

**Effecten van kombergingsvergroting  
bij de grens op het getij  
in de Westerschelde**

**Werkdocument: RIKZ/AB-98.835x**

**J. Adema**

Ministerie van verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat



Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ

Aan

-

Van

J. Adema

Datum

2 september 1998

Onderwerp

DUFLOW Westerschelde

Doorkiesnummer

-

Bijlage(n)

26

Nummer

RIKZ/AB-98.835x

Project

ZEESTRU\*WS\*4

## Inhoudsopgave

1.	Inleiding	2
2.	Modelopzet	3
3.	Resultaten	5
4.	Grootte van de termen uit de impulsvergelijking	7
5.	Bespreking van de resultaten	10
	Literatuurlijst	11
	Lijst van figuren	12

## 1. Inleiding

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van het programma DUFLOW, versie 2.02, en ECDUFLOW, versie 2.10. Een model bestaat voor deze programma's uit een netwerk van knooppunten, die onderling worden verbonden door secties. Per sectie worden de waterstanden en de debieten berekend met behulp van de 1-D ondiep water vergelijkingen, de continuïteitsvergelijking en de impulsvergelijking in de lengterichting van de sectie:

$$b_b \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + \frac{gQ|Q|}{C^2AR} = a\gamma w^2 \cos(\Phi - \phi) \quad (2)$$

met:

t	tijd	[s]
x	positie	[m]
H	waterniveau	[m]
Q	debiet	[m <sup>3</sup> /s]
g	valversnelling	[m/s <sup>2</sup> ]
b <sub>b</sub>	bergende breedte	[m]
a	stroomvoerende breedte	[m]
A	stroomvoerend oppervlak	[m <sup>2</sup> ]
C	Chézy-coëfficiënt	[m <sup>1/2</sup> /s]
R	hydraulische straal	[m]
γ	windconversie factor	[-]
w	windsnelheid	[m/s]
Φ	windrichting	[°]
φ	hoek kanaal met noordelijke richting	[°]

De waterstand wordt berekend in een knooppunt. Voor de debieten geldt per knooppunt continuïteit, de som van de debieten in de uiteinden van de secties die in een knooppunt samenkomen, is nul.

ECDUFLOW is een programma dat de termen uit de bewegingsvergelijkingen berekend en grafisch weergeeft. Dit programma maakt gebruik van de resultaten die zijn verkregen uit een DUFLOW-som.

In dit verslag zal in hoofdstuk 2 worden besproken hoe in een bestaande schematisatie voor de Westerschelde twee kombergingsvergrotingen zijn aangebracht. In hoofdstuk 3 zullen de resultaten worden gepresenteerd voor één van de twee kombergingsvergrotingen, namelijk die bij de grens. Dit is gedaan voor twee situaties, een gemiddeld springtij en een storm. In het volgende hoofdstuk wordt gekeken naar de grootte van de verschillende termen in de impulsvergelijking en hoe die veranderen bij de kombergingsvergroting. In hoofdstuk 5 zullen de resultaten worden besproken.

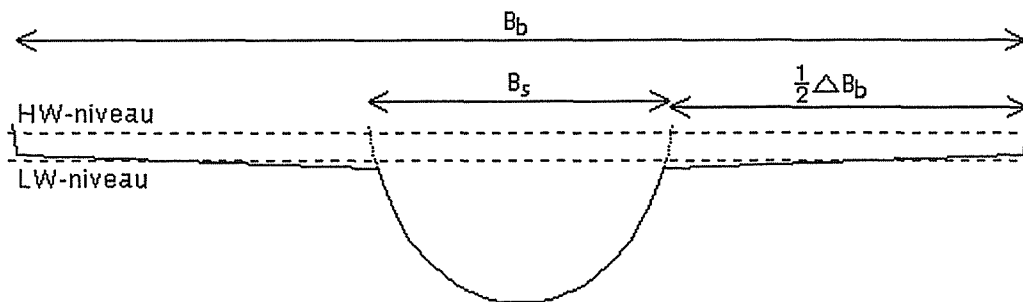
## 2. Modelopzet

Uitgaande van het bestaande 64 secties ok4boll-model van de Westerschelde (figuur 1), zijn er kombergingsvergrotingen aangebracht bij de grens en bij Rupelmonde.

De modelruns met kombergingsvergrotingen zijn met DUFLOW gedaan en niet met TRECOS, een ander programma waarmee veranderingen ten opzichte van een beginsituatie eenvoudig kunnen worden aangebracht, omdat de verwerking van de gegevens dan gemakkelijker gaat. Zo is het maken van grafieken flexibeler. In TRECOS is er een keuze uit een beperkt aantal grafiektypen. In DUFLOW zijn de mogelijkheden wat dat betreft ruimer. De resultaten uit TRECOS kunnen ook niet met ECDUFLOW worden bewerkt om de grootte van de verschillende termen uit de impulsvergelijking te berekenen. De gegevens worden ook niet naar een file weggeschreven, zodat het model opnieuw moet worden gedraaid als er later mee verder gegaan wil worden.

Er waren drie randvoorwaarden beschikbaar: gemiddeld springtij (oktober 1991, figuur 2a t/m c, file gemspr59.bnd), storm (februari 1990, figuur 3a t/m e, file storm59.bnd) en een randvoorwaarde die niet veel verschilt van het gemiddeld springtij (september 1992, file rvw92-59.bnd). Als beginwaarden voor de twee gebruikte randvoorwaarden zijn de waarden uit het ok4boll-model overgenomen, waterniveau uniform 1 meter onder het nulniveau, debieten overal nul. De Schelde-afvoer was bij beide situaties  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ .

De twee kombergingsvergrotingen zijn bij Rupelmonde (450 ha) en bij de grens (900 ha) zodanig gekozen dat de vergroting van het volume van de getijslag ter plaatse ongeveer even groot is, respectievelijk 46 en 33%. De bergende breedte die in het ok4boll-model aanwezig was, is hiervoor zodanig veranderd dat de komberging met het genoemde oppervlakte is vergroot.



**Kombergingsvergroting grens (Hedwigepolder, sectie 61):**

Op het laagwaterniveau voor gemiddeld springtij (ongeveer -2,5 m, uit gemspr59-model) is de komberging met  $\Delta A = 900 \text{ ha}$  vergroot. Met een lengte van de sectie van  $L = 1000 \text{ m}$  geeft dit een vergroting van de bergende breedte met  $\Delta B_b = \Delta A / L = 9000 \text{ m}$ . Hiervoor is een regel bergende breedte BB tussengevoegd. De diepte van de sectie is 20 m. Vanaf 18 m boven de bodem (een waterstand van -2 m) is de bergende breedte genomen als de stroomvoerende breedte plus  $\Delta B_b$ . Tot 17 m boven de bodem (een waterstand van -3 m) is de bergende breedte gelijk aan de stroomvoerende breedte.

[kbvggrns.net/](http://kbvggrns.net/).nod

**Kombergingsvergroting bij Rupelmonde (sectie 28):**

Ook nu is weer vanaf het laagwaterniveau (ook ongeveer -2,5 m) de komberging vergroot, deze keer met 450 ha. Bij deze sectie (28,  $L = 11940 \text{ m}$ ) was in de bestaande



file wel een bergende breedte opgenomen. Tot 12 m (een waterstand van -3 m) is deze gelijk gehouden, daarboven is deze vergroot met  $\Delta B_b = \Delta A / L = 377$  m.

[kbvgrplm.net/.nod](http://kbvgrplm.net/.nod)

De .nod-files zijn niet aangepast, maar hebben wel voor de aanpassingen de andere naam nodig.

Opmerking: in feite maakt het geen verschil of de bergende breedte over de hele waterkolom wordt vergroot, of alleen boven het laagwaterniveau, zolang het water boven het laagwaterniveau blijft. Dit is te zien in de continuïteitsvergelijking (vergelijking 1). Er wordt gerekend met veranderingen van het bergende oppervlak, dus alleen met de bergende breedte ter hoogte van het waterniveau.

### 3. Resultaten

Het model geeft tot ongeveer Antwerpen de juiste waterstanden (Pieters, 1997), dus het is de vraag of het zinvol is een ingreep stroomopwaarts van Antwerpen, bij Rupelmonde, door te rekenen.

In figuur 4a t/m f zijn de resultaten zoals het model die geeft voor zeven meetraaien (zie figuur 1), van raai 10 bij de open rand tot raai 1 bij de grens en raai LH bij Liefkenshoek. De waterstand in een raai is het gemiddelde van de waterstanden in de bijbehorende knooppunten, terwijl het totale debiet de som is van de betreffende debieten. De extreme waarden van de waterstand en het debiet zijn te zien in tabel 1 en figuur 5.

	gmspr				kbvgrn			
	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$H_{min}$	$H_{max}$	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$H_{min}$	$H_{max}$
raai 10	-81.219	106.646	-1,863	2,230	-82.138	108.838	-1,863	2,230
raai 7	-52.488	69.128	-2,006	2,350	-53.524	71.108	-1,988	2,340
raai 6	-37.463	50.884	-2,098	2,444	-38.637	52.684	-2,055	2,408
raai 5	-24.854	35.305	-2,208	2,581	-26.128	37.291	-2,134	2,494
raai 2	-13.995	19.763	-2,285	2,725	-15.598	22.981	-2,166	2,624
raai 1	-9.544	12.642	-2,312	2,807	-11.248	16.048	-2,196	2,733
raai LH	-6.974	8.487	-2,338	2,900	-6.612	8.427	-2,227	2,829

Tabel 1 Maximale eb- en vloeddebieten en laag- en hoogwaterstanden voor de zeven raaien voor de situatie zonder en met kombergingsvergroting bij de grens.

Voor  $H_{min}$  is het laagwater rond 34 uur genomen en voor  $H_{max}$  is het hoogwater van ongeveer 41 uur genomen. Dit komt overeen met de derde laagwater en de vierde hoogwater in figuur 2a t/m c. De  $Q_{min}$  en  $Q_{max}$  zijn de extremen rond respectievelijk 31 en 39 uur.

De verschillen die de kombergingsvergroting bij de grens veroorzaakt, zijn in tabel 2 genoteerd.

	verschil kbvgrn t.o.v. gmspr					
	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$Q_{gem}$	$H_{min}$	$H_{max}$	A
raai 10	-919	2.192	1.555	0	0	0
raai 7	-1.037	1.980	1.508	0,018	-0,011	-0,028
raai 6	-1.174	1.800	1.487	0,043	-0,036	-0,079
raai 5	-1.274	1.986	1.630	0,074	-0,087	-0,161
raai 2	-1.603	3.218	2.410	0,119	-0,101	-0,220
raai 1	-1.705	3.406	2.555	0,116	-0,074	-0,190
raai LH	362	-61	-211	0,111	-0,071	-0,182

Tabel 2 Verschillen in de debieten, het gemiddelde debiet, de waterstanden en de amplitude tussen situatie zonder en met kombergingsvergroting bij de grens voor zeven raaien.

Uit de resultaten volgt dat de laagwaterstanden ten gevolge van een kombergingsvergroting bij de grens bij raai 2 met maximaal 12 cm stijgen. Stroomopwaarts van raai 2 nemen de verschillen weer af. De hoogwaterstanden dalen met zo'n 10 cm bij raai 2 en zijn verder van de orde van 8 cm. De debieten veranderen het sterkst bij raai 1, vlak voor de kombergingsvergroting.

Bij de storm geeft het model de resultaten zoals te zien in tabel 3 en figuur 6 en tabel 4.

	storm				kbvgrn			
	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$H_{min}$	$H_{max}$	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$H_{min}$	$H_{max}$
raai 10	-105.515	126.866	-0,970	3,877	-106.472	129.828	-0,970	3,877
raai 7	-69.341	85.524	-1,010	4,120	-70.792	88.112	-0,991	4,109
raai 6	-51.275	65.658	-1,083	4,260	-52.769	67.948	-1,037	4,223
raai 5	-35.009	49.492	-1,116	4,463	-36.667	52.125	-1,033	4,379
raai 2	-18.232	26.154	-1,206	4,757	-20.113	30.101	-1,075	4,655
raai 1	-11.604	14.890	-1,177	4,894	-13.695	19.233	-1,054	4,818
raai LH	-8.299	9.747	-1,140	5,049	-7.958	9.912	-1,023	4,979

Tabel 3 Extreme waterstanden en debieten voor zeven raaien voor situatie zonder en met kombergingsvergroting bij de grens met storm.

	verschil kbvgrn t.o.v. storm					
	$Q_{min}$	$Q_{max}$	$Q_{gem}$	$H_{min}$	$H_{max}$	A
raai 10	-957	2.962	1.960	0	0	0
raai 7	-1.451	2.588	2.019	0,018	-0,011	-0,029
raai 6	-1.494	2.290	1.892	0,046	-0,037	-0,083
raai 5	-1.658	2.633	2.146	0,083	-0,084	-0,167
raai 2	-1.881	3.948	2.914	0,131	-0,103	-0,234
raai 1	-2.091	4.343	3.217	0,123	-0,076	-0,199
raai LH	340	165	-87	0,117	-0,070	-0,187

Tabel 4 Verschillen in de debieten, het gemiddelde debiet, de waterstanden en de amplitude tussen situatie zonder en met kombergingsvergroting bij de grens voor zeven raaien met storm.

Ook nu zijn de grootste verschillen in de waterstanden te zien bij raai 2 en verandert het debiet het meest bij raai 1.

Vergeleken met de run met gemiddeld springtij zijn bij storm de verschillen voor hoogwater ongeveer gelijk, terwijl de verschillen bij laagwater iets groter zijn geworden. De verschillen in de debieten zijn, zowel voor de minimale als maximale waarde, sterk gestegen.

