden aan de effectiviteit van een damwand als overlaat/debietspreider en aan het voorkomen van luchtinsluiting, met name ter verhoging van het spuidebiet.

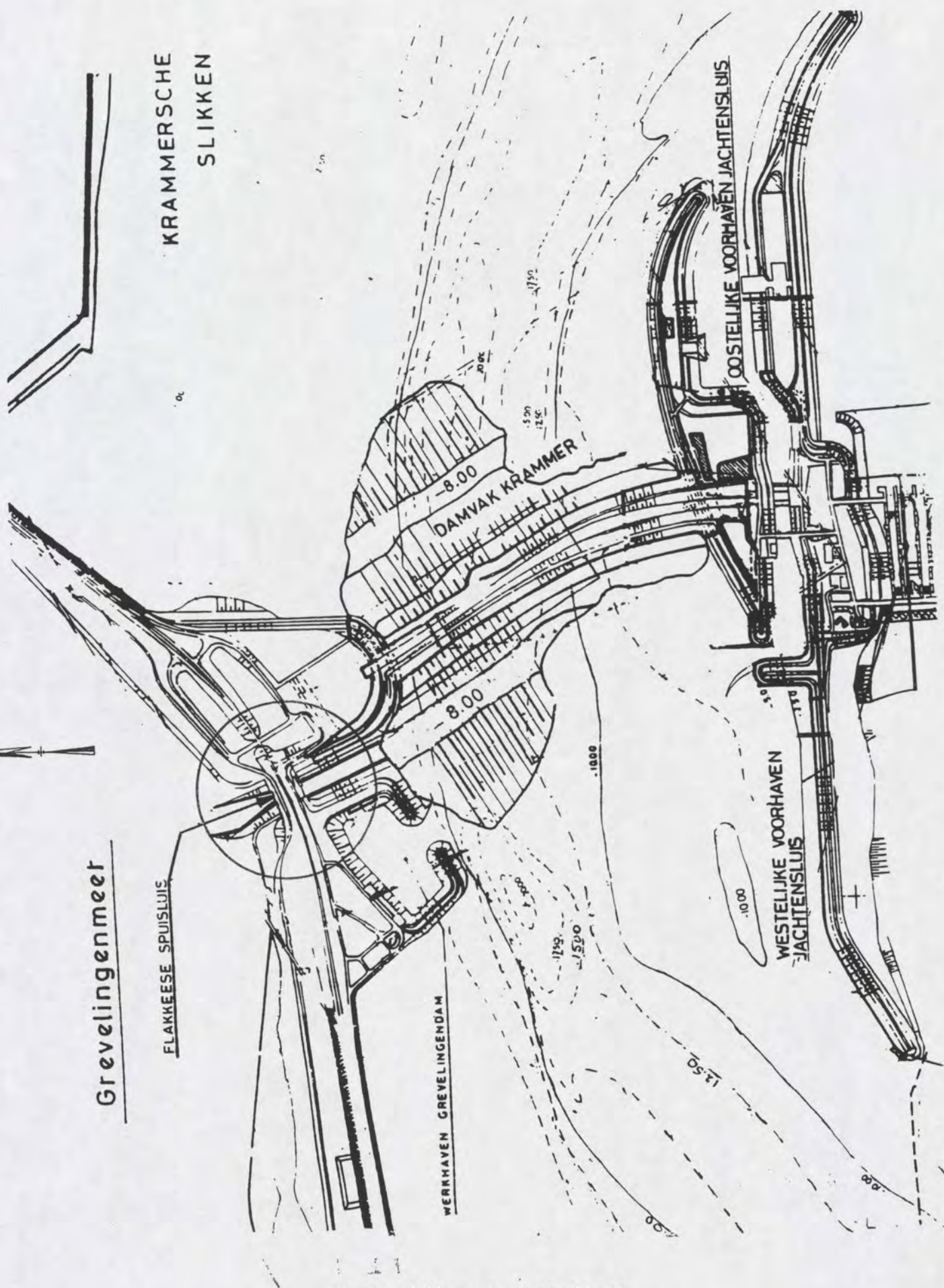
- Installaties en besturing: bij het ontwerp hiervan aandacht besteden aan exploitatie- en onderhoudskosten en de mogelijkheid van incidentele lokale 'handbediening'.
- Voorbereiding op eventuele uitvoering: de toestand van de bodemverdediging en de opbouw van het aanwezige bodemmateriaal dient door inspecties/onderzoek nader te worden vastgesteld, zodat de bodemverdediging en (eventuele) constructies geoptimaliseerd kunnen worden.
- Bij een eventuele nadere uitwerking van de aanpassing(en) is, gezien de aard van het werk (vooral gericht op de optimalisatie van de functieervulling t.a.v. doorlaten) en de omvang (relatief klein), een nauwkeuriger onderbouwing van de raming noodzakelijk. Tevens is het raadzaam om voor de verschillende varianten de integrale kosten (inclusief onderhouds- en energiekosten) in een lifecycle-benadering te vergelijken.

Literatuur

- [1] Verslagen modelonderzoek:
 - [1.1] Hevels in de Grevelingendam, vooronderzoek in- en uitstroomconstructie, Waterloopkundig Laboratorium, M1331, juli 1976
 - [1.2] Hevels in de Grevelingendam, proeven in model 1 : 20, Waterloopkundig Laboratorium, M1347, juni 1976
 - [1.3] Hevels in de Grevelingendam, proeven in model 1 : 7, Waterloopkundig Laboratorium, M1348, augustus 1976
 - [1.4] Hevels in de Grevelingendam, stroombeeld- en ontgrondingsonderzoek, Waterloopkundig Laboratorium, M1346, deel 1 en 2, mei 1977
- [2] Flakkeese spuisluis, prototypemetingen, Waterloopkundig Laboratorium, R1892-III, deel A en B, maart 1984
- [3] Beschrijving ontwerp Flakkeese Spuisluis, nota DD.WWO.84-20.002, Rijkswaterstaat, Deltadienst, 10 mei 1984.

