

**AUTONOME ONTWIKKELING
WESTERSCHELDE
1995 - 2020**

in opdracht van
Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee RIKZ
Middelburg/'s-Gravenhage

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	- 3 -
2. WERKWIJZE	- 4 -
2.1 PROBLEEMSTELLING	- 4 -
2.2 PLAN VAN AANPAK	- 5 -
3. GROOTSCHALIGE PROCESSEN	- 6 -
3.1 ALGEMEEN	- 6 -
3.2 INPOLDERINGEN	- 6 -
3.3 GETIJ-ASYMMETRIE EN TRECHTERVORM	- 7 -
3.4 EFFEKTEN ZEESPIEGELRIJZING	- 7 -
3.5 KONKLUSIE	- 8 -
4. GEVOELIGHEIDSONDERZOEK GETIJVERSCHIL	- 9 -
4.1 RESULTATEN IMPLIC BEREKENINGEN	- 9 -
4.2 ANALYSE	- 10 -
4.3 KONKLUSIES	- 12 -
5. ZANDIMPORT	- 13 -
5.1 ALGEMEEN	- 13 -
5.2 AANPASSINGSLENGTE	- 13 -
5.3 KONKLUSIES	- 14 -
6. EFFEKTEN VAN BAGGEREN/STORTEN (ALGEMEEN)	- 15 -
6.1 ALGEMEEN	- 15 -
6.2 BEINVLOEDING VAN HET GETIJ	- 15 -
6.3 STROOMVERTRAGING EN -VERSNELLING	- 16 -
6.4 MOMENTAAN HOGE CONCENTRATIES TIJDENS HET STORTEN	- 17 -
6.5 VERSTORING VAN DE KOMBERGINGSCURVE	- 17 -
7. ONTWIKKELING INTERTIJDEGEBIED	- 18 -
7.1 ALGEMEEN	- 18 -
7.2 ANALYSE	- 18 -
7.3 TREND EN KONKLUSIE	- 19 -
8. OMGEVING NAUW VAN BATH	- 21 -
8.1 SITUATIE	- 21 -
8.2 ANALYSE	- 21 -
8.3 TRENDS TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING	- 22 -
8.4 AUTONOME ONTWIKKELING OVER 25 JAAR	- 22 -

9. DOORBRAAK SCHAAR VAN VALKENISSE	- 24 -
9.1 ALGEMEEN	- 24 -
9.2 ANALYSE	- 24 -
9.3 VERWACHTE ONTWIKKELING	- 24 -
9.4 GEVOLGEN VOOR BAGGERVOLUMES	- 25 -
9.5 SCENARIO'S BIJ VOLLEDIGE DOORBRAAK	- 26 -
9.6 AANBEVELING ONDERZOEKSPROGRAMMA	- 27 -
10. OMGEVING GAT VAN OSSENISSE	- 28 -
10.1 ALGEMEEN	- 28 -
10.2 GEULONTWIKKELING EN DOMINANTIE	- 28 -
10.3 TRENDS TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING	- 31 -
10.4 AUTONOME ONTWIKKELING OVER 25 JAAR	- 32 -
11. DOORBRAAK SCHAAR VAN SPIJKERPLAAT	- 33 -
11.1 ALGEMEEN	- 33 -
11.2 ANALYSE	- 33 -
11.3 TREND EN KONKLUSIE	- 35 -
12. DE WESTERSCHELDE IN 2020	- 36 -
12.1 ALGEMEEN	- 36 -
12.2 WATERINHOUD	- 36 -
12.3 GETIJVERSCHIL	- 36 -
12.4 INTERTIJDEGEBIEDEN	- 36 -
12.5 HOOFDONTWIKKELING GEULEN	- 37 -
12.6 STROOMSNELHEDEN EN BAGGERHOEVEELHEDEN	- 37 -
12.7 BELEIDSWIJZIGINGEN	- 38 -
GERAADPLEEGDE LITERATUUR	- 39 -
APPENDIX 1: Resultaten gevoeligheidsanalyse waterstanden Bath m.b.v. IMPLIC	

1. INLEIDING

In deze rapportage wordt verslag gedaan van een onderzoek naar de autonome ontwikkeling van de Westerschelde in de periode tot 2020.

Hiertoe wordt een aantal trends en tendensen in het verleden geanalyseerd en waar mogelijk in verband gebracht met externe factoren of met elkaar.

Inzicht in de autonome ontwikkeling van het estuarium, d.w.z. de ontwikkeling bij handhaving van de status quo van baggeren en storten, is van groot belang. De gevolgen van verdere ingrepen in het estuarium in hun relatieve en absolute betekenis kunnen hierdoor beter worden ingeschat.

Als zodanig levert dit onderzoek een bijdrage aan de afrondende rapportage van het project OOSTWEST.

Het onderzoek is uitgevoerd door Ingenieursbureau Svasek B.V. in opdracht van Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ). De redactie van dit rapport was in handen van A.J. Blik, met dank aan:

- M.C.J.L. Jeuken en A.W. van Kleef
(Rijkswaterstaat, directie Zeeland)
- L.A. Uit den Bogaard, S.W.E. Huijs, A. Langerak, C. Storm en J.H. Vroon
(Rijkswaterstaat, RIKZ).

Uitvoering vond plaats in de periode mei/juni 1995.

2. WERKWIJZE

2.1 PROBLEEMSTELLING

In het kader van de afronding van de OOSTWEST rapportage bestaat de behoefte aan een beschrijving van de te verwachten autonome ontwikkeling van het Schelde estuarium indien het menselijk handelen zich zou beperken tot het handhaven van de huidige situatie, d.w.z. inclusief het huidige vaarweg-onderhoud.

Hiertoe dient een tweetal zaken nader te worden onderzocht:

- A. reconstructie van ontwikkelingen in het verleden
- B. in het verlengde hiervan: prognose van de autonome ontwikkeling voor de komende 25 jaar.

Hierbij is het eerste onderdeel (reconstructie) alleen van belang voorzover hieruit lijnen kunnen worden getrokken naar de toekomst.

Ad A. Reconstructie

In bestaande onderzoeksrapporten is reeds een groot aantal ontwikkelingen, trends, trendbreuken en menselijke ingrepen in kaart gebracht.

De doelstelling van dit onderzoek is om op basis van het bestaande onderzoek een synthese op te stellen, waarin verbanden gelegd worden tussen de gesignaleerde ontwikkelingen.

Hierbij komen vragen aan de orde als:

- Welke invloed had de afname van de kombergingsoppervlakte van de Westerschelde, van 45000 ha in 1800 naar 30000 ha nu, op de getijdoordringing en geuldiepten. Heeft de afname in komberging geleid tot vermindering in vloedvolumes in de geulen en daarmee tot een afname van de geulprofielen.
- Waardoor werden de volgende grootschalige morfologische ontwikkelingen veroorzaakt:
 - afname complex Schaar van Waarde/Schaar van Valkenisse ten gunste van Zuidergat/Overloop van Valkenisse;
 - "functie"-wisseling Middelgat en Gat van Ossenis;
 - import vanaf mondingsgebied en grootschalige west-oostverplaatsingen van zand rond het midden van deze eeuw.
- Zijn er tussen 1930 en 1990 grootschalige hydraulische en/of morfologische ontwikkelingen te onderkennen, die over die periode duidelijk de ontwikkeling van intergetijdegebieden en schorren hebben bepaald? Ontwikkeling in de zin van arealen, dynamiek (meso en micro) en fysische randvoorwaarden.

Ad B. Autonome ontwikkeling

Op basis van de reconstructie van de opgetreden ontwikkelingen dienen lijnen te worden doorgetrokken naar de toekomst met een tijdshorizon van ca. 25 jaar.

Hierbij rijzen de volgende vragen:

- zijn er in de naaste toekomst zonder verder menselijk ingrijpen grootschalige morfologische ontwikkelingen te verwachten, en zo ja, welke;
- hoe ontwikkelt zich in de naaste toekomst het hoofdgeulenstelsel en de daarlangs en tussengelegen waardevolle intergetijde- en schorgebieden.

2.2 PLAN VAN AANPAK

Als uitgangspunt voor het onderzoek worden de volgende gegevens gebruikt:

- diverse rapporten waarin (deel)aspecten van de ontwikkeling in het verleden kwantitatief in beeld gebracht zijn (zandbalansen, trends, mogelijke trendbreuken, getijontwikkeling en menselijk ingrijpen)
- GIS-bestanden van de bodemligging in de Westerschelde en analyses/interpretaties op basis van deze bestanden
- resultaten van numeriek hydraulisch en morfologisch onderzoek.

Op basis van deze gegevens worden verbanden gelegd tussen morfologische ontwikkeling en veranderende omgevingscondities in het verleden. Het enkele gegeven dat bepaalde feiten samenvallen in de tijd vormt daarbij onvoldoende aanleiding om een verband te veronderstellen.

Gezien de beperkte tijd die beschikbaar is voor het onderzoek wordt zoveel mogelijk gewerkt met bestaande gegevens. Gedetailleerde analyse van basisgegevens en/of het uitvoeren van hydraulische modelberekeningen vindt niet plaats.

De prognose van de toekomstige "autonome" ontwikkeling van het estuarium gebeurt hoofdzakelijk middels extrapolatie van trends uit het verleden. Speciale aandacht wordt gegeven aan trends die kunnen leiden tot een labiel evenwicht en mogelijk een omslag in de ontwikkeling. Dit zou het geval kunnen zijn bij de Schaar van Spijkerplaat en de Schaar van Waarde en mogelijk ook in andere delen van het estuarium.

3. GROOTSCHALIGE PROCESSEN

3.1 ALGEMEEN

Het totale getijvolume van de Westerschelde is in de periode 1650-1968 binnen een marge van 10% gelijk gebleven. Dit komt door 2 tegengestelde effecten:

- a) inpolderingen, waardoor de komberging afneemt
- b) toename getijverschil en zeespiegelrijzing aan de buitenrand van het estuarium, waardoor de komberging toeneemt.

Beide effecten samen hebben geleid tot een verdieping van de geulen, waardoor de weerstand is afgenomen en het getijverschil bij Antwerpen sterker is toegenomen dan bij Vlissingen. Dit heeft op zijn beurt weer een positieve bijdrage geleverd aan de getijvolumes: het grote getijverschil vergroot de komberging en de weerstandsverlaging verkleint de faseverschillen waardoor het verschil tussen het vloedvolume en de totale komberging afneemt. Zie Van der Spek (1993, 1994).

3.2 INPOLDERINGEN

De inpolderingen in het verleden (1650-1968) zijn in de eerste plaats mogelijk geworden door de ontwikkeling van de techniek en in veel mindere mate door toename van de sedimentinhoud (zandimport) in de loop van de tijd. De import bedroeg volgens Van der Spek (1994) ca. 200 miljoen m³ in ruim 300 jaar. Volgens Mol (1994) bedroegen de inpolderingen in de Westerschelde sinds 1650 ca. 400 km², waarvan ongeveer 150 km² na 1800.

De geschatte import uitgesmeerd over de inpolderingen sinds 1650 levert een gemiddelde bodemstijging op van 0,5 meter.

Het gemiddeld zeeniveau steeg in dezelfde periode van NAP -0,70 m via NAP -0,47 m in 1800 tot NAP -0,04 m in 1968, ofwel een stijging van 0,66 m.

Met andere woorden: zelfs als de volledige import ten goede gekomen zou zijn aan de ingepolderde gebieden, dan nog heeft in de beschouwde periode een verlaging van het schorniveau in de inpolderingsgebieden plaatsgevonden van 0,16 m ten opzichte van het gemiddeld zeeniveau. Ten opzichte van gemiddeld hoogwater is de daling groter.

Door herverdeling binnen het estuarium zelf (geulverdieping) kan wel een netto stijging van het bodemniveau in de ondiepe gebieden hebben plaatsgevonden.

3.3 GETIJ-ASYMMETRIE EN TRECHTERVORM

Volgens Van der Spek (1994) is in de loop van de tijd sprake van afnemende getij-asymmetrie, voornamelijk veroorzaakt door de verdieping van de geulen en de grotere voortplantingssnelheid van de getijgolf als gevolg daarvan. Van der Spek geeft geen eenduidige verklaring over het effect van de inpolderingen. Er zijn wat dit betreft 2 mogelijkheden:

- a) door de ontwikkeling van inpolderingstechnieken is een trechtersvorm gecreëerd die de geulverdieping heeft geforceerd
- b) door de geulverdieping is een interne herverdeling van sediment opgetreden waardoor meer hooggelegen schorren zijn ontstaan die vervolgens zijn ingepolderd, waardoor de trechtersvorm is ontstaan.

In het eerste geval zou de afname van de getij-asymmetrie geïnitieerd zijn door menselijk handelen, namelijk de inpolderingen.

In het tweede geval wordt het proces bepaald door autonome natuurlijke ontwikkelingen, waarna vervolgens het menselijk handelen hierop wordt afgestemd.

Een combinatie van beide gevallen waarbij sprake is van een wederzijdse versterking lijkt nog het meest waarschijnlijk (inpoldering → trechtergroei/geulverdieping → schorgroei → inpoldering, enz.).

3.4 EFFEKTEN ZEESPIEGELRIJZING

Voor de toekomst zijn de volgende grootschalige processen van belang:

- a) zeespiegelrijzing en verandering tijverschil bij de ingang van het estuarium
- b) kunstmatig op diepte houden van drempels in de vaargeul en andere menselijke ingrepen.

Het eerste aspect heeft een weerstandsverlaging van het bekken tot gevolg met waarschijnlijk een verdere toename van het getijverschil in het oostelijk deel en een verdere afname van de getij-asymmetrie; het tweede aspect heeft waarschijnlijk een versterkend effect op deze ontwikkeling.

De afname van de getij-asymmetrie heeft een afname tot gevolg van de zandimport, omdat de sedimenttransportcapaciteit in de monding van het estuarium tijdens vloed relatief kleiner wordt en bij eb relatief toeneemt.

Bij een stijging van de zeespiegel conform het te verwacht patroon van gemiddeld 6,5 mm/jaar (65 cm in de komende 100 jaar) is bij de huidige omvang van het estuarium een toename van de zandinhoud van ca. 2 miljoen m³ per jaar nodig voor een "stabiel" estuarium. Bij een grotere import is sprake van een tendens tot afname van de waterinhoud; bij een kleinere import van een tendens tot toename.

Dit cijfer gaat voorbij aan de effecten van de zandwinning die de afgelopen jaren ca. 2,5 miljoen m³/jaar bedroeg. Bij ongewijzigd zandwinningsbeleid is dus in feite een import van 4 à 5 miljoen m³/jaar nodig om op langere termijn een konstante waterinhoud te realiseren. Toenemende tijverschillen, kunstmatige geulverdiepingen en geulveranderingen kunnen op de kortere termijn een afwijkend beeld opleveren.

3.5 KONKLUSIE

Gezien de huidige zandimport, de te verwachten zeespiegelrijzing, de zandwinning en de trend tot verkleining van de getij-asymmetrie is het waarschijnlijk dat de Westerschelde bij ongewijzigd beleid de komende 100 jaar een tendens tot toename van de waterinhoud zal vertonen.

Dit hoeft niet noodzakelijk gepaard te gaan met een afname van het intertijdegebied (ontlanding), omdat in deze konklusie geen rekening wordt gehouden met veranderingen binnen het estuarium zelf, zoals een mogelijke verdergaande verdieping van de geulen (deels kunstmatig, deels "natuurlijk"), waardoor extra zand geborgen moet worden in de ondiepe delen van het estuarium.

4. GEVOELIGHEIDSONDERZOEK GETIJVERSCHIL

4.1 RESULTATEN IMPLIC BEREKENINGEN

In het verleden is door RIKZ met IMPLIC een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de gevolgen van wijzigingen in de geometrie van het estuarium op de doordringing van de getijgolf.

In dat onderzoek zijn bepaalde parameters voor alle takken van het model met 10% verhoogd of verlaagd. Deze parameters zijn:

- L : de taklengte
- AA : de natte doorsnede
- BB : de bergende breedte
- R : de hydraulische straal
- K : de bodemruwheid (recht evenredig met de C-waarde).

De resultaten voor de waterstanden te Bath zijn gegeven in Appendix 1.

In onderstaande tabel zijn de resultaten samengevat (waterstanden Bath):

run	wijziging	getijverschil	fase (min.)
A	L * 0.9	- 0.3%	- 17
B	AA * 0.9	- 1.7%	+ 11
C	R * 0.9	- 3.0%	+ 6
D	AA * 1.1	+ 1.6%	- 9
E	R * 1.1	+ 1.7%	- 4
F	BB * 1.1	- 2.0%	+ 10
G	K * 1.1	+ 3.6%	- 6
H	L * 1.1 AA/BB * 0.9	- 1.7%	+ 18
Tabel 4.1: Resultaten IMPLIC gevoeligheidsonderzoek			

Op basis van dit gevoeligheidsonderzoek kunnen enkele grootschalige tendensen worden ingeschat (grootschalig omdat alle wijzigingen betrekking hebben op alle takken tussen Vlissingen en Gent). Hierbij wordt verondersteld dat de verschillende effecten lineair gesuperponeerd mogen worden.

