

BASISANALYSE WESTERSCHELDE ESTUARIUM

A. Méndez Lorenzo
Augustus 1995

SAMENVATTING

De Westerschelde moet dieper uitgebaggerd worden om de haven van Antwerpen toegankelijk te maken voor schepen met een grotere diepgang. Het baggeren verstoort het bestaande (natuurlijke) evenwicht.

Het doel van dit rapport is informatie vast te leggen betreffende een eerste basisanalyse waarbij voor de Westerschelde de ontwikkelde software TRECOS wordt ingezet. Gestreefd wordt naar een zo volledig mogelijk inzicht in de getijbeweging in het Schelde-estuarium voor een verantwoorde inschatting van de gevolgen van diverse ingrepen met een verschillend karakter t.a.v. de systeem eigenschappen.

De belangrijkste conclusies, die uit het onderzoek volgen worden kort genoemd:

- Het onderzochte netwerk is gevoelig voor kleine ingrepen.
- Een combinatie van verdiepen en verondiepen kan leiden tot een model dat bijna niet afwijkt van het bestaande model.
- M.b.v. de user interface TRECOS WESTERSCHELDE kan een basis- analyse efficiënt en snel worden uitgevoerd.

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding.....	1
2	Basisberekening.....	4
	2.1 Model W12.....	4
	2.2 DUFLOW.....	5
	2.3 ECDUFLOW.....	6
	2.4 PAGRAPH.....	7
	2.5 HARM en HARMD.....	8
	2.6 DUFFOUR.....	8
	2.7 Basisanalyse.....	9
3	Ingrepen in model W12.....	15
	3.1 Inleiding.....	15
	3.2 Ingreep 1: 20% verdiepen in de vakken 1 en 2.....	16
	3.3 Ingreep 2: 20% verondiepen in de vakken 1 en 2.....	20
	3.4 Ingreep 3: 20% verdiepen in de vakken 3 t/m 7.....	24
	3.5 Ingreep 4: 10% verondiepen in de vakken 3 t/m 7.....	28
	3.6 Ingreep 5: 20% verdiepen in de vakken 8 t/m 10.....	32
	3.7 Ingreep 6: 10% verondiepen in de vakken 8 t/m 10.....	36
	3.8 Ingreep 7: combinatie van ingreep 3 en 6.....	40
	3.9 Ingreep 8: 20% verdiepen in de vakken 3 t/m 7 en 20% verondiepen in vak 2.....	44
4	TRECOS WESTERSCHELDE	
	4.1 TRECOS versus losse programma's.....	48
	4.2 Ingreep 3 met TRECOS.....	49
	4.3 Ingreep 8 met TRECOS.....	51
5	Conclusies.....	54

BIJLAGEN

I	Hoofdvaargeul en drempels in de Westerschelde
II	De Westerschelde verdeeld in 12 vakken
III	Netwerkgegevens van model W12 volgens bakprofiel
IV	Opgelegde randvoorwaarde in knoop 1
Va	Waterstandsvariatie in de tijd over 12 vakken (model W12)
Vb	Debietvariatie in de tijd over 12 vakken (model W12)
VI	Gedrag in de tijd van de drie termen uit de bewegings- vergelijking
VII	Waterstandskrommen in de knopen 1, 2, 5, 9 en 12
VIII	Harmonische methode
IX	Harm uitvoer (model W12)
X	Harmd uitvoer (model W12)
XI	Chézy / Manning
XII	Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ)

Referenties

1 INLEIDING

De Westerschelde en de Zeeschelde vormen de maritieme toegangsweg tot de zeehavens van Antwerpen en Brussel, de Westerschelde tot de haven van Gent. De Antwerpse haven staat in verbinding met de Zeeschelde door middel van meerdere grote zeesluizen. De haven van Gent is verbonden met de Westerschelde via het kanaal Gent-Terneuzen en het daarbij behorende sluizencomplex te Terneuzen (zie figuur 1). De haven van Brussel tenslotte heeft een verbinding met de Zeeschelde langs de Rapaille, de sluis van Wintham en het zeekanaal van Brussel naar de Rapaille.

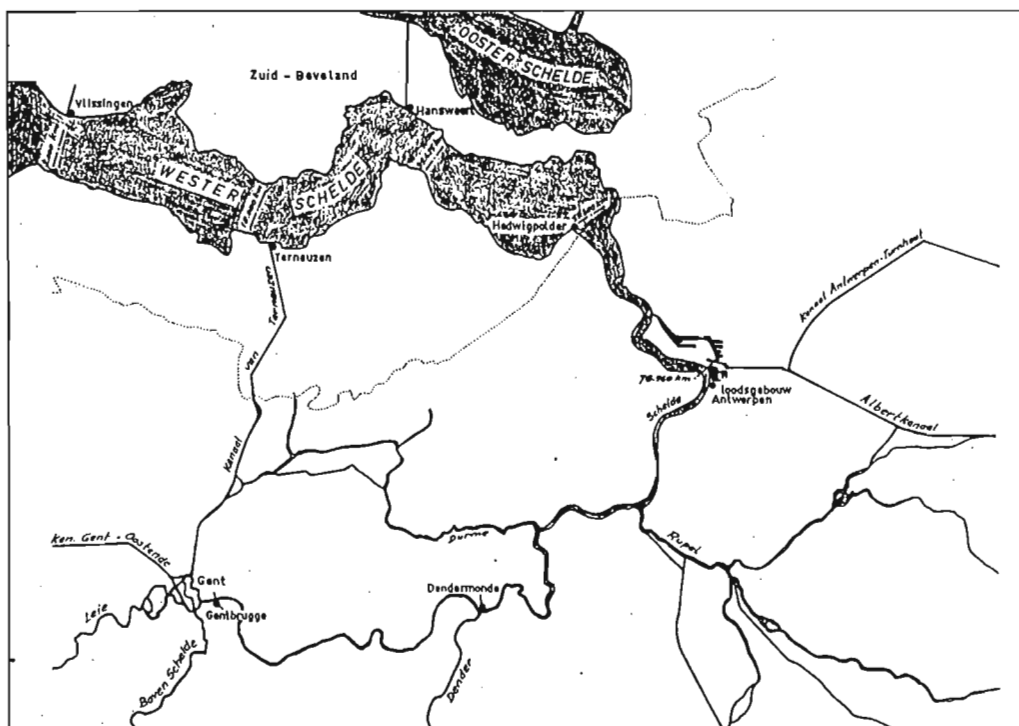


fig.1: Situatie

De hoofdvaargeul slingert over en weer tussen de linker- en rechteroever van de Westerschelde (zie Bijlage I). Naast de hoofdvaargeul zijn er nog verschillende nevenvaargeulen bevaarbaar voor kleinere schepen. De waterdiepte bedraagt thans ongeveer 12m op de drempels in de Westerschelde tussen Vlissingen en de Zandvlietssluis, 9 tot 10m tussen de Zandvlietssluis en Antwerpen en 3 tot 5m tussen Antwerpen en de sluis van Wintham op de Rupel. De diepte van de kanalen Gent-Terneuzen en Brussel-Rupel bedraagt respectievelijk 13,50m en 6,50m. Bij hoogtij kan tot 5m meer waterdiepte beschikbaar zijn.

Waar twee tegengestelde bochten in elkaar overgaan bevinden zich ondiepten, drempels genaamd (Vlissingen, Borssele, Terneuzen, Hansweert, Valkenisse en Bath) (zie Bijlage I), die de toegang tot Antwerpen voor diepgeladen zeeschepen bemoeilijken. Vlaanderen wil de Westerschelde dieper uitbaggeren om de haven van Antwerpen toegankelijk te maken voor schepen met een grotere diepgang. Het baggeren verstoort het bestaande (natuurlijke) evenwicht. Het water kan sneller gaan stromen, waardoor de schorren en slikken dreigen af te kalven. Bovendien raakt de natuur door het storten van de bagger op diepe plekken buitengaats ontregeld. Op de oevers van de Schelde vreest men overstromingen als gevolg van hogere waterstanden.

Als uitgangspunt bij het verdiepen van de Westerschelde kan gesteld worden dat de natuurwaarden niet achteruit mogen gaan. Een adequate manier van baggeren en een goed beleid van zandwinning zouden de natuur kunnen sparen. Op kwetsbare plekken van de schorren en slikken zou de afslag beperkt kunnen worden door daar stenen te storten.

Door ontpolderen, waarbij land aan de zee wordt teruggegeven, kan in het westen het oppervlak aan zoute schorren en slikken toenemen, terwijl in het oosten de komberging kan toenemen, waardoor het water sneller kan gaan stromen. Dit heeft het voordeel dat de vaargeul zichzelf op diepte houdt zodat er minder gebaggerd zou hoeven worden.

Het doel van dit rapport is informatie vast te leggen betreffende een eerste basisanalyse, waarbij voor de Westerschelde de ontwikkelde software TRECOS wordt ingezet (zie Ref [1]). Deze software is deels ontwikkeld tijdens de uitvoering van het in dit rapport beschreven deelproject "BASISANALYSE WESTERSCHELDE ESTUARIUM". Het gaat om een nieuwe vorm van analyseren. Gestreefd wordt naar een zo volledig mogelijk inzicht in de getijbeweging in het Schelde-estuarium voor een verantwoorde inschatting van de gevolgen van diverse ingrepen met een verschillend karakter t.a.v. de systeem-eigenschappen.

Hiertoe wordt de Westerschelde geschematiseerd tot een leiding bestaande uit slechts twaalf vakken (bron: Rijkswaterstaat; zie bijlage II).

In hoofdstuk 2 worden het gebruikte model (W12) en de toegepaste softwareprogramma's (DUFLOW, ECDUFLOW, PAGRAPH, HARM, HARMD, DUFFOUR) beschreven en wordt een analyse van de getijvoortplanting in het Westerschelde estuarium uitgevoerd. Deze basisanalyse geeft inzicht in de grootte en de onderlinge verhoudingen van de bepalende factoren voor de voortplanting, versterking en vervorming van het getij in het systeem.

In hoofdstuk 3 wordt de invloed van een aantal verschillende ingrepen (en combinaties van ingrepen) in het gebruikte model beschreven. In dit hoofdstuk wordt het pakket TRECOS nog niet gebruikt. De verschillende programma's, in hoofdstuk 2 beschreven, worden als onafhankelijke programma's gebruikt. De nieuwe programma's HARM en HARMD worden gebruikt voor de uitvoering van de harmonische methode. De resultaten van HARM worden steeds vergeleken met DUFLOW resultaten, waarvan vijf componenten van een fourierreeks zijn bepaald met het aparte programma "DUFFOUR".

In hoofdstuk 4 is beschreven hoe de basisanalyse zeer efficiënt m.b.v. het programma TRECOS kan worden uitgevoerd. Daarbij worden aansluitend aan hoofdstuk 3 een aantal representatieve ingrepen in de huidige situatie kort beschreven. Voorts worden op basis van de resultaten combinaties van ingrepen ontwikkeld. De invloed op het getij kan dan worden bepaald en op basis hiervan kunnen ook de gevolgen voor morfologie, veiligheid, zout- en slibhuishouding en ecologie worden afgeschat.

In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste conclusies van deze basisanalyse geformuleerd.

Bij het onderzoek is veel aandacht besteed aan het gebruik van de harmonische methode (lineair analytisch model bestaande uit eveneens twaalf vakken) ter ondersteuning van voorspellingen en interpretaties. Het interactief gebruik daarvan is in TRECOS mogelijk, omdat HARM en HARMD (zie Hoofdstuk 2) zijn geïntegreerd in deze User Interface als ondersteuning van het niet-lineaire model (DUFLOW) bij de systeem-analyse.

2 BASISBEREKENING

2.1 Model W12

De Westerschelde is geschematiseerd tot een leiding bestaande uit slechts twaalf vakken (bron: Rijkswaterstaat; zie Bijlage II). Het schematiseren tot een leiding komt er op neer dat gewerkt wordt met over het dwarsprofiel gemiddelde grootheden, als functie van de lengtecoördinaat en de tijd. Per vak geldt een representatief dwarsprofiel (A_s , B , R en C constant in de x -richting).

De lengte afmetingen zijn veel groter dan de dwarsafmetingen, zodat een 1-D benadering verantwoord is.

Er wordt geen rekening gehouden met stromingen veroorzaakt door verschil in dichtheid (zout-zoet).

De voortplanting van een lange golf (getijgolf) in een open leiding wordt beschreven met de continuïteitsvergelijking (1) en de bewegingsvergelijking (2):

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

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A_s} \right) + g A_s \frac{\partial h}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 A_s R} = 0 \quad (2)$$

De termen van (2) worden door $g A_s$ gedeeld en beide differentiaalvergelijkingen worden geïntegreerd naar x over de vaklengte. Als de over de vaklengte gemiddelde waarden worden gebruikt, aangegeven met het onderschrift "g", is het resultaat van het integreren bij benadering:

$$Q(x_2) - Q(x_1) = -B_g \Delta x \frac{dh_g}{dt} = -\Delta F \frac{dh_g}{dt} \quad (3)$$

$$h(x_2) - h(x_1) = -\frac{1}{g(A_s)_g} \left[\frac{dQ_g}{dt} \Delta x + Q u|_{x_2} - Q u|_{x_1} \right] - \frac{\Delta x}{(C^2 A_s^2 R)_g} Q_g |Q_g| \quad (4)$$

Door momentaan te werken met gemiddelde waarden zijn alle grootheden (betreffende het dwarsprofiel) onafhankelijk van x gemaakt over de lengte van een vak.

Vergelijking (3) geeft aan dat op ieder tijdstip (t) het verschil in debiet tussen de grenzen van een vak overeenkomt met de berging per tijdseenheid in dat vak, d.w.z. met het produkt van de momentane waarde van de kombergingsoppervlakte en van een over het vak gemiddelde waarde van dh/dt .