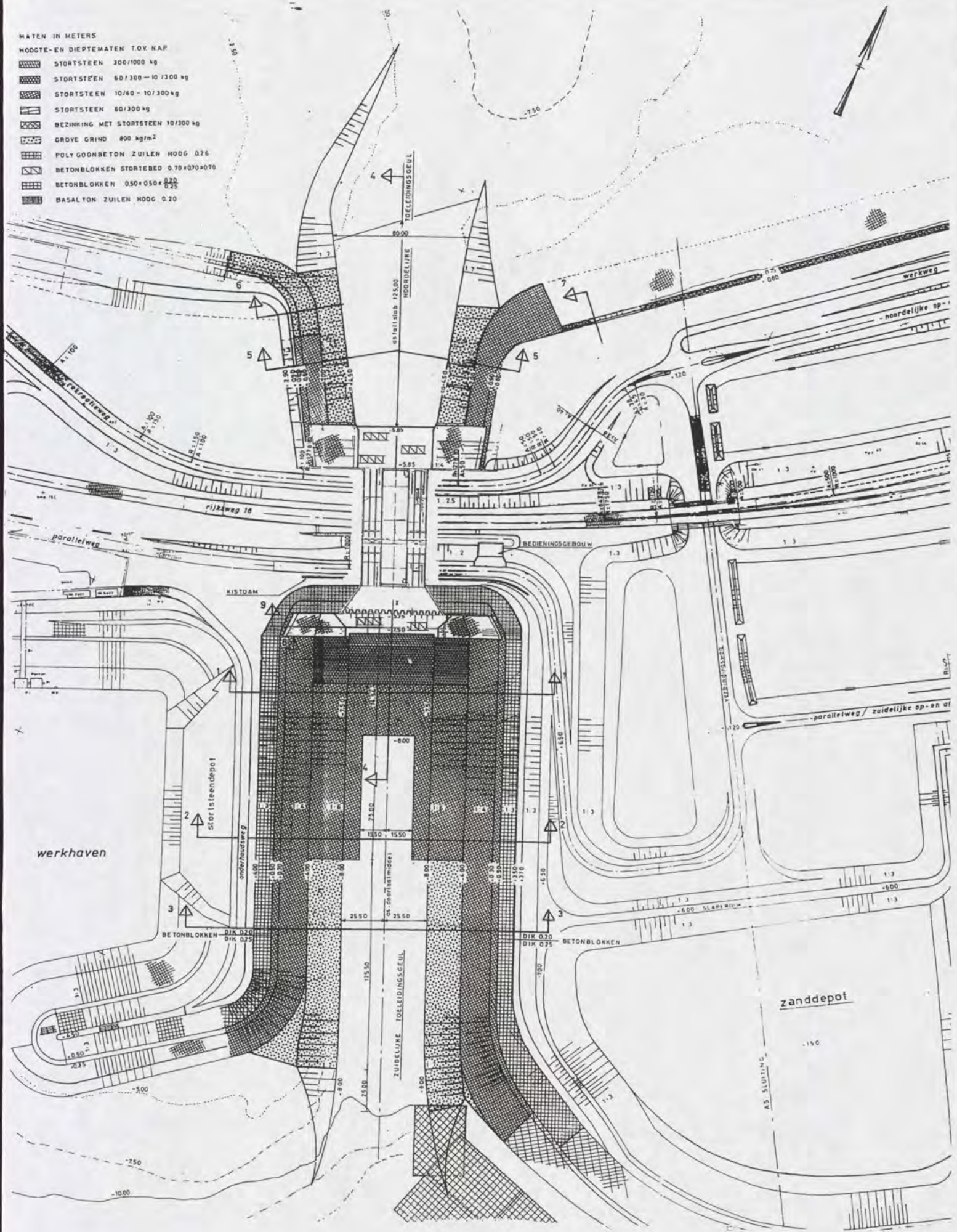
Bijlagen

Bijlage 1	Situatie Flakkeese Spuisluis blad 1 Situatie Flakkeese Spuisluis blad 2
Bijlage 2	Getijkromme voor meetlocatie Krammersluizen west
Bijlage 3	Geometrie van de constructie, overzicht blad 1 Geometrie van de constructie, doorsnede blad 2
Bijlage 4	Afvoer karakteristiek voor spuien (volgens ontwerp en prototype meting)
Bijlage 5	Berekening doorlaatdebieten voor 0-optie
Bijlage 6	Schets van stroombeeld uitstroming bij spuien
Bijlage 7	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (0-optie)
Bijlage 8	Berekening doorlaatdebieten voor optie 1
Bijlage 9	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 1)
Bijlage 10	Uitstroomconstructie (bodembescherming) voor optie 1
Bijlage 11	Berekening doorlaatdebieten voor optie 2
Bijlage 12	Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 2)
Bijlage 13	Uitstroomconstructie (bodembescherming) voor optie 2
Bijlage 14	Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 1
Bijlage 15	Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 2
Bijlage 16	Raming (budgetindicatie) voor werktuigkundige en elektrotechnische installaties



Situatie Flakkeese Spuisluis, blad 1

- MATEN IN METERS
 HOOGTE- EN DIEPTEMATEN T.O.V. NAP
- STORTSTEEN 300/1000 kg
 - STORTSTEEN 60/300 - 10/1300 kg
 - STORTSTEEN 10/60 - 10/300 kg
 - STORTSTEEN 60/300 kg
 - BEZINKING MET STORTSTEEN 10/300 kg
 - GROVE GRIND 800 kg/m²
 - POLY DOONBETON ZUILEN HOOG 0.26
 - BETONBLOKKEN STORTEBED 0.70x0.70x0.70
 - BETONBLOKKEN 0.50x0.50x0.20
0.25
 - BASALTON ZUILEN HOOG 0.20



Situatie Flakkeese Spuisluis, blad 2

Getijkromme voor meetlocatie Krammersluizen west

9 november 2001
 Periode beschikbare data:
 1 jan 2000 t/m 31 dec 2002

Datum wijzigen

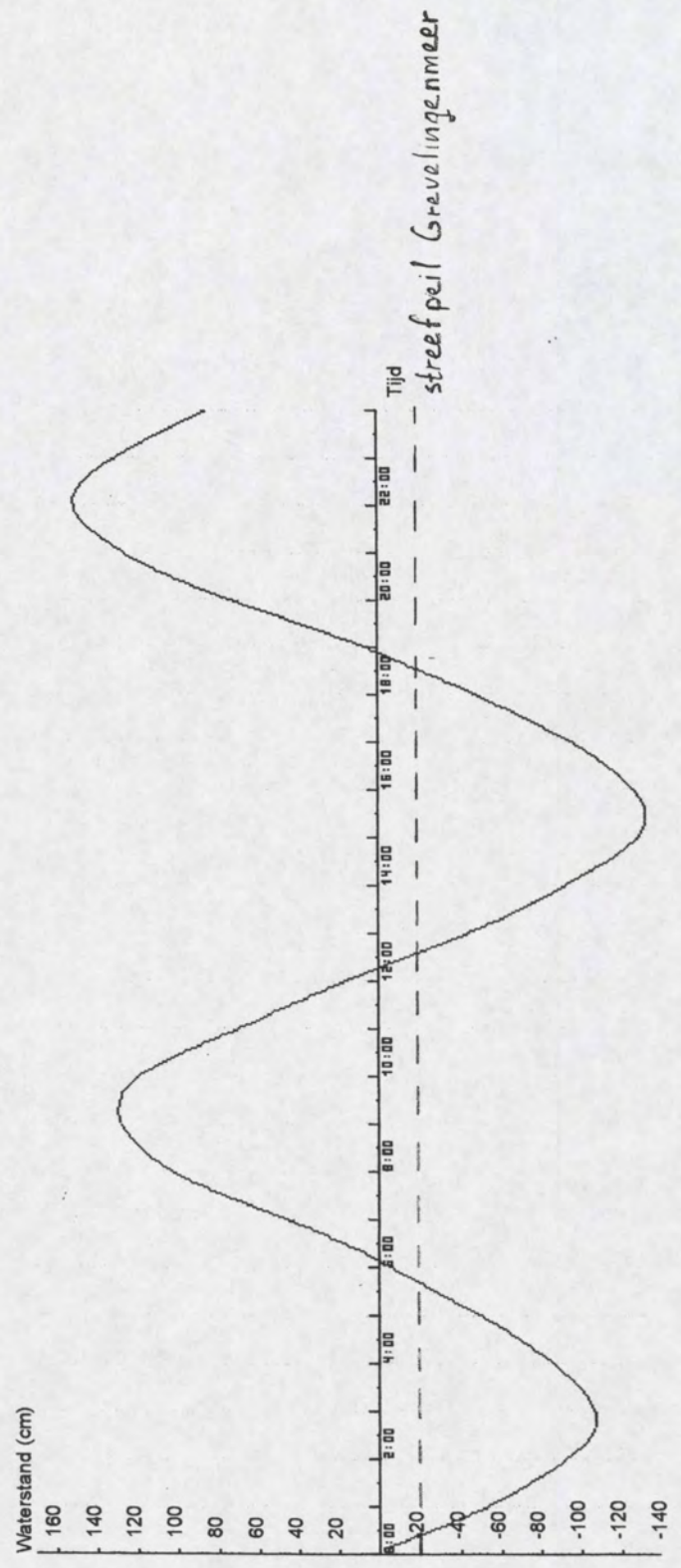
Locatie:
 Tijdzone:
 Referentievlak:

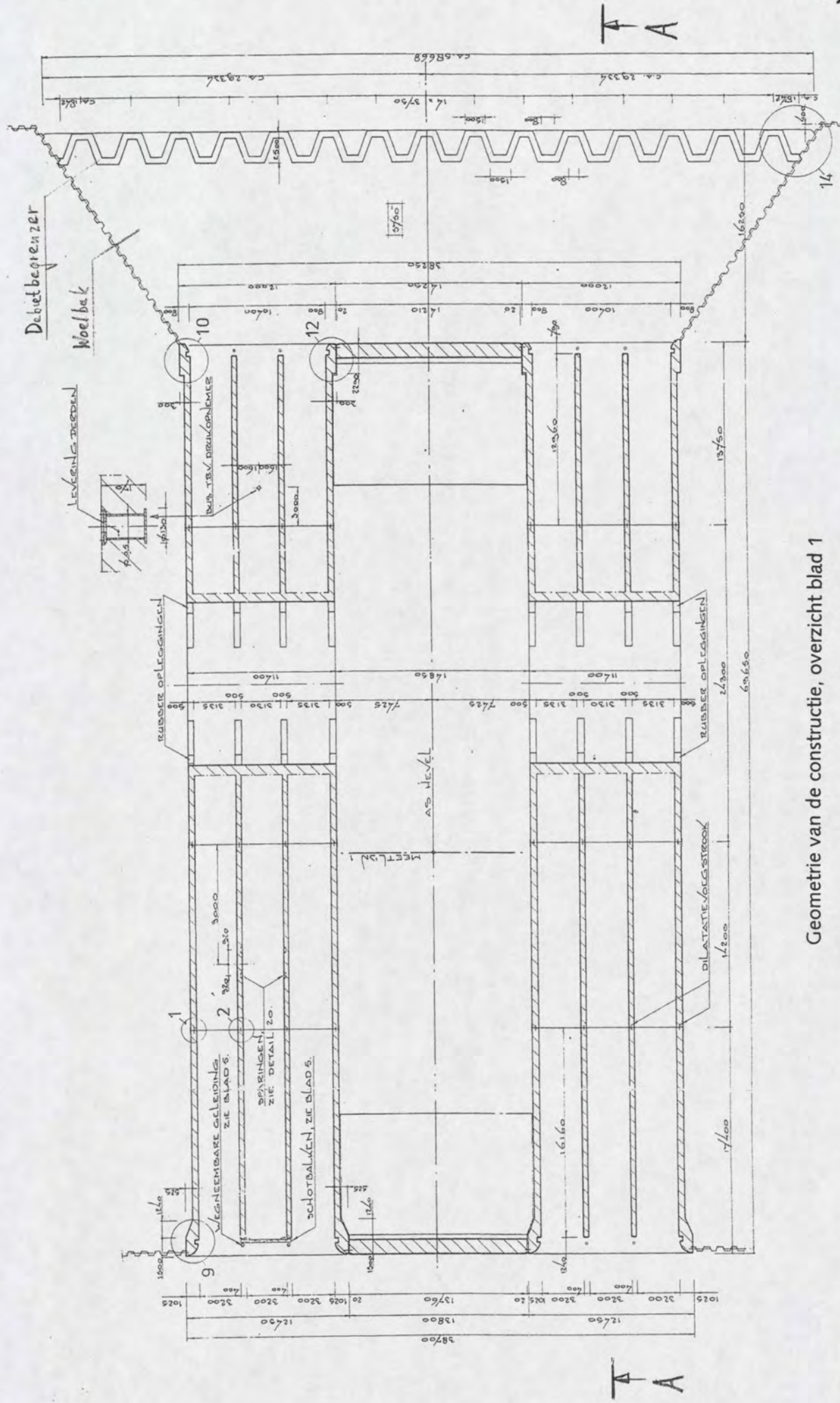
Legenda
 Referentievlak meetpunt: NAP
 LLWS NAP-174
 LAT NAP-186

Hoog- en laagwater
 02:35 LW -107 cm
 09:16 HW 130 cm
 15:15 LW -133 cm
 21:56 HW 152 cm

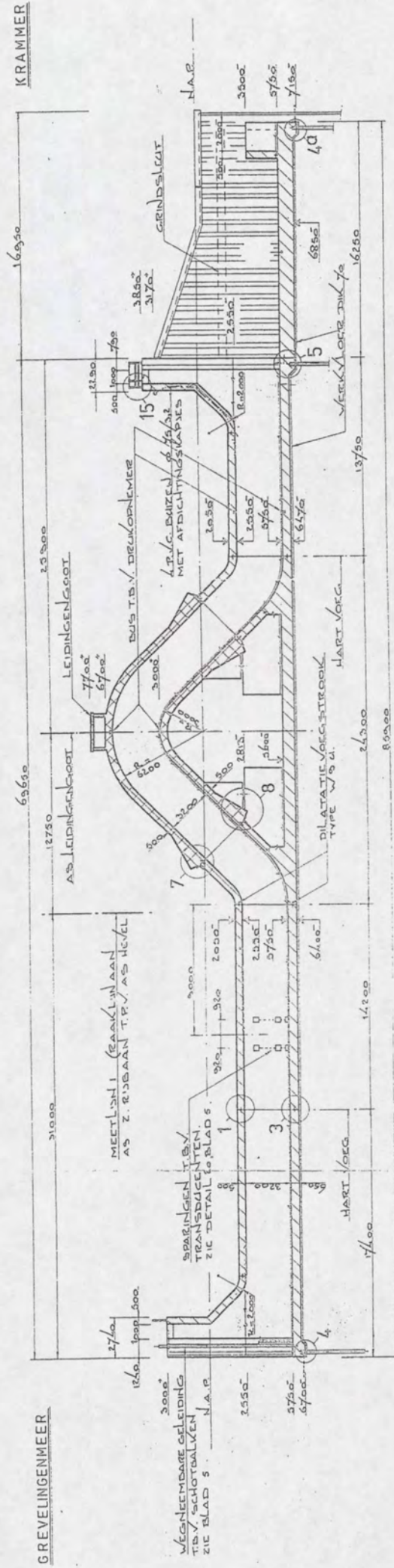
Tijden in Wintertijd

Numerieke uitvoer





Geometrie van de constructie, overzicht blad 1

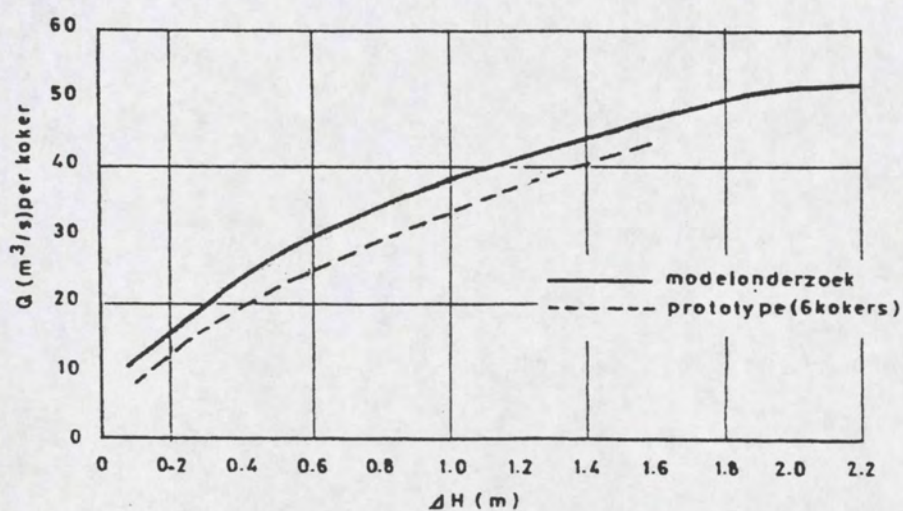


GREVELINGENMEER

KRAMMER

DOORSNEDE A-A

Geometrie van de constructie, doorsnede blad 2



Afvoercharacteristiek voor spuien (volgens ontwerp en prototype meting)

Berekening doorlaatdebieten voor 0-optie

Berekening gemiddelde doorlaatdebieten Flakkeese Spuisluis

A [m2]: 61,44 g [m/s2]: 9,81 minl [-]: 0,74 mspui [-]: 0,72

t [h]	H [m]	Vinl/spui [m3]	ref [m NAP]
0	-0,020	34640,9	0,2
0,2	0,134	66774,3	0,2
0,4	0,290	87945,68	0,2
0,6	0,446	104848,8	0,2
0,8	0,600	119171,6	0,2
1	0,751	131633,2	0,2
1,2	0,897	142609,5	0,2
1,4	1,037	152320,5	0,2
1,6	1,170	160904	0,2
1,8	1,293	168450,4	0,2
2	1,406	175021,1	0,2
2,2	1,508	180658,4	0,2
2,4	1,597	185392	0,2
2,6	1,673	189242,7	0,2
2,8	1,734	192225,2	0,2
3	1,781	194349,2	0,2
3,2	1,812	195621,3	0,2
3,4	1,828	196045	0,2
3,6	1,828	195621,6	0,2
3,8	1,812	194349,8	0,2
4	1,781	192226	0,2
4,2	1,734	189243,9	0,2
4,4	1,673	185393,4	0,2
4,6	1,597	180660,1	0,2
4,8	1,508	175023,1	0,2
5	1,406	168452,7	0,2
5,2	1,293	160906,6	0,2
5,4	1,170	152323,5	0,2
5,6	1,037	142612,9	0,2
5,8	0,897	131637	0,2
6	0,751	119175,9	0,2
6,2	0,600	104853,9	0,2
6,4	0,446	87951,78	0,2
6,6	0,290	66782,36	0,2
6,8	0,134	34656,2	0,2
7	-0,020	43594,6	0,2
7,2	-0,171	69708,36	0,2
7,4	-0,317	87800,52	0,2
7,6	-0,457	102079,7	0,2
7,8	-0,590	113866	0,2
8	-0,713	123767,4	0,2
8,2	-0,826	132116,9	0,2
8,4	-0,928	139115,2	0,2
8,6	-1,017	144890,9	0,2
8,8	-1,093	149529,5	0,2
9	-1,154	153088,5	0,2
9,2	-1,201	155606,6	0,2
9,4	-1,232	157108,3	0,2
9,6	-1,248	157607,6	0,2
9,8	-1,248	157108,7	0,2
10	-1,232	155607,2	0,2
10,2	-1,201	153089,5	0,2