4.2 ANALYSE

De volgende gevallen worden onderscheiden:

GEVAL 1 : Tallweglengte

- a) : Stel dat de totale lengte tussen Vlissingen en Gent met 10% zou afnemen, bijvoorbeeld door een meer gestrekte oriëntatie van alle geulen, dan dient tegelijkertijd de bergende breedte met 10% toe te nemen om de totale oppervlakte van het estuarium gelijk te houden.

De gevolgen hiervan zijn op 2 manieren in te schatten:

- combinatie run A en run F:
 - getijverschil neemt af: $- 0.3 - 2.0 = - 2.3\%$
 - fase vervroegt: $- 17 + 10 = - 7 \text{ min.}$
- combinatie run B met inverse run H:
 - getijverschil blijft gelijk: $- 1.7 + 1.7 = 0\%$
 - fase vervroegt: $+ 11 - 18 = - 7 \text{ min.}$

- b) : Dit is het omgekeerde van geval Ia: alle lengtes nemen 10% toe bij gelijktijdige afname van de bergende breedte met 10%.

Hiervoor is slechts één combinatie van runs mogelijk:

- combinatie run D en run H:
 - getijverschil vrijwel gelijk: $+ 1.6 - 1.7 = - 0.1\%$
 - fase vertraagt: $- 9 + 18 = + 9 \text{ min.}$

GEVAL II : Geulverdieping met ongewijzigde komberging

- a) : Stel dat het natte doorstroomoppervlak van alle geulen met 10% zou toenemen door verdere verdieping van alle geulen met 10%, dan geldt het volgende:

- combinatie van run D en run E:
 - getijverschil neemt toe: $+ 1.6 + 1.7 = + 3.3\%$
 - fase vervroegt: $- 9 - 4 = - 13 \text{ min.}$

- b) : Dit geval is het omgekeerde van geval IIa: afname van het natte doorstroomoppervlak met 10% als gevolg van verontdieping van alle geulen.

Het resultaat hiervan volgt uit:

- combinatie van run B en run C:
 - getijverschil neemt af: $- 1.7 - 3.0 = - 4.7\%$
 - fase vertraagt: $+ 11 + 6 = + 17 \text{ min.}$

GEVAL III : Geulverdieping met toenemende komberging

- a) : In geval IIa is sprake van profielvergroting zonder vergroting van het kombergingsoppervlak; de snelheden nemen in deze situatie af met een percentage tussen 5 en 10% (toename profiel verminderd met toename getijverschil).

In geval IIIa wordt bekeken wat het effect is van een gelijktijdige toename van de kombergende breedte. Er geldt dan de volgende combinatie:

- run D, run E en run F:
 - getijverschil neemt toe: $+ 1.6 + 1.7 - 2.0 = + 1.3\%$
 - fase vervroegt licht: $- 9 - 4 + 10 = - 3 \text{ min.}$

b) : Dit geval is het omgekeerde van IIIa: afname geuloppervlak en geuldiepte bij gelijktijdige afname van de bergende breedte. Dit geval kan benaderd worden op de volgende wijzen:

- combinatie run B en C met inverse van run F:
 - getijverschil neemt af: $- 1.7 - 3.0 + 2.0 = - 2.7\%$
 - fase vertraagt: $+ 11 + 6 - 10 = + 7 \text{ min.}$
- combinatie run C en run H met inverse van run A:
 - getijverschil neemt af: $- 3.0 - 1.7 + 0.3 = - 4.4\%$
 - fase vertraagt: $+ 6 + 18 - 17 = + 7 \text{ min.}$

GEVAL IV : Geulverdieping met afnemende komberging

In dit geval wordt een scenario bekeken waarbij alle geulen kunstmatig 10% worden verdiept ($R * 1.1$, run E) bij handhaving van de stroomvoerende breedte, d.w.z. ook $AA * 1.1$ (run D). De uit de geulen vrijkomende specie wordt (voor een deel) geborgen in het intertijdegebied, waardoor de kombergende breedte 10% afneemt ($BB * 0.9$; inverse van run F). Dan ontstaat de volgende situatie:

- combinatie run D en E met inverse van run F:
 - tijverschil neemt sterk toe: $+ 1.6 + 1.7 + 2.0 = + 5.3\%$
 - fase vervroegt sterk: $- 9 - 4 - 10 = - 23 \text{ min.}$

GEVAL V : Bodemruwheid

Op basis van de resultaten van modelberekeningen, waarbij het getijverschil bij springtij te klein wordt weergegeven en bij doottij te groot, bestaat het vermoeden dat de ruwheid in de geulen snelheidsafhankelijk is. Run G geeft de gevolgen van een ruwheidsafname (toename k-waarde) met 10%:

- run G
 - getijverschil neemt toe met $+ 3.6\%$
 - fase vervroegt met $- 6 \text{ min.}$

4.3 KONKLUSIES

Uit deze gevallen kunnen voorzichtig enkele konklusies getrokken worden:

- a) vergroting of verkleining van de tallweg lijkt niet veel effect te hebben op de getijverschillen bij Bath (geval I); bij een tallwegverkorting is wel sprake van een geringe fase vervroeging. In het verlengde van deze konklusie wordt het vermoeden geuit dat de huidige horizontale geometrie in de buurt van de geometrie ligt met de hoogste opslinging. Interne veranderingen in bepaalde delen van het estuarium kunnen natuurlijk nog wel duidelijke effecten hebben;
- b) de gevolgen van een verdere verdieping van alle geulen zijn significant. Dit geldt zowel voor een situatie zonder compensatie van de komberging (d.w.z. afnemende stroomsnelheid, geval IIa) als voor een situatie met compenserende komberging (d.w.z. vrijwel gelijke snelheden, geval IIIa), zij het in mindere mate. Dit impliceert dat bij een verdere verdieping van (alle) geulen rekening gehouden moet worden met een toenemende opslinging van het getij;
- c) de beïnvloeding van het getijverschil is het grootst bij een kunstmatige geulverdieping waarbij het gebaggerde materiaal geheel of gedeeltelijk in het intertijdsgebied wordt geborgen (geval IV). De snelheden in de geulen nemen in dit geval sterk af, maar de tijverschillen bij Bath nemen sterk toe;
- d) indien de hypothese dat snelheidsafname gepaard gaat met ruwheidstoename juist is, dan kan het effect van de ruwheid een verlagende invloed hebben op de onder het vorige punt geconstateerde sterke opslinging (geval V).

Als algemene konklusie/aanbeveling geldt dat het gevoeligheidsonderzoek m.b.v. IMPLIC of een soortgelijk model nader moet worden uitgewerkt. Daarbij moeten ook situaties aan de orde komen waarbij alleen bepaalde gedeelten van het estuarium wijzigen, alsmede een aantal scenario's van zeespiegelrijzing. De resultaten van zo'n onderzoek kunnen het inzicht in de reactie van het estuarium op kunstmatige en/of natuurlijke ingrepen aanmerkelijk verdiepen.

5. ZANDIMPORT

5.1 ALGEMEEN

De zandbalans van een bepaald vak in de Westerschelde wordt naast de kunstmatig onttrokken of gestorte hoeveelheden bepaald door de sedimenttransporten op de vakgrenzen. Deze transporten worden in hoge mate bepaald door de lokale hydraulische omstandigheden.

Beschouwingen waarbij zandimport in de Westerschelde rechtstreeks gekoppeld wordt aan zandonttrekkingen in het oostelijk deel berust niet op wetenschappelijke argumenten.

In dit hoofdstuk wordt deze stelling op theoretische gronden nader uitgewerkt.

5.2 AANPASSINGSLENGTE

Volgens Van Rijn (1993) is de aanpassingslengte van zandtransport een functie van waterdiepte, stroomsnelheid, bodemruwheid en korrelgrootte. Bij Westerschelde omstandigheden geldt globaal voor een verdubbeling of halvering van het sedimenttransport:

$$\frac{L}{h} = 100 \text{ à } 150$$

L = aanpassingslengte

h = waterdiepte

Bij een diepte van 20 meter is de aanpassingslengte dus 2 à 3 km.

Wijzigingen in het transport door ingrepen buiten deze aanpassingszone zijn slechts mogelijk indien door de ingrepen een verandering optreedt in de hydraulische omstandigheden in de beschouwde raai. Deze hydraulische veranderingen zijn in principe meetbaar en te berekenen.

NB: bij bestorte oevers of tertiaire kleilagen waar niet of nauwelijks erosie kan optreden is de aanpassingslengte groter.

Het bovenstaande impliceert dat in een bepaald jaar de omvang van de zandimport in de Westerschelde bepaald wordt door de hydraulische omstandigheden in dat jaar ter hoogte van de lijn Vlissingen-Breskens en de onmiddellijke omgeving daarvan, en niet door omstandigheden verderop in het estuarium.

Deze stelling wordt geïllustreerd door Van Kleef (1994), die de veranderingen in de grootschalige zandbalans van het gebied rond het Middellgat koppelt aan de mate van getijdDominantie in het gebied, d.w.z. de lokale hydraulische omstandigheden. Zie ook hoofdstuk 10.

5.3 KONKLUSIES

De konklusie uit deze overwegingen luidt dat de zandimport in de Westerschelde bepaald wordt door de ontwikkelingen van de Schaar van Spijkerplaat, van de Honte en in mindere mate van het Vaarwater langs Hoofdplaat.

Ontwikkelingen in het buitengebied en in Everingen en Pas van Terneuzen hebben slechts invloed op de zandimport voor zover zij de hydraulische condities nabij de raai Vlissingen-Breskens beïnvloeden.

6. EFFEKTEN VAN BAGGEREN/STORTEN (ALGEMEEN)

6.1 ALGEMEEN

Door het baggeren van de drempels in de Westerschelde worden de natuurlijke hydraulische en morfologische processen op een aantal punten verstoord:

- a. verdieping van de drempels en aangrenzende geuldelen leidt tot wijzigingen in de voortplantingssnelheid en de reflectie van de diverse componenten van het getij, waardoor het getij vervormt en de amplitude toeneemt
- b. stroomvertraging, oververzadiging en bezinking van sediment ter plaatse van de baggergebieden, gevolgd door versnelling, onderverzadiging en erosie benedenstrooms van de baggergebieden
- c. momentaan zeer hoge sedimentconcentraties tijdens het storten van de baggerspecie
- d. stroomversnelling, onderverzadiging en erosie ter plaatse van de stortgebieden, gevolgd door vertraging, oververzadiging en bezinking benedenstrooms van de stortgebieden
- e. verstoring van de natuurlijke opbouw van de kombergingsgrafiek uit nautische (drempeldiepte) en baggertechnische (diepgang zuigers) overwegingen.

Deze punten worden in de volgende overwegingen nader uitgewerkt.

6.2 BEINVLOEDING VAN HET GETIJ

De effecten van het lokaal verdiepen van bepaalde delen van het estuarium zijn evident. Er is in de 70-er jaren een duidelijke toename van het tijverschil geconstateerd, samenvallend met de verdieping in die jaren. Toch hoeft dit niet volledig veroorzaakt te zijn door de verdieping. Zo kunnen bijvoorbeeld ook de veranderingen rond het Middelgat een belangrijke rol gespeeld hebben.

Van de Spek (1993) geeft in figuur 16 het verloop van het getijverschil in Vlissingen en in Bath sinds 1862. Terwijl in Vlissingen duidelijk de 18,6 jaar cyclus te superponeren valt op een lineaire trend, ligt in Bath de situatie complexer. Dit blijkt vooral uit de opgetreden verlaging van het LW-niveau. In Antwerpen is deze tendens nog veel duidelijker dan in Bath (Beleidsplan Westerschelde, deelrapport 4, figuur 2, 1989).

Uit de tijdreeksen kan worden afgeleid dat zich in de afgelopen eeuw een aantal ontwikkelingen hebben voorgedaan, waaronder verdieping van de vaarweg, met een duidelijke invloed op de getijkarakteristieken.

De aanzet tot een gevoeligheidsonderzoek naar deze ontwikkelingen, zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4, bevestigt dit.

Een nadere detaillering van het gevoeligheidsonderzoek is nodig om de oorzaken van de toename van het getij in het oostelijk deel meer nauwkeurig te kunnen definiëren.

6.3 STROOMVERTRAGING EN -VERSNELLING

Ter plaatse van de kunstmatige verruiming van het profiel treedt stroomvertraging, oververzadiging en bezinking op. Benedenstrooms van de baggerlokatie versnelt de stroom weer en treedt onderverzadiging en dus erosie op.

Bij een stortlokatie geldt precies het omgekeerde: versnelling en erosie ter plaatse van de kunstmatige vernauwing gevolgd door vertraging en aanzanding benedenstrooms.

Uit dit gegeven kan in gebieden waar langdurig gebaggerd wordt een aanwijzing gevonden worden voor de overheersende herkomst van de sedimentatie op de drempel: bij vloedsedimentatie zal sprake zijn van netto erosie aan de opwaartse zijde van de drempel en bij ebsedimentatie treedt netto erosie op aan de afwaartse zijde.

Bij de belangrijkste drempels (Hansweert, Valkenisse en Bath) blijkt telkens aan de opwaartse zijde erosie op te treden, hetgeen dus een aanwijzing is dat de sedimentatie in het drempelgebied voornamelijk tijdens vloed plaatsvindt. Dit bevestigt de eerdere uitspraken van Svasek (1994) die op andere gronden (onder meer impulsbalansen) tot dezelfde konklusie kwam.

Deze vloederosie is ook een van de oorzaken van de afname van de ondiepe geuldelen (LW tot NAP -7,5 m) in het oosten van de Westerschelde.

Overigens zou de erosie die is opgetreden in het Nauw van Bath niet alleen kunnen wijzen op lij-erosie tijdens vloed na de Drempel van Valkenisse, maar ook op lij-erosie tijdens eb achter de drempel van Bath. In de verdieping van het Nauw van Bath speelt bovendien ook de afnemende betekenis van de Schaar van de Noord een belangrijke rol.

Naar de toekomst toe impliceert het verschijnsel van lij-erosie na de drempel dat de erosie van de NW hoek van de Platen van Valkenisse, van de overloop tussen Schaar van de Noord en Vaarwater boven Bath en in mindere mate van de Appelzak (tot achter de leidam op de Ballastplaat) wellicht niet zal stoppen, zolang het onderhoudswerk op de drempels blijft plaatsvinden.

6.4 MOMENTAAN HOGE CONCENTRATIES TIJDENS HET STORTEN

Hoge concentraties tijdens het storten kunnen aanleiding zijn voor een verhoogde aanzanding/aanslibbing op nabij de stortlocaties gelegen schorren en platen, bijvoorbeeld in Saeftinge.

Deze hoge concentraties treden op tijdens en onmiddellijk na het storten, d.w.z. gedurende een relatief klein percentage van de totale tijd. De concentraties kunnen echter een veelvoud zijn van de "natuurlijke" concentraties die worden veroorzaakt door de stromingscondities, zodat toch sprake kan zijn van een substantiële bijdrage. Dit geldt met name voor de fijne frakties met een relatief lage valsnelheid.

Overigens is voor Saeftinge, mede als gevolg van de stortingen, ook sprake van een verhoging van de "natuurlijke" concentraties. Deze verhoging zorgt eveneens voor een versnelde verlanding van dit schorrenareaal.

6.5 VERSTORING VAN DE KOMBERGINGS-CURVE

Door systematisch op een bepaald niveau zand weg te halen en op een ander niveau te storten wordt de natuurlijke opbouw van de kombergingscurve verstoord. De gevolgen hiervan zijn moeilijk in te schatten. Ook andere effecten kunnen deze curve beïnvloeden, zoals een oeverbescherming in een eroderende buitenbocht waardoor extreem grote diepten kunnen ontstaan.

Naast de eerdergenoemde benedenstroomse erosie zou dit effect van het baggeren en storten wel kunnen bijdragen aan de toename van het areaal aan diepe geulen (beneden NAP -10 m) en van het areaal hooggelegen platen en schorren (boven NAP) ten nadele van het areaal ondiepe geulen (tussen LW en NAP -5 m).

Toename van het areaal boven LW leidt bij gelijkblijvend getijverschil tot een afname van het kombergingsvolume. Toename van het diepe geuloppervlak kan daarentegen leiden tot een vergroting van het getijverschil, waardoor afname van het vloedvolume door de toename van de platen en schorren wordt tegengewerkt (zie ook 4.3).

7. ONTWIKKELING INTERTIJDGEBIED

7.1 ALGEMEEN

Door Huijs (1995) en Huijs en Storm (1995) is een analyse gemaakt van de ontwikkeling van het intertijdegebied in de Westerschelde over de periode 1935-1989, cq. 1931-1992.

Hieruit blijkt dat in het algemeen sprake is van een toename van de hoogte van het intertijdegebied (platen, slikken en schorren), met name in het oosten en midden van de Westerschelde in de periode 1962-1992. De toename van de plaathoogte in deze gebieden is groter dan de stijging van de HW-standen, zodat duidelijk sprake is van verlanding.

De globale hoogteveranderingen van het intertijdegebied ten opzichte van NAP en ten opzichte van GHW (trendlijn) zijn gegeven in tabel 7.1.

