

WI: 888070

Het Molenplaat model

Het opzetten en testen van een gedetailleerd stromingsmodel voor de Molenplaat, op basis van veldwaarnemingen en een grootschalig model (SCALDIS, Westerschelde)

Marijke Ruitenbeek

Stageverslag

September 1995

HET MOLENPLAAT-MODEL

Het opzetten en testen van een gedetailleerd stromingsmodel voor de Molenplaat, op basis van veldwaarnemingen en een grootschalig model (SCALDIS, Westerschelde)

BEON-project (MICROMACRO), stage-rapport:
Marijke Ruitenbeek
Waterloopkundig Laboratorium
september 1995

INHOUD

| | |
|--|----|
| 1 INLEIDING | 3 |
| 1.1 Molenplaat | 4 |
| 1.1.1 Gebiedsbeschrijving Molenplaat | 4 |
| 1.1.2 Hydrodynamica van de Molenplaat | 4 |
| 1.2 Indeling van het verslag | 4 |
| 2 MEETCAMPAGNE ZEEKAT | 5 |
| 2.1 Inleiding | 5 |
| 2.2 Stroomsnelheidsmetingen en waterstandsmetingen | 5 |
| 2.3 Statiefmetingen | 5 |
| 2.4 Kokkels en mosselen in goten en bakjes | 6 |
| 2.5 Tunnels | 6 |
| 3 ANALYSE MEETRESULTATEN | 7 |
| 3.1 Stroomsnelheden | 7 |
| 3.1.1 Inleiding | 7 |
| 3.1.2 Omrekening naar dieptegemiddelde snelheden | 7 |
| 3.1.3 Stroomsnelheidsverloop tijdens een getij | 9 |
| 3.1.4 Vergelijking van stroomsnelheden bij de verschillende meetpunten | 10 |
| 3.2 Waterstanden | 10 |
| 4 STROMINGSMODELLEN | 11 |
| 4.1 Inleiding | 11 |
| 4.2 Grootchalig stromingsmodel (Scaldis), westerschelde | 11 |
| 4.3 Kleinschalig stromingsmodel, Molenplaat | 12 |
| 4.3.1 Inleiding | 12 |
| 4.3.2 Begrenzing van het Molenplaat-model | 12 |
| 4.3.3 Grids en bodemligging | 12 |
| 4.4 Scaldis-grid en Molenplaat-grid | 13 |
| 5 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN | 14 |
| 5.1 Inleiding | 14 |
| 5.2 Berekening T07, Scaldis | 14 |
| 5.3 Berekening M04, Molenplaat | 16 |
| 5.4 Berekening M06, Molenplaat | 17 |
| 5.5 Berekening M07, Molenplaat | 18 |
| 5.6 Berekening M08, Molenplaat | 18 |
| 6 DISCUSSIE EN CONCLUSIE | 20 |
| TABELLEN | |
| FIGUREN | |
| BIJLAGE I | |
| BIJLAGE T07 | |
| BIJLAGE M04 | |
| BIJLAGE M06 | |
| BIJLAGE M07 | |
| BIJLAGE M08 | |

1 INLEIDING

Macrobenthisch filter-feeders, zoals kokkels en mosselen, zijn een belangrijke component in de dynamiek van estuariene ecosystemen. De verspreiding van macrobenthische organismen in estuariene systemen vertoont een zeer sterke variabiliteit in dichtheid en biomassa. Deze grote variabiliteit vormt een probleem bij de beschrijving van de functionele rol van het macrobenthos in de voedselkringloop van estuariene systemen. Daarnaast is de grote variabiliteit een fundamenteel probleem voor de biomonitoring van deze groep organismen.

Binnen het MICROMACRO project wordt gezocht naar een verklaring voor zowel groot- als kleinschalige ruimtelijke verspreiding van macrobenthische filter-feeders op platen in estuariene systemen. Het project MICROMACRO wordt uitgevoerd door het Waterloopkundig Laboratorium (WL) in samenwerking met het NIOO en het RIKZ. MICROMACRO maakt onderdeel uit van het gezamenlijke BEON (habitat) project van IBN-DLO, RIVO-DLO, NIOO-CEMO en NIOZ, dat als titel heeft: 'Voorbereiding van een integrale habitatkartering van het nederlandse continentale plat en van de nederlandse kustwateren'. Tijdens het MICROMACRO project wordt er vanuit gegaan dat het inzicht in de verspreiding van macrobenthisch filter-feeders kan worden verhoogd door analyse van de factoren die de variabiliteit in dichtheid en biomassa bepalen. Nadruk zal daarbij gelegd worden op de schaal waarop de verschillende factoren van invloed zijn. Gesteld wordt dat op de schaal van het gehele systeem (estuarium), voedsel de bepalende factor is voor de biomassa van de benthische filter-feeders. Op kleine schaal worden de hydrodynamische factoren verondersteld doorslaggevend te zijn voor de verspreiding van de benthische filter-feeders. Deze veronderstelling is gebaseerd op het feit dat de voedselaanvoer en de sedimentsamenstelling op een plaat sterk gecorreleerd zijn aan de stromingspatronen.

De belangrijkste doelstelling van de projectuitvoering in 1995 is het testen van de ruimtelijke distributie van macrobenthos op een getijdeplaat, als een functie van voedselbeschikbaarheid en hydrodynamische factoren op een ruimtelijke schaal binnen een individuele plaat. Hiertoe worden, voor de Molenplaat in de Westerschelde, een hydrodynamisch model en een gecombineerd hydrodynamisch/ecologisch model opgesteld, gecalibreerd en gevalideerd. Voor de calibratie en validatie van de modellen worden hydrodynamische en biologische veldmetingen verricht en wordt de geobserveerde verspreiding van het benthos op de plaat beschreven.

Dit rapport is het resultaat van een stage in het kader van de projectuitvoering in 1995. De nadruk lag tijdens de stage op de bestudering van de hydrodynamische parameters.

Taakbeschrijving tijdens de stage:

- Veldwerk: hydrodynamische parameters en voedselbeschikbaarheid.
- Verwerken en analyseren van de meetgegevens.
- Interpretatie van de voorlopige resultaten van het gedetailleerde hydrodynamische model voor de Molenplaat.

1.1 MOLENPLAAT

1.1.1 Gebiedsbeschrijving Molenplaat

De Molenplaat ligt in het midden van de Westerschelde bij Hansweert. De noord- en de westkant van de plaat worden begrensd door het Middelgat. De oostelijke punt wordt aangestroomd vanuit het Zuidergat. Aan de zuidkant van de Molenplaat loopt een kortsluitgeul tussen het Middelgat en het Zuidergat/Overloop van Hansweert (figuur 1).

De Molenplaat is een vlakke zandplaat met een hoogte van NAP +0 tot +1m, en een oppervlakte van 2-3 km². De west en de oost kant van de plaat zijn enkele decimeters hoger dan het midden van de plaat. De laagwaterlijn ligt op ongeveer NAP - 2m. De westelijke punt is zandig met kleine megaribbels langs de randen. Het centrale deel van de plaat is stabiel en bestaat uit goed gesorteerd slibrijk sediment. In het slibrijke deel komen de meeste kokkels voor. De oostelijke punt is zandig met megaribbels. De zuidkant van de plaat, langs de kortsluitgeul, is ook zandig.

1.1.2 Hydrodynamica van de Molenplaat

De Overloop van Hansweert is de dominante geul in de omgeving van de Molenplaat, tijdens het gehele getij zijn de stroomsnelheden in de Overloop van Hansweert groter dan in het Middelgat. De Overloop van Hansweert is vloedgedomineerd en het Middelgat is ebgedomineerd. De megaribbels aan de oostkant van de plaat zijn ebgedomineerd. De zandige delen en de megaribbels bevinden zich op de aanstroompunten van de plaat, waar de stroomsnelheden hoog zijn. Het slibrijke midden van de plaat wordt niet direct aangestroomd vanuit een geul, de stroomsnelheden zijn hier minder groot. In het lage slibrijke deel bevinden zich geultjes waarlangs het water tijdens eb geconcentreerd afstroomt van de plaat, de diepten van deze geultjes zijn in de orde van decimeters en breedten in de orde van meters. Laagwater bij gemiddeld getij is \pm NAP -2m, en hoogwater bij gemiddeld getij is \pm NAP +2.35m, ter plaatse van de Molenplaat.

De invloed van de golven op de stroming en het sediment transport bij de Molenplaat zal onder gemiddelde omstandigheden niet erg groot zijn, omdat de strijklengte voor vrijwel alle windrichtingen gering is. Tijdens hoogwater is de strijklengte in zuidelijke richting wel groot, maar dan waait de wind over ondiep water, zodat de golven ook niet kunnen groeien.

1.2 INDELING VAN HET VERSLAG

De meetcampagne in de Westerschelde, waarvan de resultaten in dit rapport gebruikt worden, wordt beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 worden de meetresultaten beschreven en vergeleken. Ook wordt in hoofdstuk 3 besproken hoe de gemeten snelheden worden omgerekend naar dieptegemiddelde snelheden. In hoofdstuk 4 worden de twee stromingsmodellen waarmee stroomsnelheids- en waterstands-berekeningen voor de Molenplaat zijn uitgevoerd besproken, het Scaldis-model en het Molenplaat-model. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van vijf berekeningen vergeleken met de gemeten waarden.

De tabellen en de figuren staan achter de tekst, achter de figuren staan de bijlagen.

2 MEETCAMPAGNE ZEEKAT

2.1 INLEIDING

Van donderdag 15 juni tot en met maandag 26 juni 1995 zijn er veldmetingen verricht op de Molenplaat ten behoeve van het BEON-project. Tijdens deze veldperiode was het meet-ponton de 'Zeekat' van Rijkswaterstaat aan de noord-zijde van de plaat geplaatst. Langs het ponton liep een meetraai haaks op de plaatrand, van de laagwaterlijn tot het hoogste punt van de plaat ter plaatse van de raai. Langs deze raai zijn hydrodynamische parameters gemeten. Alle typen metingen die tijdens de meetperiode zijn gedaan worden hieronder kort besproken. Alleen de resultaten van de stroomsnelheids- en waterstandsmetingen worden verder behandeld in dit rapport.

2.2 STROOMSNELHEIDSMETINGEN EN WATERSTANDSMETINGEN

Op de Molenplaat zijn tijdens de meetcampagne continue stroomsnelheids- en waterstandsmetingen uitgevoerd die gebruikt worden voor de calibratie en de validatie van het gedetailleerde hydrodynamische model. De metingen zijn verricht langs een noord-zuid raai die loopt van de laagwaterlijn tot bovenop de plaat. De ligging van de raai is weergegeven in figuur 2. Langs de raai zijn 9 meetpunten vastgelegd (figuur 2 en tabel 1). Op die 9 punten zijn snelheidsmeters en waterstandsmeters aangebracht volgens het schema in tabel 1. Bij de meetpunten staat aangegeven naar welke datalogger de gegevens zijn weggeschreven, datalogger 5, 6 en 9 hangen respectievelijk bij de punten 5, 6 en 9. Op punt 1 zijn vier snelheidsmeters boven elkaar bevestigd om een snelheidsprofiel te meten. De meters op de punten 2 tot en met 5 hebben ook de richting van de stroming gemeten.

2.3 STATIEFMETINGEN

Bij de Zeekat zijn, in het veld, twee typen statiefproeven uitgevoerd. De statiefmetingen zijn uitgevoerd om de horizontale en verticale voedselconcentratieverdeling in het zeewater te bepalen.

Tijdens een statiefmeting wordt iedere 5 minuten water opgepompt ter plaatse van een snelheidsmeter en geanalyseerd op de Zeekat. Van het opgepompte water is steeds het debiet, de temperatuur, de geleidbaarheid, de zuurgraad, het zuurstofgehalte, de saliniteit en de fluorescentie bepaald.

Voor het eerste type, de horizontale statiefmeting, zijn de pompjes bij vier snelheidsmeters van de raai op de plaatrand bevestigd. Deze vier lokaties zijn van laag naar hoog: MP2 tot en met MP5.

Voor het tweede type, de verticale statiefmeting, zijn de vier pompjes langs een verticale stang op vier verschillende hoogten bevestigd. Deze opstelling stond bij MP3.

2.4 KOKKELS EN MOSSELEN IN GOTEN EN BAKJES

Op de Zeekat waren twee meetopstellingen geplaatst om de filtratie van zeewater door kokkels en mosselen te bestuderen. Deze opstellingen bestaan respectievelijk uit parallelle goten en kleine bakjes. In de goten wordt de veldsituatie nagebootst, en in de bakjes worden de mosselen per stuk bekeken. Door beide proefopstellingen stroomt, ter plekke opgepompt, zeewater. De situatie in de opstellingen volgt dus ook het getij.

De opstelling van de goot-proef bestaat uit vier even lange parallelle goten. Goot 1 is gevuld met bodem en mosselen, goot 2 is gevuld met bodem en kokkels, goot 3 is gevuld met bodem, en goot 4 is leeg. Tijdens de metingen wordt aan het einde van iedere goot water opgepompt en geanalyseerd, zoals bij de statiefproeven. Bovendien wordt het debiet van de vier goten gemeten.

Het water in de lege goot (4) wordt gelijk gesteld aan het zeewater dat de dieren in goot 1 en goot 2 krijgen aangeboden. Het verschil tussen goot 3 met alleen een bodem, en de goten 1 en 2 wordt toegeschreven aan de filtratie van het zeewater door de kokkels en de mosselen.

De proeven met de individuele dieren worden uitgevoerd in vier bakjes met één dier en één leeg bakje. Ook hier is het water uit het lege bakje gelijk aan het zeewater dat de dieren krijgen aangeboden. Bij deze proef wordt gekeken naar het verschil tussen het aantal zwevende deeltjes in het zeewater uit het lege bakje en het aantal zwevende deeltjes in het zeewater uit de bakjes met een mossel of een kokkel. Bovendien worden de faeces en de pseudo-faeces van de dieren bemonsterd om het voedsel van de dieren te bepalen.

2.5 TUNNELS

Een derde veldmeting is bij de Zeekat uitgevoerd met twee tunnels van 12 meter lang. Het doel van de tunnelmetingen is om de lokale uitputting van het voedsel te bepalen als functie van de dichtheid van filter-feeders. De ene tunnel is geplaatst op een stuk ongestoorde bodem van de plastrand. De andere tunnel is parallel aan de eerste geplaatst nadat daar ongeveer 5000 kokkels aan de bodem zijn toegevoegd. De lengte richting van de tunnels komt overeen met de dominante richting van de getijstroom, de tunnels hebben een vrije doorstroom in de lengte richting. In beide tunnels is een snelheidsmeter aangebracht. Aan het begin en het einde van de tunnels wordt water naar de Zeekat gepompt en op dezelfde manier geanalyseerd als de water monsters van de statief metingen.

In tabel 2 staan de perioden aangegeven waarin tijdens hoogwater de verschillende metingen zijn uitgevoerd.

3 ANALYSE MEETRESULTATEN

3.1 STROOMSNELHEDEN

3.1.1 Inleiding

Op negen punten langs een raai op de Molenplaat zijn stroomsnelheden gemeten. Punt 1 (MP1) ligt op de laagwaterlijn en punt 9 (MP9) ligt bovenop de plaat (figuur 2 en tabel 1).

- De snelheidsmeters op *meetpunt 1* hebben gewerkt vanaf 15-6-95 11.00u tot en met 26-6-95 6.00u. Vanaf 20-6-95 16.30u tot en met 22-6-95 2.00u hebben de bovenste twee ottmolens niet gewerkt.
- Op *meetpunt 2* zijn de snelheden gemeten vanaf 15-6-95 12.30u tot en met 25-6-95 14.00u.
- Op *meetpunt 3* is gemeten vanaf 15-6-95 17.00u tot en met 26-6-95 6.00u, met uitzondering van het getij tussen 11.00u en 23.00u op 17-6-95.
- De meetserie zoals die is gemeten op *meetpunt 4* loopt van 15-6-95 17.00u tot en met 25-6-95 18.00u.
- De metingen op *meetpunt 5* zijn voor de hele meetperiode mislukt, dat wil zeggen dat de hoogten en het verloop van de 'gemeten' snelheden erg onwaarschijnlijk zijn. Van 15-5-95 tot en met 17-6-95 11.00u zijn de snelheden erg hoog, dat wil zeggen 50 tot 90 cm/s. Op 17-6-95 van 14.00u tot en met 22.30u is het verloop erg grillig. Op 18-8-95 loopt de snelheid af van 40 cm/s tot ongeveer 10 cm/s. Vervolgens zijn er geen meetwaarden voor de periode 18-6-95 14.00u tot en met 20-6-95 15.00u. Van 20-6-95 15.00u tot en met 25-6-95 16.00u zijn de snelheden onwaarschijnlijk laag, tussen de 5 en de 15 cm/s.
- De metingen op *meetpunt 6* zijn goed verlopen van 15-6-95 13.00u tot en met 17-6-95 5.40u en van 18-6-95 16.00u tot en met 26-6-95 5.00u. In de tussenliggende periode zijn er geen snelheden geregistreerd.
- Op *meetpunt 7* is alleen voor de periode 3.00u tot en met 22.00u op 17-6-95 een meetsignaal geregistreerd. Dit signaal bestaat echter uit een serie pieken met veel nulwaarden ertussen. Van punt 7 zijn dus geen gegevens beschikbaar.
- Op *meetpunt 8* is voor twee korte perioden de stroomsnelheid gemeten. Namelijk van 2.00u tot en met 20.30u op 16-6-95 en van 16.15u tot en met 21.00u op 19-6-95.
- Op *meetpunt 9* zijn van 17-6-95 3.00u tot en met 18-6-95 10.00u en van 22-6-95 8.00u tot en met 26-6-95 5.00u de snelheden gemeten. In die laatste periode mist het getij van 11.00u tot en met 17.00u op 25-6-95.

De ruwe data van de snelheids- en waterstandsmetingen en van de windsnelheid en richtingsmetingen zijn weergegeven in bijlage I voor de periode 23-6 t/m 25-6.

De belangrijkste kenmerken van de stroomsnelheden en stroomrichtingen, voor zover die zijn gemeten staan hieronder beschreven.

3.1.2 Omrekening naar dieptegemiddelde snelheden

De gemeten stroomsnelheden worden eerst omgerekend naar dieptegemiddelde snelheden, voordat ze met elkaar worden vergeleken. Ook voor het vergelijken van de door de modellen berekende, diepte gemiddelde, stroomsnelheden worden de gemeten

stroomsnelheden omgerekend naar diepte gemiddelde waarden. Dit is nodig omdat de waterdiepten sterk variëren in de ruimte en in de tijd. Bovendien verschillen de meethoogten boven de bodem op de verschillende meetpunten.

Voor de berekening van de dieptegemiddelde snelheid wordt het volgende snelheidsprofiel aangenomen (*aanname 1*):

$$v(z, t) = v(0, t) * \left(\frac{D(t) - Z(t)}{D(t)} \right)^{0.2} \quad (1)$$

$$\bar{v}(t) = \frac{1}{D(t)} \int_{z=0}^{z=D(t)} v(0, t) * \left(\frac{D(t) - Z(t)}{D(t)} \right)^{0.2} dz(t) \Rightarrow \bar{v}(t) = \frac{v(0, t)}{1.2}$$

Geïntegreerd over de diepte geeft dit:

$$\bar{v}(t) = \frac{v(z, t)}{1.2} \left(\frac{D(t)}{D(t) - Z(t)} \right)^{0.2} \quad (2)$$

waarin:

D = afstand wateroppervlakte tot de bodem (m) = $D_{NAP} + h(t)$

Z = afstand wateroppervlakte tot meetinstrument (m) = $Z_{NAP} + h(t)$

D_{NAP} = afstand NAP tot de bodem (m)

Z_{NAP} = afstand NAP tot meetinstrument (m)

$h(t)$ = waterstand ten opzichte van NAP (m)

$v(0)$ = snelheid aan het oppervlakte (m/s)

$\bar{v} = v_{gem} = \text{diepte-gemiddeldesnelheid}$

Deze aanname is getoetst voor de meetgegevens van meetpunt 1. Bij MP1 is een verticaal snelheidsprofiel gemeten met 4 snelheidsmeters op respectievelijk 17.8 cm, 66.3 cm, 115.8 cm en 166.8 cm boven de bodem. De vorm van de gemeten profielen is nagegaan voor een periode van 20 minuten van ieder getij en voor het hele verloop van een getij (19-6-'95). Enkele voorbeelden staan gegeven in figuur 3. De gemeten profielen benaderen de vorm van het aangenomen snelheidsprofiel.

Voor het toetsen van de vorm van de gemeten snelheidsprofielen aan het profiel dat wordt beschreven door formule 1, worden de snelheden ter hoogte van de vier snelheidsmeters berekend en vergeleken met de gemeten snelheden. Hiervoor is de snelheid aan het oppervlakte ($v(0,t)$) nodig. Deze snelheid is niet bekend. Om die reden is er een volgende aanname (*aanname 2*) gedaan.

Aanname 2: De snelheid ter hoogte van de tweede ott-molen, gerekend vanaf de bodem, is gelijk aan de diepte-gemiddelde snelheid. Nu kan de snelheid aan het oppervlakte berekend worden volgens: $v(0,t) = v(t)_{gem} * 1.2$

Bij het aangenomen snelheidsprofiel bevindt de diepte-gemiddelde snelheid zich op ongeveer 0.6 keer de waterdiepte, gerekend vanaf het wateroppervlakte. De tweede ott-molen hangt op 0.7 meter boven de bodem, wat bij een waterdiepte van 1.8 meter overeen komt met 0.6 keer de waterdiepte, gerekend vanaf het wateroppervlak. Ott-2 hangt dus, volgens het aangenomen snelheidsprofiel, op de hoogte van de diepte gemiddelde snelheid als de waterdiepte 1.8 meter is. Aanname 2 beperkt dus de waterdiepten waarbij het snelheidsprofiel getoetst kan worden. Daarom zijn de metingen

geselecteerd waarbij de waterdiepte ter plaatse van meetpunt 1 een waarde tussen 1.7 en 2.1 meter heeft. Uit figuur 4 blijkt dat aanname 2 opgaat voor de geselecteerde metingen.

In figuur 5.a tot en met 5.c zijn de gemeten stroomsnelheden uitgezet tegen de berekende stroomsnelheden, voor snelheidsmeter 1, 3 en 4. Voor stroomsnelheden lager dan 15 cm/s gaat het profiel goed op, voor de stroomsnelheden groter dan 20 cm/s overschat het aangenomen logaritmische profiel de gemeten waarden. De verschillen kunnen oplopen tot ongeveer 10cm/s. Voor de hogere snelheden zullen dus ook de diepte-gemiddelde snelheden overschat worden.

Ondanks de onnauwkeurigheden en fouten bij de berekening van de dieptegemiddelde waarden is het beter de correctie wel door te voeren omdat de gemeten waarden waarschijnlijk vaak meer afwijken van de werkelijke dieptegemiddelde waarden dan de berekende diepte gemiddelde snelheden. Dit komt doordat de waterstand steeds sterk varieert met het getij. De dieptegemiddelde snelheid bevindt zich theoretisch op ongeveer 0.6 D (D = waterdiepte) vanaf het wateroppervalkte. Door de vaste meethoogte boven de bodem en de sterk fluctuerende waterdiepten (0-4m) wordt er maar af en toe in de buurt van de 0.6 D gemeten.

Het aangenomen snelheidsprofiel is alleen getest voor meetpunt 1, omdat alleen op dat punt een snelheidsprofiel gemeten is. Ook voor de andere meetpunten, die hoger op de plaat liggen, zal het snelheidsprofiel worden aangenomen bij de berekening van de diepte gemiddelde snelheid.

(In (WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1995) is uiteindelijk een snelheidsprofiel afhankelijk van de bodemruwheid gebruikt).

3.1.3 Stroomsnelheidsverloop tijdens een getij

Het verloop van de gemeten stroming tijdens een getij, wordt besproken aan de hand van een voorbeeld. Als voorbeeld is het getij van 16-6-95 1.00u - 9.30u, gemeten bij meetpunt 2 gebruikt, omdat dit getij representatief is voor de overige getijden. Verschillen die optreden tussen de verschillende meetpunten worden in de volgende paragraaf besproken. In figuur 6 staan de stroomsnelheid, de stroomrichting en de waterstand uitgezet.

Tijdens de eerste twee uur neemt de snelheid af van ongeveer 10 cm/s tot bijna 0 cm/s. Deze afname valt samen met de verandering van de stromingsrichting, van oost naar zuid-west. Vervolgens draait de stromingsrichting weer terug naar oost, en neemt de snelheid weer toe. De wisselende stromingsrichtingen, tijdens de eerste twee uur van de vloed, en de lage unidirectionele horizontale stroming zijn mogelijk te verklaren doordat aan de noordrand van de plaat de vloed uit twee verschillende geulen gevoed wordt zolang de platen nog niet onder water staan. In eerste instantie staat de stroming langs de plaat onder invloed van de oostelijke stroming in het Middelgat. Vervolgens wordt de oostelijke stroming weggedrukt door een grotere toevoer uit de vloedgedomineerde overloop van Hansweert. Dit resulteert in een omkering van de stroming en een lage horizontale stroomsnelheid bij een snelle toename van de waterdiepte, door toevoer van twee kanten. Na verloop van tijd overheerst de oostelijke stroming in het Middelgat weer en neemt de stroming weer iets toe.

Het herstel van de oostelijke stroming wordt vrijwel direct gevolgd door een naar het noord-oosten draaiende, tijdelijke afnemende en vervolgens sterk toenemende stroming. Dit laatste valt samen met het moment waarop de waterdiepte op de Rug van Baarland en de Molenplaat 1,5 tot 2 meter is. Hierdoor wordt het water aan de noordrand van de Molenplaat ook gevoed door stroming over de plaat heen. De tijdelijke afname van de

stroomsnelheid zou ook hier verklaard kunnen worden met het samenkomen van verschillende stroomrichtingen.

Tijdens het getij van 16-6-95, 1.00u tot 9.30u, valt de stroomsnelheid opnieuw terug tijdens de kentering van de stroming. Dit is op de andere punten ook gemeten. Echter niet tijdens alle andere gemeten getijden in de periode 15-6-'95 tot en met 26-6-'95 is deze afname zo groot als in figuur 6. Soms is er een tijdsverschil tussen het tijdstip van hoogwater en de minimale snelheid.

De eerste twee uur na de kentering is de snelheid hoog, vervolgens neemt de snelheid geleidelijk weer af tot laag water. In sommige gevallen neemt de stroming nog even toe vlak voor het moment van droogvallen. De stroomrichting is tijdens eb konstant westelijk.

3.1.4 Vergelijking van stroomsnelheden bij de verschillende meetpunten

Het verloop van de stroomsnelheden en de waterstanden over het getij bij meetpunt 2, zoals hierboven beschreven staat, is ook terug te vinden in het meetsignaal van de overige meetpunten. Er zijn wel verschillen tussen de hoogten van de stroomsnelheden op de verschillende punten. Uitgaande van de punten 1, 2 en 6, neemt de snelheid langs de plaatrand af van de laagwaterlijn tot bovenop de plaat. Van bijvoorbeeld 60 cm/s bij punt 1, tot 50 cm/s bij punt 2, en 30 cm/s bij punt 6. De fluctuaties die zijn gemeten door de verschillende meetinstrumenten lijken realistisch en onderling vergelijkbaar. De onzekerheden zitten in de grootte van de gemeten snelheden, dat geldt zowel voor de gemeten snelheden als voor de dieptegemiddelde snelheden.

Tussen de punten MP2/MP4 zijn systematische verschillen gemeten in de stroomsnelheden. De gemeten snelheden nemen toe van het laagste meetpunt (MP2) tot het hoogste (MP4). De fluctuaties in de snelheid en het verloop van de richting zijn vergelijkbaar voor de verschillende punten. De punten liggen erg dicht bij elkaar en op basis van de geometrie of de ruwheid van de bodem is niet te verwachten dat de snelheden zo veel verschillen. Mogenlijk worden de verschillen grotendeels verklaard door verouderde ijkingen.

Bij de hooggelegen meetpunten (MP6 t/m MP9), zijn geen grote snelheidsverschillen gemeten tussen de punten, voor zover dat kan worden afgeleid uit de gegevens van de meetpunten 6 en 9. De verschillen zijn kleiner dan 10 cm/s. Dit gering verschil was te verwachten op basis van de kleine bodemhoogte verschillen van de hooggelegen punten (16.5 cm over een afstand van 305 meter).

3.2 WATERSTANDEN

De waterstanden zijn gemeten op de meetpunten 6 en 9 van de raai, en bij het meetpunt de Zeekat. De Zeekat lag ongeveer 35 meter van de meetraai, ter hoogte van meetpunt 3. In de meetreeks gemeten bij de Zeekat was de tijdwaarneming niet altijd goed. Dat is gecorrigeerd met behulp van de meetreeksen gemeten bij meetpunt 6 en 9.

De drie meetreeksen van de waterstanden verschillen niet in fase of vorm. Alleen de lengte van de gemeten getijden verschilt, door verschillen in hoogteligging van de meetpunten. De gemeten getijgolven zijn gelijkmatig van vorm, waarbij de vloedcurve steiler is dan de ebcurve (figuur 6).

4 STROMINGSMODELLEN

4.1 INLEIDING.

In dit hoofdstuk worden de stromingsmodellen besproken waarmee de stroming over de Molenplaat wordt berekend. Het SCALDIS-model is een model van Rijkswaterstaat dat de waterstanden en de stroming in de hele Westerschelde berekent. Met behulp van het SCALDIS-model en een fijn bodemdpte-grid (20x20m) is een detail model gemaakt voor de Molenplaat en het omliggende gebied.

4.2 GROOTSCHALIG STROMINGSMODEL (SCALDIS), WESTERSCHELDE

Het Scaldis-model is een tweedimensionaal model voor het berekenen van waterstanden en diepte gemiddelde stroomsnelheden.

Het Scaldis-model wordt zeewaards begrensd door de lijn Westkapelle - Vlake van de Raan - Zeebrugge. Het grid van het Scaldis-model verfijnt van west naar oost, van 100 tot 400 meter maaswijdte in het kustgebied ten westen van Vlissingen, tot 30 tot 100 meter maaswijdte voorbij Bath (figuur 7). Tussen Vlissingen en Hansweert is de maaswijdte overal 100x100 meter. De bodemschematisatie van Scaldis is gebaseerd op vaklodingen uit 1988.

De zeezijde is gedefinieerd als een open rand, waarop waterstanden als randvoorwaarden worden opgelegd. Aan de oostkant wordt het model begrensd door een debiet rand. Hier wordt een jaar-gemiddeld debiet gebruikt. Ook de afvoeren van de Antwerpse dokken, het Zoommeer en het kanaal van Terneuzen naar Gent zijn in het model opgenomen. Verder rekent Scaldis met een niet-uniforme horizontale saliniteitsverdeling: zout aan de zeerand en zoet aan de Schelde-kant.

Uit calibraties die zijn uitgevoerd door Rijkswaterstaat (Dekker et. al., 1994) blijkt dat het getij niet altijd goed wordt voorspeld door Scaldis. Het getijverschil is te klein bij springij en te groot bij doortij. Dit wordt, volgens de auteurs, waarschijnlijk veroorzaakt doordat bij hogere stroomsnelheden de bodemwrijving in delen van het estuarium afneemt waardoor het model een kleiner getijverschil berekent dan in de natuur optreed. De verschillen tussen de berekende waterstanden en de gemeten waterstanden bedragen 0,05 tot 0,13 meter. Bovendien is gebleken dat het model de snelle waterstandsrijzing vlak voor hoogwater niet correct weergeeft (Dekker et al., 1994).

Uit de calibratie van de stroomsnelheidsberekeningen blijkt dat de berekende stroomsnelheden over het algemeen 10-20 % afwijken van de gemeten waarden. De grootste afwijkingen zijn geconstateerd op de platen en op de geulranden en kunnen tot zo'n 100% bedragen (Dekker et al., 1994).

4.3 KLEINSCHALIG STROMINGSMODEL, MOLENPLAAT

4.3.1 Inleiding

Het Molenplaat-model is genest in het Scaldis-model. Dat wil zeggen dat het Molenplaat-model is ingepast in het Scaldis-model en dat de randvoorwaarden aan de open randen door het Scaldis model worden gegenereerd. In de omgeving van de Molenplaat is een gedetailleerd bodemdpte grid van 20x20 meter, afkomstig van vaklodingen uit 1994, gemiddeld naar het rooster van het Scaldis model. Voor het Molenplaat model is een rekengrid gemaakt waarbij het rekengebied is beperkt tot de Molenplaat en enkele omliggende platen en geulen, en waarvan de resolutie op de Molenplaat fijner is dan die van het Scaldis model. De resolutie van het rekengrid is aan de open randen van het Molenplaat model vergelijkbaar met de resolutie van het Scaldis model.

4.3.2 Begrenzing van het Molenplaat-model

Het Molenplaat-model beslaat een gebied van de Westerschelde over een lengte van ongeveer 15 kilometer en een breedte van ongeveer 5 kilometer (figuur 8). De Molenplaat zelf is echter maar 1 bij 2,5 kilometer groot. Het modelgebied is veel groter dan het interessegebied, omdat het niet mogelijk is om dicht bij de Molenplaat de grenzen goed te definiëren.

Als bijvoorbeeld de zuidelijke grens van het model door het kortsluitgeultje ten zuiden van de Molenplaat loopt, ligt de grens veel te dicht bij het interessegebied. Het is ook niet goed voor het model als er droogval plaatsvindt op de randen. Droogval is namelijk moeilijk te modelleren, en het model wordt aangestuurd vanaf de randen. Dus als er fouten optreden in de modellering van de droogval aan de randen werkt dat door in het hele model.

Om bovenstaande redenen zijn de open randen van het model ten zuidwesten van de Rug van Baarland en ten oosten van de Plaat van Ossensisse gelegd. De zuidwestelijke rand is een snelheidsrand, de oostelijke rand is een waterstandsrand.

4.3.3 Grids en bodemligging

Bij het maken van een rekengrid moet er rekening mee gehouden worden dat ook alle verbindingseultjes goed worden weergegeven. Als de assen van het grid een hoek maken met randen van een geul, dan is de berekende stroombaan langer dan de werkelijke. Het effect hiervan wordt bepaald door de grootte van de hoek en door de verhouding tussen de grootte van de gridcellen en de breedte van de geul. Als de gridcellen groot zijn in verhouding tot de breedte van de geul is de fout die gemaakt wordt groter. Als de zijden van de cellen groter zijn dan de breedte van de geul kan het gebeuren dat er geen stroming door de geul berekend wordt, omdat dan het volume van de geul in het model niet goed kan worden weergegeven. Als de zijden van de gridcellen klein zijn in verhouding tot de geulbreedte zal de stroming beter worden berekend.

Voor het Molenplaat-model is een rechthoekig grid (figuur 8) gemaakt omdat hiermee de Molenplaat en de omliggende geulen goed kunnen worden gemodelleerd, zonder een te groot aantal cellen te introduceren. Met een curvi-lineair grid was dit veel moeilijker voor elkaar te krijgen. De afstand tussen de gridlijnen is 30-40 meter op de Molenplaat tot ruim 100 meter aan de randen. Het grid is zo aangelegd dat de richting van de assen

van het grid samenvallen met de lengterichting van het kortsluitgeultje ten zuiden van de Molenplaat.

In het geultje ten zuiden van de plaat van Ossensisse (Schaar van Ossensisse) maken de assen van het grid echter een hoek van ongeveer 45 graden met de richting van het geultje. Hierdoor zal de stroming in deze geul minder goed worden gemodelleerd. Het grid is echter fijn genoeg om het watervolume dat door de Schaar van Ossensisse stroomt goed te berekenen, ook tijdens laagwater. De profielen (figuur 9) zijn gemaakt om de doorstroomoppervlakten van beide geulen te vergelijken. Vervolgens zijn de doorstroom oppervlakten ter plaatse van de profielen berekend voor laagwater (NAP -2m) en voor NAP (tabel 3). Opgemerkt moet wel worden dat het geultje ten zuiden van de Molenplaat, ondanks het kleinere doorstroomprofiel, belangrijker is voor het model omdat de nadruk ligt op de gedetailleerde modellering van de Molenplaat.

4.4 SCALDIS-GRID EN MOLENPLAAT-GRID

Het Molenplaat-model wordt op de randen aangestuurd door de uitkomsten van het Scaldis-model. Daarom is het van belang dat de bodem van beide modellen op de grens precies hetzelfde is. In het gebied rond de Molenplaat zijn gedetailleerde bodemligging gegevens uit 1994 (20x20 meter grid) gebruikt voor de bodemschematisaties van beide modellen. Dit gedetailleerde bodemgrid is iets kleiner dan het gebied dat het Molenplaat-model beslaat. Voor de bodemschematisatie van de overige gebieden is het 100x100 meter bodemgrid uit 1988 gebruikt. De verschillen in bodemhoogte van de twee bestanden (1994 en 1988) bedroegen soms enkele meters, vooral op de ondiepe lokaties zoals platen en plaatranden. Met behulp van interpolatie en middeling van de beschikbare bodemligginggegevens zijn aan de grids van beide modellen bodemhoogten toegekend.

Ter plaatse van de Molenplaat heeft het Molenplaat-model ongeveer vier keer zoveel gridcellen als het Scaldis-model. Hierdoor is de bodemschematisatie van het Molenplaat-model (figuur 10.a) gedetailleerder dan de bodemschematisatie van het Scaldis-model (figuur 10.b). Met name de plaatranden en de kortsluitgeul zijn, door de hogere resolutie beter weergegeven in het Molenplaat-model. In deze figuren is te zien dat in de ondiepe delen (tot NAP -5 meter), bodemdiepteverschillen van enkele meters voorkomen.

5 RESULTATEN MODELBEREKENINGEN

5.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de eerste resultaten van de berekeningen met het Scaldis-model en met het Molenplaat-model vergeleken met de gemeten stroomsnelheden en waterstanden. Voor deze vergelijkingen wordt steeds de periode 23-6-95 20.00u tot en met 25-6-95 19.00u gebruikt, omdat van die periode een redelijk complete meetserie beschikbaar is bij matige windsnelheden (ruwe data in bijlage I). Deze periode begint een dag na het doortij. Tijdens de testperiode kwam de wind konstant uit noordelijke richting en varieerde de windsnelheid tussen 1 en 7.5 m/s.

De verschillende berekeningen die zijn uitgevoerd krijgen een naam die bestaat uit een letter en twee cijfers (bv. M04). De figuren die bij deze berekeningen horen staan in de bijlage met dezelfde naam als de berekening.

Voor het vergelijken met de stroomsnelheden zoals die zijn berekend door het stromingsmodel worden de metingen van de punten 1,2,3,6 en 9 gebruikt. In die punten zijn de metingen goed verlopen tijdens de testperiode. In het Scaldis-model vallen de punten 1 tot en met 5 in één gridcel, alleen de meetgegevens van de punten 1 en 2 zijn vergeleken met de berekende waarden van die gridcel. In het Molenplaat-model vallen de punten 1 en 2 in één gridcel en de punten 3 tot en met 5 in een andere gridcel. De meetgegevens van punt 3 worden dan gebruikt om te vergelijken met de gridcel waarin de punten 3 tot en met 5 liggen. In meetpunt 2 en 3 zijn behalve de stroomsnelheden ook de stroomrichtingen gemeten en vergeleken met de model uitkomsten. De waterstanden zijn op drie plaatsen gemeten, bij het meetpunt (de Zeekat), bij meetpunt 6 en bij meetpunt 9. De waterstanden die zijn gemeten bij de Zeekat worden steeds uitgezet tegen de berekende waarden voor de punten 1 t/m 2 en 3 t/m 5, omdat de Zeekat het waterstands punt is dat het dichtst bij die punten ligt. In werkelijkheid ligt de Zeekat het dichtst bij meetpunt 3 (ongeveer 35 meter).

5.2 BEREKENING T07, SCALDIS

Voor deze berekening is, voor de omgeving van de Molenplaat, een bodemschematisatie gebruikt die is gebaseerd op vaklodingen uit 1994 met gridcellen van 20x20 meter. Van dat fijne grid zijn gemiddelden berekend die zijn toegekend aan de 100x100 meter rekengrid-cellen van het Scaldis-model. Per Scaldis-cel zijn alle dieptewaarden die geografisch in de cel liggen gemiddeld. Deze gemiddelde waarde representeert de diepte behorend bij de betreffende cel. De ruwheid wordt in het Scaldis-model bepaald door de coëfficiënt van Manning. De grootte van de coëfficiënt bedraagt 0.022.

Met behulp van de Manning coëfficiënt wordt in het rekenmodel de Chézy coëfficiënt uitgerekend. Deze is evenredig met de bodemdiepte en omgekeerd evenredig met de Manning coëfficiënt (formule 3). De Chézy coëfficiënt is ook omgekeerd evenredig met de grootte van de schuifspanning die de stroming op de bodem uitoefent (formule 4); hoe kleiner de Chézy coëfficiënt, hoe groter de schuifspanning, dus hoe groter de weerstand die de stroming van de bodem ondervindt. Een Manning coëfficiënt van 0.022 over het hele gebied levert Chézy coëfficiënten op van 75 tot 85 in de geulen tot waarden rond 30

op de platen.

In de rekenresultaten kunnen oscillaties in de waterstanden ontstaan langs de plaatranden tijdens droogvallen en onderlopen van de platen, door een steeds 'aan' en 'uit' zetten van de rekencellen. Bij grote cellen is dit effect groter dan bij kleine cellen. Daarom wordt in het Scaldis-model de berekening in een gridcel gestaakt als de waterdiepte in die gridcel kleiner is dan 15 centimeter. Er is gerekend met een tijdstap van 30 seconden.

$$C = \frac{1}{n} H^{\frac{1}{6}} \quad (3)$$

waarin:

n = Manning coëfficiënt

C = Chézy coëfficiënt

H = waterdiepte

$$|\tau| = \rho_0 \frac{g}{C^2} |u|^2 \quad (4)$$

waarin:

τ = bodemschuifspanning (kg/ms^2)

ρ_0 = dichtheid van water (kg/m^3)

g = gravitatieversnelling (m/s^2)

$|u| = \sqrt{(u^2 + v^2)}$ = grootte van de stroomsnelheid (m/s)

Resultaten:

- Meetpunt 1 t/m 5: De grootte van de berekende snelheden komt in grote lijnen redelijk goed overeen met de gemeten snelheden in meetpunt 1 (zie bijlage T07, figuur t07-1). De maximale gemeten snelheden zijn ongeveer 0.10 m/s groter dan de berekende waarden. De grilligheid die gemeten is tijdens vloed is maar gedeeltelijk terug te vinden in de berekeningen. De snelheidspieken worden of niet berekend of zijn te laag, in dat laatste geval is ook vaak het tijdstip waarop de snelheid hoog is niet gelijk, maar ongeveer een half uur te vroeg of te laat.