Qmax,inlaten [m3/s]: 272,2847

Qgem,inlaten [m3/s]: 204,751 QgemT,inl: 115,5852

Qmax,spuien [m3/s]: 218,8994

10,4	-1,154	149530,8					0,2
10,6	-1,093	144892,6					0,2
10,8	-1,017	139117,3					0,2
11	-0,928	132119,4					0,2
11,2	-0,826	123770,4					0,2
11,4	-0,713	113869,5					0,2
11,6	-0,590	102084					0,2
11,8	-0,457	87805,71					0,2
12	-0,317	69715,2					0,2
12,2	-0,171	43605,88					0,2
12,4	-0,020						0,2

controle:

189,5592

Qgem,spui
Qgem,inlat

169,87
204,75
189,56

QgemT,spi
QgemT,inl:

73,97
115,59
189,56

Qmax,ger

218,90
272,28

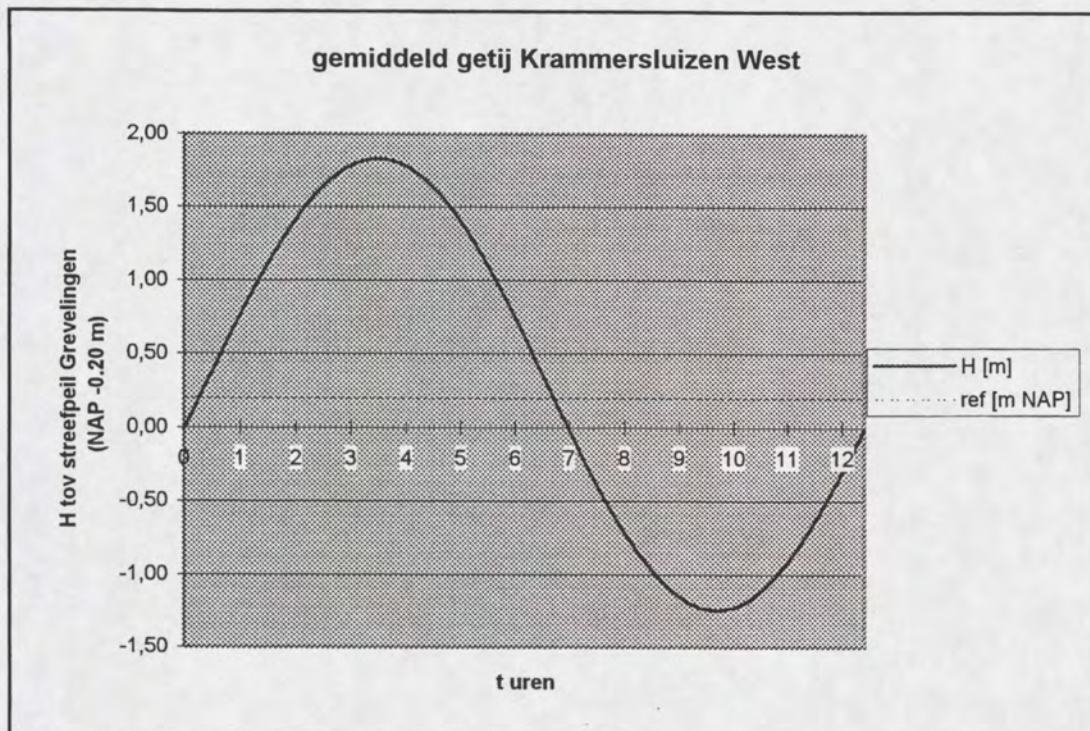
0,2

verhoudingen inlaat-/spuidebiet:

QgemT,inlaten/QgemT,spuien 1,56

Qgem,inlaten/Qgem,spuien 1,21

Qmax,inlaten/Qmax,spuien 1,24

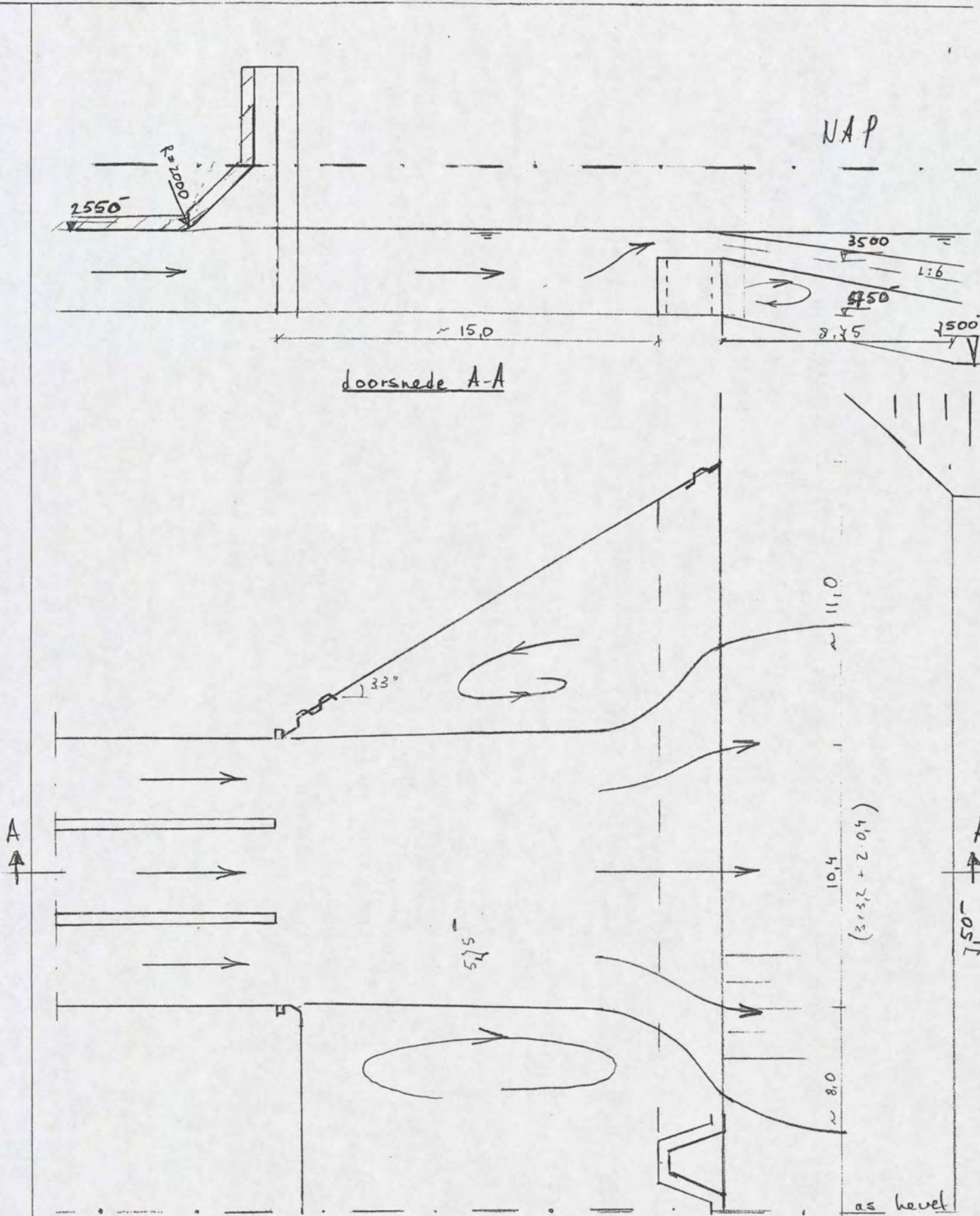


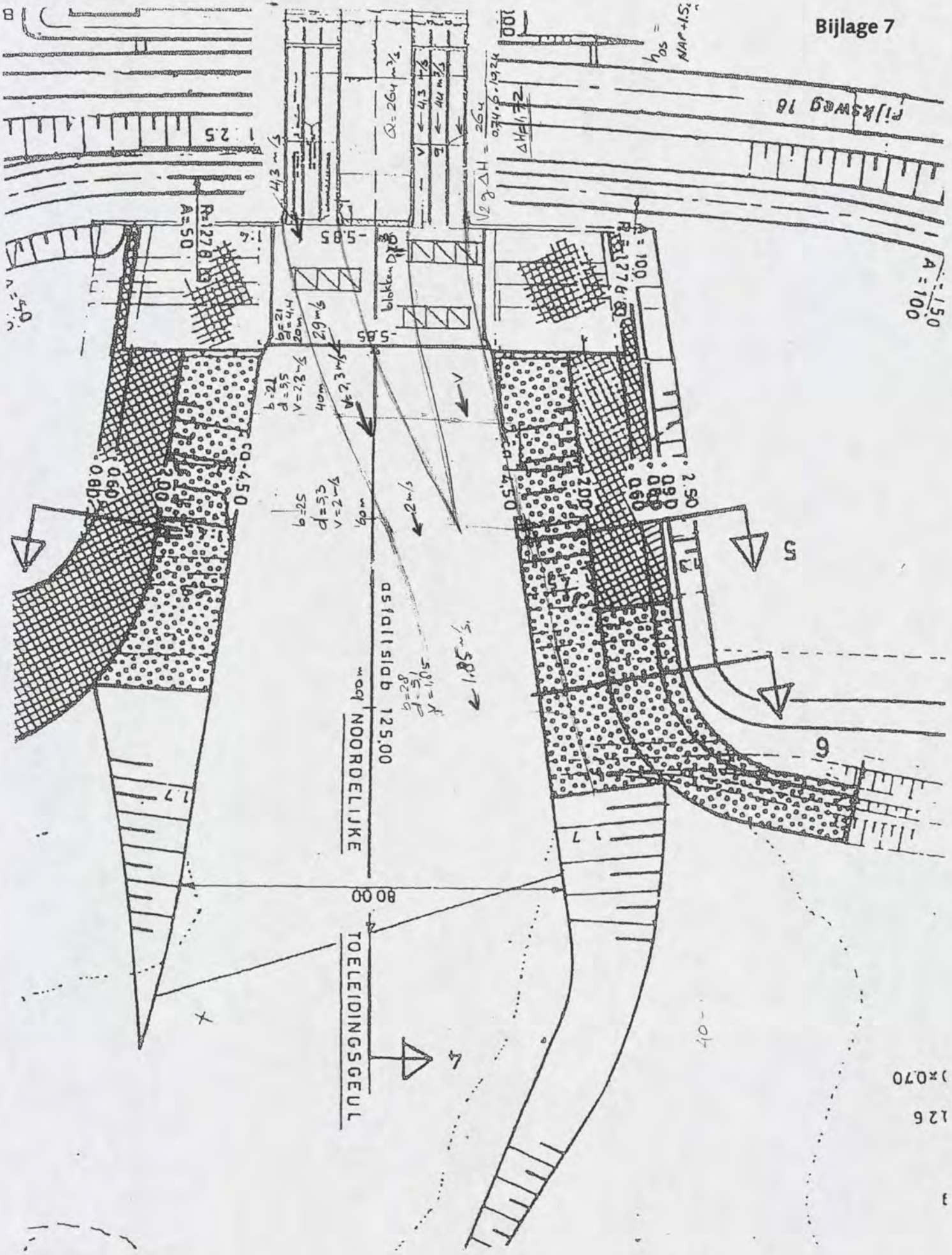
bouwdienst rijkswaterstaat

Schets van stroombeeld uitstroming bij spuien

datum:

blz.:





Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (0-optie)

Berekening doorlaatdebieten voor optie 1

Berekening gemiddelde doorlaatdebieten Flakkeese Spuisluis

A [m2]: 61,44 g [m2/s]: 9,81 minl [-]: 0,74 mspui [-]: 0,8

t [h]	H [m]	Vinl/spui [m3]	ref [m NAP]
0	-0,020	34640,9	0,2
0,2	0,134	66774,3	0,2
0,4	0,290	87945,68	0,2
0,6	0,446	104848,8	0,2
0,8	0,600	119171,6	0,2
1	0,751	131633,2	0,2
1,2	0,897	142609,5	0,2
1,4	1,037	152320,5	0,2
1,6	1,170	160904	0,2
1,8	1,293	168450,4	0,2
2	1,406	175021,1	0,2
2,2	1,508	180658,4	0,2
2,4	1,597	185392	0,2
2,6	1,673	189242,7	0,2
2,8	1,734	192225,2	0,2
3	1,781	194349,2	0,2
3,2	1,812	195621,3	0,2
3,4	1,828	196045	0,2
3,6	1,828	195621,6	0,2
3,8	1,812	194349,8	0,2
4	1,781	192226	0,2
4,2	1,734	189243,9	0,2
4,4	1,673	185393,4	0,2
4,6	1,597	180660,1	0,2
4,8	1,508	175023,1	0,2
5	1,406	168452,7	0,2
5,2	1,293	160906,6	0,2
5,4	1,170	152323,5	0,2
5,6	1,037	142612,9	0,2
5,8	0,897	131637	0,2
6	0,751	119175,9	0,2
6,2	0,600	104853,9	0,2
6,4	0,446	87951,78	0,2
6,6	0,290	66782,36	0,2
6,8	0,134	34656,2	0,2
7	-0,020	48438,44	0,2
7,2	-0,171	77453,74	0,2
7,4	-0,317	97556,13	0,2
7,6	-0,457	113421,9	0,2
7,8	-0,590	126517,7	0,2
8	-0,713	137519,4	0,2
8,2	-0,826	146796,5	0,2
8,4	-0,928	154572,4	0,2
8,6	-1,017	160989,9	0,2
8,8	-1,093	166143,9	0,2
9	-1,154	170098,4	0,2
9,2	-1,201	172896,2	0,2
9,4	-1,232	174564,8	0,2
9,6	-1,248	175119,5	0,2
9,8	-1,248	174565,2	0,2
10	-1,232	172896,9	0,2
10,2	-1,201	170099,5	0,2

