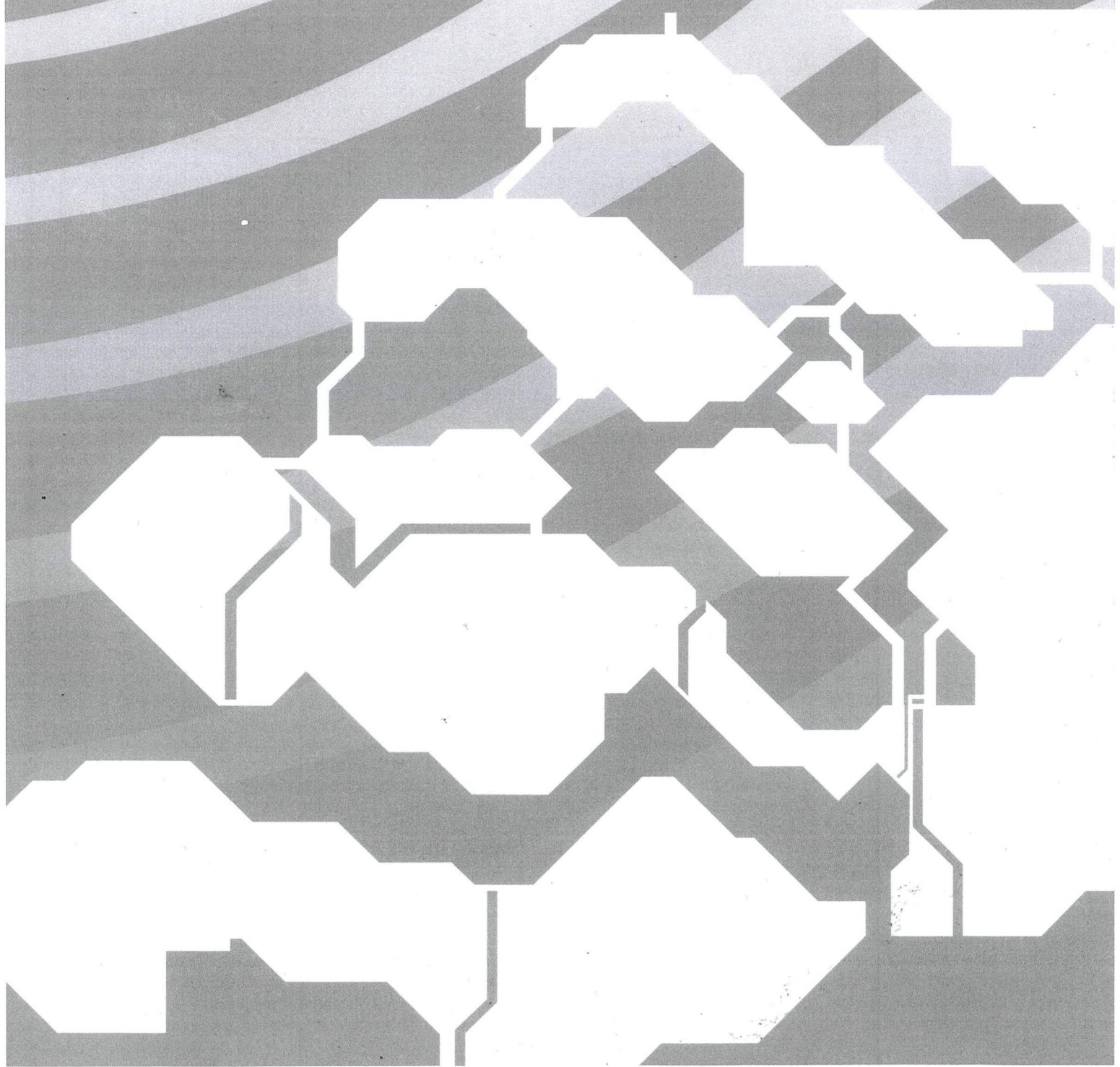




Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Directie Zeeland



Waqua model Grevelingenmeer

Presentatie Grevelingenmodel



Waqua model Grevelingenmeer,

Presentatie Grevelingenmodel

P. Lievense
Middelburg, december 1998.

Rijkswaterstaat, directie Zeeland

Rapport nr. AX 98.005



Inhoudsopgave.

1. Inleiding 3
2. Beschrijving van het model 4
 - 2.1 Algemeen 4
 - 2.2 Modelparameters 4
 - 2.3 Beschikbare meetlocaties 5
 - 2.4 Randvoorwaarden 6
 - 2.5 Beginvoorwaarden 6
3. Calibratie 7
 - 3.1 Algemeen 7
 - 3.2 Uitgevoerde berekeningen 7
 - 3.3 Resultaten waterstanden en debieten 8
4. Verificatie 11
 - 4.1 Uitgevoerde berekeningen 11
 - 4.2 Resultaten waterstanden 11
5. Conclusies en aanbevelingen 12
6. Literatuur 13

Bijlagen.

1. Overzicht model met lokaties
2. Aansluiting op Kuststrookmodel
3. Overzicht modelrand en barrier Brouwerssluis
4. Overzicht wind, neerslag en sluisopeningen
5. Modelresultaten waterstanden periode 980803-980806
6. Modelresultaten waterstanden periode 980831-980906
7. Modelresultaten waterstanden periode 980912/15-980918
8. Modelresultaten waterstanden periode 981001-981006
9. Modelresultaten debieten periode 981001-981006
10. Modelresultaten waterstanden periode 981119-981129



1. Inleiding.

In de loop van de laatste jaren is voor de Nederlandse wateren een nieuwe serie waterloopkundige modellen (Simona, lit[1]) ontwikkeld, ter ondersteuning van het beheer en voor het uitvoeren van onderzoek. Dit betreft in het beheersgebied van directie Zeeland in hoofdzaak de getijdewateren. Tot op heden was voor het Grevelingenmeer een dergelijk model niet beschikbaar. Met de ontwikkeling van het nieuwe beheersplan, dat in 1999 in werking zal treden, blijkt een dergelijk model gewenst. Het nieuwe beheer zal er op gericht zijn, dat de Brouwerssluis, die nu in de zomermaanden gesloten blijft, het hele jaar door zoveel mogelijk opengesteld wordt. Gestreefd wordt naar een maximale uitwisseling met Noordzeewater. In eerste aanleg wordt hierbij het huidige streefpeil gehandhaafd. In een later stadium is het idee over te gaan naar een meer variabel streefpeil.

Het huidige streefpeil op het meer is -0.20 m NAP met een fluctuatie van +/- 0.10 m. Het openen of sluiten van de schuiven in de Brouwerssluis is alleen toelaatbaar bij een waterstandsverschil over de sluis van maximaal 0.60 m. Het waterstandsverloop op het meer bij volledig geopende sluis bedraagt onder gemiddelde omstandigheden 0.05 à 0.06 m. De bediening van de sluis geschiedt nu door de dienstkring, waarbij op basis van vast ingestelde grenswaarden voor spuien en inlaten de sluis wordt bediend. Als maatstaf wordt de waterstand bij Bommenede aangehouden. Het is de bedoeling het model in te zetten voor het berekenen van de verwachte peilfluctuatie. Het model wordt daartoe in de dagelijkse verwachting van het hydro-meteo-centrum (hmc) opgenomen. Het hmc-bericht kan dan gebruikt worden voor de aansturing van de Brouwerssluis.

Verder kan het model in de toekomst worden ingezet bij eventuele peilstudies. Na uitbreiding van het model naar een 3D versie kan ook onderzoek plaats vinden naar stratificatieverschijnselen, welke in de zomermaanden regelmatig optreden. Hiervoor is wel uitbreiding binnen Simona nodig met een temperatuurmodule.

Er is besloten om voor het Grevelingenmeer een kromlijinig 2dh waterbewegingsmodel te ontwikkelen, met als naam het Grevelingenmodel. Het rekenrooster sluit aan op het kromlijinig rooster van het Kuststrookmodel van RIKZ (lit [1]). Voor het ontwerp van het rooster is op 28 april 1998 opdracht verleend aan Alkyon, Hydraulic Consultancy and Research BV te Emmeloord. Tijdens het ontwerp van het rooster was er tevens overleg met R. van Dijk en R. Plieger van RIKZ Den Haag. Het rooster is opgeleverd op 30 juni 1998 (lit [2]). De bodem van het model gaat uit van de huidige situatie met een bodemligging uit 1991.

In de Brouwersdam is naast de Brouwerssluis ook een vissluis aangelegd. Deze staat het gehele jaar open, echter niet gelijktijdig met de Brouwerssluis. Gezien de geringe debieten door de vissluis (bij volledig geopende schuiven is dit orde grootte 5% van debiet van de Brouwerssluis), zijn deze niet in de beschouwingen en berekeningen meegenomen.

De bouw, calibratie en verificatie van het model worden in dit rapport gepresenteerd. Hoofdstuk 2 bevat een modelbeschrijving. De resultaten van de calibratie en de verificatie worden in hoofdstuk 3 en 4 besproken. Tot slot worden in hoofdstuk 5 een aantal conclusies en aanbevelingen gegeven.



2. Beschrijving van het model.

2.1 Algemeen.

Het rekenrooster zoals het is ontwikkeld, is weergegeven op bijlage 1. De rand van het Grevelingenmodel is tevens de aansluiting op het Kuststrookmodel (bijlage 2). Het model bestaat uit een stuk voordelta en het Grevelingenbekken. Deze zijn verbonden door de Brouwerssluis, welke is gemodelleerd als barri er. De twee kokers van de sluis zijn als aparte barri er opgenomen. Voor de huidige behoefte is alleen de waterstand op het Grevelingenbekken van belang. Uit oogpunt van kortere rekentijd, met name voor operationele toepassingen, is de voordelta verkleind tot een gebied rond de meetlocatie BG8 (bijlage 3). De meetwaarden van BG8 dienen als waterstandsrandvoorwaarden van het model. Verder sluit het rooster aan op de hevel in de Grevelingendam. Voor eventuele berekeningen met gebruik van de hevel moet worden opgemerkt, dat deze deze als zodanig nog niet in het model is opgenomen.

Het model is in de eerste plaats opgezet ten behoeve van het peilbeheer op het Grevelingenmeer. De invloed van de saliniteit op de waterbeweging is in de afregeling niet meegenomen. De saliniteitsverschillen tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer samen met het relatief geringe debiet door de Brouwerssluis hebben nauwelijks invloed op de waterstand op het Grevelingenmeer. Wanneer in de toekomst het model ingezet zal worden ten behoeve van stratificatieberekeningen, zal de saliniteit wel in de berekening moeten worden meegenomen. De saliniteit zal dan alsnog moeten worden afgeregeld. Mede gezien de lange rekentijden zullen operationele toepassingen hiermee nog wel enige tijd op zich laten wachten. Verder is hiervoor een temperatuurmodule binnen Simona nodig, die nog ontwikkeld moet worden.

2.2 Modelparameters.

De belangrijkste kenmerken en parameters van het model, zoals het is afgeregeld, zijn:

Aantal actieve roosterpunten operationeel model	: circa 17000
Aantal actieve roosterpunten totale model	: circa 25800
Rekentijdstap	: 0.5 minuten
Rekentijd per 24h getij (HP9000/735)	: 24 minuten
Viscositeit	: 1 m ² /s
Bodemruwheid (manning)	: 0.020 m ^{-1/3} s
Windstressco�effici�ent	: 0.0010
Afvoero�effici�ent Brouwerssluis vloeb/eb	: 1.35 / 1.40 ¹⁾
Droogvalprocedure	: 1 (gemiddeld)

1) De calibratie is gestart met een μ_{vloed} en μ_{eb} van 1.35 conform lit [3].