De stroomsnelheden die gemeten zijn in meetpunt 2 zijn vaak 0.05 tot 0.15 m/s lager dan de berekende waarden. De eerste drie uur van het opkomende water zijn goed berekend voor dit punt. Vlak voor hoogwater worden de gemeten waarden snel groter tot ongeveer 0.30 m/s, dit gebeurt niet met de berekende waarden. De gemeten waarden nemen na hoog water ook weer eerder af dan de berekende waarden. Er is dus een fase verschil tussen de gemeten en de berekende snelheden, waarbij de berekende waarden achter lopen (zie figuur t07-2).

Uit de vergelijking van de u- en de v-snelheid blijkt dat het fase verschil bij punt 2 is terug te vinden in de u-snelheid. Het grote snelheidsverschil vlak voor hoogwater is terug te vinden in de v-richting. De stroming in noordelijke richting, over de plaat heen wordt te klein berekend (figuur t07-3).

De vorm van de berekende en de gemeten waterstandscurven komt redelijk goed overeen. Het opkomen van het water gaat in het model sneller dan bij de gemeten waarden, maar het moment van hoogwater is wel gelijk. De berekende waterstand tijdens hoogwater is 10 tot 20 cm hoger dan de gemeten hoogwaterstanden.

- Meetpunt 6: De twee snelheidspieken die worden gemeten tijdens vloed worden niet goed berekend. De grootte van de snelheden in eerste piek (0.20 m/s) komen redelijk goed overeen, maar de berekende snelheden nemen te snel weer af. De snelheden die worden berekend tijdens de tweede piek zijn veel lager dan de gemeten waarden, respectievelijk 0.10 tot 0.15 cm/s en 0.20 tot 0.40 m/s. Tijdens de snelheidspiek na hoog water zijn de berekende snelheden ongeveer 0.15 cm/s lager dan de gemeten waarden. Tijdens de laatste 1.5 uur voor het moment van droogval nemen de berekende snelheden eerder af dan de berekende waarden.

De vorm en de fasering van de waterstandscurven komt in punt 6 goed overeen met de gemeten waterstanden. De berekende waterstanden tijdens hoogwater zijn 0 tot 10 cm groter dan de gemeten waterstanden tijdens hoogwater (figuur t07-4).

- Meetpunt 9: De berekende stroomsnelheden op punt 9 zijn 0.10 tot 0.15 cm/s lager dan de gemeten waarden. Het verloop van de berekende snelheden voor het optreden van hoogwater loopt een half uur tot een uur voor op het verloop van de gemeten snelheden.

Voor de waterstanden geldt hetzelfde als voor meetpunt 6 (figuur t07-5).

5.3 BEREKENING M04, MOLENPLAAT

Deze berekening wordt gebruikt als referentie voor de volgende berekeningen met het Molenplaat-model. Dat wil zeggen dat voor de volgende berekeningen steeds maar één van de instellingen van de modelparameters wordt veranderd, om het effect van de verandering te kunnen vaststellen.

De ruwheid is in deze berekening van het Molenplaat-model op dezelfde manier gedefinieerd als in het Scaldis-model. De coëfficiënt van Manning is 0.022 voor het hele gebied, wat resulteert in een grote ruwheid (Chézy) op de platen en een kleine ruwheid in de geulen. Bij waterdiepten kleiner dan 15 centimeter worden de berekeningen gestopt. Er is gerekend met een tijdstap van 15 seconden.

De modelresultaten worden steeds vergeleken met metingen die zijn gecorrigeerd naar dieptegemiddelde waarden onder aanname van een exponentieel profiel (zie paragraaf 3.1.2).

Resultaten:

- Meetpunt 1 t/m 2: De eerste snelheidspiek bij het opkomen van het water is hoger dan bij T07 en komt daardoor beter overeen met de gemeten waarden in meetpunt 1. Verder zijn er weinig verschillen tijdens vloed tussen T07 en M04 (figuur m04-1). Vergeleken met waarden van meetpunt 2 is dit een minder goede benadering. De maximale snelheid is 5 tot 20 minuten later berekend dan bij T07 waardoor de afname van de snelheid vaak iets achter loopt bij de gemeten waarden (figuur m04-2).

Bij het vergelijken van de u- en de v-snelheden van T07 en M04 valt op dat er in v-richting erg weinig is veranderd, en dat de hierboven beschreven verschillen worden veroorzaakt door veranderingen in de berekende snelheden in de u-richting. De grootte van de u-snelheid is in M04 iets toegenomen ten opzichte van T07.

De berekende waterstanden zijn gelijk aan de waterstanden berekend bij T07 (figuur m04-3).

- Meetpunt 3 t/m 5: Dit meetpunt viel in het Scaldis-model (berekening T07) samen met meetpunt 1 t/m 2 in meetpunt 1 t/m 5. De eerste snelheidspiek van het getij wordt goed benaderd door het model. De tweede piek tijdens vloed, met meetwaarden van 0.30 tot

0.40 m/s wordt door het model niet berekend. De hoogte van de maximale snelheidspiek is in de gemeten serie van meetpunt 3 onwaarschijnlijk hoog. De hoogte is onwaarschijnlijk omdat de snelheden groter zijn dan de snelheden gemeten in punt 1, terwijl punt 1 bij de geul ligt en punt 3 hoger op de plaatrand. Bovendien zijn de verschillen met het 13 meter verderop gelegen punt 2 erg groot (0.10 tot 0.20 m/s) (figuren m04-4 en m04-5).

- Meetpunt 6: De eerste helft van het getij zijn er bijna geen verschillen tussen de berekeningen van M04 en T07. De hoogte van de maximale snelheid is in beide gevallen te klein, maar bij T07 groter en meer in overeenstemming met de metingen dan bij M04. Het afnemen van de snelheid wordt echter een stuk beter weergegeven door M04. Ook de eerste piek tijdens opkomend water voorspelt M04 beter dan T07. De berekende waterstanden zijn gelijk aan de waterstanden berekend bij T07 (figuur m04-6).

- Meetpunt 9: De snelheid in de eerste snelheidspiek is bij M04 ongeveer 0.03 m/s groter geworden dan bij T07, maar nog steeds ongeveer 0.10 m/s lager dan de gemeten waarden. Bovendien is het fase verschil van de berekende piek met de gemeten piek nog even groot, de berekende is ongeveer 0,5 tot 1 uur te vroeg. De tweede piek is correct in fase. Op dit meetpunt geldt dat de berekende maximale piek bij M04 iets (0.02 m/s) kleiner is dan de berekende maximale piek bij T07, terwijl de gemeten waarden groter zijn dan (0.10 tot 0.15 m/s) de waarden van T07. De berekende waterstanden zijn gelijk aan de waterstanden berekend bij T07 (figuur m04-7).

5.4 BEREKENING M06, MOLENPLAAT

Ten opzichte van berekening M04 is alleen de definitie van de ruwheid veranderd. Hierbij is niet uitgegaan van de coëfficiënt van Manning, maar is direct een ruimtelijk variërende Chézy waarde opgelegd (figuur 11). Deze komt in de geulen overeen met een Manning coëfficiënt van 0.022. Op de platen is een Chézy waarde van 65 gebruikt, dit resulteert in een veel lagere ruwheid op de platen dan bij de berekeningen M04 en T07. Dit is gedaan om het effect van de ruwheid op de grootte van de snelheid op de platen te onderzoeken.

De waterstanden worden van deze en volgende berekeningen niet meer besproken omdat daar geen veranderingen in zijn opgetreden.

Resultaten:

- Meetpunt 1 t/m 2: De verschillen in de berekende stroomsnelheden zijn tijdens vloed en hoogwater vergelijkbaar met de stroomsnelheden van berekening M04, verschillen van 0.03 m/s en kleiner. De maximale snelheden van de snelheidspiek tijdens eb zijn ongeveer 0.06 m/s groter bij M06 dan bij M04. De afname van de snelheid bij M06 vindt ongeveer een uur later plaats dan de afname van de snelheid bij M04. De berekende stroomsnelheden tijdens eb wijken bij M06 meer af van de gemeten waarden dan de snelheden berekend bij M04 (figuur m06-1). Om dezelfde reden als bij meetpunt 1 wijken de tijdens berekening M06 berekende snelheden van meetpunt 2 meer af van de gemeten snelheden dan de tijdens M04 berekende snelheden. Het verschil tussen M06 en M04 treedt voornamelijk op in de u-snelheid (figuren m06-2 en m06-3).

- Meetpunt 3 t/m 5: De snelheidspiek vlak voor hoogwater is nu duidelijk zichtbaar in de

berekeningen, maar nog steeds veel lager dan de gemeten waarden (0.13 tot 0.18 m/s in plaats van 0.30 tot 0.40 m/s). De verschillen, tijdens eb, tussen de berekende stroomsnelheden van M06 en M04 zijn bij punt 3 t/m 5 vergelijkbaar met de verschillen bij meetpunt 1 t/m 2. Maar bij meetpunt 3 t/m 5 liggen de berekende snelheden wel dicht bij de gemeten waarden (figuren m06-4 en m06-5).

- Meetpunt 6: De snelheidspieken berekend door M06 zijn 0.03 tot 0.07 m/s groter dan de snelheden in de pieken bij M04. Het tijdstip van de pieken is gelijk gebleven. In het totaal liggen de berekende snelheden nu dicht bij de gemeten snelheden (figuur m06-6).

- Meetpunt 9: Ook op meetpunt 9 zijn de snelheden van beide pieken ongeveer 0.5 m/s groter bij M06 dan bij M04. Het tijdstip van de eerste piek is bij M06 en M04 gelijk, en een half uur eerder dan gemeten. Het tijdstip van de maximale snelheid in de tweede piek is ongeveer een half uur later, waardoor de afname van de snelheid bij M06 een half uur tot een uur achter loopt bij de snelheidsafname van M04. Over het hele getij liggen de berekende snelheden van M06 dicht bij de gemeten waarden dan de snelheden van M04 (figuur m06-7).

5.5 BEREKENING M07, MOLENPLAAT

De waterdiepte waaronder geen berekeningen worden uitgevoerd is terug gebracht van 15 cm naar 1 cm. Als dit geen foute berekende waarden voor de waterstanden rond de droogval en het onderlopen van de platen oplevert, zal het naar verwachting een verbetering van de berekende stroming over de platen opleveren.

Resultaten:

Voor alle meetpunten geldt dat de verschillen die optreden als gevolg van het verlagen van het rekenniveau boven de bodem, minimaal zijn. Aan het allereerste begin van het getij stijgen de snelheden 10 tot 30 minuten eerder dan bij M04, maar na een uur zijn er geen snelheidsverschillen meer waargenomen tussen M04 en M07. Tot tijdens het laatste uur van het getij de snelheden bij M07 ook weer 10 tot 30 minuten later afnemen tot 0 m/s. Dit betekent dat, door bovengenoemde aanpassing, de rekencellen in het model iets eerder onderlopen en iets later droogvallen. Omdat het verlagen van het rekenniveau geen oscillaties in de berekende waterstanden oplevert kan een rekenniveau van 1 centimeter goed worden toegepast in het Molenplaat-model, omdat de gridcellen en de tijdstap klein zijn. De resultaten zijn gepresenteerd in figuren m07-1 t/m m07-7.

5.6 BEREKENING M08, MOLENPLAAT

Voor deze berekening zijn er twee verschillende Manning coëfficiënten geïntroduceerd in het model. In de geulen is de Manning coëfficiënt nog steeds 0.022, maar op de platen is de coëfficiënt nu 0.013 (figuur 12). Een lagere Manning coëfficiënt komt overeen met een lagere ruwheid (formule 3 en 4). De ruwheden op de platen zijn lager dan bij berekening M06.

Resultaten:

- Meetpunt 1 t/m 2: De snelheden tijdens het eerste deel van de vloed verlopen

vergelijkbaar met de snelheden berekend door M06. De maximale snelheden in de laatste snelheidspiek voor hoogwater, wanneer er ook water over de platen heen stroomt, zijn hoger dan bij M06. Deze verhoging van de snelheden vindt plaats in noord-oostelijke richting, wat ook duidt op stroming over de plaat heen. De snelheidspiek in noordelijke richting, in de meetgegevens, wordt in hoogte beter berekend door M08, maar is nog steeds 0.10 tot 0.20 m/s lager en ongeveer een uur vroeger dan gemeten.

De snelheidspiek na hoogwater is hoger dan bij M06, maar treedt op op hetzelfde tijdstip; later dan gemeten. De berekende snelheidspieken (M08) zijn 0 tot 0.10 m/s hoger dan gemeten in meetpunt 1 en 0.10 tot 0.20 m/s hoger dan gemeten bij meetpunt 2 (zie figuren m08-1, m08-2 en m08-3).

- Meetpunt 3 t/m 5: Ook op meetpunt 3 t/m 5 is de fasering van M08 gelijk aan de fasering van M06. De eerste piek tijdens opkomend water is vergelijkbaar met de uitkomsten van M06. De snelheden tijdens de piek vlak voor hoogwater zijn ongeveer 0.03 m/s hoger bij M08 dan bij M06, en ongeveer een half uur vroeger dan de gemeten waarden. De snelheidspiek na hoogwater is ongeveer 0.05 m/s hoger dan de piek bij M06. Dat verschil treedt op in de stroomsnelheden in westelijke richting. De hoogte komt beter overeen met de gemeten snelheidspiek, maar op 24-6-95 ongeveer een half uur later dan gemeten (figuren m08-4 en m08-5).

- Meetpunt 6 en meetpunt 9: Bij deze meetpunten komt de fasering van beide pieken overeen met de fasering in M06. Dat betekent dat de piek voor hoogwater ongeveer een uur vroeger wordt berekend dan gemeten. De berekende piek na hoogwater loopt 0.5 tot 1 uur achter op de gemeten waarden. Zowel bij meetpunt 6 als bij meetpunt 9 zijn de snelheden in de pieken, berekend door M08, 0.03 tot 0.05 m/s hoger dan de snelheden berekend door M06.

Bij meetpunt 6 zijn de stroomsnelheden tijdens de eerste piek nog steeds veel (0.10 tot 0.20 m/s) lager dan de gemeten waarden. Tijdens de piek na hoogwater zijn de verschillen met de gemeten waarden minder dan 0.10 m/s. Bij meetpunt 9 zijn de maximale berekende snelheden tijdens de piek voor hoogwater gelijk aan of 0.05 m/s hoger dan gemeten. Tijdens de piek na hoogwater liggen de berekende snelheden ongeveer 0.05 m/s lager dan de gemeten snelheden (figuren m08-6 en m08-7).

6 DISCUSSIE EN CONCLUSIE

Om verschillende redenen worden verschillen kleiner dan ongeveer 0.10 m/s tussen de berekende en de gemeten waarden niet verder besproken. Deze verschillen kunnen veroorzaakt worden door een combinatie van factoren:

- meetfouten.
- fouten bij het berekenen van dieptegemiddelde snelheden door het aannemen van een exponentieel snelheidsprofiel.
- het model berekent per cel van ongeveer 30x40 meter een snelheid, terwijl de gemeten waarden afkomstig zijn van één punt.
- eventueel meteorologische invloeden.

Bij de meetpunten 1 t/m 2 komen de berekende en de gemeten de snelheden het best overeen bij berekening M04.

De hoogte van de door M08 berekende snelheden bij meetpunt 3 t/m 5 komen het best overeen met de gemeten snelheden. Hierbij moet opgemerkt worden dat er twijfels bestaan over de hoogte van de gemeten waarden van meetpunt 3, in relatie tot de snelheden gemeten op de overige meetpunten. De fase van de snelheidspieken komt bij M04 het best overeen met de metingen.

De hoogte van de snelheden op meetpunt 6 komen bij M08 het beste overeen met de gemeten waarden. Terwijl de fasering van de pieken bij M04 beter overeen komt met de gemeten waarden. Dit geldt vooral voor de piek vlak voor hoogwater, die in alle gevallen vroeger wordt berekend dan gemeten. Voor meetpunt 9 geldt, wat betreft het bovenstaande, hetzelfde als voor meetpunt 6.

Het aanpassen van de ruwheid op de platen, zoals is gedaan bij M06 en M08, resulteert in hogere berekende snelheidspieken, zowel bovenop de plaat (punt 6 en 9) als op de plaatrand (punt 1 t/m 5). Zowel bij M06 als bij M08 veranderde ook de fasering van de pieken. De snelheidspiek vlak voor hoogwater wordt eerder berekend en de piek na hoogwater wordt later berekend, als de ruwheid op de platen verlaagd wordt. Een verdere verlaging van de ruwheid op de plaat (M08 ten opzichte van M06), levert alleen hogere berekende snelheden op en geen verdere fase verschuiving.

Vlak voor hoogwater is bij de punten 2 en 3 een snelheidspiek in noordelijke richting gemeten die in de berekeningen duidelijk lager is. Dat probleem wordt maar voor een klein deel opgelost door het verlagen van de ruwheid op de plaat. De verhoging van de berekende snelheden vlak voor hoogwater, als gevolg van de lagere ruwheden, treden voornamelijk op in de u-richting (oost-west).

Het verlagen van het minimale waterniveau boven de bodem, waarbij het model nog waterstanden en stroomsnelheden uitrekend, van 15 cm naar 1 cm heeft alleen gevolgen voor de berekende snelheden in het eerste en laatste uur van het getij. De snelheden nemen iets eerder toe aan het begin van het getij en iets later af aan het eind.

De in dit rapport besproken berekeningen zijn de eerste berekeningen met het voorlopige Molenplaat-model. Voor de resultaten en berekeningen van het definitieve Molenplaat-model verwijs ik naar het eind-rapport over het Molenplaat-model (WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1995).

REFERENTIES

- 1) DEKKER, L., 1994. Calibratie en verificatie SCALDIS 100, werkdocument RIKZ/AB-94.839x, Middelburg.
- 2) RIJKSWATERSTAAT EN WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1987. Syllabus bij de cursus, gebruik en toepassing van WAQUA.
- 3) Projectaanvraag: MICOMACRO - De invloed van voedsel en stromingspatronen op de grootschalige en kleinschalige verspreiding van macrobenthische filtreerders in estuaria.
- 4) MICROMACRO: werkplan 1995.
- 5) WATERLOOPKUNDIG LABORATORIUM, 1995. BEON habitat project: MICRO-MACRO. Een onderzoek naar de relatie tussen hydrodynamische factoren en kleinschalige verspreiding van macro-benthos. Rapport Z988/Z943.

TABELLEN

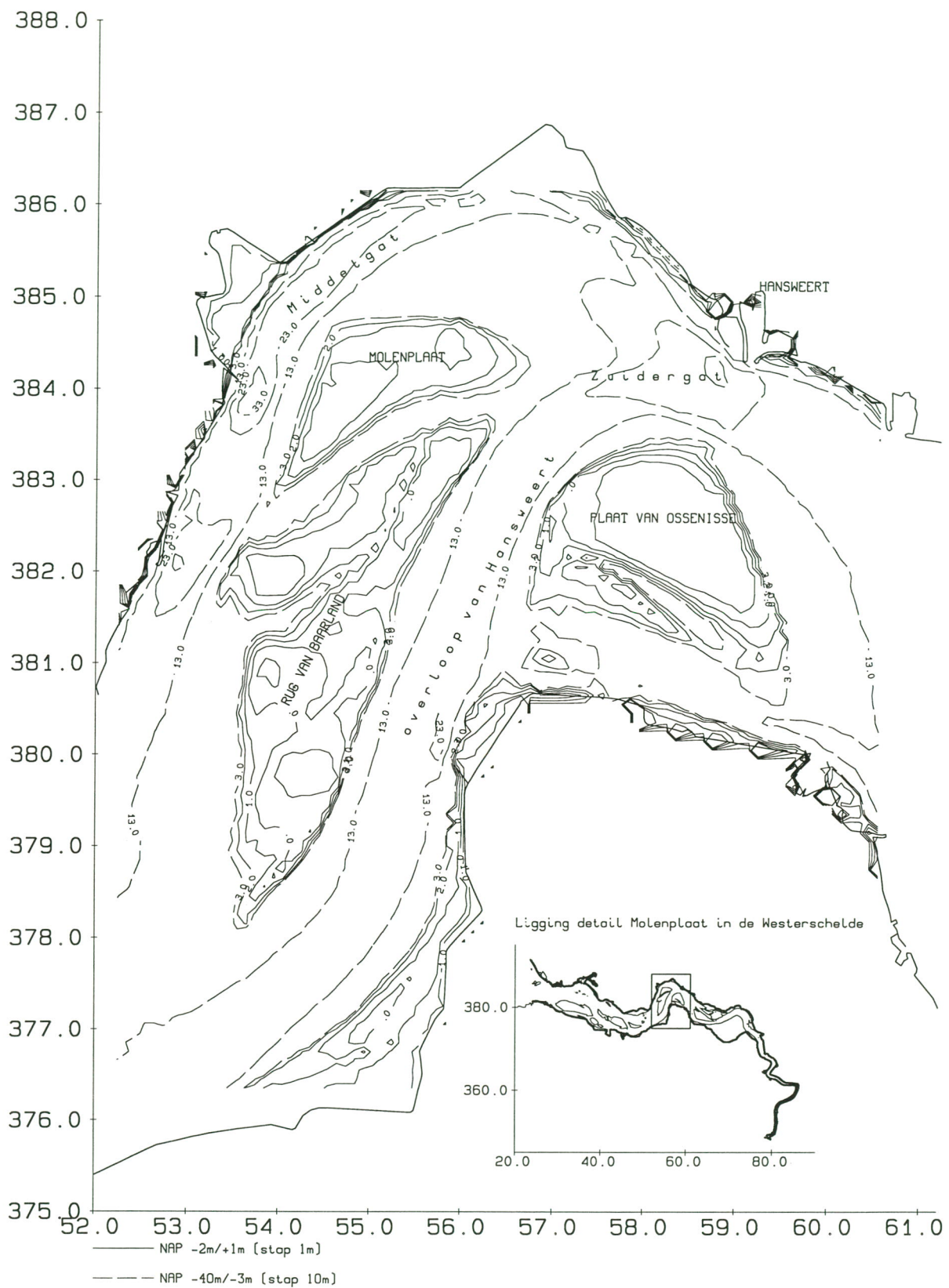
| Tabel 1: Schema meetpunten en apparatuur | | | | | | |
|--|------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|--------------|
| meetpunt | datalogger | lokatie | snelheidsmeter | waterstands meter | x-coördinaat | y-coördinaat |
| MP1 | Zeekat | laagwater lijn | 4 x OTT | - | 55363.60 | 384785.44 |
| MP2 | 5 | plaatrand | MMB | - | 55369.96 | 384755.64 |
| MP3 | 5 | plaatrand | NSW-MD | (drukdoos) | 55370.87 | 384742.64 |
| MP4 | 5 | plaatrand | NSW-VL | - | 55370.61 | 384729.66 |
| MP5 | 5 | plaatrand | COLNBOOK | - | 55371.59 | 384720.37 |
| MP6 | 6 | plaat | OTT | drukdoos | 55386.16 | 384575.27 |
| MP7 | 6 | plaat | OTT | - | 55399.04 | 384465.73 |
| MP8 | 9 | plaat | OTT | - | 55406.75 | 384385.83 |
| MP9 | 9 | hoogste punt | OTT | drukdoos | 55418.43 | 384272.46 |

| Tabel 2: Meetperioden van de verschillende proeven. | |
|---|---|
| METING | MEETPERIODE |
| hydrodynamische metingen | 15-6 / 26-6 |
| statief horizontaal | 15-6 : 17.49u t/m 17-6 : 10.09u 18-6 : 14.50u t/m 15.45u 19-6 : 16.26u t/m 23.41u 22-6 : 7.15u t/m 15.00u |
| statief verticaal | 22-6 : 18.49u t/m 2.58u 23-6 : 20.36u t/m 3.52u 24-6 : 21.28u t/m 4.54u 25-6 : 22.21u t/m 3.06u |
| goot | 17-6 : 11.21u t/m 18-6 : 11.00u 19-6 : 3.40u t/m 11.41u 20-6 : 5.38u t/m 13.00u 21-6 : 20.38u t/m 1.40u 23-6 : 8.02u t/m 15.43u 24-6 : 9.11u t/m 16.29u 25-6 : 9.44u t/m 17.19u |
| tunnel | 20-6 : 16.52u t/m 21-6 : 20.11u |

Molenplaat

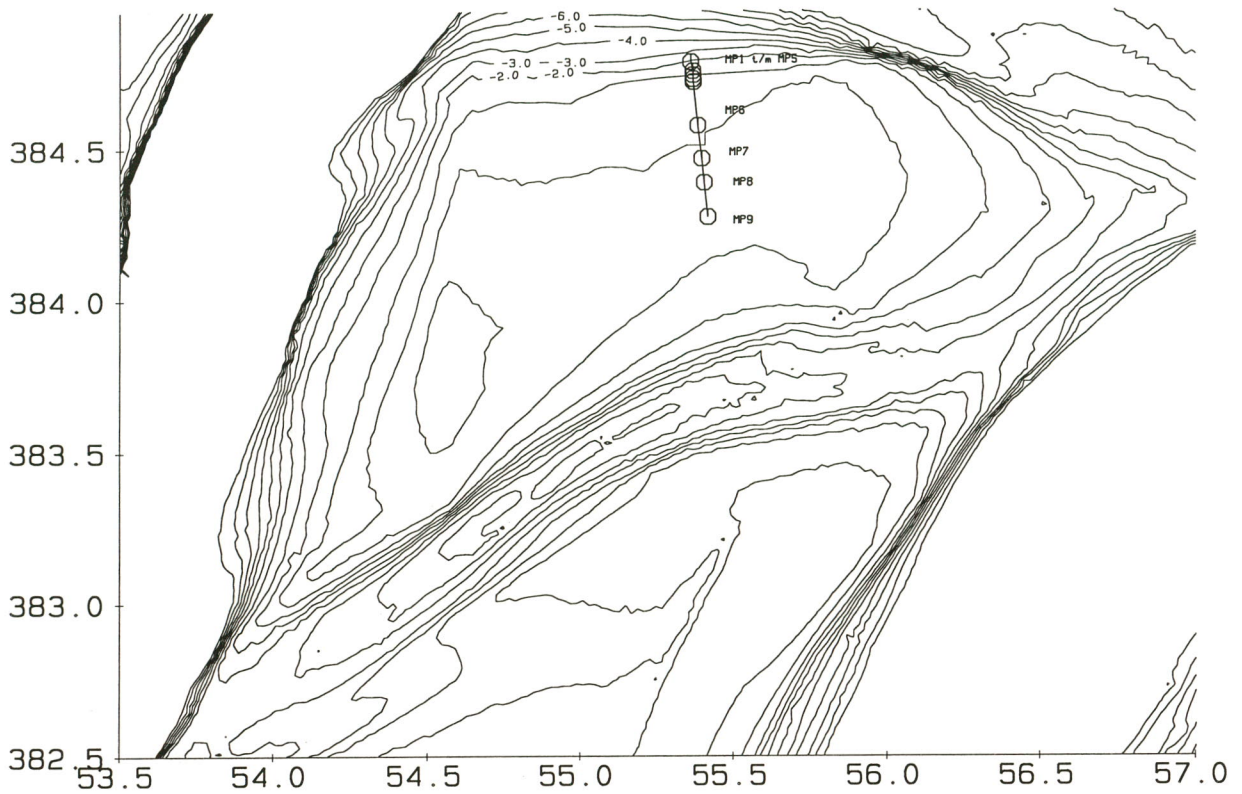
| Tabel 3: Doorstroomoppervlakten van twee geulen | | | |
|--|--------|-----------------------------|-----------------------|
| geul | raai | doorstroomoppervlakte tov.: | |
| | | NAP -2m (m ²) | NAP (m ²) |
| Kortsluitgeul Molenplaat | west | 1045 | 2268 |
| | midden | 894 | 1742 |
| | oost | 659 | 1624 |
| Schaar van Ossensisse | west | 794 | 2952 |
| | oost | 1577 | 3320 |

FIGUREN

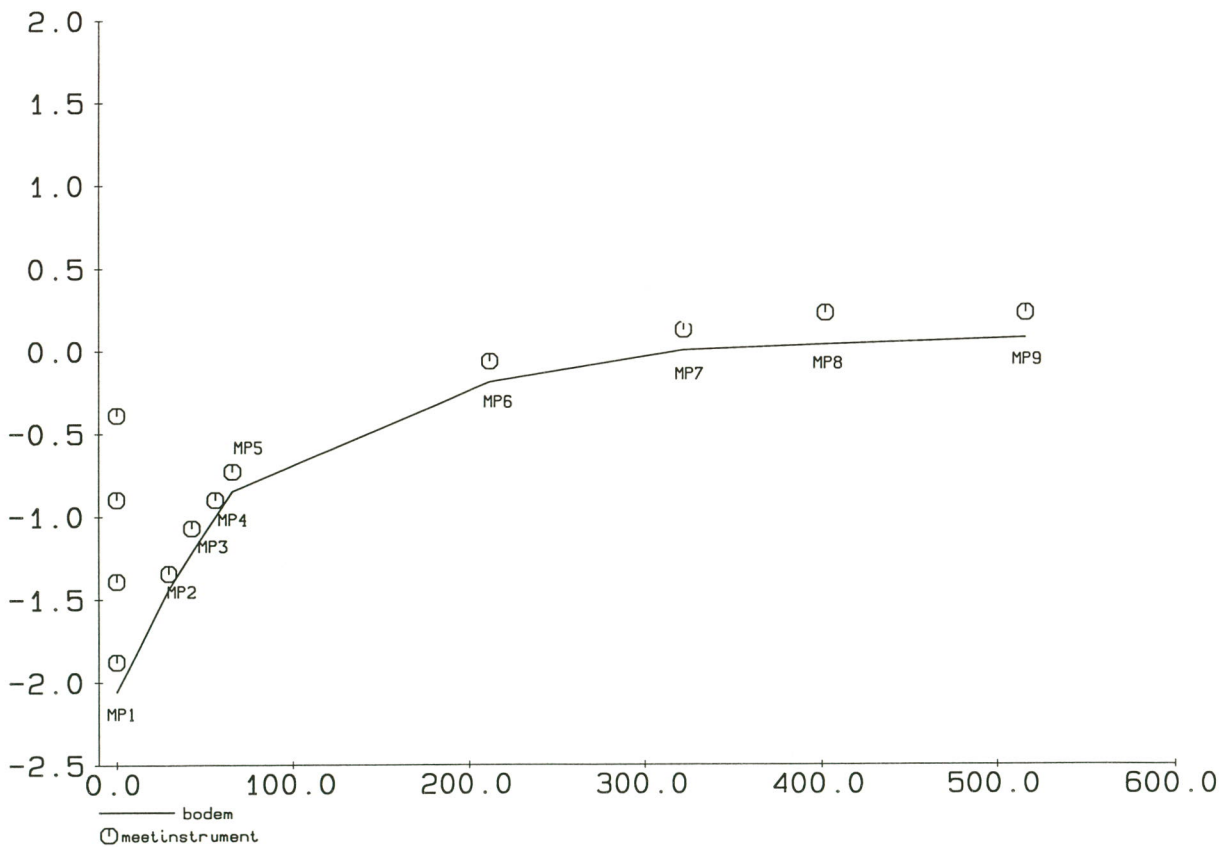


Ligging MOLENPLAAT,
 en nabij gelegen geulen en platen.

Dieptelijnen Molenplaat en ligging van de meetraai.



Dwarsdoorsnede van de Molenplaat ter plaatse van de meetraai.



Dieptelijnen Molenplaat en ligging meetraai

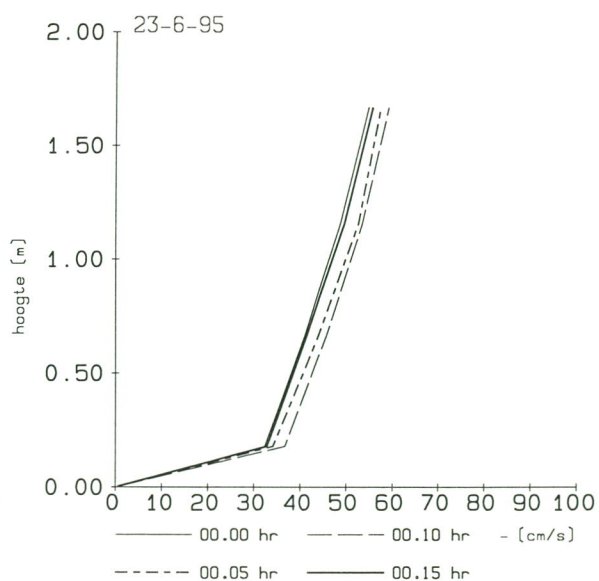
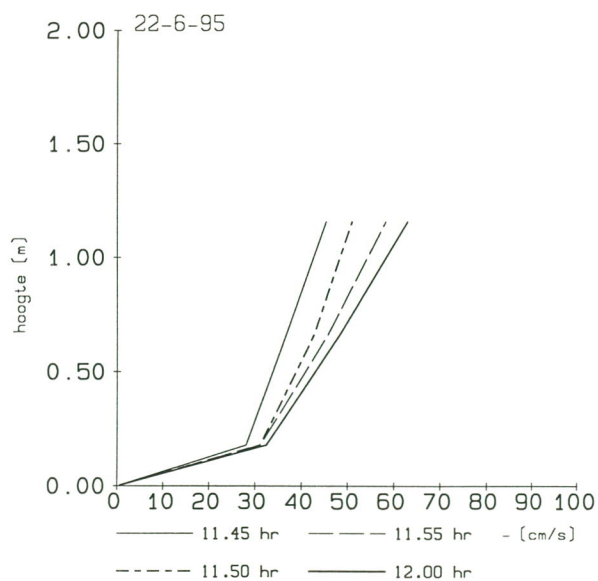
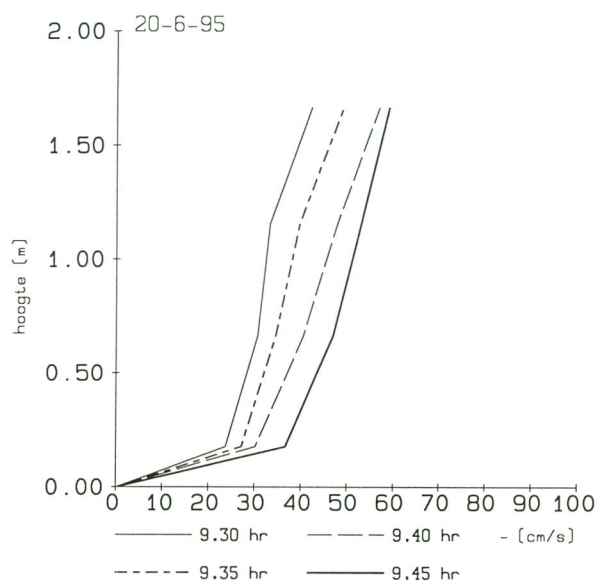
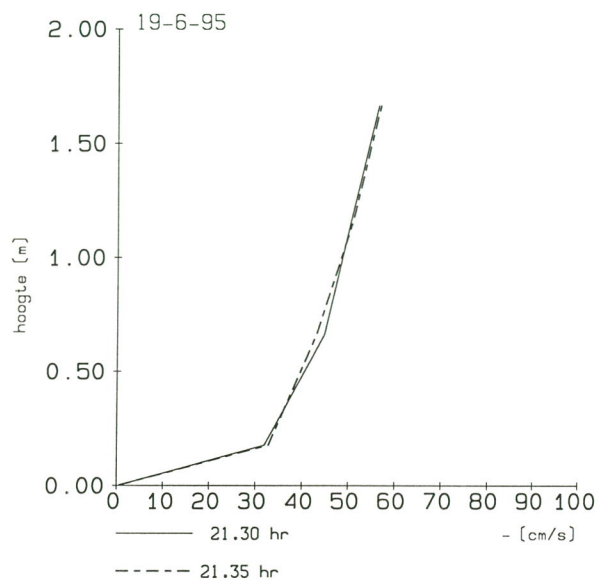
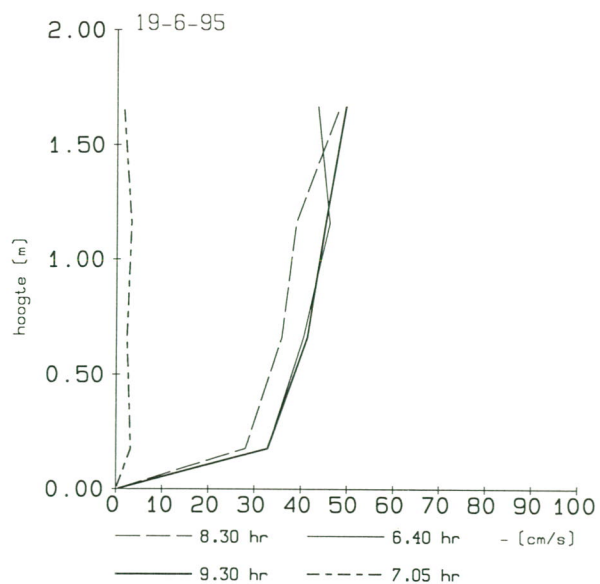
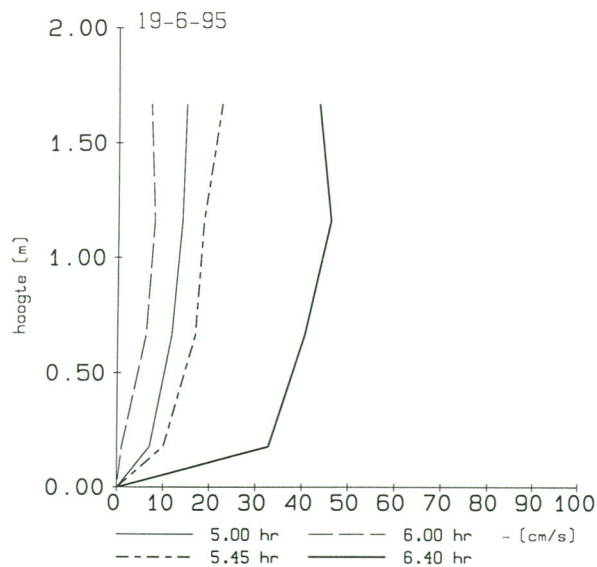
grid = 20x20m, NAP-10m/+1m (stap=1m)

Molenplaat

DELFT HYDRAULICS

Z-943

Fig. 2



GEMETEN STROOMSNELHEID-PROFIELEN BIJ MP1

hoogte snelheidsmeters boven de bodem:

ott-1=17.8 cm , ott-2=66.3 cm , ott-3=115.8 cm , ott-4=166.8 cm

19/23-06-'95

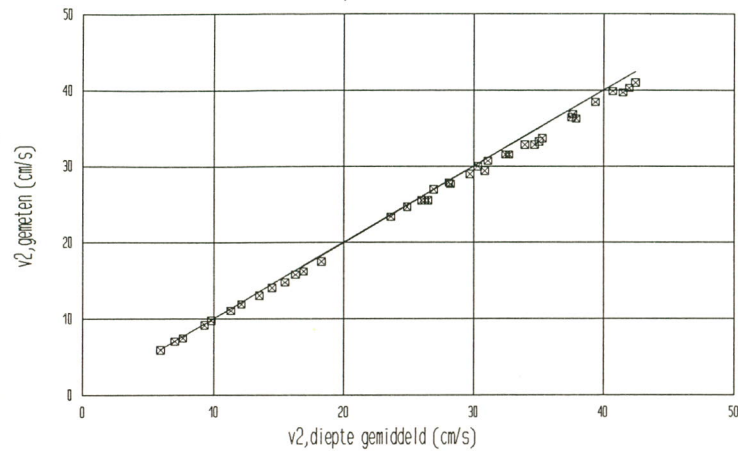
Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

Fig. 3

snelheidsmeter (ott) 2

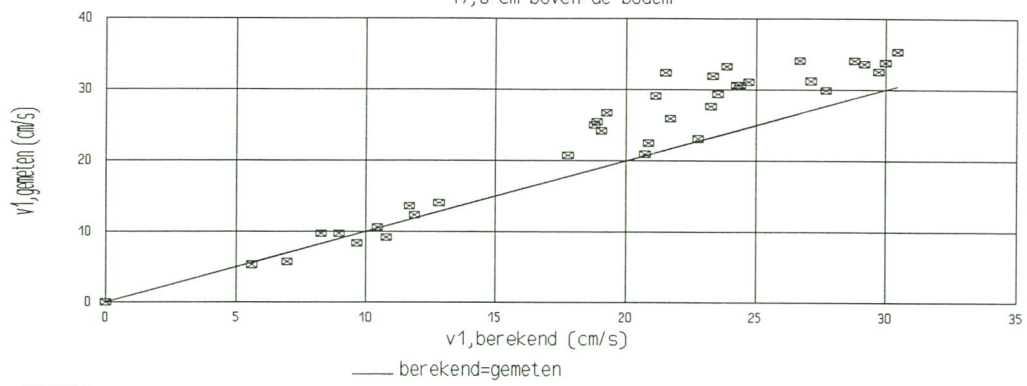
66,3 cm boven de bodem



figuur 4: De diepte gemiddelde snelheden volgens het logaritmische snelheidsprofiel (v_{gem}), uitgezet tegen de snelheden gemeten door de tweede stroomsnelheidsmeter (v_2). Aanname 2: $v_2 = v_{gem}$.

snelheidsmeter (ott) 1

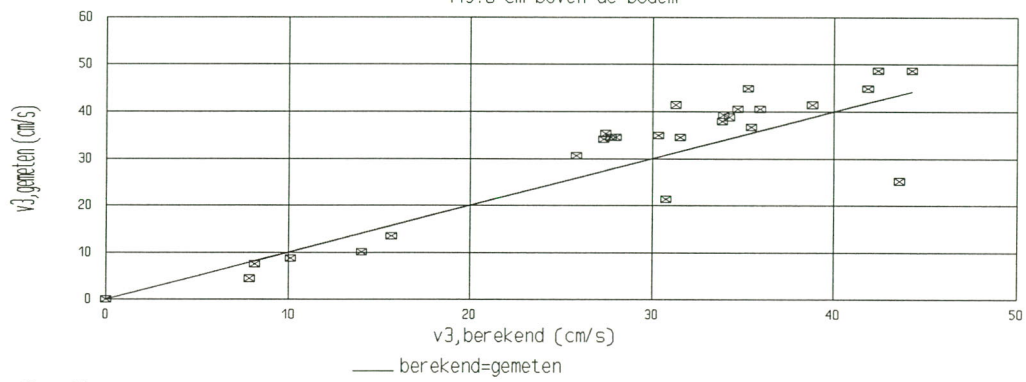
17,8 cm boven de bodem



figuur 5.a

snelheidsmeter (ott) 3

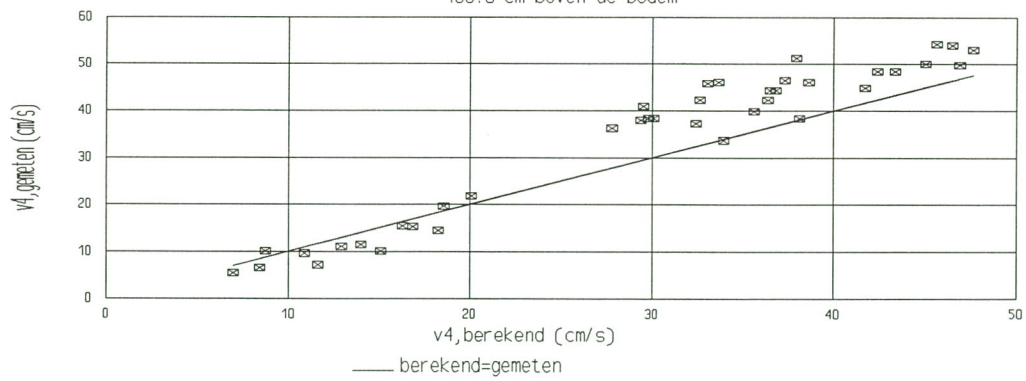
115.8 cm boven de bodem



figuur 5.b

snelheidsmeter (ott) 4

166.8 cm boven de bodem



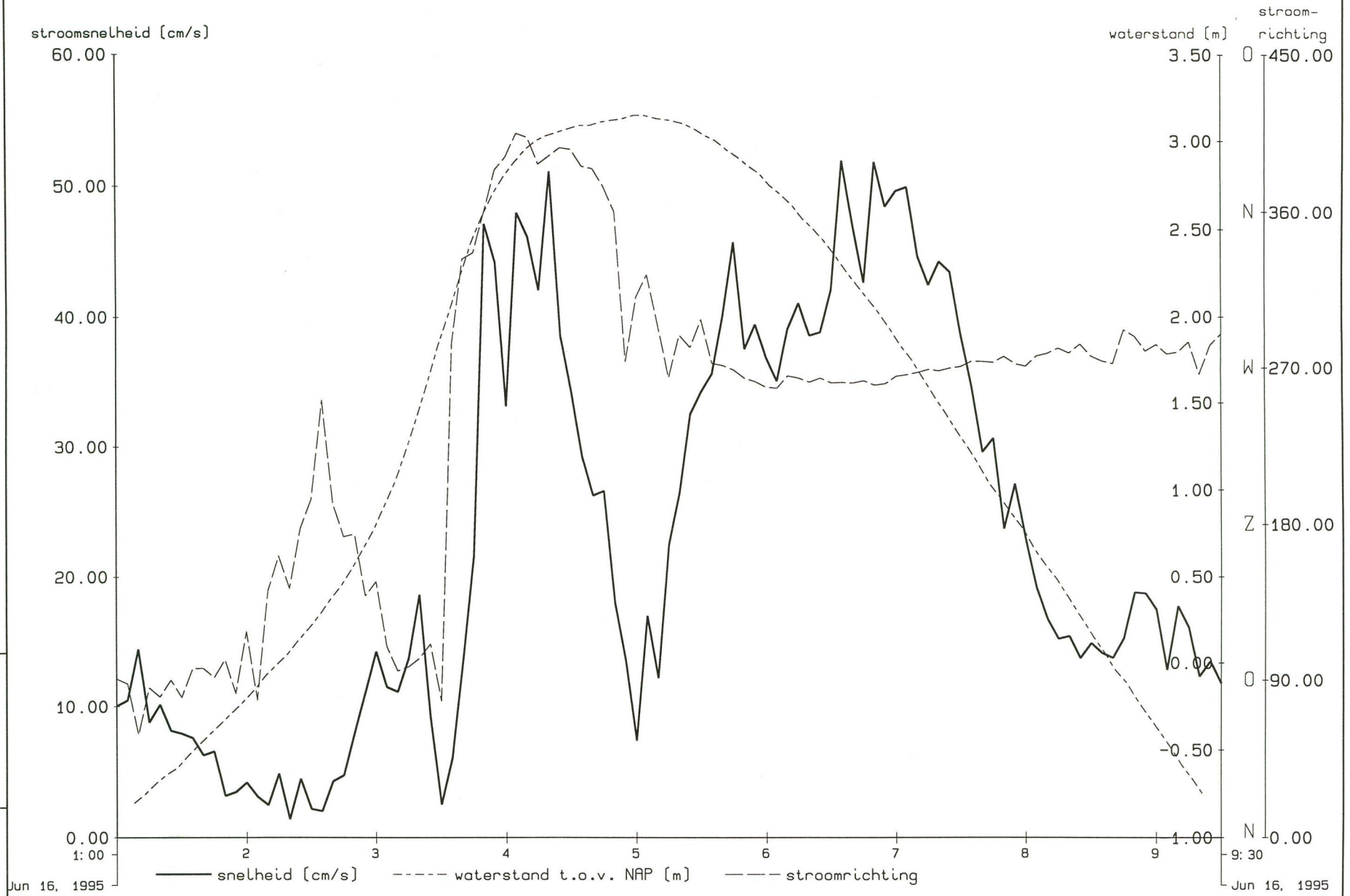
figuur 5.c

DELFT HYDRAULICS

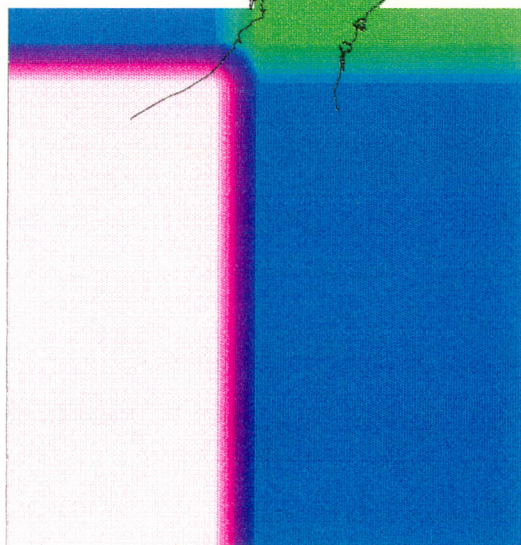
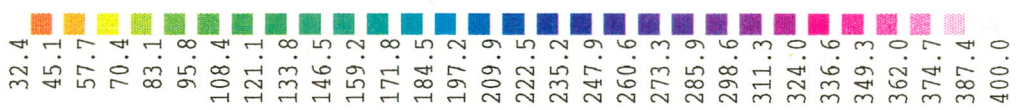
STROOMSNELHEID, STROOMRICHTING EN WATERSTAND BIJ MP2
 verloop van deze drie grootheden tijdens een getij.
 16-06-1995, 1.00u - 9.30u.