#### 4. Grootte van de termen uit de impulsvergelijking

Om de effecten fysisch te verklaren, kan worden gekeken naar de grootte van de termen uit de impulsvergelijking. Het is mogelijk om te kijken naar de termen uit vergelijking 2 of om ze om te rekenen naar snelheden.

Deze laatste methode gebruikt het programma ECDUFLOW (zie figuur 8). De impulsvergelijking wordt over een sectie geïntegreerd en gedeeld door  $gA$ :

$$\frac{1}{gA} \int_L \left( \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} \right) dx = \frac{1}{gA} \int_L a_y w^2 \cos(\Phi - \phi) dx \quad (3)$$

Dit kan, zonder wind, worden geschreven en vereenvoudigd als:

$$\underbrace{H_2 - H_1}_{\text{verhang-}} = - \underbrace{\frac{L}{gA} \left( \frac{\partial Q}{\partial t} \right)_{\text{gem}}}_{\text{acceleratie-}} - \underbrace{\frac{1}{gA} \left( \frac{Q_2^2}{A_2} - \frac{Q_1^2}{A_1} \right)}_{\text{advectie-}} - \underbrace{L \frac{Q|Q|}{C^2 A^2 R}}_{\text{wrijvings-}} \quad (4)$$

met:

- $\langle \dots \rangle_1$   $\langle \dots \rangle$  aan het begin van de sectie
- $\langle \dots \rangle_2$   $\langle \dots \rangle$  aan het eind van de sectie
- H gemiddelde waterniveau ( $H = H_1 + H_2$ )
- Q gemiddelde debiet ( $Q = Q_1 + Q_2$ )
- A gemiddelde debiet ( $A = A_1 + A_2$ )

Als er ook wind in het model wordt meegenomen, komt er nog een term aan de rechterkant van vergelijking 4 bij. Door te delen door het stroomvoerende oppervlak worden de debieten omgerekend naar snelheden en door te delen door de valversnelling verandert de drukterm in een verhangterm.

Bij de andere methode wordt de waarde van de termen in de impulsvergelijking uitgerekend. Er wordt dan eerst net als in ECDUFLOW geïntegreerd over een sectie en dan gedeeld door de lengte van de sectie.

$$\frac{1}{L} \int_L \left( \frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + \frac{gQ|Q|}{C^2 AR} \right) dx = 0 \quad (5)$$

De termen worden dan:

traagheidsterm:

$$\frac{1}{L} \int_L \frac{\partial Q}{\partial t} dx = \frac{1}{L} \frac{\partial Q}{\partial t} \Big|_{\text{gem}} L = \frac{1}{2} \left( \frac{Q_2(t + \Delta t) - Q_2(t - \Delta t)}{2\Delta t} + \frac{Q_1(t + \Delta t) - Q_1(t - \Delta t)}{2\Delta t} \right) \quad (6)$$

$$\text{drukterm: } \frac{1}{L} \int_L gA \frac{\partial H}{\partial x} dx = \frac{1}{L} gA_{\text{gem}} \int_L \frac{\partial H}{\partial x} dx = \frac{1}{L} g \frac{A_1 + A_2}{2} (H_2 - H_1) \quad (7)$$



$$\text{advectieterm: } \frac{1}{L} \int \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) dx = \frac{1}{L} \left( \frac{Q_2^2}{A_2} - \frac{Q_1^2}{A_1} \right) \quad (8)$$

$$\text{wrijvingsterm: } \frac{1}{L} \int g \frac{Q|Q|}{C^2AR} dx = \frac{1}{L} \frac{g}{C^2R} \frac{Q|Q|}{A} \Big|_{\text{gem}} \quad L = \frac{g}{C^2R} \frac{1}{2} \left( \frac{Q_1|Q_1|}{A_1} + \frac{Q_2|Q_2|}{A_2} \right) \quad (9)$$

ECDUFLOW biedt niet deze optie, maar het is het eenvoudigst om dit te doen door gebruik te maken van de tabeluitvoer zoals die in ECDUFLOW kan worden bekeken (zie figuur 9). Alle benodigde gegevens staan dan op een rij en met bijvoorbeeld Excel kunnen de termen eenvoudig worden berekend.

Twee verschillen tussen de twee methodes vallen op. Ten eerste wordt de advectieterm door ECDUFLOW berekend uit het gemiddelde debiet  $Q$  en het gemiddelde stroomvoerend oppervlak  $A$  en in vergelijking 9 wordt de term  $Q|Q|/A$  gemiddeld. En ten tweede staan alle termen nu aan dezelfde kant van de vergelijking, dus voor de traagheids-, advectie- en wrijvingsterm is het teken omgekeerd.

Een groot voordeel van de tweede methode is dat de termen worden gedeeld door de lengte van de sectie, zodat de waarden van de verschillende termen kunnen worden vergeleken met die in een andere sectie.

Aangezien de waarde van  $A$  gedurende een getijperiode niet constant is, verandert deze methode ook de vorm van de grafiek. Een praktisch voordeel is dat de waarden voor de situaties met en zonder kombergingsvergroting in één grafiek kunnen worden gezet.

De resultaten zijn te zien in de figuren 9 en 10 en laten duidelijke verschillen zien.

Volgens figuren 10a t/m c zijn de termen in sectie 21, 61 en 25 respectievelijk van de orde 7, 12 en 4 ( $m^3/s^2$ ), dus de derde is ongeveer twee keer zo klein als de eerste en de middelste is ongeveer twee keer zo groot. Door de orden van ECDUFLOW door de lengte te delen, kunnen zoals eerder vermeld de resultaten tussen twee secties onderling worden vergeleken. De termen zijn dan respectievelijk 2,4, 5,0 en 3,1 ( $10^{-5} m^4/s^2$ ), dus de derde juist groter dan de eerste. Het maakt dus een groot verschil of ervoor wordt gekozen om naar de termen in de vorm van debieten of snelheden te kijken.

Kleine verschillen kunnen worden verklaard uit de gebruikte methoden. Zo is in figuur 8 te zien dat ECDUFLOW met meer decimalen rekent dan dat het in de tabel wegschrijft (figuur 9). De resultaten van de berekeningen van de verschillende termen is te zien in tabel 5, zowel voor de berekening in de vorm van de snelheden (ECDUFLOW) als debieten. De tweede kolom is in de derde kolom vermenigvuldigd met  $gA/L$  om de resultaten te kunnen vergelijken. In de vijfde kolom staat de absolute waarde van het relatieve verschil.

	voor snelheden	* $gA/L$	voor debieten	verschil (%)
wrijvingsterm	0,089648	2,763832	-2,816423	1,90
traagheidsterm	-0,006947	-0,214175	0,214167	0,00
advectieterm	0,026708	0,823403	-0,823402	0,00
drukterm	0,108360	3,340720	3,329621	0,33

Tabel 5 Resultaten van de berekeningen van de verschillende termen in de bewegingsvergelijking in de vorm van snelheden en debieten, voor sectie 21 en  $t = 33$  uur zonder kombergingsvergroting.

Het omgekeerde teken voor de wrijvings-, traagheids- en advectieterm is hiervoor al toegelicht. Het effect van de afrondfout is het grootst bij de drukterm, waarbij een afrondfout in de waterstanden het sterkst doorwerkt in het verschil. In de tijdafgeleide in de traagheidsterm is de tijdstap ook nauwkeuriger genomen dan de waarden uit de invoerfile. De fout in de wrijvingsterm is het grootst. Dit kan worden verklaard met het verschil in de gebruikte formule:  $(|Q|Q|/A)_{gem}$  tegenover  $Q_{gem}|Q_{gem}|/A_{gem}$ .

## 5. Bespreking van de resultaten

Door de kombergingsvergroting bij de grens met 900 ha neemt het debiet bij het begin van sectie 61, waar de kombergingsvergroting is aangebracht, met ongeveer  $2.555 \text{ m}^3/\text{s}$  toe. De toename per ha van  $568 \text{ m}^3/\text{s}$  per 200 ha komt goed overeen met de waarde van  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  per 200 ha in Pieters, 1997.

Door de kombergingsvergroting neemt de potentiële berging met ongeveer een factor 9,25 toe, van  $5,59$  tot  $51,66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Van deze potentiële berging wordt 96% daadwerkelijk benut.

In de hele Westerschelde nemen de debieten toe, waardoor ook de wrijving toeneemt. Dit geeft in het gehele bekken een afname van de getijamplitude. In sectie 25 zijn de debieten nauwelijks veranderd door de kombergingsvergroting, zodat ook de wrijvingsterm ongeveer gelijk is gebleven.

Door de groter wrijving zal ook het verschil in amplitude tussen het begin en einde van een sectie toenemen, zodat ook de drukterm toeneemt. Dit ondanks de afname van de amplitude, waardoor de afgeleiden ook afnemen.

## Literatuur

- Pieters, T. en C. Verspuy, Getijanalyse Schelde-estuarium, Invloed plaatselijke veranderingen bergende oppervlakte op getijvoortplanting, een analyse met TRECOS-Westerschelde. Rapport BGW-97.6, Bureau Getijdewateren, oktober 1997.



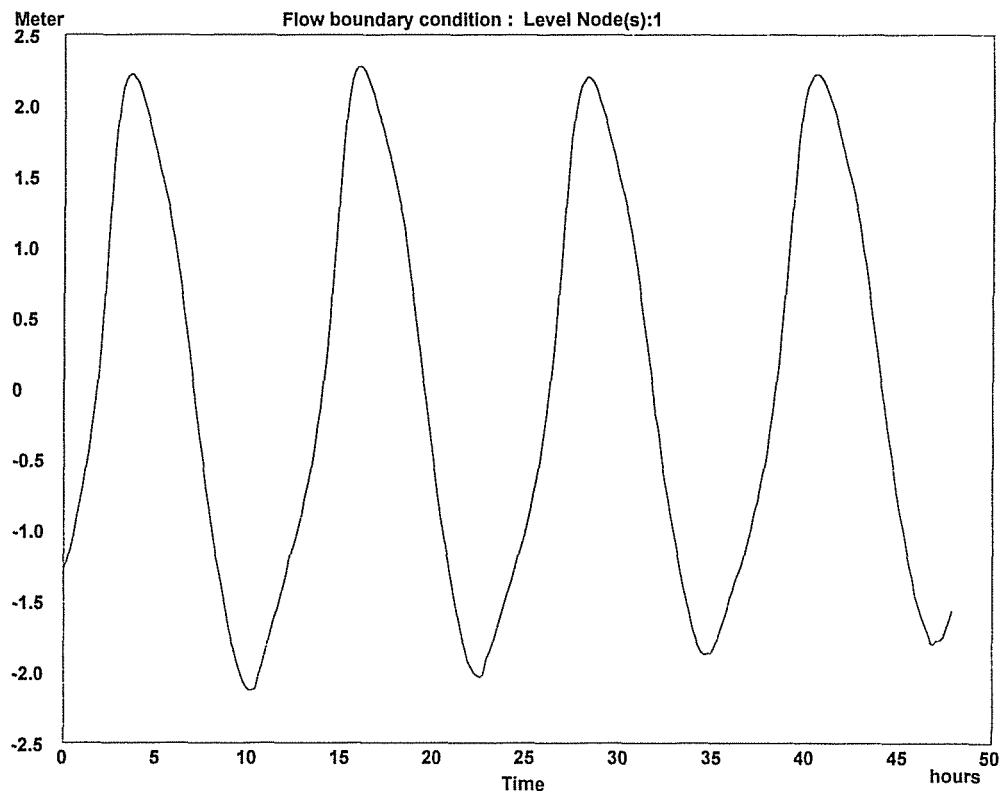
## Lijst van figuren

Figuur 1	Rooster van het 64-secties model.
Figuur 2 a	Randvoorwaarde in knooppunt 1 voor gemiddeld springtij.
Figuur 2 b	Idem voor knooppunt 6.
Figuur 2 c	Idem voor knooppunt 7.
Figuur 3 a	Randvoorwaarde in knooppunt 1 voor storm.
Figuur 3 b	Idem voor knooppunt 6.
Figuur 3 c	Idem voor knooppunt 7.
Figuur 3 d	Opgelegde windsnelheid, uniform over het gebied.
Figuur 3 d	Idem windrichting.
Figuur 4 a	Resultaten waterstanden en debieten in raai 10 voor de ongestoorde situatie en met kombergingsvergroting bij de grens voor gemiddeld springtij.
Figuur 4 b	Idem voor raai 7.
Figuur 4 c	Idem voor raai 6.
Figuur 4 d	Idem voor raai 5.
Figuur 4 e	Idem voor raai 2.
Figuur 4 f	Idem voor raai 1.
Figuur 4 g	Idem voor raai LH (knooppunt 18).
Figuur 5	Verloop van de minimale en maximale waterstanden en debieten als functie van de raai voor gemiddeld springtij.
Figuur 6	Verloop van de minimale en maximale waterstanden en debieten als functie van de raai voor storm.
Figuur 7	Detailuitvoer van ECDUFLOW voor de berekening van de termen in de vorm van snelheden.
Figuur 8	Tabeluitvoer van ECDUFLOW, gebruikt als invoer voor het berekenen van de termen uit de impulsvergelijking in de vorm van debieten.
Figuur 9 a	Termen uit de impulsvergelijking in de vorm van snelheden voor gemiddeld springtij (boven) en met kombergingsvergroting bij de grens (onder), in sectie 21.
Figuur 9 b	Idem in sectie 61.

- Figuur 9c Idem in sectie 25.
- Figuur 10a Termen uit de impulsvergelijking in de vorm van debieten voor gemiddeld springtij zowel met als zonder kombergingsvergroting bij de grens.
- Figuur 10b Idem in sectie 61.
- Figuur 10c Idem in sectie 25.