Vergelijking (4) geeft aan dat op een tijdstip t het verval $h(x_2) - h(x_1)$ over een discrete vaklengte Δx gelijk is aan de som van de momentane bijdragen van respectievelijk:

- de lokale traagheidsterm
- de advectieve traagheidsterm
- de weerstandsterm

Het gedrag in de tijd van elk van de termen in de differentiaalvergelijking kan worden geanalyseerd m.b.v. de vergelijkingen (3) en (4) op basis van resultaten verkregen door metingen respectievelijk berekeningen.

Voor het analyseren en interpreteren van de getijbeweging $h(x_n, t)$ en $Q(x_n, t)$ in knooppunten van het netwerk W12 voor het Westerschelde estuarium worden de volgende programma's gebruikt:

DUFLOW, ECDUFLOW, PAGRAPH, HARM, HARMD, DUFFOUR

Deze programma's worden in de volgende paragrafen beschreven.

2.2 DUFLOW

DUFLOW is een programmapakket voor het berekenen van de niet stationaire waterbeweging (H en Q) in een netwerk. Een netwerk bestaat uit een aantal vakken verbonden met knopen. Per vak gelden twee differentiaalvergelijkingen: de continuïteitsvergelijking (1) en de bewegingsvergelijking (2).

Voor het oplossen van een omvangrijk stelsel vergelijkingen m.b.v. DUFLOW zijn de volgende gegevens nodig:

- algemene gegevens
- netwerk geometrie
- randvoorwaarden

Algemene gegevens zijn ondermeer de gebruikte tijdstap, de tijdsduur van de berekening en de gekozen weerstandsformule. In het beschouwde model is een tijdstap van 5 minuten gebruikt. Gekozen is voor een inspeelduur van 24 uur en 50 minuten. De periode bedraagt 44700s ofwel 12 uur en 25 minuten. Daarom is de berekeningsduur 37 uur en 15 minuten, terwijl alleen over de laatste periode resultaten worden opgeslagen en geanalyseerd. Gekozen is voor de weerstands-relatie volgens Chézy.

Voor het invoeren van de geometrie van het netwerk moeten de volgende gegevens voor elk vak worden ingevoerd:

- nummer van de knoop aan het begin en aan het eind van het vak
- lengte
- gegevens van de dwarsdoorsnede (diepte t.o.v. een referentievlak, bergende breedte, stroomvoerende breedte, weerstandscoefficiënt)

De ingevoerde gegevens betreffende het gebruikte model W12 zijn weergegeven in Bijlage III.

Als randvoorwaarden kunnen waterstanden of debieten in bepaalde knopen worden ingevoerd. DUFLOW vraagt om zowel de waarde van H of Q in een knoop als de variatie hiervan in de tijd. - Het verloop van de waterstand in knoop 1 (zie Bijlage IV) en de debieten in de knopen 12 en 13 zijn als randvoorwaarden ingevoerd. In de laatste twee knopen gelden Fourier-reeksen met constante termen van respectievelijk van $20\text{m}^3/\text{s}$ en $40\text{m}^3/\text{s}$. In knoop 1 is een sinusvormig waterstands-verloop met een amplitude van $2,08\text{m}$ ingevoerd.

Na de berekening kunnen grafieken van de waterstand en het debiet als functie van x of t op het scherm worden afgebeeld (zie Bijlage V).

2.3 ECDUFLOW

ECDUFLOW gebruikt o.a de resultatenfile van DUFLOW en de daar gebruikte tijdstap van 5 minuten. Per vak van de beschouwde leiding (W12) worden over een periode van 12 uur en 25 minuten met een interval van 5 minuten de volgende gegevens berekend en weergegeven:

- lengte van het beschouwde vak (L)
- waterniveau aan het begin van het vak (H_1)
- waterniveau aan het eind van het vak (H_2)
- debiet aan het begin van het vak (Q_1)
- debiet aan het eind van het vak (Q_2)
- gemiddelde debiet (Q)
- stroomvoerende doorsnede aan het begin van het vak (A_1)
- stroomvoerende doorsnede aan het eind van het vak (A_2)
- gemiddelde stroomvoerende doorsnede (A)
- hydraulische straal (R)
- gemiddelde bergende breedte (SW)
- Chézy coëfficiënt (C)
- tijdsinterval ($dt = 5$ minuten)

Met deze gegevens worden vervolgens op elk tijdstip de termen van vergelijking (3) en (4) berekend:

- weerstandsterm: $-\frac{Q|Q|L}{C^2 A^2 R}$
- lokale traagheidsterm: $-\frac{L}{gA} \frac{dQ}{dt}$
- advectione traagheidsterm: $\frac{Q_1^2/A_1 - Q_2^2/A_2}{gA}$
- som van de drie termen
- verschil in waterstand tussen eind- en beginknoop: $H_2 - H_1$
- verschil in debiet tussen begin- en eindknoop: $Q_1 - Q_2$
- rechterlid van vergelijking (3): $(SW)L \frac{dH}{dt}$

Aangezien geschematiseerd is tot discrete vakken geldt voor de kombergingsoppervlakte (ΔF) van een vak:
 $\Delta F = \text{gemiddelde bergende breedte} * \text{lengte van het vak}$

De berekende grootheden worden naar keuze in tabellen of in een grafiek weergegeven.
 In Bijlage VI is voor alle vakken het gedrag van de termen in de tijd weergegeven in een grafiek.

2.4 PAGRAPH

PAGRAPH wordt gebruikt voor het grafisch interpreteren van de DUFLOW resultatenfile. PAGRAPH is vooral geschikt voor het verkrijgen van overzicht en inzicht in het fysisch verschijnsel.

PAGRAPH biedt onder andere de volgende faciliteiten:

- waterstands- en debietplots in de tijd per vak
- 5 waterstandsplots in tijd of plaats op door de gebruiker gekozen vakgrenzen
- 5 debietplots in tijd of plaats op door de gebruiker gekozen vakgrenzen
- waterstand aan het begin en eind van een vak in combinatie met het gemiddelde debiet

In Bijlage VII is m.b.v. PAGRAPH de waterstand in de knopen 1, 2, 5, 9 en 12 weergegeven, waaruit blijkt dat faseverschuiving en opslingering optreden.

2.5 HARM en HARMD

HARM en HARMD gebruiken de bij het programma DUFLOW ingevoerde randvoorwaarden en netwerk geometrie en berekenen hiermee volgens de harmonische methode (zie Bijlage VIII) de amplituden en de fasehoeken van de functies $h(x,t)$ en $Q(x,t)$ voor alle vakgrenzen.

HARM geeft als uitvoer de gegevens van elk vak (L , B_b , B_s , d , A , R , C en Q) en de amplitude en fasehoeken van de functies $h(x,t)$ en $Q(x,t)$ ($h(x)$, $\kappa(x)$, $Q(x)$ en $\phi(x)$) voor alle vakgrenzen (zie Bijlage IX).

De uitvoer van HARMD bevat de gegevens van elk vak (L , B_b , B_s , d , A , R , C en Q), m , w , k , s_1 , s_2 , pL , qL en de vakconstanten (L_v , M_v , N_v en O_v) (zie Bijlage X).

Hiermee wordt een compleet beeld verkregen van de golfdoor-dringing in de beschouwde leiding.

2.6 DUFFOUR

De functies $h(x,t)$ en $Q(x,t)$ kunnen worden uitgedrukt als Fourierreeksen. Het programma DUFFOUR berekent een gemiddelde waarde (de nul-component) en de amplitude en de faseverschuiving van de eerste vier harmonische componenten.

Het programma DUFFOUR wordt opgestart door het intypen van de naam van de gebruikte resultatenfile van DUFLOW, de periode (44700 s), het vak (begin of eind) waar de berekening uitgevoerd moet worden en de functie H of Q .

De gebruiker van DUFFOUR dient er zelf voor te zorgen dat de resultatenfile van DUFLOW start op het begintijdstip van een periode en dat deze tenminste een periode omvat. Ook de tijdstap dient niet te groot te worden gekozen.

Als uitvoer verschijnen op het scherm de constante waarde en de amplitude en de fase van de eerste vier harmonische componenten van de Fourierreeks.

2.7 Basisanalyse

Gebruikte weerstandsformule voor model W12

Voor het berekenen van de gemiddelde stroomsnelheid in een willekeurige leiding waarin een eenparige, turbulente vloeistofstroming plaatsvindt kan gebruik worden gemaakt van de formule van Chézy:

$$v = C\sqrt{Ri}$$

of van de formule van Manning:

$$v = \frac{R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Hierin is:

v = de gemiddelde snelheid [m/s]

C = de coëfficiënt van Chézy [$m^{1/2}/s$]

R = de hydraulische straal van een leiding [m]

i = het verhang van de energielijn

n = factor n van Manning [$s/m^{1/3}$]

Als de formules van Manning en Chézy met elkaar worden vergeleken, blijkt de coëfficiënt van Chézy volgens Manning gelijk te zijn aan:

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

Voor de gebruikelijke ruwheden lopen de C -waarden voor beide berekeningswijzen weinig uiteen. Een belangrijk verschil is dat volgens Manning C varieert met de waterdiepten en dus met de tijd. Dat geeft extra vervorming (versterkt het niet-lineaire karakter van de weerstandsterm).

In het model van de Westerschelde (W12) wordt gebruik gemaakt van de formule van Chézy. Dit is noodzakelijk, omdat het programma HARM (lineair model) werkt met constante C -waarden volgens Chézy.

Voor de gebruikte C -waarde per vak wordt verwezen naar Bijlage III. Voor een nadere beschrijving van de beide relaties zie Bijlage XI.

M.b.v het programma HARM is op elke vakgrens de amplitude $\hat{h}(x)$ berekend (zie Bijlage IX; model W12). Indien deze amplitude wordt uitgezet tegen de afstand vanaf de monding op elk van de vakgrenzen wordt fig.2.1 verkregen.

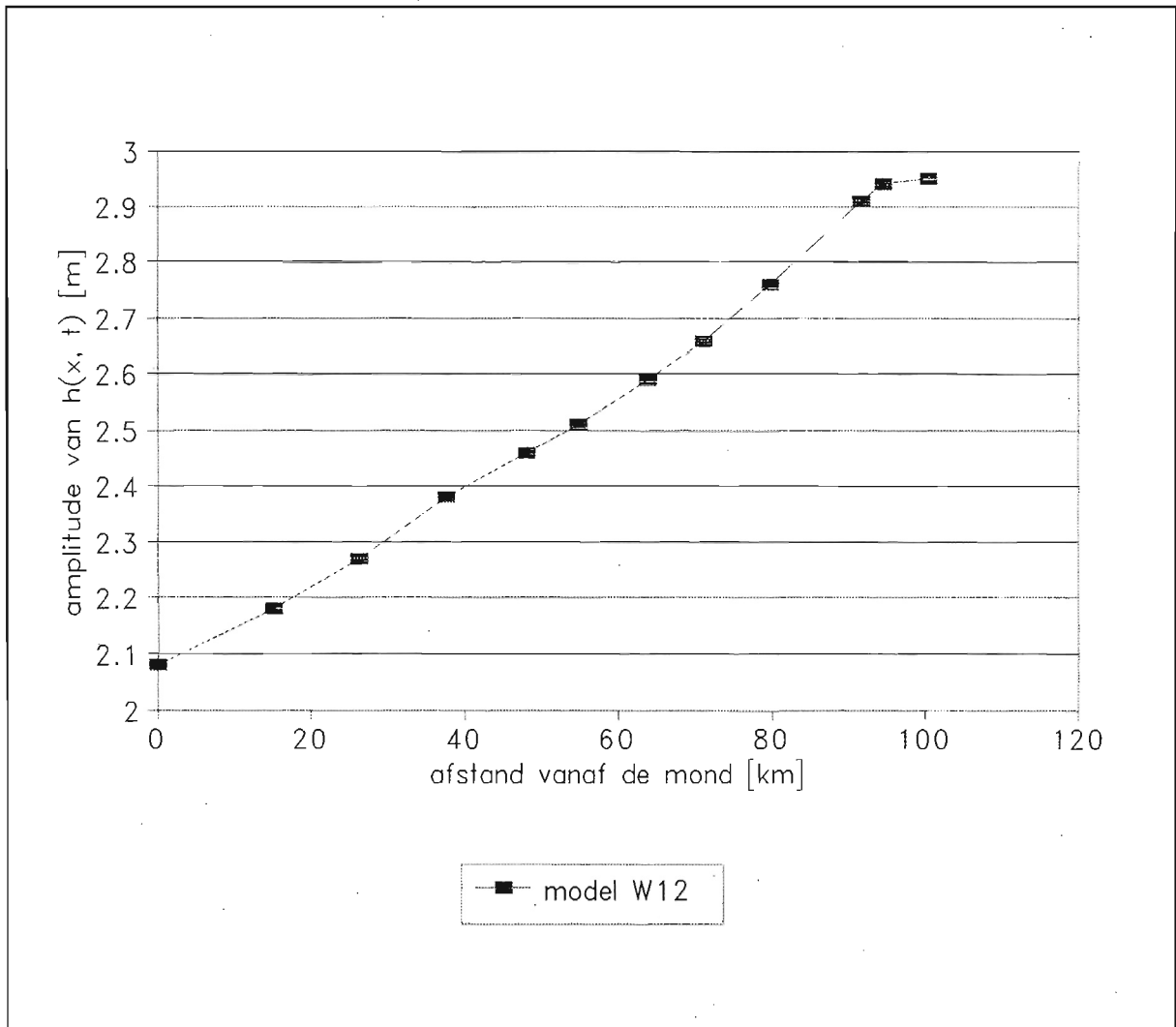


fig.2.1: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) (model W12)

Uit de figuur blijkt dat in de vakken 1 t/m 10 de traagheid en de weerstand van dezelfde orde van grootte zijn en dat in de vakken 11 en 12 de kombergingsbeschouwing kan worden toegepast.