Molenplaat, MP2

Fig. 6



(opp.van de gridcellen)^{0.5}



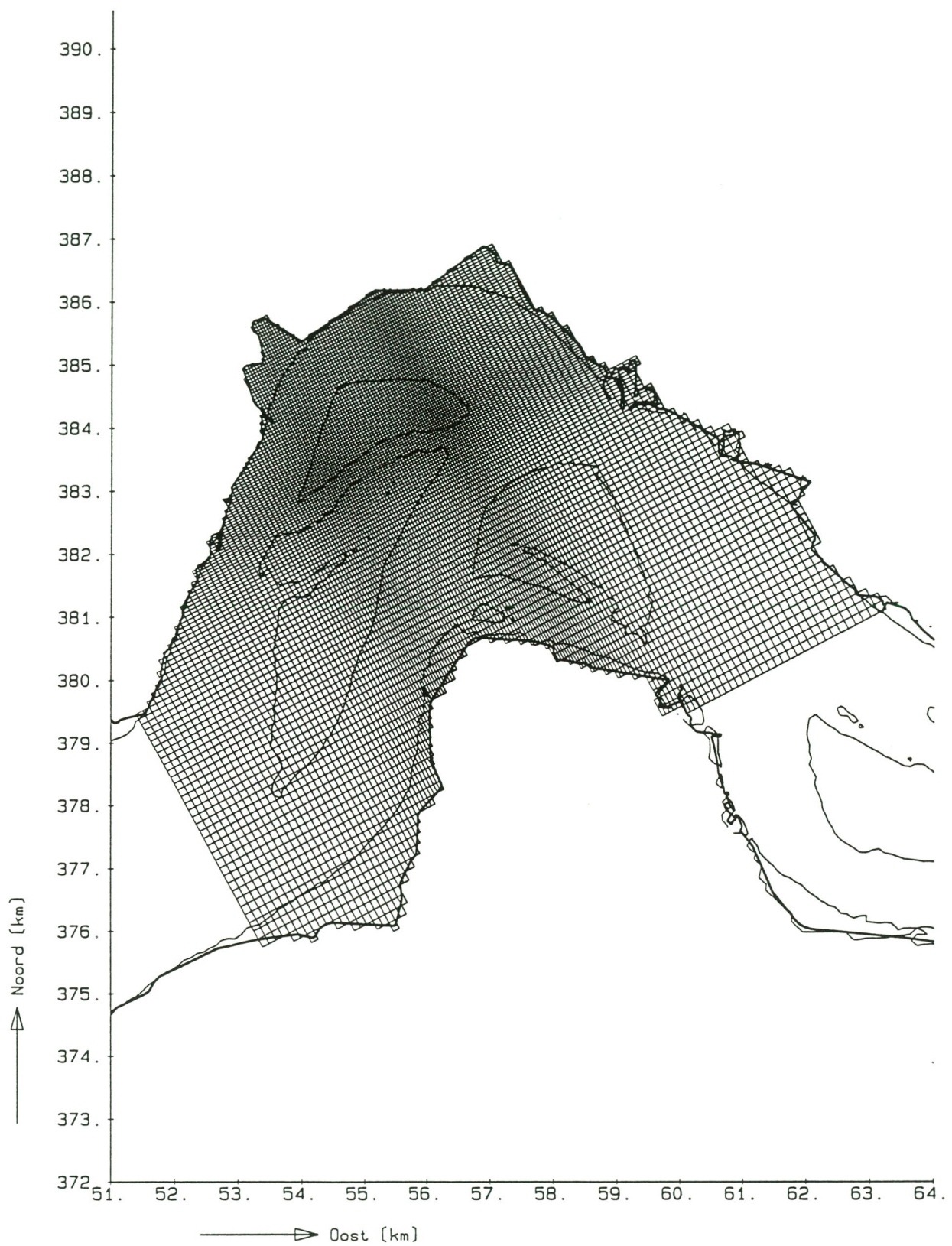
Oppervlakte van de gridcellen van het
SCALDIS model

1995-09-01

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

Fig. 7



Rechtlijnig rekengrid van het Molenplaat model

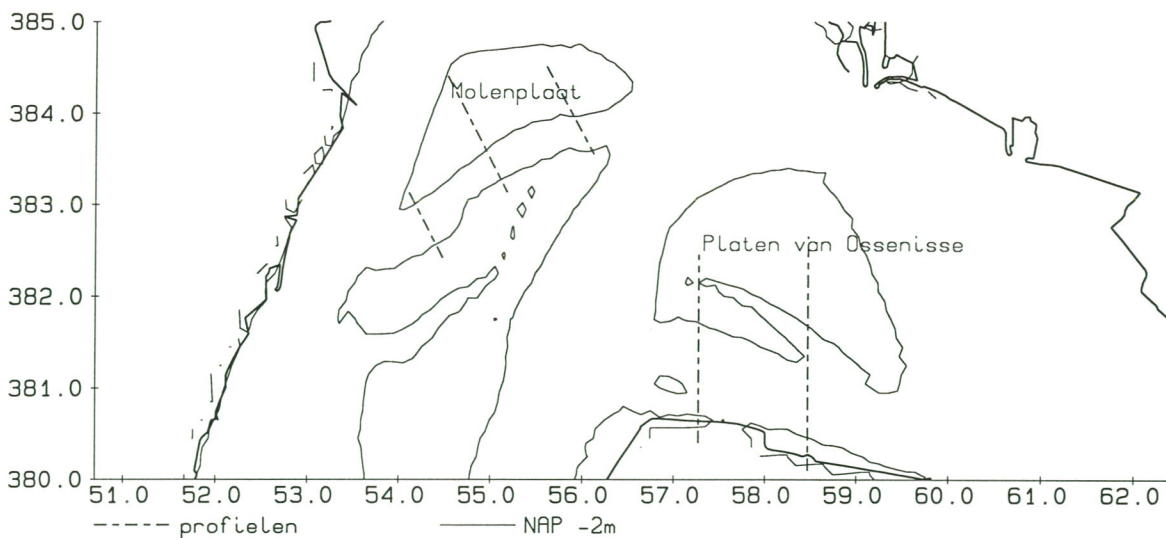
Molenplaat

DELFT HYDRAULICS

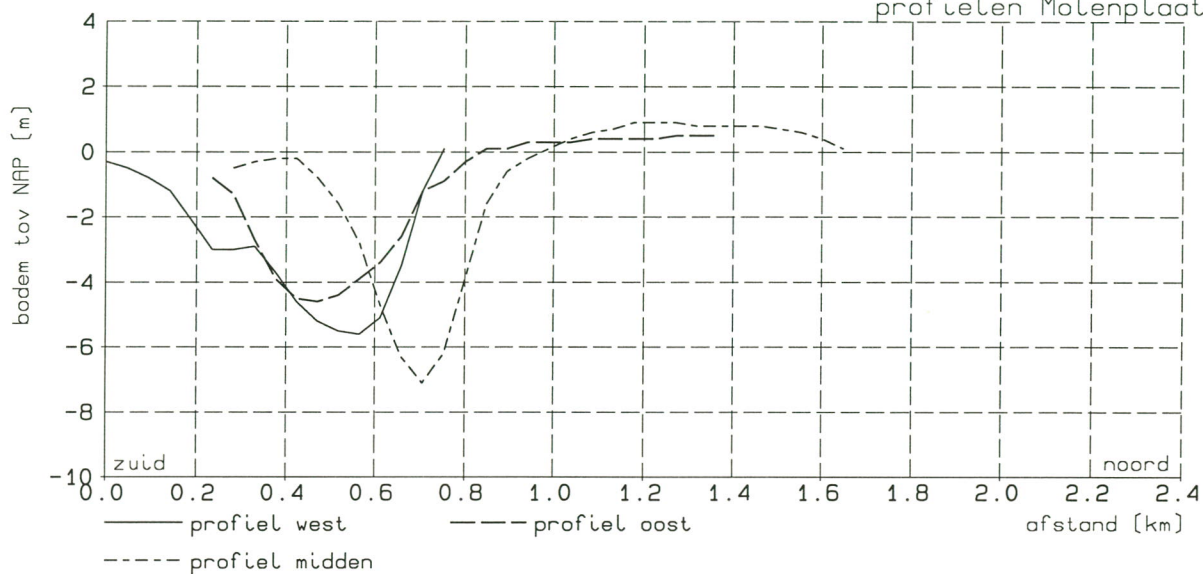
04-09-1995

Fig. 8

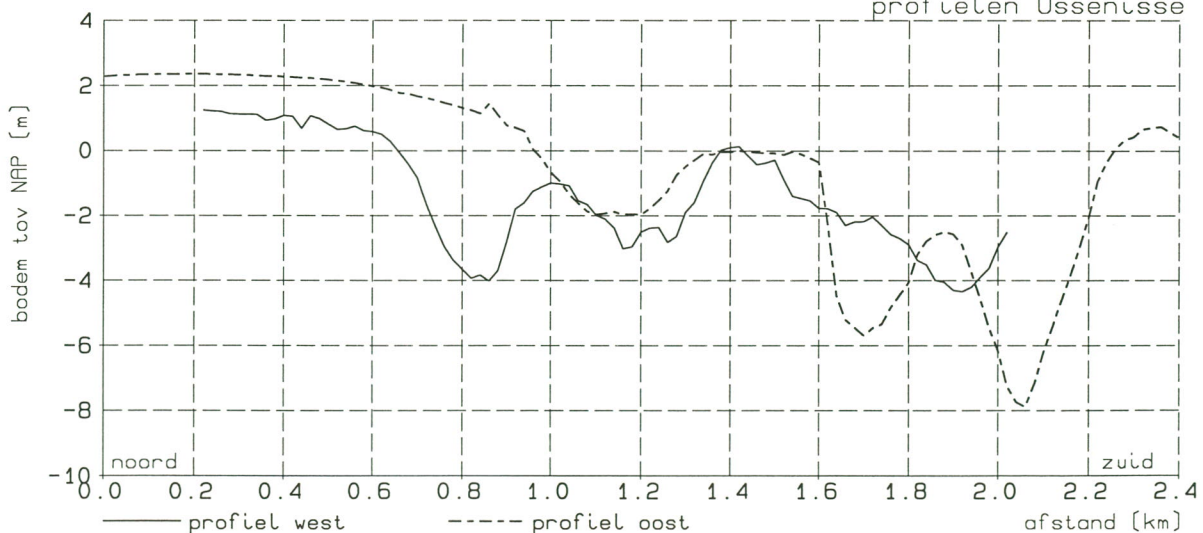
ligging van de profielen



profielen Molenplaat



profielen Ossenisse



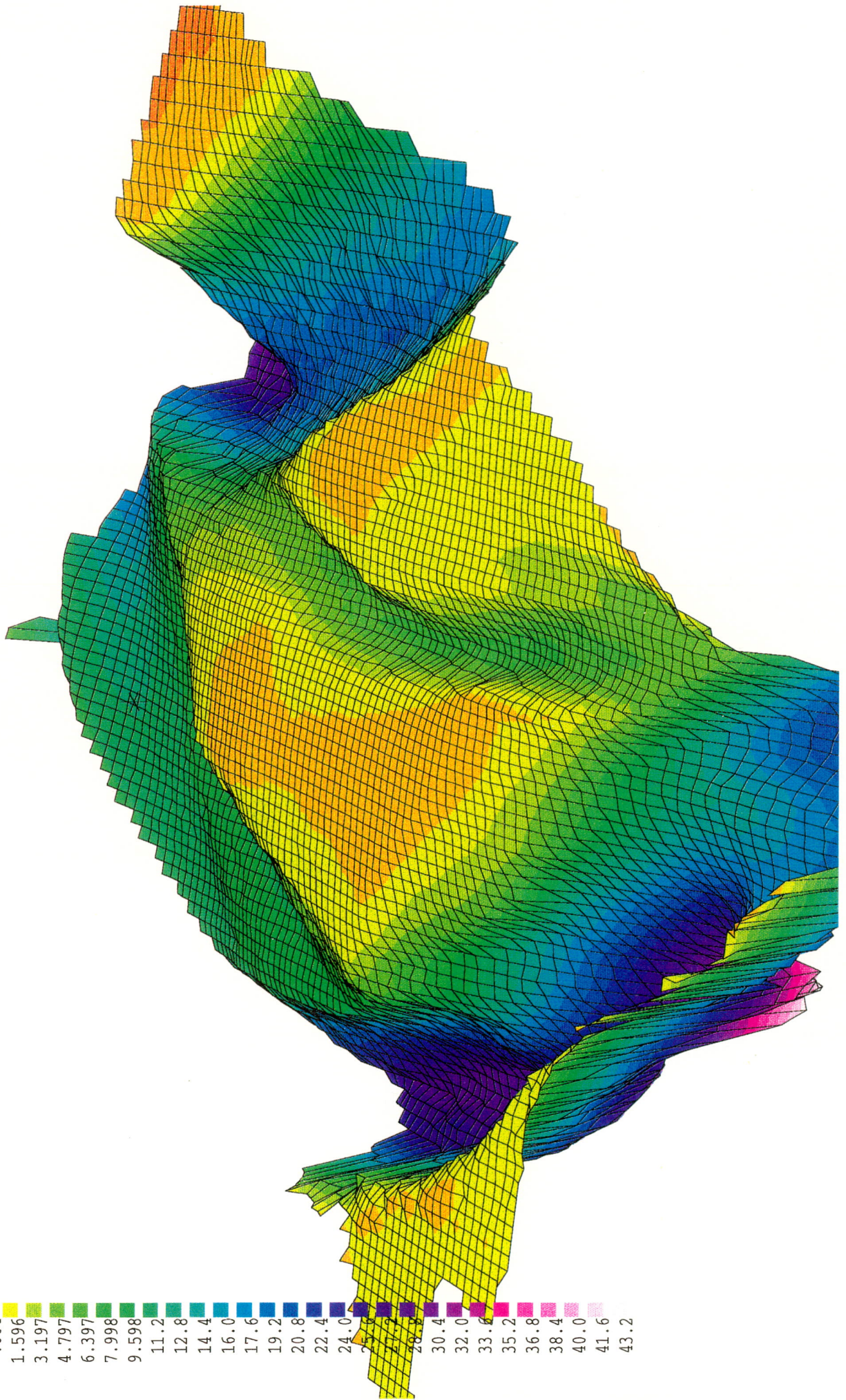
Dwarsprofielen door het zuid-geultje van de Molenplaat, en de Schaar van Ossenisse.

Voor de vergelijking van de doorstroomprofielen.

Westerschelde

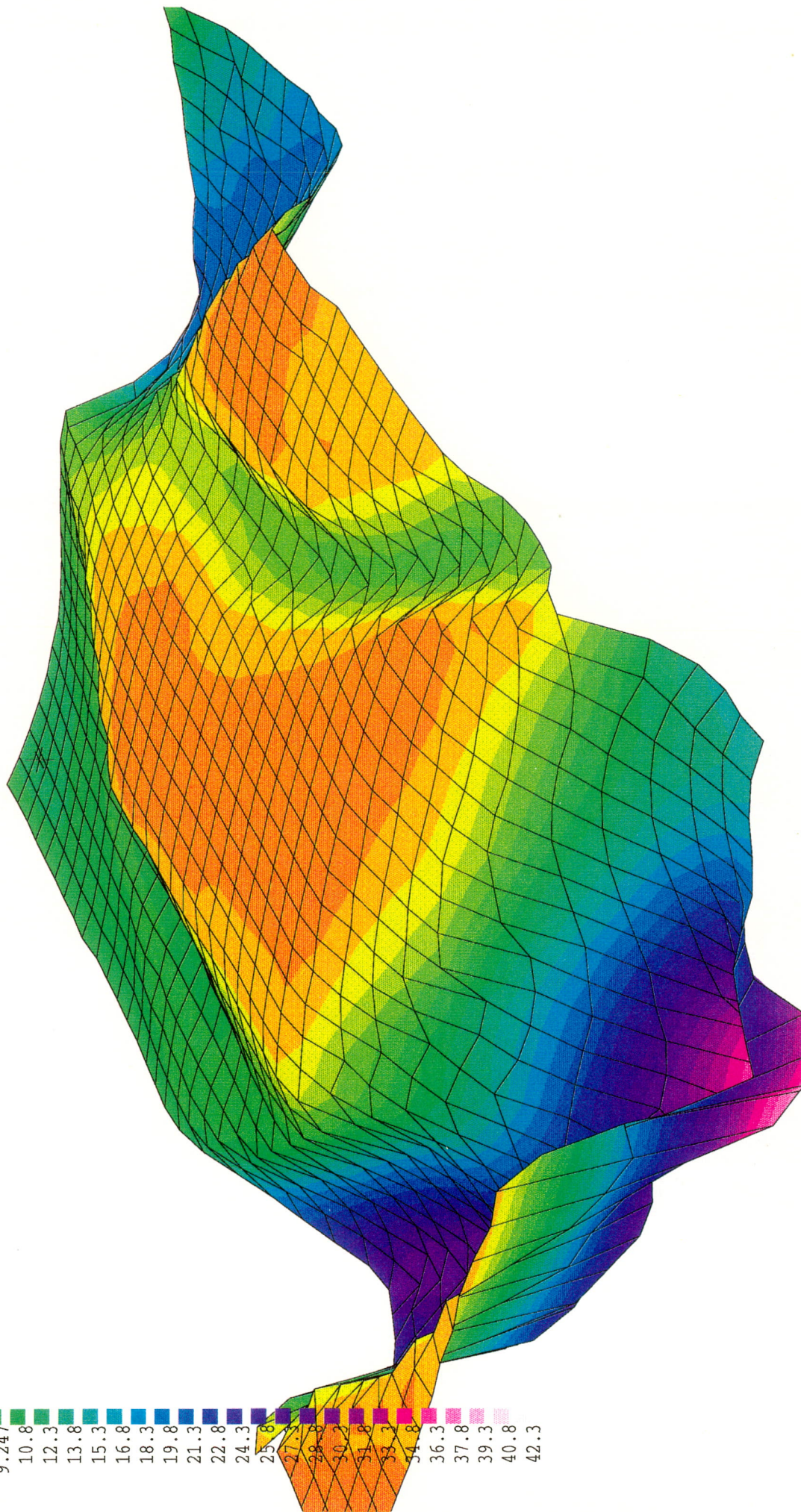
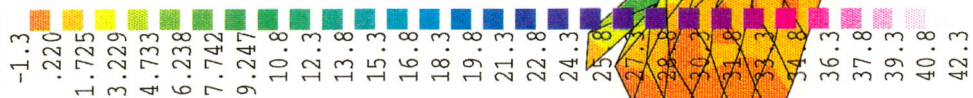
FIGUUR 10.A: PERSPECTIEF BODEMSCHEMATISATIE MOLENPLAAT-MODEL

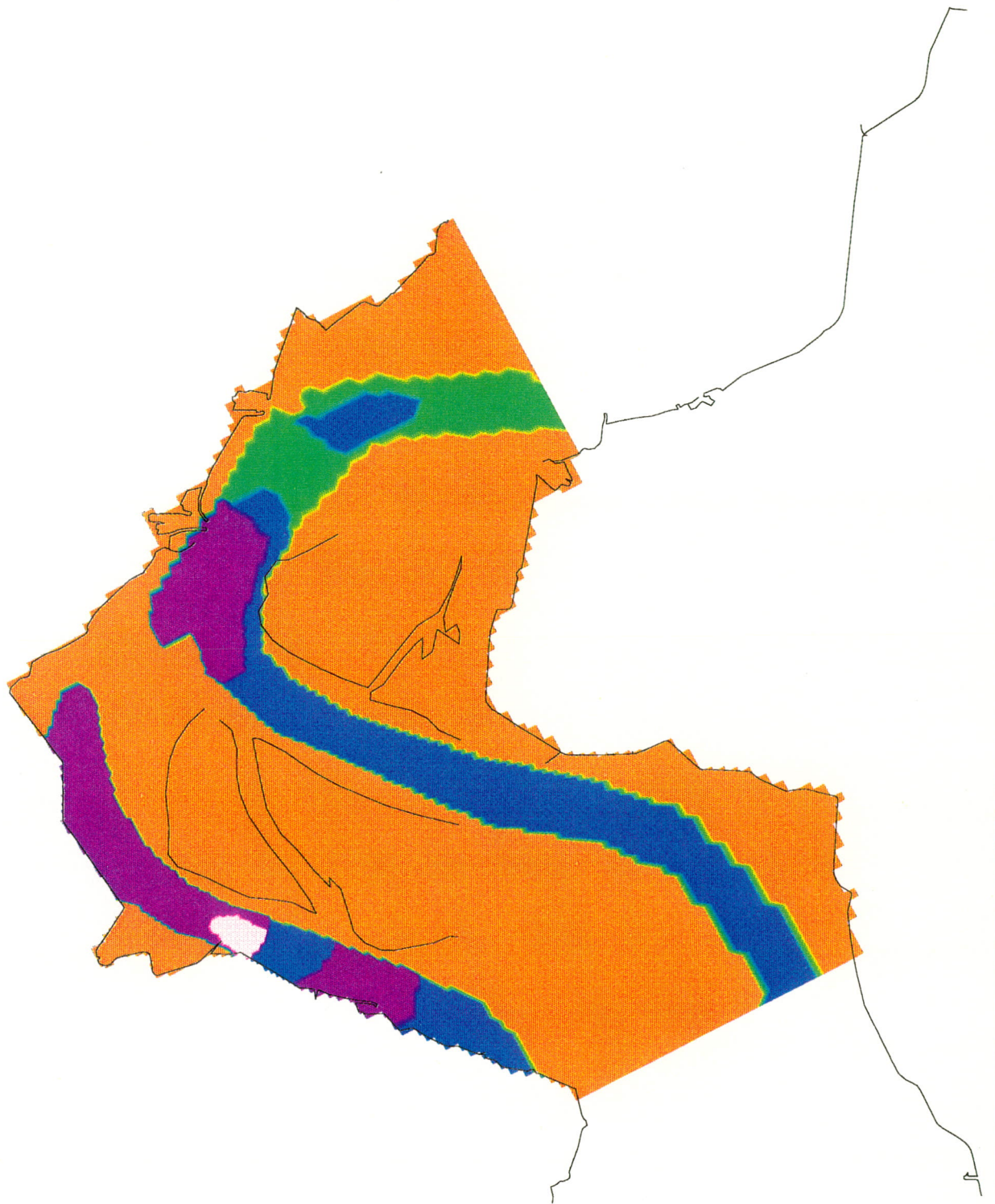
bodem tov NAP (-m)



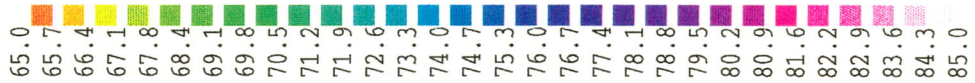
FIGUUR 10.B: PERSPECTIEF BODEMSCHEMATISATIE SCALDIS-MODEL

bodem tov NAP (-m)





Chezy



Chezy waarden bij de berekening M06

Molenplaat model

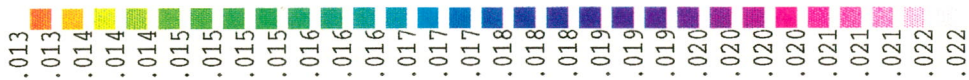
1995-09-01

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

Fig. 11

Manning



Manning waarden bij de berekening M08

Molenplaat model

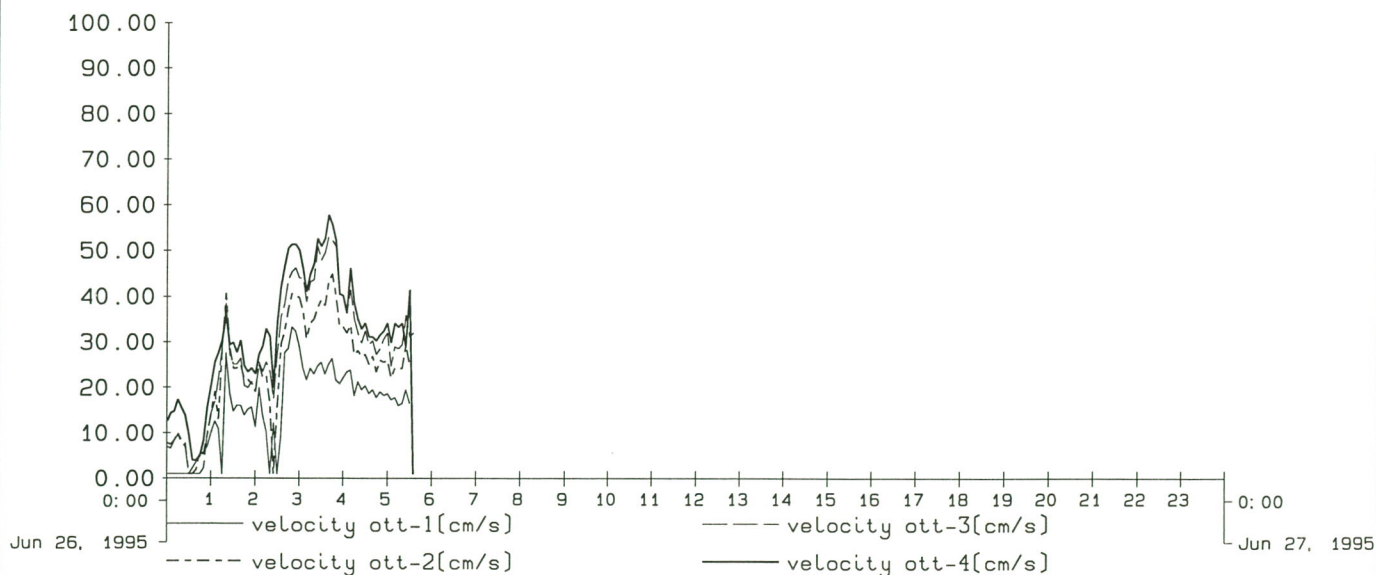
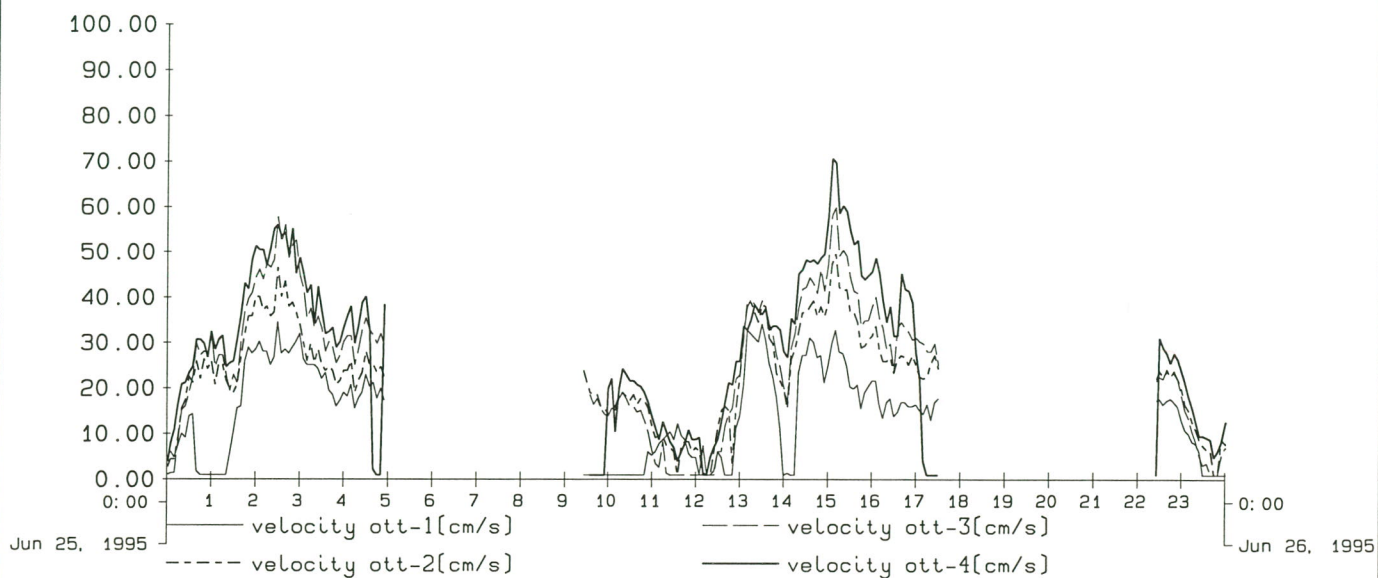
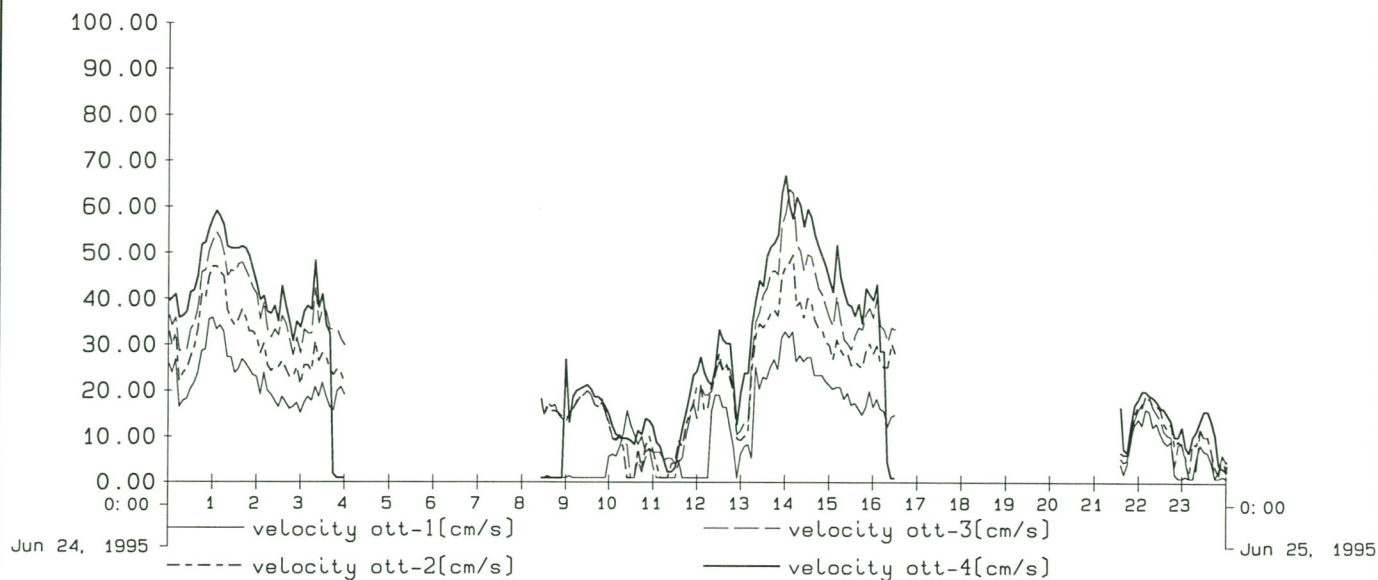
1995-09-01

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

Fig. 12

BIJLAGE I



STROOMSNELHEID BIJ MP1

hoogte snelheidsmeters boven de bodem:

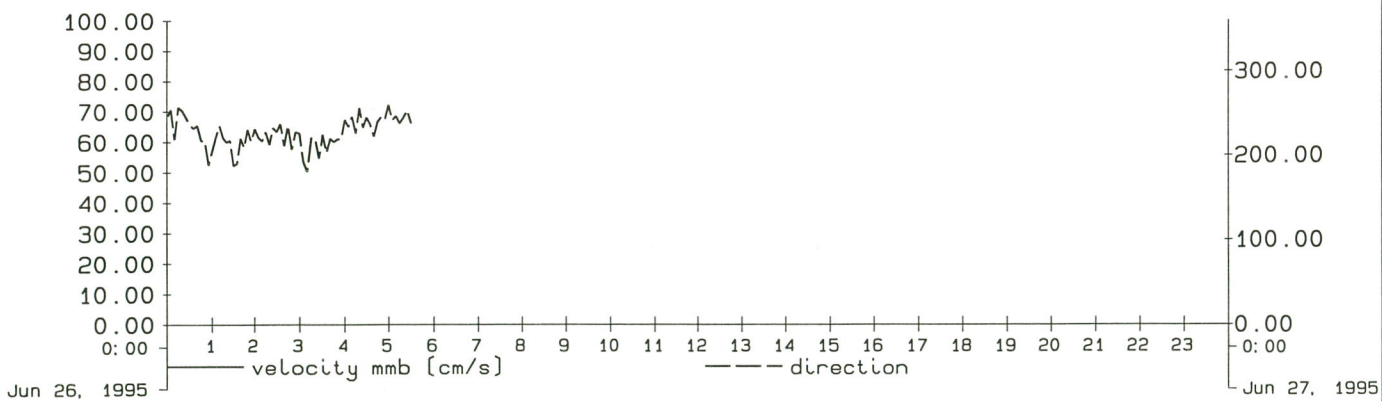
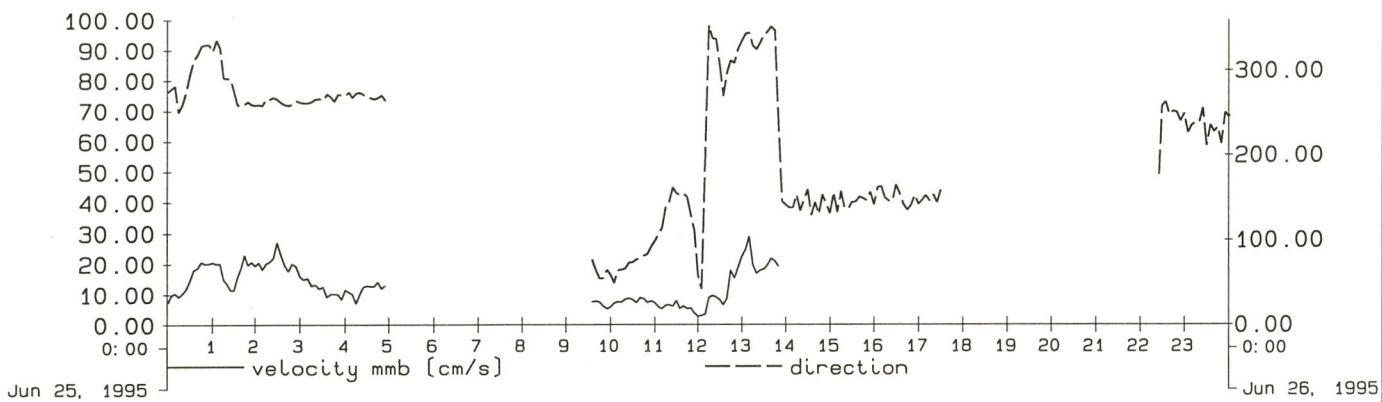
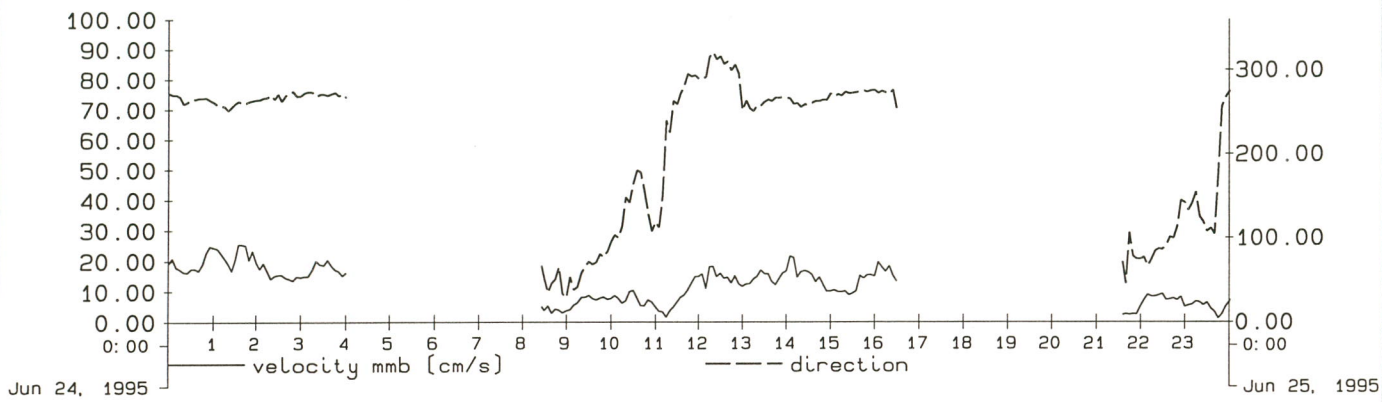
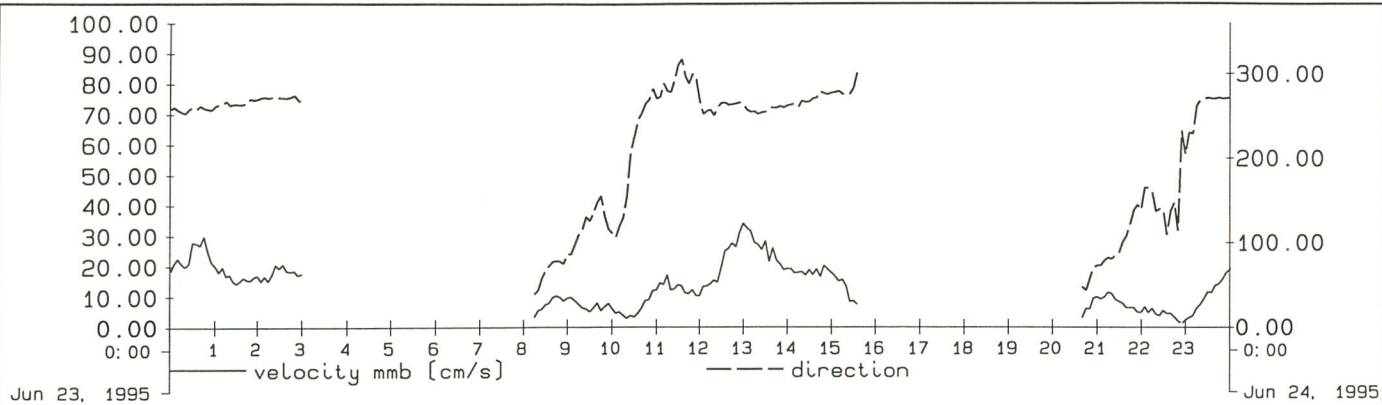
ott-1=17.8 cm ,ott-2=66.3 cm ,ott-3=115.8 cm ,ott-4=166.8 cm.