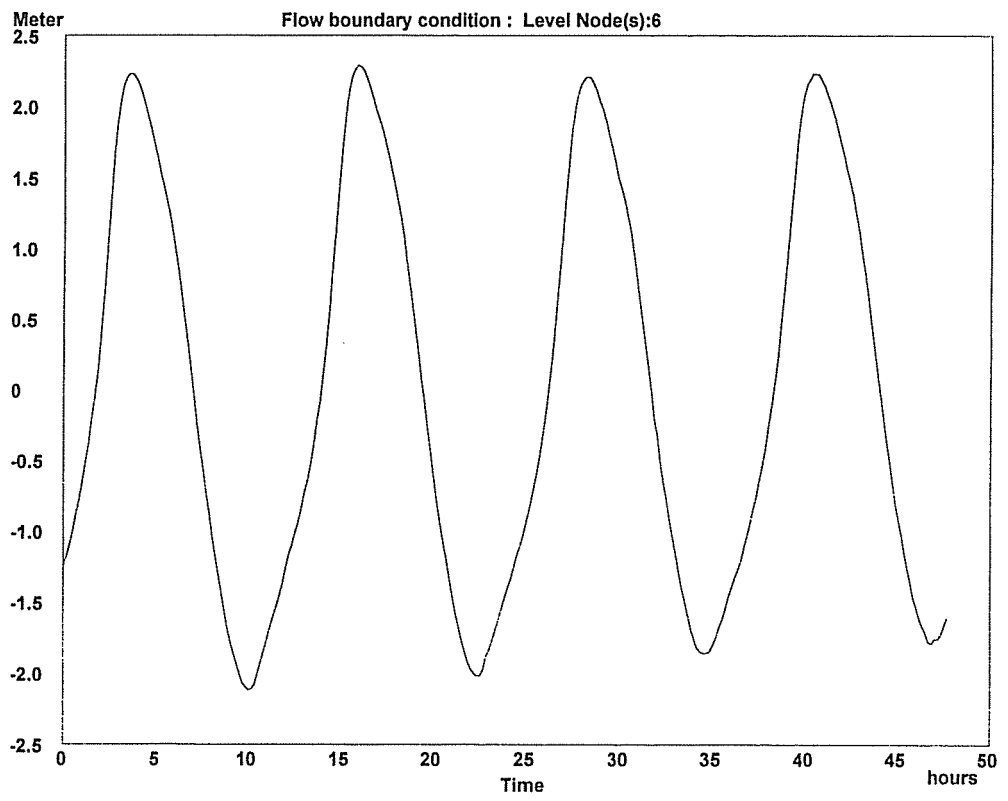


Figuur 2a

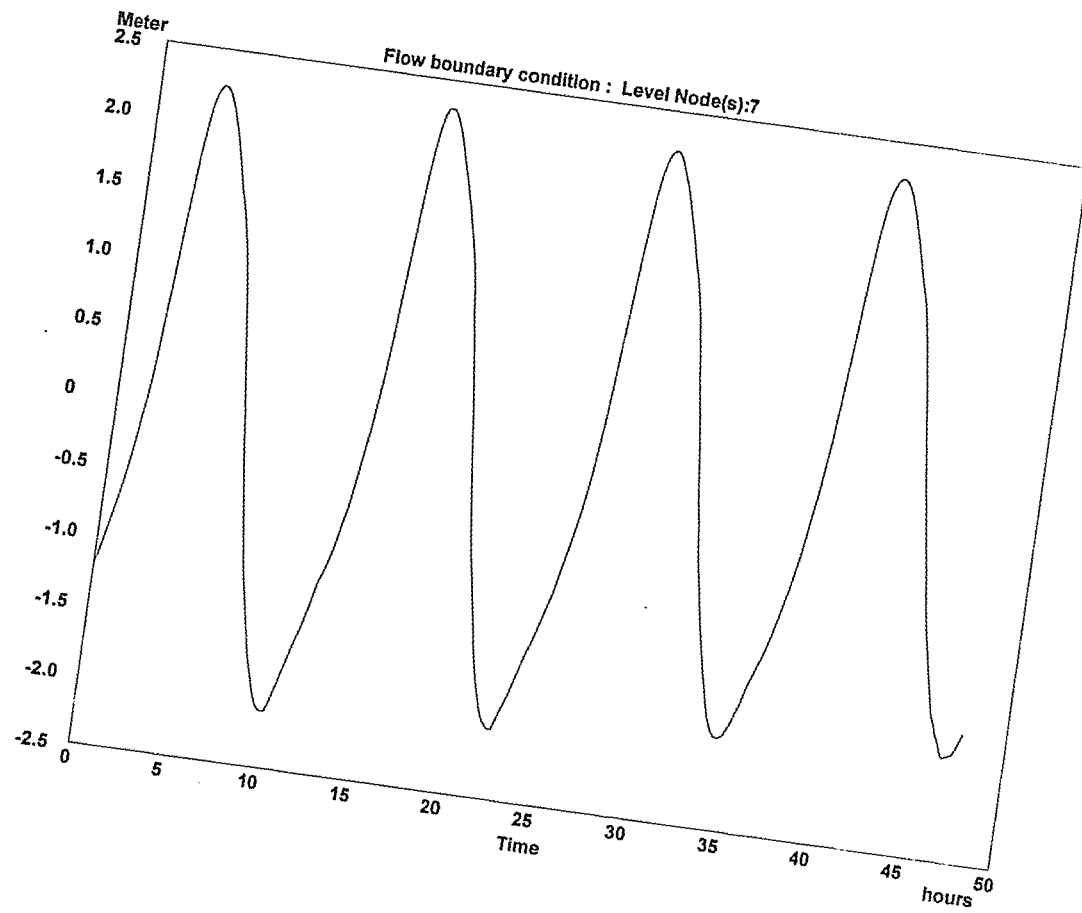




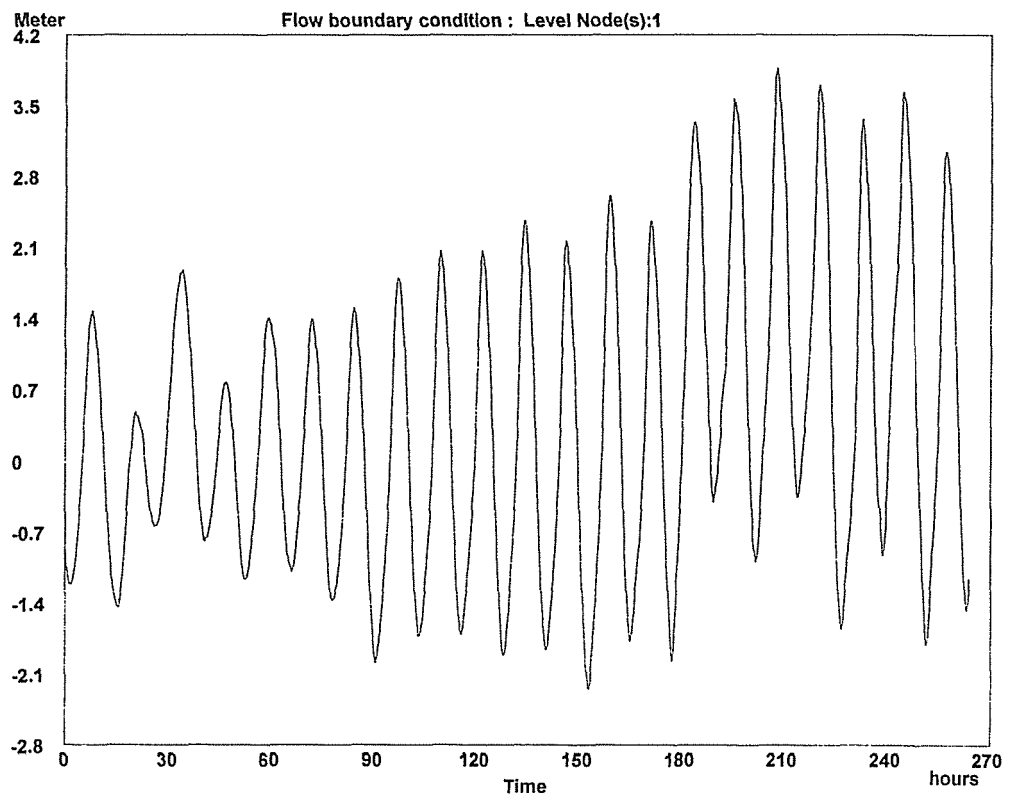
Figuur 2b



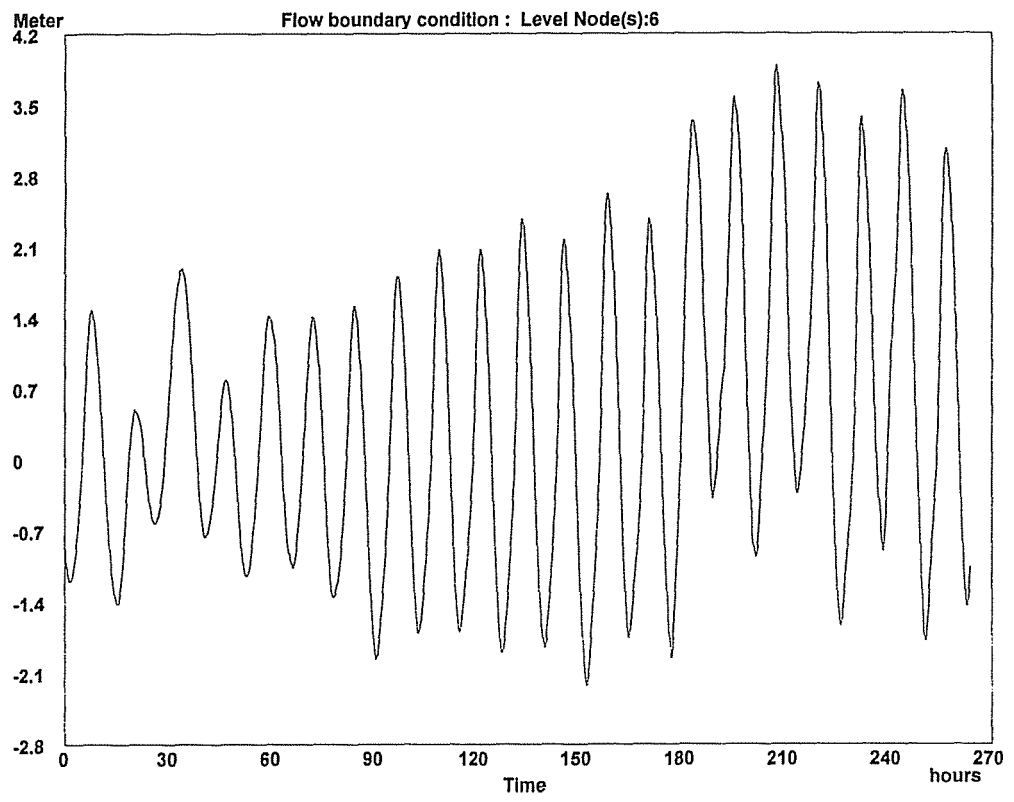
Figuur 2c



Figuur 3a

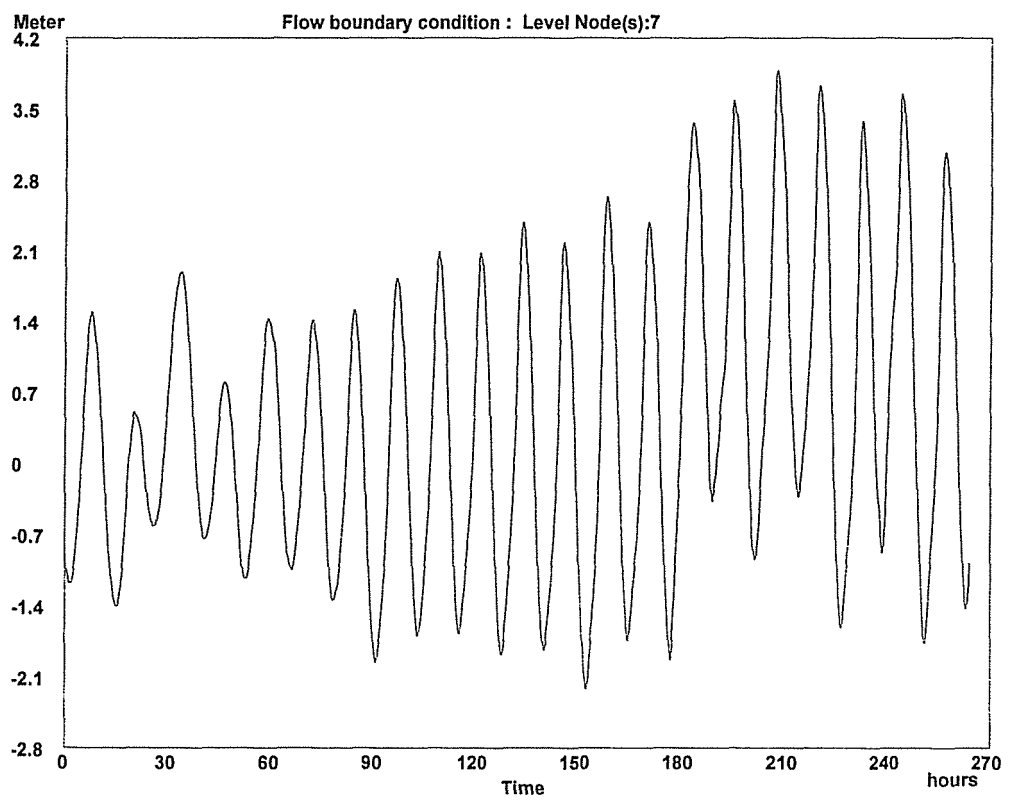


Figuur 3b

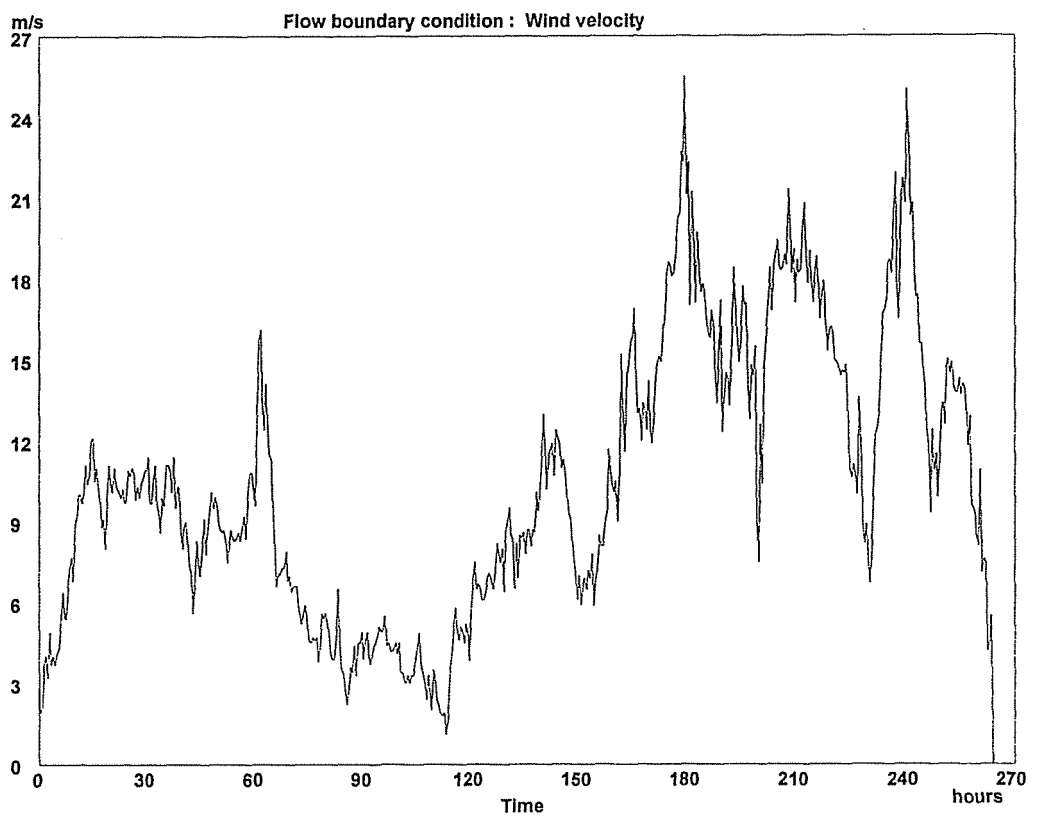




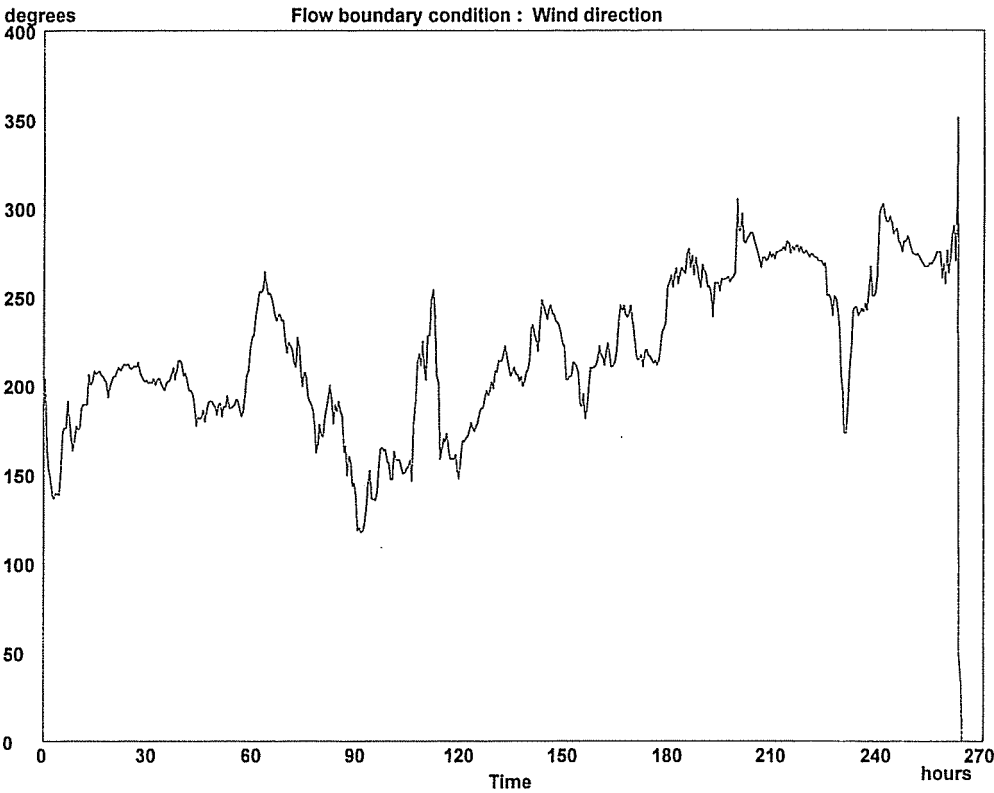
Figuur 3c



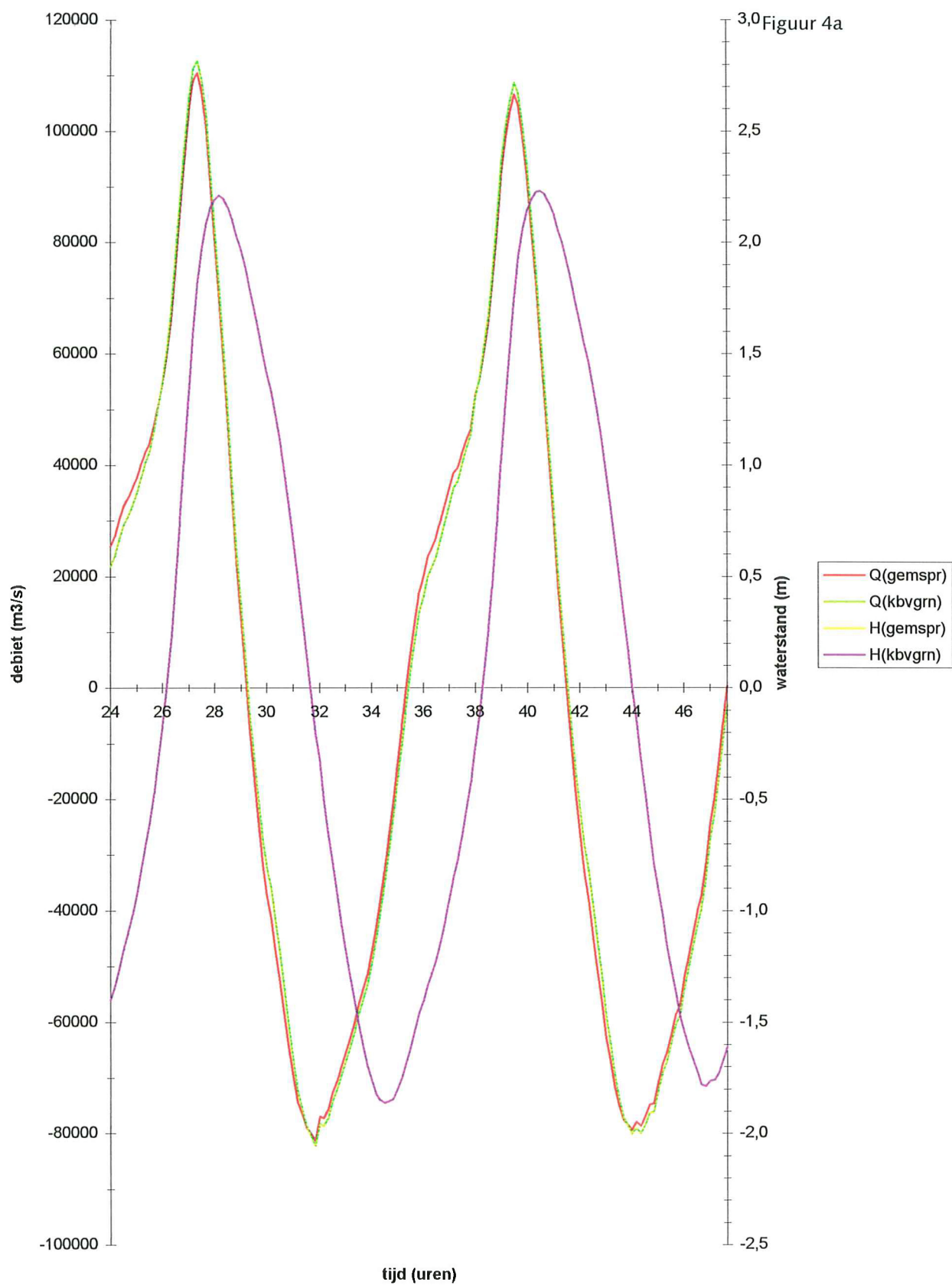
Figuur 3d



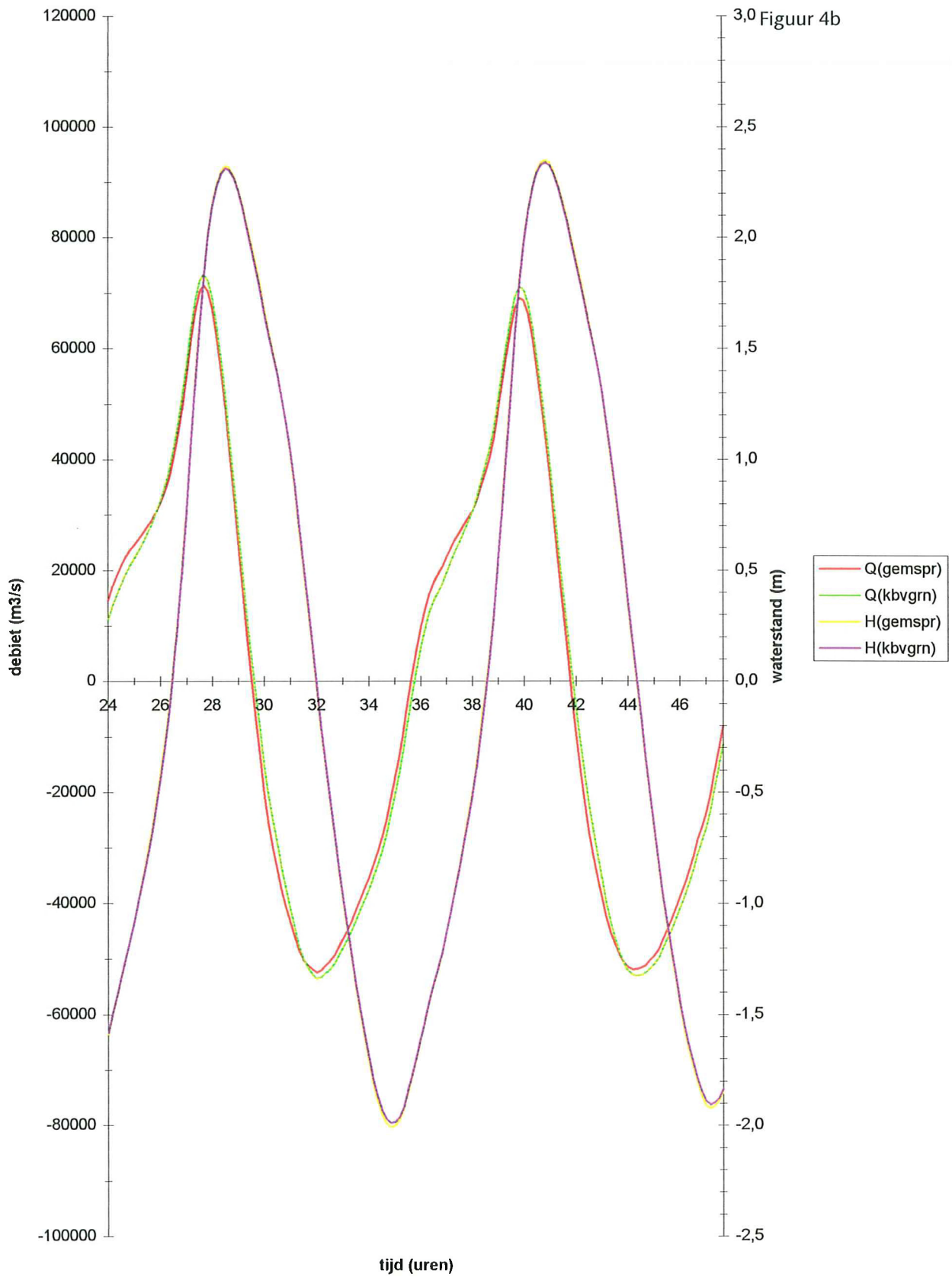