In Bijlage VI zijn de weerstandsterm en de traagheidsterm weergegeven voor de twaalf vakken van model W12. Hieruit blijkt ook het bovenstaande.

Ter plaatse van de knooppunten 12 (vak 11) en 13 (vak 12) geldt de randvoorwaarde $Q \approx 0 \text{ m}^3/\text{s}$ voor alle waarden van t , zodat daar ook geldt $\partial Q / \partial t = 0$, met als gevolg dat de bewegingsvergelijking (4) reduceert tot:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = 0$$

Bij benadering geldt deze vergelijking niet alleen in de betreffende doorsnede, maar ook in de nabije omgeving daarvan tot afstanden die klein zijn t.o.v. de golflengte (bv $1/20 \lambda$). Voor de vakken 11 en 12 kan de volgende schatting worden gemaakt:

$$\lambda = c\tau = \sqrt{ga} \cdot \tau = \sqrt{9,8 \text{ m/s}^2 \cdot 7,5 \text{ m} \cdot 44700 \text{ s}} \approx 380 \text{ km}$$

Voor de vakken 11 en 12 geldt $L/\lambda = 6 \text{ km} / 380 \text{ km} = 0,015 < 0,05$ en dus is toepassen van de kombergingsbeschouwing voor deze vakken zeker verantwoord.

Op elk tijdstip kan de waterspiegel als horizontaal worden benaderd (zie Bijlage VI, vakken 11 en 12). Het maximale verval over de vakken is zeer klein t.o.v. het getijverschil.

De debieten kunnen als functie van plaats en tijd geheel worden bepaald uit de berging van het water in het vak, die samenhangt met de wisselende waterstand (kombergingsbenadering).

Het debiet aan het begin van het vak kan worden berekend met de volgende formule:

$$Q(0, t) = (\Delta F)_{\text{totaal}} \frac{dh(0, t)}{dt}$$

Functies $h(x_n, t)$ verschoven en vervormd in de tijd

In Bijlage VII is m.b.v. PAGRAPPH de waterstand in de knopen 1, 2, 5, 9 en 12 weergegeven, waaruit blijkt dat faseverschuiving en opslingering optreden.

Uit de theorie van de harmonische methode (Bijlage IX) blijkt dat de verticale waterbeweging op een bepaalde plaats steeds de resultante is van twee interfererende golven:

$$h_c(x, t) = C_I e^{px} e^{iqx} e^{i\omega t} + C_{II} e^{-px} e^{-iqx} e^{i\omega t}$$

De term $C_I e^{px} e^{iqx} e^{i\omega t}$ beschrijft een golf, die zich voortplant in de negatieve x-richting.

De term $C_{II} e^{-px} e^{-iqx} e^{i\omega t}$ beschrijft een golf, die zich voortplant in de positieve x-richting.

e^{iqx} geeft de fase-verschuiving weer als functie van x; q is het golfgetal, ofwel de fase-verschuiving per eenheid van lengte gemeten in de x-richting. De fasesnelheid is $c = \omega/q$.

e^{px} geeft de demping weer t.g.v. weerstand en berging; de golf loopt in de negatieve x-richting, dus deze term wordt inderdaad kleiner; p is de faktor voor de demping per eenheid van lengte gemeten in de x-richting.

$e^{i\omega t}$ geeft de periodieke variatie in de tijd aan.

Functies $Q(x_n, t)$ vervormd in de tijd

In Bijlage Vb is de debietvariatie in de tijd over 12 vakken (model W12) weergegeven. Hieruit blijkt dat het getijvolume in de rivier vermindert in functie van de afstand tot de monding.

Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten

M.b.v. het programma HARM zijn de volgende resultaten verkregen voor model W12:

Tabel 1 : berekeningsresultaten HARM

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.18E+00	-209.10	8.44E+04	-128.26	5.76E+04	-135.01
2	2.18E+00	-209.10	2.27E+00	-216.90	5.76E+04	-135.01	4.28E+04	-139.17
3	2.27E+00	-216.90	2.38E+00	-223.75	4.28E+04	-139.17	2.92E+04	-143.23
4	2.38E+00	-223.75	2.46E+00	-228.75	2.92E+04	-143.23	1.52E+04	-149.49
5	2.46E+00	-228.75	2.51E+00	-231.81	1.52E+04	-149.49	1.06E+04	-153.45
6	2.51E+00	-231.81	2.59E+00	-238.04	1.06E+04	-153.45	7.10E+03	-157.61
7	2.59E+00	-238.04	2.66E+00	-242.13	7.10E+03	-157.61	5.36E+03	-160.03
8	2.66E+00	-242.13	2.76E+00	-246.91	5.36E+03	-160.03	3.74E+03	-162.36
9	2.76E+00	-246.91	2.91E+00	-253.06	3.74E+03	-162.36	2.02E+03	-164.05
10	2.91E+00	-253.06	2.94E+00	-254.09	2.02E+03	-164.05	1.64E+03	-164.16
11	2.94E+00	-254.09	2.95E+00	-254.20	8.18E+02	-164.16	0.00E+00	0.00
12	2.94E+00	-254.09	2.95E+00	-254.20	8.18E+02	-164.16	0.00E+00	0.00

In de onderstaande tabel is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstand, verkregen m.b.v. het programma DUFFOUR, weergegeven (model W12).

Tabel 2: DUFFOUR resultaten

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.080	-198.640
2	2.188	-208.959
3	2.286	-216.616
4	2.405	-223.125
5	2.483	-227.788
6	2.534	-230.671
7	2.605	-236.676
8	2.678	-240.730
9	2.773	-245.667
10	2.923	-252.499
11	2.956	-253.775
12	2.971	-253.871
13	2.970	-253.877

In fig.2.2 is de amplitude van de waterstand, verkregen m.b.v. de programma's HARM en DUFFOUR, grafisch weergegeven. Hieruit volgt dat resultaten, verkregen m.b.v. de twee verschillende programma's, goed met elkaar overeenkomen.

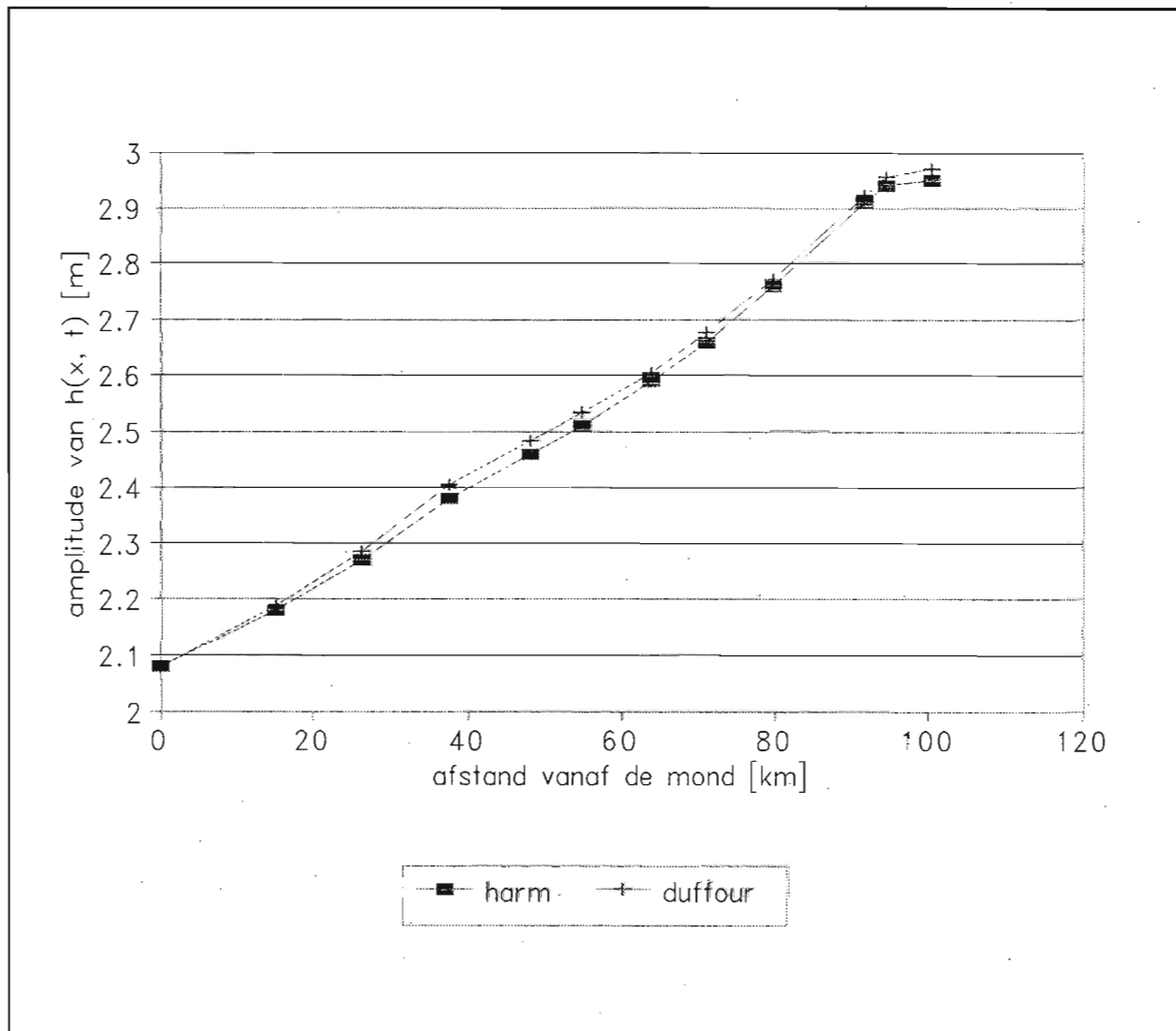


fig.2.2: Vergelijking resultaten HARM en DUFFOUR (model W12)

3 INGREPEN IN MODEL W12

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de invloed (op de waterstand en de debieten) van een aantal verschillende ingrepen en combinaties van ingrepen in het model W12 beschreven. Hiervoor worden de verschillende programma's, beschreven in hoofdstuk 2, onafhankelijk van elkaar gebruikt. De nieuwe user interface TRECOS WESTERSCHELDE, waarin o.a. de verschillende losse programma's zijn geïntegreerd, wordt in hoofdstuk 4 toegepast.

Er wordt ingegrepen in de systeemeigenschappen van het basismodel (W12). Ingrenen in bv de diepte, de breedte of de ruwheid van de verschillende vakken zijn mogelijk. Dieptevariatiies zijn het meest voor de hand liggend, aangezien dit de meest toegepaste ingreep zal zijn in de praktijk.

In het programma DUFLOW worden de netwerkgegevens van het gewijzigde model ingevoerd. Hiervoor moet in het programma achtereenvolgend worden gekozen voor de opties "input", "flow data" en "sections". De gewijzigde netwerkgegevens worden opgeslagen in een file met de extensie net, waarvan de naam kan worden opgegeven in het hoofdmenu onder de optie "File names specification".

Het nieuwe programma HARM wordt gebruikt voor de uitvoering van de harmonische methode. De resultaten van HARM zijn steeds vergeleken met DUFLOW resultaten, waarvan de componenten van een Fourierreeks zijn bepaald met het aparte programma "DUFFOUR".

3.2 Ingreep 1: 20% verdiepen in de vakken 1 en 2

Netwerkvariatie

De vakken 1 en 2 worden 20% verdiept t.o.v. het basismodel W12 (2.30m).