24/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mp1-4



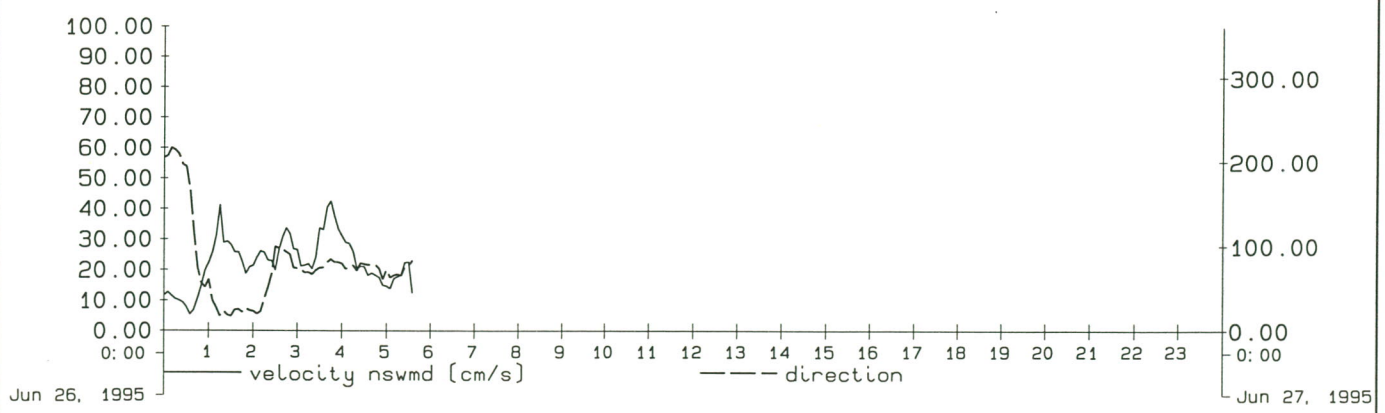
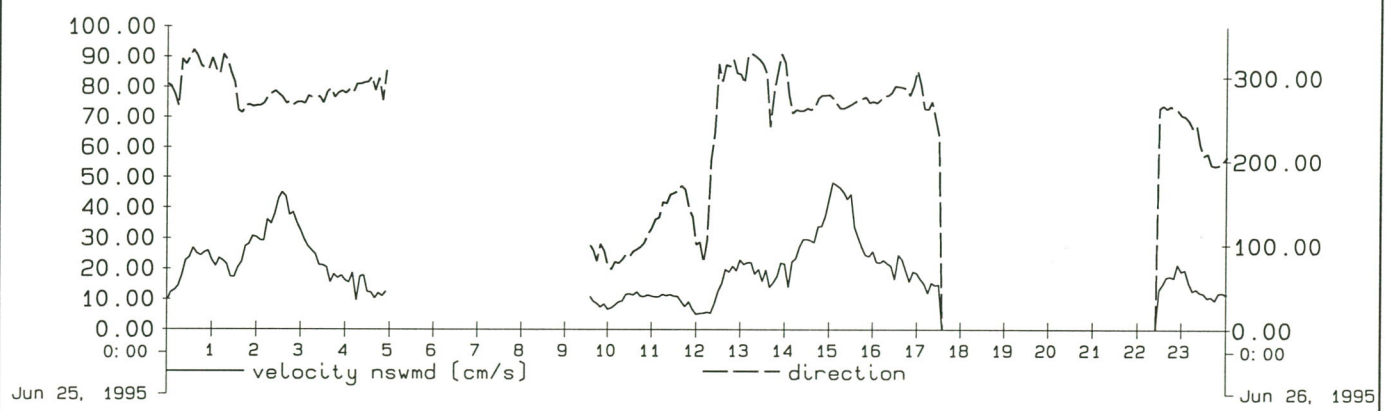
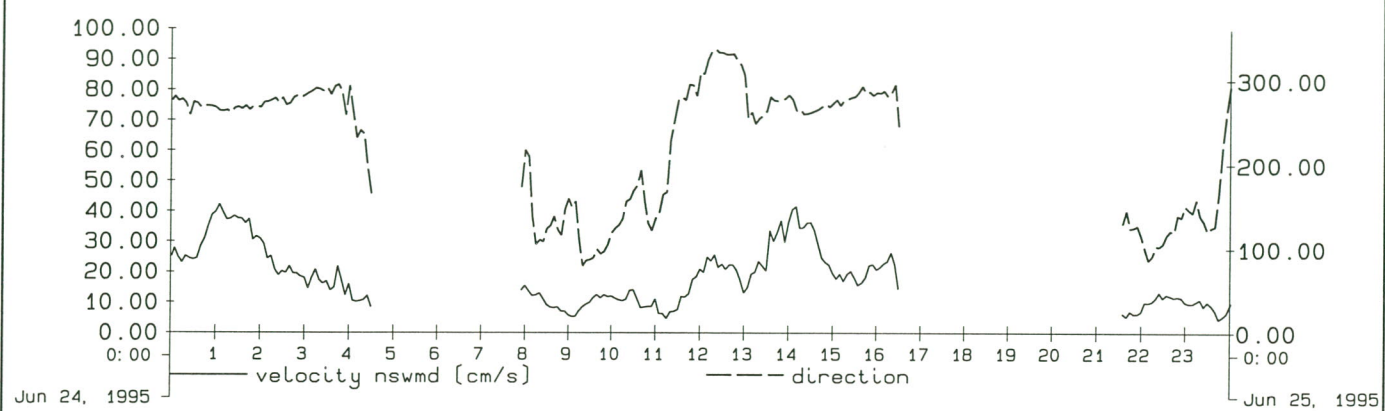
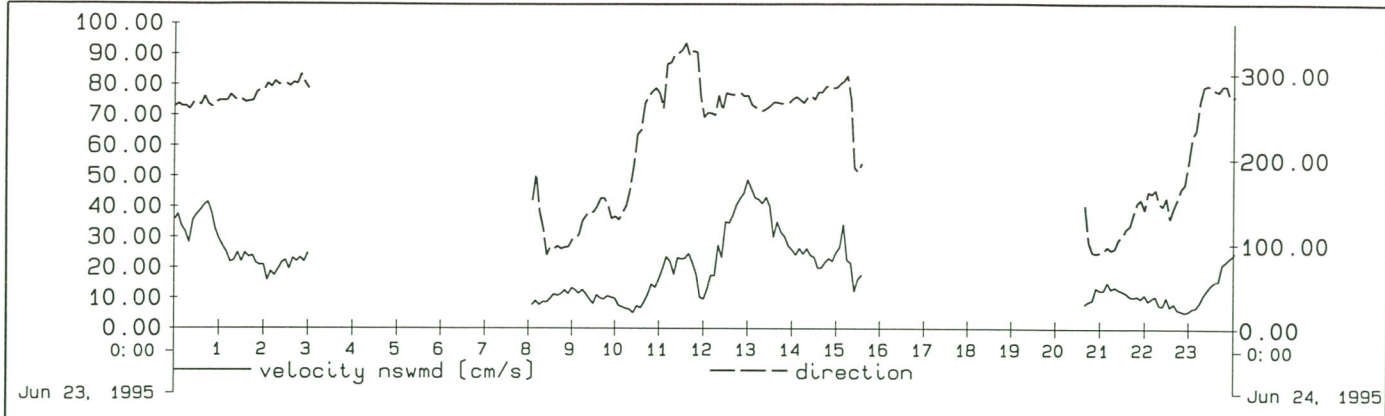
STROOMSNELHEID EN RICHTING BIJ MP2
 hoogte snelheidsmeter boven de bodem: 0.095 m

23/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mp2-3



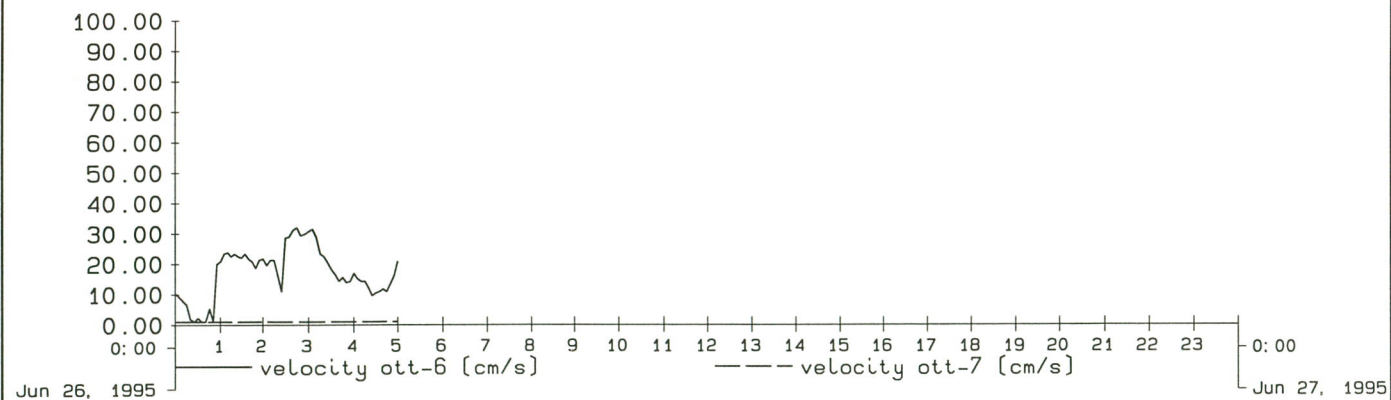
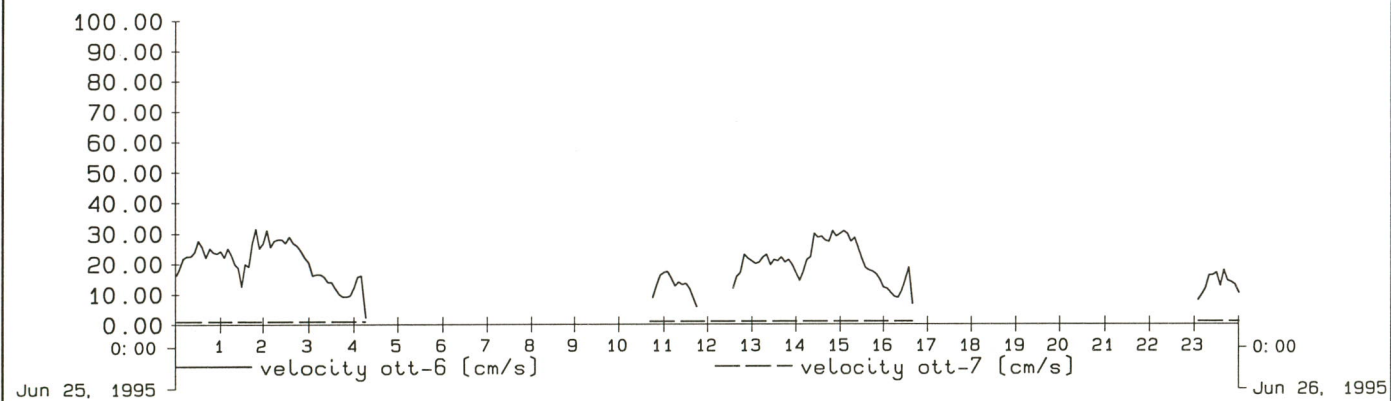
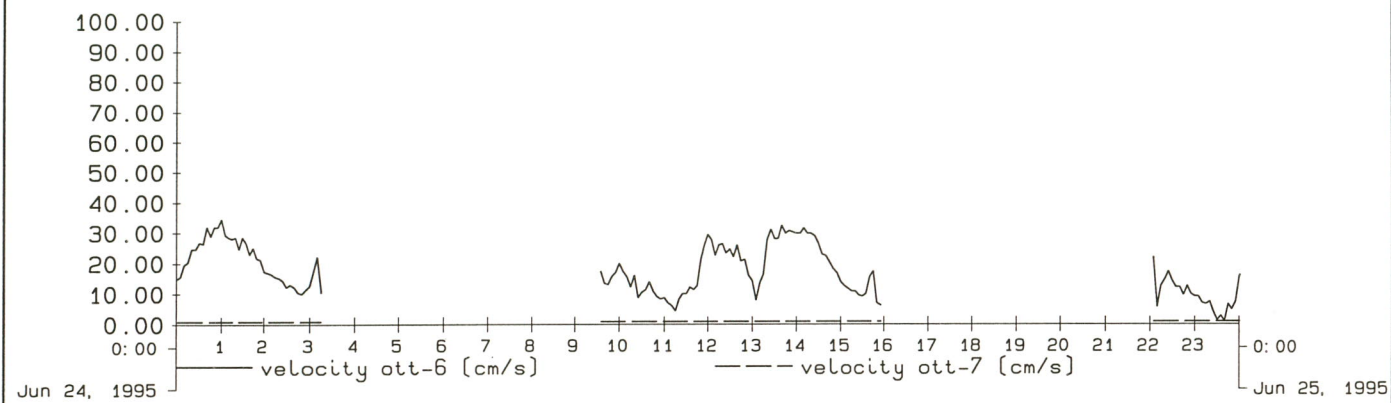
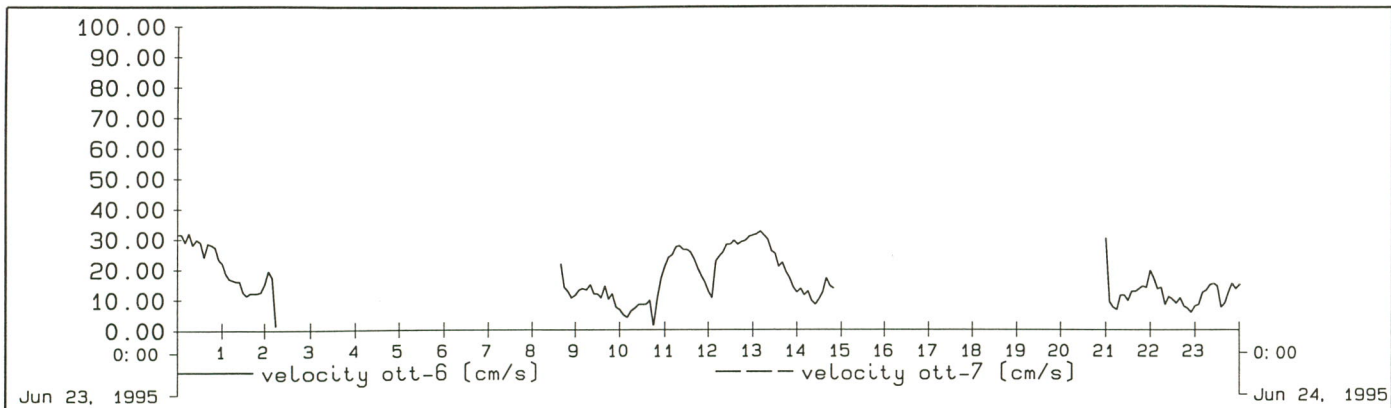
STROOMSNELHEID EN STROOMRICHTING BIJ MP3
 hoogte snelheidsmeter (NSWMD) boven de bodem: 0.148 m

23/26-06-'95

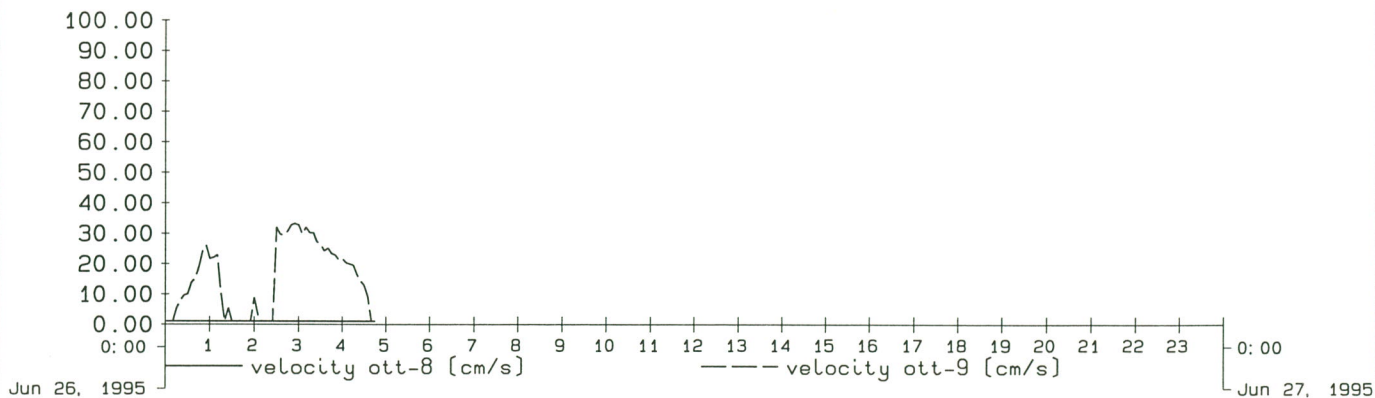
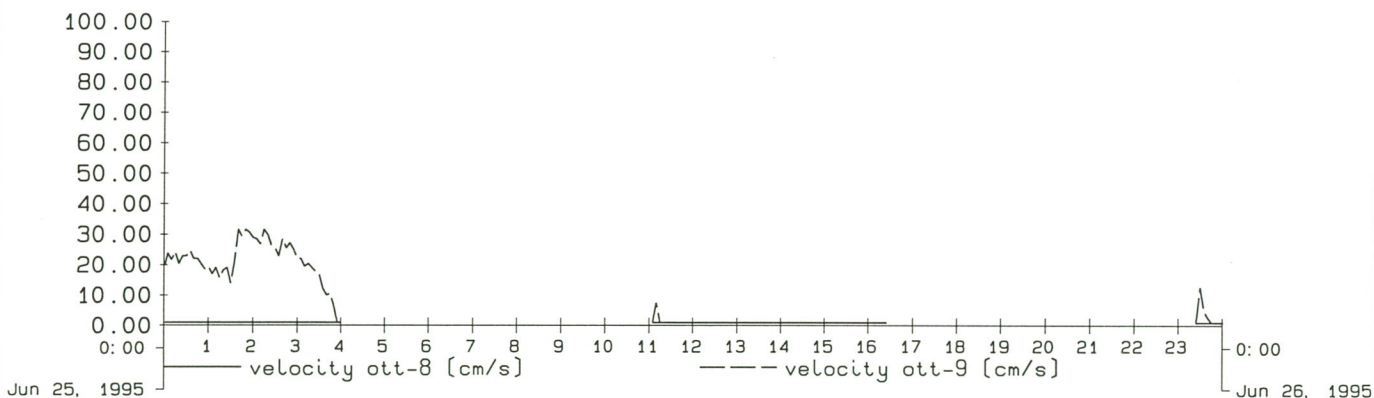
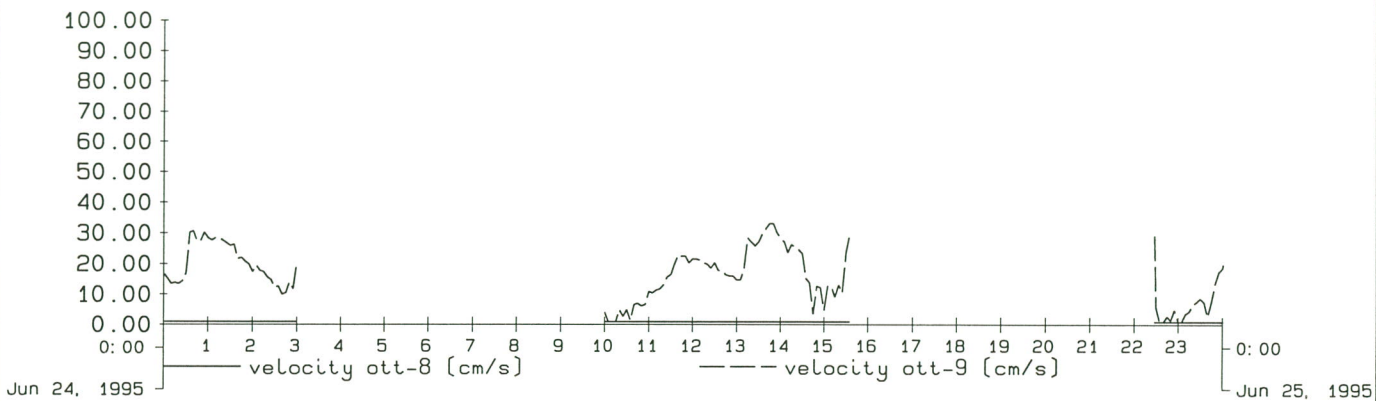
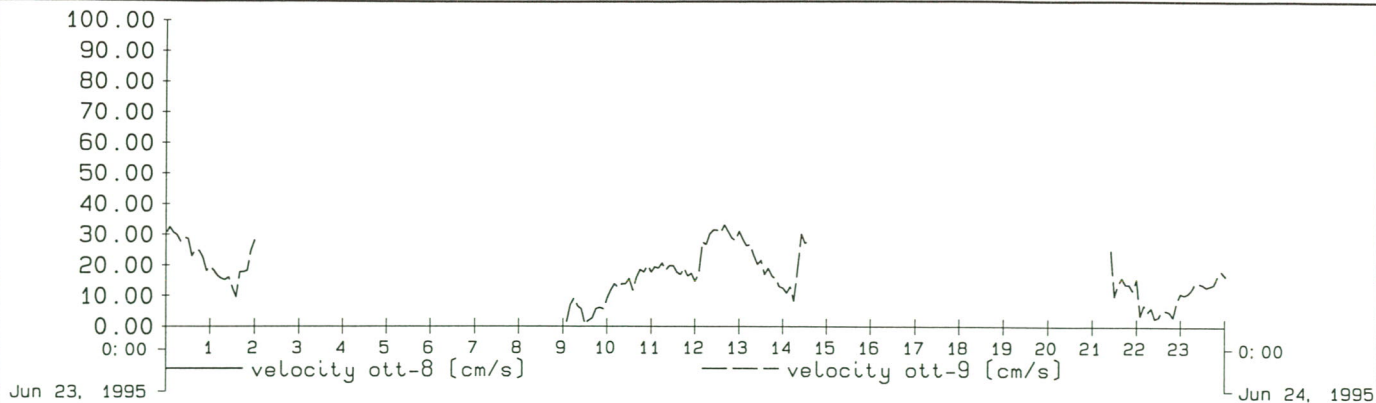
Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mp3-3



| | | |
|---|---------------|-------|
| STROOMSNELHEID BIJ MP6 EN MP7 hoogte snelheidsmeters boven de bodem: ott-6=0.124 m ott-7=0.123 m | 23/26-06-'95 | |
| | Westerschelde | |
| DELFT HYDRAULICS | | mp6-3 |



STROOMSNELHEID BIJ MP8 EN MP9

hoogte snelheidsmeters boven de bodem:

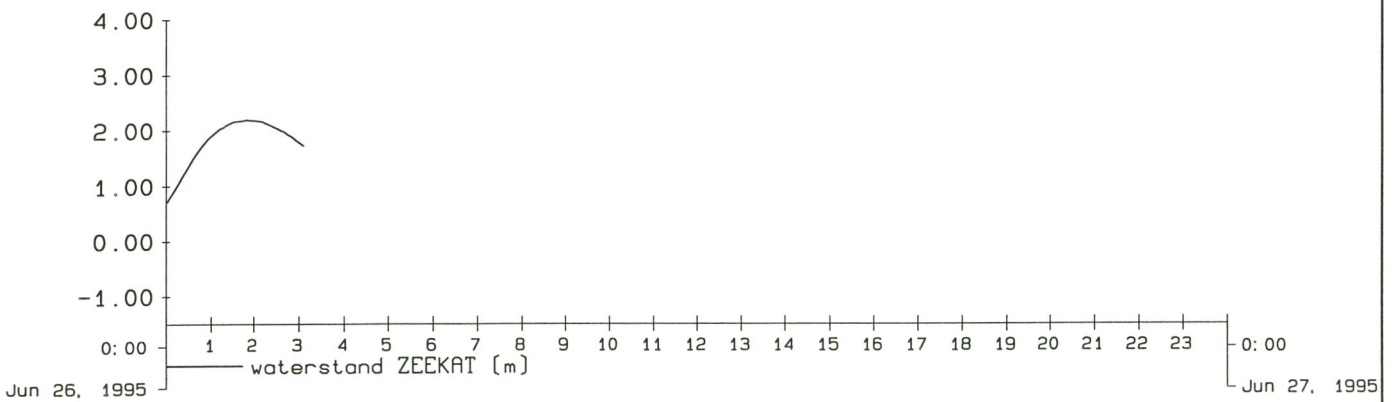
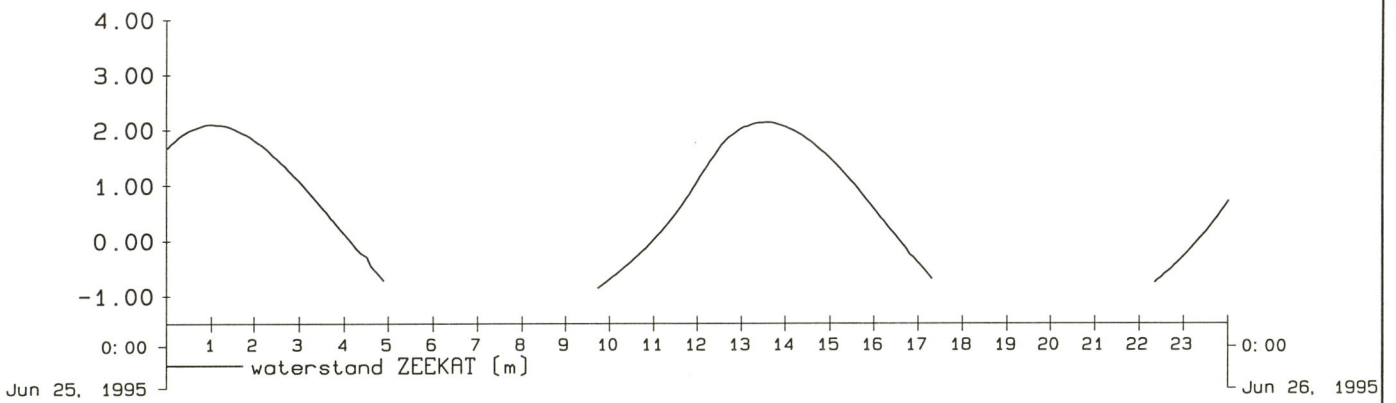
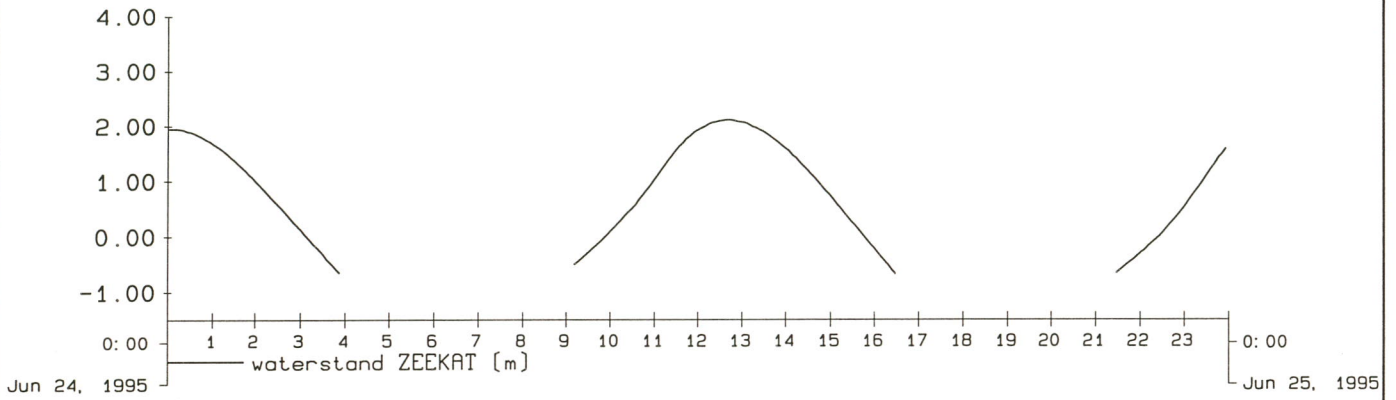
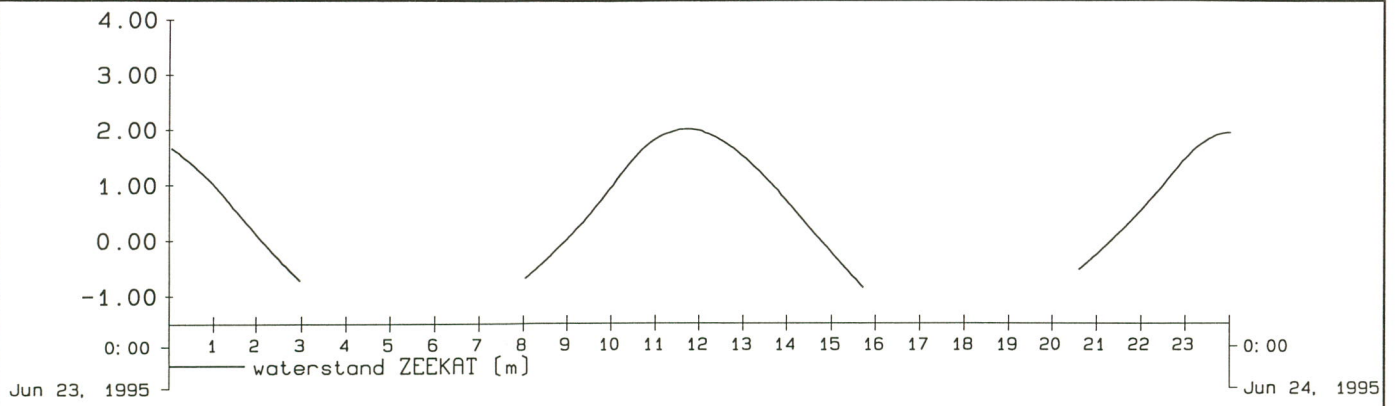
ott-8=0.19 m ott-9=?? geschat op 0.15 m

23/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mp9-3



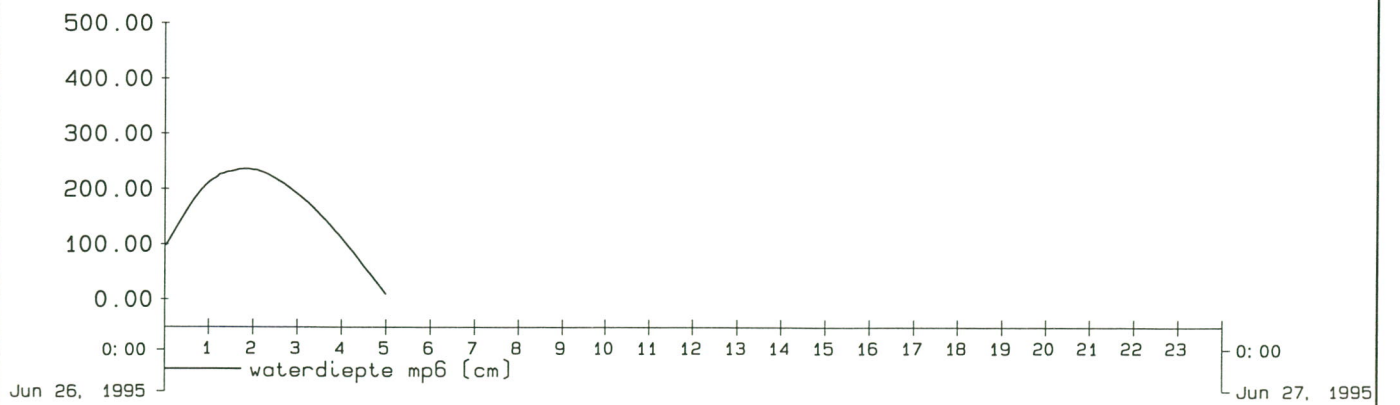
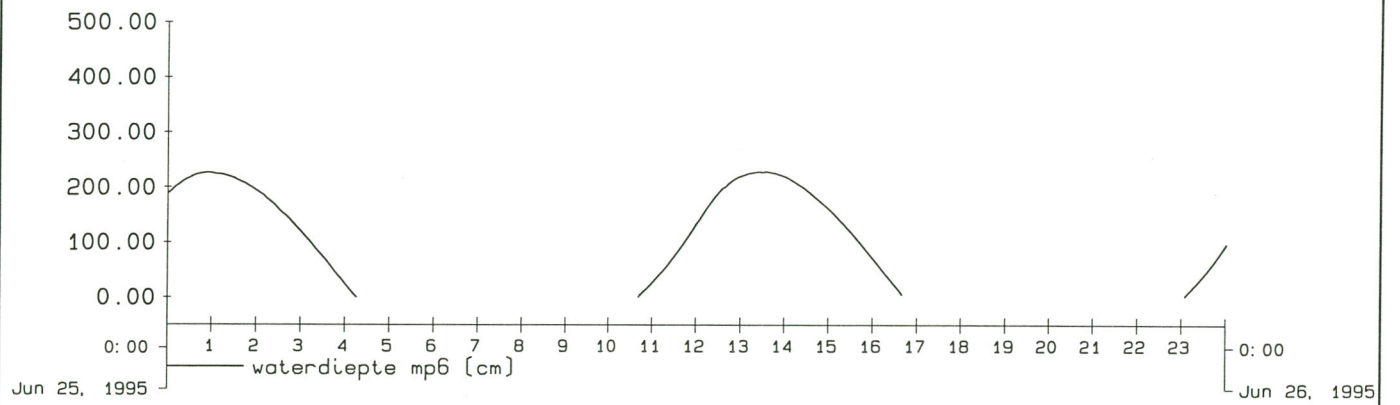
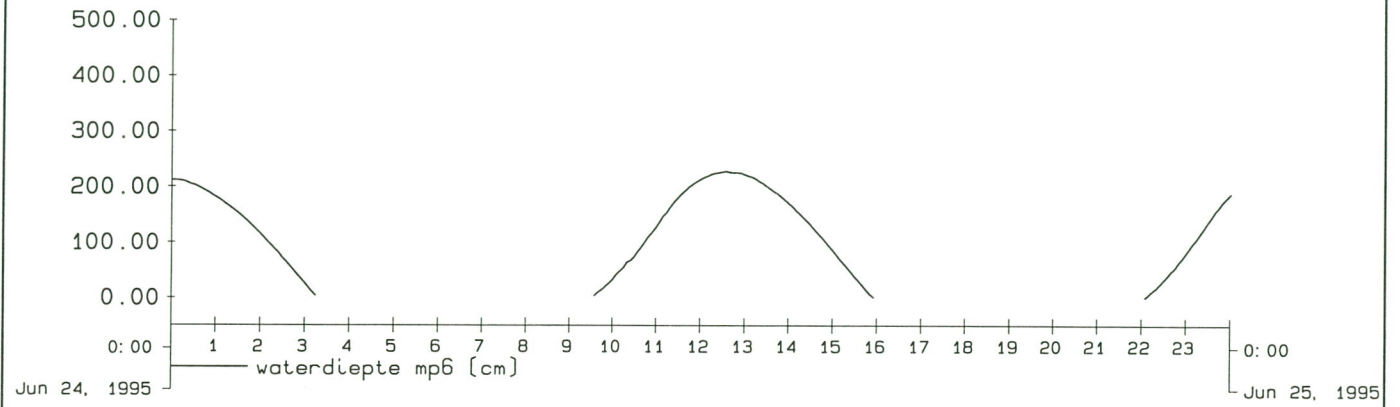
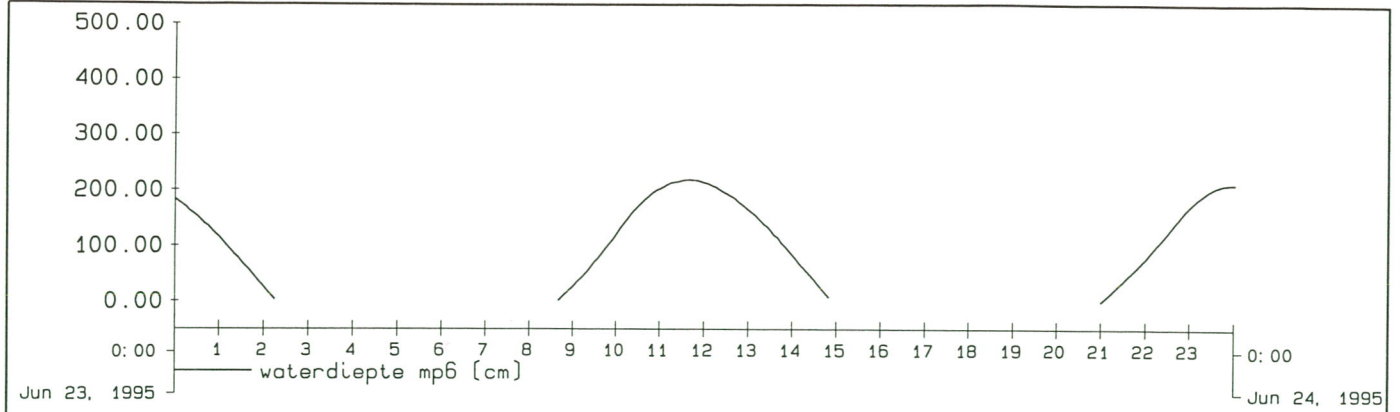
WATERSTANDEN BIJ ZEEKAT
waterstanden t.o.v. NAP.