	1931 - 1962		1962 - 1992	
	t.o.v. NAP	t.o.v. GHW	t.o.v. NAP	t.o.v. GHW
oost	+ 12	+ 1	+ 23	+ 8
midden	+ 6	- 6	+ 39	+ 28
west	+ 13	+ 2	+ 5	- 3
tabel 7.1 Hoogteveranderingen intertijdegebied in cm				

Deze tabel is gebaseerd op voorlopige cijfers, waarbij moet worden aangetekend dat ook definitieve cijfers een nauwkeurigheidsmarge hebben, deels als gevolg van meetnauwkeurigheden, deels als gevolg van het ontbreken van gegevens op gedeelten van de platen en schorren in een groot aantal jaargangen.

7.2 ANALYSE

In de periode 1931-1962 blijkt, afgezien van de inpolderingen, hydraulisch gezien niet veel veranderd te zijn: de hoogte van het intertijdegebied volgt min of meer de toename van de hoogwaterstanden.

In de periode 1962-1992 blijkt in het oostelijk en middendeel van de Westerschelde een duidelijke toename van de hoogte op te treden.

In het oostelijk deel hangt deze toename waarschijnlijk samen met het stortbeleid: de toename wordt hoofdzakelijk bepaald door de ontwikkeling van Saeftinge dat versneld verlandt omdat in de geul ervoor intensief wordt gestort. Een tweede oorzaak is de sterke ophoging van de Platen van Walsoorden/Valkenisse west.

Overigens is de inhoudstoename van de intertijdegebieden in het oostelijk deel volledig afkomstig van de geulen in dit gebied: de totale waterinhoud beneden GHW is in deze periode nog toegenomen.

In het middendeel is sprake van een sterke toename van de hoogte in de periode 1962-92. Deze aanzanding is niet ten koste gegaan van de geulen: uit de zandbalans blijkt dat met name in de omgeving van het Middelgat een sterke sedimentatie is opgetreden. De sterke aangroei in dit gebied hangt waarschijnlijk samen met de wijzigingen in de stromingsverdeling tussen Middelgat en Gat van Ossenis (verlaging dominantie, zie par. 10) hoewel dit in tegenspraak lijkt met de ontwikkeling bij Saeftinge.

Immers, de sterke aanzanding in het Middelgat als gevolg van stroomvertraging leidt tot verlaagde zandconcentraties en dus minder "voeding" van de platen. Het tegengestelde effect, verhoogde concentraties als gevolg van het storten, leidt bij Saeftinge immers tot een versnelde verlanding.

De oorzaak van de aangroei en ophoging van de Molenplaat en de Rug van Baarland, beide gelegen tussen het Middelgat en het Gat van Ossenis, moet desalniettemin toch gezocht worden in de dominantie-afname tussen beide geulen. Als gevolg hiervan zijn de verhangen over het platengebied tussen de geulen afgenomen, waardoor nauwelijks dwarsstromen optreden.

De ontwikkeling van het areaal laagdynamisch platengebied (Huijs, 1995) van de Molenplaat en de Rug van Baarland is wat dat betreft duidelijk.

Een tweede belangrijke oorzaak van de ophoging van het intertijdegebied in het middengebied is de ontwikkeling van de Platen van Ossenis. Deze platen hebben in de periode 1962-1992 een sterke aanwas meegemaakt. Dit hangt samen met de doorbraak van het Gat van Ossenis via de Overloop van Hansweert. Het ontstaan van deze geul heeft de 2-dimensionale ribbelgebieden (één richting overloop over plaatgebieden) sterk doen afnemen en tegelijkertijd de vlakke laagdynamische plaatgebieden met een hogere ligging sterk doen toenemen.

7.3 TREND EN KONKLUSIE

Uit de ontwikkeling van het intertijdegebied en de geuldoorsnede blijkt dat sprake is van een afname van de komberging en een toename van de geuloppervlakken. Uit het gevoeligheidsonderzoek (par. 4.2, geval IV) blijkt dat deze omstandigheden zorgen voor een extra opslingering van het getij.

Naar de toekomst toe wordt een minder spectaculaire aangroei van het intertijdegebied verwacht, met name in het middendeel van de Westerschelde. Dit omdat de dominantie-verhouding tussen Middelgat en Gat van Ossenis naar verwachting thans dicht bij zijn minimum waarde ligt.

Als globaal verwachtingspatroon kan men stellen dat de aangroei van de intertijdegebieden in de toekomst waarschijnlijk in dezelfde orde van grootte zal liggen als de stijging van de HW-standen. Bij een versnelde zeespiegelrijzing (par. 3.4) is wellicht sprake van een tendens tot ontlanding, d.w.z. dat de hoogte van de intertijdegebieden t.o.v. GHW zal afnemen.

8. OMGEVING NAUW VAN BATH

8.1 SITUATIE

Volgens Uit den Bogaard (1995) is tot ca. 1975 de zandonttrekking uit vak 1 van de zandbalans gepaard gegaan met een vrijwel even sterke toename van de waterinhoud, hoofdzakelijk in de zone beneden NAP -5 m, d.w.z. in het stroomvoerende gebied. In totaal bedraagt de toename van de waterinhoud van het vak in de periode 1955-1975 ca. 30 miljoen m³, ofwel ca. 15% van de totale waterinhoud beneden NAP.

Na een overgangsperiode 1975-1983, blijkt dat de toename van de waterinhoud vanaf 1983 tot stilstand gekomen is, ondanks het feit dat de zandonttrekking op vrijwel hetzelfde niveau blijft doorgaan.

De oorzaak van deze "trendbreuk" moet voor een deel gezocht worden in de rol van de Zimmermangeul en omgeving en van de Appelzak.

De eroderende tendens van deze gebieden in de eerste periode is in de tweede periode omgeslagen in aanzanding (Zimmermangeul) of min of meer stabiliteit/lichte erosie (Appelzak).

Op basis van het vorige punt lijkt de trendbreuk wat minder scherp te zijn dan uit de cijfers van Uit den Bogaard (1995) volgt.

Met andere woorden: er is sprake van een vergroting van de waterinhoud van het hoofdgeulensysteem in de loop van de tijd, met waarschijnlijk een tendens tot afname van deze vergroting omstreeks de vaargeulverdieping van de zeventiger jaren.

In het hoofdgeulensysteem is sprake van een verlenging van de tallweg door uitbochting van het Nauw van Bath en door erosie van de linkeroever ter hoogte van Saeftinge. Dit leidt onmiskenbaar tot een toename van de waterinhoud, maar kan de omvang daarvan met ca. 15% niet verklaren.

De belangrijkste oorzaak van de toename is derhalve een verruiming van de hoofdgeul.

8.2 ANALYSE

De verruiming van de hoofdgeul met 10 à 15% kan niet verklaard worden uit een evenredige toename van het getijvolume. Voorts lijkt het bijdraaien van de Schaar van de Noord (ca. 10° tussen 1960 en 1992, resulterend in erosie van de Plaat van Saeftinge en uitbreiding van de Marlemonsche Plaat) eerder geleid te hebben tot een afname van de dominantie in dit gebied dan een toename. De erosie kan dus ook niet verklaard worden uit toenemende dominantie.

De enig overblijvende konklusie is dat in dit gebied in de loop van de tijd sprake moet zijn van afnemende stroomsnelheden.

De oorzaak hiervan moet gezocht worden in lij-erosie tijdens vloed achter de drempel van Valkenisse en mogelijk ook tijdens eb achter de drempel van Bath (zie ook par. 6.3).

Afnemende snelheden hebben een kleinere sedimenttransportcapaciteit tot gevolg. Dit is mogelijk een verklaring voor de in de loop van de tijd afnemende baggervolumes op de drempel van Bath. De snelheid waarmee de morfologische processen in het Nauw van Bath plaatsvinden zou hierdoor ook moeten afnemen.

8.3 TRENDS TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

De toekomstige ontwikkeling van het gebied is niet gemakkelijk aan te geven. De volgende vragen dringen zich op:

- Gaat de verdieping van de hoofdgeul de komende jaren nog door? Vanwege de samenhang tussen het baggeren van de drempels en de verruiming van de geul is het waarschijnlijk dat de verdieping van het Nauw van Bath doorgaat zolang op de drempels wordt gebaggerd, zij het in afnemend tempo.
- Gaat de verdraaiing van de Schaar van de Noord in de toekomst door? Dit lijkt waarschijnlijk zolang de omvangrijke stortingen bij Konijnenschor en Baalhoek door blijven gaan. De Schaar van de Noord blijft dan in een vertragsgebied liggen, waardoor de uitbreiding van de Marlemonsche Plaat wellicht doorzet en de oriëntatie van de geul verder naar het noorden draait. Bovendien ondervindt de stroming door het Nauw van Bath door uitruiming van deze geul steeds minder weerstand.

8.4 AUTONOME ONTWIKKELING OVER 25 JAAR

De (voorzichtige) konklusie ten aanzien van de Schaar van de Noord en Nauw van Bath over 25 jaar bij een autonome ontwikkeling (d.w.z. handhaving status quo van baggeren en storten) is dat de draaiing van de Schaar van de Noord doorzet.

Ter plaatse van de drempel van Valkenisse blijft een brede geul aanwezig met sterke ebdominantie aan de rechteroever en sterke vloeddominantie aan de linkeroever.

Ter hoogte van de scherpe bocht in het Nauw van Bath is sprake van slechts één geul; de Marlemonsche Plaat (NAP-lijn) is ten opzichte van de situatie 1992 met ca. 750 meter uitgebreid in noordelijke richting.

Door de tegengestelde effecten van verdere geulverdieping en afname van de dominantie in een belangrijk deel van zandbalans vak 1 zal de waterinhoud ongeveer gelijk blijven ten opzichte van de huidige situatie.

De uitbocht van het Nauw van Bath zet door met afnemend tempo. Hierdoor komt de dijkhoek bij Bath steeds geprononceerder in de stroom te liggen. In 2020 kan dit duidelijk hinder voor de scheepvaart opleveren. Het aanbrengen van oeververdediging blokkeert deze ontwikkeling.

De uitbreiding van de Marlemonsche Plaat bestaat hoofdzakelijk uit laag dynamisch intertijdegebied. De hoogteligging hiervan neemt geleidelijk toe, mogelijk tot boven HW, waarna schorvegetatie kan ontstaan.

Dit toekomstbeeld kan worden verstoord door een volledige doorbraak van de Schaar van Valkenisse (zie verderop) en door vermindering of stopzetting van de stortingen voor Saeftinge in de Overloop van Valkenisse.

In dat geval kan de aangroei van de Marlemonsche plaat omslaan in regressie en kan een nieuwe vloodschaar ontstaan ter hoogte van de oude Schaar van de Noord.

9. DOORBRAAK SCHAAR VAN VALKENISSE

9.1 ALGEMEEN

Jeuken (1994) signaleert een duidelijke toename van de Schaar van Valkenisse in de periode 1986-1993 en konkludeert dat het niet waarschijnlijk is dat het verruimingsproces op korte termijn (enkele jaren) stagneert.

9.2 ANALYSE

De verplaatsing van de Schaar van Valkenisse in zuidelijke richting in de periode 1960-1985 met ca. 800 m (d.w.z. ca. 30 meter per jaar) is in de periode 1986-1993 tot stilstand gekomen. De verruiming van het profiel van de afgelopen jaren lijkt dus niet samen te hangen met een cyclische ontwikkeling van geulen in dit gebied zoals die in het verleden vaker heeft plaatsgevonden (ontstaan nabij de Zuid-Bevelandse oever, met de klok meedraaien door het platengebied van Valkenisse en afsterven in de Plaat van Walsoorden).

Deze wijziging in het gedrag van de huidige geul ten opzichte van zijn cyclische voorganger(s) moet gezocht worden in 2 factoren die elkaar versterken:

- de veranderingen in Middelgat en Gat van Ossenisse, waardoor de vloedstroom een meer oostwaarts gerichte impuls heeft gekregen bij de ingang van de Schaar van Waarde en vervolgens afbuigt naar het zuid-oosten
- het onderhoudsbaggerwerk op de drempel van Hansweert waardoor de vloedstroom die veel zand op de drempel afzet aan de benedenstroomse kant van de drempel versnelt en erosie veroorzaakt.

Als gevolg van deze processen erodeert de NW-hoek van de Plaat van Walsoorden/Valkenisse en ontstaat een meer gestrekte aanstroming van de Schaar van Valkenisse.

9.3 VERWACHTE ONTWIKKELING

Jeuken (1994) spreekt als verwachting voor de langere termijn uit dat een volledige doorbraak tussen Schaar van Valkenisse en Overloop van Valkenisse, waarbij de handhaving van het huidige hoofdvaarwater in het gedrang komt, niet erg waarschijnlijk is. Dit omdat in het overloopgebied waarschijnlijk elkaar afwisselende eb- en vloedgeulen zullen blijven voorkomen, waardoor het gebied instabiel zal blijven.

De omvang van deze eb/vloedgeul systemen kan echter wel dusdanig groot worden dat de getijvolumes in het Zuidergat aanzienlijk worden beïnvloed, waardoor ook het doorstroomoppervlak van het hoofdvaarwater wordt gereduceerd.

In het platengebied van Valkenisse-oost kan de ontwikkeling van de Schaar van Valkenisse leiden tot een afname van de dynamiek, vergelijkbaar met de ontwikkeling van de Plaat van Ossenissee na de doorbraak van de Overloop van Hansweert (zie Huijs, 1995 en par. 7.3). Uit de analyses voor de Plaat van Valkenisse-oost blijkt dat in de jaren 1965-1977 sprake geweest is van een sterke toename van de dynamiek. Mogelijk is deze tendens rond 1989 tot stilstand gekomen en begint het laagdynamische areaal op deze plaat weer te groeien. Deze ontwikkeling is echter te pril om al van een trend te kunnen spreken.

Bij de drempel tussen de Schaar en de Overloop van Valkenisse zal men ook bij verdere toename van de Schaar rekening moeten blijven houden met een cyclisch proces van naar het westen opschuivende ebgeulen.

Nieuwe ebgeulen ontstaan aan de oostzijde van de drempel na geïnitieerd te zijn door de vloedstroom en migreren vervolgens naar het westen om in de Plaat van Walsoorden/Valkenisse te verzanden. Zie ook par. 11.2. Dit lijkt de Schaar van Valkenisse vooralsnog niet erg aantrekkelijk te maken als (hoofd)vaargeul.

9.4 GEVOLGEN VOOR BAGGERVOLUMES

Door Jeuken (1994) wordt "voorzichtig gekonkludeerd" dat de bagger volumes aan de rechteroever van de Overloop van Valkenisse in de periode 1986-1993 zijn toegenomen als gevolg van de ontwikkelingen in de Schaar van Valkenisse. Dit wordt gebaseerd op een opvallende gelijkenis tussen de stortingen in de Schaar van Waarde en de bagger volumes in de Overloop van Valkenisse.

Door Svasek (1994) wordt een verband gekonstateerd tussen de bagger volumes in de Overloop van Valkenisse en de stort volumes voor Saeftinge/Baalhoek met een naijling van 1 jaar. Daarbij wordt aangetekend dat het zandaanbod over het platengebied van Valkenisse tijdens vloed in het verleden waarschijnlijk ook groot was, terwijl toen geen onderhoudsbaggerwerk van betekenis werd gepleegd.

In de lijn van Jeuken zal het onderhoud in de Overloop van Valkenisse in de toekomst door blijven gaan, terwijl volgens Svasek de volumes sterk zullen afnemen als de stortingen voor Saeftinge afnemen.

De gevolgen van een verdere toename van de Schaar van Valkenisse voor de bagger volumes in de Overloop van Valkenisse zullen noch in de verwachting van Svasek, noch in die van Jeuken leiden tot een explosieve toename van het onderhoud op deze lokatie. De situatie in de Overloop van Valkenisse blijft m.a.w. redelijk tot goed beheersbaar.

Dit ligt anders voor het Zuidergat. De doorbrekende Schaar van Valkenisse zorgt in eerste instantie voor een afname van het vloedvolume in het Zuidergat. Vervolgens gaat de nieuwe geul ook meer ebvolume trekken. De groeiende afmetingen van de eb-kortsluitgeulen in het overloopgebied wijzen daar reeds op.

Dit proces van afnemende getijvolumes in het Zuidergat zal leiden tot aanzanding in het Zuidergat. Dit zal naar verwachting een sterke stijging van de baggervolumes langs de platen van Walsoorden en in andere delen van het Zuidergat tot gevolg hebben.

In dit geval zullen de ebgeulen in het overloopgebied tussen Schaar en Overloop van Valkenisse steeds verder naar het westen doorzetten alvorens in de platen van Walsoorden/Valkenisse-west af te sterven.

Uiteindelijk zou hierdoor de Schaar van Valkenisse door de platen van Valkenisse-west naar het westen kunnen opschuiven en zo geleidelijk de rol en de positie van het Zuidergat overnemen (vergelijkbaar met de processen na de doorbraak van de Schaar van Walsoorden aan de westzijde van de plaat in 1860 en 1945). Deze situatie wordt gedefinieerd als "volledige doorbraak".

Gezien de noodzaak van vaarweghandhaving zal het niet zover komen omdat al in een eerder stadium corrigerend zal worden opgetreden. Voor deze correcties zijn verschillende scenario's denkbaar.