Tabel 3: ingreep 1

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
1	12	14.30
2	11	13.30

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	14.30	-	13.73	53.00	71954.23
2	11000.00	4434.00	4431.00	13.30	-	13.11	56.00	50725.59
3	11500.00	3686.00	3684.00	10.00	-	10.27	60.00	36319.93
4	10400.00	4000.00	4000.00	7.50	-	6.83	60.00	22371.46
5	6800.00	1950.00	1948.00	8.50	-	8.10	60.00	13013.45
6	9125.00	1094.00	1092.00	8.50	-	8.39	57.00	8940.24
7	7080.00	674.00	672.00	9.00	-	10.21	60.00	6284.57
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4587.60
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2904.52
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1845.46
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	412.86
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	412.86

Invloed van de ingreep

Een grotere diepte in de vakken 1 en 2 heeft een groter dwarsprofiel en hydraulische straal tot gevolg. De relatieve invloed van de weerstand wordt kleiner in deze vakken, waardoor ook het verhang afneemt (zie vergelijking (4)). Het verval wordt kleiner, dus zal ook de faseverschuiving afnemen. In de overige vakken zal de amplitude van de waterstand veranderen door de gewijzigde functie in knoop 3. Als gevolg van de verdieping in de eerste twee vakken neemt de opslingering toe.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.20E+00	-205.59	8.57E+04	-123.64	5.82E+04	-129.06
2	2.20E+00	-205.59	2.29E+00	-210.54	5.82E+04	-129.06	4.32E+04	-132.91
3	2.29E+00	-210.54	2.41E+00	-217.44	4.32E+04	-132.91	2.94E+04	-137.01
4	2.41E+00	-217.44	2.48E+00	-222.49	2.94E+04	-137.01	1.53E+04	-143.31
5	2.48E+00	-222.49	2.53E+00	-225.57	1.53E+04	-143.31	1.07E+04	-147.31
6	2.53E+00	-225.57	2.61E+00	-231.86	1.07E+04	-147.31	7.16E+03	-151.50
7	2.61E+00	-231.86	2.69E+00	-235.98	7.16E+03	-151.50	5.41E+03	-153.95
8	2.69E+00	-235.98	2.79E+00	-240.80	5.41E+03	-153.95	3.77E+03	-156.30
9	2.79E+00	-240.80	2.94E+00	-247.01	3.77E+03	-156.30	2.04E+03	-158.01
10	2.94E+00	-247.01	2.97E+00	-248.05	2.04E+03	-158.01	1.65E+03	-158.12
11	2.97E+00	-248.05	2.98E+00	-248.16	8.26E+02	-158.12	0.00E+00	0.00
12	2.97E+00	-248.05	2.98E+00	-248.16	8.26E+02	-158.12	0.00E+00	0.00

In fig.3.1 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 1, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

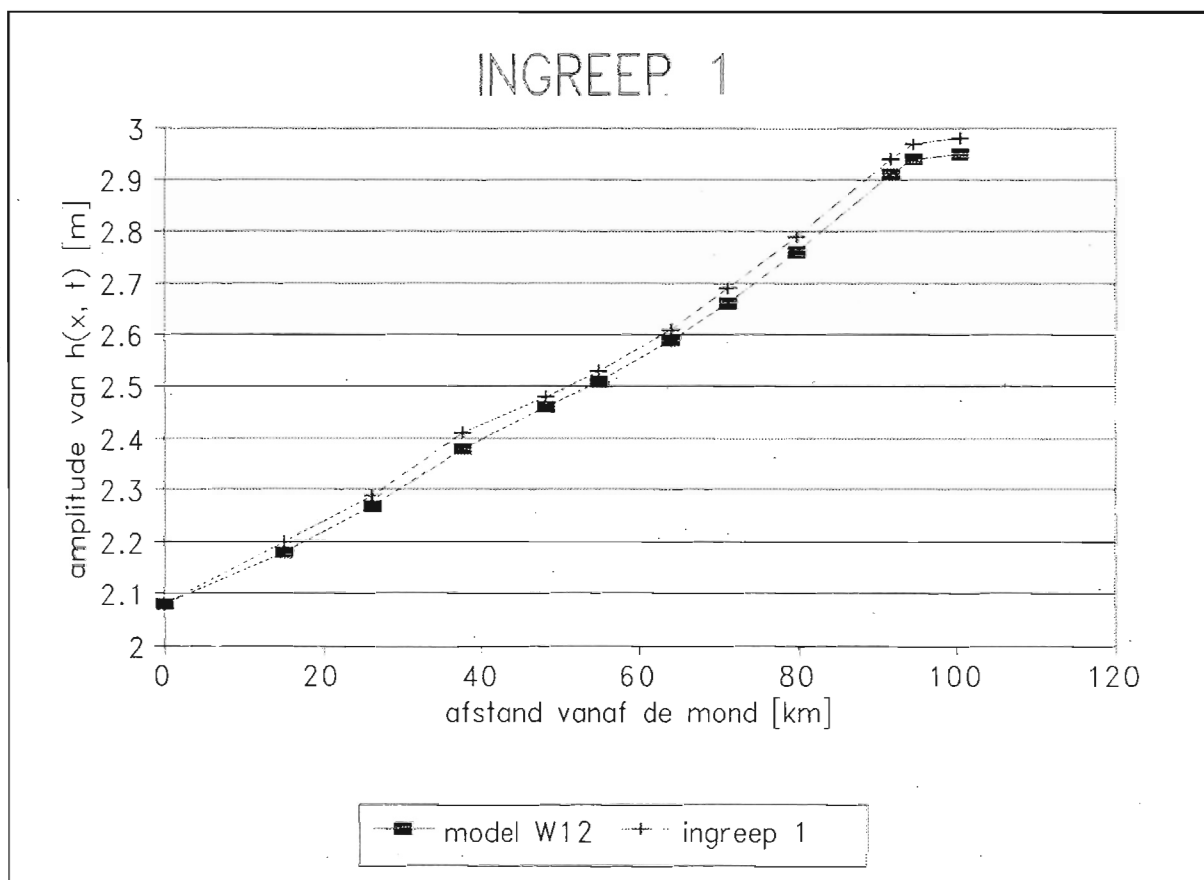


fig.3.1: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 1 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

M.b.v. het programma DUFFOUR is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden berekend. De resultaten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel 4: DUFFOUR resultaten (ingreep 1)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.204	-205.518
3	2.303	-210.385
4	2.421	-216.972
5	2.498	-221.692
6	2.548	-224.598
7	2.616	-230.641
8	2.687	-234.714
9	2.780	-239.673
10	2.926	-246.530
11	2.959	-247.806
12	2.973	-247.902
13	2.973	-247.909

In fig.3.2 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

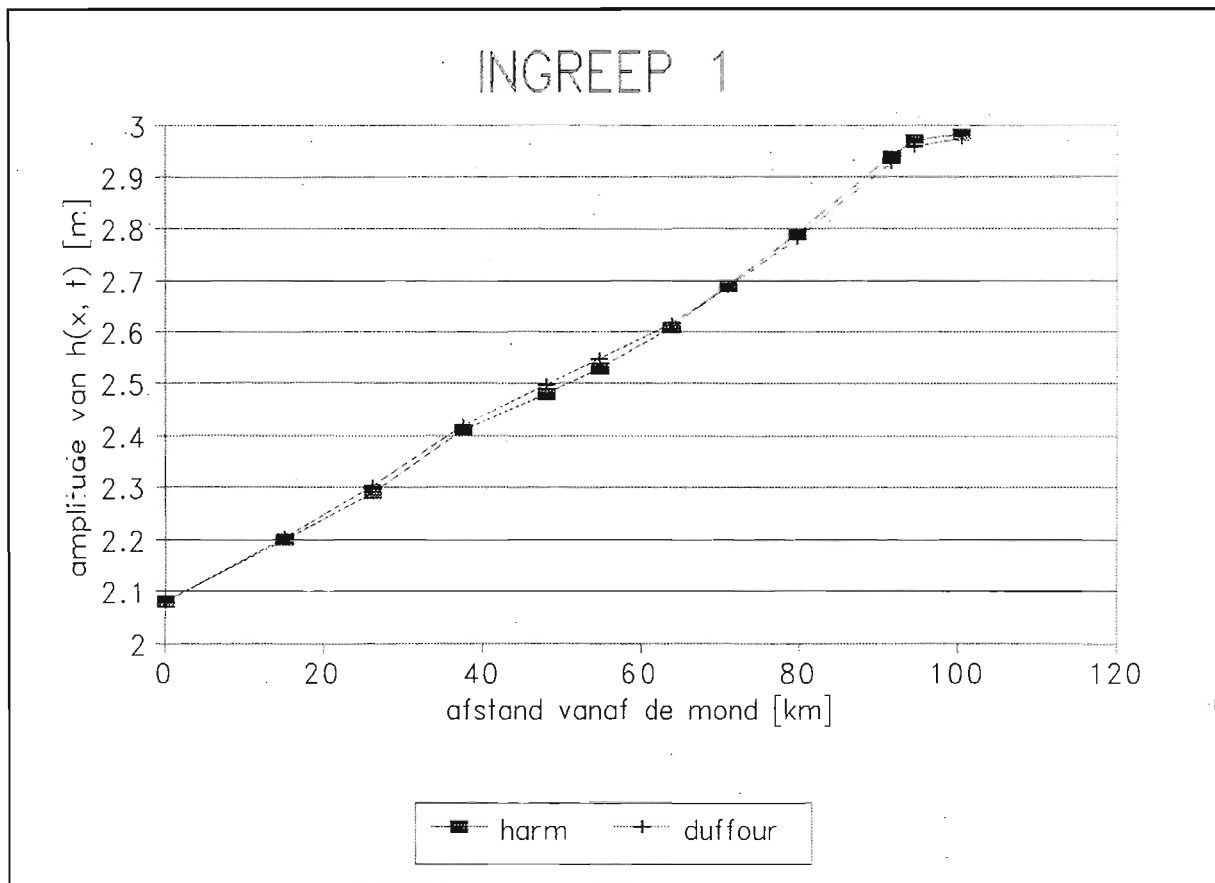


fig.3.2: vergelijking resultaten HARM en DUFFOUR (ingreep 1)

3.3 Ingreep 2: 20% verondiepen in de vakken 1 en 2

Netwerkvariatie

De vakken 1 en 2 worden 20% verondiept t.o.v. het basismodel W12 (2.30m).

Tabel 5: ingreep 2

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
1	12	9.70
2	11	8.70

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	9.70	-	11.69	53.00	67975.93
2	11000.00	4434.00	4431.00	8.70	-	10.48	56.00	48230.77
3	11500.00	3686.00	3684.00	10.00	-	10.27	60.00	34627.44
4	10400.00	4000.00	4000.00	7.50	-	6.83	60.00	21350.64
5	6800.00	1950.00	1948.00	8.50	-	8.10	60.00	12434.54
6	9125.00	1094.00	1092.00	8.50	-	8.39	57.00	8547.40
7	7080.00	674.00	672.00	9.00	-	10.21	60.00	6010.58
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4388.21
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2778.47
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1765.39
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	394.95
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	394.95

Invloed van de ingreep

Een afname van de diepte in de vakken 1 en 2 heeft een kleiner dwarsprofiel en hydraulische straal tot gevolg. De relatieve invloed van de weerstand neemt daardoor toe, waardoor ook het verhang toeneemt (zie vergelijking (4)). Het verval wordt groter, dus zal ook de faseverschuiving toenemen. In de overige vakken verandert er weinig aan de termen van de bewegingsvergelijking, waardoor het verhang over deze vakken vrijwel gelijk zal zijn aan dat in het basismodel. Door de toegenomen damping in de vakken 1 en 2 neemt de amplitude van de waterstand in de overige vakken af t.o.v. het model W12 en wordt de opslinging dus kleiner.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.11E+00	-214.12	8.07E+04	-135.26	5.53E+04	-144.26
2	2.11E+00	-214.12	2.18E+00	-227.05	5.53E+04	-144.26	4.12E+04	-148.94
3	2.18E+00	-227.05	2.29E+00	-233.67	4.12E+04	-148.94	2.81E+04	-152.86
4	2.29E+00	-233.67	2.36E+00	-238.51	2.81E+04	-152.86	1.46E+04	-158.91
5	2.36E+00	-238.51	2.42E+00	-241.47	1.46E+04	-158.91	1.02E+04	-162.73
6	2.42E+00	-241.47	2.49E+00	-247.51	1.02E+04	-162.73	6.85E+03	-166.75
7	2.49E+00	-247.51	2.57E+00	-251.46	6.85E+03	-166.75	5.17E+03	-169.09
8	2.57E+00	-251.46	2.67E+00	-256.08	5.17E+03	-169.09	3.61E+03	-171.34
9	2.67E+00	-256.08	2.81E+00	-262.02	3.61E+03	-171.34	1.95E+03	-172.97
10	2.81E+00	-262.02	2.84E+00	-263.01	1.95E+03	-172.97	1.58E+03	-173.08
11	2.84E+00	-263.01	2.85E+00	-263.11	7.90E+02	-173.08	0.00E+00	0.00
12	2.84E+00	-263.01	2.85E+00	-263.11	7.90E+02	-173.08	0.00E+00	0.00

In fig.3.3 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 2, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

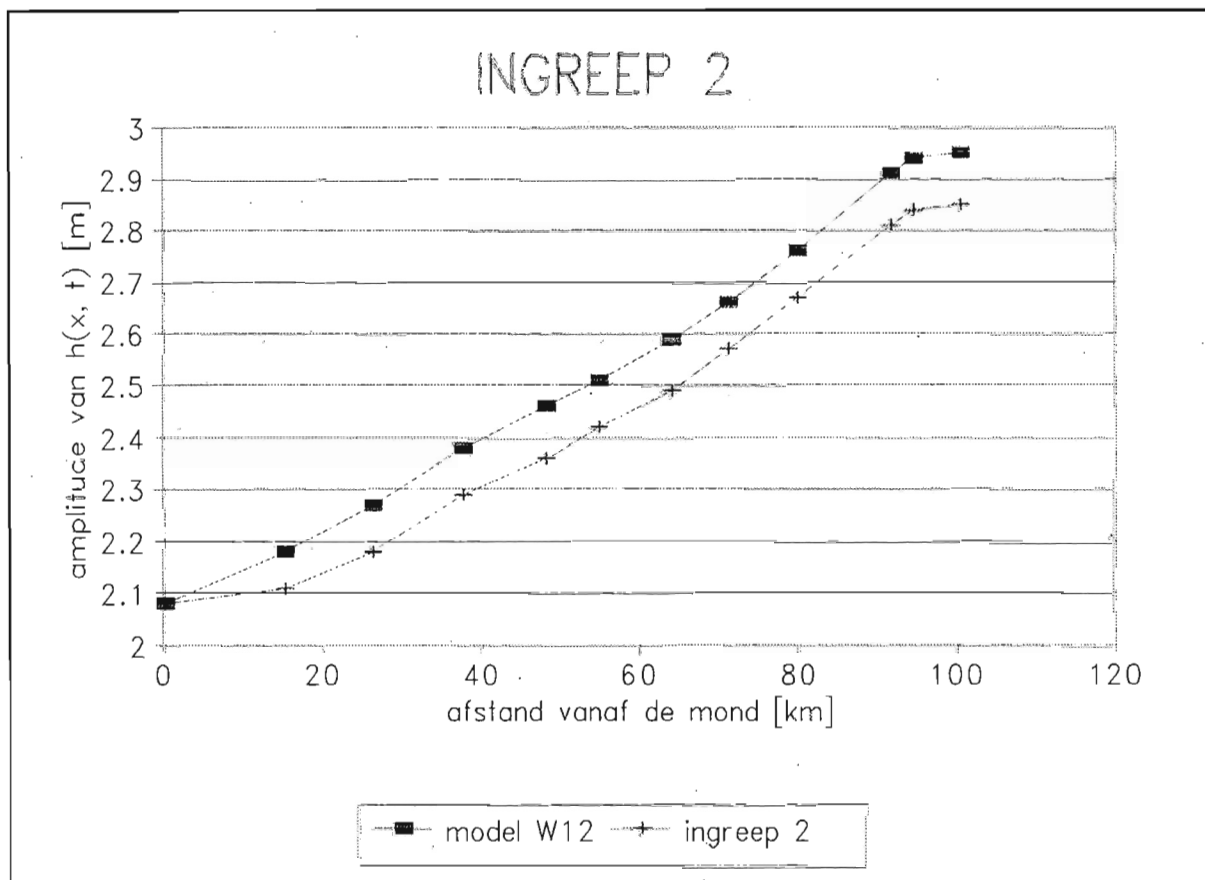


fig.3.3: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 2 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

De eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden is m.b.v. het programma DUFFOUR berekend. De resultaten zijn weergegeven in de onderstaande tabel.