23/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

ws23



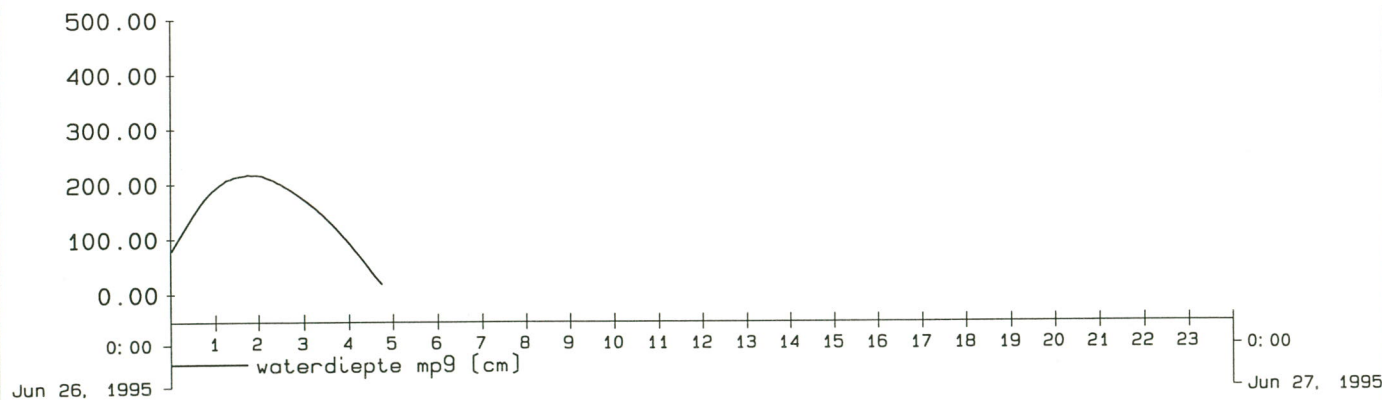
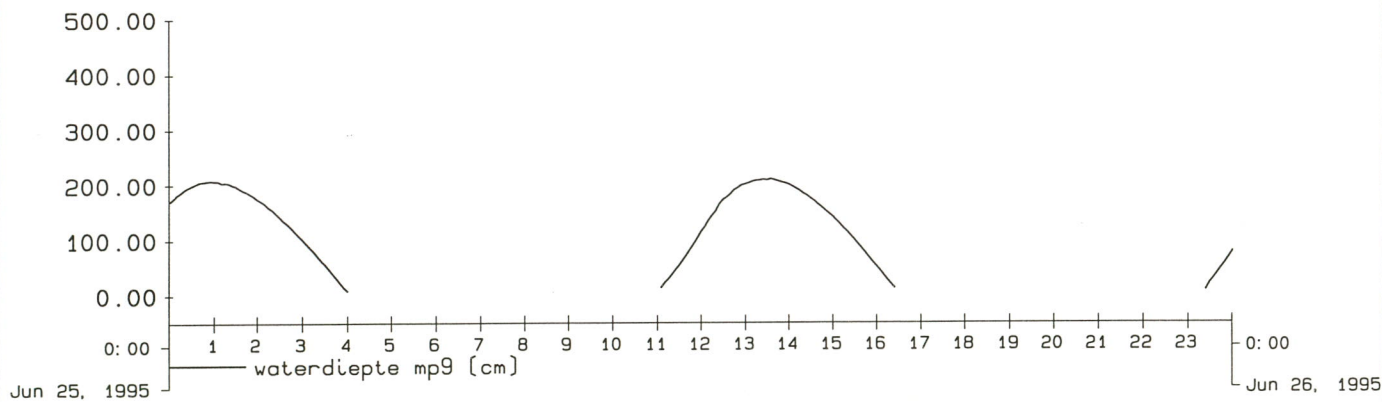
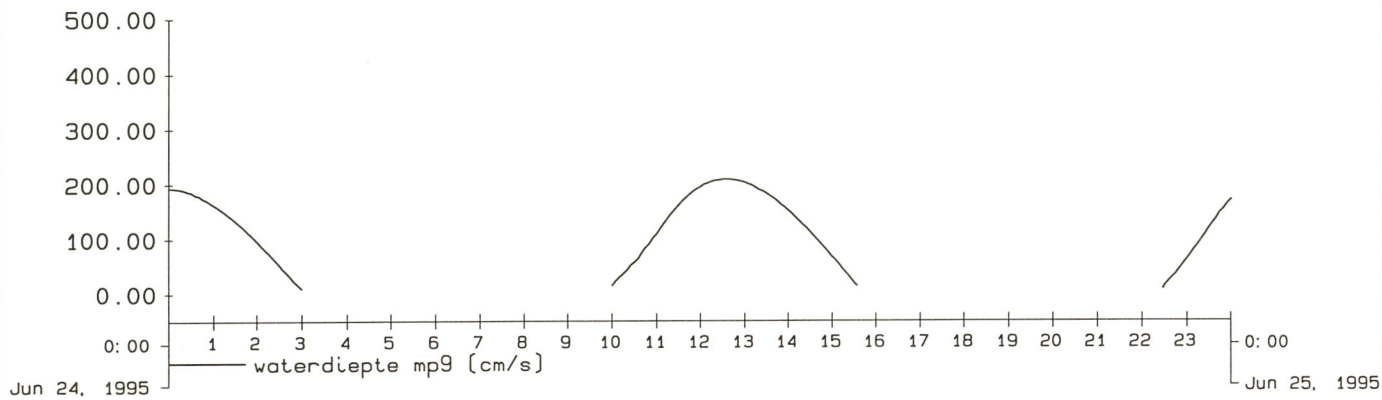
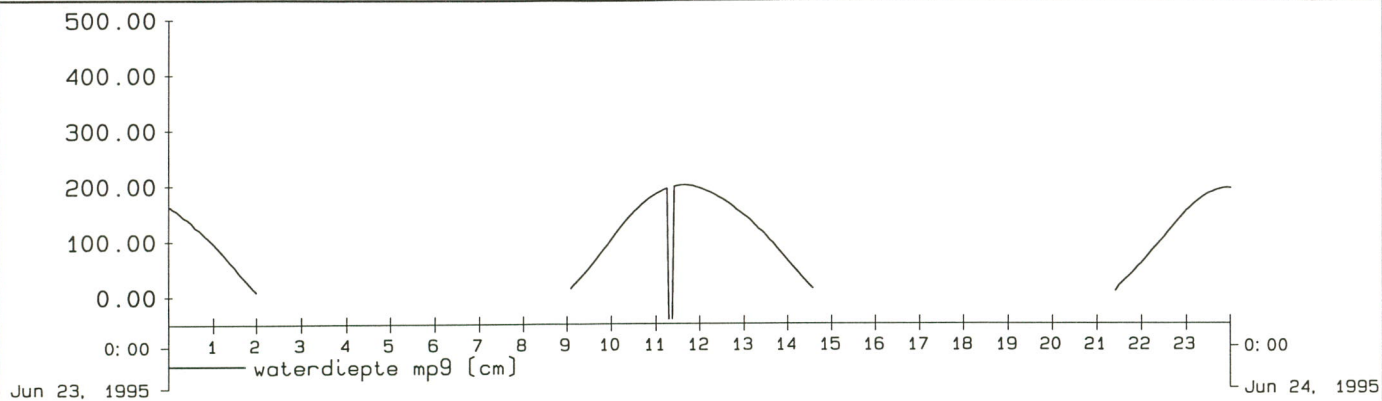
RUWE DATA WATERSTANDEN BIJ MP6
 hoogte drukdoos boven de bodem: 0.124 m
 waterstand t.o.v.: meetinstrument op NAP -0.103 m

23/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mp6-3



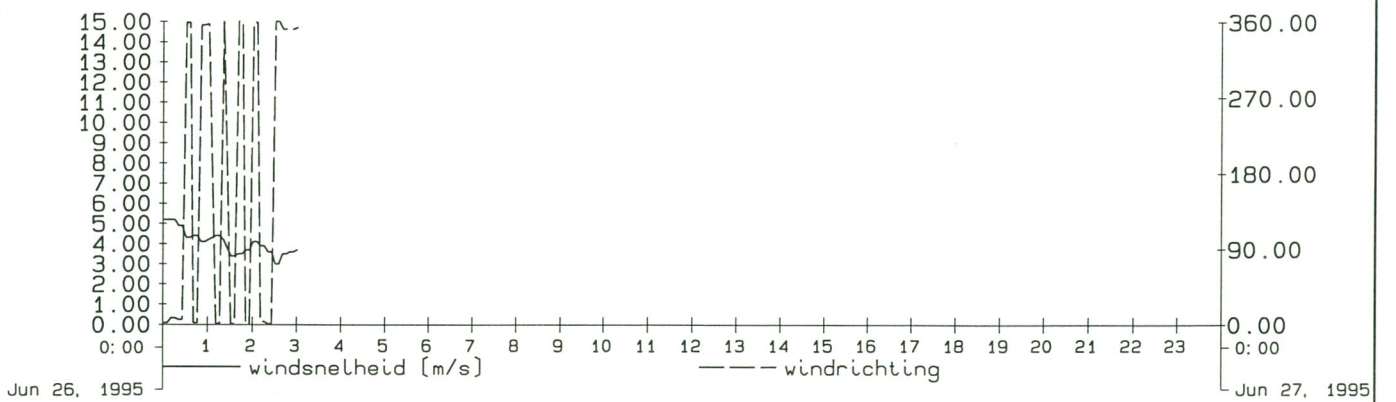
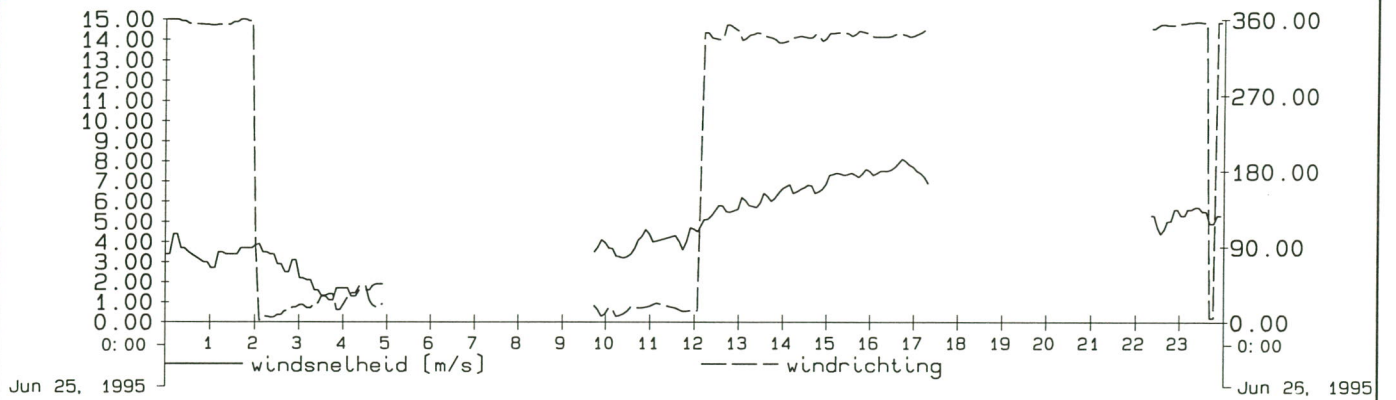
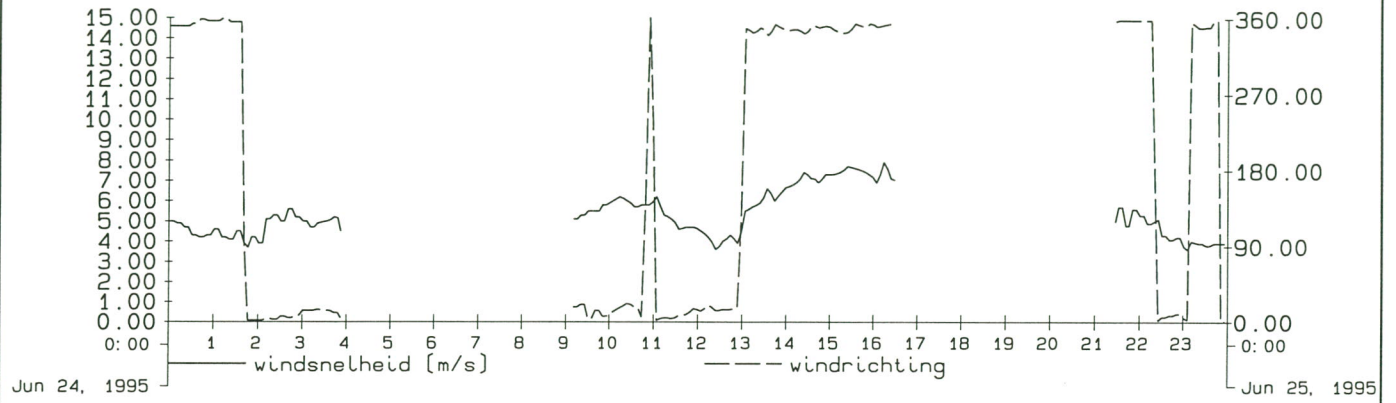
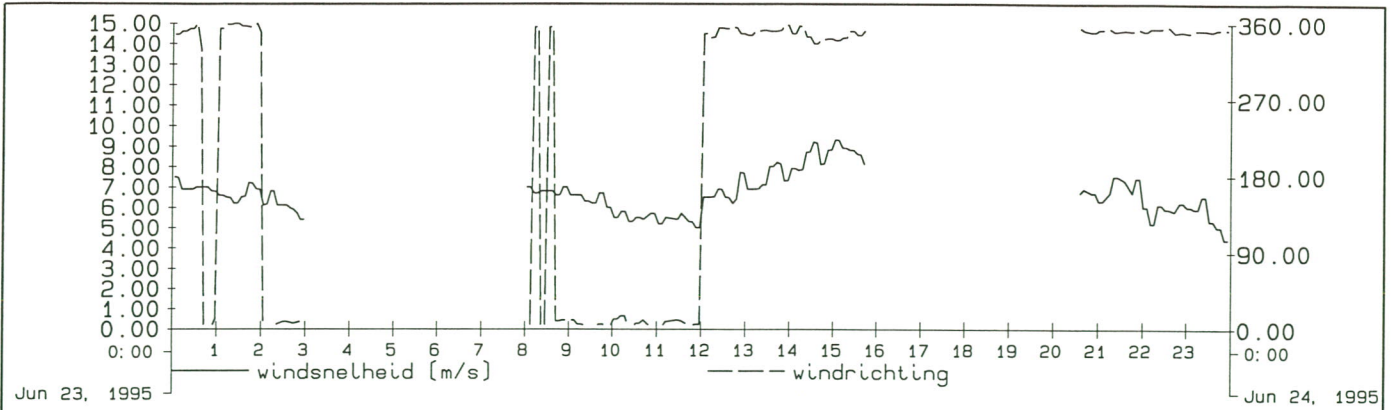
RUWE DATA WATERSTANDEN BIJ MP9
 hoogte drukdoos boven de bodem: 0.027 m
 waterstand t.o.v. meetinstrument op NAP +0.104 m

23/26-06-'95

Westerschelde

DELFT HYDRAULICS

mpw9-3



WINDSNELHEID [m/s] WINDRICHTING

23/26-06-'95

Westerschelde

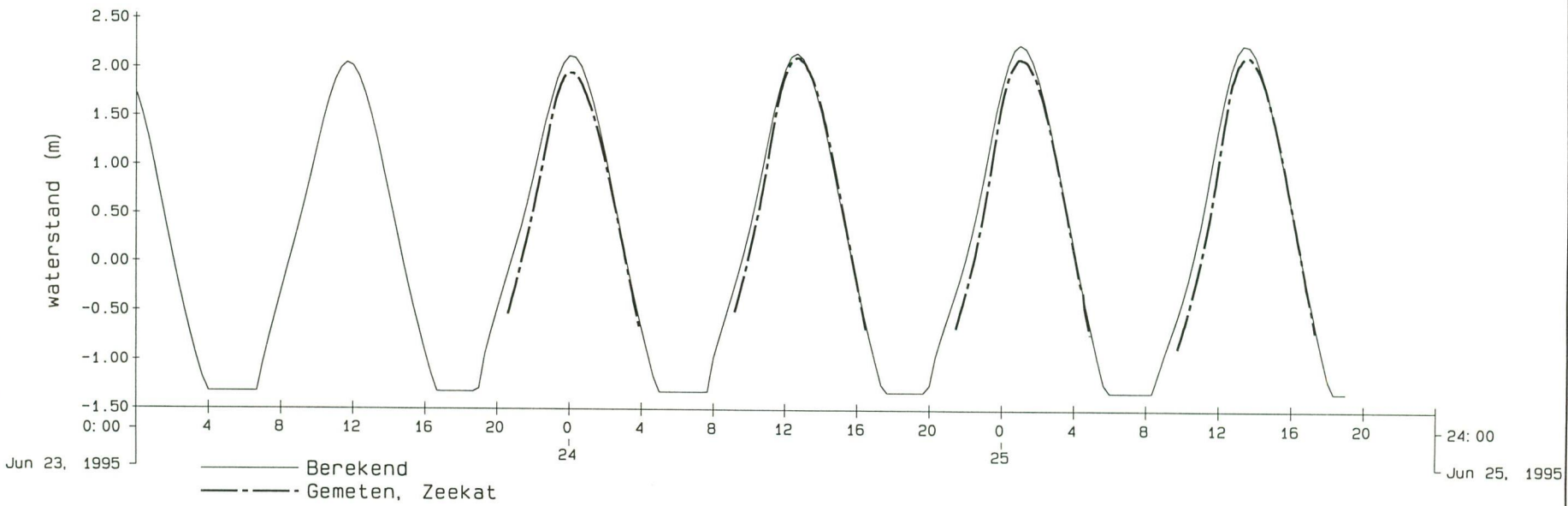
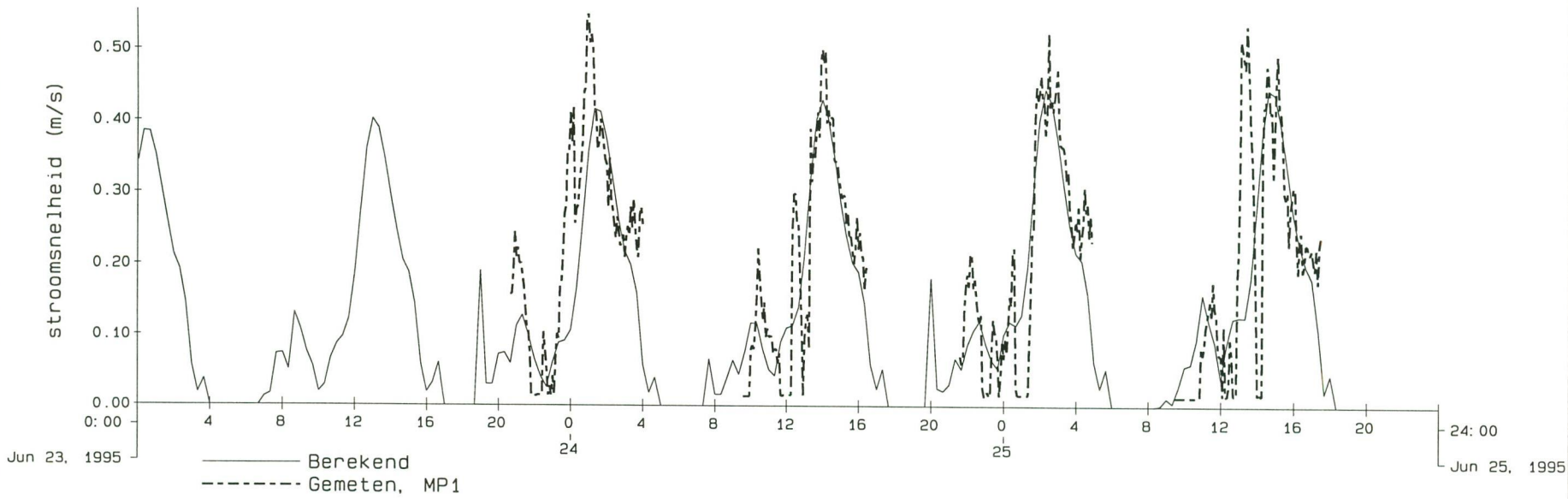
DELFT HYDRAULICS

wind23

BIJLAGE T07

DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 1 t/m 5



Run t07

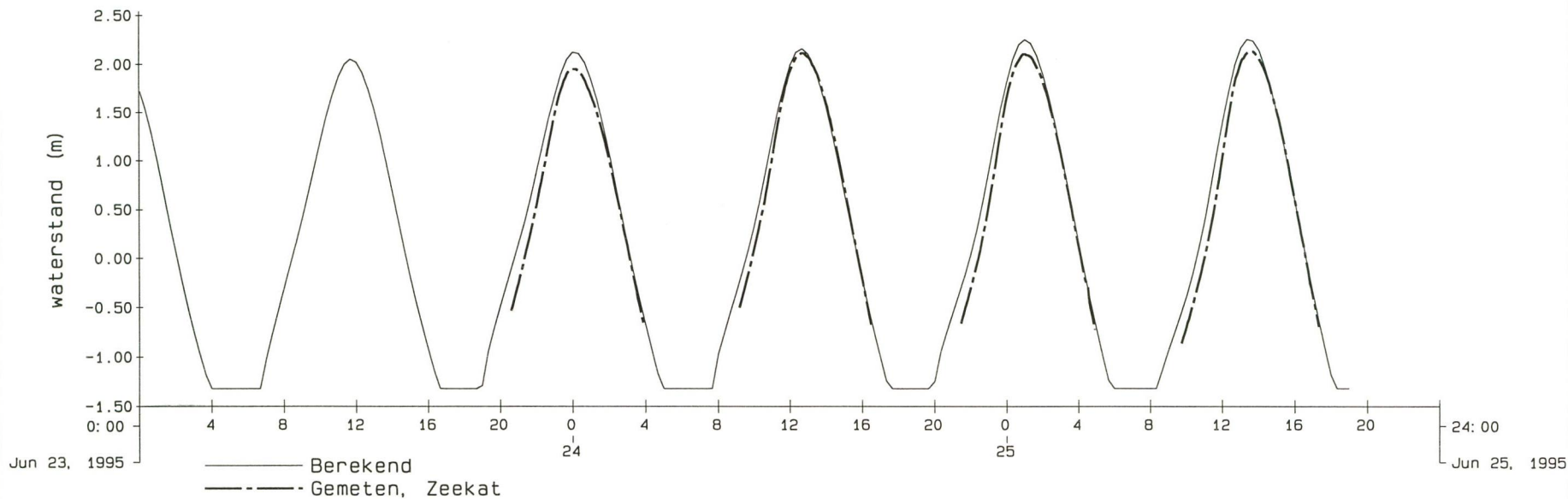
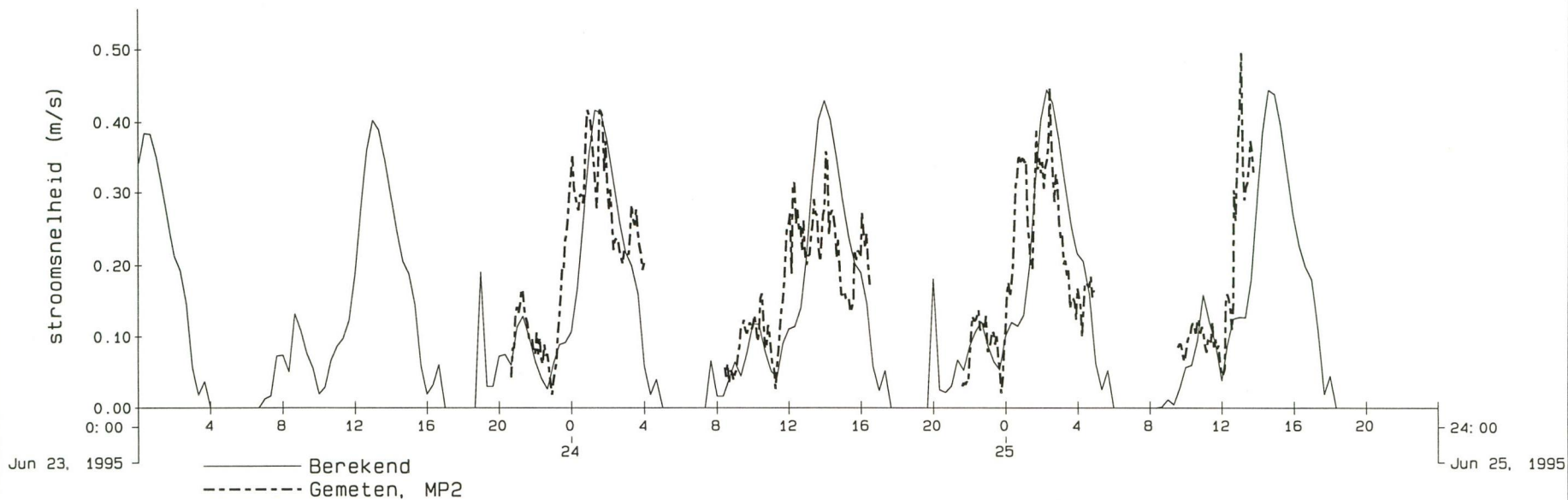
TRISULA

1995-08-25

707-1

DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 5



Run t07

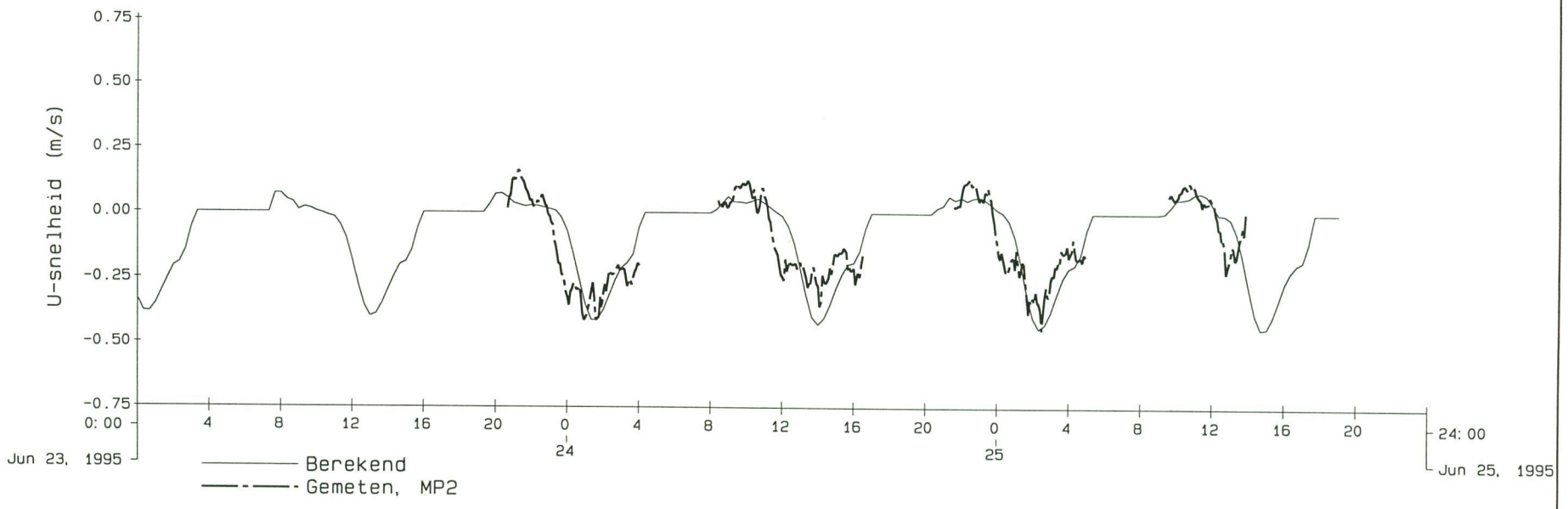
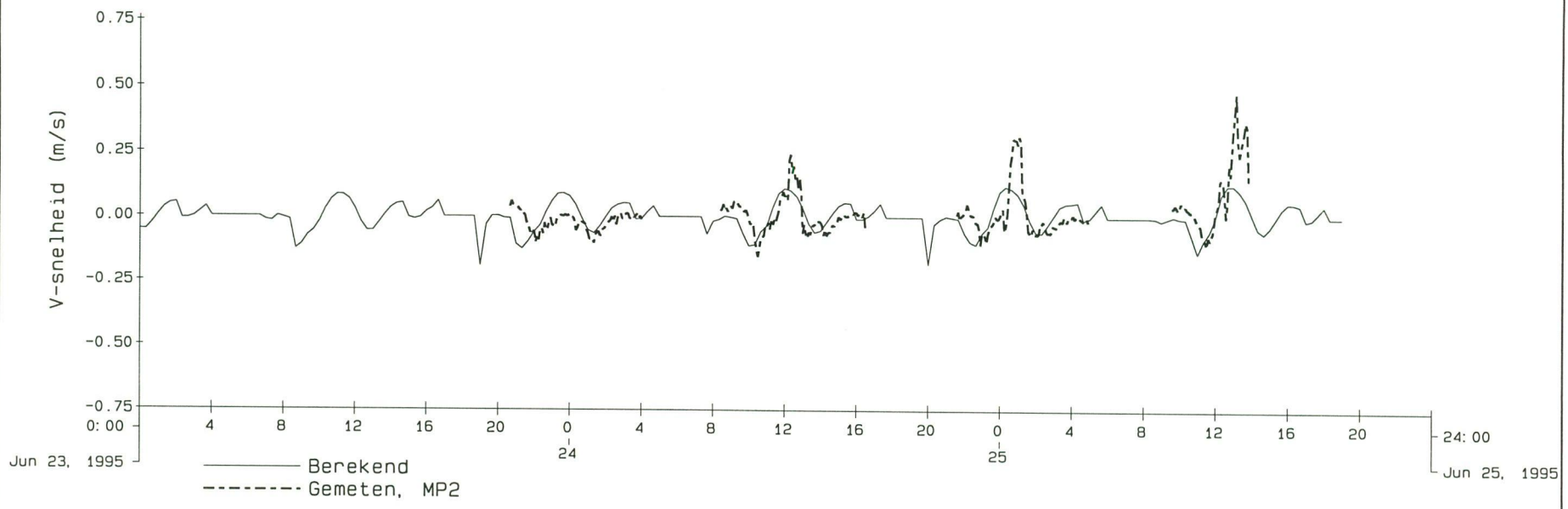
TRISULA

1995-08-25

707-2

DELFT HYDRAULICS

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 1 t/m 5
 Run t07 (Scaldis model)



| | | |
|-------|---------|------------|
| t07 | TRISULA | 1995-08-28 |
| t07-3 | | |

DELFT HYDRAULICS

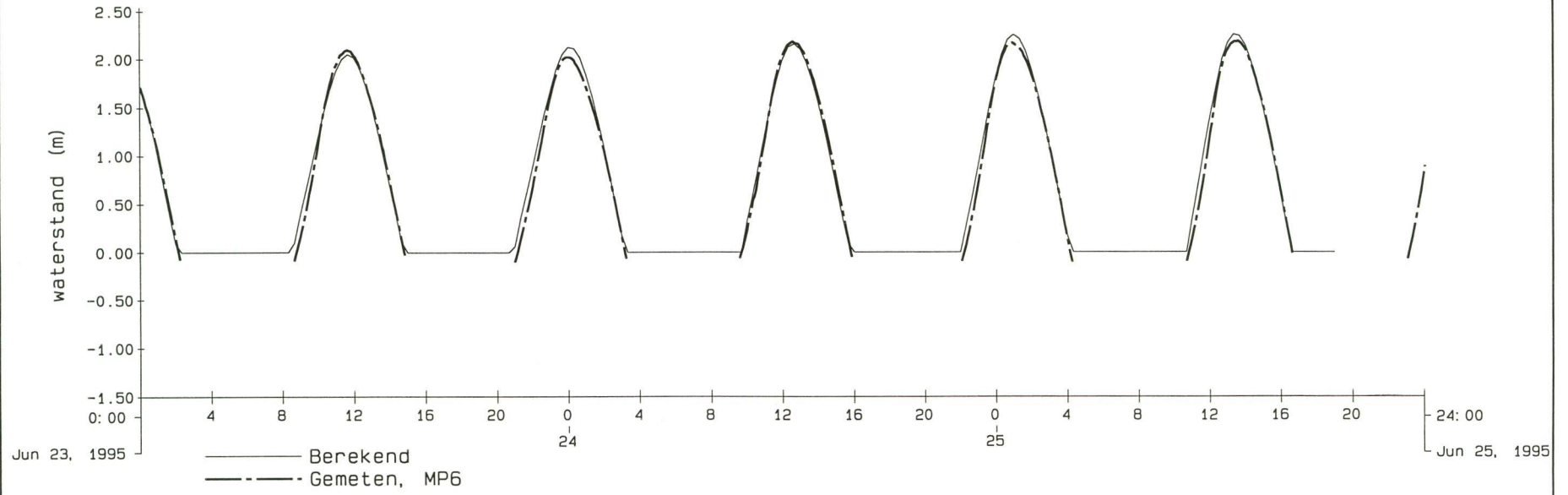
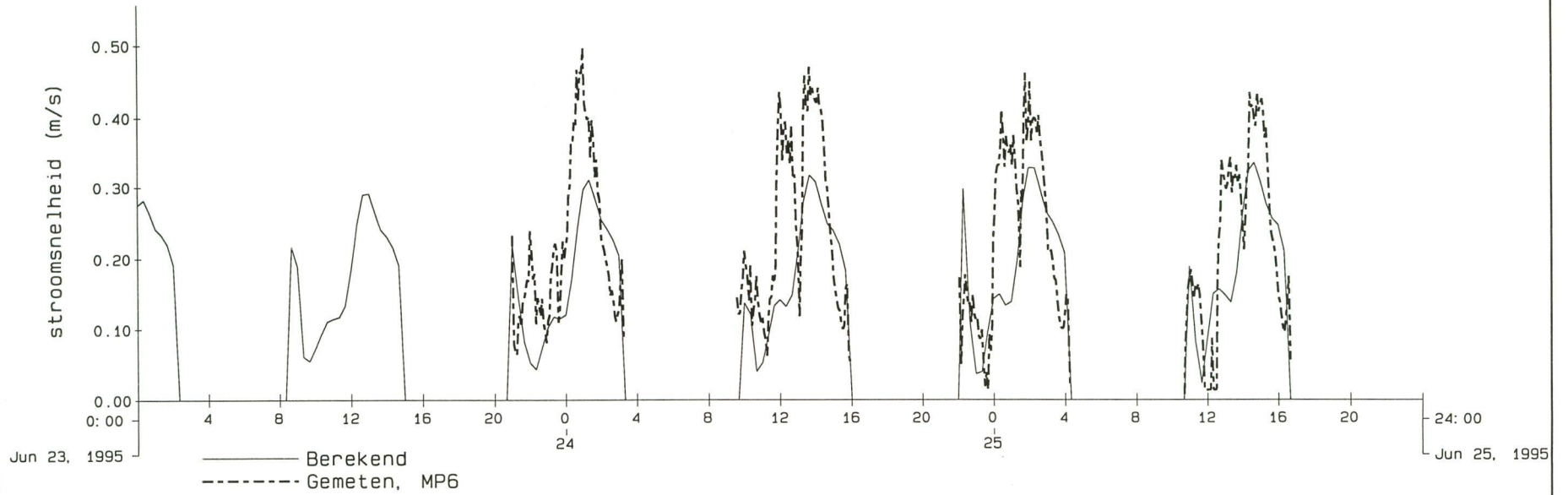
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 6

TRISULA

1995-08-25

Run t07

T07-4



Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 9

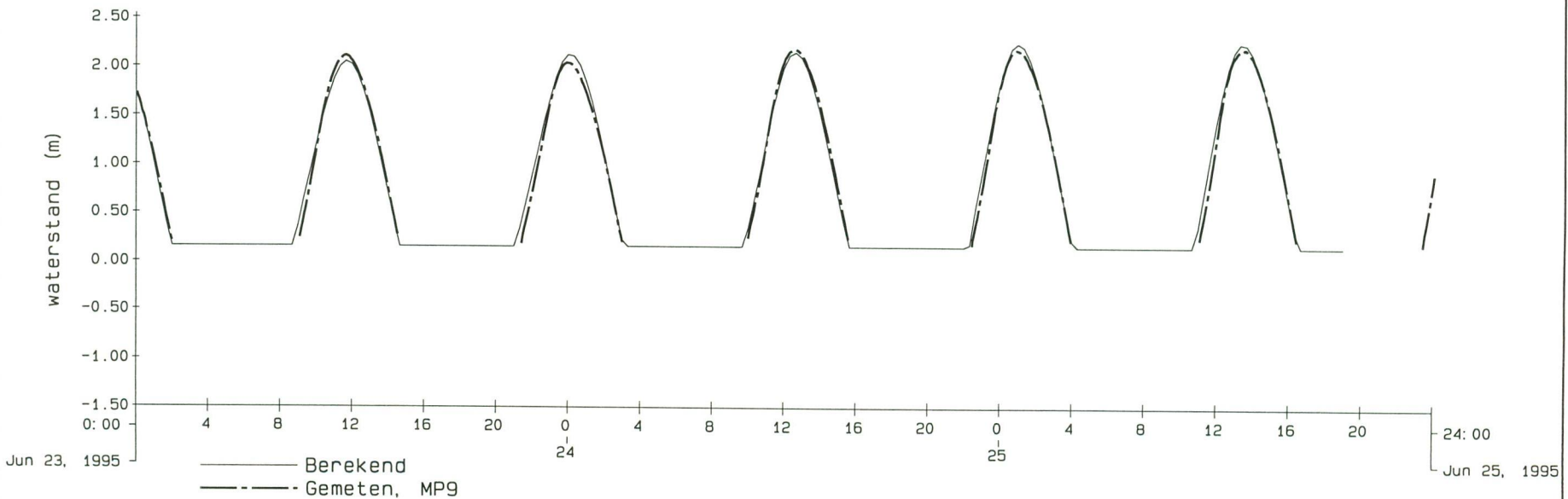
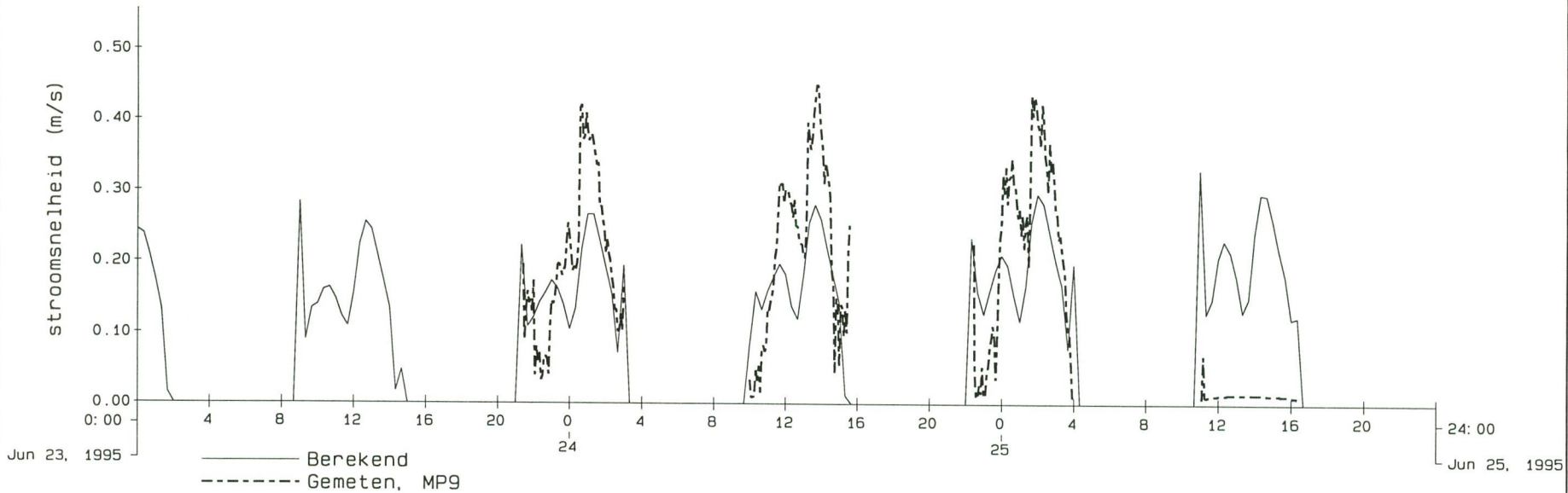
DELFT HYDRAULICS

Run t07

TRISULA

1995-08-25

T07-5



BIJLAGE M04

DELFT HYDRAULICS

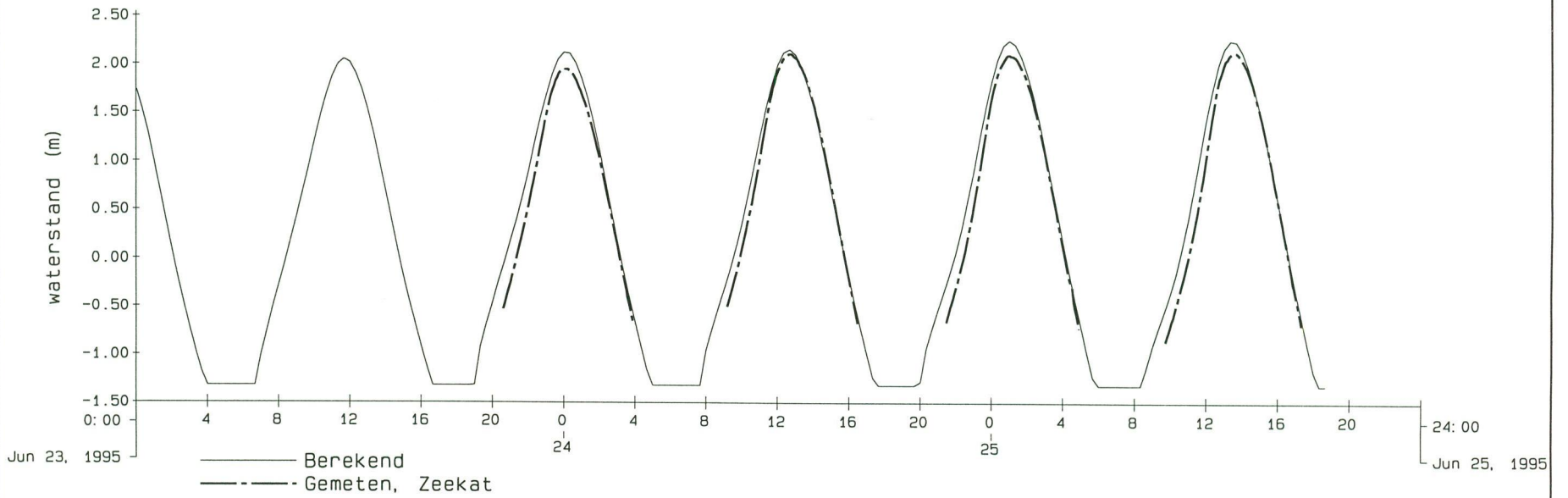
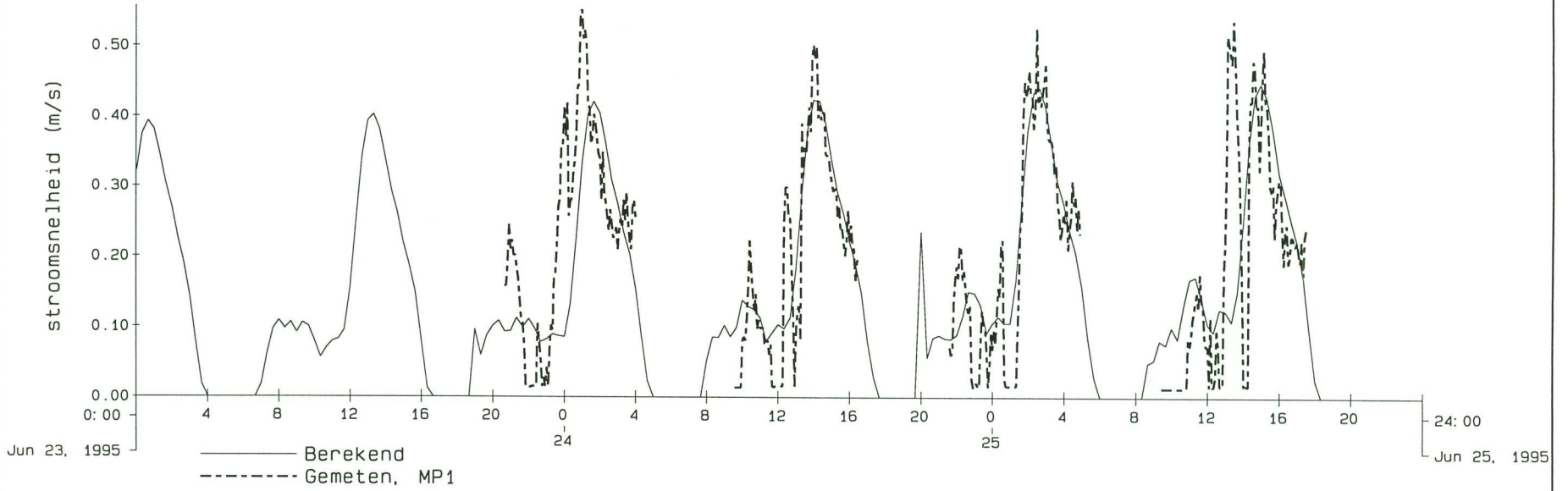
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 2