Het aantal roosterpunten is door het weglaten van een groot deel van de voordelta circa 35% kleiner dan het oorspronkelijke rooster. Dit heeft tot gevolg dat de rekentijd per 24 uur getij verlaagd kon worden van circa 41 minuten tot circa 24 minuten op bovengenoemde configuratie met Simona uitlevering 9802.

De rekentijdstap ligt op 0.5 minuten. Deze is bepaald met behulp van het Courant getal, welke voor een nauwkeurige simulatie in het algemeen lager dient te zijn dan 15   25. Voor een rekentijdstap van 0.5 minuten zijn alleen lokaal in relatief diepe en kleine cellen in de



hoofdgeulen, de Courant getallen in de orde van 15 tot 20. Over het algemeen zijn de Courant getallen lager dan 10 [lit 2].

In kleine gebieden (fijnmazig grid) kan de viscositeit een rol spelen. Zo geldt bijvoorbeeld voor rivieren een viscositeit van $1 \text{ m}^2/\text{s}$. Voor grootschalige getijdegebieden speelt de viscositeit geen grote rol. Mede daardoor is de viscositeit gesteld op $1 \text{ m}^2/\text{s}$.

Gezien de geringe stroomsnelheden op het meer zal de invloed van de bodemweerstand marginaal zijn. De invloed van de bodemweerstand voor het zeewaartse deel is gezien de geringe omvang hiervan ook gering. Bij gebruik van het model met het volledige grid dient hier apart aandacht aan te worden besteed in verband met de juiste berekening van de waterstanden voor de Brouwerssluis.

Gezien de geringe peilfluctuaties op het meer is de gemiddelde droogvalprocedure aangehouden.

De afvoercoëfficiënt voor de Brouwerssluis is middels modelberekeningen en prototype-metingen vastgesteld. Zowel voor inlaten als uitlaten werd in eerste aanleg een waarde van 1.35 vastgesteld, zie lit [3]. Bij de calibratie en validatie van het model bleek een grotere waarde voor de eb (1.40) betere resultaten te geven.

2.3 Beschikbare meetlokaties.

De benodigde meetreeksen voor beginvoorwaarden, randvoorwaarden en controlepunten zijn beschikbaar in de WTZ-database van het ZEGE meetnet. De lokaties die van belang zijn voor het model zijn in tabel 1 opgenomen. Voor een aantal lokaties geldt dat deze pas sinds mei 1998 zijn geïnstalleerd. Opgemerkt wordt dat de waterstandsregistraties van Brouwersdam buiten (BRBU) en Brouwersdam binnen (BRBI) ruwe meetwaarden zijn. Het betreft steekwaarden uit een borrelbuis, die verder niet geverifieerd en ingemeten zijn. Deze meetwaarden dienen met de nodige omzichtigheid te worden gehanteerd.

Lokatie	soort gegeven	start registratie	m	n
BG2	wind	voor 1998	-	-
BG8	waterstand	voor 1998	71	92
BOM1 - Bommenede	waterstand	voor 1998	81	219
BRBI - Brouwerssluis - binnen	waterstand	25 mei 1998	71	110
BRBU - Brouwerssluis - buiten	waterstand	25 mei 1998	71	105
Hevel	waterstand	nog te installeren	-	-
Brouwerssluis	hefhoogte schuif	25 mei 1998	71, 72	108

Tabel 1. Lokaties meetnet ZEGE.



2.4 Randvoorwaarden.

De aandrijving van het model geschiedt met een zogenaamde open waterstandsrand aan de zeezijde van het model over de lijnen M= 65 met N= 93-107 en N= 92 met M= 66-82. De rand ligt ter plaatse van de meetlocatie BG8. De waterstand van BG8 wordt opgelegd op de hoekpunten van de modelrand. De verschillen in waterstand tussen de hoekpunten onderling is marginaal, zodat kan worden volstaan met de waterstanden van BG8 (bijlage 3).

De gemeten windsnelheid en windrichting van BG2 wordt gebruikt als windrandvoorwaarde voor het gehele model. Bij ontbrekende waarden kan uitgeweken worden naar de meetlocaties OS4 (Mond Oosterschelde) en Stavenisse.

De schuifstanden van de Brouwerssluis worden ingewonnen en opgeslagen als hefhoogte van de schuif ten opzichte van de onderzijde van de koker. Deze hefhoogten worden vertaald naar een hefhoogte ten opzichte van NAP en als randvoorwaarde opgelegd aan de als barriër geschematiseerde Brouwerssluis (bijlage 3). De M,N coördinaten van de barriër zijn voor respectievelijk de noordelijke en zuidelijke koker : 71,108 en 72,108.

De afmetingen van de barriër zijn:

- breedte 6.00 m
- hoogte onderzijde koker -11.00 m tov NAP
- hoogte bovenzijde koker -6.50 m tov NAP

Van directe invloed op het peil is de neerslag. Wanneer het grote hoeveelheden betreft zullen de modelresultaten merkbaar afwijken. In de WTZ-database is gemeten neerslag beschikbaar als gemiddelde van de lokaties Vlissingen, Woensdrecht en Gilze-Rijen. Deze neerslag kan worden vertaald naar een debietrandvoorwaarde voor het model. Zie verder par. 3.3.2.

2.5 Beginvoorwaarden.

De beginvoorwaarden voor de waterstanden worden voor het zeewaartse gedeelte en voor het Grevelingenmeer apart opgegeven. Voor het zeewaartse gedeelte wordt de berekening gestart met een waterstand van circa 0.5 à 1.0 m. Het grootste deel van het gebied staat dan onder water, hetgeen voor een goed functioneren van de droogvalprocedure noodzakelijk is. Er wordt gewerkt aan een verbeterde droogvalprocedure zodat in de toekomst deze eis ten aanzien van de beginvoorwaarde mogelijk kan vervallen.

De beginvoorwaarde van de waterstand op het meer wordt vastgesteld op de waterstand van meetlocatie BOM1, op het tijdstip dat de berekening wordt gestart. Met de scheefstand op het meer wordt verder geen rekening gehouden.

Het model is na een aantal uren ingespeeld. Bij de berekeningen wordt als inspeeltijd circa 1 dag aangehouden.



3. Calibratie.

3.1 Algemeen.

Bij de afregeling van het model spelen een aantal factoren een rol, welke afzonderlijk beschouwd moeten worden om inzicht te krijgen in de invloed hiervan op de modelresultaten. Dit is van belang gezien de relatief geringe marges waarbinnen het peilbeheer zich beweegt.

Het betreft de volgende factoren:

-Debiet door de Brouwerssluis.

Voor een juist peilverloop op het meer dient het debiet goed te worden weergegeven. Stuurparameter is de afvoercoëfficiënt. Ter controle is vergelijk mogelijk met berekende debieten die bepaald zijn uit de waterstanden Bommenede en BG8. Dit debiet wordt berekend met afvoercoëfficiënt 1.35, conform lit [3].

-Windinvloed.

Op- en afwaaiing zijn van invloed op de waterstanden. Het meetpunt Bommenede ligt ongeveer midden in het meer. Er wordt vanuit gegaan dat de waterstand op dit punt het meest representatief is voor het meer. Stuurparameter voor de wind is de windstresscoëfficiënt. Voor de controle zijn momenteel alleen de waterstandslokaties op de Brouwerssluis (BRBI) en Bommenede (BOM1) beschikbaar.

-Neerslag en polderwaterlozingen.

Deze zijn van belang in natte perioden en kunnen als debietrandvoorwaarde meegenomen worden. De neerslag wordt gemeten en is in de WTZ-database van het ZEGE-meetnet voorhanden, zie par 2.4 . Ten aanzien van polderwaterdebieten geldt dat deze pas in een later stadium via de waterschappen beschikbaar komen. Voor operationele toepassingen kan dus alleen de neerslag worden meegenomen. Dit kan onnauwkeurig zijn, aangezien neerslag plaatselijk sterk kan verschillen.

3.2 Uitgevoerde berekeningen.

De perioden waarover de berekeningen zijn uitgevoerd, worden beperkt door de beschikbaarheid van de metingen van de waterstanden en de hefhoogten op de Brouwerssluis. In de periode juni t/m november 1998 zijn een aantal perioden geselecteerd, waarbij gelet is op representatieve combinaties van sluis open/dicht, veel/weinig neerslag en veel/weinig wind. Een overzicht van deze parameters over juni t/m november 1998, alsmede de geselecteerde perioden zijn opgenomen op bijlage 4.

Een aantal modelparameters zijn gewijzigd, om inzicht te krijgen in de invloed hiervan op de modelresultaten. Bij de berekeningen waarbij de neerslag is meegenomen wordt opgemerkt, dat achteraf uit de maandelijkse statistiek van de neerslag (KNMI) bleek, dat de gemeten neerslag te Brouwershaven hoger was dan de neerslag die gebruikt is. Aangezien neerslag lokaal sterk kan verschillen, zal dit in de toekomst bij gebruik van de neerslaggegevens vanuit de WTZ-database een mogelijke oorzaak zijn van eventuele afwijkingen.

De geselecteerde perioden en de instellingen van de modelparameters van de uitgevoerde berekeningen zijn opgenomen in tabel 2. De uiteindelijke instelling van de modelparameters is beschreven in par 2.2.

	Periode	karakteristiek sluis	wind	neerslag [mm]	μ sluis	Cd windstress	visc	manning
1a	980803 - 980806	-	4-7 Bft	-	nvt	.0010	1.0	.02
1b	wijziging Cd				nvt	.0020	1.0	.02
1c	wijziging viscositeit				nvt	.0010	10.0	.02
1d	wijziging manning				nvt	.0010	1.0	.03
2a	980831 - 980906	-	4-6 Bft	47 (54 ¹)	nvt	.0010	1.0	.02
2b	+ neerslagdebiet			+Qn	nvt	.0010	1.0	.02
3a	980912 - 980918	open	4-9 Bft	63 (96 ¹)	1.35	.0010	1.0	.02
3b	+neerslagdebiet			+Qn	1.35	.0010	1.0	.02
3c	+neerslagdebiet*2.5			+2.5*Qn	1.35	.0010	1.0	.02
3d	980915 - 980918	open	4-9 Bft	6 mm	1.35	.0010	1.0	.02
4a	981001 - 981006	open	2-5 Bft	5 mm	1.35	.0010	1.0	.02
4b	aanpassing $\mu_{eb}=1.4$				1.35 /1.4	.0010	1.0	.02

Tabel 2. Uitgevoerde berekeningen voor de calibratie van het model.

¹) neerslaggegevens Brouwershaven, bron maandelijks neerslagoverzicht KNMI

3.3 Resultaten waterstanden en debieten.

3.3.1 berekening 1 - periode 980803-980806.

De berekeningsperiode wordt gekenmerkt door:

- Wind 4-7 bft uit richtingen tussen Zuidwest en Noordwest.
- Geen neerslag.

-Brouwerssluis dicht gedurende de gehele periode.

-Vissluis geopend gedurende de gehele periode.

Gewijzigd zijn de windstresscoëfficiënt (cd), de manningwaarde en de viscositeit. De resultaten van deze berekening zijn gepresenteerd op bijlage 5.