Figuur 3e



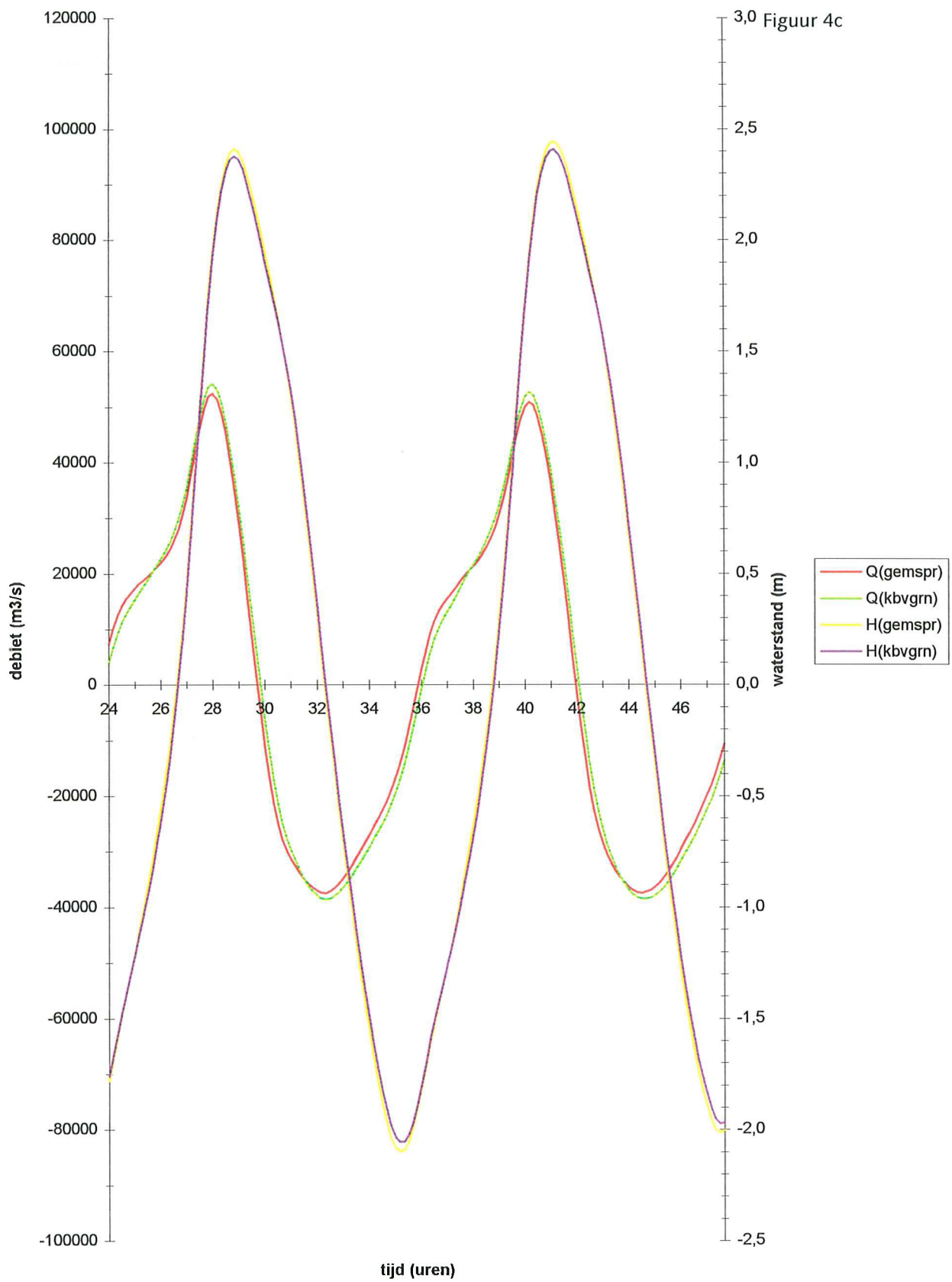
# raai 10



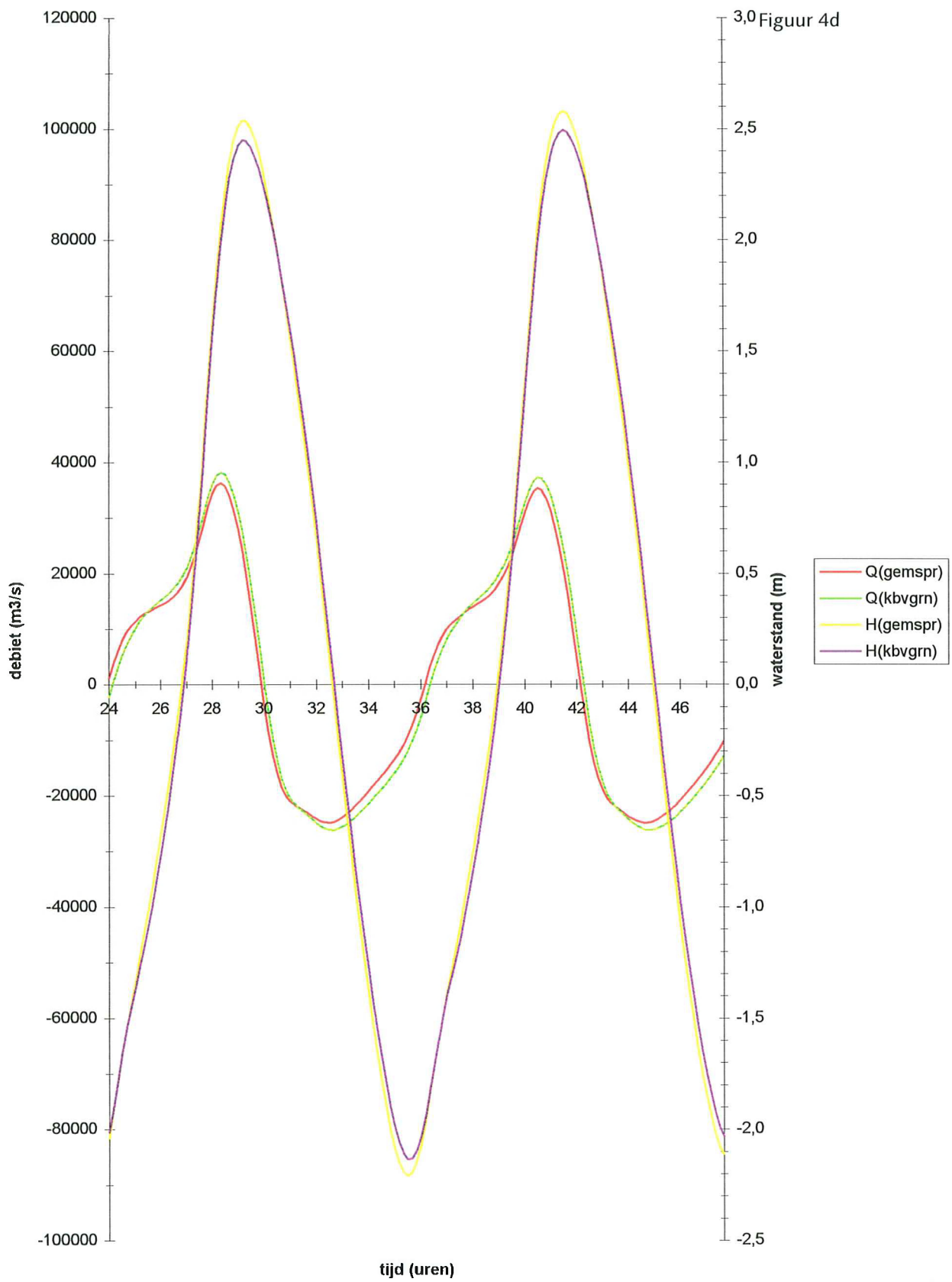
raai 7



raai 6

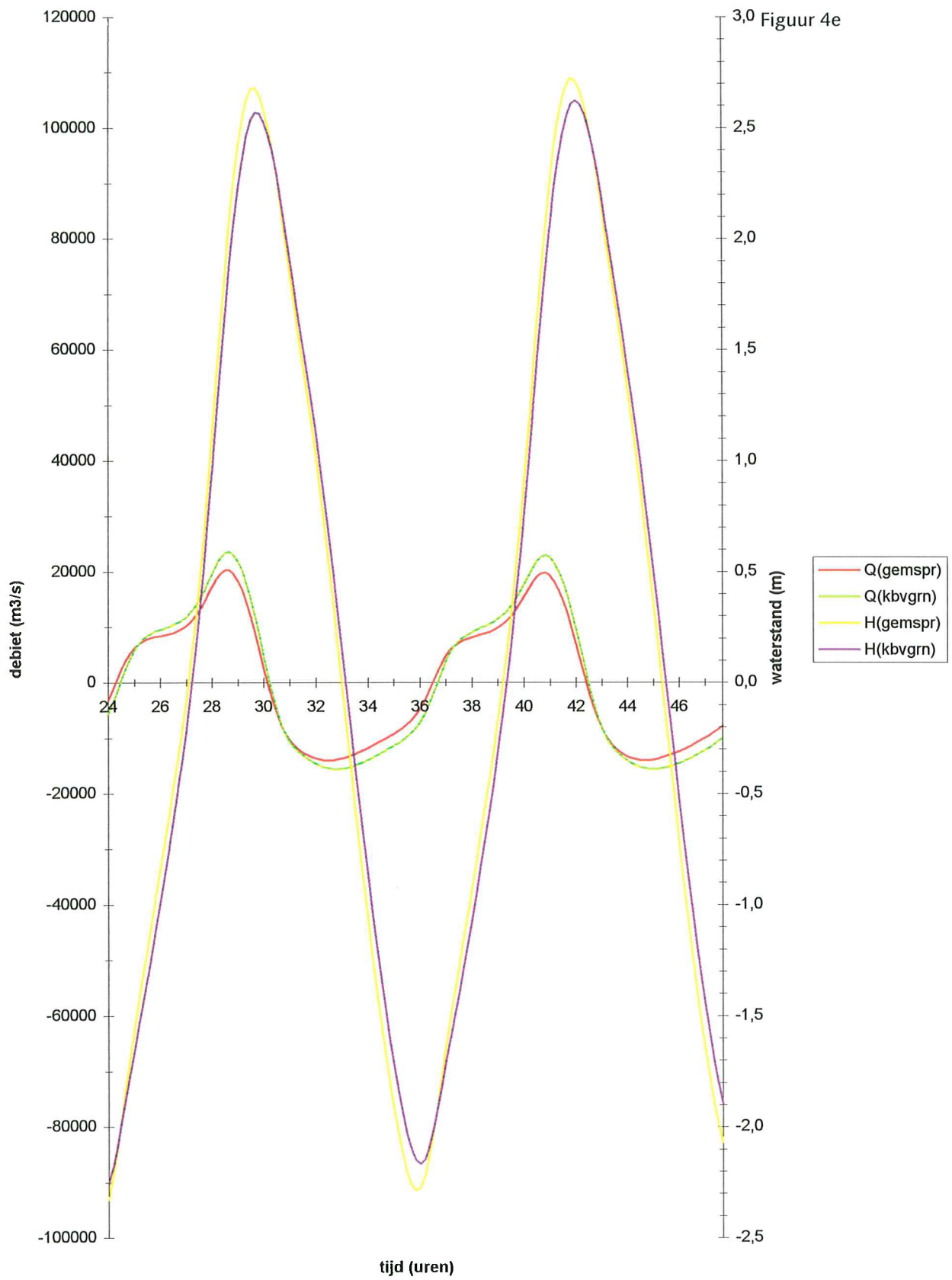


raai 5

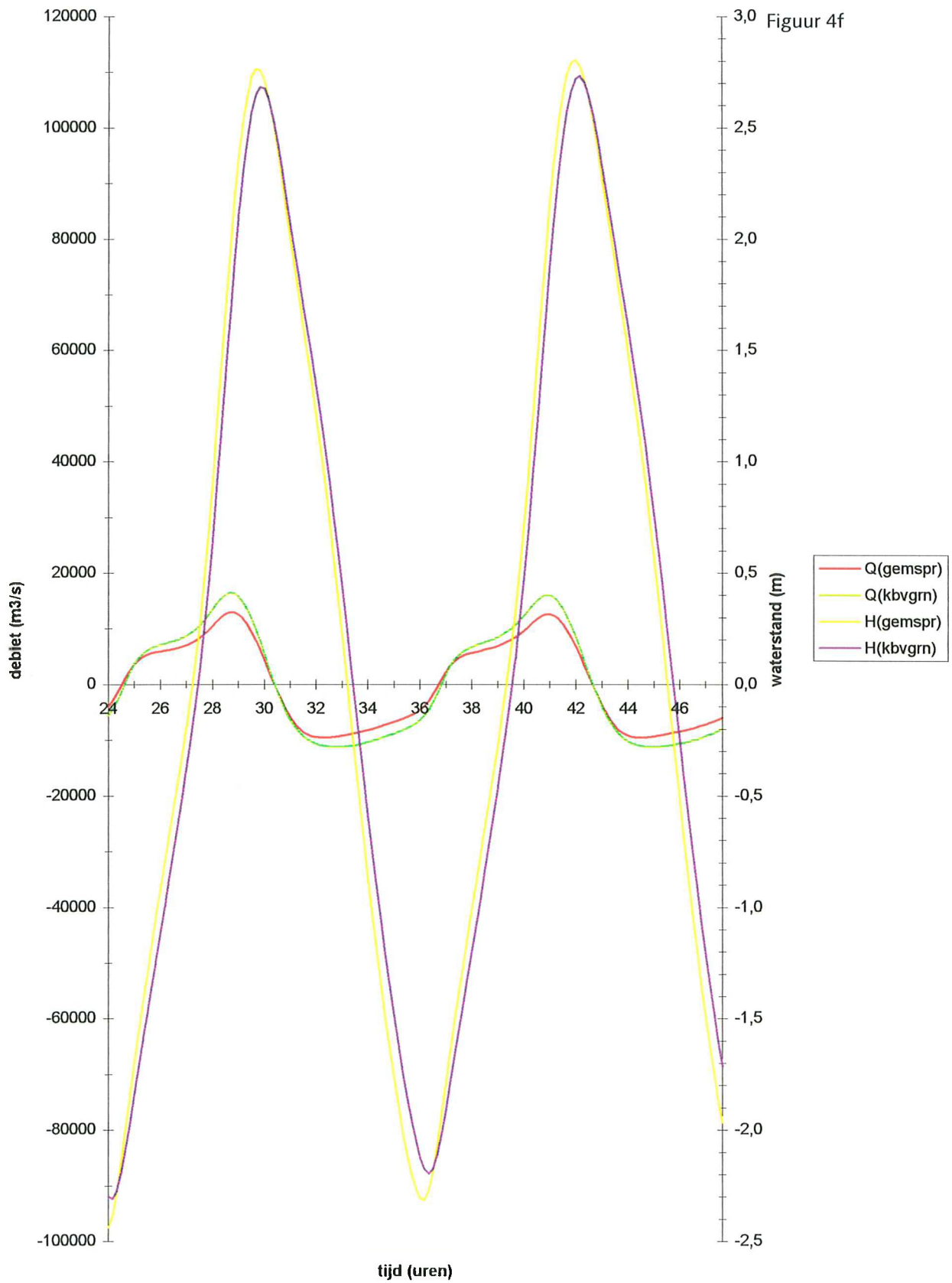




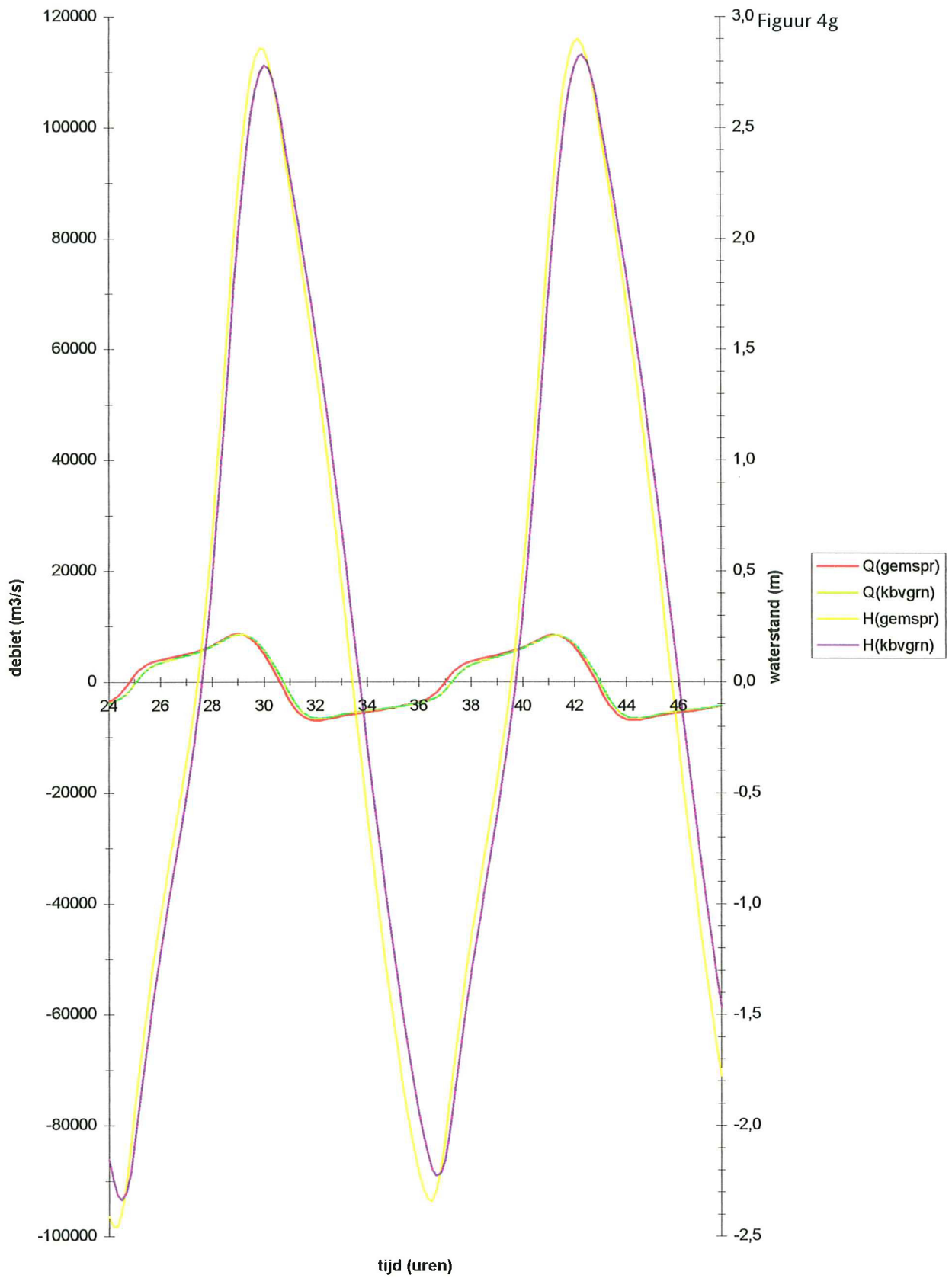
### raai 2



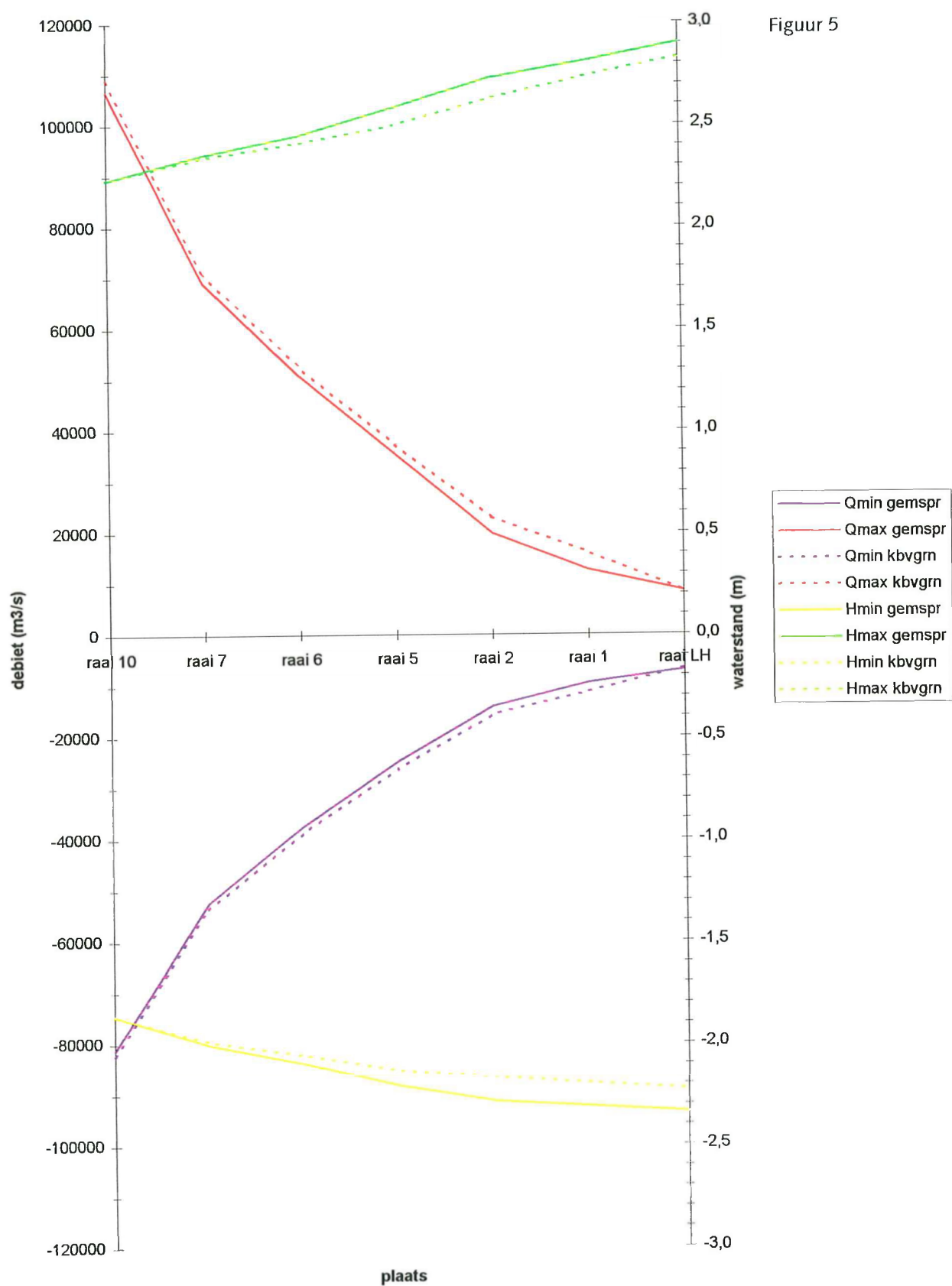
raai 1



### raai Liefkenshoek

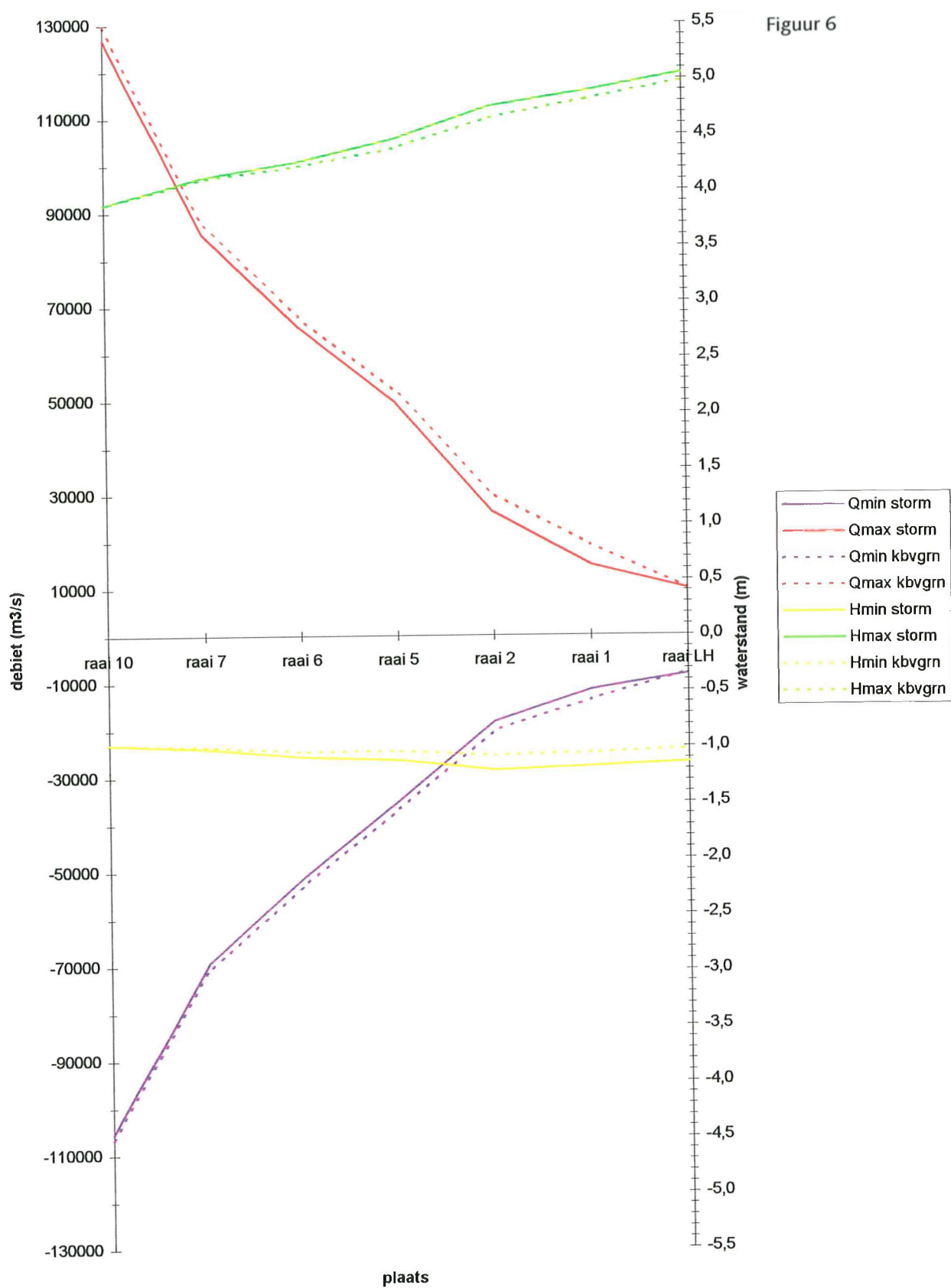


### verloop



Figuur 5

### verloop



Figuur 6

```

DUFLOW  2.10