Run m04

TRISULA

m04-1

1995-08-30



DELFT HYDRAULICS

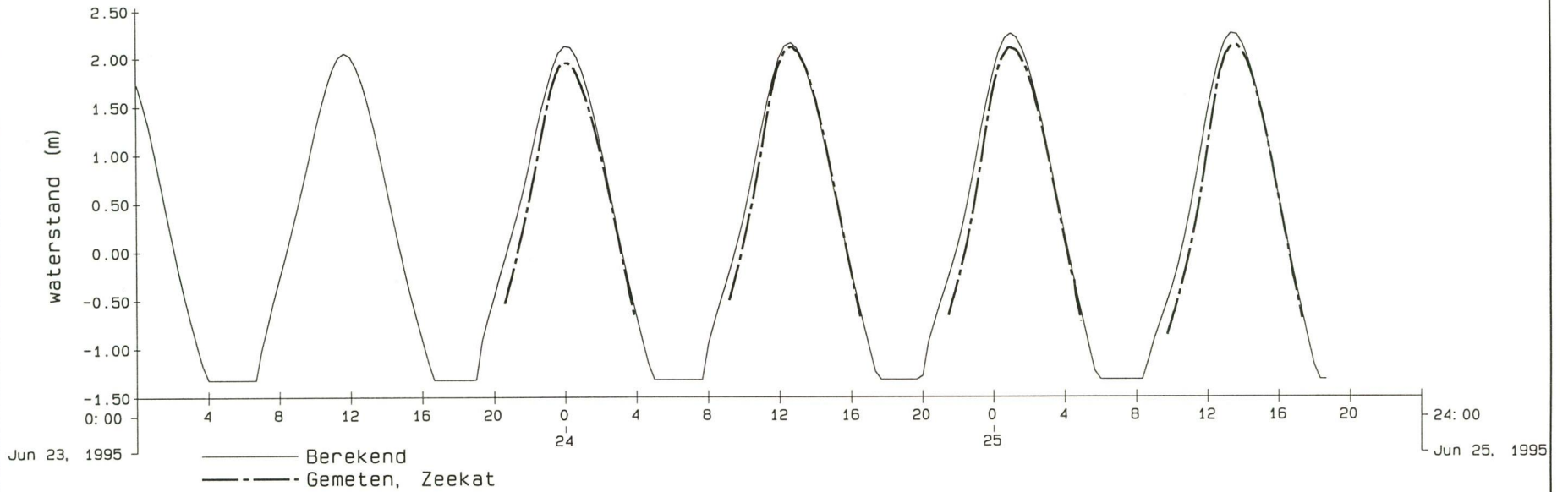
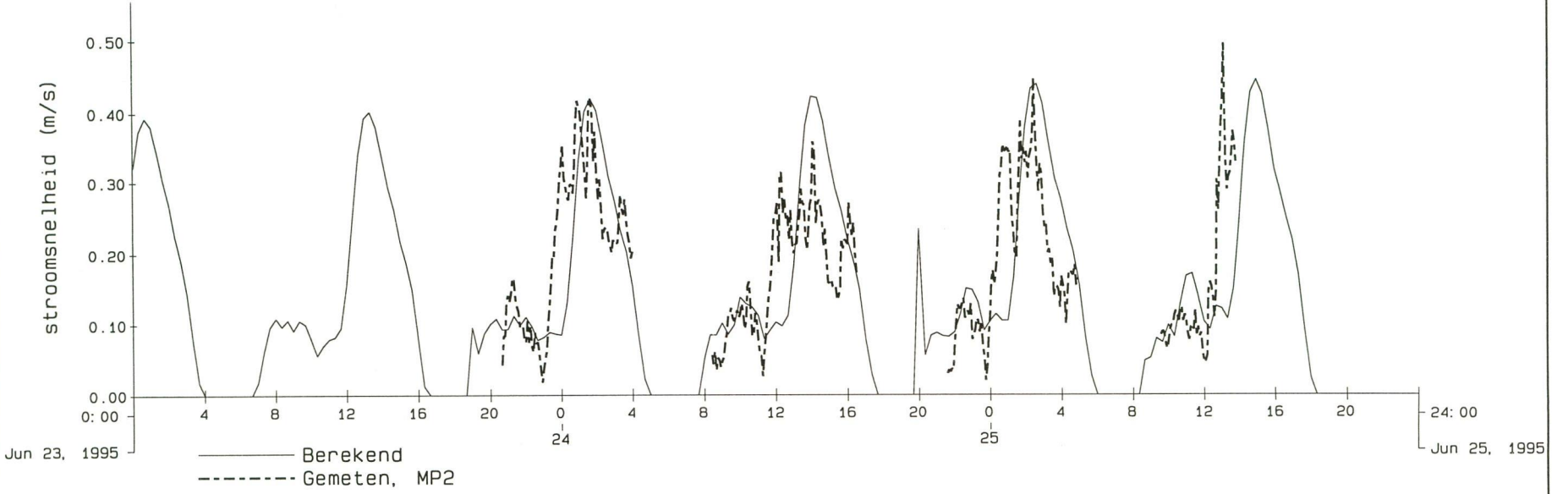
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 2

Run m04

TRISULA

m04-2

1995-08-30



DELFT HYDRAULICS

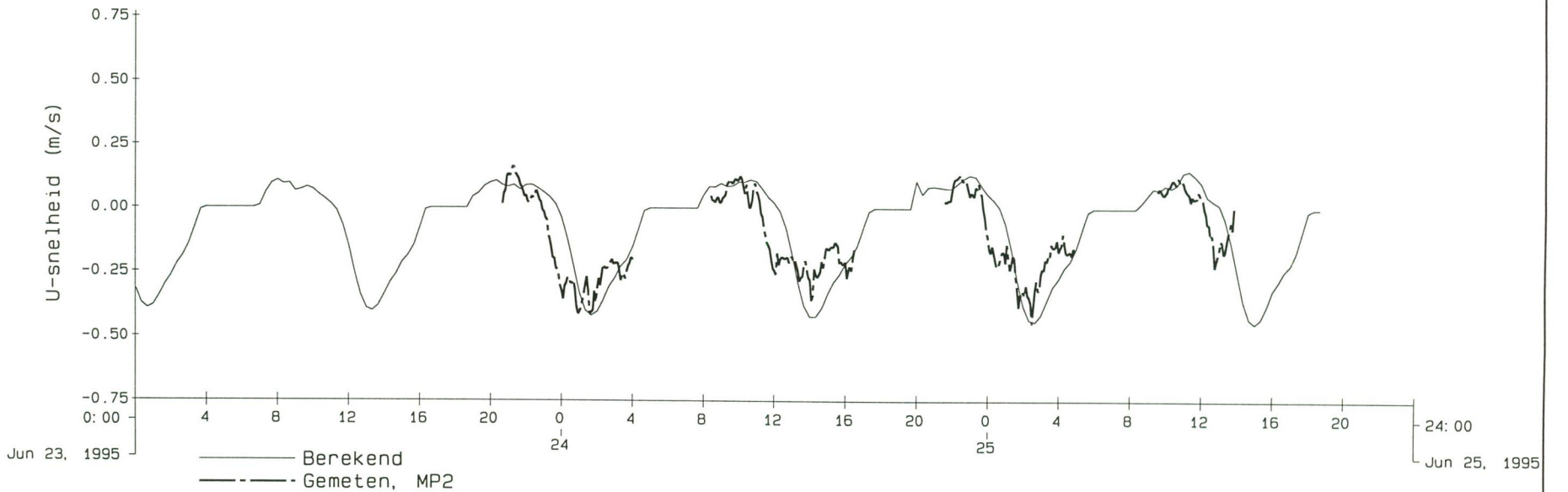
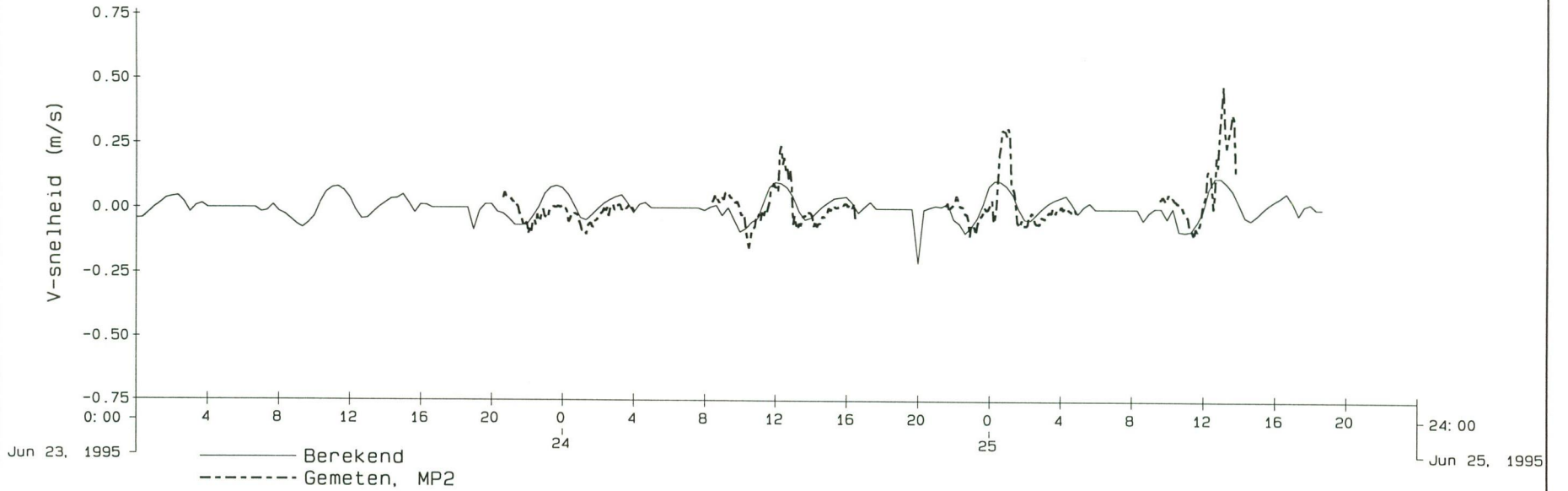
Run m04

m04-3

TRISULA

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 1 t/m 2

1995-08-30



DELFT HYDRAULICS

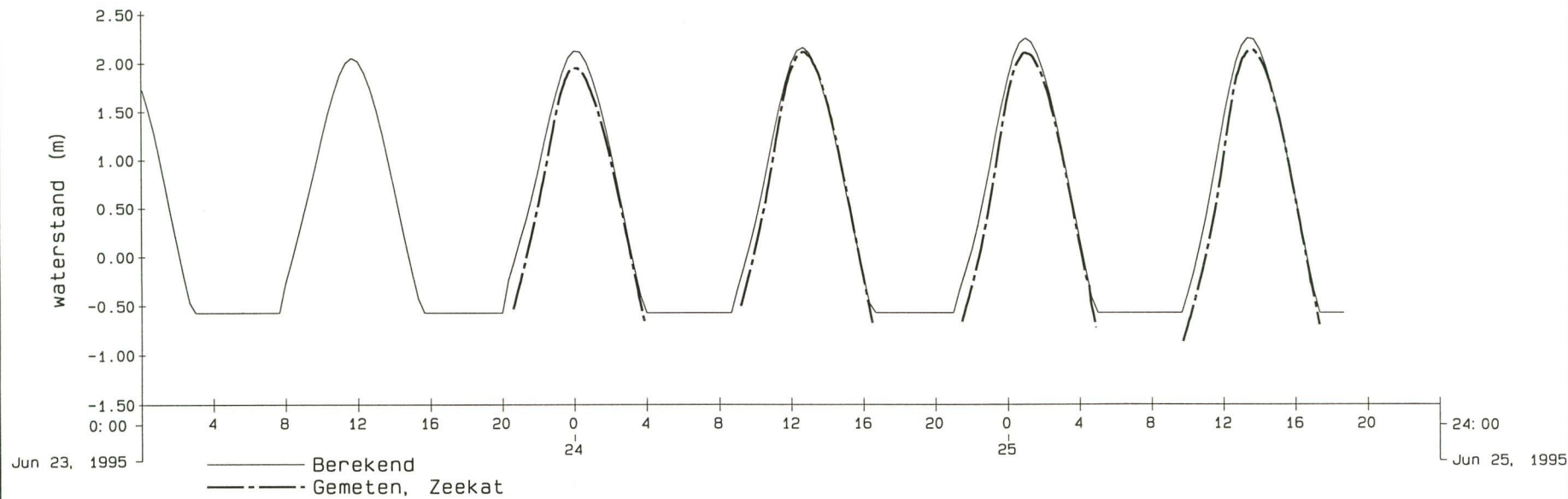
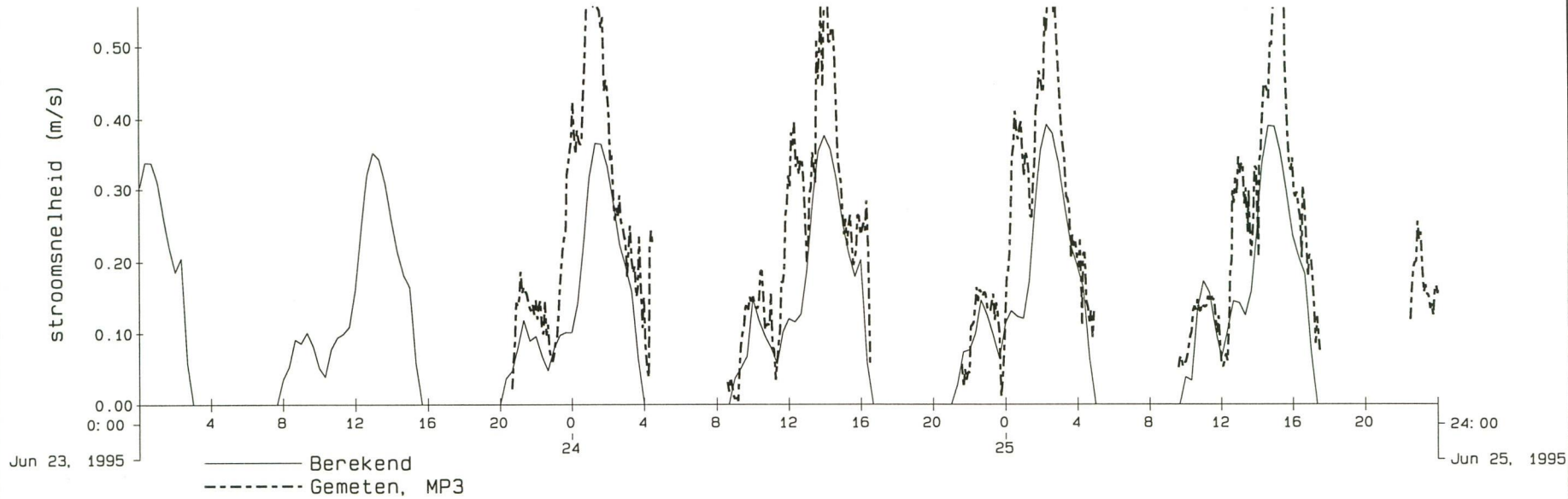
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 3 t/m 5

Run M04

TRISULA

M04-4

1995-08-30



DELFT HYDRAULICS

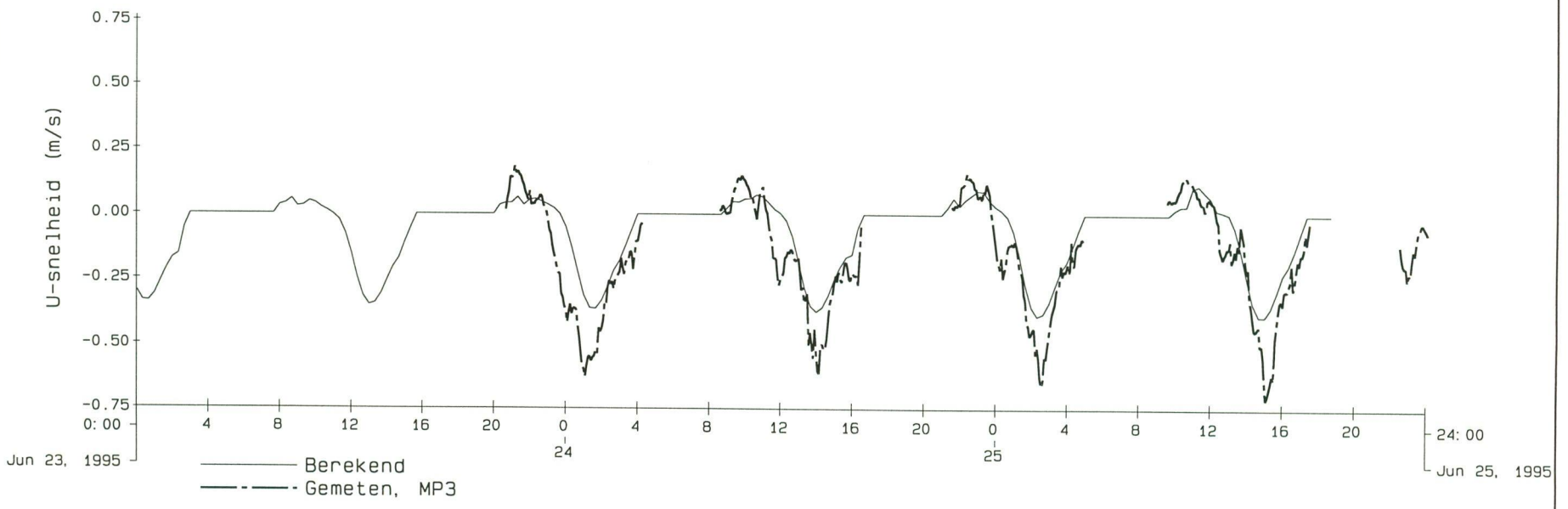
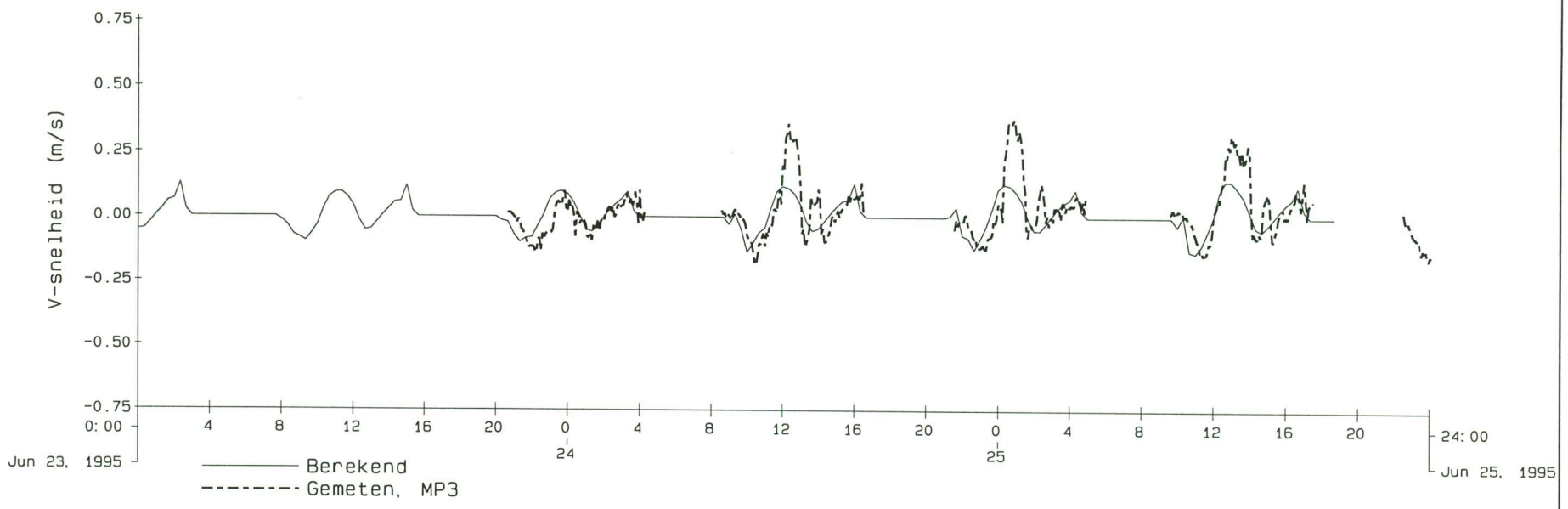
Snelheidscomponenten op station Meetpunt 3 t/m 5

RUN m04

TRISULA

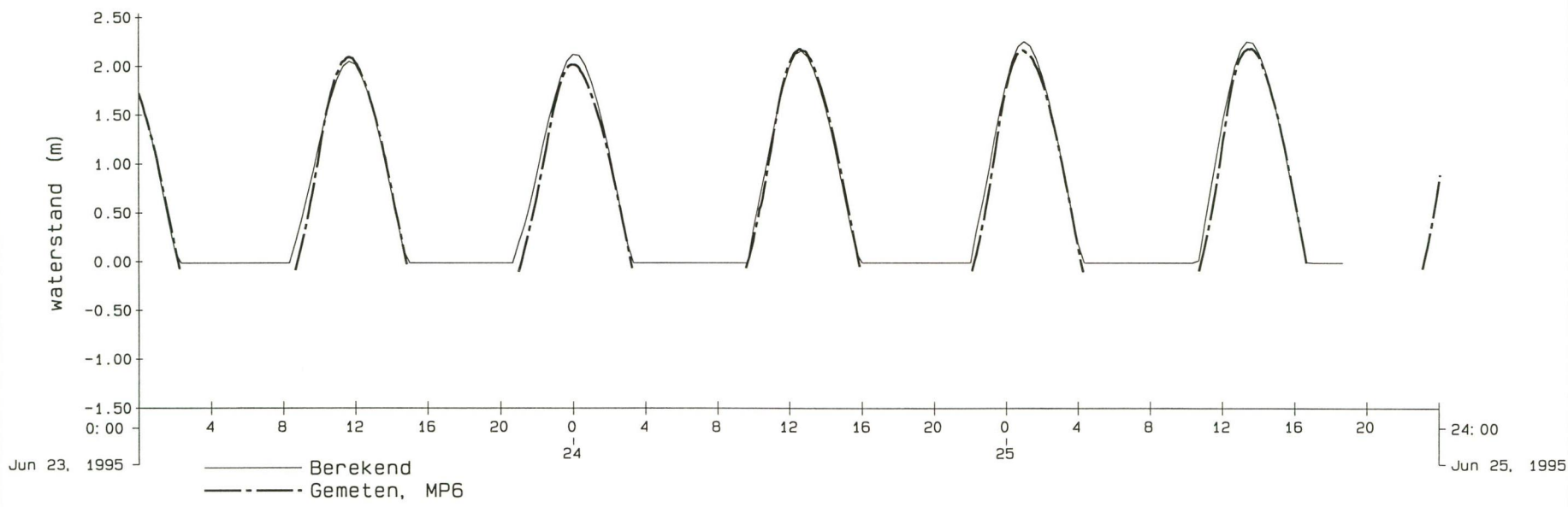
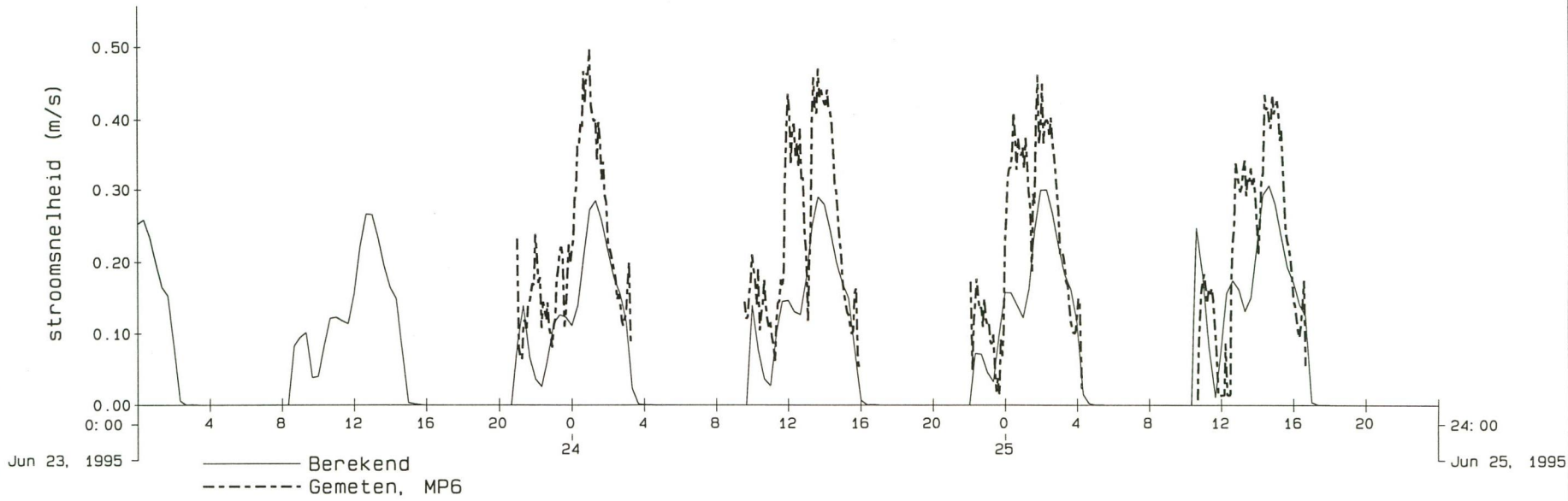
1995-08-30

M04-S



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 6



Run M04

TRISULA

1995-08-30

mdy-6

DELFT HYDRAULICS

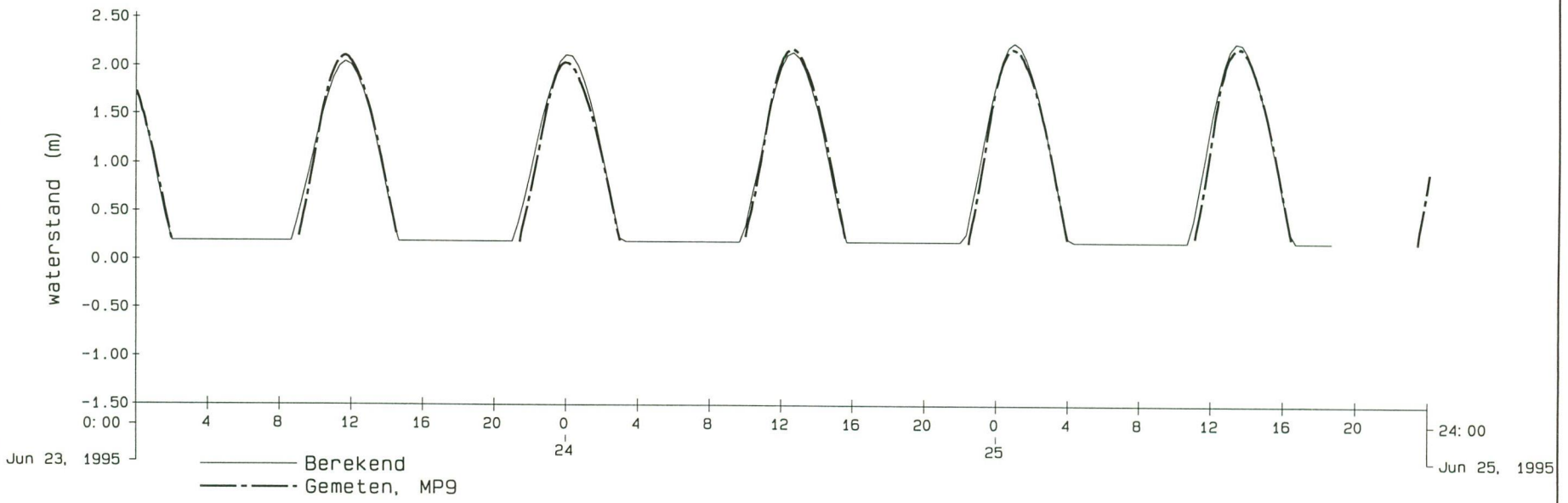
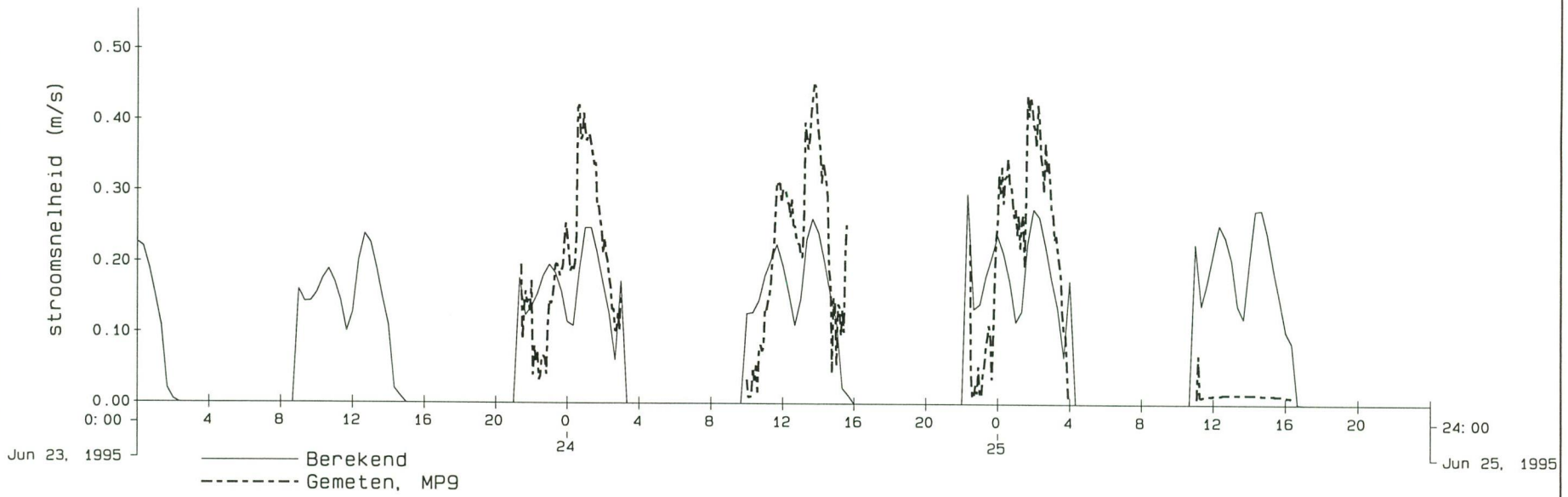
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 9

Run m04

TRISULA

1995-08-30

m04-7



BIJLAGE M06

DELFT HYDRAULICS

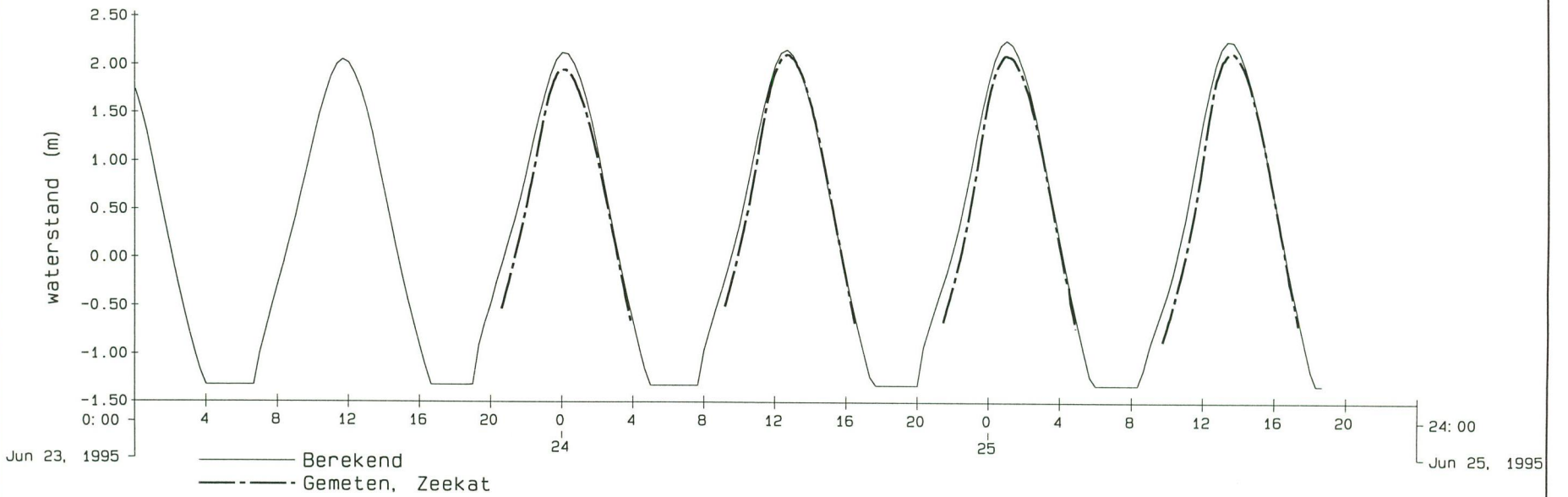
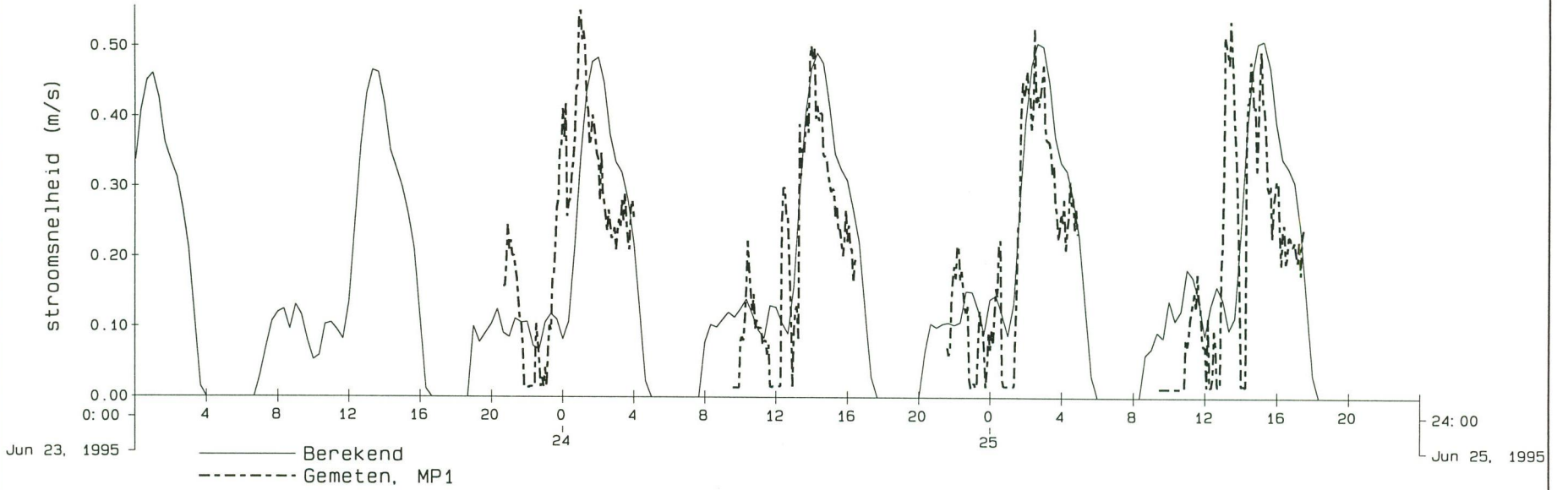
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 1 t/m 2

Run m06

TRISULA

m06-1

1995-09-01



DELFT HYDRAULICS

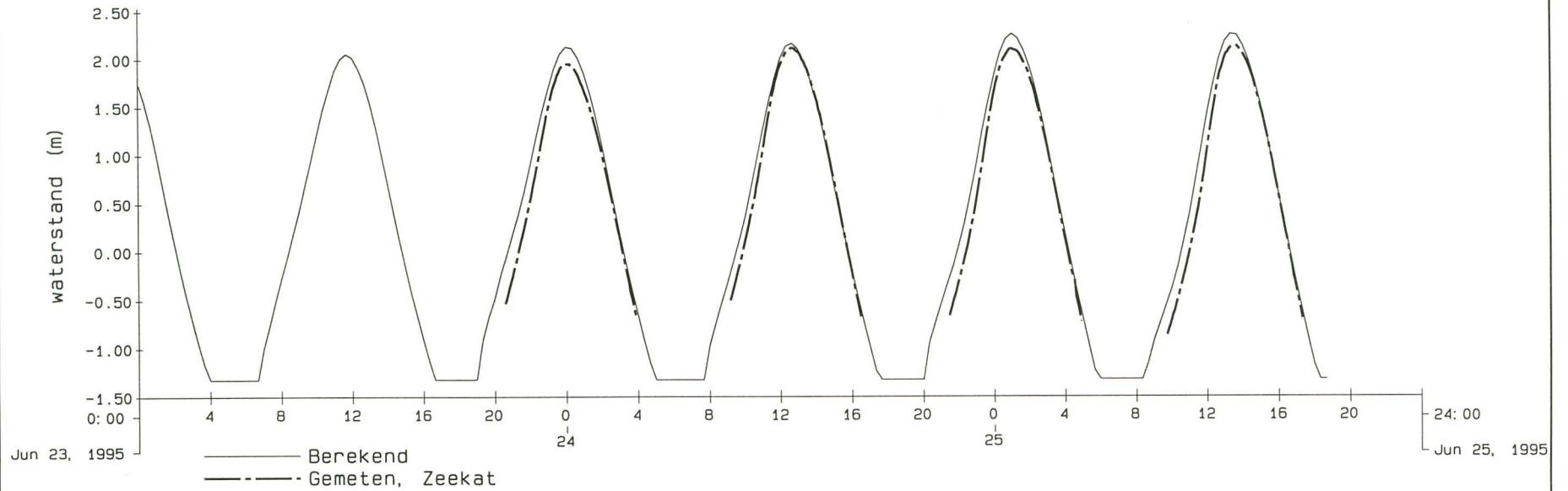
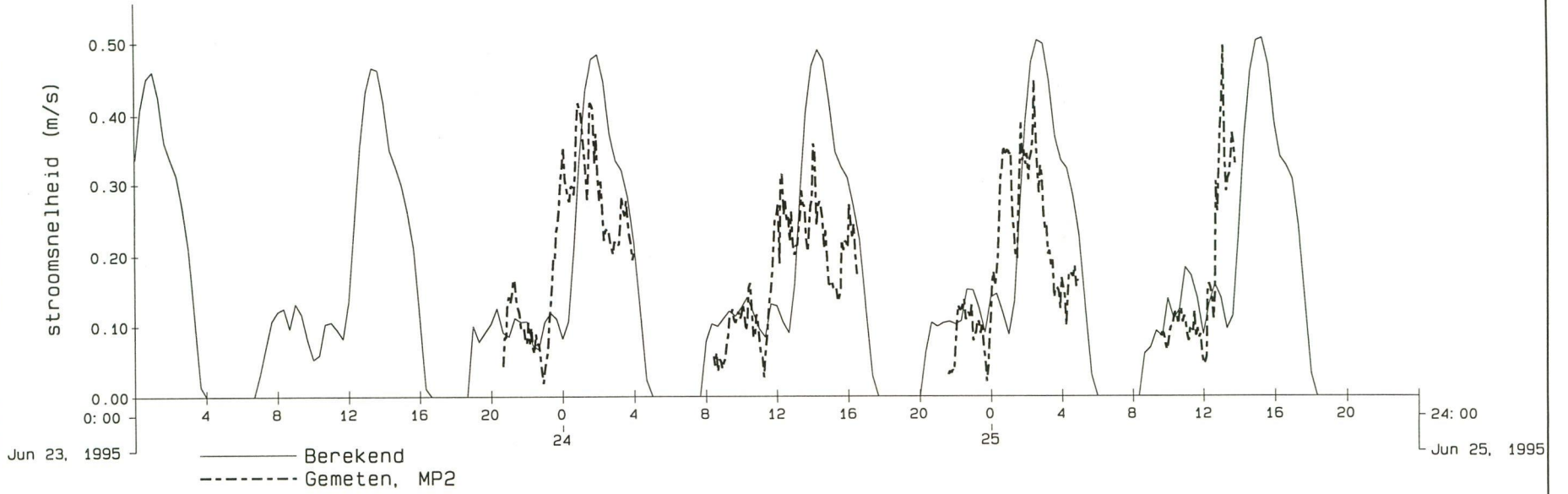
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 2