Uit de resultaten blijkt:

- Een nagenoeg constant peil bij BOM1. Kennelijk is de invloed van de vissluis marginaal.
- Een hogere cd waarde (berekening 1b) geeft iets grotere fluctuaties van de waterstand ten opzichte van berekening 1a, met name op 3 augustus, gedurende de periode met de grootste windsterkste.
- Wijzigen van de manningwaarde (berekening (1c) en de viscositeit (berekening 1d) heeft nauwelijks invloed op de waterstanden.
- De resultaten van de waterstanden van BRBU worden besproken in 3.3.5.

3.3.2 berekening 2 - periode 980831-980906.

De berekeningsperiode wordt gekenmerkt door:

- Wind 4-6 bft uit alle richtingen.
- Neerslag 47 mm, vrij gelijkmatig verdeeld over 1 t/m 5 september.
- Brouwerssluis dicht gedurende de gehele periode.
- Vissluis geopend tot 3 september 7.30 uur.



In deze berekening is de invloed van de neerslag onderzocht. De resultaten zijn gepresenteerd op bijlage 6.

Uit de resultaten blijkt:

- Een constant peil bij BOM1, terwijl de meting een peilstijging te zien geeft van 5 cm. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat de neerslag niet in berekening 2a is meegenomen.
- De geringe peilfluctuaties ten gevolge van de wind zijn in model en meting van dezelfde orde van grootte.
- Het vertalen van neerslag naar een debiet op het meer (berekening 2b), laat zien dat de neerslag, wanneer het grotere hoeveelheden betreft, een factor is die in de berekeningen moet worden meegenomen.
- De resultaten van de waterstanden van BRBU worden besproken in 3.3.5.

3.3.3 berekening 3 - periode 980912/15-980918.

Er zijn twee basisberekeningen uitgevoerd, met startdatum 12 en 15 september, respectievelijk berekening 3a, voor de grote neerslaghoeveelheid en berekening 3d, na de grote neerslag-hoeveelheid. De berekeningsperiode wordt gekenmerkt door:

- Wind 4-9 bft uit overwegend West tot Noordwest.
- Neerslag: totaal 63 mm, hoofdzakelijk op 13 en 14 september.
- Brouwerssluis af en toe open ten behoeve van peilbeheer, waarbij er alleen is gespuid.

Er is in deze berekeningen nader gekeken naar de invloed van neerslag en voor zover mogelijk naar de invloed van het spuien met de Brouwerssluis. De resultaten zijn gepresenteerd op bijlage 7.

Uit de resultaten blijkt:

- Ten gevolge van de neerslag wordt een forse peilstijging op het meer waargenomen. Neerslag als randvoorwaarde blijkt dan ook noodzakelijk.
- De daling van het peil bij BOM1, ten gevolge van het openstellen van de Brouwerssluis bedraagt ca 15 cm in berekening 3a en ca 19 cm in berekening 3d. De gemeten peildaling bij BOM1 bedraagt 18 cm. Uitgaande van berekening 3d, omdat deze de werkelijke peilen beter weergeeft, blijkt dat de gebruikte afvoercoëfficiënt voor spuien, voor zover kan worden waargenomen, redelijk goede resultaten geeft. Een versturende factor zijn de polderwaterlozingen die ten opzichte van de neerslag naijlen, wat waarschijnlijk de reden is dat de peildaling niet geheel juist wordt weergegeven.
- Meenemen van de neerslag als debietrandvoorwaarde (berekening 3b) is onvoldoende om de peilstijging op 13 en 14 september bij te houden. Een aantal redenen hiervoor kunnen zijn :
 - .De neerslag is hoger dan waar mee is gerekend volgens lokatie Brouwershaven (KNMI).
 - .Gezien de grote hoeveelheid neerslag in korte tijd komt er een extra debiet bij van de poldergemalen.
- Als aanvulling is berekening 3c uitgevoerd, waarbij de neerslaghoeveelheid met een factor 2.5 vermenigvuldigd is, als schatting voor de totale belasting ten gevolge van de neerslag. De peilen worden nu beter weergegeven. De peilstijging op 13 en 14 september loopt nog achter bij de werkelijkheid. Resumerend kan worden gesteld dat het niet altijd voldoende is om alleen de neerslag als randvoorwaarde op te nemen, maar dat polderwaterlozingen een wezenlijke bijdrage vormen aan het peilverloop.
- De resultaten van de waterstanden van BRBU worden besproken in 3.3.5.

3.3.4 berekening 4 - periode 981001-981006.

De berekeningsperiode wordt gekenmerkt door:

- Wind 2-5 bft uit overwegend Noordoost tot Zuidoost.

-Weinig neerslag, totaal 5 mm. Voor het peilverloop is dit van geringe betekenis.
 -Brouwerssluis is het grootste deel van de periode geopend, voor zowel spuien als inlaten. Er is in deze berekeningen nader gekeken naar de invloed van de afvoercoëfficiënt van de Brouwerssluis. Er was weinig wind en weinig neerslag, zodat voor het peilverloop de invloed van de Brouwerssluis maatgevend geacht kan worden in deze periode. In de beschouwing is ook betrokken het debiet door de Brouwerssluis dat berekend wordt uit het waterstandsverschil Bommenede en BG8. De hiervoor gebruikte afvoerformule, met $\mu_{\text{vloed}} = \mu_{\text{eb}} = 1.35$, is dezelfde als die binnen waqua wordt gebruikt. De resultaten zijn gepresenteerd op bijlage 8 en 9.

Uit de resultaten blijkt:

- Peilfluctuaties ten gevolge van het openstellen van de Brouwerssluis laten voor BRBI en BOM1 een goede overeenkomst zien met de registraties.
- Over een langere periode geeft het model een hogere waterstand, voornamelijk bij Bommenede. Het verschil loopt op tot 2 à 3 cm.
- De waqua-debietten zijn zowel voor vloed als voor eb iets lager dan de debieten berekend uit BG8 en BOM1. Bedacht moet worden dat debietberekening uit waterstanden BOM1 en BG8 ook onnauwkeurigheden bevat.
- De geringe hoeveelheid neerslag en de waarschijnlijk geringe polderwaterafvoeren zullen een marginale invloed op het peil hebben. Ook de windinvloed zal zeker voor de waterstand op lokatie BOM1 niet groot zijn. Opmerkelijk is het dan, dat het berekende peil juist oploopt. Dit zou kunnen betekenen dat de afvoercoëfficiënten van de Brouwerssluis bijgesteld dienen te worden. Aanpassing van de afvoercoëfficiënt voor uitlaten, $\mu_{\text{eb}} = 1.40$ (berekening 4b), geeft een verlaging op de berekende waterstanden voor BOM1 en BRBI van 1 cm ten opzichte van $\mu = 1.35$.
 De verschillen tussen de waqua-debietten en de berekende debieten uit de waterstanden BOM1 en BG8 worden in dit geval voor de vloed groter en voor de eb kleiner.
- De resultaten van de waterstanden van BRBU worden besproken in 3.3.5.

3.3.5 waterstanden Brouwersdam buiten.

Van de hierboven genoemde berekeningen zijn van basisberekening 1a, 2a, 3a, 4a en de verificatie run uit par. 5 de waterstandsverschillen van het model met de waterstandsmetingen ter plaatse van Brouwersdam buiten bepaald. De instellingen van de parameters van deze berekeningen komen overeen met de instellingen conform par. 2.2. Alleen de afvoercoëfficiënt voor uitlaten bedraagt in deze berekeningen nog 1.35 in plaats van 1.40. De invloed hiervan op de waterstanden BRBU is echter te verwaarlozen.

Uit tabel 3 blijkt dat 97% van de verschillen valt tussen -4 en +10 cm. Hogere afwijkingen komen incidenteel voor. Dit betreft dan meestal die perioden waarbij de registratie van BG8 ontbrak. Om toch in de benodigde randvoorwaarden te voorzien zijn de hiaten opgevuld, waarbij uiteraard de berekende waterstand een benadering is van de werkelijkheid. Mede gezien de nauwkeurigheid van de waterstandsmeting zoals in par 3.3 vermeld, blijken de waterstanden bij BRBU goed te worden gereproduceerd.

Registraties : 89.0%				
Gemiddelde : 1.9				
Standaard afwijking : 3.8				
klasse	aantal	frekwentie [%]	cumulatieve frekwentie [%]	
-19 -15	1.	.03	0.03	
-14 -10	0.	.00	0.03	
-9 -5	38.	1.02	1.05	
-4 0	1429.	38.46	39.51	
1 5	1683.	45.29	84.80	
6 10	498.	13.40	98.20	
11 15	51.	1.37	99.57	
16 20	7.	.19	99.76	
>20	9.	.24	100.00	

Tabel 3. Brouwersdam buitenzijde, waterstandsverschillen model - opgetreden

4. Verificatie.

4.1 Uitgevoerde berekeningen.

Voor een verificatieberekening van het model is gekozen voor de periode 19 t/m 29 november 1998. Deze periode wordt gekenmerkt door:

- Wind 3-6 bft, uit richtingen Zuidoost-Zuid tot Noordwest.
- Weinig neerslag, nl 15 mm aan het einde van de periode.
- Brouwerssluis is voor het grootste gedeelte van de tijd geopend.

Gelet op het toekomstig gebruik van de Brouwerssluis kan dit als een representatieve periode worden beschouwd. De neerslag is gering, hetgeen de modelresultaten niet negatief kan beïnvloeden. De wind is matig tot vrij krachtig, maar gezien de centrale ligging in het meer van de waterstandslokatie BOM1, waarop gestuurd wordt, is dit niet van doorslaggevende betekenis. De resultaten zijn gepresenteerd op bijlage 9.

4.2 Resultaten waterstanden.

Uit de resultaten blijkt:

- De afwijkingen op de waterstanden bij BOM1 variëren van 0-1 cm, waarbij het model de waterstanden overwegend te hoog berekend. De afwijkingen bij BRBI variëren van 0-2 cm en worden overwegend te laag berekend. Hierbij moet bedacht worden, dat de ingewonnen meetwaarden van BRBI ruwe meetwaarden zijn.
- De afwijkingen vertonen eenzelfde beeld als voor de periode 981001-981006 (berekening 4). De waterstand bij BOM1 in het model werd daar ook iets te hoog berekend. Om dit verschil te verkleinen zou de μ_{eb} nog meer vergroot kunnen worden. Gezien het feit dat er meerdere onzekere factoren een rol spelen, zal de gemeten en berekende waterstand bij BOM1 na enige tijd toch divergeren. De instelling van μ_{vloed} en μ_{eb} worden daarom niet verder gewijzigd. Voor de correctie van de waterstandsafwijkingen bij BOM1 wordt een andere methode aanbevolen, waarbij alle onzekerheden meegenomen worden (zie par 5, conclusies en aanbevelingen).
- De resultaten van de waterstanden van BRBU zijn meegenomen in par. 3.3.5.

5. Conclusies en aanbevelingen.

Met de calibratie en verificatie van het Grevelingenmodel is een 2dh waterbewegingsmodel beschikbaar, dat gebruikt kan worden voor berekening van waterstanden op het Grevelingenmeer en debieten door de Brouwerssluis. Het model kan ingezet worden voor onderzoeks- en operationele toepassingen. Het model is alleen afgeregeld voor waterstanden. Gezien de behoefte op korte termijn heeft er geen afregeling op saliniteit plaatsgevonden.

De afwijking van de berekende waterstanden onder normale omstandigheden bedragen bij Bommenede maximaal 2 cm. Voor een goede beoordeling van de waterstanden bij de Brouwerssluis is een nadere validatie van het meetpunt nodig. Wanneer dit gereed is en ook het waterstandsmeetpunt bij de hevel is ingericht en gevalideerd, kan de ingestelde waarde van de windstresscoëfficiënt worden gecontroleerd.