9.5 SCENARIO'S BIJ VOLLEDIGE DOORBRAAK

Naast de genoemde toename van de baggervolumes in het Zuidergat, kan een verdere toename van de Schaar van Valkenisse ook een negatieve invloed hebben op de dwarsstromen tijdens vloed in de Overloop van Valkenisse. Beide ontwikkelingen samen maken het waarschijnlijk dat in dat stadium gezocht zal worden naar alternatieven voor de instandhouding van de vaarweg ter plaatse.

De volgende scenario's worden in dit kader voorzien:

- omleggen hoofdvaarwater via de Schaar van Valkenisse; gezien de grote initiële baggerwerken en de verwachte instabiliteit van het drempelgebied tussen Schaar en Overloop (zie par. 9.3) lijkt dit niet voor de hand te liggen;
- remmen van de doorbraak door intensief te storten in Schaar van Waarde en Schaar van Valkenisse, met gebruikmaking van ondiep stekende hoppers waarmee gestort kan worden tot NAP -5 à -7 meter; deze strategie, wellicht in eerste instantie met behulp van "gewone" hoppers, lijkt waarschijnlijk;
- blokkeren van de doorbraak door de aanleg van een (zand)dam vanaf de Zuidbevelandse oever naar de Platen van Walsoorden/Valkenisse; deze maatregel betekent een forse ingreep in de morfologie van het gebied en dient zorgvuldig te worden afgewogen.
Dit impliceert dat tijdig geanticipeerd moet worden op een volledige doorbraak middels een gericht onderzoeksprogramma.

9.6 AANBEVELING ONDERZOEKSPROGRAMMA

Het onderzoeksprogramma dient te omvatten:

- voortgaand onderzoek naar de ontwikkelingen van de Schaar van Valkenisse en nadere inschatting van de risico's van een volledige doorbraak, de termijn waarop en de snelheid waarmee deze doorbraak tot stand komt;
- de konsekventies van de diverse scenario's om de vaarweg te handhaven voor het onderhoudsbaggerwerk en voor de korte, middellange en lange termijn morfologische ontwikkelingen en de gevolgen daarvan voor het natuurstreefbeeld van het oostelijke deel van de Westerschelde.

10. OMGEVING GAT VAN OSSENISSE

10.1 ALGEMEEN

De omgeving van Gat van Ossenissee en Middelgat is in de loop der jaren aan grote veranderingen onderhevig (Van Kleef, 1994).

Het debiet in het Middelgat is in de afgelopen 60 jaar doorgaand afgenomen. Dit is gepaard gegaan met een gelijktijdige afname van het dwarsprofiel.

In dezelfde periode is het debiet in het Gat van Ossenissee toegenomen met ongeveer dezelfde cijfers; het doorstroomoppervlak van het Gat van Ossenissee heeft deze toename echter in veel mindere mate gevolgd, althans indien alleen het dwarsprofiel t.p.v. de meetraai wordt beschouwd. Overigens blijkt uit Svasek (1994), fig. 5.9 a t/m e, dat deze tendens over een grotere lengte dan alleen de debietraai aanwezig is.

Van Kleef (1994) legt een verband tussen de natte doorsnede en de zandbalans enerzijds en de mate van dominantie in de doorsnede anderzijds. Alvorens verder op de ontwikkelingen in te gaan wordt eerst dit verband besproken.

10.2 GEULONTWIKKELING EN DOMINANTIE

Dominantie wordt door Van Kleef (1994) gedefinieerd als de verhouding tussen het dominante getijvolume en de helft van het gemiddelde getijvolume in een dwarsdoorsnede

Het dominante getijvolume is daarin de som van het vloedvolume in de vloedgeul(en) en het ebvolume in de ebgeul(en).

Er blijkt een duidelijk verband te bestaan tussen de dominantie enerzijds en de geulinhoud en geuldoorsnede anderzijds.

Opvallend is dat er geen duidelijk verband is tussen het dominant getijvolume zelf en het doorstroomoppervlak. Dit is een gevolg van de fluktuaties die door meetfouten en andere oorzaken in het dominante volume aanwezig zijn. In de dominantie-parameter wordt een belangrijk deel van deze fluktuaties wegge-deeld.

De bevindingen van Van Kleef bevestigen de uitspraken van hoofdstuk 5 dat de zandimport en de zandbalans bepaald worden door de lokale hydraulische omstandigheden.

In zijn analyses gaat Van Kleef uit van een konstant totaal getijvolume in de loop van de tijd. Hoewel dit waarschijnlijk niet geheel juist is levert deze aanname dusdanig veel vereenvoudigingen op dat zij in dit onderzoek wordt overgenomen.

In aansluiting op het werk van Van Kleef, die uitsluitend de totale doorsnede beschouwt, zal hier de analyse worden uitgevoerd voor de individuele geulen Middelgat en Gat van Ossenissee.

Daartoe is m.b.v. het gemiddelde halve getijvolume over de periode 1957-1989 en de berekende dominantie-coëfficiënten per meting een dominant getijvolume bepaald. Met behulp van de gemeten verhouding in dominant volume tussen Middelgat en Gat van Ossenissee is vervolgens per geul een dominant volume bepaald.

In tabel 10.1 zijn de resultaten gegeven.

In deze tabel is tevens de waarde van de evenwichtsparameter P volgens Svasek (1994) opgenomen. Deze evenwichtsparameter geeft de verhouding tussen werkelijk doorstroomoppervlak en berekend doorstroomoppervlak weer.

NB: een soortgelijke bewerking voor de vakinhoud is thans niet mogelijk omdat geen gescheiden zandbalans bekend is van beide geulen.

Uit de tabel blijkt:

- de onderlinge verschillen tussen 2 opeenvolgende meetdagen (periode 1957-1978) zijn in het algemeen klein;
- de totale doorsnede geeft een meer consistent beeld van de individuele geulen. Zie bijvoorbeeld 1968;
- uitschieters in de totale doorsnede zijn 1972 (naar boven) en 1988/89 (naar beneden). De hoge P -waarde van 1972 wordt volledig veroorzaakt door het Middelgat, dat bij deze meting er ruim is. Door Van Kleef wordt dit geweten aan lokale effecten, omdat in de periode 1968-1972 het Middelgat als geheel wel degelijk sterk is afgenomen. De lage waarden in 1988/89 komen volledig voor rekening van het Gat van Ossenissee. Het doorstroomoppervlak van deze geul is in de periode 1983-1988 met ca. 10% afgenomen bij vrijwel gelijkblijvend dominant getijvolume. De tendens van een geleidelijk eroderend Gat van Ossenissee in de periode 1957-1983 is door deze ontwikkeling verbroken;
- de tabel gaat uit van een konstant getijvolume in de tijd. Indien sprake is van een toename, hetgeen waarschijnlijk is, dan zal de P -waarde voor 1972 groter zijn dan berekend en na 1972 lager. Het Middelgat komt dan over de eerste jaren (1932-1957) en de laatste jaren (1983-1989) dicht bij $P = 1.00$. In de periode 1968-1978 blijft het beeld wisselend. Tegelijkertijd wordt de tendens in het Gat van Ossenissee meer extreem.

datum	dom.	DV-tot	DV-Mg	DV-GVO	A-tot	A-Mg	A-GVO	P-tot	P-Mg	P-GVO
1932	1.164	596	365	231	43430	24030	19400	1.07	0.96	1.23
2/7/57	1.142	585	347	238	40130	23530	16600	1.00	0.99	1.02
3/7/57	1.135	581	343	238	40130	23530	16600	1.01	1.00	1.02
17/4/68	1.156	592	351	241	41050	22250	18800	1.01	0.93	1.14
18/4/68	1.153	590	337	253	41050	22250	18800	1.02	0.97	1.09
1/6/72	1.088	557	282	275	41050	22100	18950	1.08	1.15	1.01
2/6/72	1.101	564	293	271	41050	22100	18950	1.06	1.10	1.02
25/4/78	1.114	570	281	289	39200	20200	19000	1.01	1.05	0.96
26/4/78	1.108	567	277	290	39200	20200	19000	1.01	1.07	0.96
26/4/83	1.125	576	279	297	39620	19570	20050	1.01	1.03	0.99
2/6/88	1.078	552	259	293	35780	18110	17670	0.95	1.02	0.88
3/10/89	1.084	555	265	290	36970	18790	18180	0.97	1.04	0.92

Tabel 10.1 Ontwikkeling Middelgat en Gat van Ossensisse
DV = dominant getijvolume in miljoen m³
A = doorstroomoppervlak beneden NAP in m²
P = $A_{\text{gemeten}}/A_{\text{berekend}}$
A_{berekend} = DV/14.600

10.3 TRENDS TOEKOMSTIGE ONTWIKKELING

Voor het inschatten van de toekomstige ontwikkeling van het gebied rond het Middelgat zijn de volgende vragen van groot belang:

- a) wat is de te verwachten ontwikkeling van de dominantie
- b) zet de afname van debiet en doorstroomoppervlak van het Middelgat door
- c) hoe is de trendbreuk in de ontwikkeling van het Gat van Ossenissee te verklaren en welke gevolgen heeft dit voor de toekomst.

Ad a) Dominantie

De tendens tot afname van de dominantie heeft geleid tot een lage dominantie in de 80-er jaren. De kans dat de dominantie in de toekomst nog een significante daling ondergaat is klein. In het extreme geval is een funktiewisseling tussen Middelgat en Gat van Ossenissee denkbaar, d.w.z. dat het Middelgat dan vloeddominant wordt en het Gat van Ossenissee ebdominant. In dat geval neemt de dominantie af tot 1,00 om vervolgens weer te stijgen.

Ad b) Afname Middelgat

In de periode 1957-1989 is het doorstroomoppervlak van het Middelgat met ca. 20% afgenomen. Het lijkt waarschijnlijk dat deze trend ook in de toekomst doorgaat.

Het debiet in het Middelgat neemt vrijwel recht evenredig af met het doorstroomoppervlak. Gezien de ontwikkeling van de Overloop van Hansweert, die verschuift in noordelijke richting, zal de tendens tot afname van het Middelgat ook in de toekomst doorzetten.

Ad c) Ontwikkeling Gat van Ossenissee

De trendbreuk in de erosie van het Gat van Ossenissee is waarschijnlijk veroorzaakt door de storting van baggerspecie. In de periode 1985-1990 bedroeg deze 2,5 à 3 miljoen m³ per jaar. Stelt men het natuurlijke transport in de geul op 10 à 20 miljoen m³ per jaar, dan is een toename van het transport met 15 à 25% nodig om de storthoeveelheden te kunnen afvoeren. Bij een 5-e macht relatie tussen snelheid en transport impliceert dit een snelheidstoename van 3 à 5%, ofwel een evenredige afname van het doorstroomoppervlak. Bij de huidige omvang van de geul is dit een afname van 600 à 1000 m² over de hele geullengte. De afname in de debietraai in de periode 1983-88 bedraagt ruim 2000 m³. Deze raai ligt dicht bij het stortgebied. De stortingen kunnen dus zeer wel een verklaring zijn voor de opgetreden trendbreuk.

Dit betekent dat de tendens tot toename van het Gat van Ossenissee die tot 1983 aanwezig was naar verwachting zal doorzetten. Veranderingen in de stortvolumes kunnen ook in de toekomst verstorend werken.

10.4 AUTONOME ONTWIKKELING OVER 25 JAAR

De afname van het Middelgat zet door met 0,5 à 1% per jaar. In het Gat van Ossensisse treedt een evenredige toename op. Door stortactiviteiten kan deze ontwikkeling worden vertraagd.

De dominantie heeft naar verwachting vrijwel een minimum waarde bereikt. Er is een risico dat er een functiewisseling gaat plaatsvinden tussen Middelgat en Gat van Ossensisse, d.w.z. dat het Middelgat vloeddominant wordt en het Gat van Ossensisse ebdominant. In dit geval bereikt de dominantie een waarde 1.00 om vervolgens weer te stijgen. Uit de gegevens van Van Kleef (1994) kan worden afgeleid dat 1% verandering van de dominantie ca. 5 miljoen m³ verandering van de zandinhoud tot gevolg heeft. Dit betekent dat de toename van de zandinhoud van zandbalans vak 3 de komende 10 à 20 jaar maximaal ca. 40 miljoen m³ bedraagt, waarna een tendens tot ontzanding zal ontstaan omdat de dominantie dan weer toeneemt.

Zoals gesteld is dit een extreme situatie.

De werkelijkheid zal naar verwachting minder veranderingen in de zandbalans te zien geven.

Het Gat van Ossensisse zal verder eroderen. Dit is gunstig voor de scheepvaart, omdat het profiel van vrije ruimte in grote lijnen blijft toenemen.

De Overloop van Hansweert zal blijven uitbochten en daarmee de aanleiding vormen voor een verplaatsing van het noordelijk deel van het Gat van Ossensisse naar het noorden.

Hierbij lijkt het waarschijnlijk dat er een separatie gaat ontstaan tussen de Overloop van Hansweert met ebdominantie aan de noordzijde en het Gat van Ossensisse met vloeddominantie aan de zuidoost-zijde. De huidige stromingspatronen wijzen daar reeds op.

De Overloop van Hansweert zou zo geleidelijk door het platengebied kunnen migreren en in feite hetzelfde proces volgen als het Middelgat over de afgelopen 100 jaar.

In de overgang van Gat van Ossensisse naar Overloop van Hansweert is dan intussen wel een drempel ontstaan met mogelijk een aanzienlijke jaarlijkse baggerbehoefte. Over 25 jaar zal dit reeds duidelijk in de baggervolumes tot uiting komen.

11. DOORBRAAK SCHAAR VAN SPIJKERPLAAT

11.1 ALGEMEEN

In de afgelopen decennia hebben zich zeer grote veranderingen voorgedaan in de ontwikkeling van de Schaar van Spijkerplaat en omgeving. Zie Svasek (1994) en Blik en Storm (1995).

De veranderingen worden duidelijk gedemonstreerd door de ontwikkeling van de eb- en vloedvolumes in debietraai 9 (Honte en Schaar van Spijkerplaat). Zie tabel 11.1

Jaar	Honte		Schaar van Spijkerplaat	
	ebvolume	vloedvolume	ebvolume	vloedvolume
1960	602	529	170	233
1986	490	436	290	344
1991	405	341	340	392
Tabel 11.1 Getijvolumes (miljoen m ³ , gem. getij) Honte en Schaar van Spijkerplaat				

Deze ontwikkeling in de getijvolumes wordt op afstand gevolgd door de ontwikkeling in doorstroomoppervlak. In de Schaar is dit gestegen van 19500 m² in 1960 tot 28900 m² in 1991, ofwel 48%, terwijl het vloedvolume met 68% is gestegen. In de Honte nam het doorstroomoppervlak af van 45800 m² in 1960 tot 40200 m² in 1991, ofwel met 12%, terwijl het ebvolume in dezelfde periode met 23% daalde.

De Hooge Platen, ten zuiden van de Schaar, hebben zich in dezelfde tijd verder ontwikkeld tot een hooggelegen laagdynamisch gebied (Huijs, 1995) en spelen een verwaarloosbare rol in het hydrodynamische gedrag van het gebied.

11.2 ANALYSE

Door Blik en Storm (1995) is een analyse gemaakt van het gebied waarvan de hoofdpunten hier beknopt worden weergegeven:

- In de situatie van 1992 treedt tijdens vloed een stroming op van de Schaar, over de drempel van Borssele, naar de Everingen. In 1961 was dat niet het geval; toen werd de Pas van Terneuzen tijdens vloed gevoed door de Honte.

- Enkele kleine kortsluitgeulen in het oostelijke deel van de Hooge Platen zorgden in 1961 voor enige voeding van de Pas van Terneuzen tijdens vloed. Deze geulen draaiden met de klok mee en stierven af in de Hooge Platen. Er trad vrijwel geen ebstroming op tussen de Pas van Terneuzen en de Schaar.
- In 1992 is sprake van een duidelijke directe verbinding tussen Schaar en Pas van Terneuzen. Deze verbinding onttrekt ebwater aan de Pas en zorgt voor een anti-kloksgewijze draaiing van de ebgeul. In verband hiermee is de rol van de Schaar tijdens eb relatief sterker toegenomen dan de rol tijdens vloed.
- De voortgaande verplaatsing van de Pas van Terneuzen in westelijke richting lijkt een belangrijke rol te spelen in dit proces, evenals de vermoedelijke toename van de stijging van het ebvolume in het westelijk deel van de Pas van Terneuzen vanaf 1960.

De cyclus der kortsluitgeulen op het einde van de Schaar van Spijkerplaat vertoont grote verwantschap met het einde van de Schaar van Valkenisse in het oostelijke deel van de Westerschelde. De aanzet voor de kortsluitgeulen wordt gevormd door de vloed in de scharen. Deze vloedstroom zoekt aansluiting bij de ebgeul. In de Schaar van Spijkerplaat is dit aan de zuidkant en in de Schaar van Valkenisse aan de oostkant. Vervolgens gaat de kortsluitgeul ook ebwater trekken, waarna de ebstroom in de buitenbocht van de kortsluitgeul gaat overheersen, en de geul in ebrichting verplaatst. In de Schaar van Spijkerplaat is dit naar het noorden en bij Valkenisse naar het westen. Dit gaat door tot de geul een dusdanig excentrische ligging heeft voor de vloedstroom dat zich een nieuwe vloedgeul gaat vormen en het proces zich herhaalt.