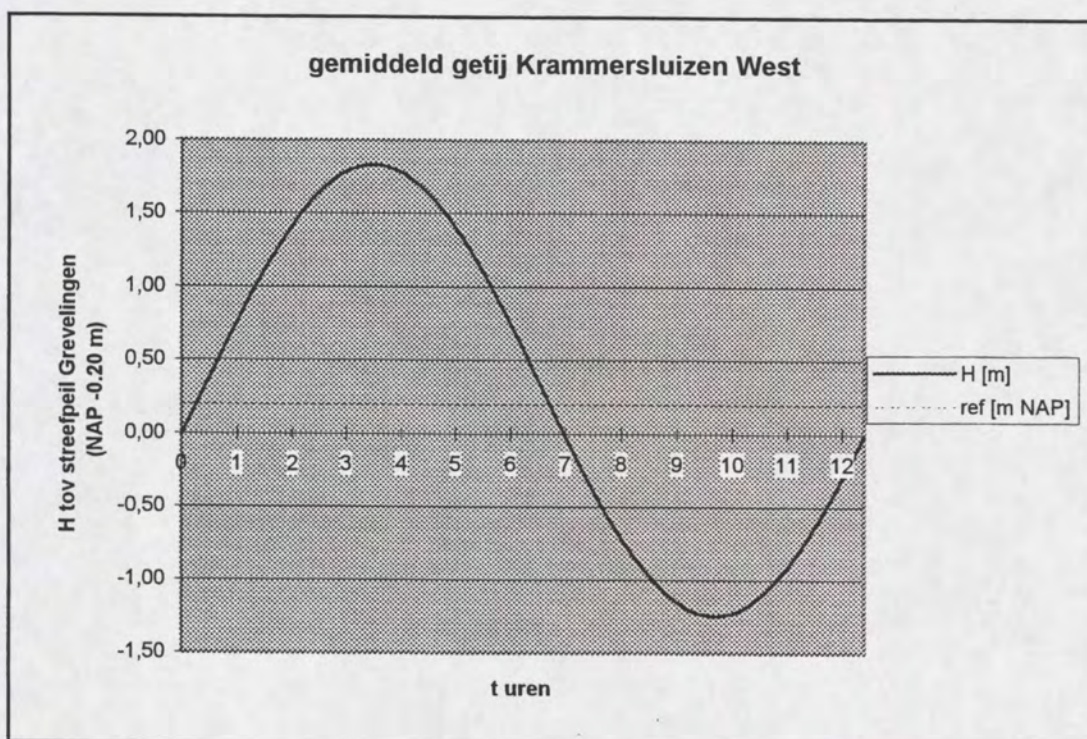
Qmax,inlaten [m3/s]: 272,2847

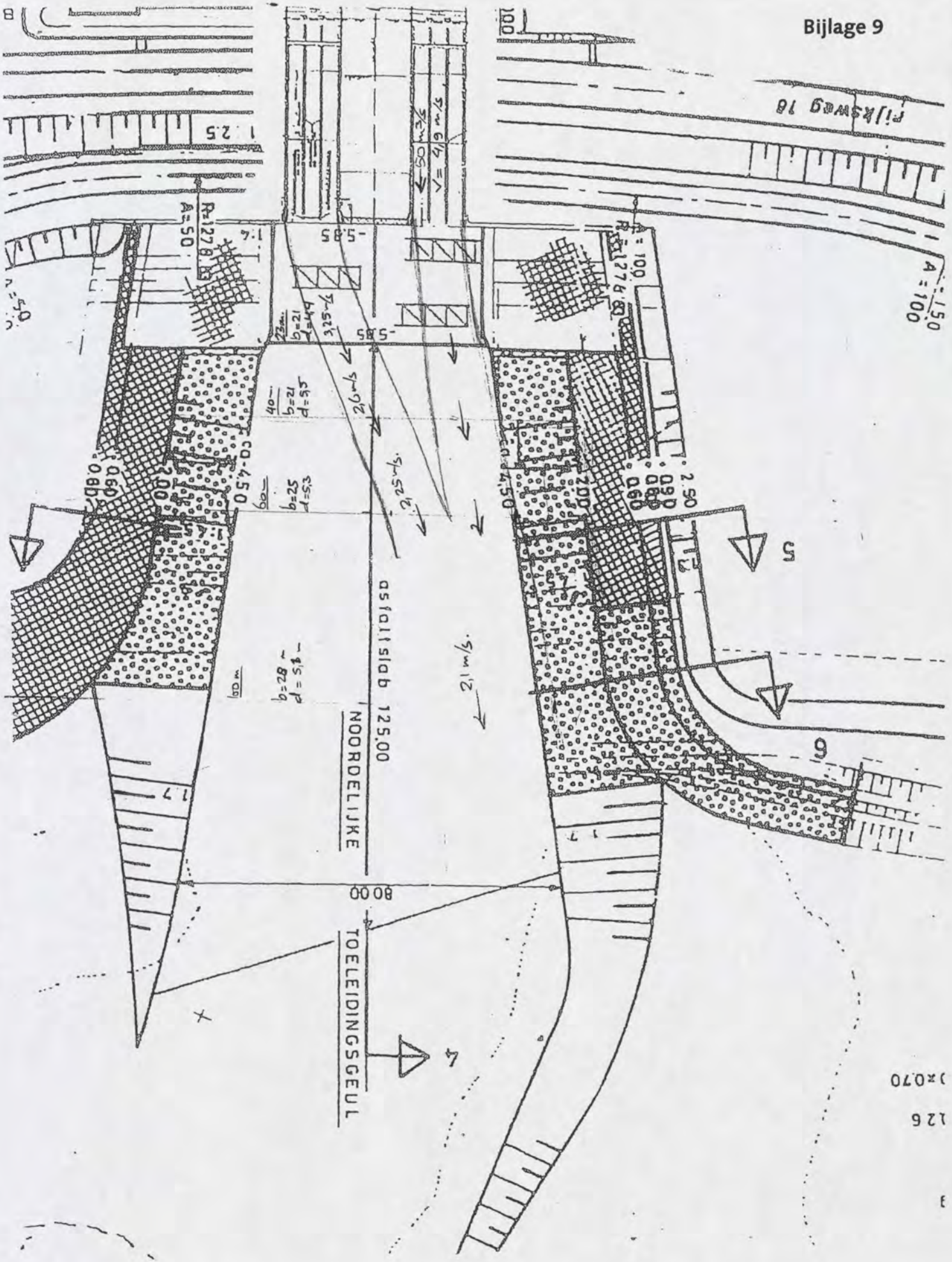
Qgem,inlaten [m3/s]: 204,751 QgemT,inl: 115,5852

Qmax,spuien [m3/s]: 243,2216

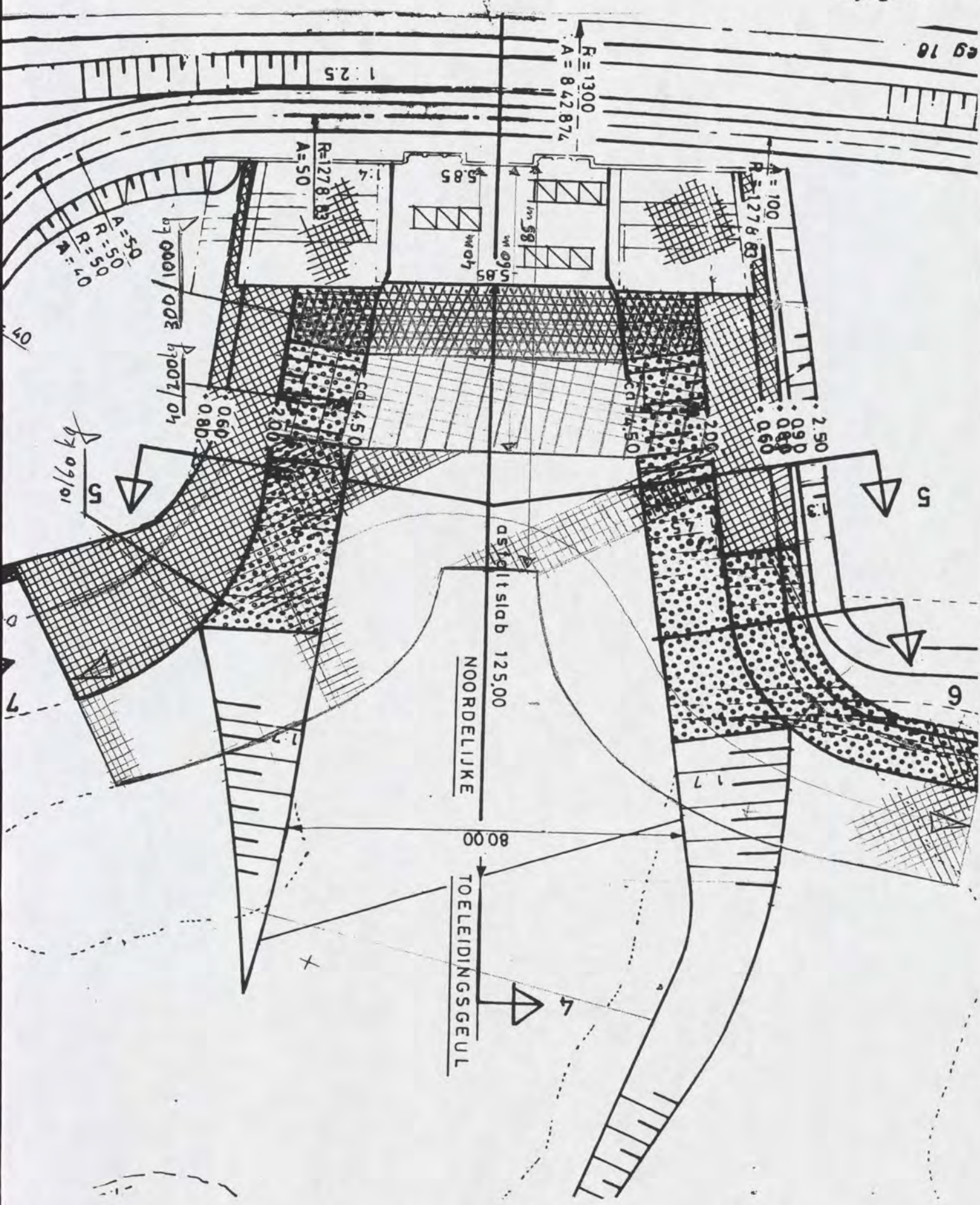
10,4	-1,154	166145,4					0,2
10,6	-1,093	160991,8					0,2
10,8	-1,017	154574,7					0,2
11	-0,928	146799,3					0,2
11,2	-0,826	137522,7					0,2
11,4	-0,713	126521,7					0,2
11,6	-0,590	113426,6					0,2
11,8	-0,457	97561,9					0,2
12	-0,317	77461,33					0,2
12,2	-0,171	48450,98					0,2
12,4	-0,020						0,2
		Qgem,spui	188,74	QgemT,spi	82,19	Qmax,gerr	243,22
		Qgem,inlat	204,75	QgemT,inl:	115,59		272,28
controle:			197,78		197,78		

verhoudingen inlaat-/spuidebiet:	
QgemT,inlaten/QgemT,spuien	1,41
Qgem,inlaten/Qgem,spuien	1,08
Qmax,inlaten/Qmax,spuien	1,12





Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 1)



Uitstroombouw (bodembescherming) voor optie 1

Berekening doorlaatdebieten voor optie 2

Berekening gemiddelde doorlaatdebieten Flakkeese Spuisluis

A [m2]: 61,44 g [m/s2] 9,81 minl [-]: 0,67 mspui [-]: 0,72

t [h]	H m]	Vinl/spui [m3]	ref [m NAP]
0	-0,020	31364,0	0,2
0,2	0,134	60457,8	0,2
0,4	0,290	79626,5	0,2
0,6	0,446	94930,69	0,2
0,8	0,600	107898,6	0,2
1	0,751	119181,4	0,2
1,2	0,897	129119,4	0,2
1,4	1,037	137911,8	0,2
1,6	1,170	145683,3	0,2
1,8	1,293	152515,9	0,2
2	1,406	158465	0,2
2,2	1,508	163569,1	0,2
2,4	1,597	167854,9	0,2
2,6	1,673	171341,4	0,2
2,8	1,734	174041,7	0,2
3	1,781	175964,8	0,2
3,2	1,812	177116,6	0,2
3,4	1,828	177500,2	0,2
3,6	1,828	177116,8	0,2
3,8	1,812	175965,3	0,2
4	1,781	174042,5	0,2
4,2	1,734	171342,4	0,2
4,4	1,673	167856,2	0,2
4,6	1,597	163570,6	0,2
4,8	1,508	158466,9	0,2
5	1,406	152518	0,2
5,2	1,293	145685,7	0,2
5,4	1,170	137914,5	0,2
5,6	1,037	129122,5	0,2
5,8	0,897	119184,8	0,2
6	0,751	107902,5	0,2
6,2	0,600	94935,27	0,2
6,4	0,446	79632,02	0,2
6,6	0,290	60465,11	0,2
6,8	0,134	31377,91	0,2
7	-0,020	43594,6	0,2
7,2	-0,171	69708,36	0,2
7,4	-0,317	87800,52	0,2
7,6	-0,457	102079,7	0,2
7,8	-0,590	113866	0,2
8	-0,713	123767,4	0,2
8,2	-0,826	132116,9	0,2
8,4	-0,928	139115,2	0,2
8,6	-1,017	144890,9	0,2
8,8	-1,093	149529,5	0,2
9	-1,154	153088,5	0,2
9,2	-1,201	155606,6	0,2
9,4	-1,232	157108,3	0,2
9,6	-1,248	157607,6	0,2
9,8	-1,248	157108,7	0,2
10	-1,232	155607,2	0,2
10,2	-1,201	153089,5	0,2

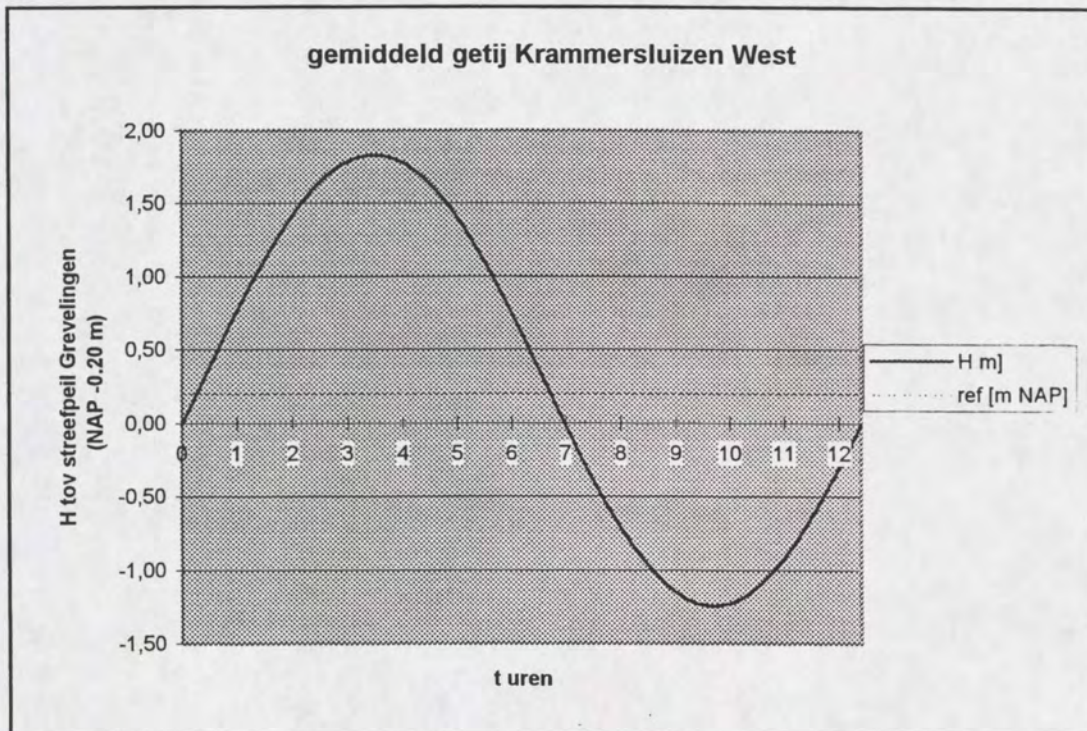
Qmax,inlaten [m3/s]: 246,5281

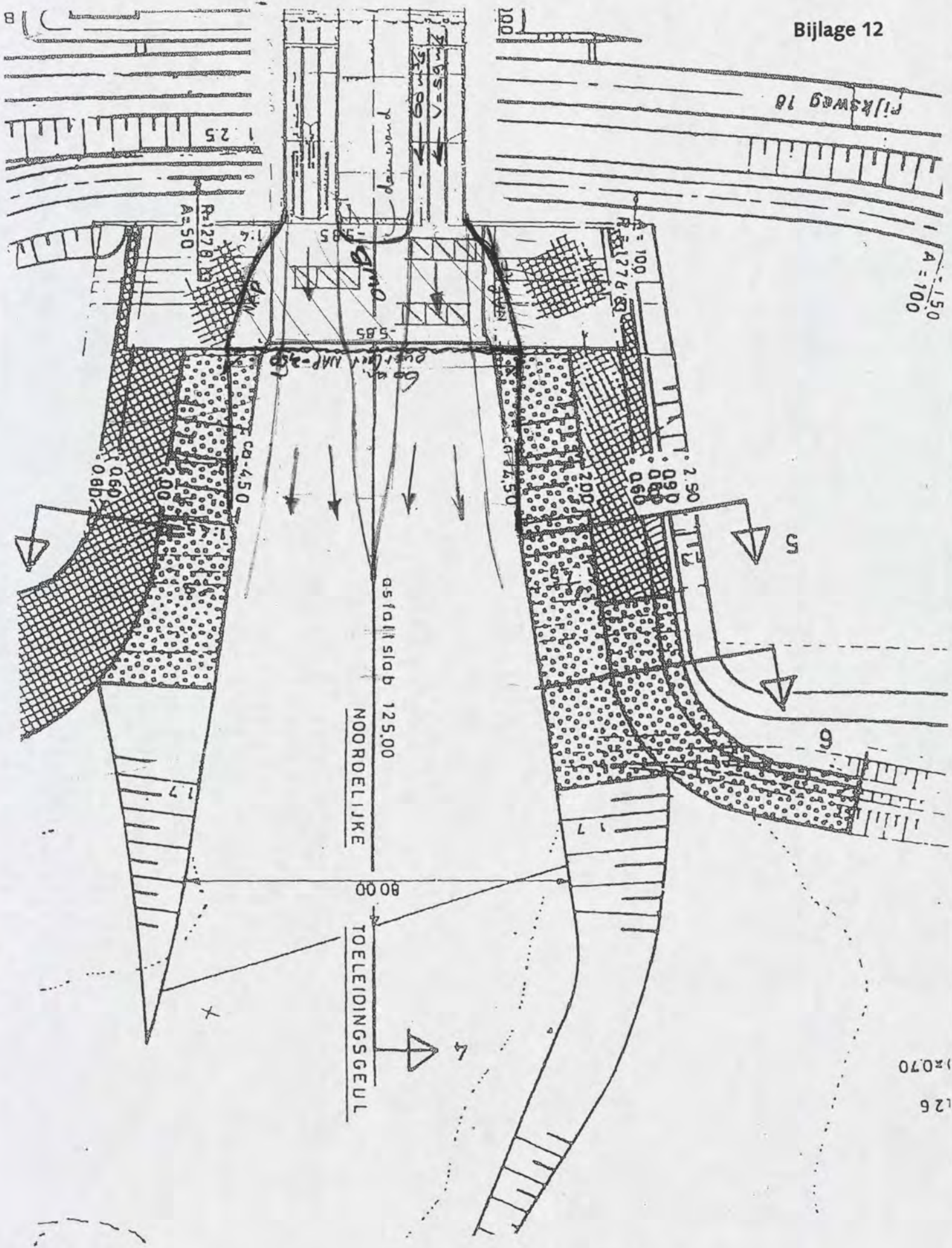
Qgem,inlaten [m3/s]: 185,3826 QgemT,inl: 104,6515