Tabel 6: DUFFOUR resultaten (ingreep 2)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.124	-214.129
3	2.200	-226.794
4	2.318	-233.050
5	2.397	-237.528
6	2.449	-240.320
7	2.524	-246.149
8	2.599	-250.095
9	2.697	-254.899
10	2.849	-261.529
11	2.882	-262.767
12	2.896	-262.858
13	2.896	-262.865

In fig.3.4 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

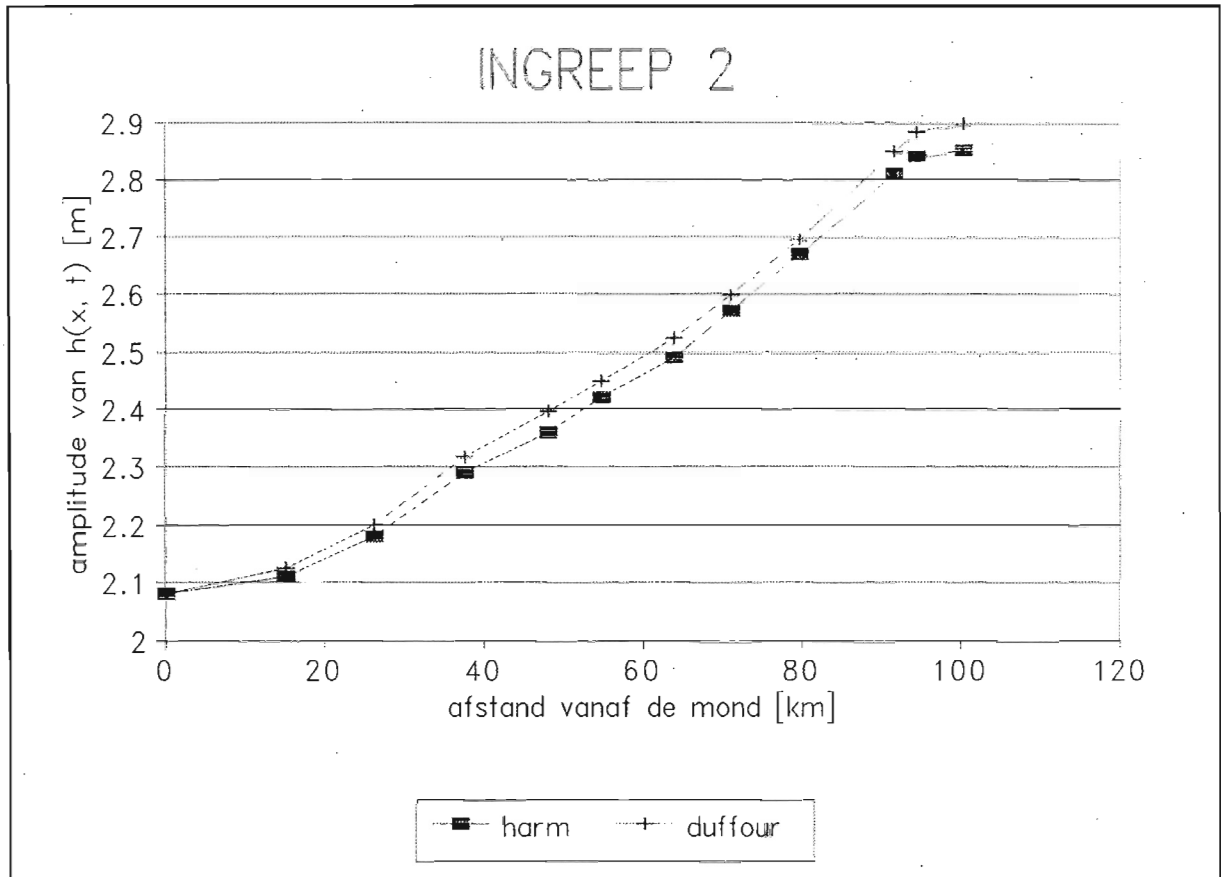


fig.3.4: Vergelijking resultaten HARM en DUFFOUR (ingreep 2)

3.4 Ingreep 3: 20% verdiepen in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7

Netwerkvariatie

De vakken 3, 4, 5, 6 en 7 worden 20% verdiept t.o.v. het basismodel W12 (1.7m).

Tabel 7: ingreep 3

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
3	10.00	11.70
4	7.50	9.20
5	8.50	10.20
6	8.50	10.20
7	9.00	10.70

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	72474.80
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	51310.81
3	11500.00	3686.00	3684.00	11.70	-	11.45	60.00	36746.81
4	10400.00	4000.00	4000.00	9.20	-	7.82	60.00	22605.59
5	6800.00	1950.00	1948.00	10.20	-	8.81	60.00	13125.38
6	9125.00	1094.00	1092.00	10.20	-	9.12	57.00	8998.50
7	7080.00	674.00	672.00	10.70	-	10.94	60.00	6314.74
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4607.76
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2917.27
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1853.55
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	414.67
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	414.67

Invloed van de ingreep

Een grotere diepte in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7 heeft een groter dwarsprofiel en hydraulische straal in deze vakken tot gevolg. Hierdoor nemen de drie termen van de bewegingsvergelijking af, waardoor ook het verhang in deze vakken afneemt (zie vergelijking (4)). Door de toegenomen diepte wordt de relatieve invloed van de weerstand kleiner. In de overige vakken veranderen de termen van de bewegingsvergelijking niet veel, waardoor het verhang over deze vakken vrijwel gelijk zal zijn als bij het basismodel. Door de gewijzigde functies tussen de knopen 3 en 8 veranderen de amplituden van de waterstand in de overige vakken ook.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.19E+00	-209.38	8.61E+04	-126.68	5.89E+04	-132.49
2	2.19E+00	-209.38	2.30E+00	-217.27	5.89E+04	-132.49	4.37E+04	-135.61
3	2.30E+00	-217.27	2.42E+00	-221.86	4.37E+04	-135.61	2.98E+04	-138.37
4	2.42E+00	-221.86	2.50E+00	-224.85	2.98E+04	-138.37	1.55E+04	-142.89
5	2.50E+00	-224.85	2.55E+00	-226.84	1.55E+04	-142.89	1.08E+04	-145.93
6	2.55E+00	-226.84	2.63E+00	-230.93	1.08E+04	-145.93	7.20E+03	-149.41
7	2.63E+00	-230.93	2.70E+00	-233.71	7.20E+03	-149.41	5.43E+03	-151.71
8	2.70E+00	-233.71	2.80E+00	-238.54	5.43E+03	-151.71	3.79E+03	-154.07
9	2.80E+00	-238.54	2.95E+00	-244.78	3.79E+03	-154.07	2.05E+03	-155.78
10	2.95E+00	-244.78	2.98E+00	-245.82	2.05E+03	-155.78	1.66E+03	-155.89
11	2.98E+00	-245.82	2.99E+00	-245.93	8.29E+02	-155.89	0.00E+00	0.00
12	2.98E+00	-245.82	2.99E+00	-245.93	8.29E+02	-155.89	0.00E+00	0.00

In fig.3.5 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 3, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

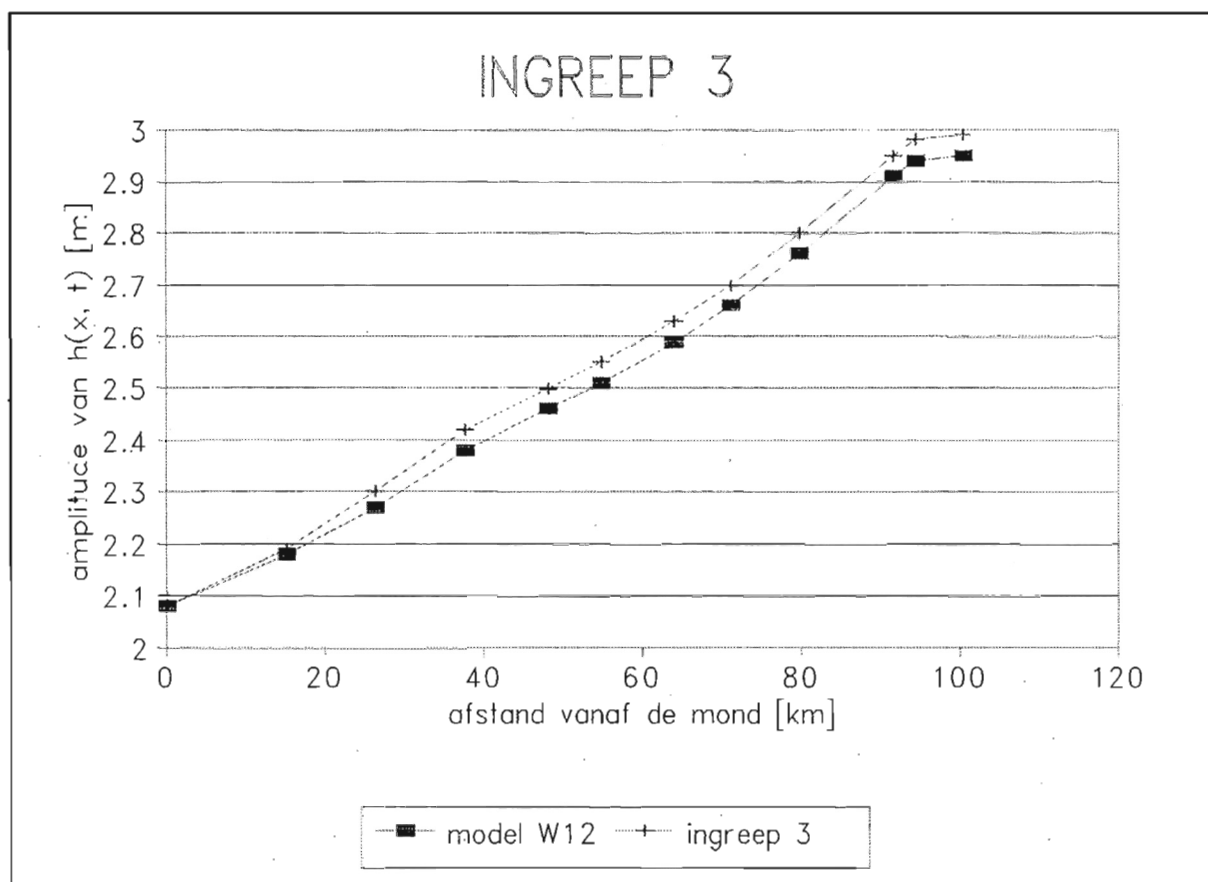


fig.3.5: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 3 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

M.b.v. het programma DUFFOUR is de eerst (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden berekend. De resultaten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel 8: DUFFOUR resultaten (ingreep 3)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.201	-209.163
3	2.316	-216.913
4	2.437	-221.391
5	2.514	-224.314
6	2.566	-226.252
7	2.645	-230.244
8	2.715	-233.015
9	2.811	-238.056
10	2.961	-245.027
11	2.994	-246.329
12	3.009	-246.429
13	3.008	-246.436