Door de westelijke verplaatsing van de Pas van Terneuzen en door de vergroting van de Schaar van Spijkerplaat is dit proces niet volledig cyclisch: iedere nieuwe geul is in principe groter dan zijn voorganger.

Dit gaat naar verwachting door totdat de aansluiting van Pas van Terneuzen en Schaar van Spijkerplaat zo vloeiend verloopt dat een vrijwel gestrekte oriëntatie ontstaat. In dat geval kan een doorgaande geul ontstaan die het cyclische proces doorbreekt.

NB: Bij Valkenisse is deze kans kleiner omdat daar ook bij verdere toename van de Schaar van Valkenisse geen sprake is van een gestrekte oriëntatie tussen vloed- en ebgeul.

11.3 TREND EN KONKLUSIE

Op dit moment ontstaat een nieuwe geul tussen Schaar van Spijkerplaat en Pas van Terneuzen, direkt ten noorden van de Hooge Platen terwijl de grote kortsluitgeul in betekenis afneemt. Dit gaat gepaard met een versnelde verplaatsing van de Pas van Terneuzen naar het westen.

De vraag dringt zich op of deze geul de aanzet vormt voor een nieuwe cyclus, of dat zich een doorgaande geul vormt met een veel geringere verplaatsings-snelheid dan de cyclische geulen. In het tweede geval is thans sprake van het begin van een grootschalige morfologische verandering in het gebied; in het eerste geval laat deze nog ca. 15 jaar op zich wachten.

In beide gevallen wordt op korte termijn een toename van de baggervolumes verwacht op de Drempel van Borssele.

De ontwikkeling op langere termijn is moeilijk te voorspellen.

De volgende ontwikkelingen tussen 1995 en 2020 lijken mogelijk:

- erosie van de NO-hoek van de Hooge Platen
- erosie van de NW-uitloper van de Suikerplaat (is reeds gaande)
- opbouw en uitbreiding van de Spijkerplaat tussen Schaar en Honte ten koste van de Honte
- een doorgaande geul Schaar van Spijkerplaat - Pas van Terneuzen
- een verbinding met oost-west oriëntatie tussen Schaar van Spijkerplaat en Everingen
- een doorgaande afname van de Honte.

De gevolgen van deze ontwikkelingen voor de vaarweghandhaving kunnen ernstig zijn zowel op de Drempel van Borssele als op de Drempel van Vlissingen (de laatste in mindere mate).

Men dient daarbij te bedenken dat de huidige baggeromvang slechts een fractie vormt van het totale sedimenttransport in het gebied. Men kan daarom een snelle reactie van het systeem verwachten bij een kunstmatige vergroting van de diepte op de drempel(s).

Op langere termijn kan ook de bereikbaarheid van de haven van Vlissingen-oost in het gedrang komen.

Een en ander zou kunnen betekenen dat in 2020 de hoofdvaarweg niet langer via de Honte loopt, maar via de Schaar van Spijkerplaat.

12. DE WESTERSCHELDE IN 2020

12.1 ALGEMEEN

Uit de voorgaande analyses kan het volgende beeld worden gedestilleerd voor de toestand van de Westerschelde in het jaar 2020.

Hierbij wordt uitgegaan van een min of meer autonome ontwikkeling, d.w.z. dat waar mogelijk de status quo van baggeren en storten wordt gehandhaafd.

12.2 WATERINHOUD

De totale waterinhoud van de Westerschelde ten opzichte van het lokale middenvlak is in 2020 toegenomen met ca. 80 miljoen m³, ofwel 3% ten opzichte van de situatie 1995.

Deze toename is als volgt opgebouwd:

- zandwinning : + 65 miljoen m³ (ca. 2,5 miljoen m³/jaar)
- zeespiegelrijzing : + 30 miljoen m³ (ca. 10 cm toename in 25 jaar)
- zandimport : - 15 miljoen m³ (ca. 0,6 miljoen m³/jaar).

Ten opzichte van NAP is de inhoudstoename kleiner: ca. 50 miljoen m³, ofwel ca. 2%.

12.3 GETIJVERSCHIL

Het getijverschil tijdens gemiddeld getij is bij Vlissingen in 2020 met ca. 5 cm toegenomen ten opzichte van het slotgemiddelde 1991.0, ofwel ca. 1.3%. Als gevolg van de zeespiegelrijzing stijgt zowel het niveau van HW als van LW.

In Bath is het getijverschil met ca. 7 cm toegenomen t.o.v. het slotgemiddelde 1991.0 (ca. 1.5%). Ook in Bath geldt dat zowel het HW als het LW-niveau stijgen.

12.4 INTERTIJDEGEBIEDEN

De verlanding van het land van Saeftinge zet door, met een snelheid die groter is dan de GHW-stijging.

Ook de Plaat van Valkenisse-oost kan bij volledige doorbraak van de Schaar van Valkenisse een sterke stijging te zien geven.

Gemiddeld gezien zal de stijging van de intertijdegebieden iets boven de stijging van de GHW-standen uitkomen. De komberging van het intertijdegebied in het oostelijk deel is hierdoor in 2020 met 5 à 10% (ca. 5 miljoen m³) afgenomen t.o.v. 1992.

In het middengebied is sprake van een stabilisering ten opzichte van de sterke stijging in de periode 1962-1992. De verwachting is dat de ophoging van het intertijdegebied in 2020 gelijke tred houdt met de stijging van de GHW-standen.

In het westelijk deel is het intertijdegebied in 2020 licht gedaald t.o.v. GHW.

Gezien over het hele Westerschelde is de komberging in 2020 nauwelijks verschillend van de komberging in 1992.

Als gevolg hiervan zijn de getijvolumes in 2020 ongeveer gelijk aan de volumes in 1992.

Overigens kunnen wijzigingen in bagger- en stortstrategie en andere menselijke ingrepen deze ontwikkeling aanzienlijk verstoren.

12.5 HOOFDONTWIKKELING GEULEN

Het Nauw van Bath is verder uitgebocht; de dijkhoek bij Bath vormt een fors obstakel voor de scheepvaart. De Schaar van de Noord is nog slechts terug te kennen aan een geulverbreding in de omgeving van de drempel van Valkenisse.

De Schaar van Valkenisse is verder toegenomen met als gevolg soms hinderlijke dwarsstromen voor de scheepvaart en een aanzienlijke hoeveelheid onderhoudsbaggerwerk in het Zuidergat. Er wordt gepoogd door een gericht stortbeleid deze ontwikkeling te keren, vooralsnog met weinig succes voor de baggervolumes in het Zuidergat. De voorstanders van een zanddam door de Schaar van Valkenisse winnen aan invloed.

Het Middelgat vertoont een lineaire tendens tot verdere afname. Het Gat van Ossenis is qua doorstroomoppervlak gegroeid ten opzichte van 1992. De Overloop van Hansweert is verder in noordelijke richting verschoven, waardoor tussen Gat van Ossenis en Overloop van Hansweert een nieuwe drempel is ontstaan.

In het westen heeft de Schaar van Spijkerplaat een sterke groei doorgemaakt. Het sterk beweeglijke gebied tussen de Schaar en de Pas van Terneuzen lijkt geleidelijk tot rust te komen. De Honte blijft verzanden. In verband hiermee is de hoofdvaargeul verlegd van de Honte naar de Schaar van Spijkerplaat.

De eerste notities verschijnen met prognoses over de toegankelijkheid van de haven van Vlissingen-oost in de periode 2025-2050.

12.6 STROOMSNELHEDEN EN BAGGERHOEVEELHEDEN

Door de toename van de waterinhoud en de (geringe) afname van de komberging in het oostelijk deel nemen de stroomsnelheden in dit gebied gemiddeld met ca. 3% af.

De zandtransporten nemen hierdoor gemiddeld met 15% af. Dit betekent dat de aanzanding op de drempels van Bath en Valkenisse enigszins lager zal zijn dan in 1992. Een prognose voor de Drempel van Hansweert en het Zuidergat is moeilijker te geven, omdat de ontwikkeling hier sterk afhangt van het gedrag van de Schaar van Valkenisse.

Op de (nieuwe) drempel tussen Gat van Ossenisse en Overloop van Hansweert is sprake van een stijgend baggervolume. In 2020 is dit opgelopen tot 1 à 2 miljoen m³/jaar.

In het westen is nauwelijks sprake van veranderingen in de stroomsnelheden in de hoofdgeulen.

De baggervolumes nabij Borssele vertonen een grillig verloop vanwege de sterke dynamiek van de overloopgeulen van de Schaar van Spijkerplaat.

Gemiddeld over de periode 1995-2020 lagen de baggervolumes bij Borssele beduidend hoger dan in 1992.

De laatste jaren, sinds de vaargeul via de Schaar van Spijkerplaat loopt, neemt het baggervolume weer af.

12.7 BELEIDSWIJZIGINGEN

De volgende beleidswijzigingen kunnen een belangrijke invloed hebben op de ligging van de Westerschelde in 2020:

- afname stortvolumes in oostelijk deel: hierdoor neemt de toename van het intertijdegebied in deze regio af en ontstaat een toename van de komberging, met als gevolg een effect dat vergelijkbaar is met ontpolderen: verhoging van de stroomsnelheden en een (lichte) afname van de opslingering van het getij;
- toename stortvolumes in middendeel: dit zou de verlanding van het intertijdegebied in het middendeel kunnen versnellen, waardoor het evenwicht tussen stijging intertijdegebied en stijging GHW verstoord wordt. Dit heeft een verhogend effect op de ontwikkeling van de GHW-standen, die het verlagende effect van de toename van de komberging in het oostelijk deel wellicht tenietdoet;
- ontpolderen in oostelijk deel: deze maatregel kan de ontwikkeling van de GHW-standen in het oosten positief beïnvloeden (verlagen), maar heeft slechts een beperkte invloed op de ontwikkeling als geheel;
- verdere verdieping vaarweg: een verdere verdieping van de vaarweg leidt tot een versterkte toename van de waterinhoud. Dit gaat gepaard met een toename van de baggervolumes en (bij ongewijzigd beleid) ook van de stortvolumes. Het intertijdegebied kan hierdoor sneller stijgen dan voorzien, evenals de GHW-standen. Hierdoor nemen de stroomsnelheden in het oostelijk deel verder af, waardoor de "natuurlijke" sedimentbeweging ook afneemt. Dit kan op langere termijn leiden tot een afname van de baggervolumes en een meer en meer kanaalvormig geultype in het oostelijk deel van de Westerschelde.

GERAADPLEEGDE LITERATUUR

- (1) Anonymus, 1994. Gemiddelde getijkromme 1991.0. RIKZ, Afd. Informatiesystemen, Den Haag.
- (2) Blik, A.J. en Storm, C., 1995. Bars and maintenance dredging in the Western Scheldt. Ingezonden t.b.v. World Dredging Congress, Amsterdam, November 1995.
- (3) Uit den Bogaard, L.A., 1995. Resultaten zandbalans Westerschelde, 1995-1993. Rapport R 95-08, Universiteit Utrecht.
- (4) Coosen, J., 1995. Natuurstreefbeeld Schelde estuarium. Werkdocument RIKZ/AB-95.813x. Concept.
- (5) Huijs, S.W.E., 1995. Geomorfologische ontwikkeling van het intergetijdegebied in de Westerschelde, 1935-1989. Rapport R 95-3, Universiteit Utrecht.
- (6) Huijs, S.W.E. en Storm, C., 1995. Verlandings van de Westerschelde; verschillende wijzen om het begrip verlanding te kwantificeren. Concept notitie 22 juni 1995.
- (7) Jeuken, M.C.L., 1994. Morfologische ontwikkelingen van de geulen en platen in het Valkenissegebied gedurende de periode 1986-1993. Directie Zeeland, notitie NWL-94.15
- (8) Van Kleef, A.W., 1994. Verklaring voor de veranderingen in de grootschalige zandbalans van het gebied rond het Middelgat. Directie Zeeland, concept notitie ZA-94.119.
- (9) Mol, G., 1995. Overzicht menselijke ingrepen Westerschelde. Concept.
- (10) Pieters, T. et al, 1991. Het Schelde-estuarium, méér dan een vaarweg. Nota GWWS-91.081
- (11) Pieters, T., 1993. Het Schelde-estuarium: beheren of beheersen? Rapport DGW-93.032.
- (12) Van Rijn, L.C., 1993. Principles of Sediment Transport in rivers, estuaries and coastal seas. Aqua Publications, Amsterdam.
- (13) Van der Spek, A.J.F., 1993. Getij-simulatie voormalige getijbekkens. Deel 1: de Westerschelde in 1650 en 1800. Rapport R 93-10, Universiteit Utrecht.
- (14) Van der Spek, A.J.F., 1994. Large Scale evolution of Holocene tidal basins in the Netherlands. Proefschrift.
- (15) Studierapport "Verdieping Westerschelde", 1984. 2 delen, Middelburg-Antwerpen.

- (16) Svasek B.V., 1994. Verklarend onderzoek drempels Westerschelde. Rapport no. 940.
- (17) Termaat, G.R., 1994. Stabiliteitsparameter opgesteld voor geulen in de Westerschelde. Stageverslag, Universiteit Utrecht.
- (18) Van Veen, J., 1950. Schelderegiem en Schelderegie en opmerkingen over Scheldepublishaties.
- (19) Werkgroep Waterbeheer Westerschelde, 1989. Beleidsplan Westerschelde, deelrapport 4, Morfologische structuur en dynamiek.