-----
Analysis - Details
-----
CALCULATION TIME LEVEL      33.00 hours      SECTION  21

L length = 4915.00 m
H1 level begin = 0.111030 m
H2 level end = 0.219390 m
Hav. prev timestep = 0.347155 m
Hav. next timestep = -0.019085 m
Q1 discharge begin = % -12067.00000 m3/s
Q2 discharge end = -9200.20020 m3/s
Q average disch. = % -10633.59961 m3/s
Qav. prev timestep = % -10744.50000 m3/s
Qav. next timestep = % -10487.50000 m3/s
A1 area begin = 15343.03125 m2
A2 area end = 15549.64648 m2
A average area = 15446.33887 m2
R hydr. radius = 8.089651 m
SW Storage width = 1906.73792 m
C de Chezy coeff. = 56.674 m3/2/s
dt time interval = 600 sec

SW*L*dH/dt = -2860.2136 m3/s
Q1 - Q2 = -2866.7998 m3/s

Friction term:
-Q*|Q|^*L = 0.089648 m
-----
C^2*A^2*R

Acceleration term:
-L dQ = -0.006947 m
-- * ---
gA dt

Advective term:
Q1^2/A1-Q2^2/A2 = 0.026708 m
-----
gA

SUM of the 3 terms = 0.109409 m
H2 - H1 = 0.108360 m