In fig.3.6 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

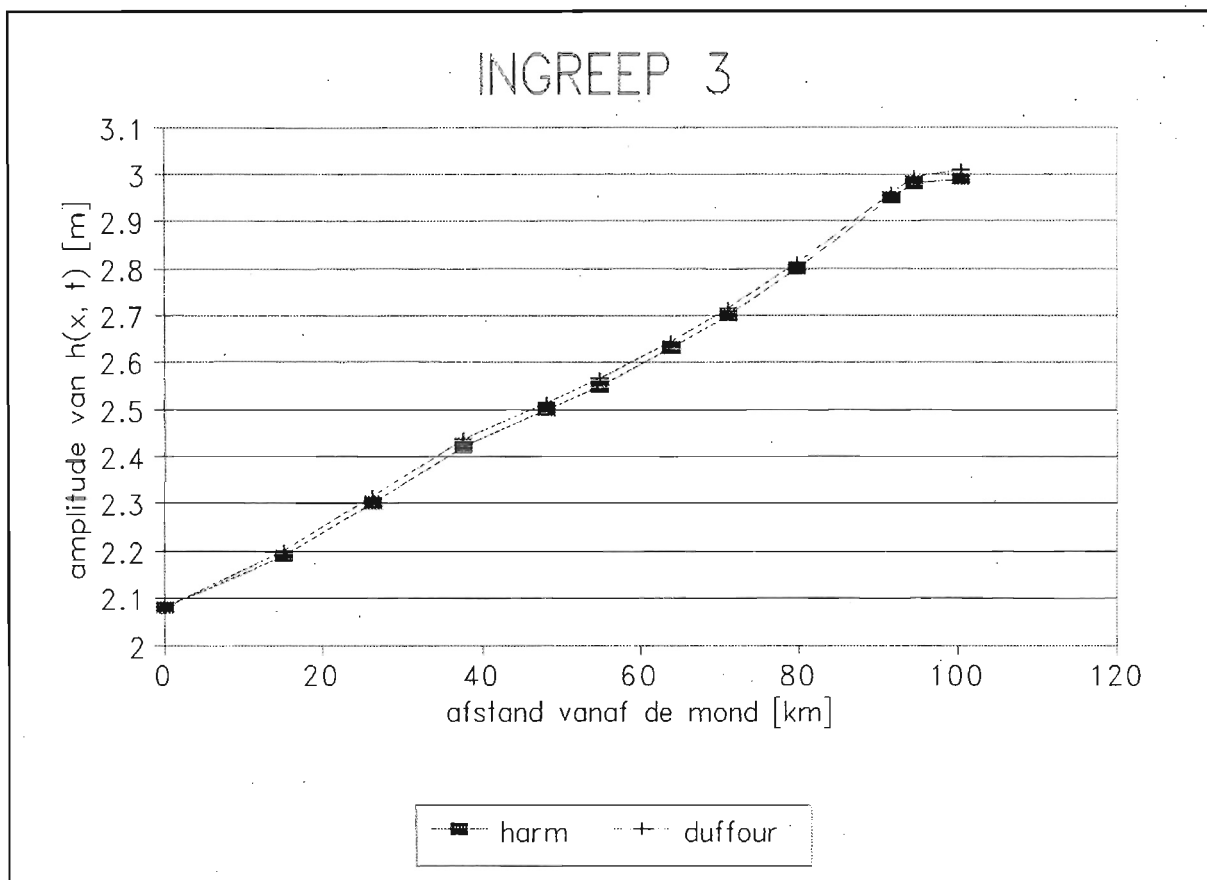


fig.3.6: vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 3)

3.5 Ingreep 4: 10% verondiepen in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7

Netwerkvariatie

De vakken 3, 4, 5, 6 en 7 worden 1m verondiept ($\pm 10\%$ van de gemiddelde diepte in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7) t.o.v. het basismodel W12.

Tabel 9: ingreep 4

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
3	10.00	9.00
4	7.50	6.50
5	8.50	7.50
6	8.50	7.50
7	9.00	8.00

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	69703.48
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	49158.92
3	11500.00	3686.00	3684.00	9.00	-	10.16	60.00	35207.88
4	10400.00	4000.00	4000.00	6.50	-	6.90	60.00	21684.04
5	6800.00	1950.00	1948.00	7.50	-	7.90	60.00	12617.40
6	9125.00	1094.00	1092.00	7.50	-	7.88	57.00	8679.94
7	7080.00	674.00	672.00	8.00	-	9.58	60.00	6109.96
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4461.85
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2825.03
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1794.96
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	401.56
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	401.56

Invloed van de ingreep

Een afname van de diepte in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7 heeft een kleiner dwarsprofiel en hydraulische straal in deze vakken tot gevolg (bij een kleiner debiet in het hele netwerk).

Hierbij nemen de drie termen in de bewegingsvergelijking in de betreffende vakken toe, waardoor ook het verhang toeneemt (zie vergelijking (4)). Door de afname van de diepte wordt de weerstandsinvloed groter. Het verval wordt groter, dus zal ook de faseverschuiving toenemen. In de overige vakken veranderen de termen van de bewegingsvergelijking niet veel, waardoor het verhang over deze zones vrijwel gelijk zal zijn aan die in het basismodel. Door de gewijzigde functies van knoop 3 tot 8 veranderen de amplituden van de waterstand ook in de overige vakken. Als gevolg van de verondieping zal de opslingering afnemen.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.17E+00	-208.83	8.30E+04	-129.22	5.64E+04	-136.63
2	2.17E+00	-208.83	2.25E+00	-216.47	5.64E+04	-136.63	4.19E+04	-141.55
3	2.25E+00	-216.47	2.35E+00	-224.79	4.19E+04	-141.55	2.85E+04	-146.60
4	2.35E+00	-224.79	2.42E+00	-231.22	2.85E+04	-146.60	1.48E+04	-154.35
5	2.42E+00	-231.22	2.47E+00	-235.12	1.48E+04	-154.35	1.04E+04	-159.18
6	2.47E+00	-235.12	2.53E+00	-243.41	1.04E+04	-159.18	6.96E+03	-164.00
7	2.53E+00	-243.41	2.61E+00	-248.78	6.96E+03	-164.00	5.26E+03	-166.53
8	2.61E+00	-248.78	2.71E+00	-253.47	5.26E+03	-166.53	3.67E+03	-168.81
9	2.71E+00	-253.47	2.86E+00	-259.51	3.67E+03	-168.81	1.98E+03	-170.48
10	2.86E+00	-259.51	2.89E+00	-260.51	1.98E+03	-170.48	1.61E+03	-170.58
11	2.89E+00	-260.51	2.90E+00	-260.62	8.03E+02	-170.58	0.00E+00	0.00
12	2.89E+00	-260.51	2.90E+00	-260.62	8.03E+02	-170.58	0.00E+00	0.00

In fig.3.7 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 4 vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

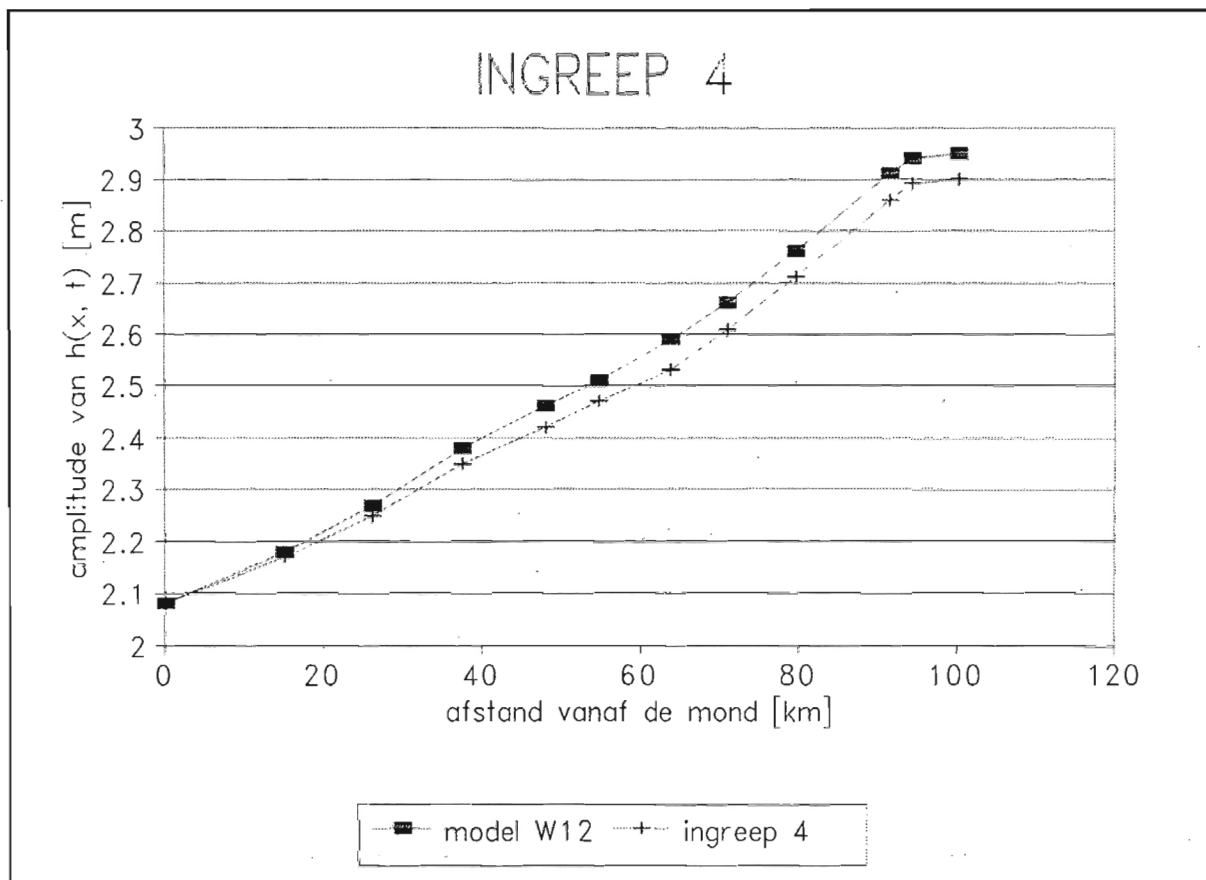


fig.3.7: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 4 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

De eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden is m.b.v. het programma DUFFOUR berekend. De resultaten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

tabel 10: DUFFOUR resultaten (ingreep 4)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.179	-208.707
3	2.264	-216.202
4	2.372	-224.229
5	2.442	-230.345
6	2.487	-233.996
7	2.542	-241.753
8	2.612	-246.939
9	2.707	-251.734
10	2.855	-258.359
11	2.887	-259.588
12	2.901	-259.677
13	2.901	-259.684

In fig.3.8 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

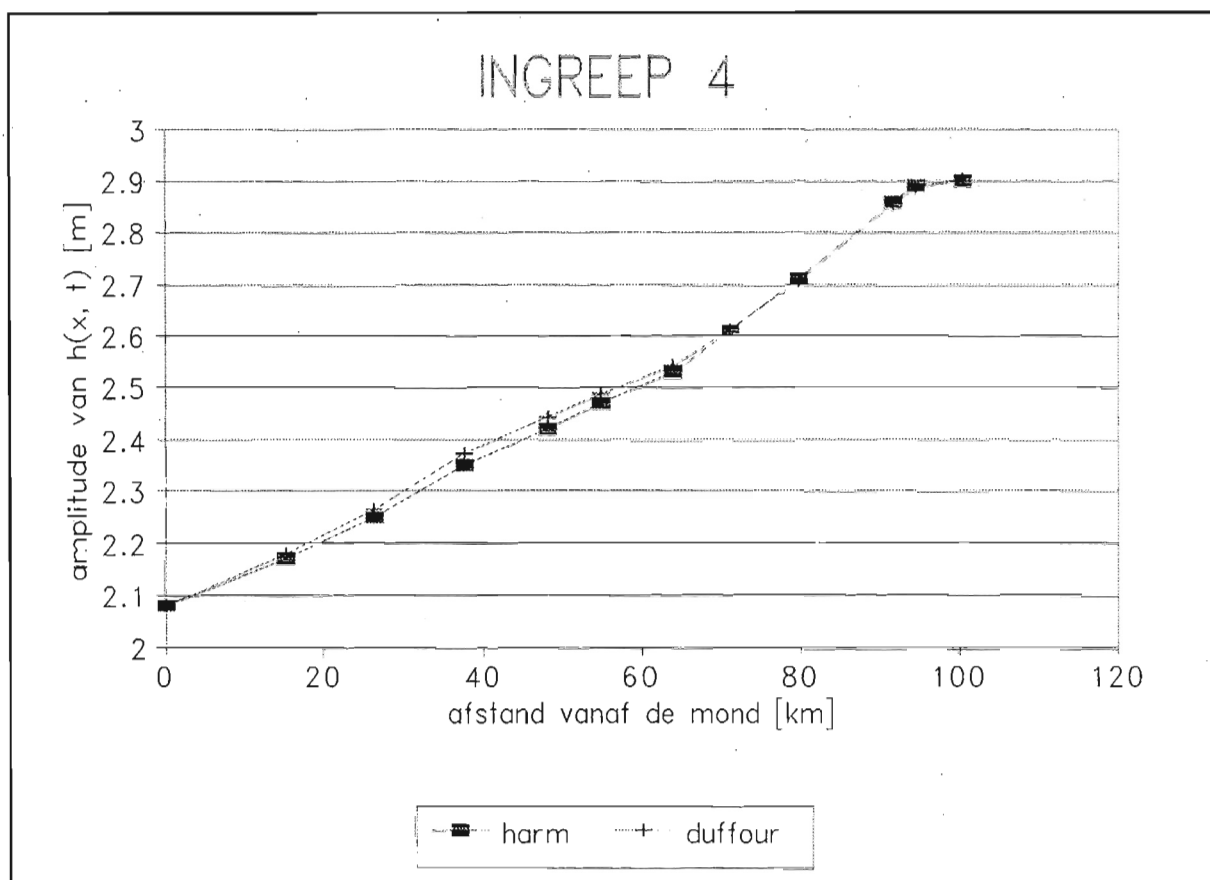


fig.3.8: Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 4)

3.6 Ingreep 5: 20% verdiepen in de vakken 8, 9 en 10

Netwerkvariatie

De vakken 8, 9 en 10 worden 1.7m verdiept ($\pm 20\%$ van de gemiddelde diepte in de vakken 8, 9 en 10 in het model W12).