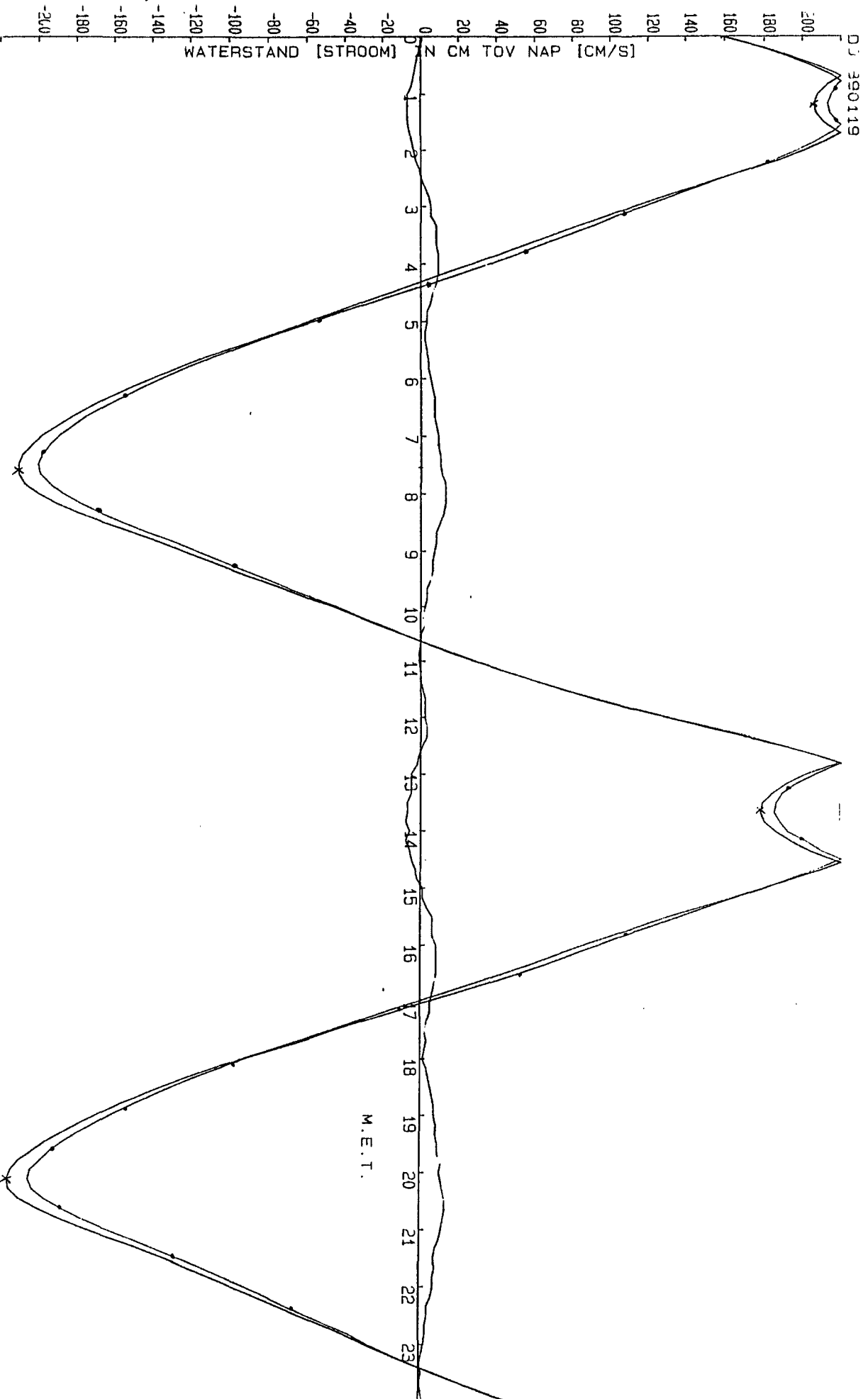
APPENDIX 1

**RESULTATEN GEVOELIGHEIDSANALYSE
WATERSTANDEN BATH
M.B.V. IMPLIC**

BATH JCGECPGAEH
BATH JCGECPGAEH - HINOCASE

BATH HINOCASE

HYDRO METEO CENTRUM
FIERIKZEE



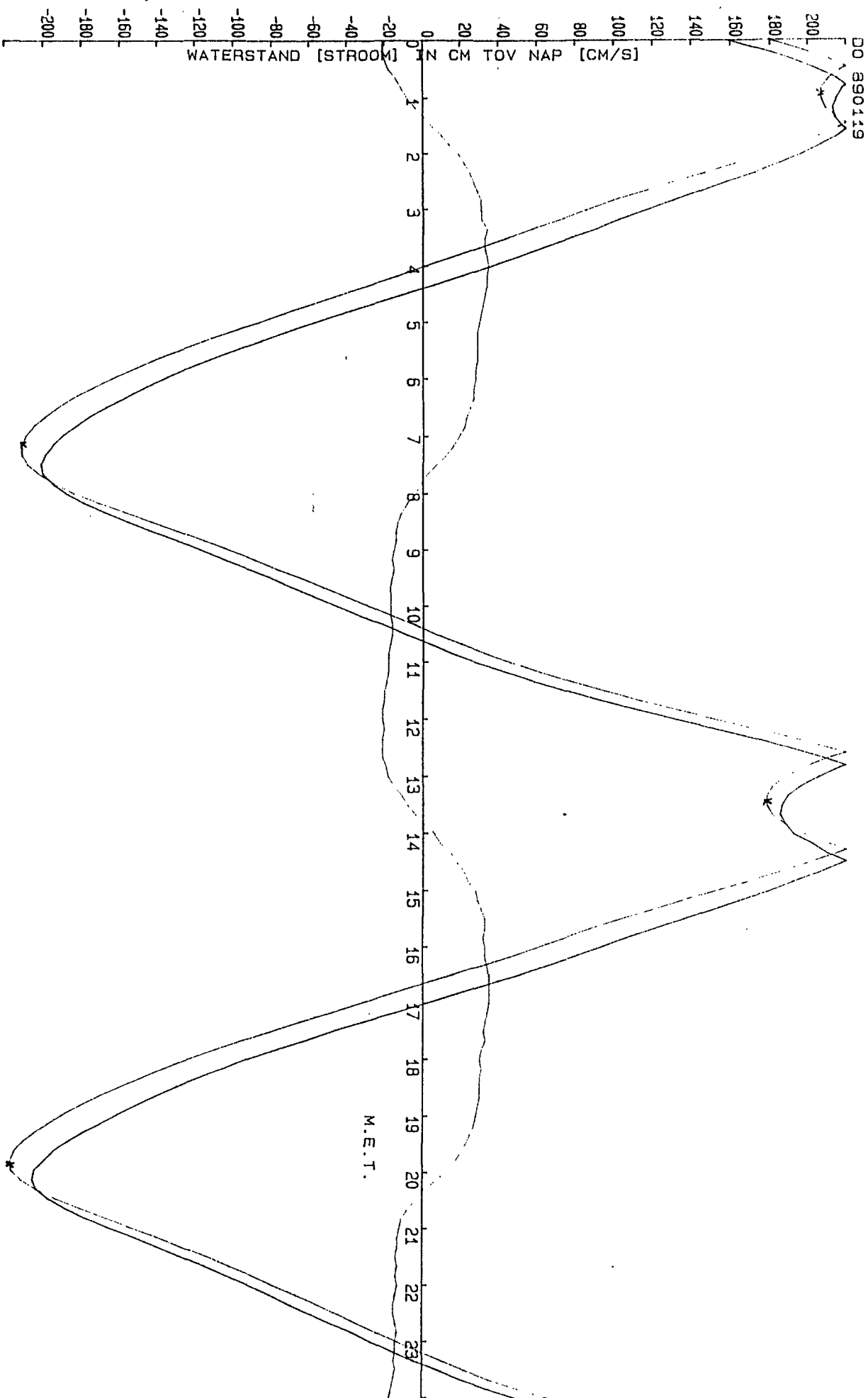
Basisrun

BATH Opgesreden
BATH Opgesred. Hingasse

BATH Hingasse

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

DO 890119

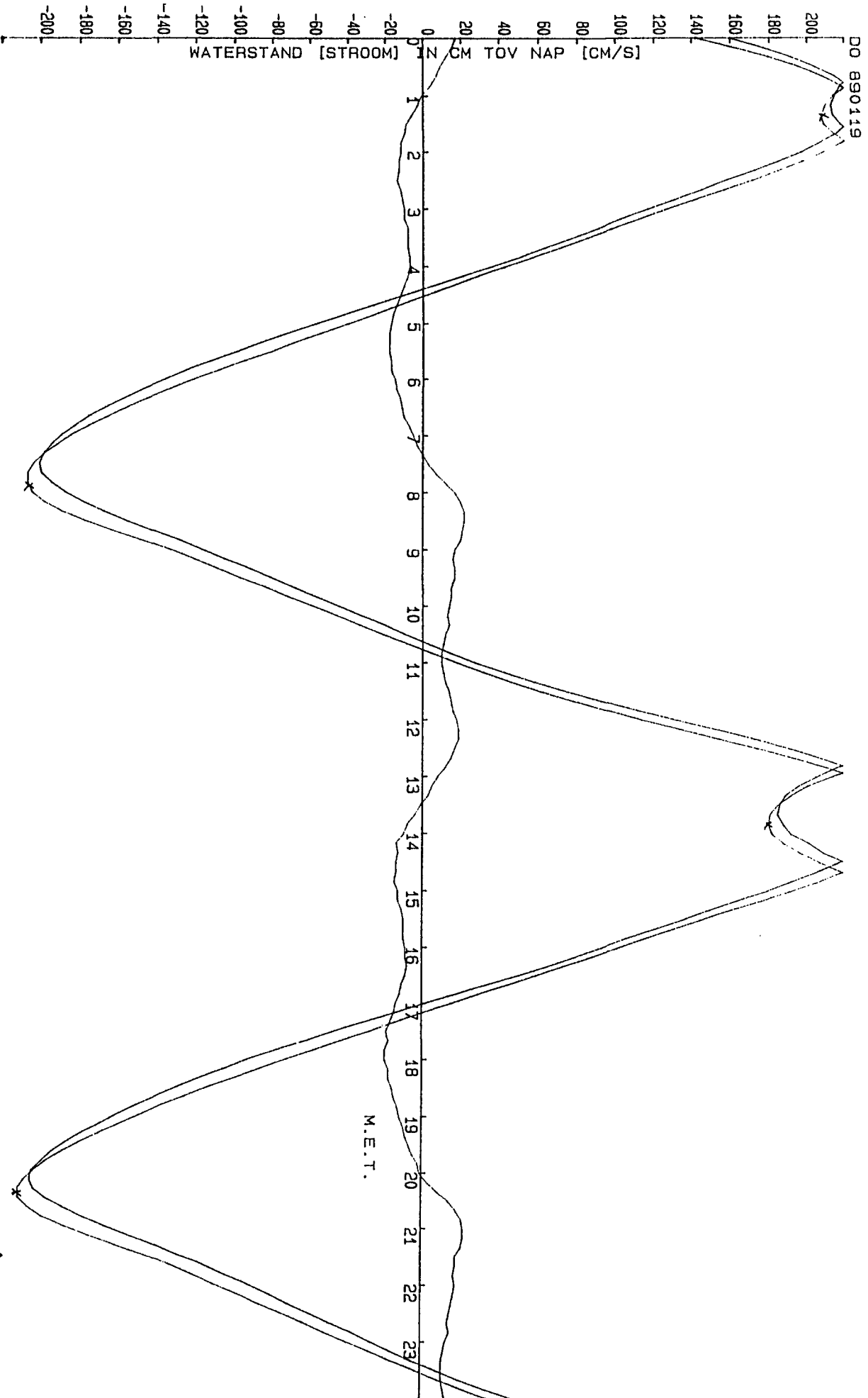


L x. 90

BATH Opgetreden
BATH Ingeen. Hindcast

BATH Hindcast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

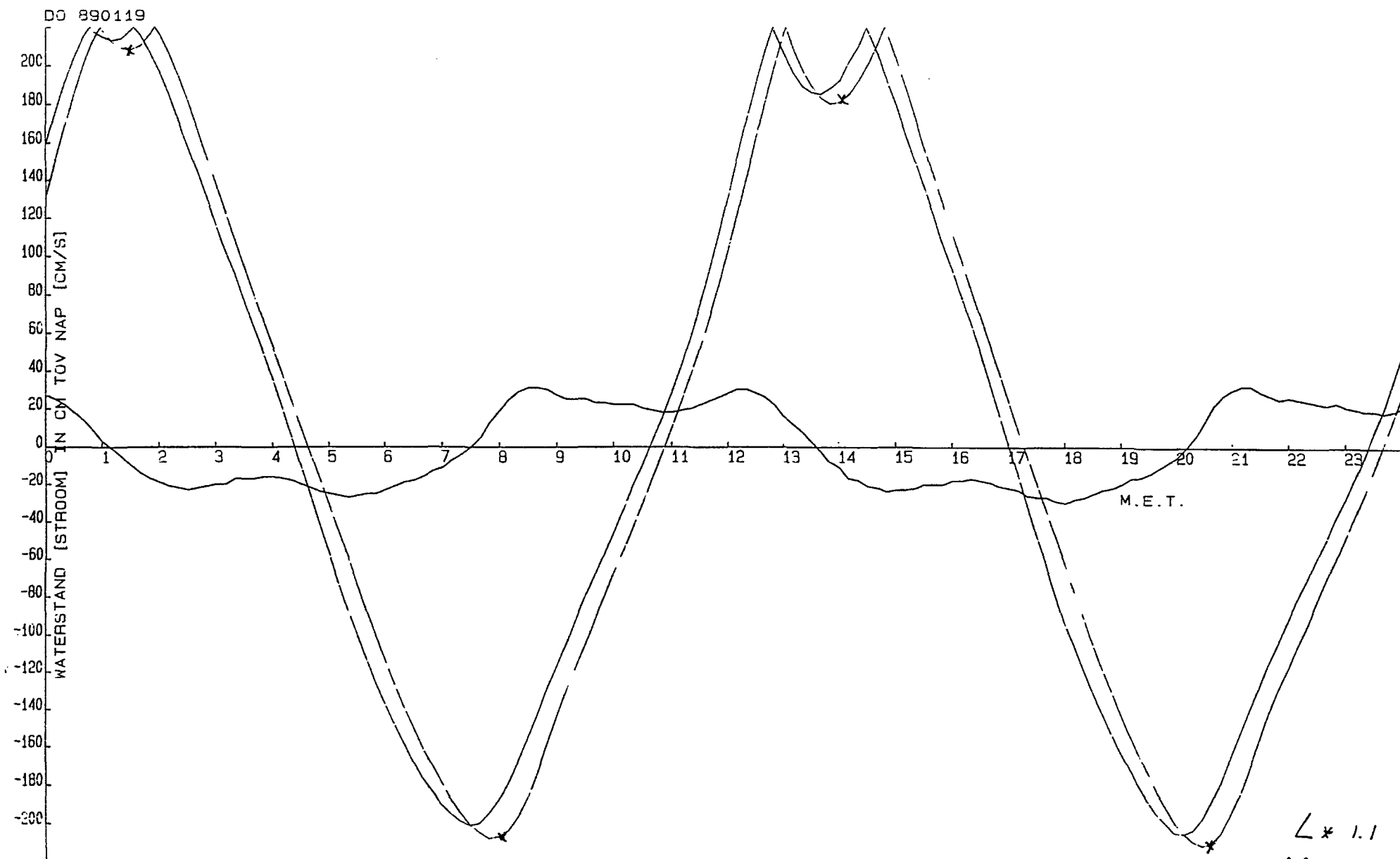


AA + .90

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

— BATH Opgetreden
— BATH Opgetr. - Hingcast

— BATH Hingcast

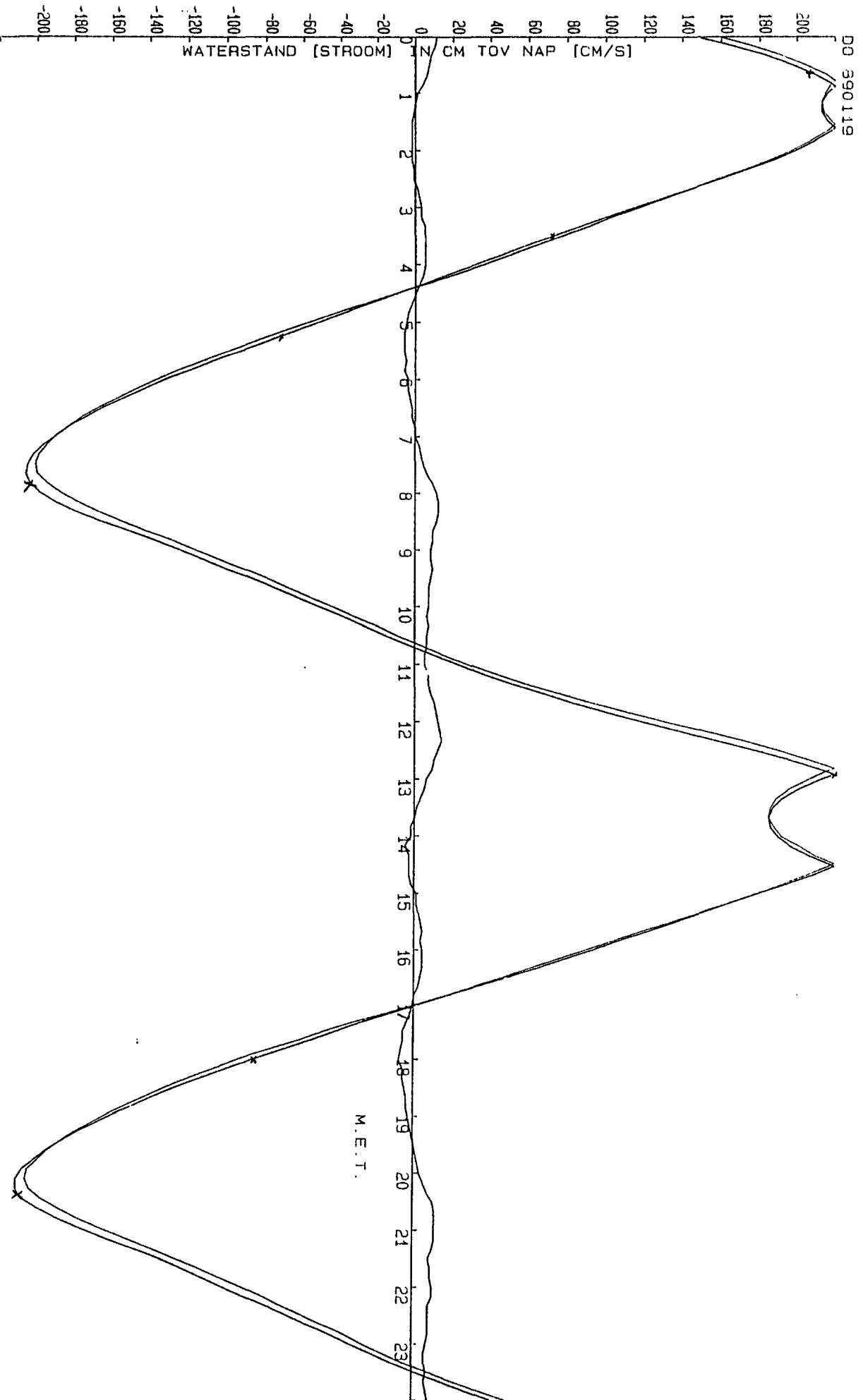


$L \times 1.1$
AA, BB $\times .90$

BATH Dagecraper
BATH Dagecr - Hindcast

BATH Hindcast

HYDRO METEOR CENTRUM
ZIERIKZEE

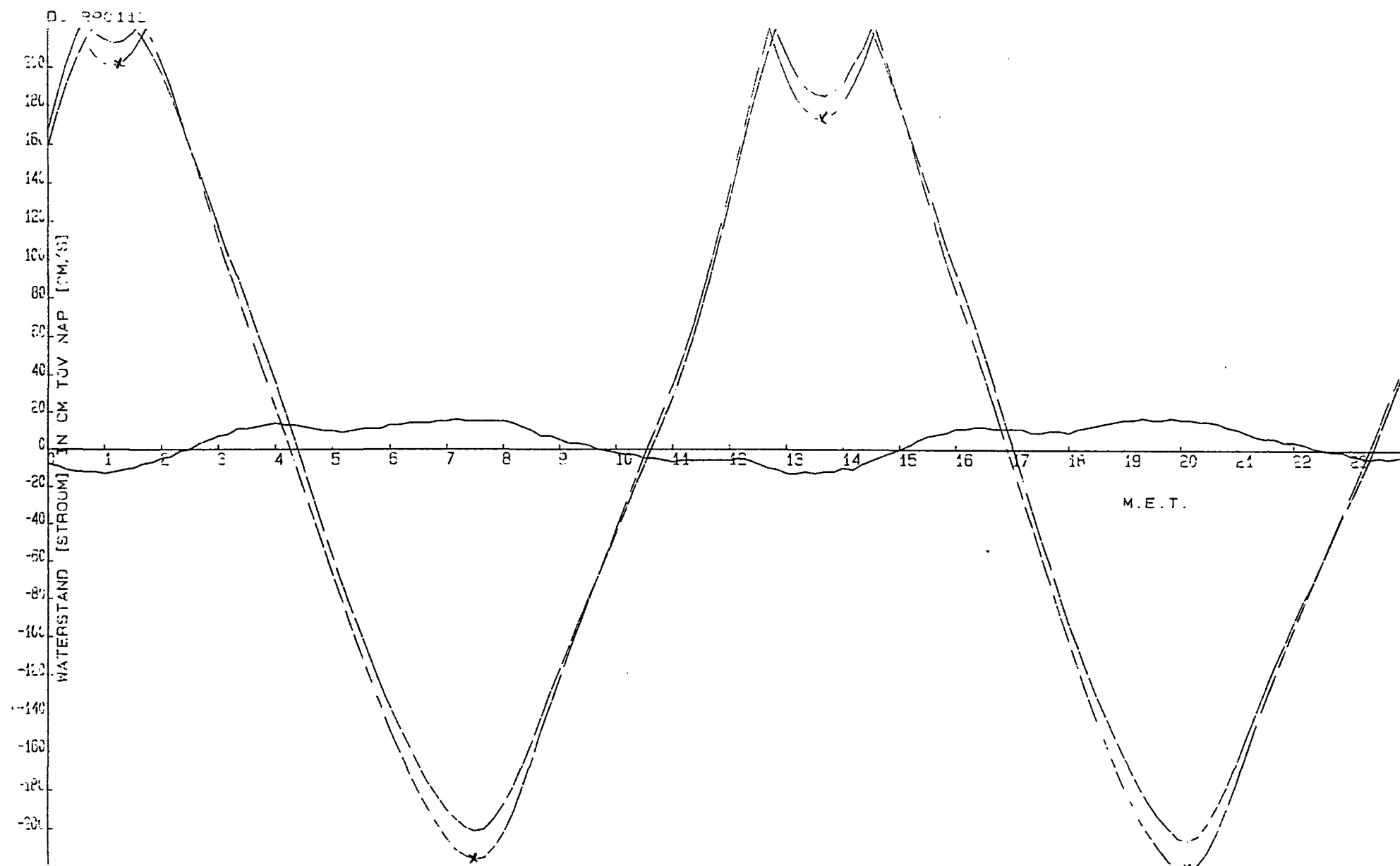


R. x. 90

HYDROMETER CENTRUM
ZIEPIKZER.