De waterstand op het meer wordt niet alleen beïnvloed door de Brouwerssluis en de wind, maar ook door de factoren neerslag, verdamping en polderlozingen. Voor de neerslag geldt dat deze informatie online beschikbaar is als gemiddelde van een drietal meetlokaties in de omgeving. Voor verdamping en polderwaterlozingen is er geen directe informatie beschikbaar.

Aanbevolen wordt de neerslag mee te nemen in de berekeningen, daar deze bij grotere hoeveelheden een duidelijk merkbare invloed heeft op het peil. De neerslag kan dan worden vertaald naar een debietrandvoorwaarde die op 1 of meerdere plaatsen in het model ingevoerd kan worden.

De invloed van polderwaterlozingen is gezien de oppervlakte van het af te wateren gebied van dezelfde orde dan de neerslag. Onzekere factor hierbij is de capaciteit die ingezet wordt en de begin- en eindtijd van lozen. Waarschijnlijk is alleen bij grotere neerslaghoeveelheden dit van belang. Mogelijk kan er een schatting worden gegeven van het debiet van de polderwaterlozing door te zoeken naar een relatie tussen neerslag en polderwaterdebiet. De invloed van verdamping en het debiet door de visluis bedraagt naar schatting maximaal enkele mm per dag. Deze worden in de berekeningen niet meegenomen.

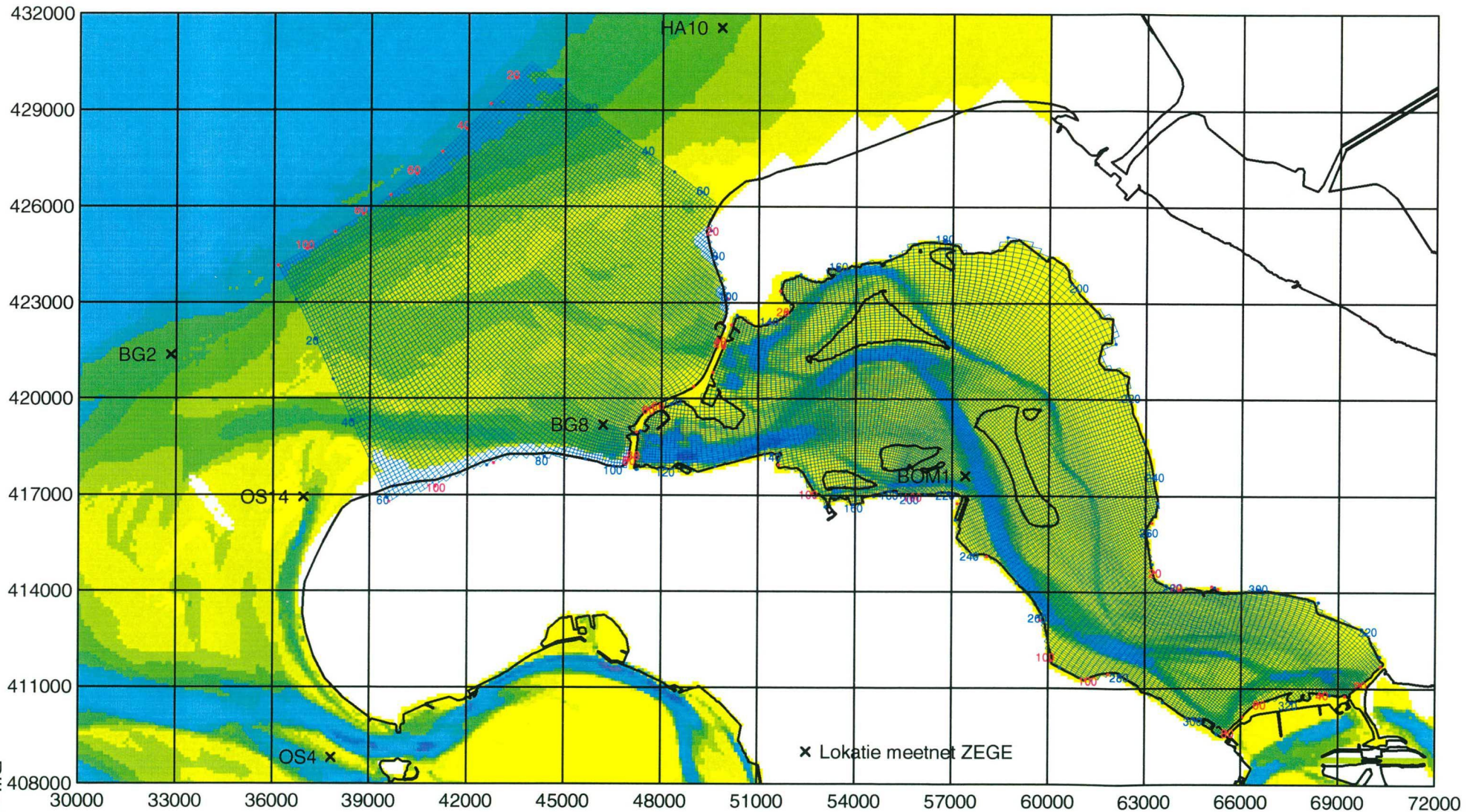
Bij operationeel gebruik, zoals dit op het hmc gebeurt, wordt er steeds een doorstart gemaakt op de meest recente berekening. Door de hierboven genoemde onnauwkeurigheden zal het model een steeds grotere afwijking gaan vertonen. Om deze afwijking zo klein mogelijk te houden worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- Neem zoveel mogelijk informatie mee in de berekeningen. Met name betreft dit neerslag en polderwaterafvoer.
- Het verschil tussen meting en berekening dat overblijft kan middels de volgende methode worden gecorrigeerd. Van de afgelopen nader te bepalen periode wordt de gemiddelde modelafwijking bepaald. Dit verschil wordt omgerekend naar een debiet dat op 1 of meerdere plaatsen in het meer als extra randvoorwaarde kan worden opgelegd. Door dit als een voortschrijdend proces in het operationeel gebruik mee te nemen, zal het modelresultaat om de meting heen bewegen.
- Indien de hier genoemde correctiemethode toch te grote afwijkingen mocht geven, kan er Kalman-filtering worden toegepast.

6. Literatuur.

1. Rekenroosters van RWS basismodellen van Oceaan tot Nederlandse binnenwateren. Werkdocument RIKZ/OS-98.140x, april 1998. Rijkswaterstaat, RIKZ.
2. Roostergeneratie Grevelingenmeer. Juli 1998, Alkyon bv, Emmeloord.
3. Nota Brouwerssluis. Nota ten behoeve van de overdracht van de Brouwerssluis van de Deltadienst naar de directie Zeeland van de Rijkswaterstaat. Deltadienst, 13-3-1980.
4. Usersguide Waqua. Simona-report 92-10. Oktober 1998. EDS / Rijkswaterstaat, RIKZ.
5. Ontwerp waterbeheersplan Grevelingenmeer 1999-2003 Rijkswaterstaat, Directie Zeeland.