```

Figuur 7

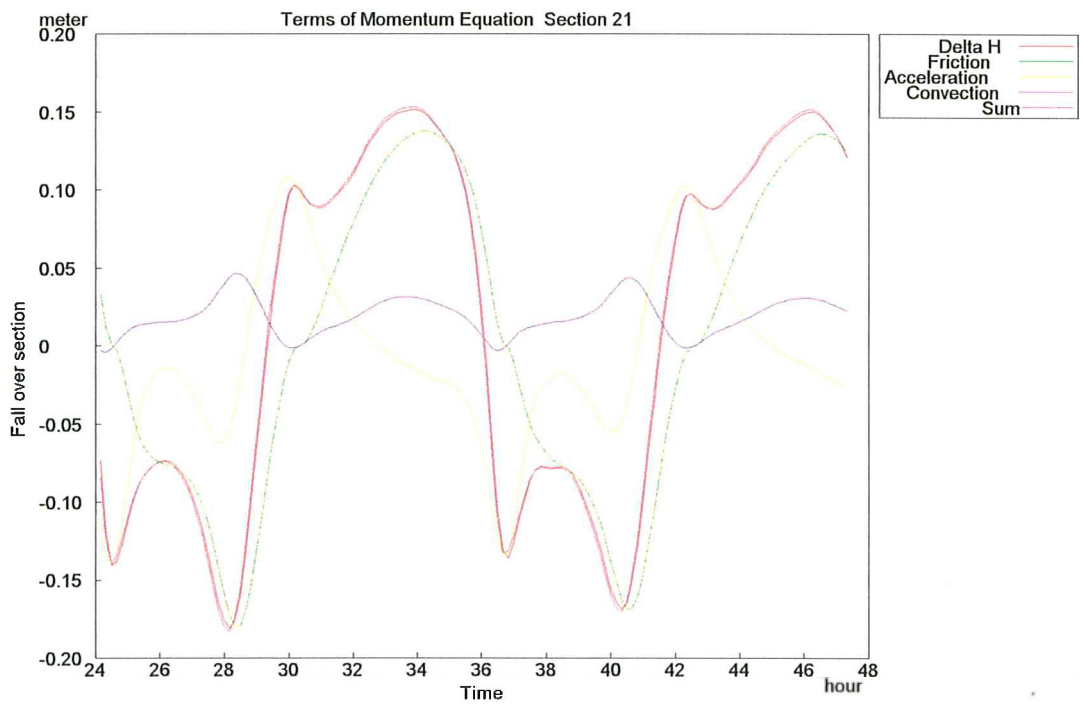
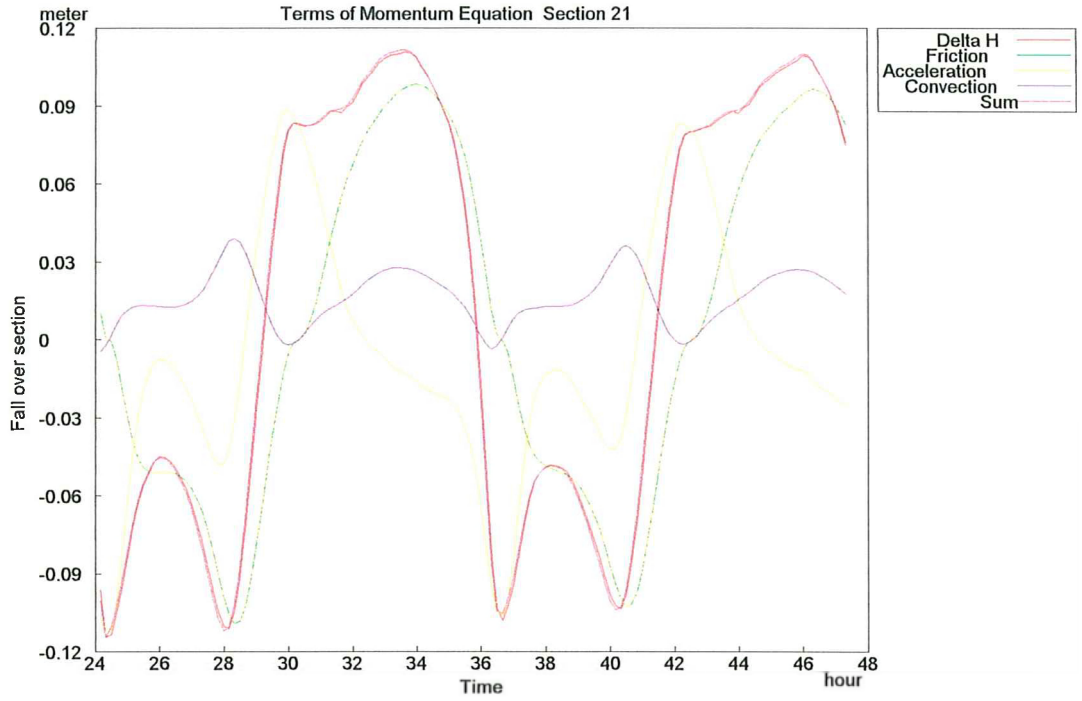
DUFLOW 2.10

Analysis - Table

Time hour	Analysis section 21										Page 7		
	H1 (m)	H2 (m)	Q1 (m)	Q2 (m)	A1 (m <sup>2</sup> )	A2 (m <sup>2</sup> )	R (m)	C (m <sup>2</sup> /s)	FRICTION (m)	ACCELE- RATION (m)	CONVEC- TION (m)		
32.17	0.971	-12061.0	17041.37	8.31	56.9	0.0725	0.0045	0.0194					
	1.066	-9538.40	17236.67										
32.33	0.813	-12188.0	16719.47	8.26	56.9	0.0768	0.0017	0.0212					
	0.912	-9543.50	16920.46										
32.50	0.647	-12245.0	16385.69	8.22	56.8	0.0805	-0.0011	0.0230					
	0.748	-9492.00	16588.21										
32.67	0.473	-12232.0	16042.00	8.18	56.8	0.0838	-0.0032	0.0245					
	0.577	-9410.70	16246.65										
32.83	0.294	-12174.0	15692.89	8.13	56.7	0.0869	-0.0050	0.0257					
	0.400	-9315.00	15899.58										
33.00	0.111	-12067.0	15343.03	8.09	56.7	0.0896	-0.0069	0.0267					
	0.219	-9200.20	15549.65										
33.17	-0.074	-11911.0	14995.38	8.04	56.6	0.0920	-0.0090	0.0274					
	0.036	-9064.00	15200.53										
33.33	-0.259	-11710.0	14652.77	7.97	56.5	0.0941	-0.0108	0.0277					
	-0.149	-8908.40	14856.04										

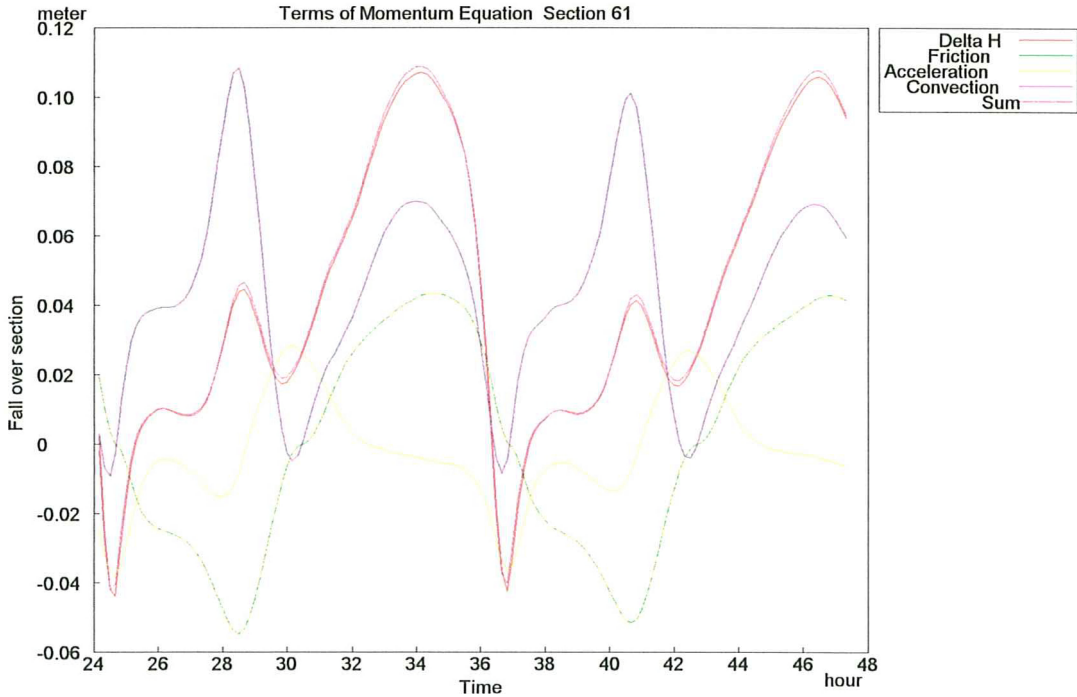
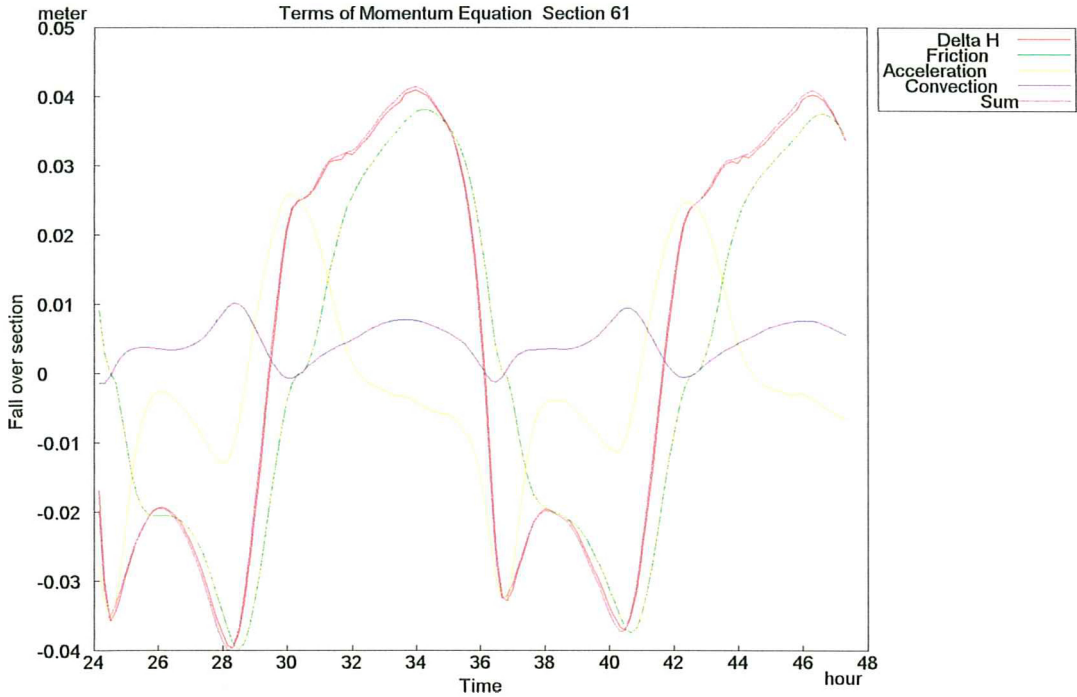
Figuur 8

Figuur 9a

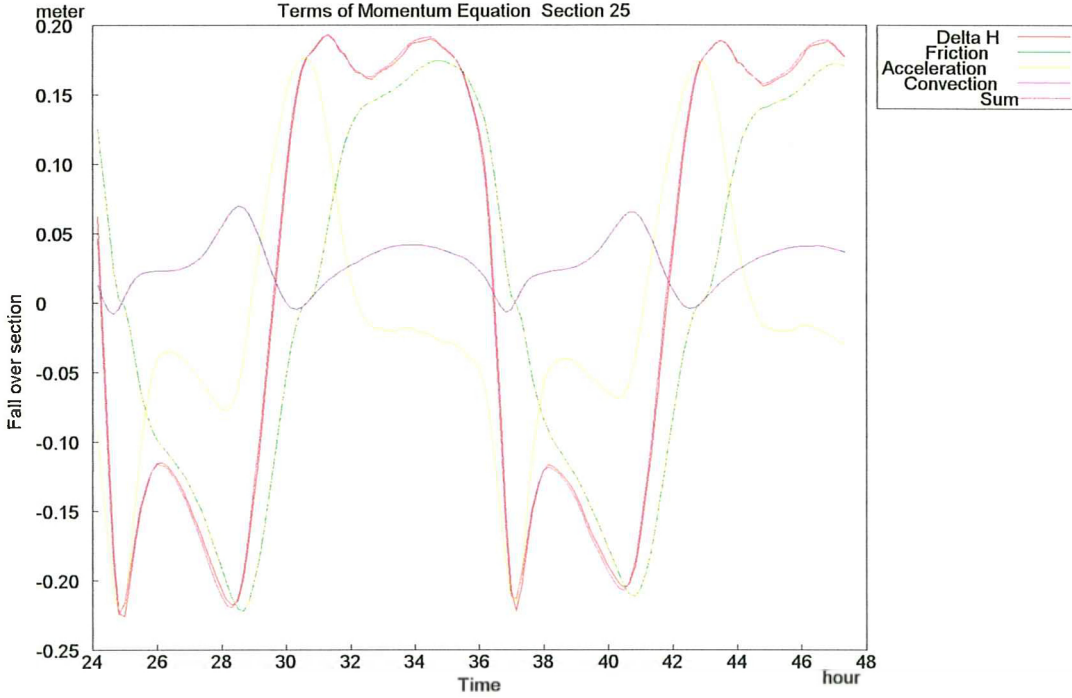
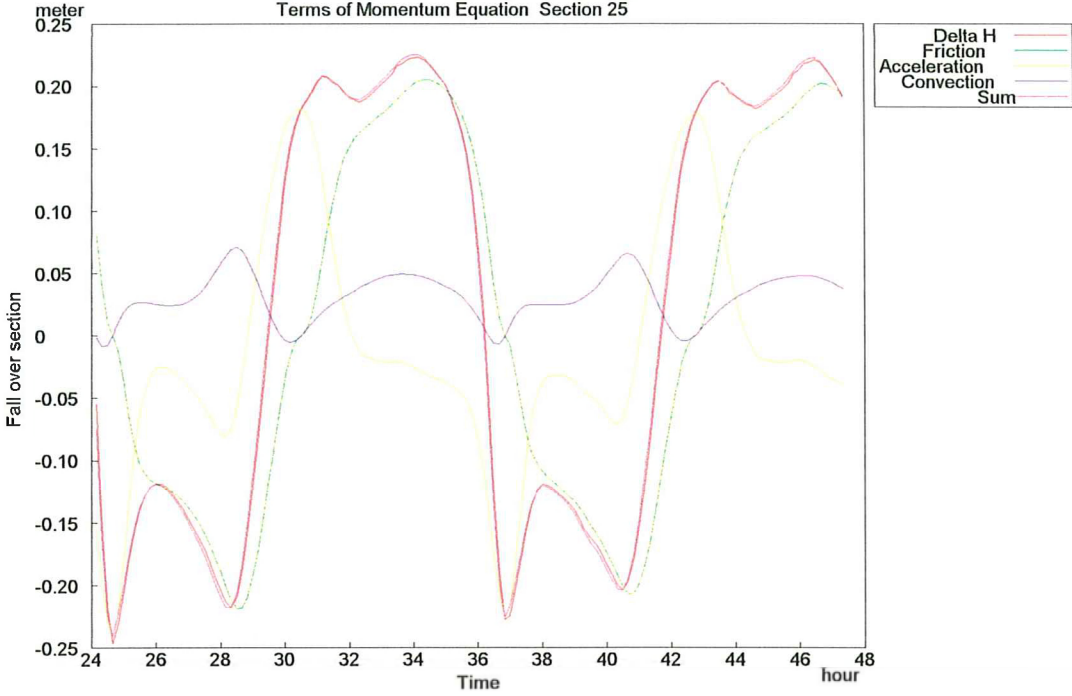