———— BATH Cogethaden
———— BATH Cogeth Hindcast

———— BATH Hindcast



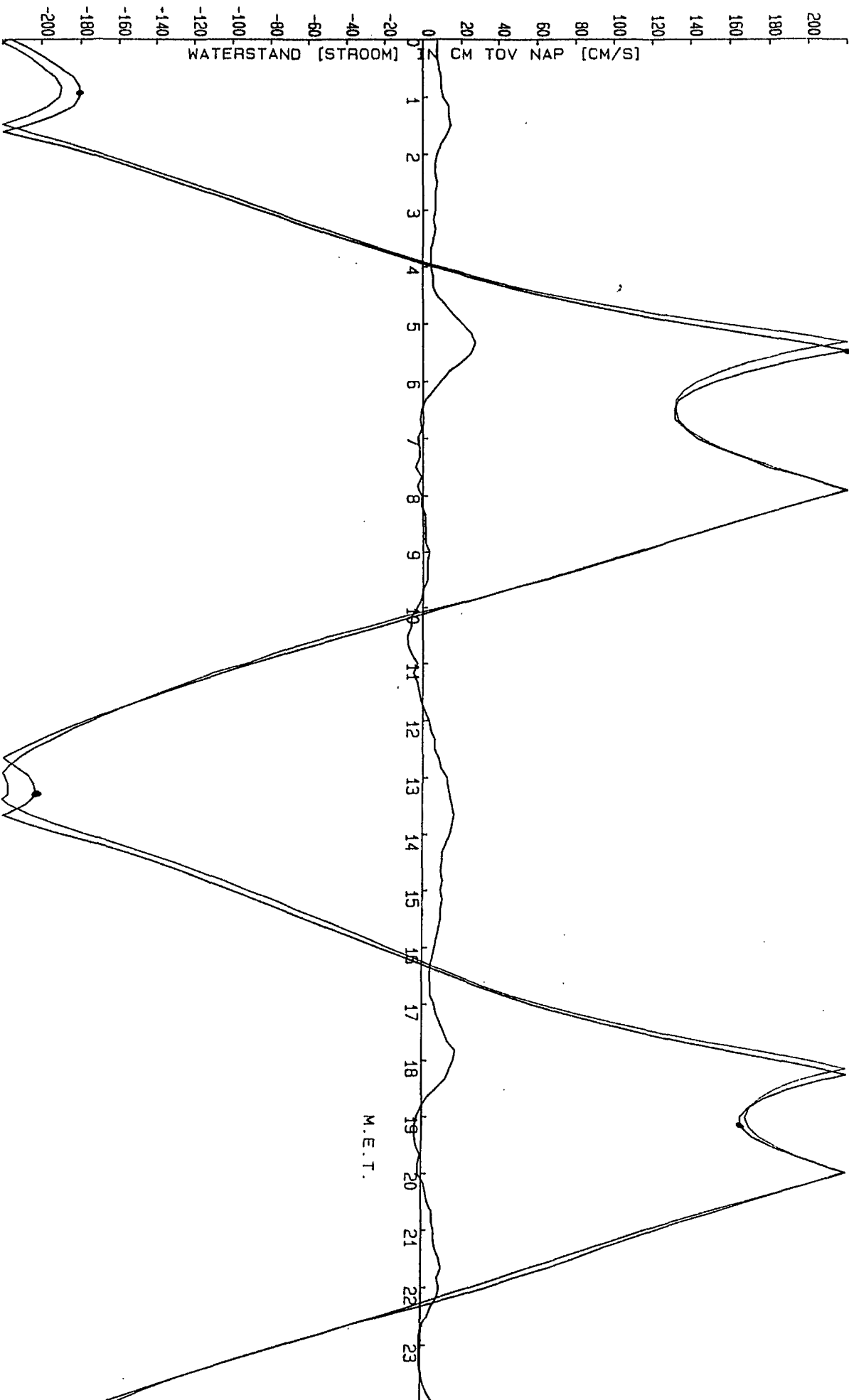
R * 1.1

MA 870518

BATH Opgetrreden
BATH Opgetr. -Hincast

BATH Hincast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE



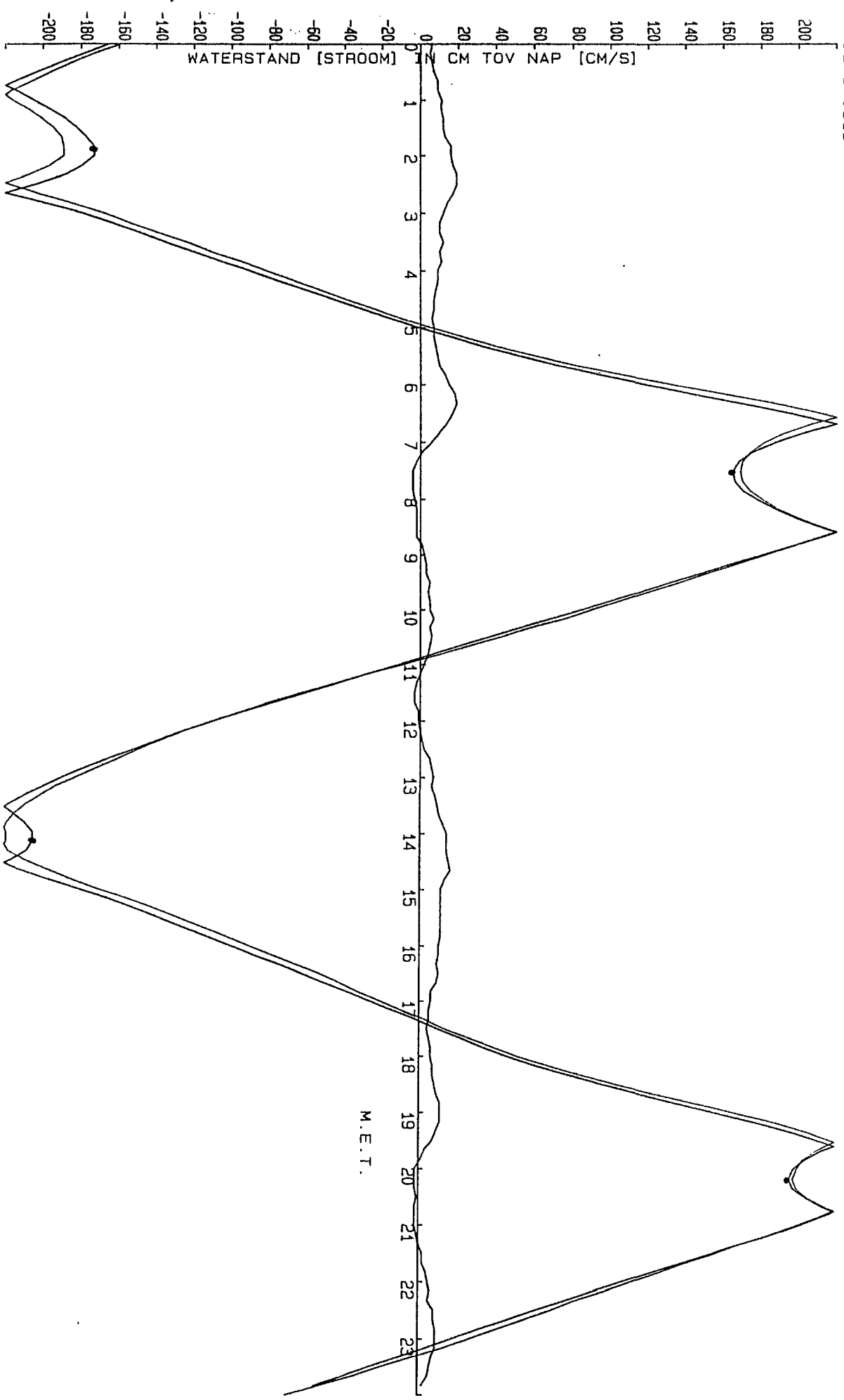
Basis van

BATH Oogeregen
BATH Oogetr. -Hincast

BATH Hincast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

DI 870519



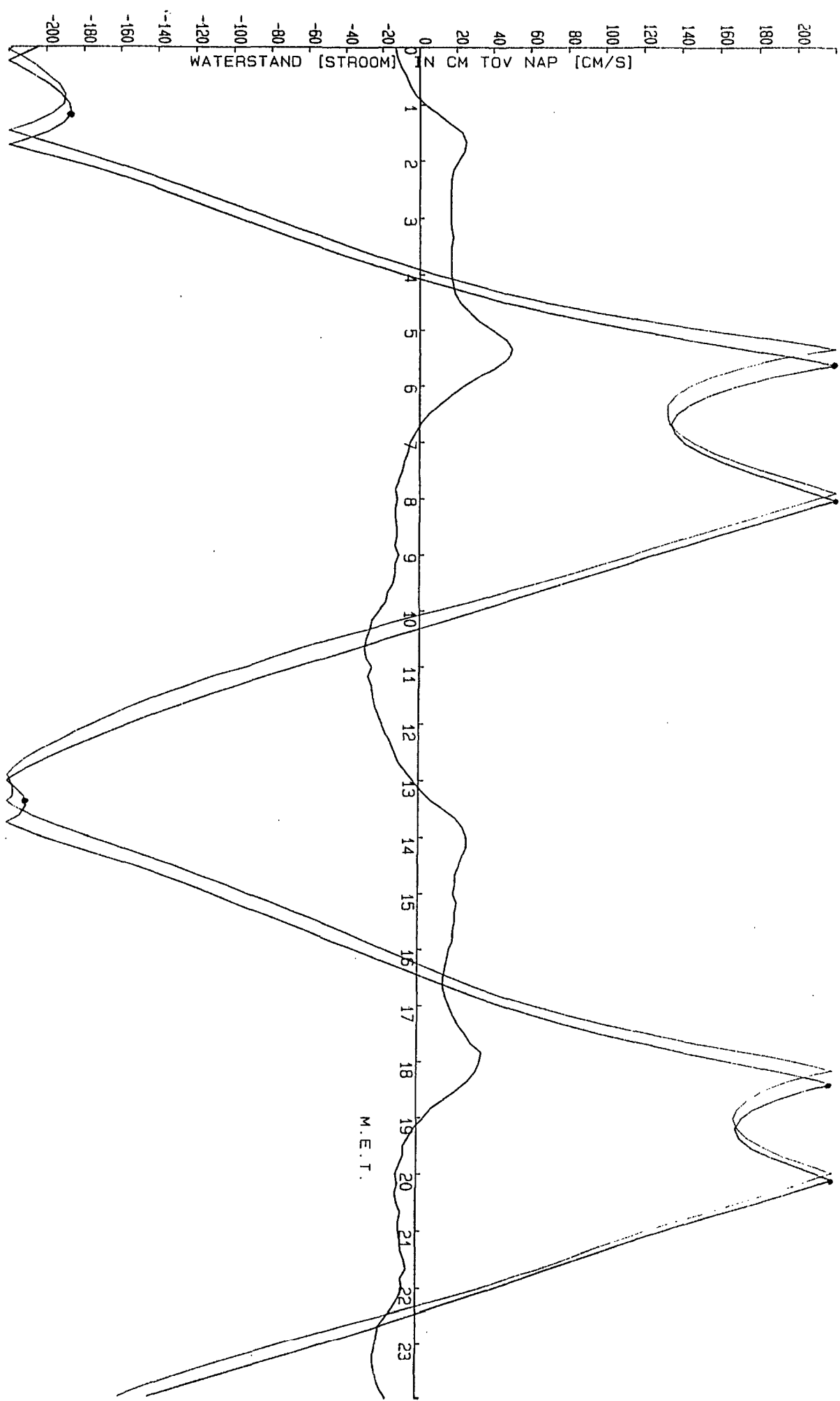
Bath

BATH Oogetreeden
BATH Oogetr. -Hinnocast

BATH Hinnocast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

MA 370518

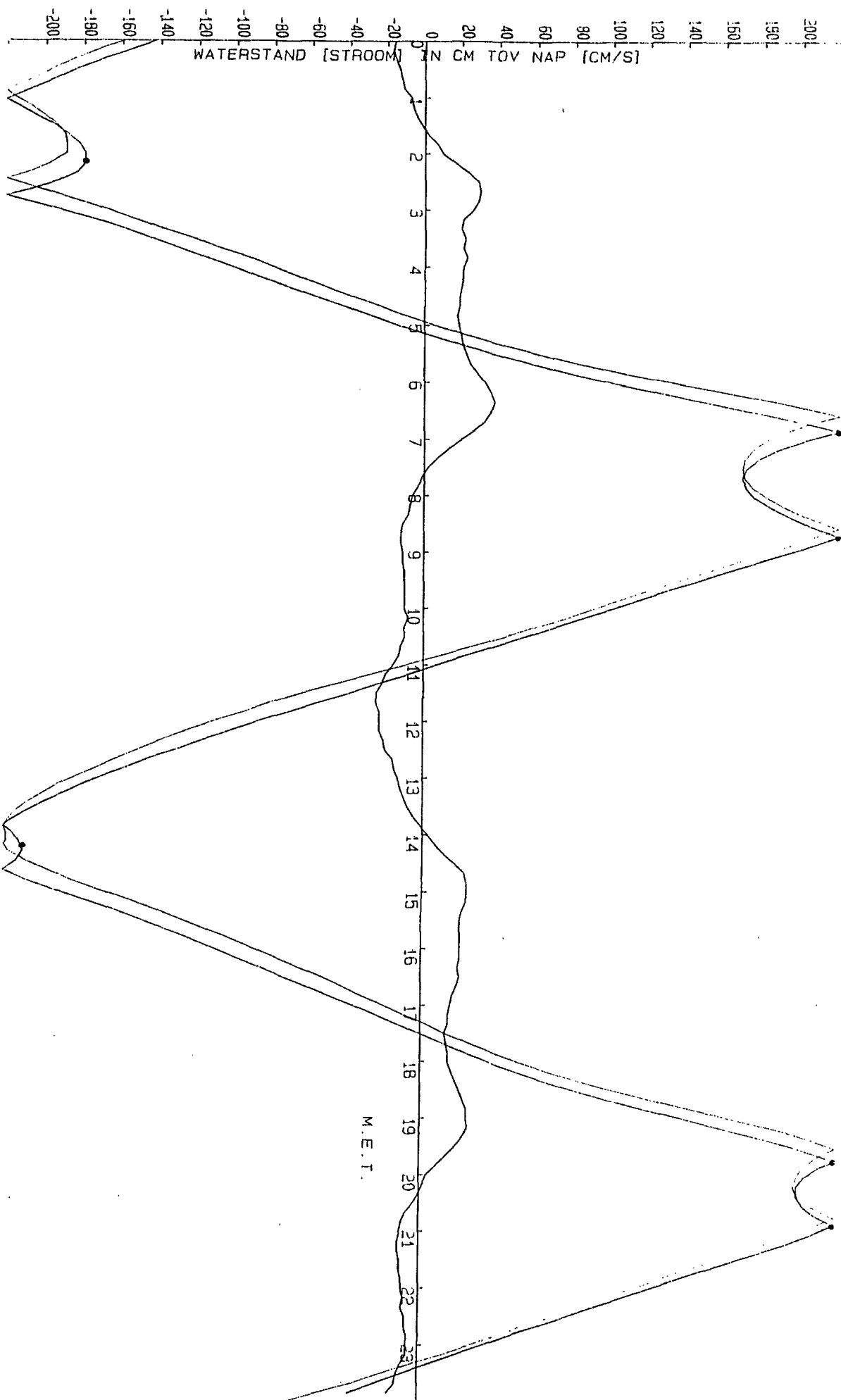


BATH COGGERCOGN
BATH COGGERCOGN - HINGOCAST

BATH HINGOCAST