Grevelingenmeer – rekenrooster waquamodel

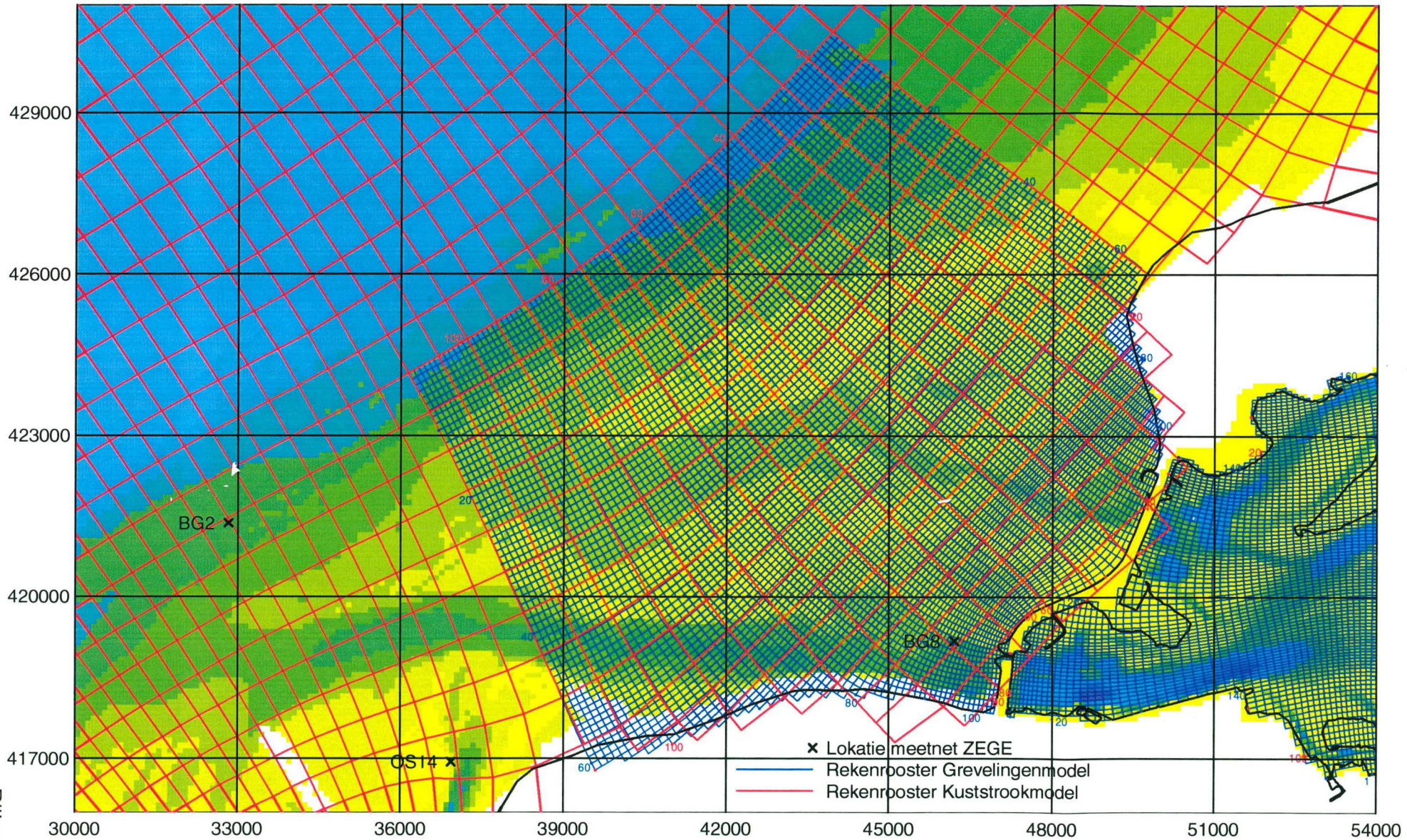


Bijlage 1

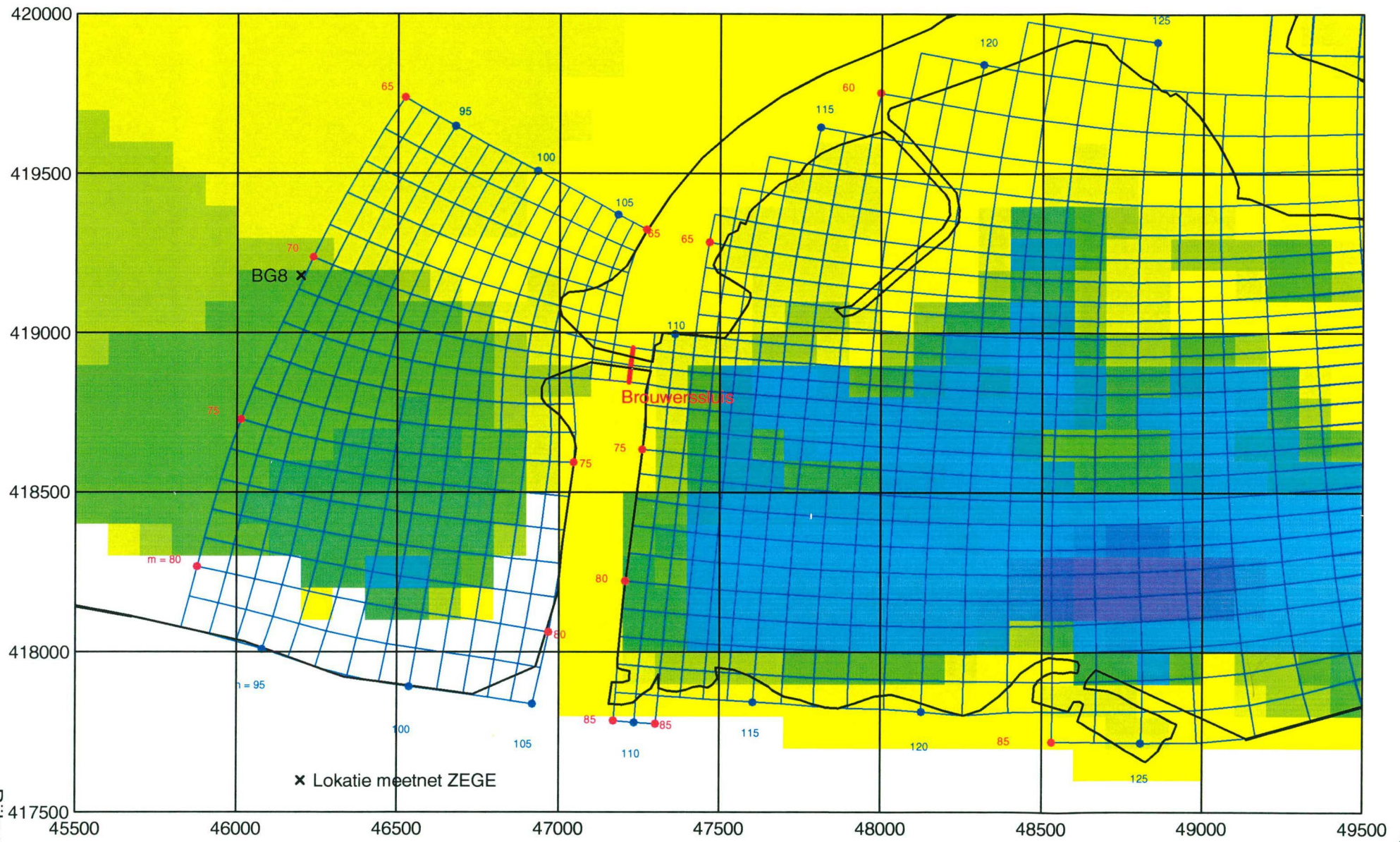




Grevelingenmeer – rekenrooster met aansluiting op Kuststrookmodel

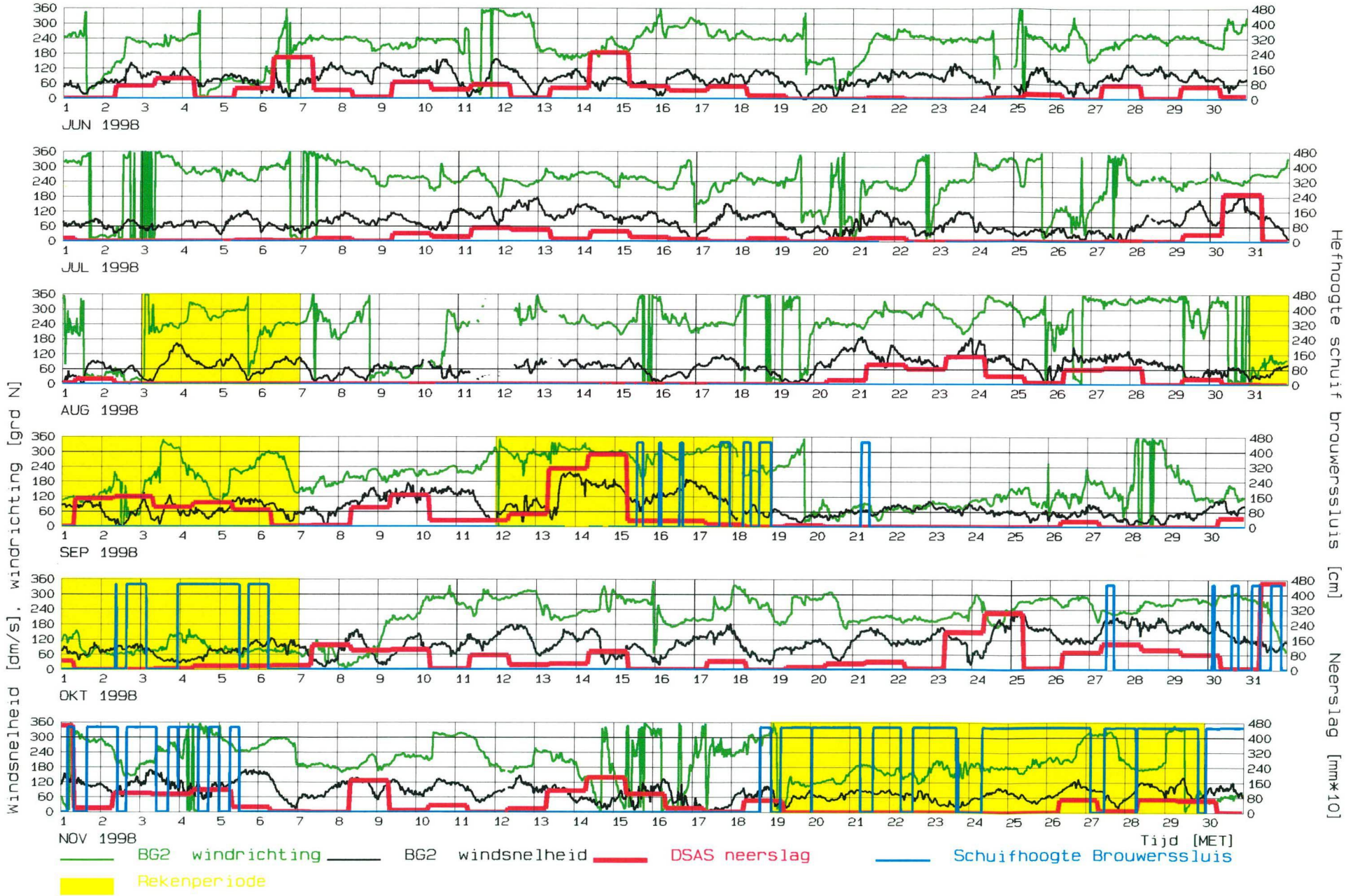


Grevelingenmeer – rekenrooster operationeel model – detail modelrand





Grevelingen - wind, neerslag en schuifhoogten.