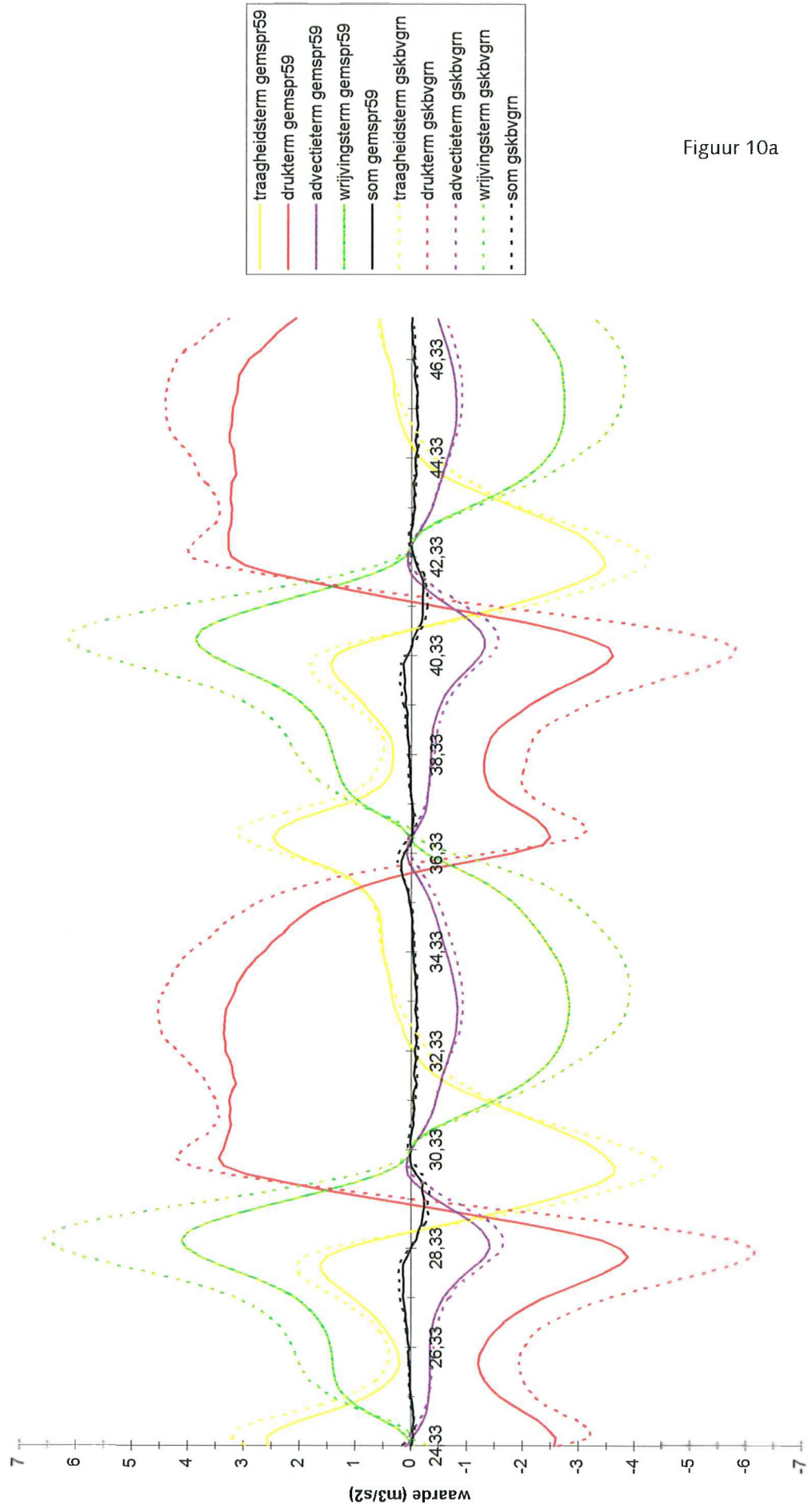
Figuur 9b



Figuur 9c

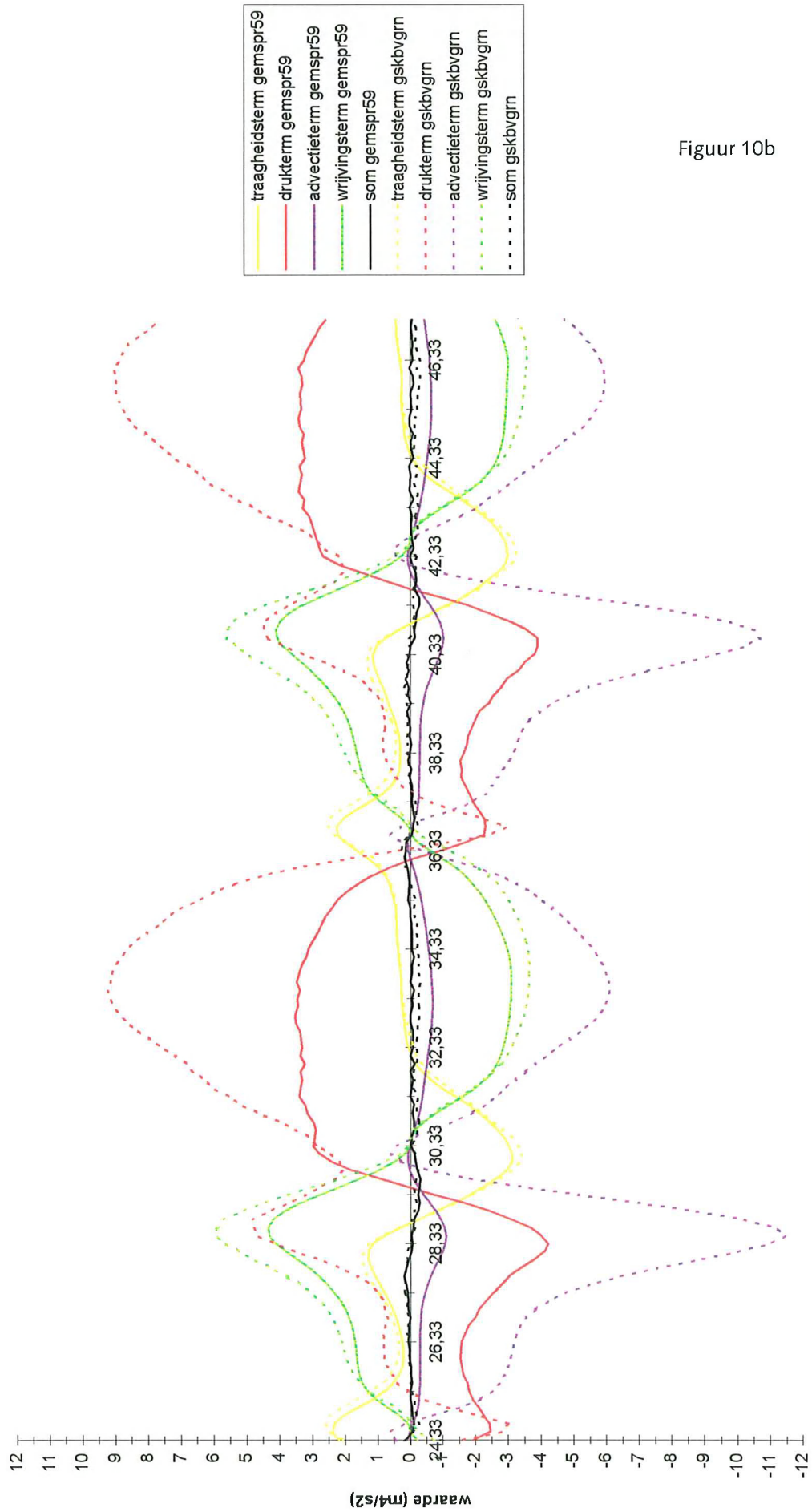


termen sectie 21



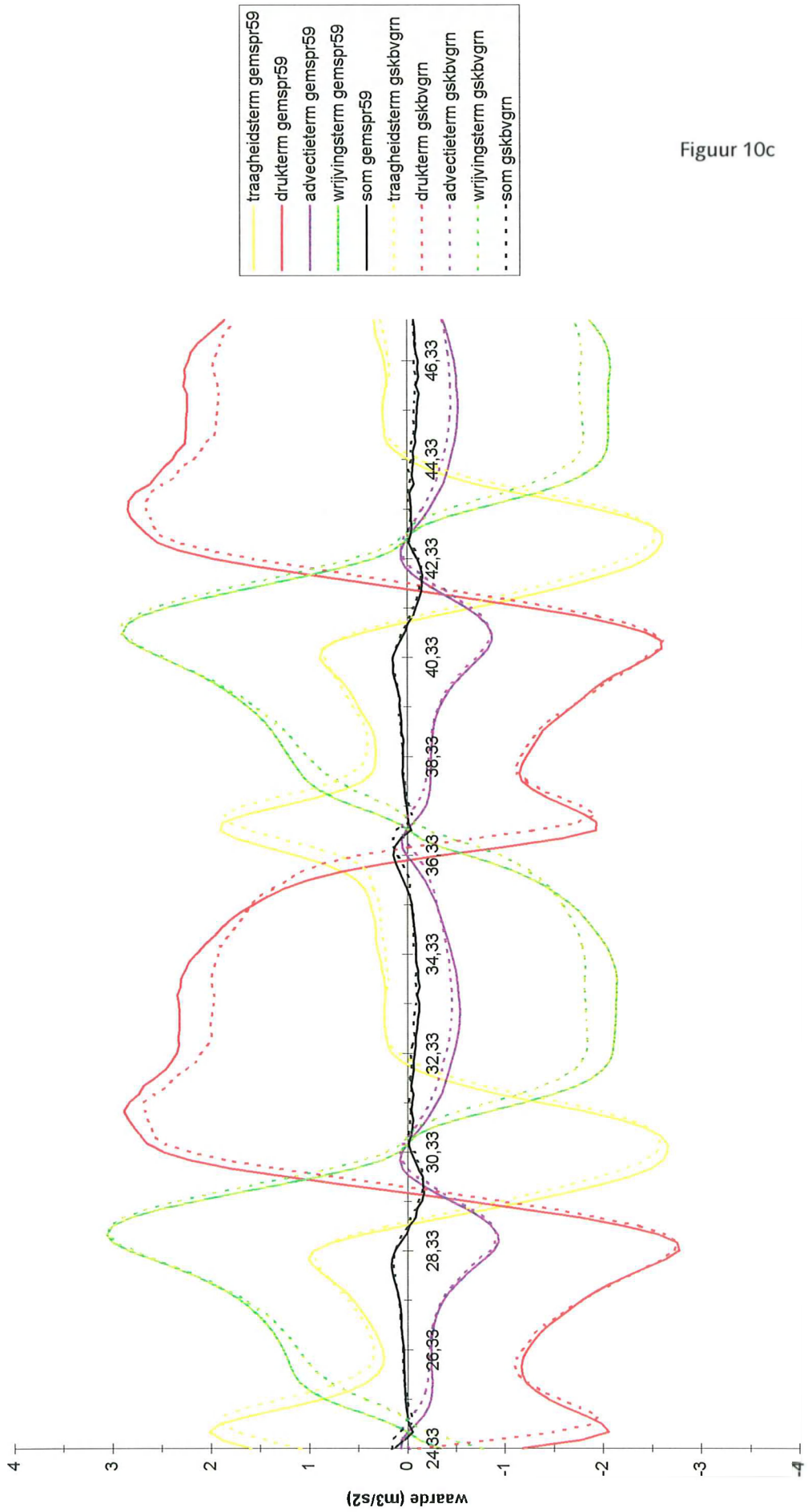
Figuur 10a

termen sectie 61



Figuur 10b

termen sectie 25



Figuur 10c