HYDRO-METER TESTS
FEBRUARY

DI 370513



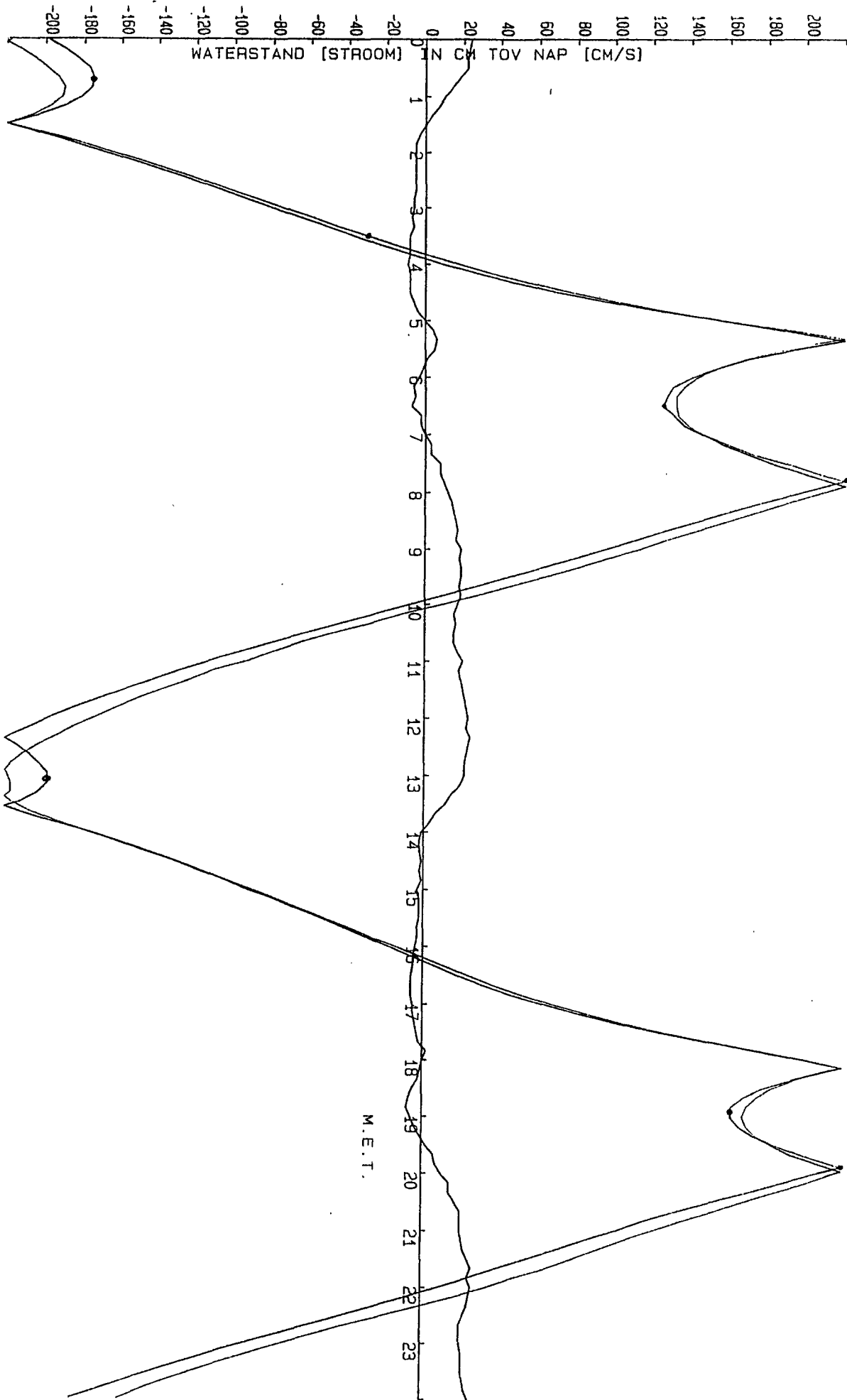
BB * 1.1

BATH Oogereeden
BATH Oogereen. -Hinoocast

BATH Hinoocast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE

MA 870518



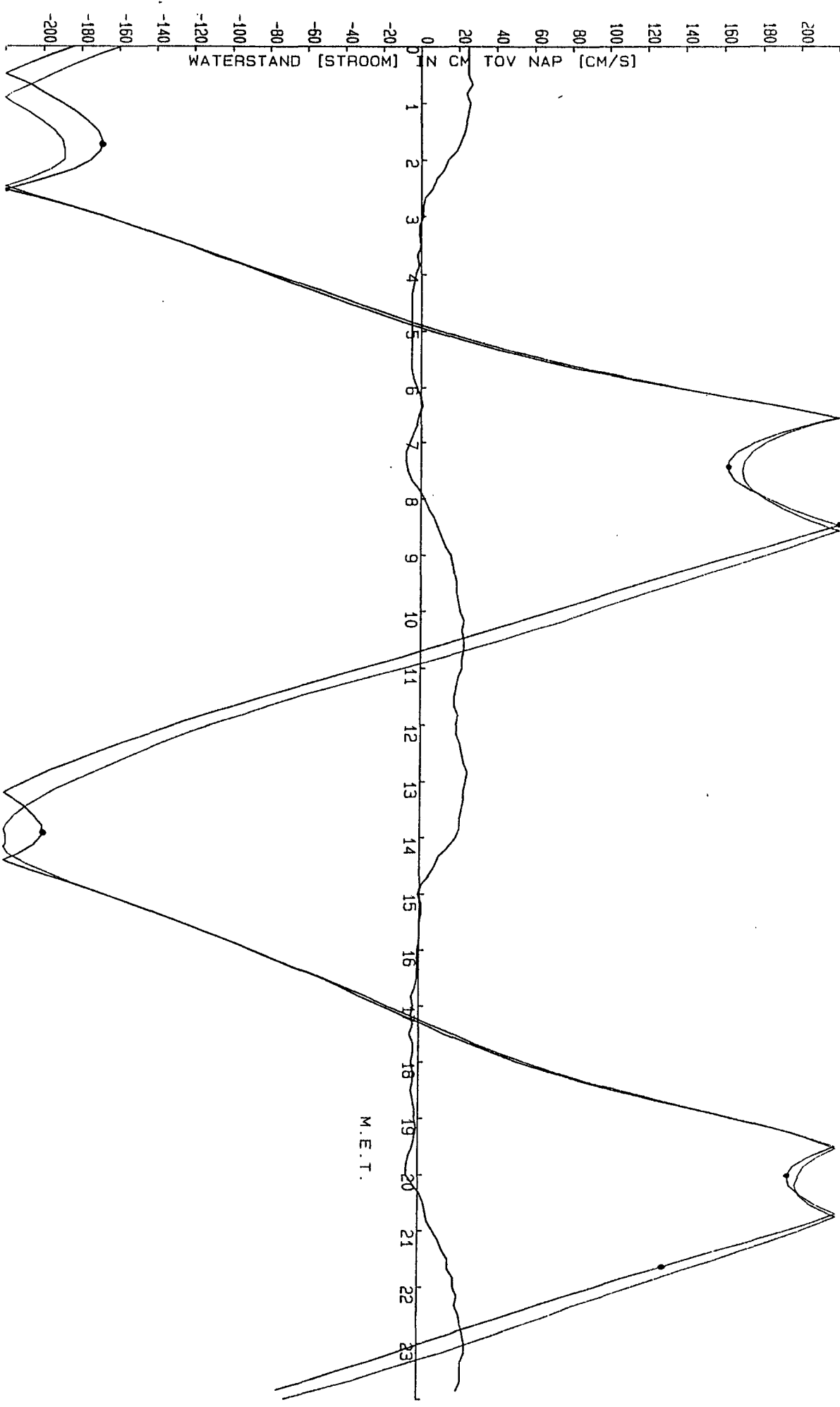
AA * 1.1

DI 870519

BATH Oogetreeden
BATH Oogetr. -Hinoacast

BATH Hinoacast

HYDRO METEO CENTRUM
ZIERIKZEE



M.E.T.

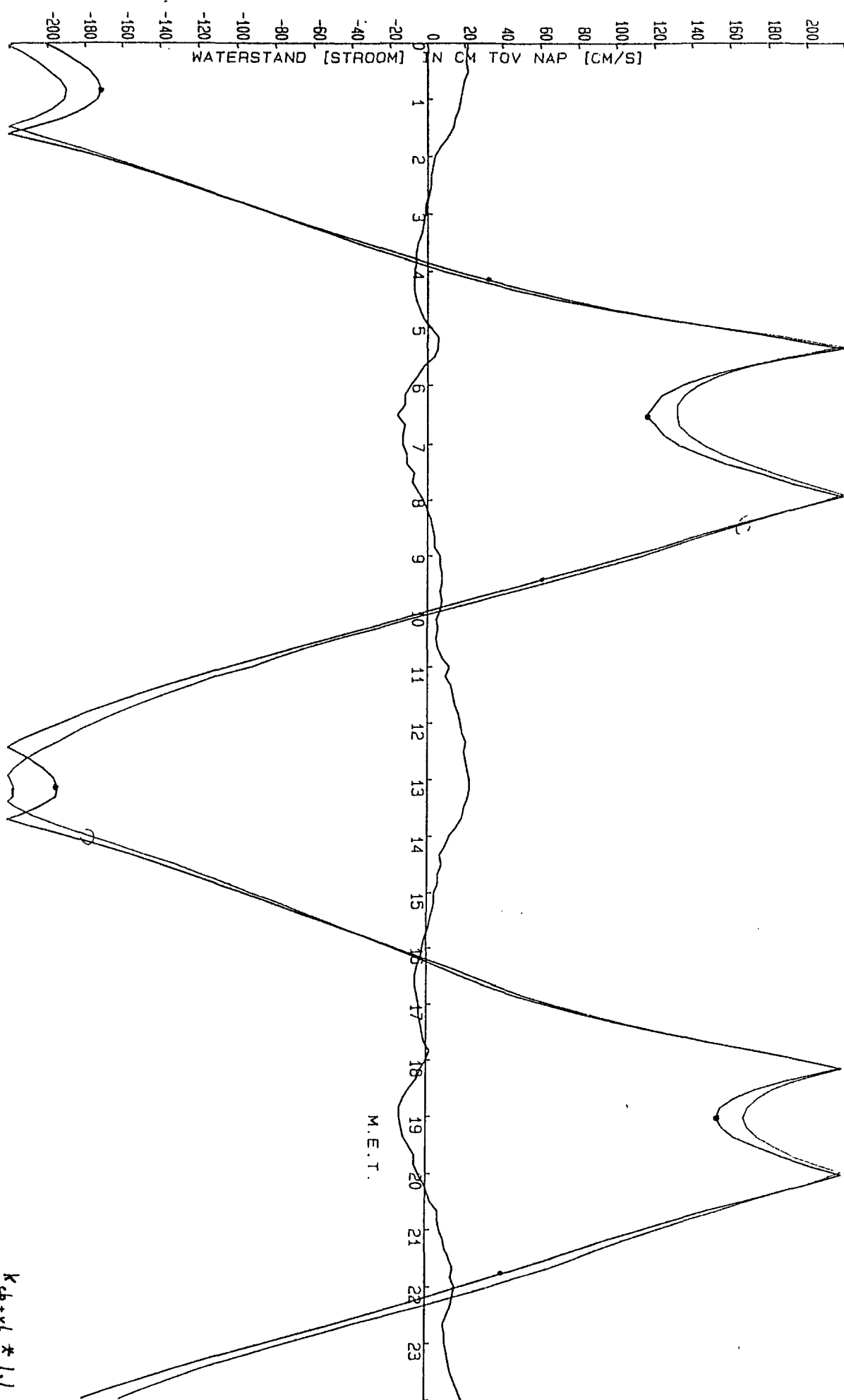
AA*11

BATH Oogereaden
BATH Oogere. -Hincast

BATH Hincast

HYDRO METEO CENTRUM
LIEPRIKZEE

MA 370518



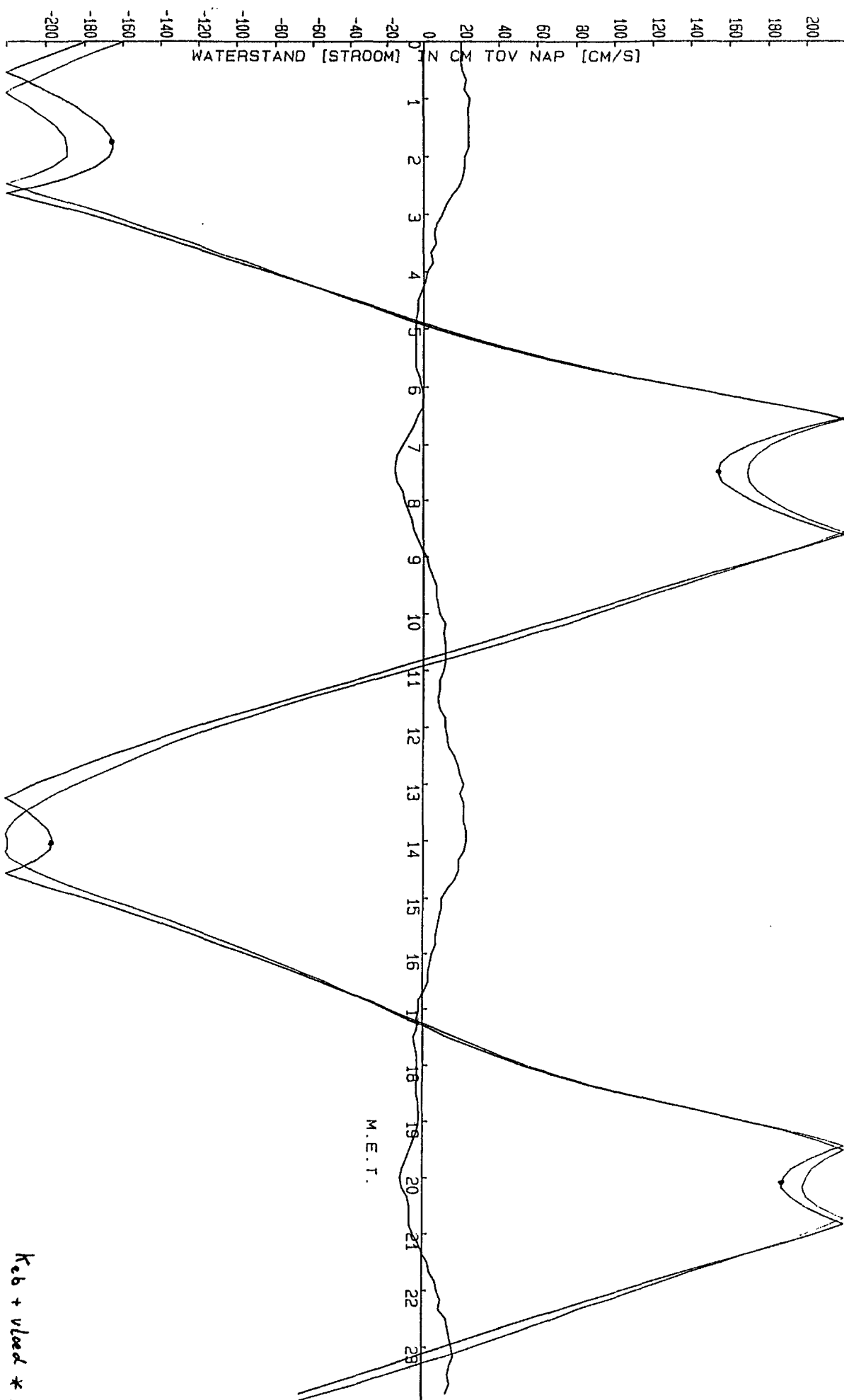
K 26+06 * 1.1

BATH Dagerreen
BATH Dager. -Hincast

BATH Hincast

HYDRO METEO CENTRUM
MERIKULLE

DI 870519



$K_{eb} + v_{load} * 1.1$