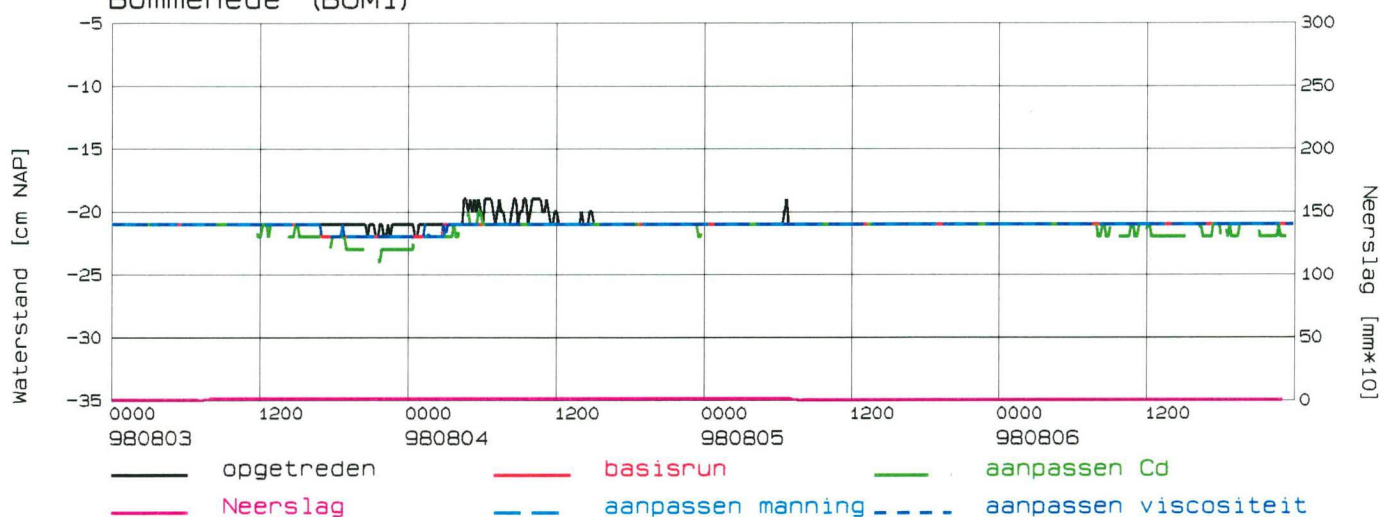




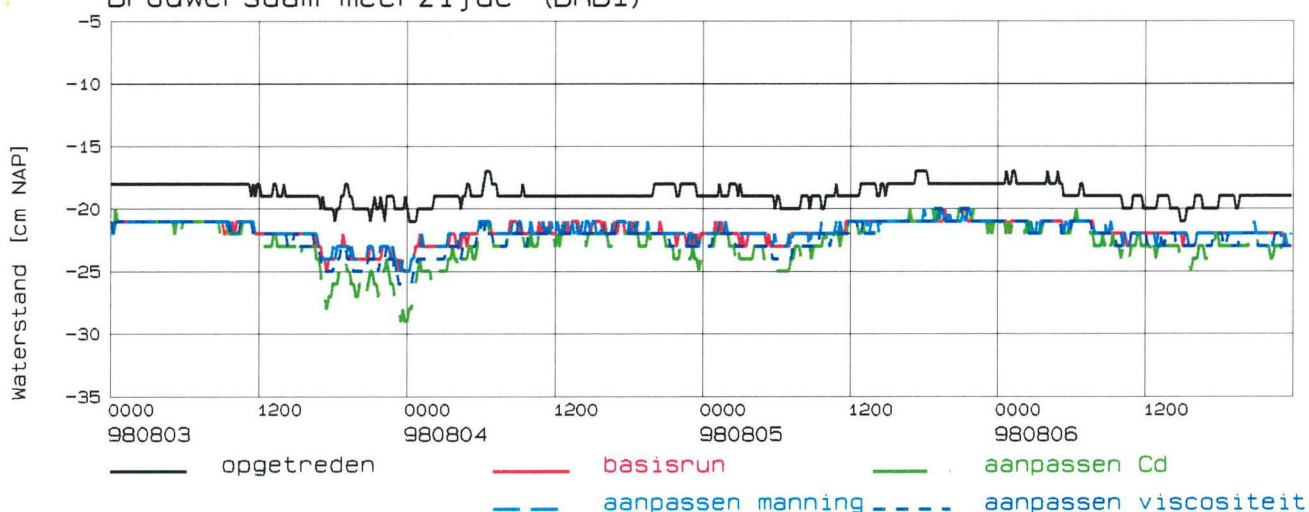
Grevelingenmodel

Berekening 1, periode 980803-980806

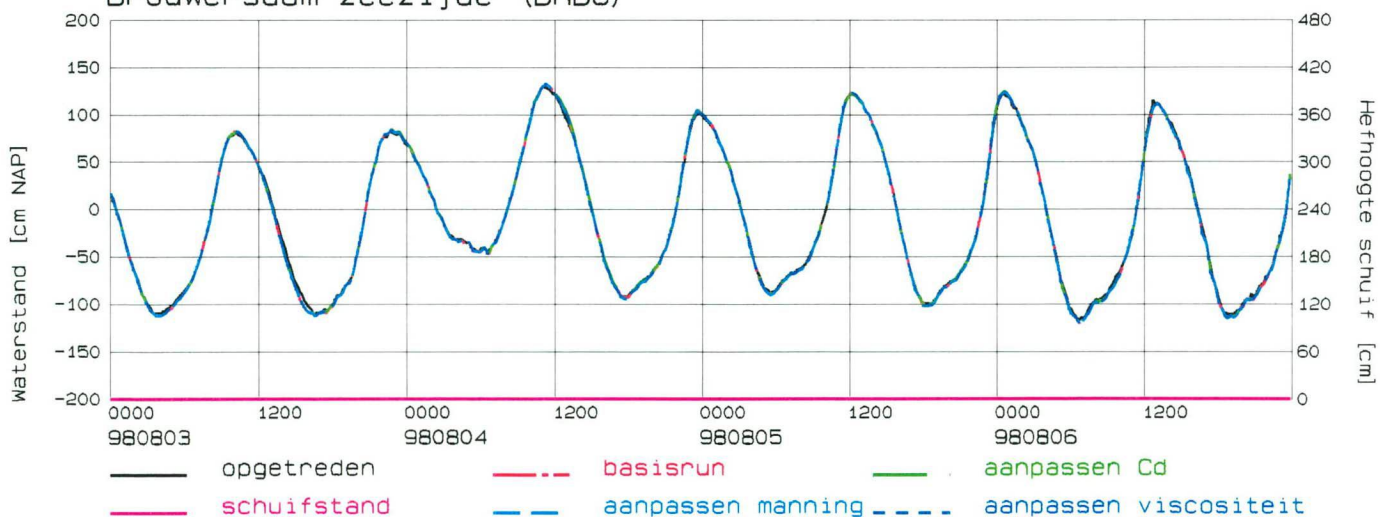
Bommenede (BOM1)



Brouwersdam meerzijde (BRBI)



Brouwersdam zeezijde (BRBU)

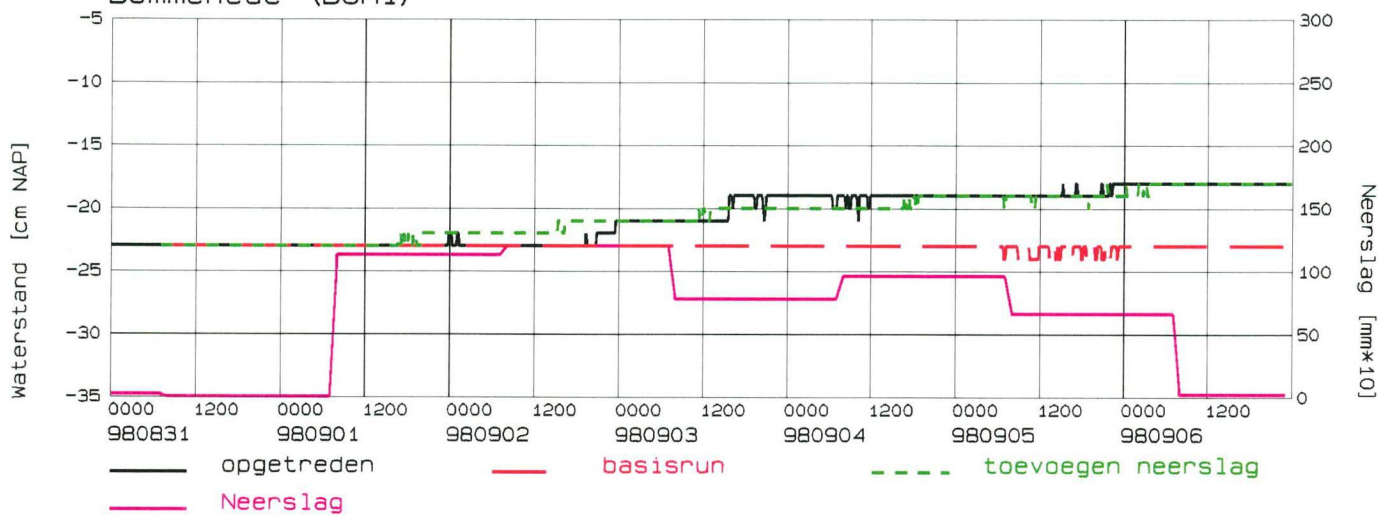




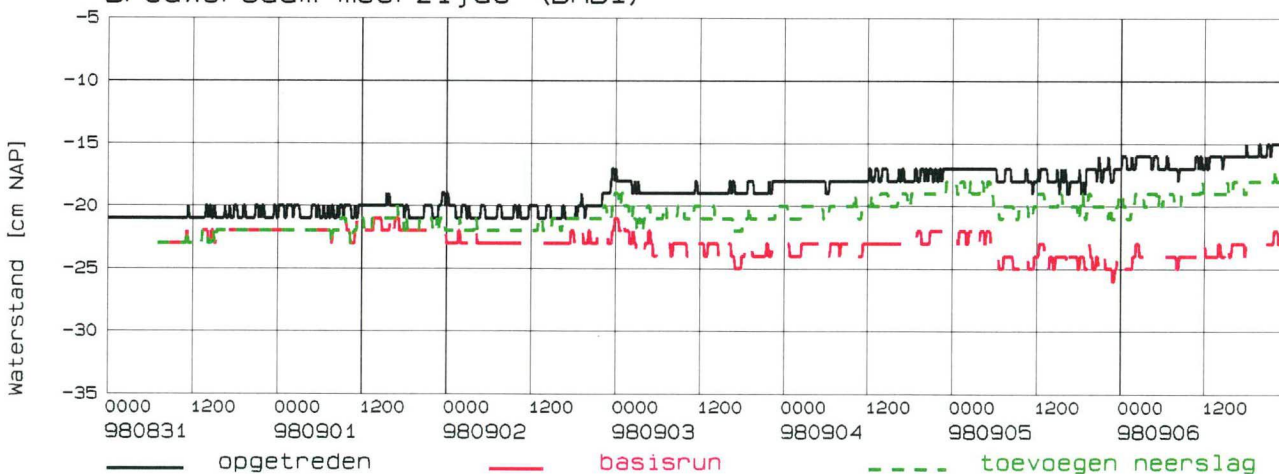
Grevelingenmodel

Berekening 2, periode 980831-980906

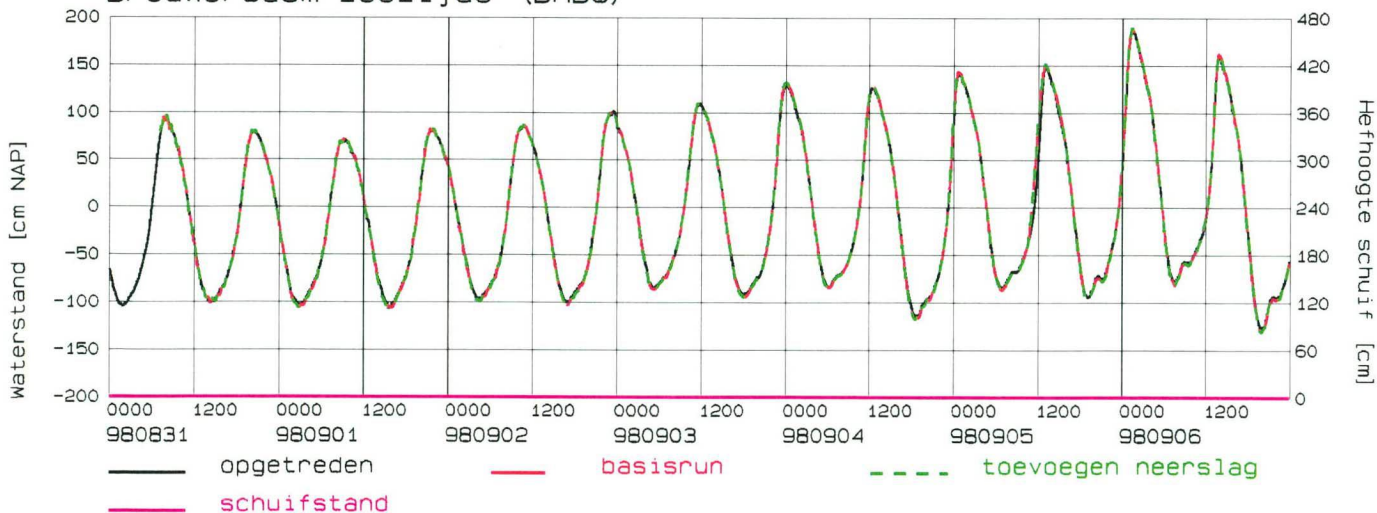
Bommenede (BOM1)



Brouwersdam meerzijde (BRBI)



Brouwersdam zeezijde (BRBU)