Tabel 11: ingreep 5

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
8	9.00	10.70
9	8.50	10.20
10	7.50	9.20

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	71235.42
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	50417.64
3	11500.00	3686.00	3684.00	10.00	-	10.27	60.00	36173.60
4	10400.00	4000.00	4000.00	7.50	-	6.83	60.00	22320.70
5	6800.00	1950.00	1948.00	8.50	-	8.10	60.00	13009.57
6	9125.00	1094.00	1092.00	8.50	-	8.39	57.00	8939.28
7	7080.00	674.00	672.00	9.00	-	10.21	60.00	6276.15
8	8600.00	497.00	495.00	10.70	-	10.65	60.00	4570.70
9	11940.00	360.00	358.00	10.20	-	10.61	58.00	2886.02
10	2843.00	329.00	327.00	9.20	-	9.40	57.00	1830.45
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	409.46
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	409.46

Invloed van de ingreep

Een grotere diepte in de vakken 8, 9 en 10 heeft een groter dwarsprofiel en hydraulische straal in deze vakken tot gevolg. Hierbij wordt de relatieve invloed van de weerstand kleiner, waardoor het verhang in deze zone afneemt (zie vergelijking (4)). De faseverschuiving zal dus ook afnemen. Door de gewijzigde functies tussen de knopen 8 en 11 verandert de amplitude van de waterstand in de overige vakken ook enigszins.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.18E+00	-209.17	8.46E+04	-128.25	5.78E+04	-134.94
2	2.18E+00	-209.17	2.27E+00	-217.02	5.78E+04	-134.94	4.30E+04	-139.02
3	2.27E+00	-217.02	2.39E+00	-223.91	4.30E+04	-139.02	2.93E+04	-142.92
4	2.39E+00	-223.91	2.46E+00	-228.96	2.93E+04	-142.92	1.53E+04	-148.67
5	2.46E+00	-228.96	2.52E+00	-232.03	1.53E+04	-148.67	1.07E+04	-152.17
6	2.52E+00	-232.03	2.61E+00	-238.28	1.07E+04	-152.17	7.16E+03	-155.55
7	2.61E+00	-238.28	2.69E+00	-242.32	7.16E+03	-155.55	5.39E+03	-157.24
8	2.69E+00	-242.32	2.79E+00	-245.44	5.39E+03	-157.24	3.75E+03	-158.67
9	2.79E+00	-245.44	2.92E+00	-249.10	3.75E+03	-158.67	2.02E+03	-159.68
10	2.92E+00	-249.10	2.94E+00	-249.67	2.02E+03	-159.68	1.64E+03	-159.75
11	2.94E+00	-249.67	2.96E+00	-249.78	8.19E+02	-159.75	0.00E+00	0.00
12	2.94E+00	-249.67	2.96E+00	-249.78	8.19E+02	-159.75	0.00E+00	0.00

In fig.3.9 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 5, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

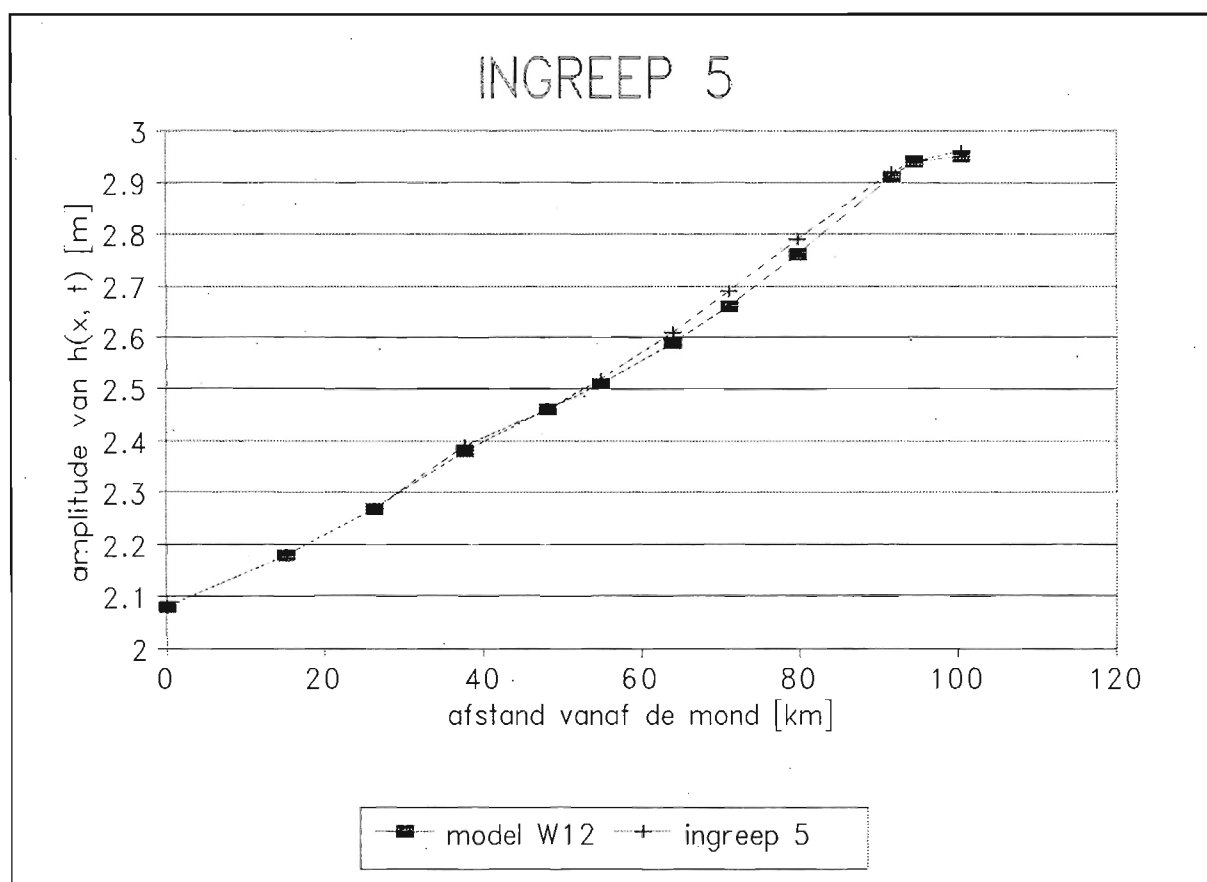


fig.3.9: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 5 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

M.b.v. het programma DUFFOUR is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden berekend. De resultaten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel 12: DUFFOUR resultaten (ingreep 5)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.189	-209.005
3	2.289	-216.698
4	2.409	-223.245
5	2.489	-227.957
6	2.542	-230.894
7	2.621	-237.091
8	2.704	-241.276
9	2.804	-244.611
10	2.945	-248.812
11	2.973	-249.527
12	2.988	-249.627
13	2.987	-249.634

In fig.3.10 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

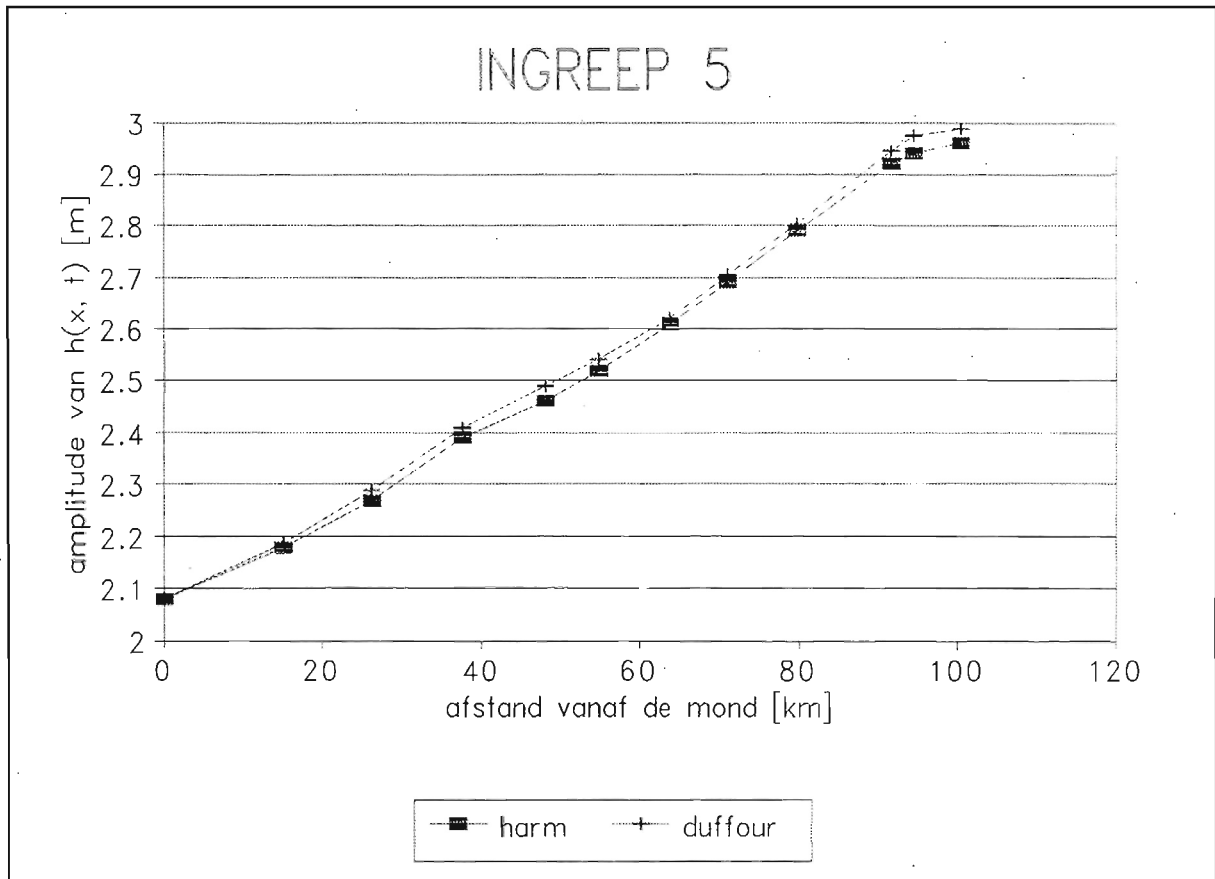


fig.3.10: Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 5)

3.7 Ingreep 6: 10% verondiepen in de vakken 8, 9 en 10

Netwerkvariatie

De vakken 8, 9 en 10 worden 1m verondiept ($\pm 10\%$ van de gemiddelde diepte van de vakken 8, 9 en 10 in het model W12).

Tabel 13: ingreep 6

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
8	9.00	8.00
9	8.50	7.50
10	7.50	6.50

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	70749.08
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	49954.27
3	11500.00	3686.00	3684.00	10.00	-	10.27	60.00	35752.45
4	10400.00	4000.00	4000.00	7.50	-	6.83	60.00	21978.55
5	6800.00	1950.00	1948.00	8.50	-	8.10	60.00	12750.68
6	9125.00	1094.00	1092.00	8.50	-	8.39	57.00	8749.50
7	7080.00	674.00	672.00	9.00	-	10.21	60.00	6150.44
8	8600.00	497.00	495.00	8.00	-	9.27	60.00	4495.64
9	11940.00	360.00	358.00	7.50	-	8.43	58.00	2851.70
10	2843.00	329.00	327.00	6.50	-	7.30	57.00	1814.38
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	405.94
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	405.94

Invloed van de ingreep

Een afname van de diepte in de vakken 8, 9 en 10 heeft een kleiner dwarsprofiel en hydraulische straal in deze vakken tot gevolg (bij een iets kleiner debiet in het hele netwerk). Hierbij neemt de invloed van de weerstand in deze vakken toe en wordt het verval groter, dus zal ook de faseverschuiving toenemen. In de overige vakken verandert de amplitude van de waterstand als gevolg van de gewijzigde omstandigheden tussen de knopen 8 en 11.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.18E+00	-209.04	8.41E+04	-128.24	5.74E+04	-135.02
2	2.18E+00	-209.04	2.27E+00	-216.78	5.74E+04	-135.02	4.26E+04	-139.24
3	2.27E+00	-216.78	2.38E+00	-223.56	4.26E+04	-139.24	2.89E+04	-143.44
4	2.38E+00	-223.56	2.45E+00	-228.52	2.89E+04	-143.44	1.50E+04	-150.14
5	2.45E+00	-228.52	2.50E+00	-231.53	1.50E+04	-150.14	1.05E+04	-154.54
6	2.50E+00	-231.53	2.57E+00	-237.70	1.05E+04	-154.54	7.01E+03	-159.44
7	2.57E+00	-237.70	2.64E+00	-241.79	7.01E+03	-159.44	5.29E+03	-162.58
8	2.64E+00	-241.79	2.73E+00	-248.21	5.29E+03	-162.58	3.70E+03	-165.78
9	2.73E+00	-248.21	2.88E+00	-256.74	3.70E+03	-165.78	2.00E+03	-168.14
10	2.88E+00	-256.74	2.92E+00	-258.21	2.00E+03	-168.14	1.62E+03	-168.28
11	2.92E+00	-258.21	2.93E+00	-258.32	8.12E+02	-168.28	0.00E+00	0.00
12	2.92E+00	-258.21	2.93E+00	-258.32	8.12E+02	-168.28	0.00E+00	0.00

In fig.3.11 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 6, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