Run m06

TRISULA

m06-2

1995-09-01



DELFT HYDRAULICS

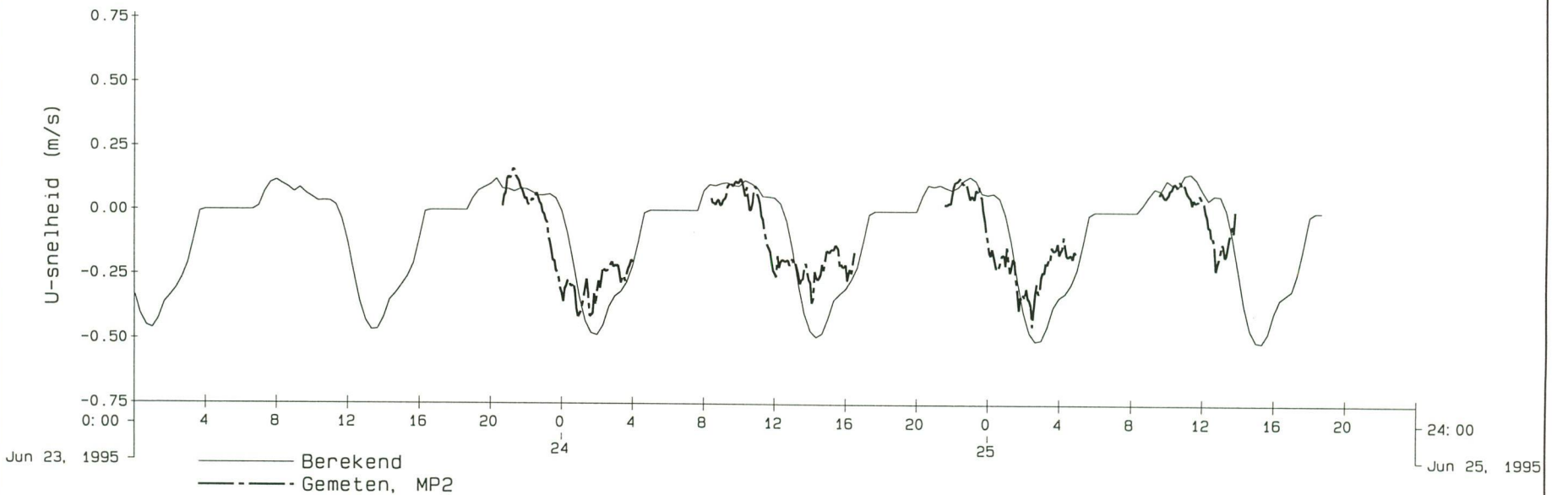
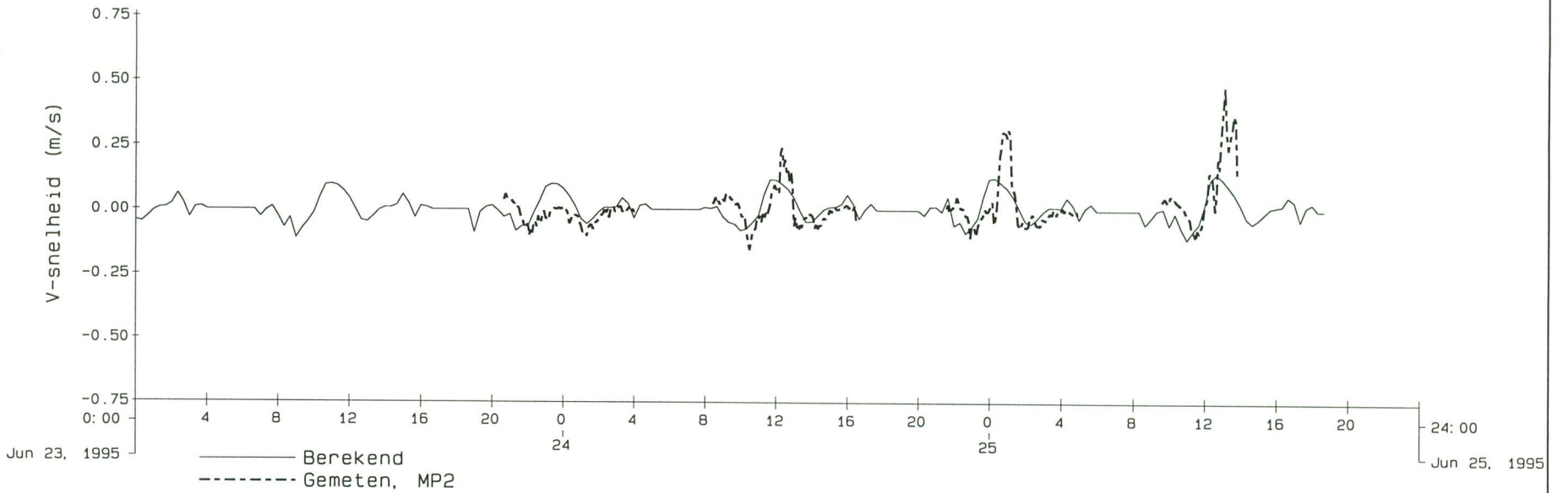
Run m06

m06-3

TRISULA

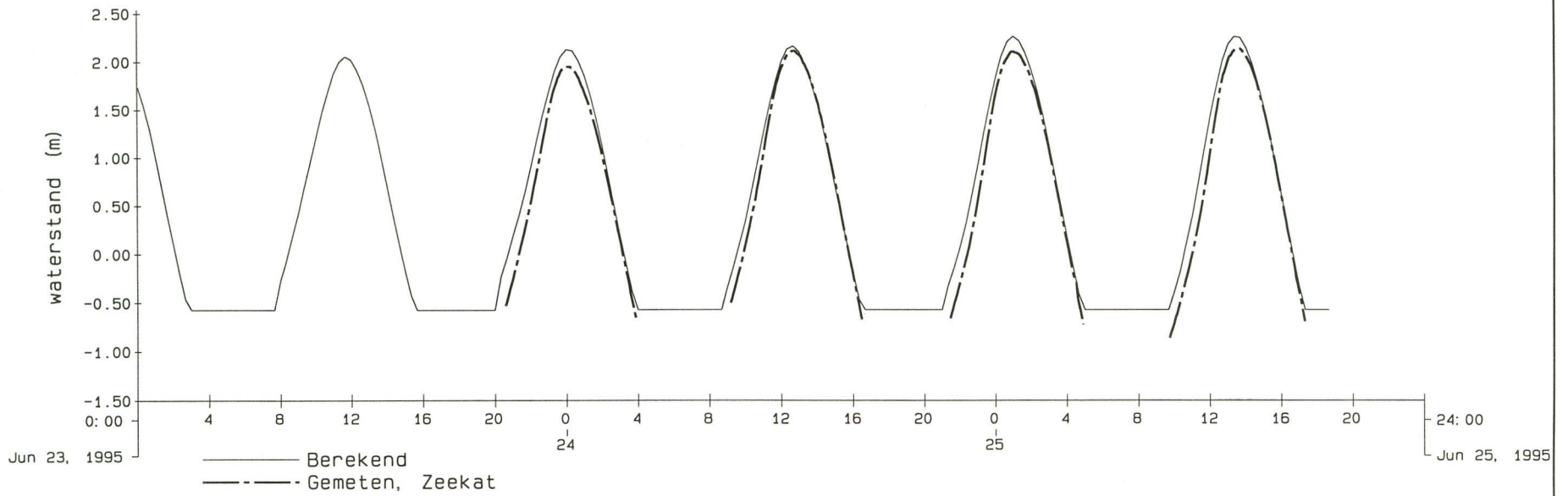
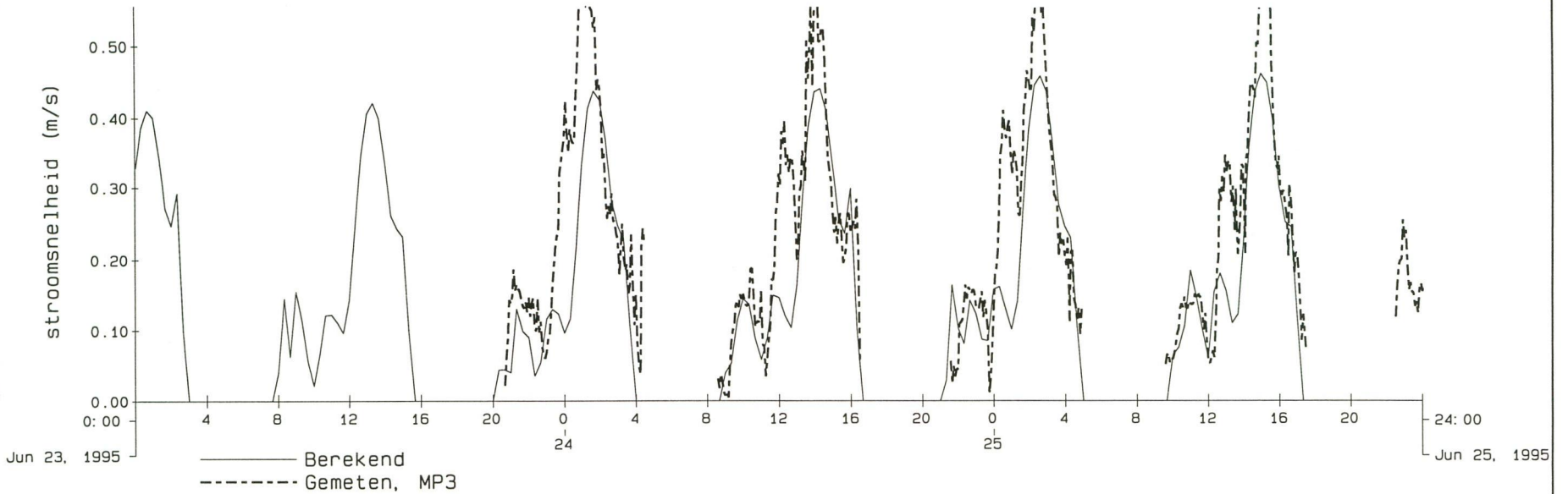
1995-09-01

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 1 t/m 2



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 3 t/m 5



Run m06

TRISULA

1995-09-01

m06-4

DELFT HYDRAULICS

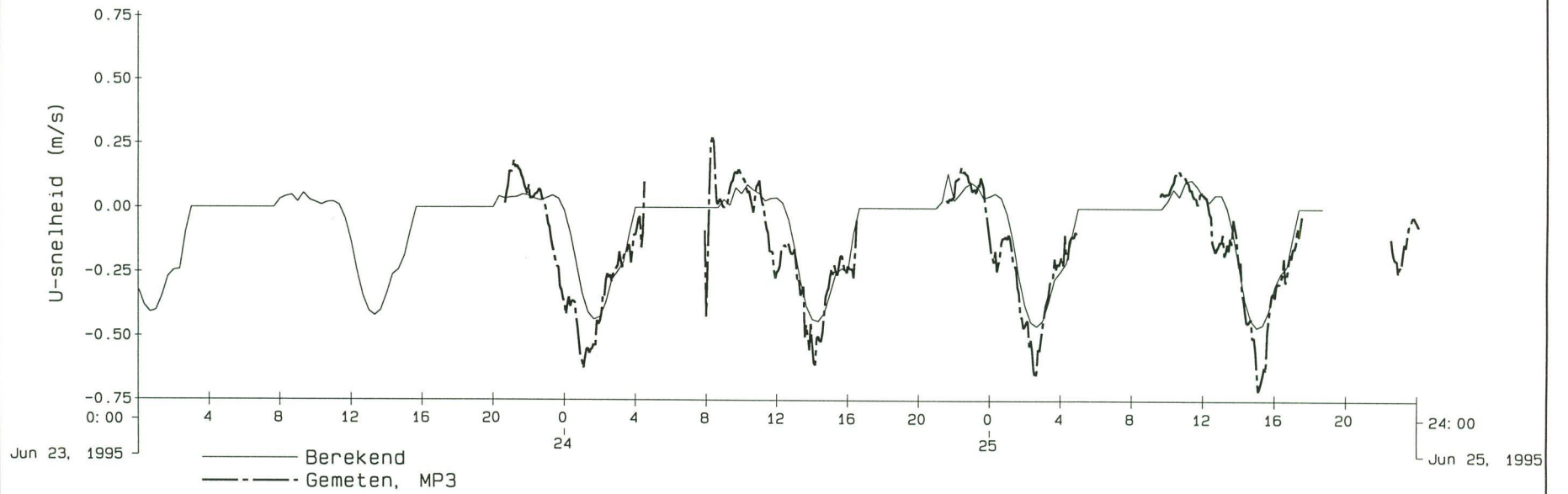
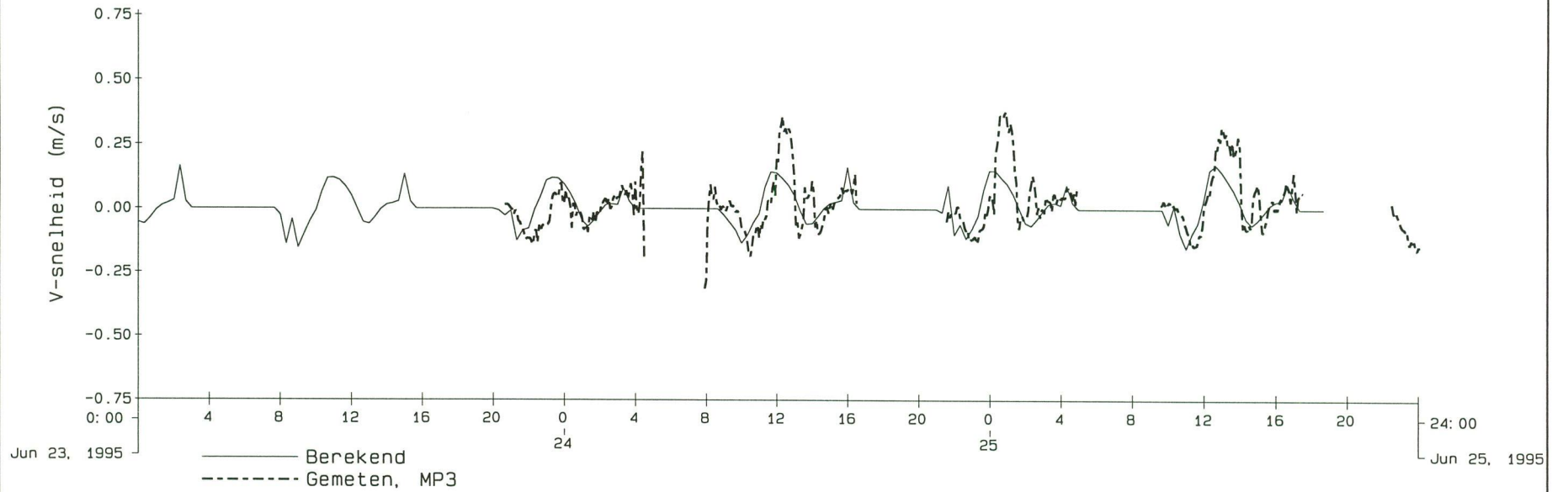
Run m06

1995-09-01

TRISULA

1995-09-01

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 3 t/m 5



DELFT HYDRAULICS

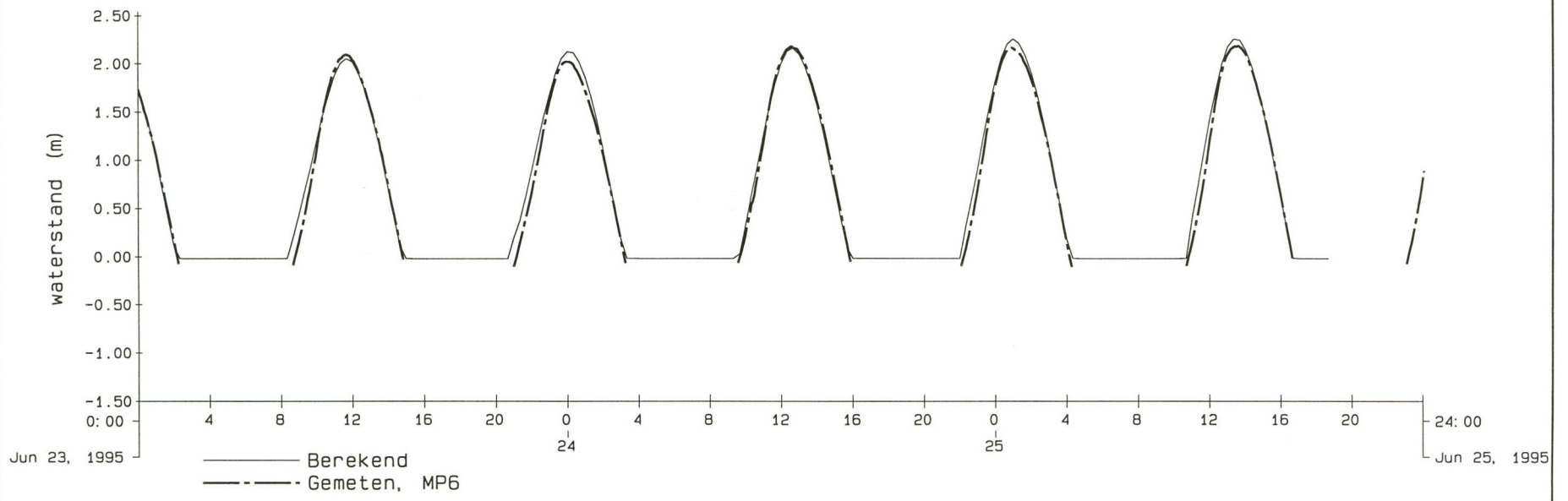
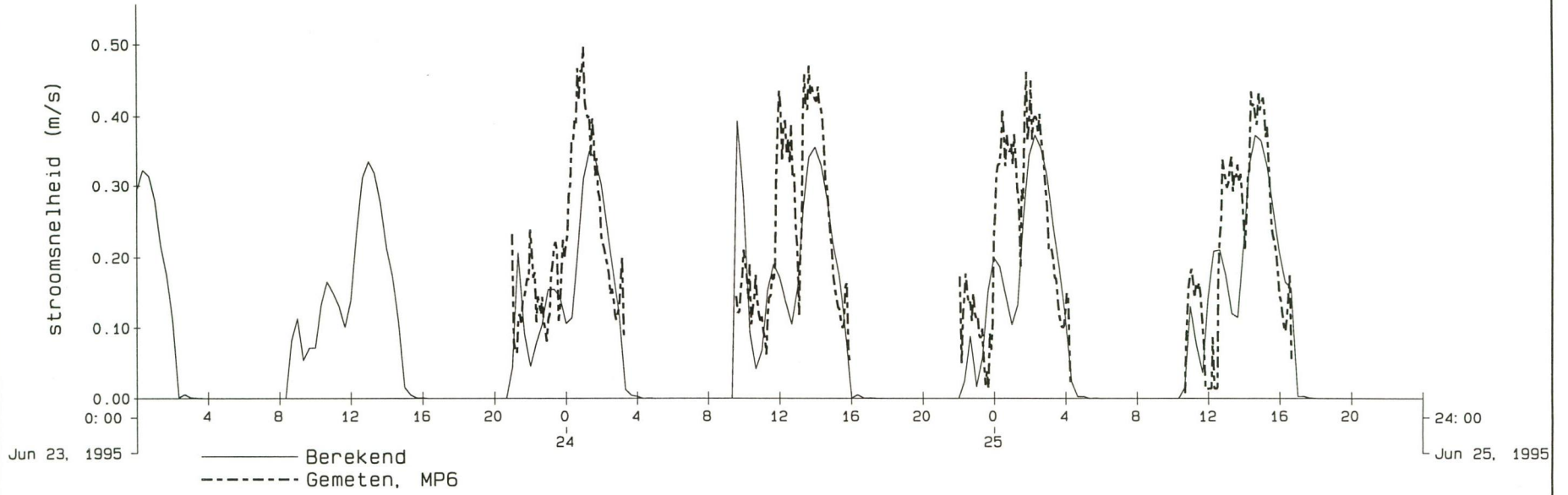
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 6

Run m06

TRISULA

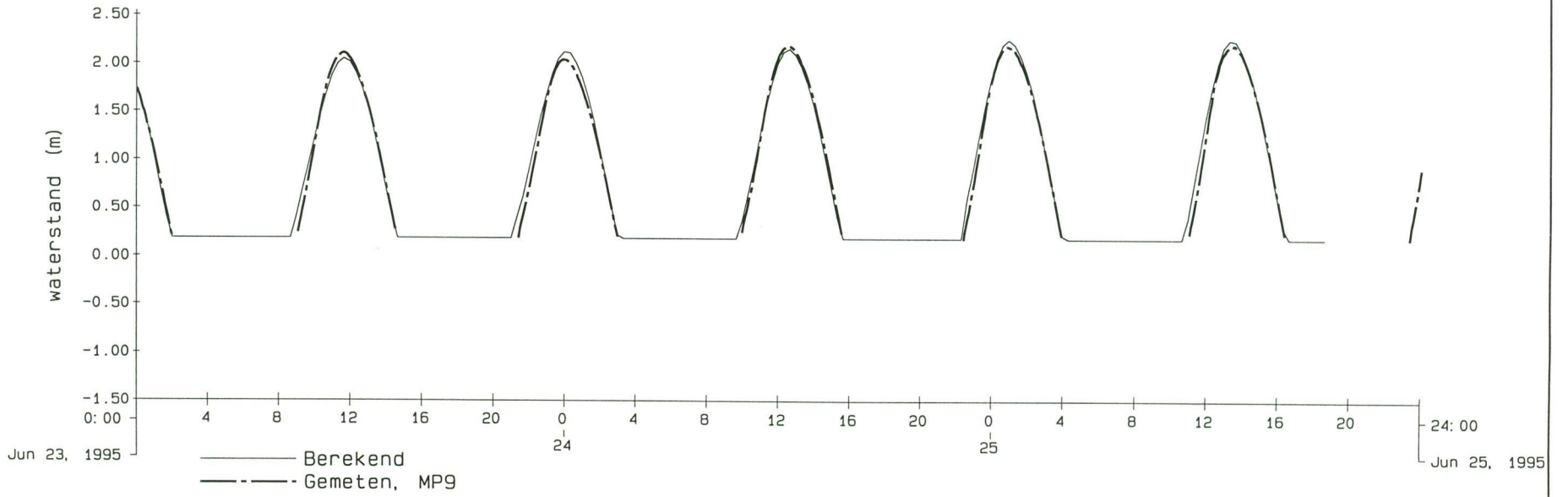
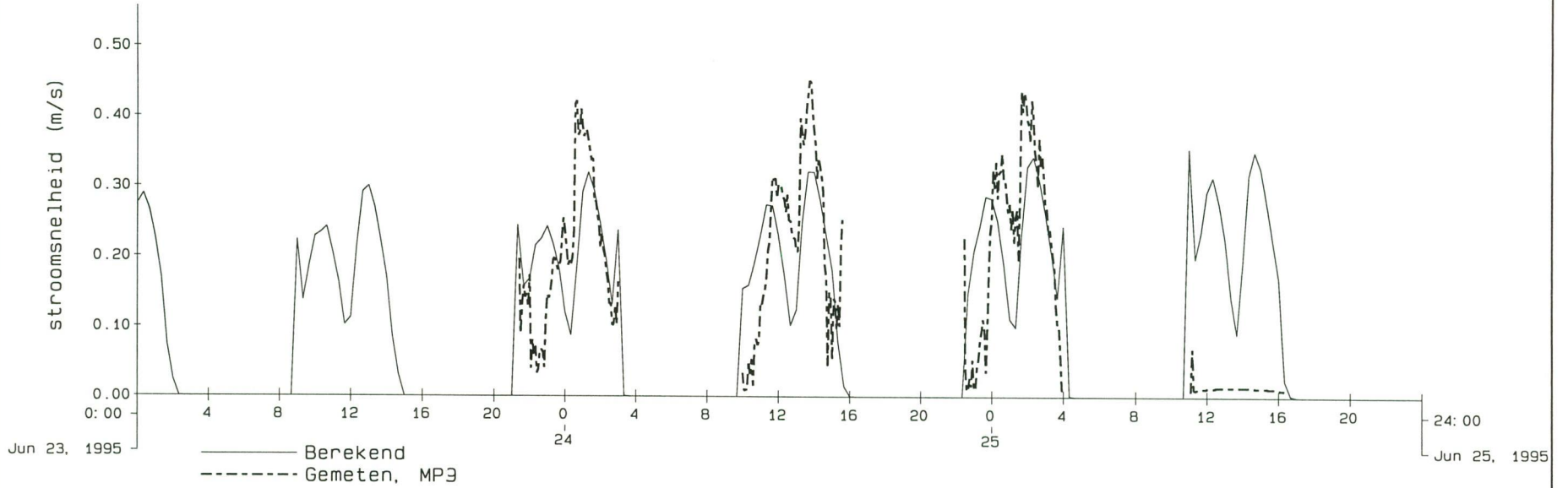
m06-6

1995-09-01



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 9



Run m06

TRISULA

1995-09-01

m06-7

BIJLAGE M07

DELFT HYDRAULICS

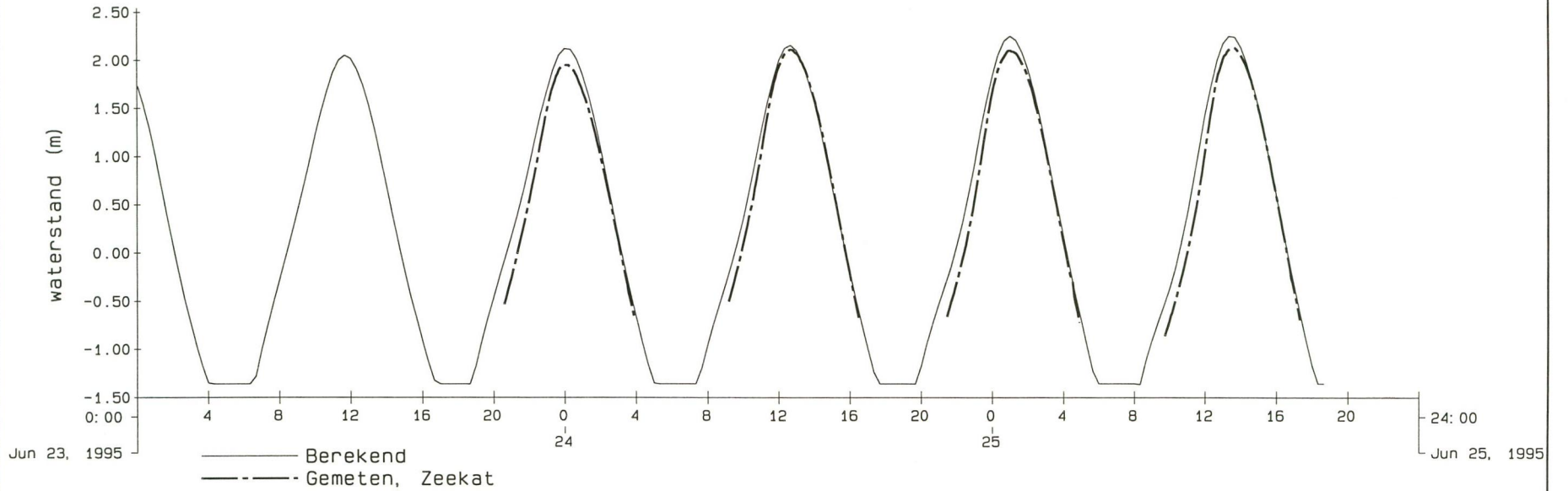
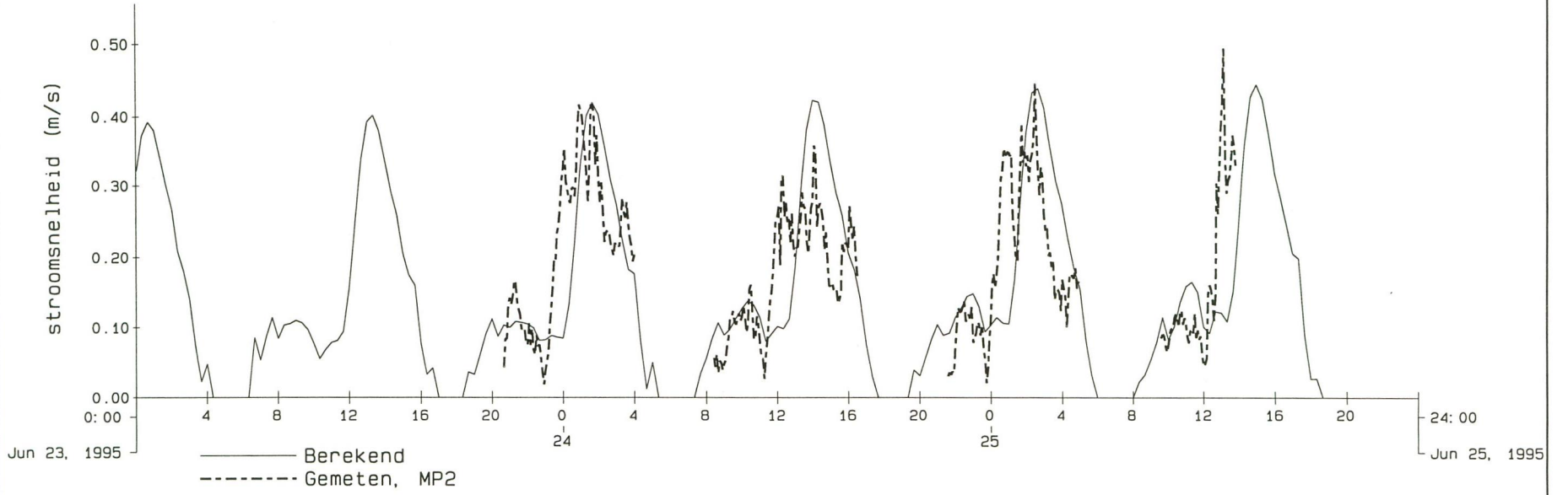
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 1 t/m 2

Run m07

TRISULA

1995-09-04

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

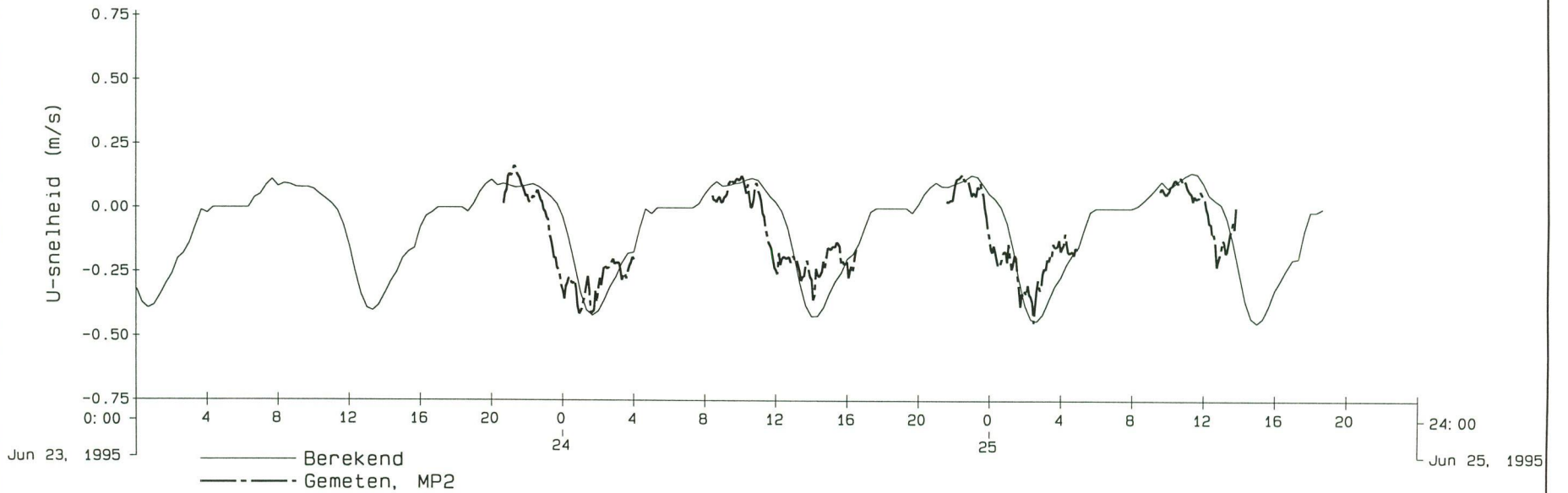
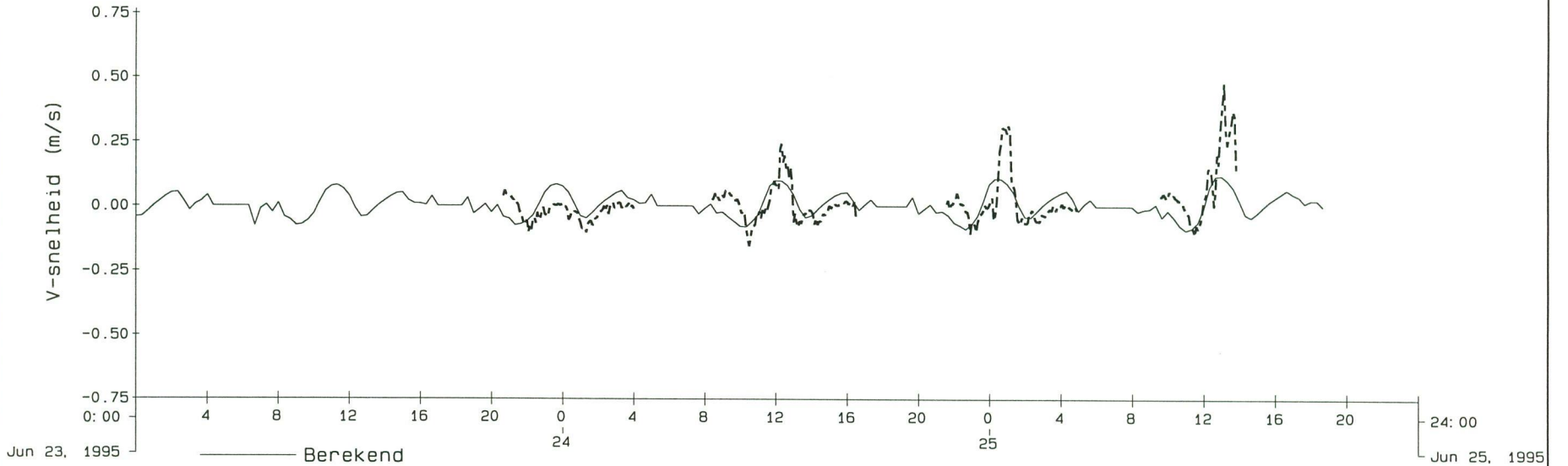
Run m07

m07-3

TRISULA

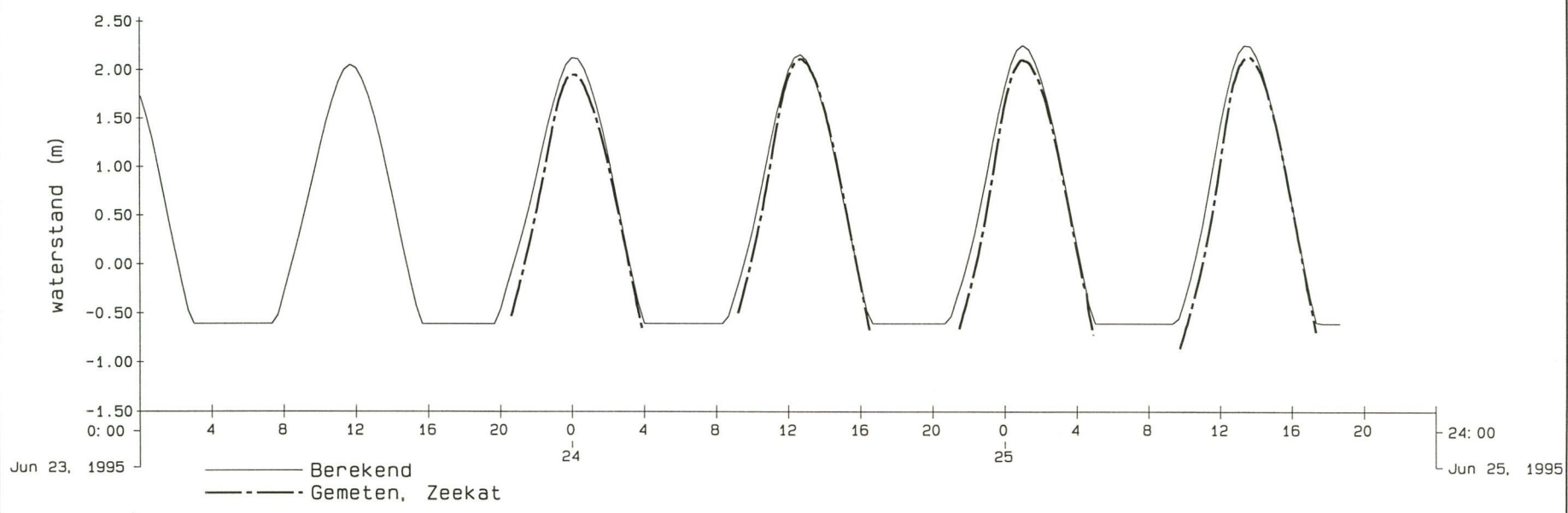
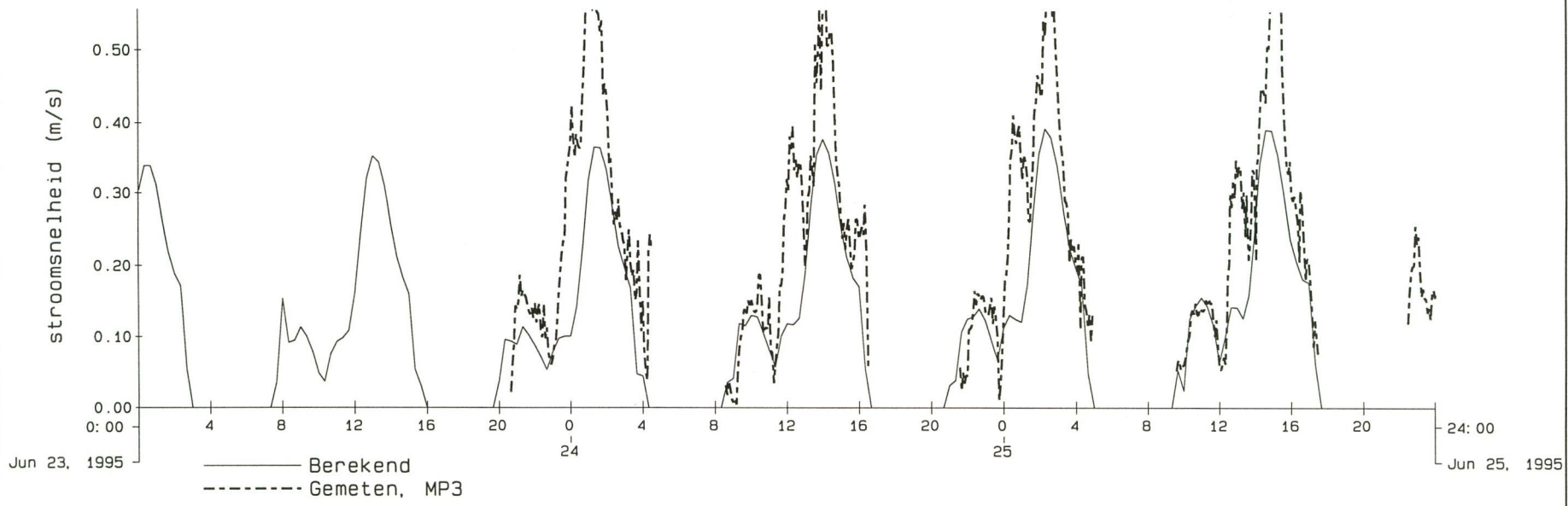
Snelheidscomponenten op station Meetpunt 1 t/m 2

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en waterstand station Meetpunt 3 t/m 5



Run m07

TRISULA

1995-09-04

m07-4

DELFT HYDRAULICS

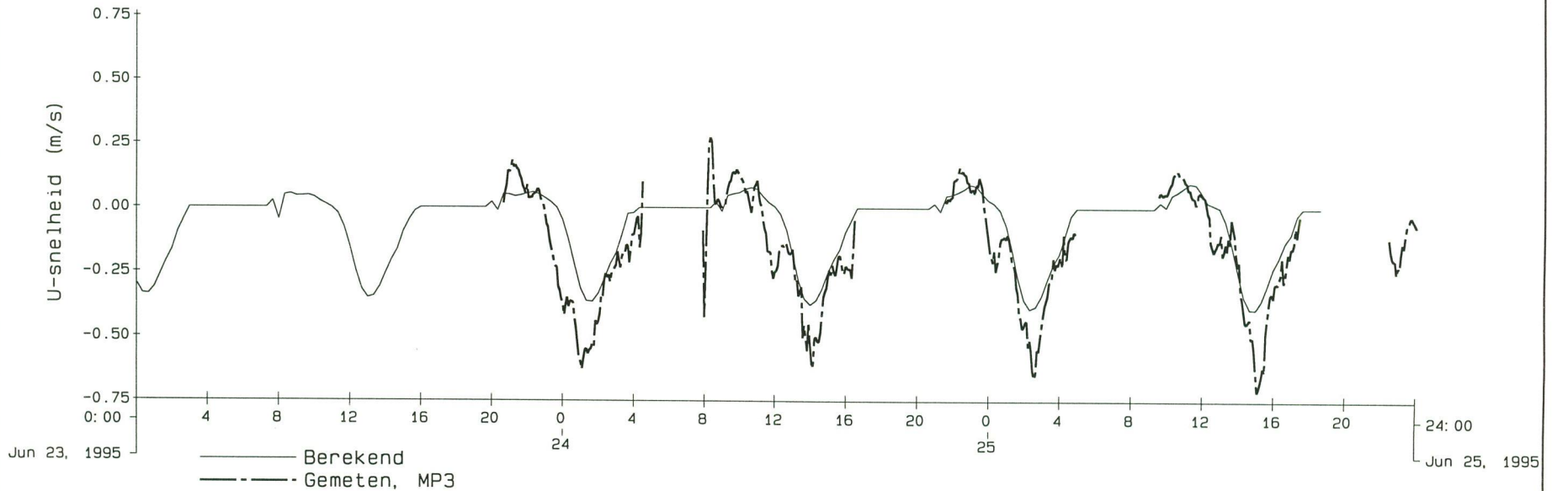
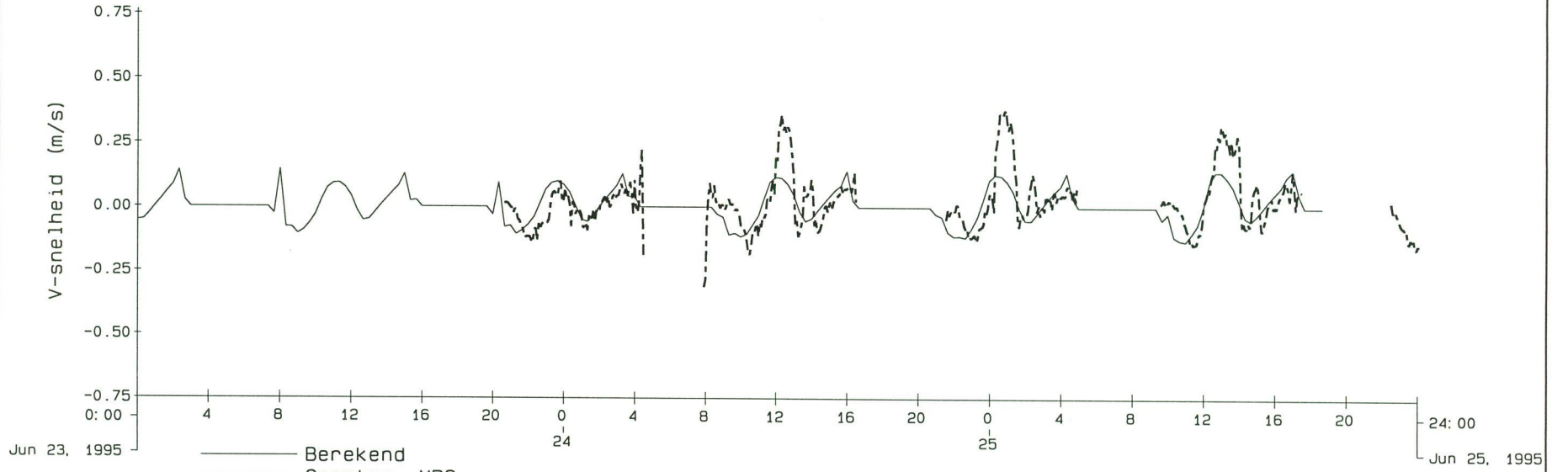
Run m07

m07-5

TRISULA

1995-09-04

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 3 t/m 5



DELFT HYDRAULICS

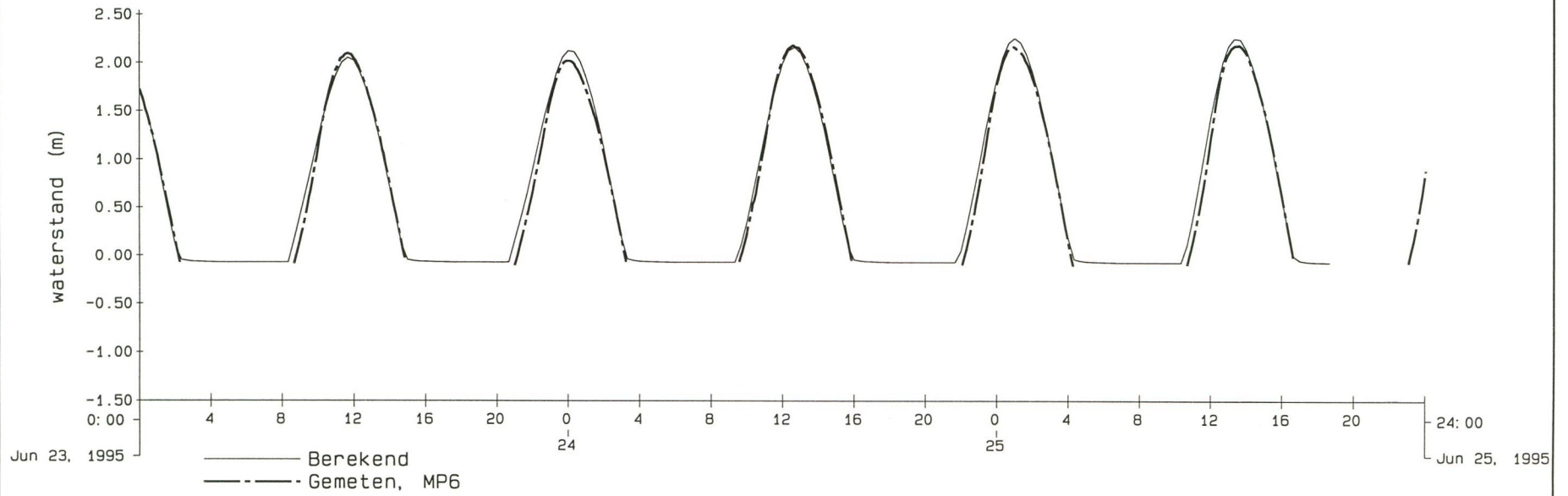
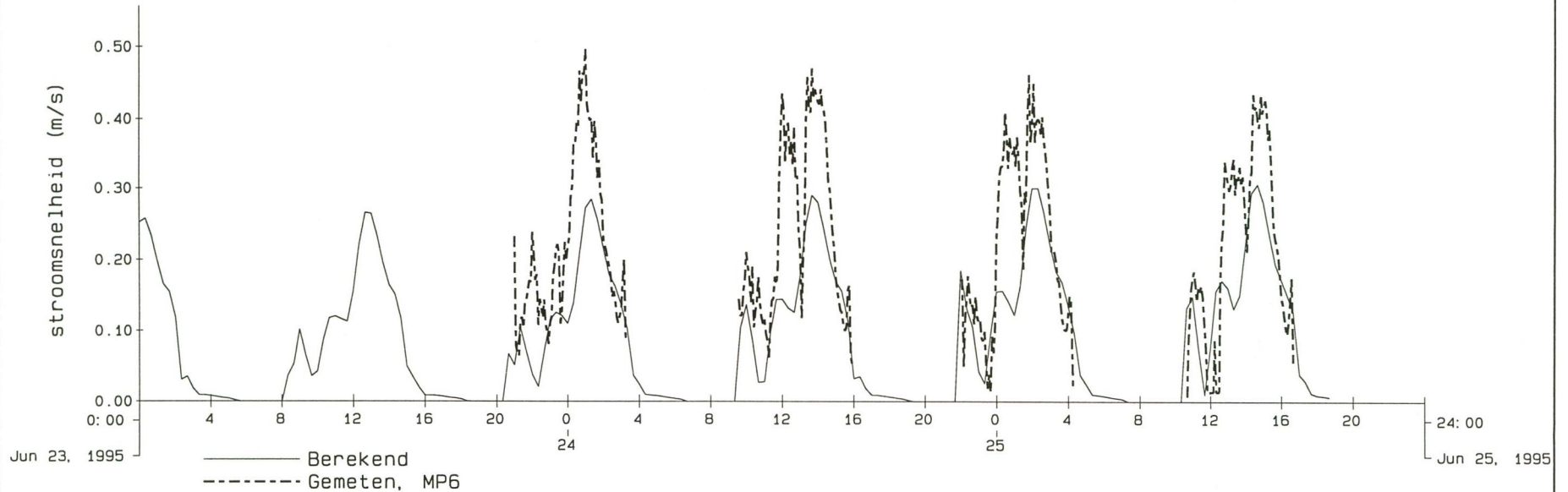
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 6