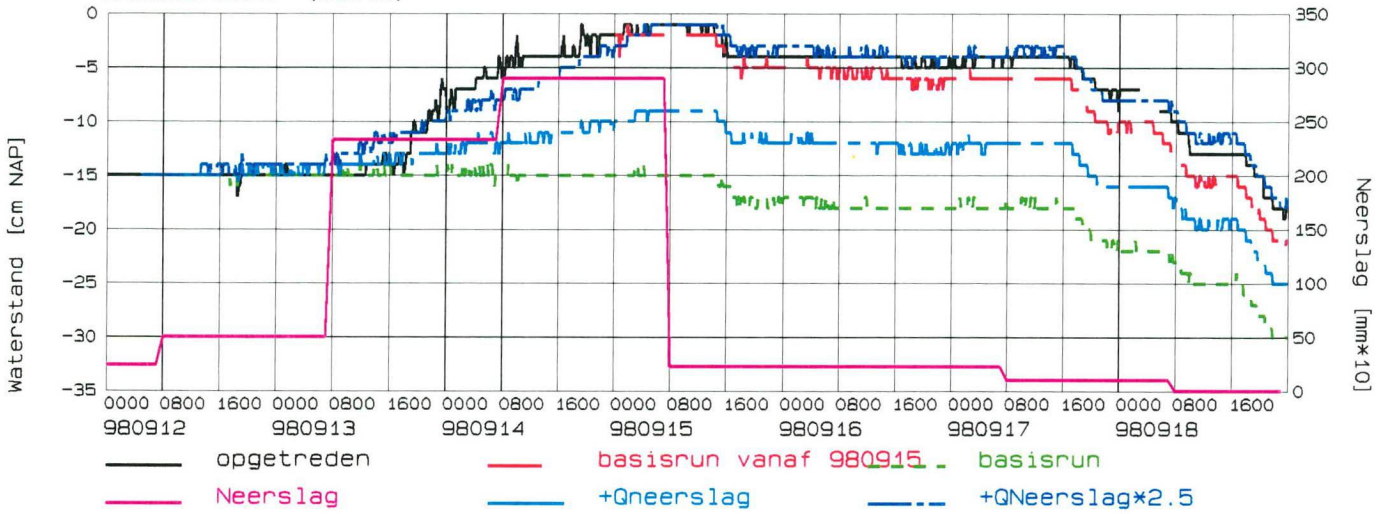




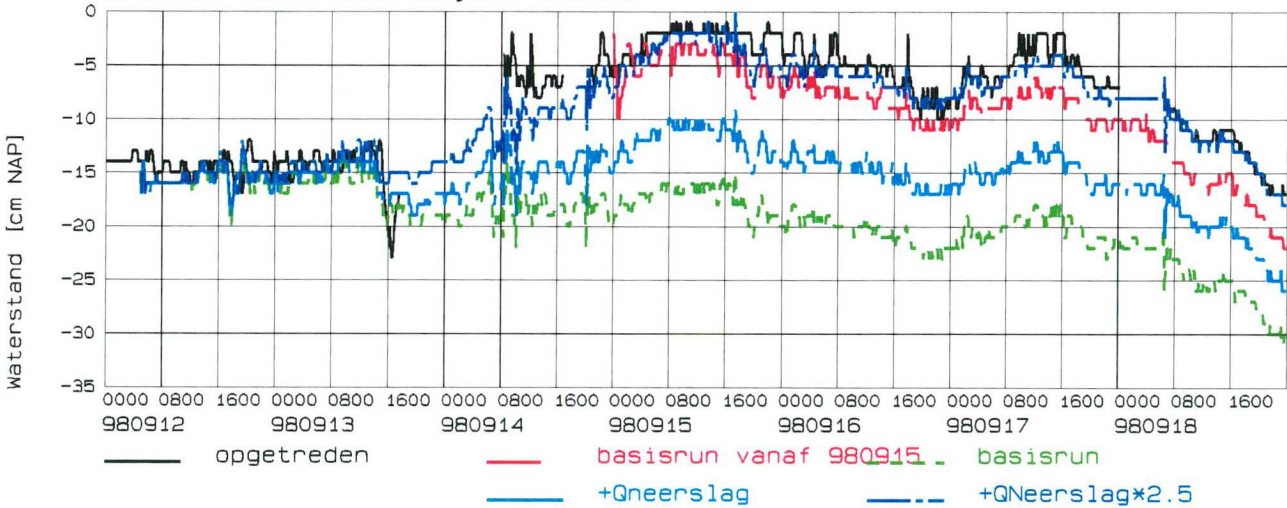
Grevelingenmodel

Berekening 3, periode 980912/15-980918

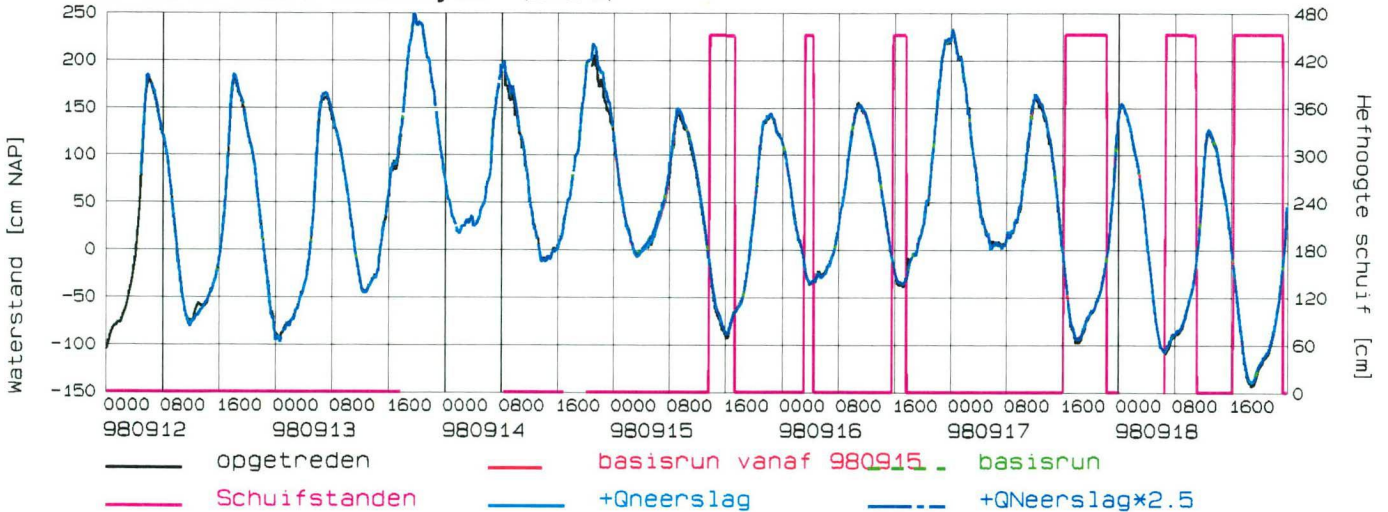
Bommenede (BOM1)

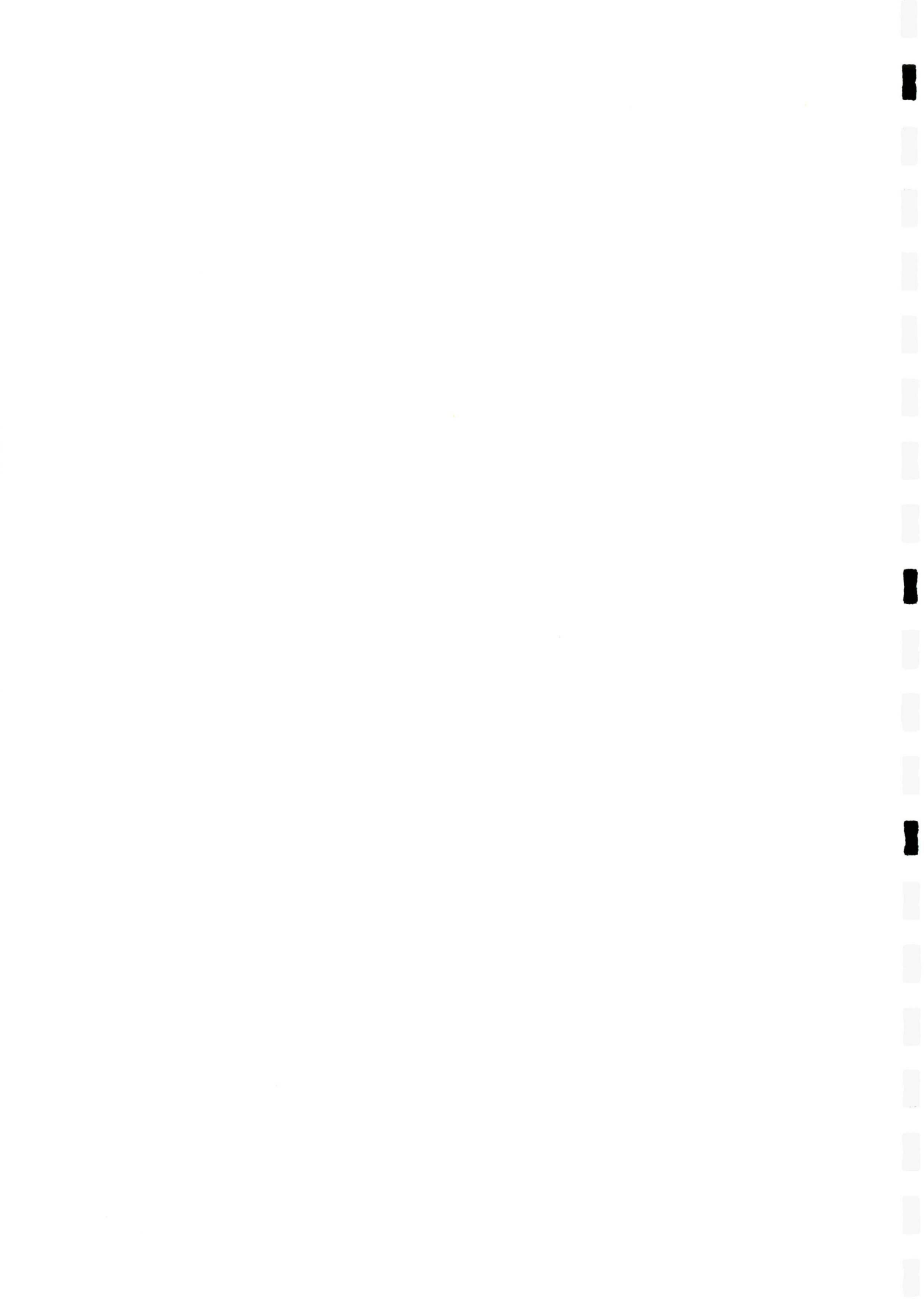


Brouwersdam meerzijde (BRBI)



Brouwersdam zeezijde (BRBU)