Qmax,spuien [m3/s]: 218,8994

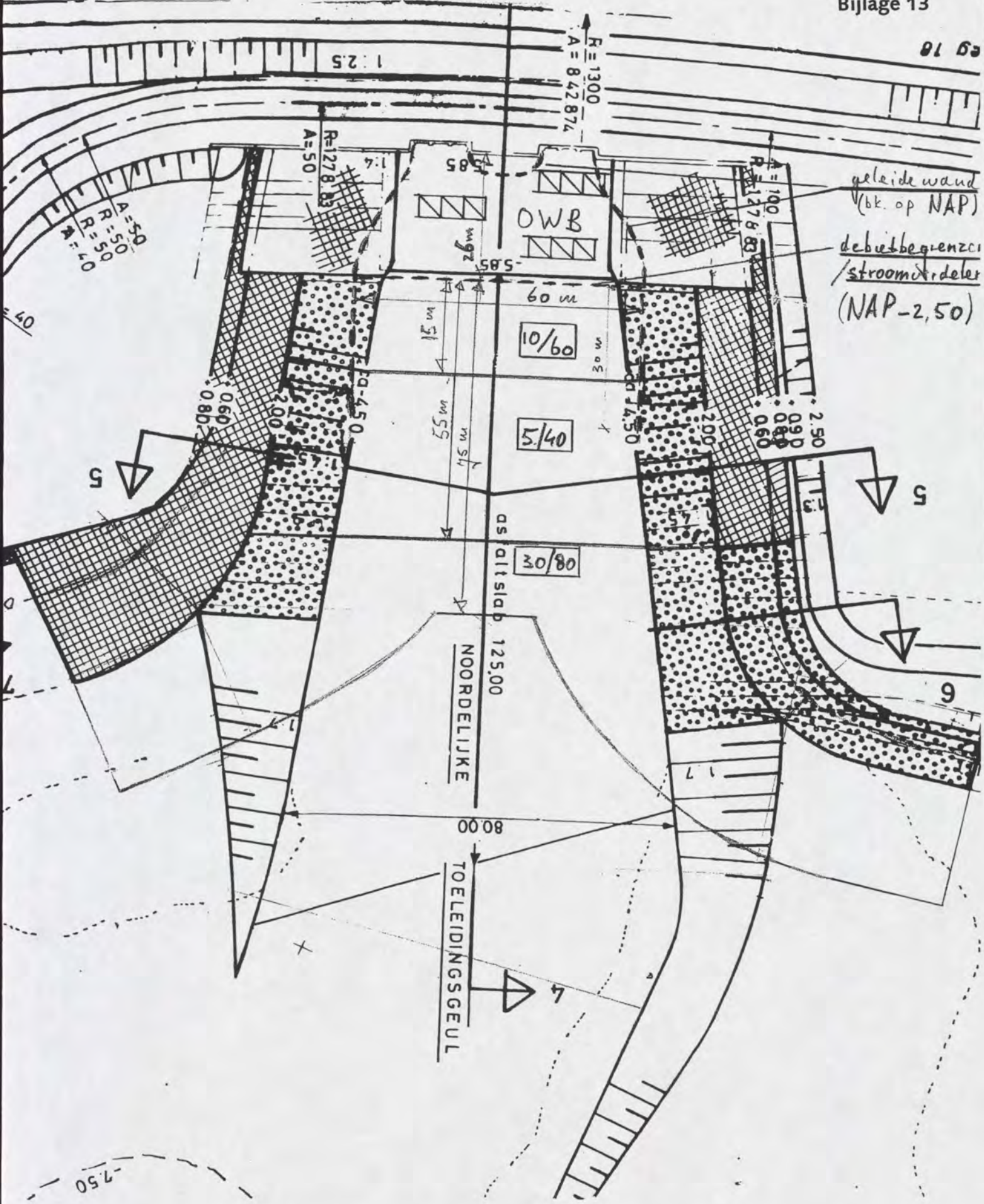
10,4	-1,154	149530,8					0,2	
10,6	-1,093	144892,6					0,2	
10,8	-1,017	139117,3					0,2	
11	-0,928	132119,4					0,2	
11,2	-0,826	123770,4					0,2	
11,4	-0,713	113869,5					0,2	
11,6	-0,590	102084					0,2	
11,8	-0,457	87805,71					0,2	
12	-0,317	69715,2					0,2	
12,2	-0,171	43605,88					0,2	
12,4	-0,020						0,2	
			Qgem,spui	169,87	QgemT,spi	73,97	218,90	0,2
			Qgem,inlat	185,38	QgemT,inl:	104,65	246,53	0,2
controle:		178,6254		178,63		178,63		
					Qmax,gerr			

verhoudingen inlaat-/spuidebiet:
 QgemT,inlaten/QgemT,spuien 1,41
 Qgem,inlaten/Qgem,spuien 1,09
 Qmax,inlaten/Qmax,spuien 1,13





Schets van stroombeeld uitstroming bij inlaten (optie 2)



Uitstroomconstructie (bodembescherming) voor optie 2

Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 1

bodemverdediging

		€/m2	€
300/1000 kg	1220 m2	113,6	138592 0
40/200 kg	1820 m2	59,1	107562 0
10/60 kg	8103,5 m2	22,7	183949,5 0

totaal dir. kosten: 430103,5

exclusief installaties !

Raming voor civieltechnische directe kosten voor optie 2

bodemverdediging achter debietbegrenzer

			€/m2	€
10/60 kg	1668		22,7	37863,6
				0
5/40 kg	3220		18,2	58604
				0
30/80 mm	6450,5		9,1	58699,55
				0
debietbegrenzer	1	60 m1	1363,6	81816
(alternatief, betonnen zigzag:)	0	60 m1	2954,5	0
geleidewanden		150 m1	1090,9	163635
				0
onderwaterbetonvloer		850 m3	181,8	154530

totaal dir. kosten: 555148,2

exclusief installaties !

resultaten voor 'alternatieven'

slechtere overlaat: 689050

(1 stap zwaardere bestorting)

zigzag overlaat beton: 650600

Raming (budgetindicatie) voor werktuigkundige en elektrotechnische installaties

Om de hevel terug in bedrijf te stellen dient de installatie volledig gereviseerd te worden. De volgende globale kostenraming geeft een budgetindicatie.

Werktuigkundige installaties

Revisie appendages, vacuümpompen, overdrukventilatoren, waterontharder, stuurventielen en algemene voorzieningen.	€ 100.000
Vervanging membraanafsluiters en aanpassing leidingwerk	€ 80.000
Totaal werktuigkundig	<hr/> € 180.000

Elektrotechnische installaties

Op / omzetten processchema's tot functionele diagrammen.	€ 25.000
Engineering	€ 75.000
Besturingsinstallatie	€ 150.000
Visualiseringsysteem, afstandbediening	€ 50.000
Revisie energievoorziening	€ 25.000
	<hr/> € 325.000

Totaal Werktuigkundige- en elektrotechnische installaties incl. BTW	<hr/> € 505.000
---	-----------------

Het niet reviseren van de overdruk installatie geeft aan werktuigkundige werkzaamheden een minder prijs van c.a. € 1.000. Het demonteren en netjes afwerken van die delen kost ca. € 1.000. Per saldo levert het werktuigkundig geen besparing op. Elektrotechnisch zal het een minder uitgebreid besturings- en visualiseringsysteem vergen. Minderprijs ca. € 20.000.

In overleg met de medewerkers van de Dienstkring Deltakust is geen echte raming gemaakt maar meer een inschatting. Als referentie is de nieuwe besturingsinstallatie van de Brouwerssluis genomen welke de afgelopen jaren is aangepast. De nauwkeurigheid van de inschatting is ca. 25%.