Run m07

TRISULA

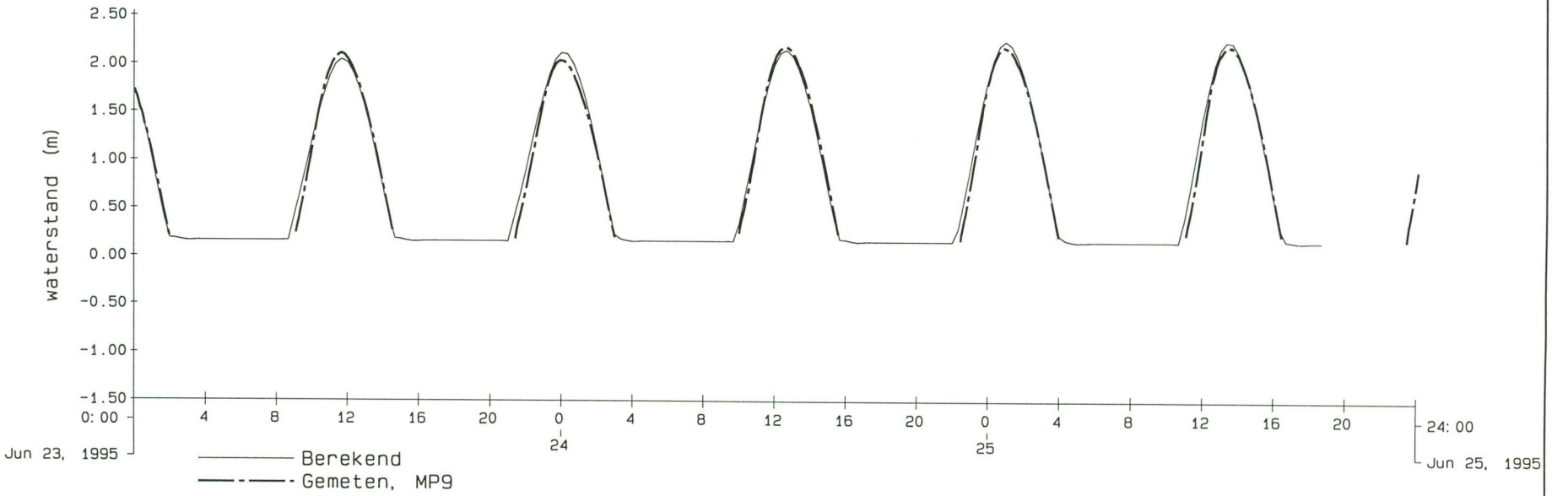
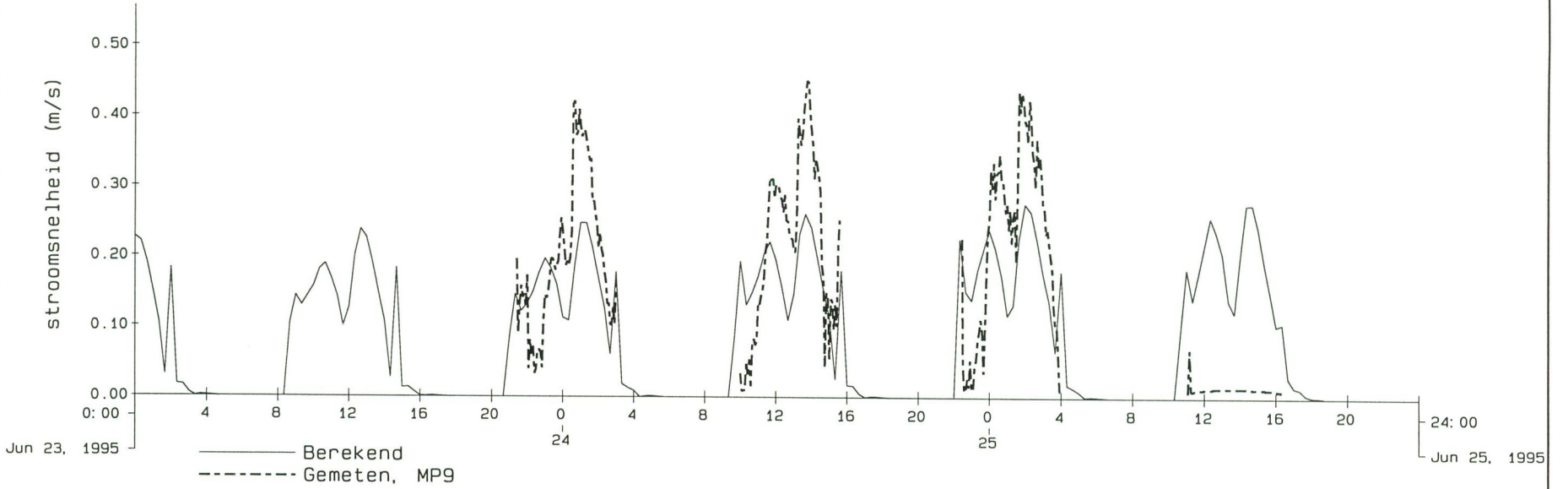
m07-6

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 9



TRISULA

Run m07

mp9-7

1995-09-04

BIJLAGE M08

DELFT HYDRAULICS

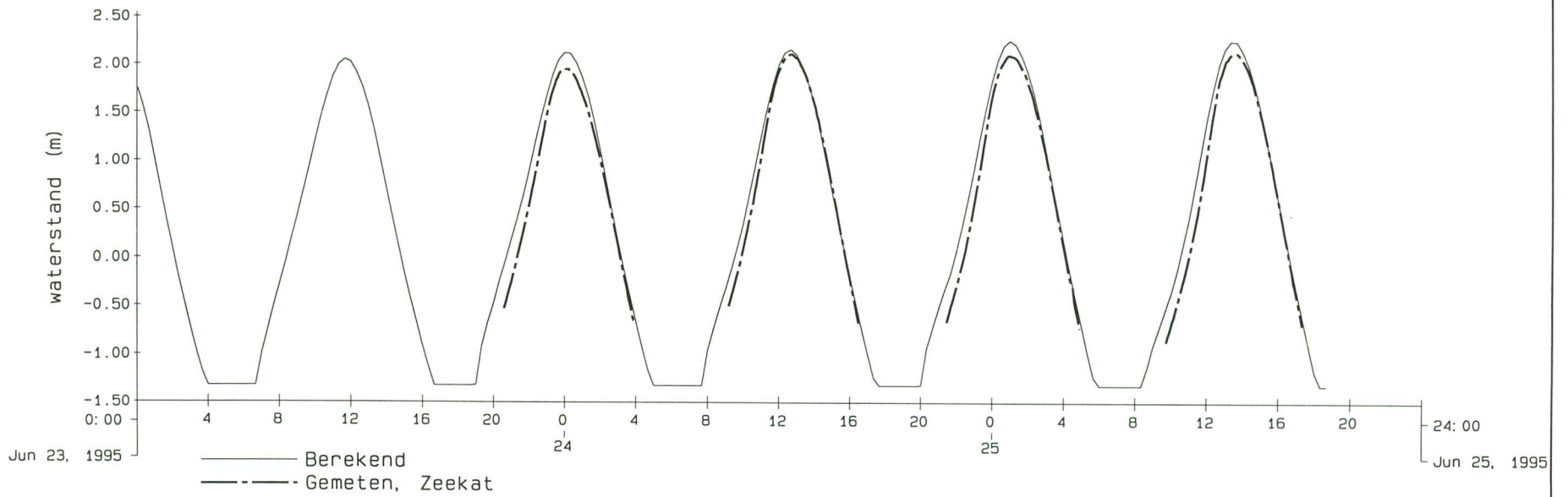
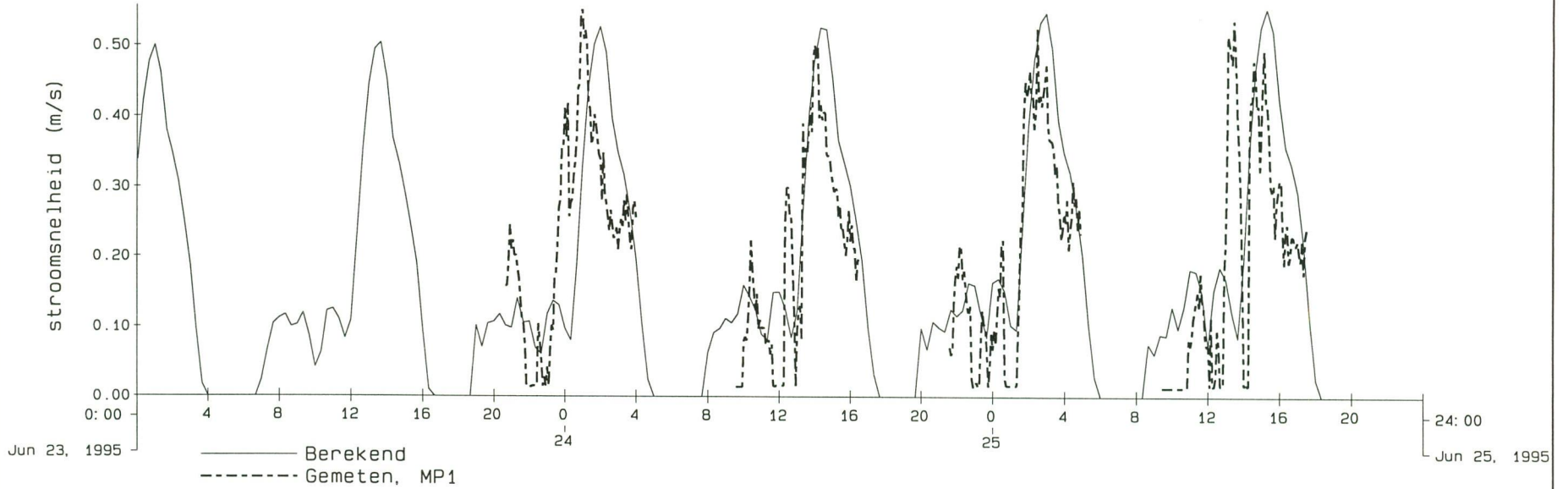
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 2

Run m08

TRISULA

m08-1

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

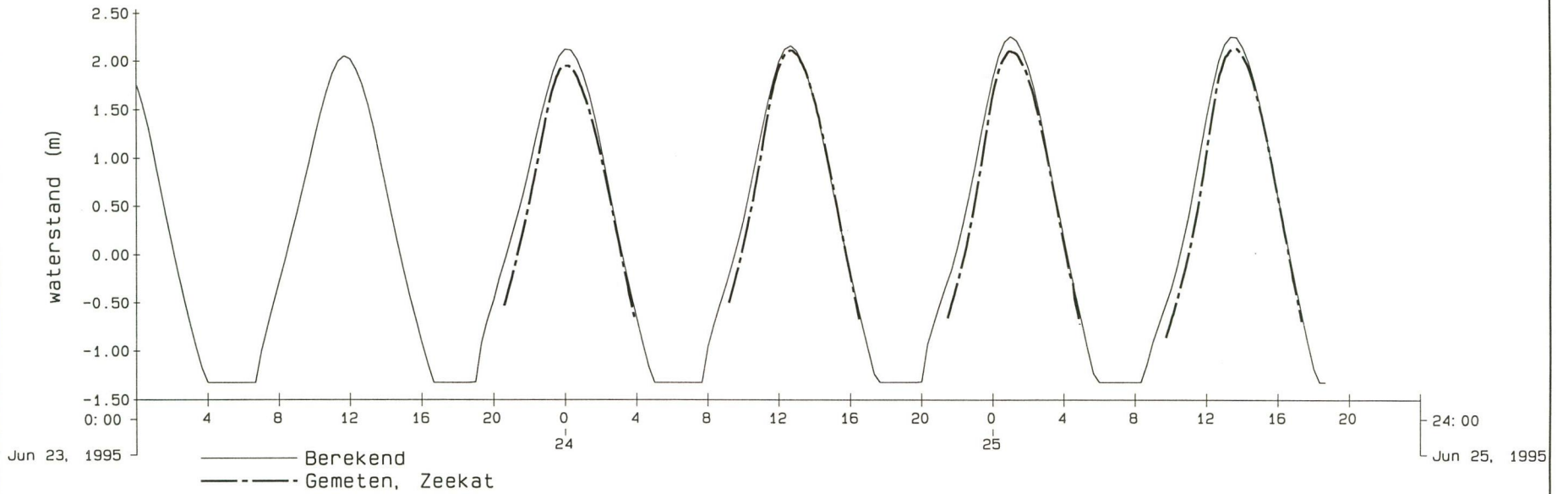
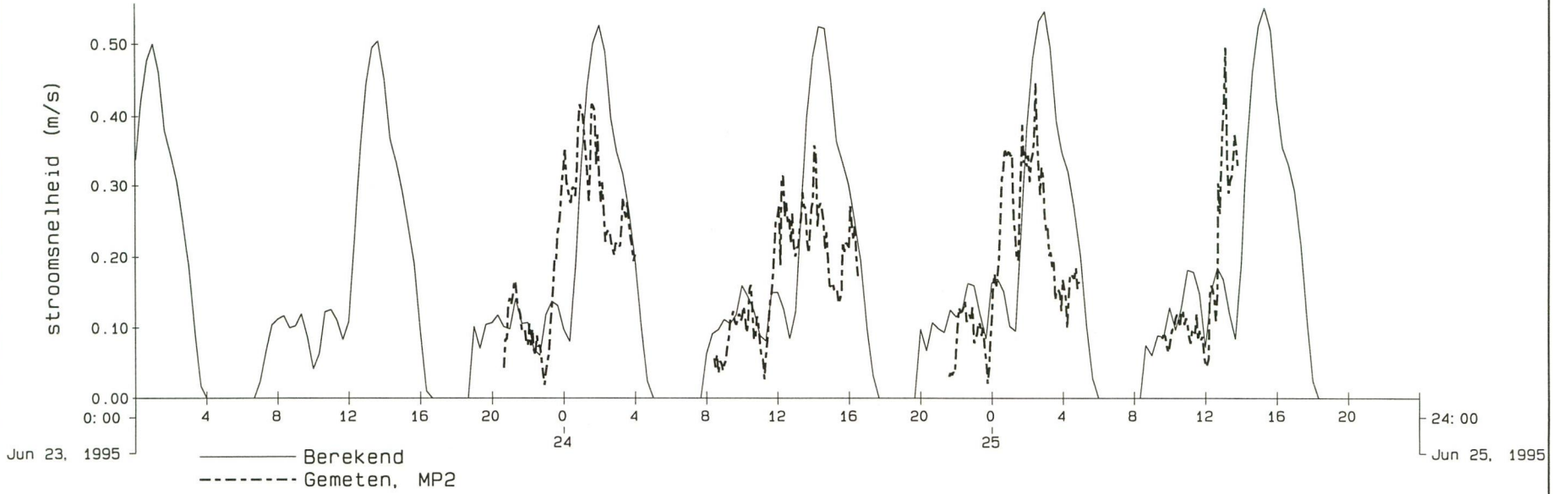
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 1 t/m 2

Run m08

TRISULA

m08-2

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

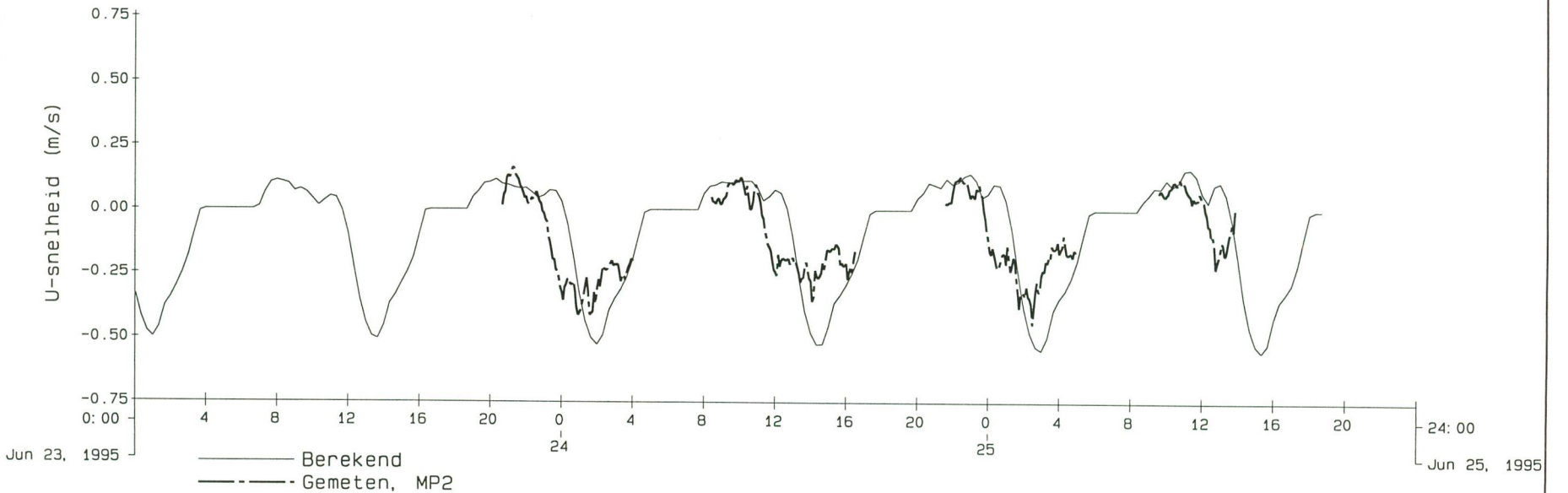
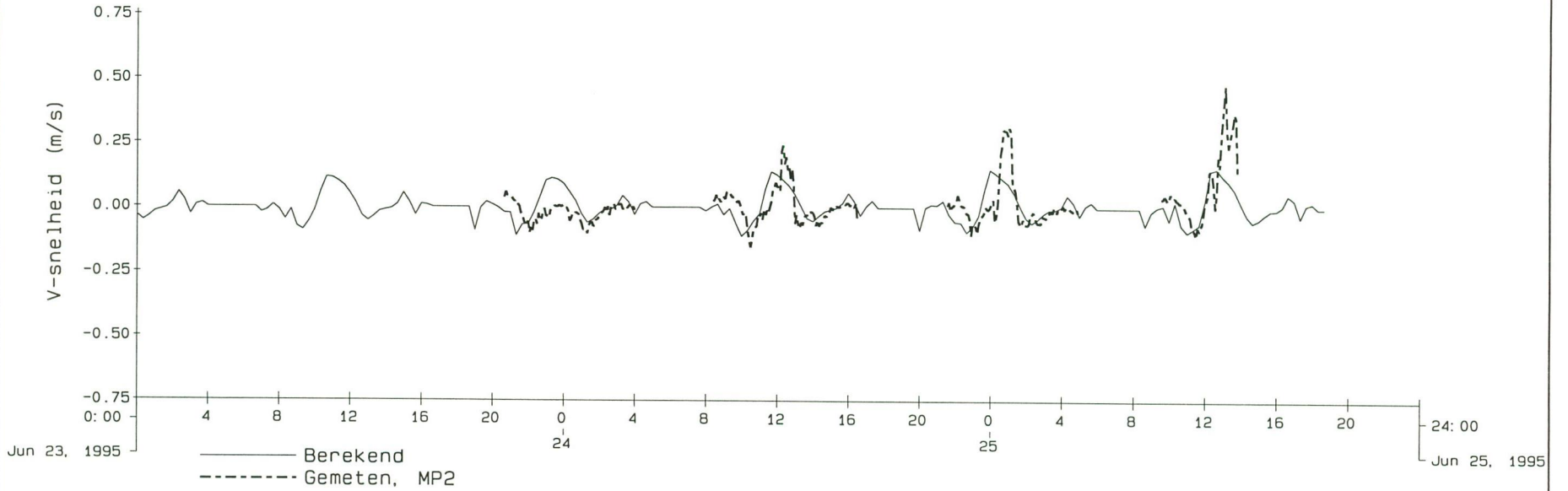
Run m08

m08-3

TRISULA

1995-09-04

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 1 t/m 2



DELFT HYDRAULICS

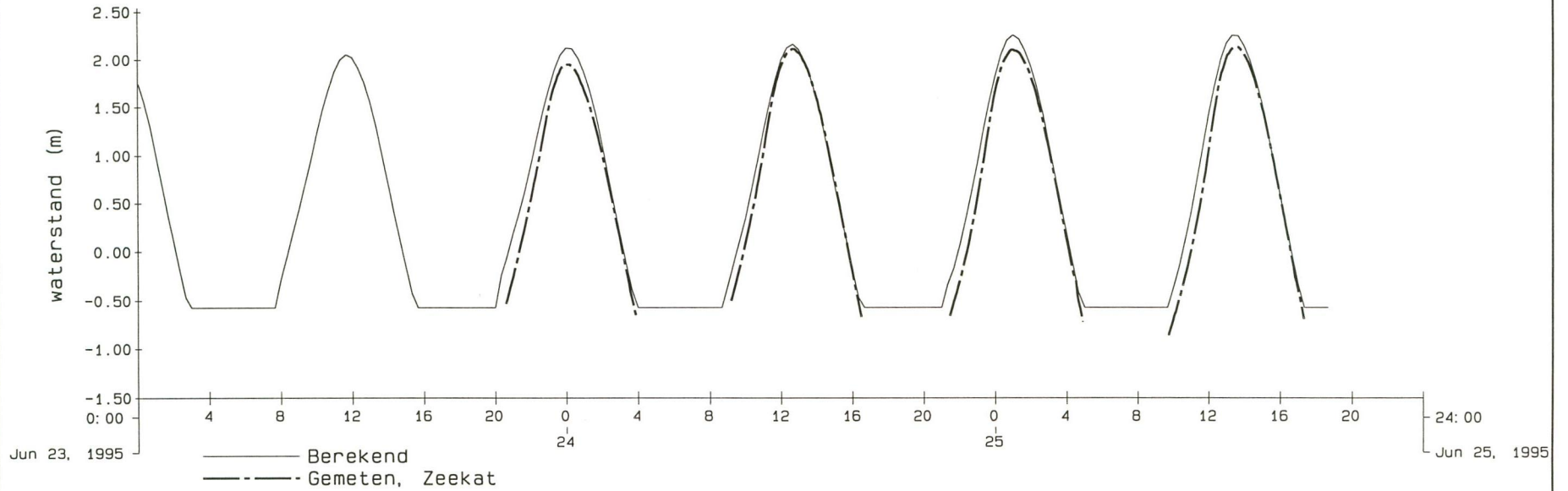
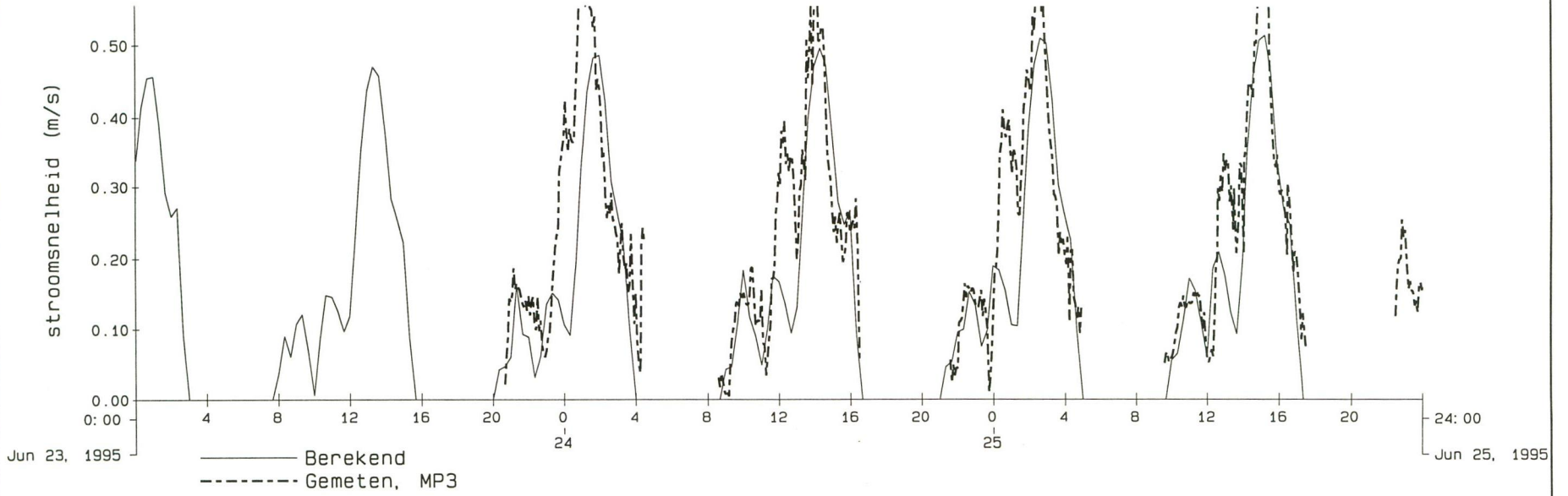
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 3 t/m 5

Run m08

m08-4

TRISULA

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

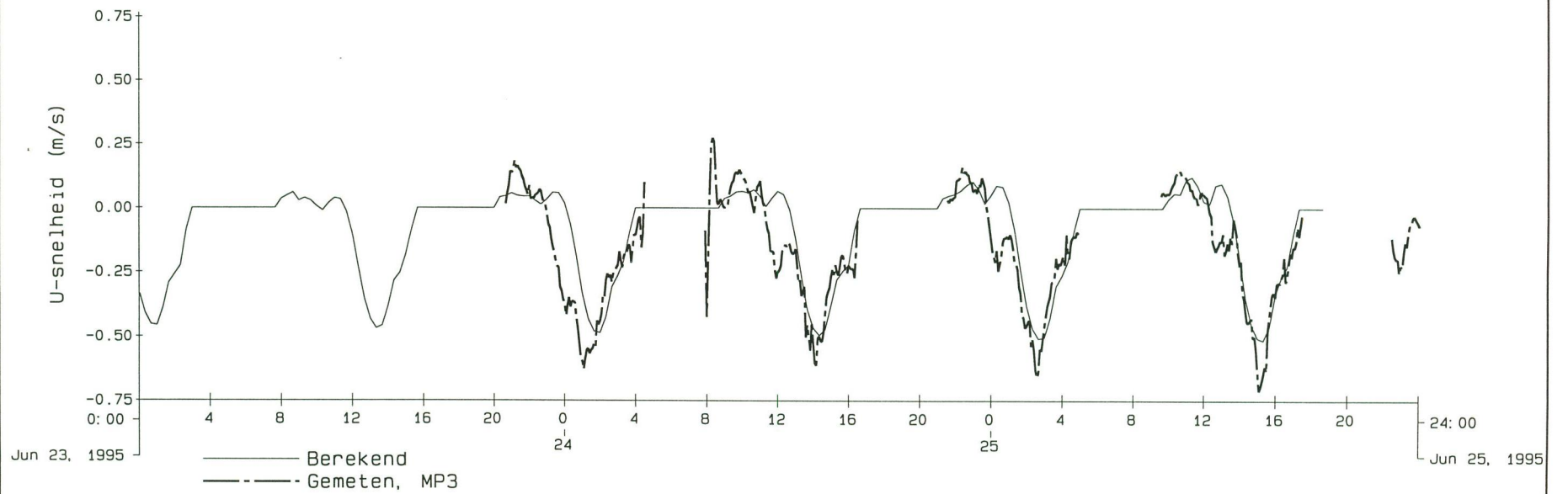
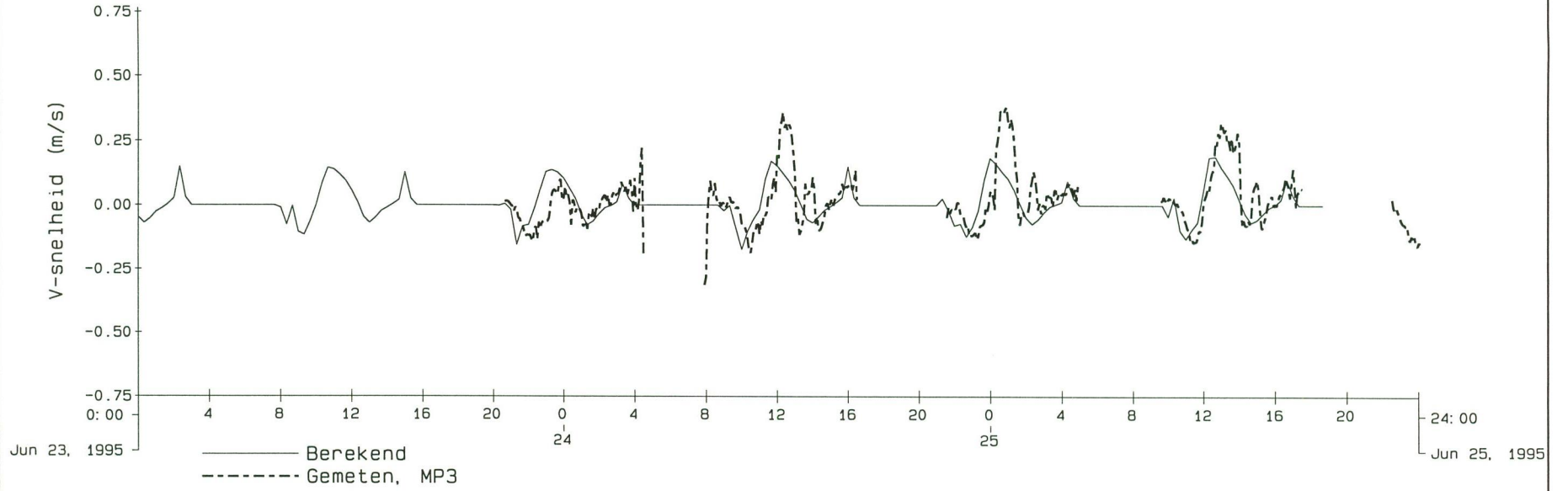
Run m08

m08-5

TRISULA

Snelheidscomponenten op station Meetpunt 3 t/m 5

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

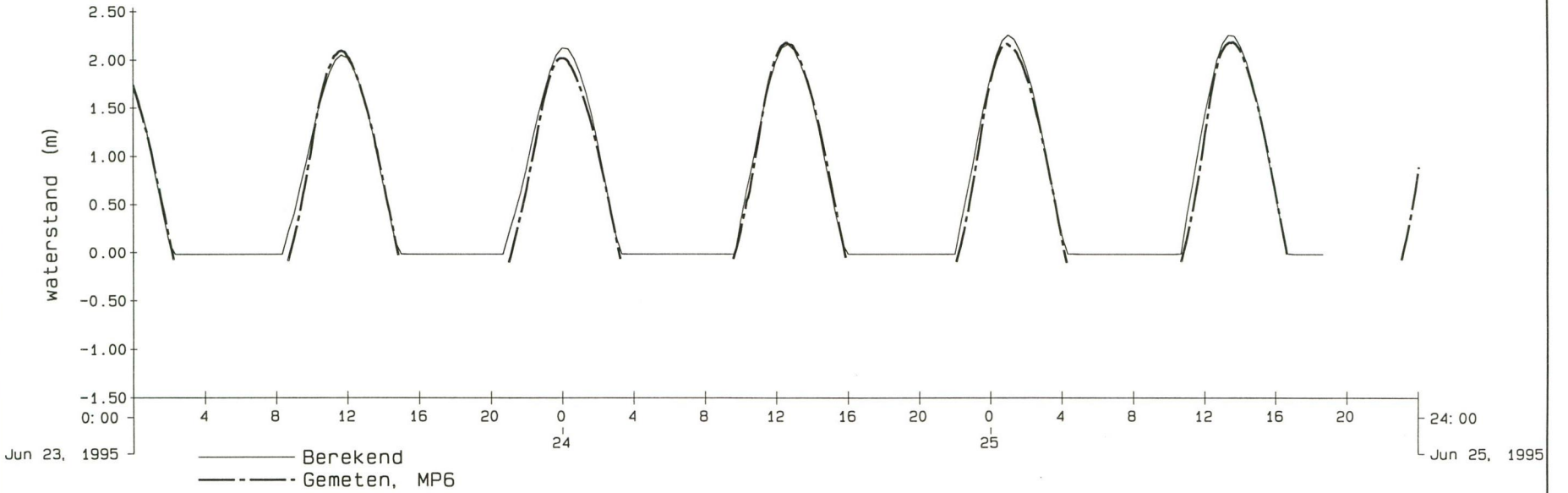
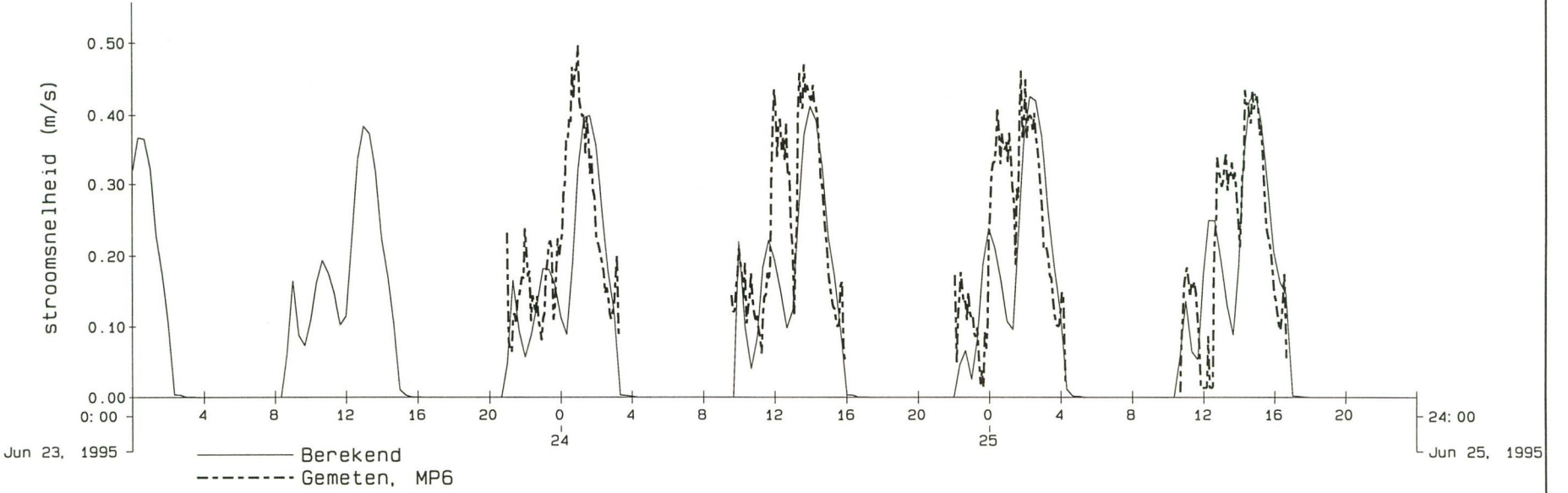
Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 6

Run m08

TRISULA

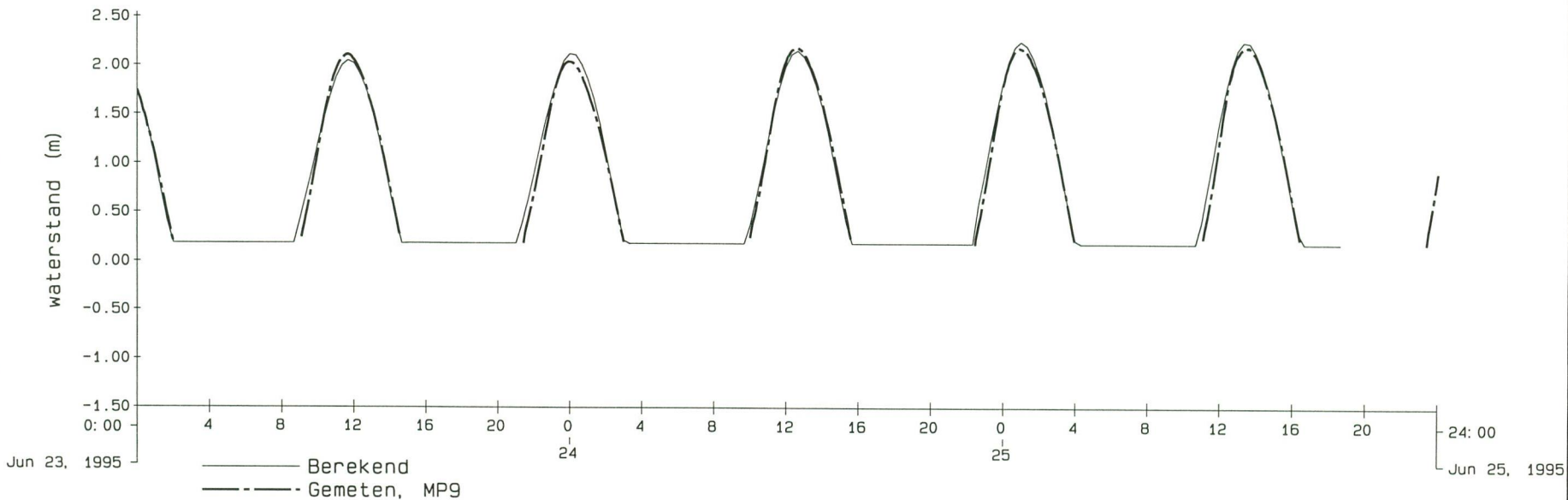
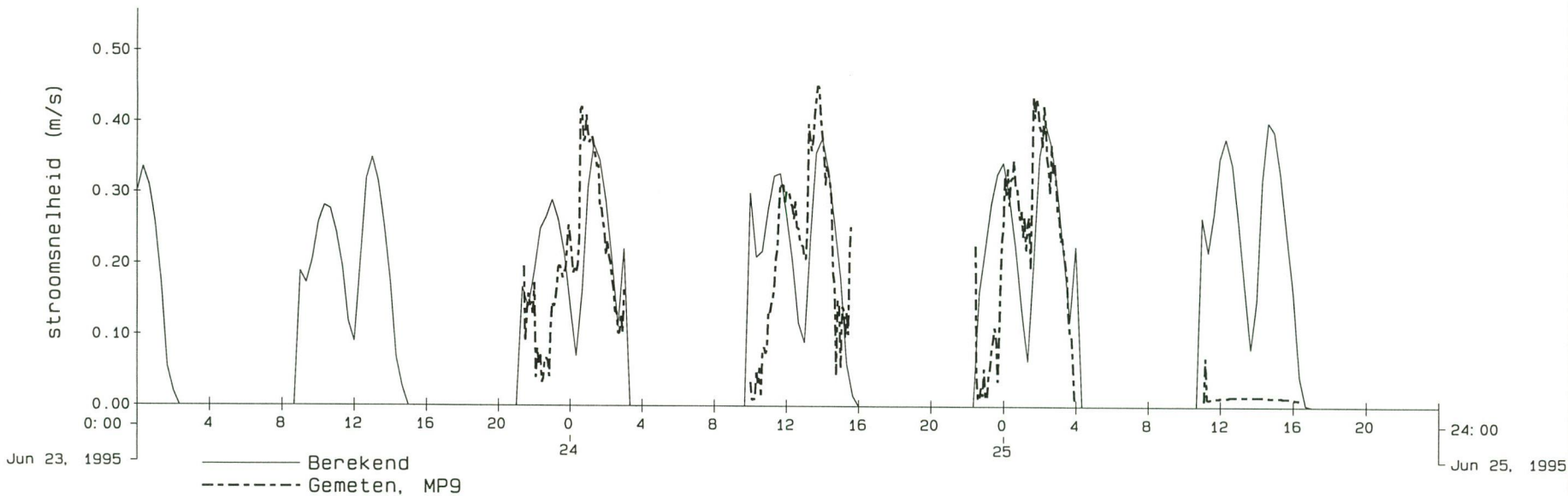
m08-6

1995-09-04



DELFT HYDRAULICS

Tijdreeks diepte gemiddelde stroomsnelheid en
waterstand
station Meetpunt 9



TRISULA

Run m08

m08-2

1995-09-04