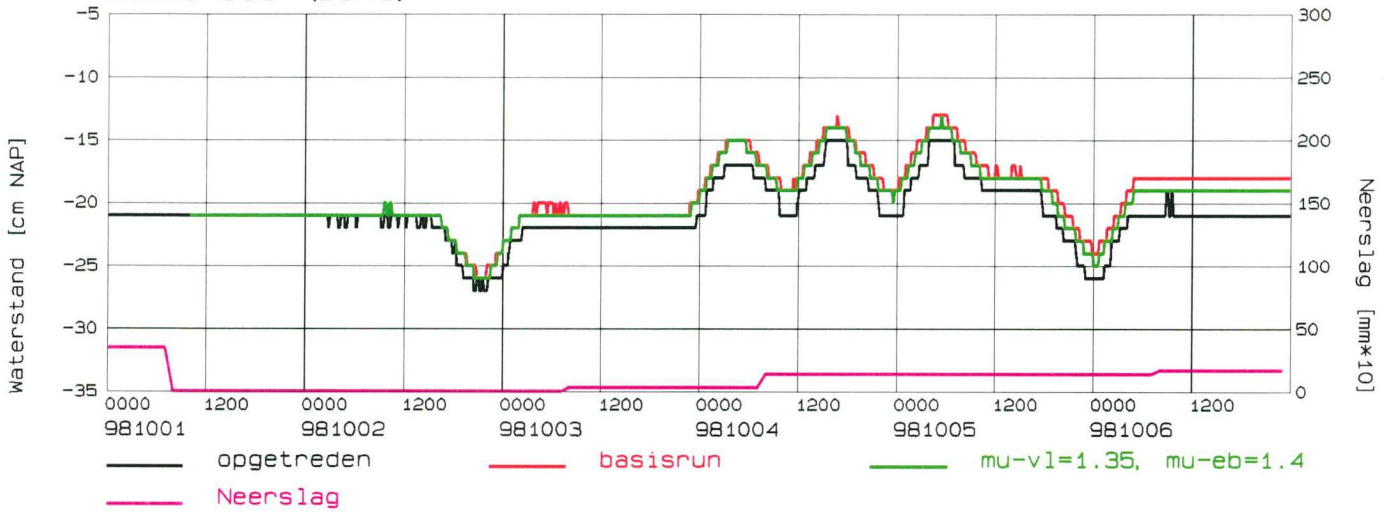




Grevelingenmodel

Berekening 4, periode 981001-981006

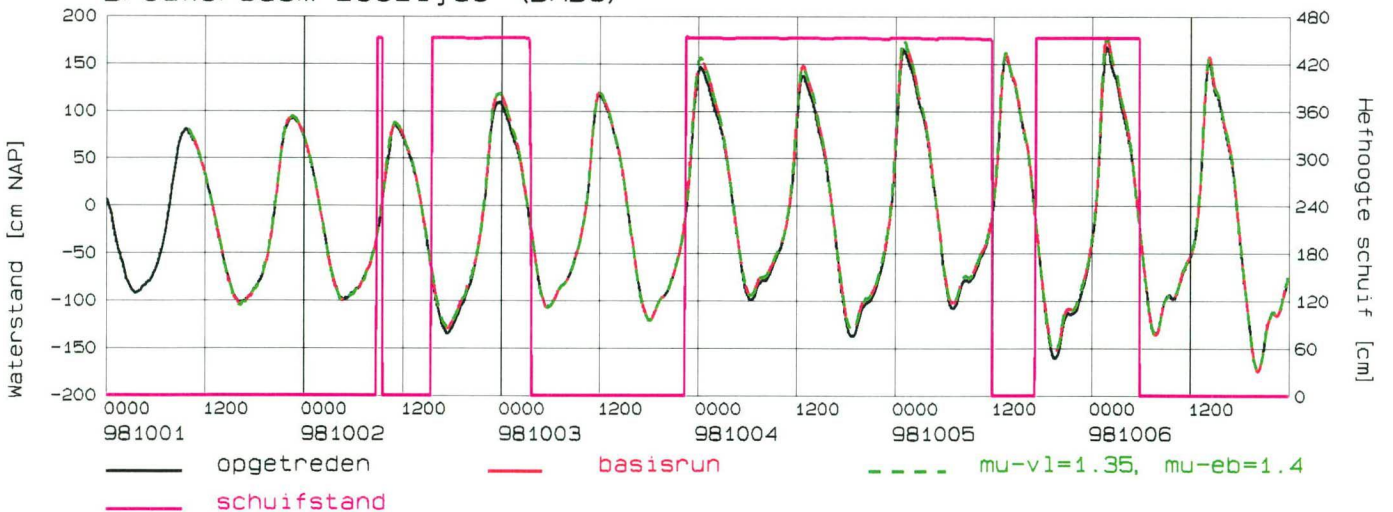
Bommenede (BOM1)



Brouwersdam meerzijde (BRBI)



Brouwersdam zeezijde (BRBU)



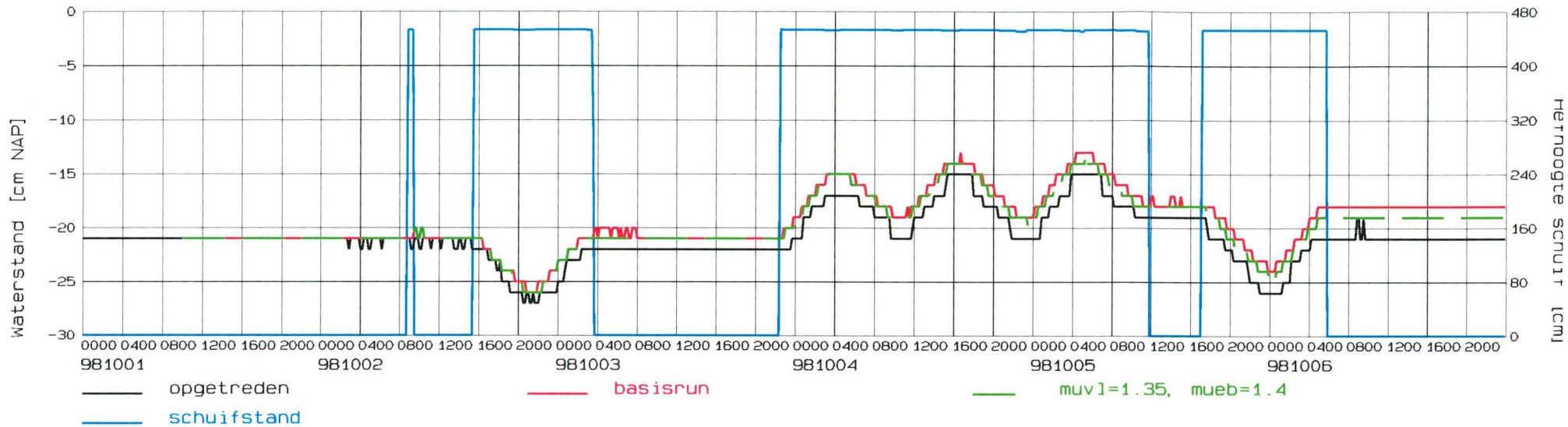


Grevelingenmodel

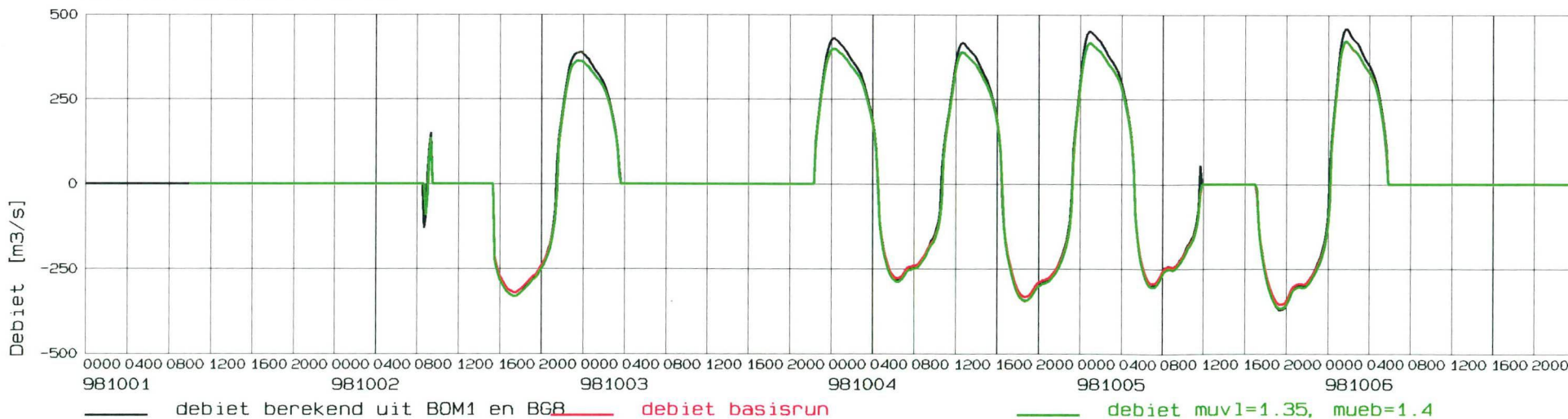
Berekening 4, periode 981001-981006



Bommenede



Debiet Brouwerssluis

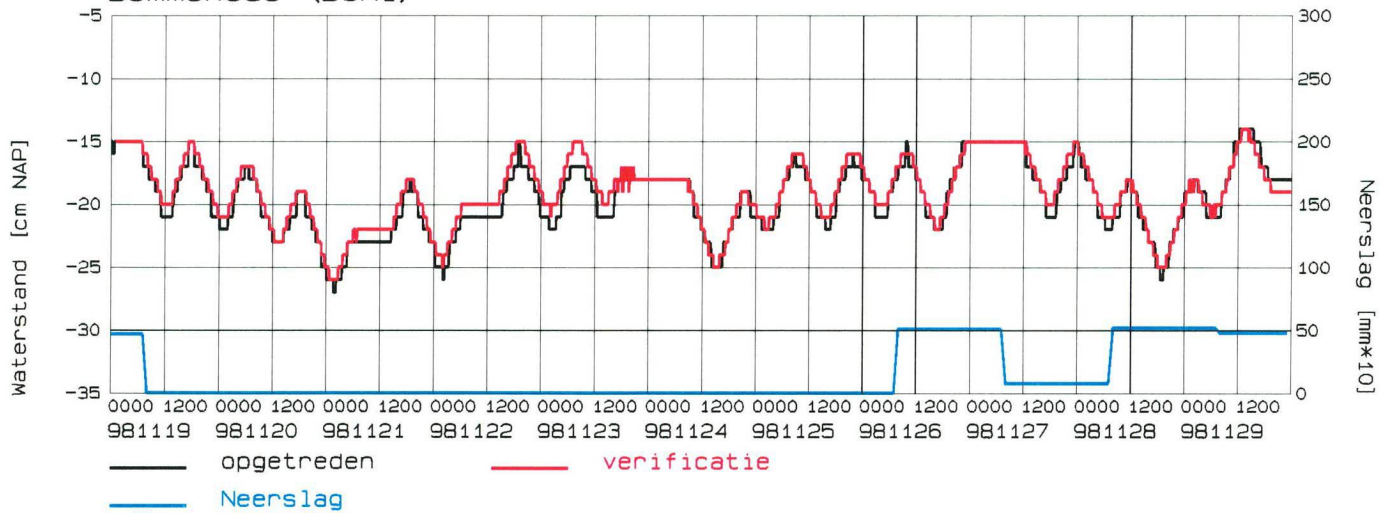




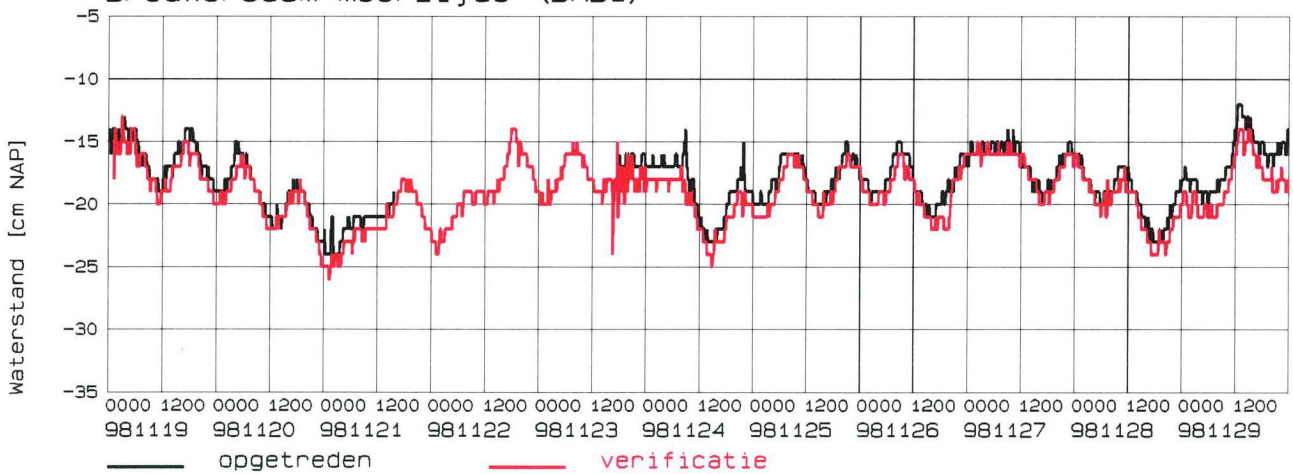
Grevelingenmodel

Verificatie, periode 981119-981129

Bommenede (BOM1)



Brouwersdam meerzijde (BRBI)



Brouwersdam zeezijde (BRBU)