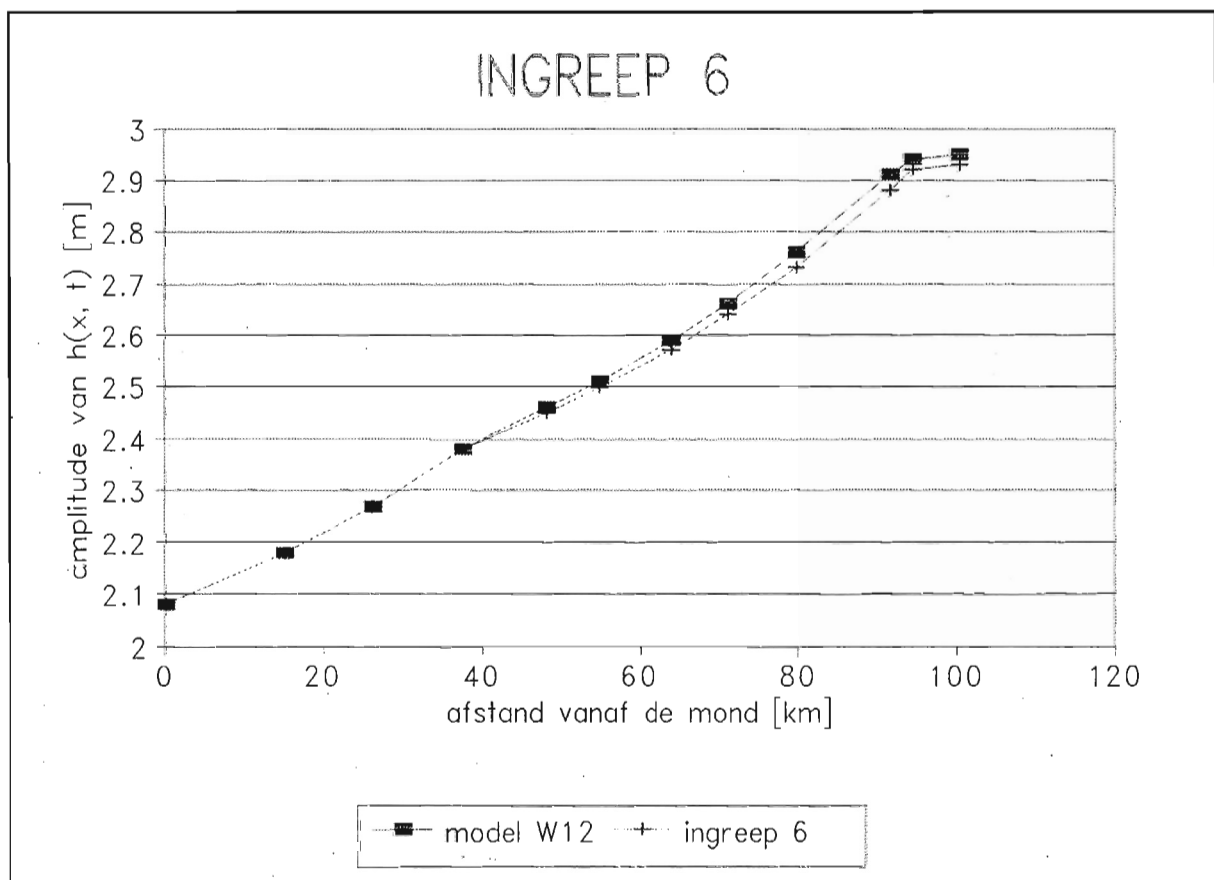


fig.3.11: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 6 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

In de onderstaande tabel is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden, berekend m.b.v. het programma DUFFOUR, weergegeven.

Tabel 14: DUFFOUR resultaten (ingreep 6)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.187	-208.905
3	2.284	-216.519
4	2.401	-222.986
5	2.478	-227.601
6	2.527	-230.430
7	2.593	-236.252
8	2.657	-240.170
9	2.739	-246.447
10	2.879	-255.625
11	2.914	-257.474
12	2.928	-257.564
13	2.928	-257.571

In fig.3.12 worden de HARM en de DUFFOUR resultaten voor $\hat{h}$ vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

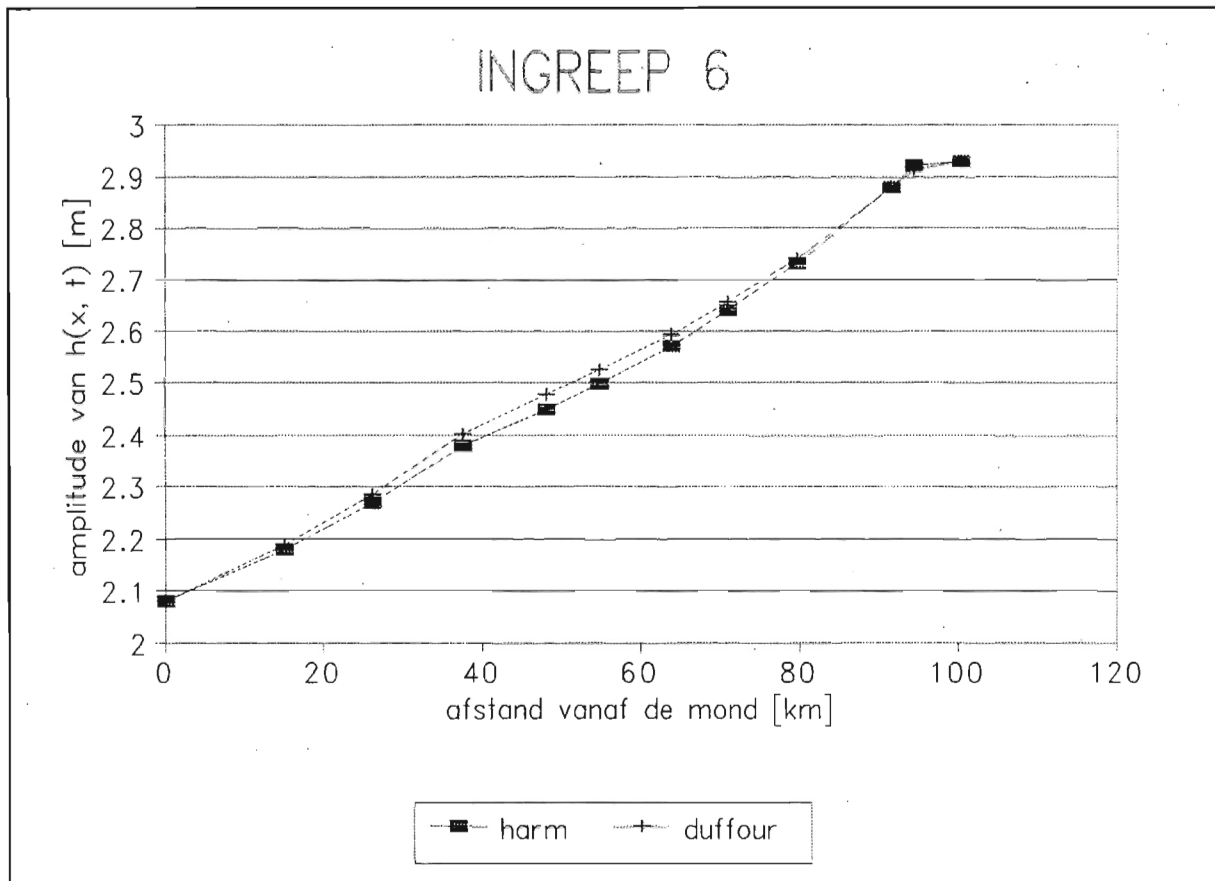


fig.3.12: Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 6)

3.8 Ingreep 7: combinatie van ingreep 3 en 6

Netwerkvariatie

De vakken 3, 4, 5, 6 en 7 worden 20% verdiept (1.7m) en de vakken 8, 9 en 10 worden 10% verondiept (1m).

Tabel 15: ingreep 7

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
3	10.00	11.70
4	7.50	9.20
5	8.50	10.20
6	8.50	10.20
7	9.00	10.70
8	9.00	8.00
9	8.50	7.50
10	7.50	6.50

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	72224.09
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	51077.84
3	11500.00	3686.00	3684.00	11.70	-	11.45	60.00	36538.62
4	10400.00	4000.00	4000.00	9.20	-	7.82	60.00	22436.93
5	6800.00	1950.00	1948.00	10.20	-	8.81	60.00	12995.52
6	9125.00	1094.00	1092.00	10.20	-	9.12	57.00	8899.61
7	7080.00	674.00	672.00	10.70	-	10.94	60.00	6245.04
8	8600.00	497.00	495.00	8.00	-	9.27	60.00	4562.66
9	11940.00	360.00	358.00	7.50	-	8.43	58.00	2894.09
10	2843.00	329.00	327.00	6.50	-	7.30	57.00	1841.34
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	411.97
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	411.97

Invloed van de ingreep

De invloed van de ingrepen 3 en 6 is in 3.4 en 3.7 respectievelijk vastgesteld. De invloed van ingreep 7 is een combinatie van de invloed van de ingrepen 3 en 6. De afname van de relatieve invloed van de weerstand als gevolg van de verdieping is iets kleiner dan bij ingreep 3 door de verondieping in de vakken 8, 9 en 10. De afname van het verhang en de toename van de faseverschuiving in de gewijzigde vakken t.o.v. het basismodel W12 is vergeleken met ingreep 3 voor een deel gecompenseerd.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.19E+00	-209.31	8.58E+04	-126.72	5.86E+04	-132.59
2	2.19E+00	-209.31	2.30E+00	-217.16	5.86E+04	-132.59	4.35E+04	-135.78
3	2.30E+00	-217.16	2.42E+00	-221.72	4.35E+04	-135.78	2.96E+04	-138.71
4	2.42E+00	-221.72	2.49E+00	-224.69	2.96E+04	-138.71	1.53E+04	-143.72
5	2.49E+00	-224.69	2.54E+00	-226.68	1.53E+04	-143.72	1.07E+04	-147.21
6	2.54E+00	-226.68	2.61E+00	-230.74	1.07E+04	-147.21	7.12E+03	-151.45
7	2.61E+00	-230.74	2.68E+00	-233.55	7.12E+03	-151.45	5.37E+03	-154.49
8	2.68E+00	-233.55	2.77E+00	-240.06	5.37E+03	-154.49	3.75E+03	-157.74
9	2.77E+00	-240.06	2.93E+00	-248.71	3.75E+03	-157.74	2.03E+03	-160.13
10	2.93E+00	-248.71	2.96E+00	-250.20	2.03E+03	-160.13	1.65E+03	-160.28
11	2.96E+00	-250.20	2.97E+00	-250.31	8.24E+02	-160.28	0.00E+00	0.00
12	2.96E+00	-250.20	2.97E+00	-250.31	8.24E+02	-160.28	0.00E+00	0.00

In fig.3.13 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 7, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

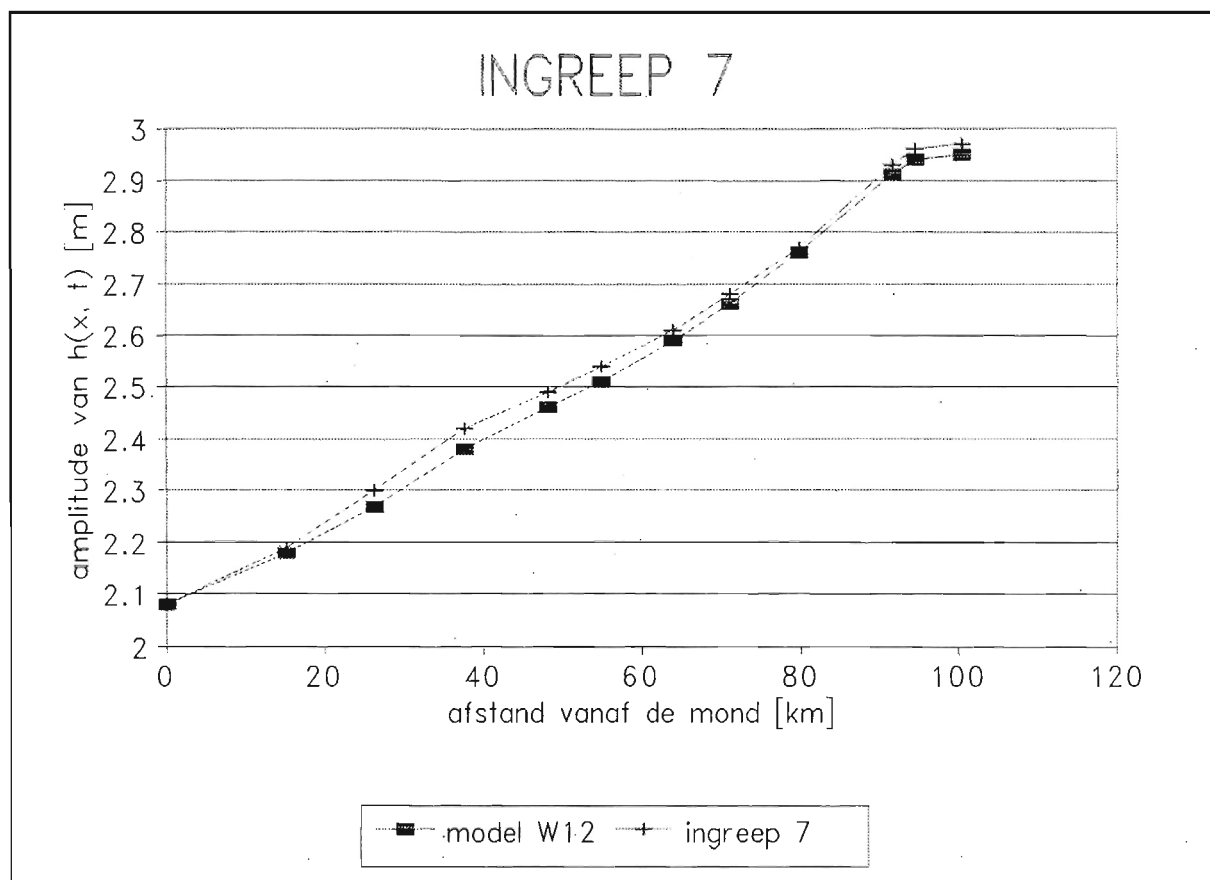


fig.3.13: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 7 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

In de onderstaande tabel is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden (ingreep 7) weergegeven.

Tabel 16: DUFFOUR resultaten (ingreep 7)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.08	-198.640
2	2.200	-209.120
3	2.314	-216.833
4	2.433	-221.286
5	2.509	-224.181
6	2.559	-226.086
7	2.633	-229.970
8	2.698	-232.673
9	2.779	-239.086
10	2.918	-248.452
11	2.953	-250.341
12	2.968	-250.436
13	2.967	-250.443

In fig.3.14 worden de resultaten van de berekeningen met HARM en DUFFOUR vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

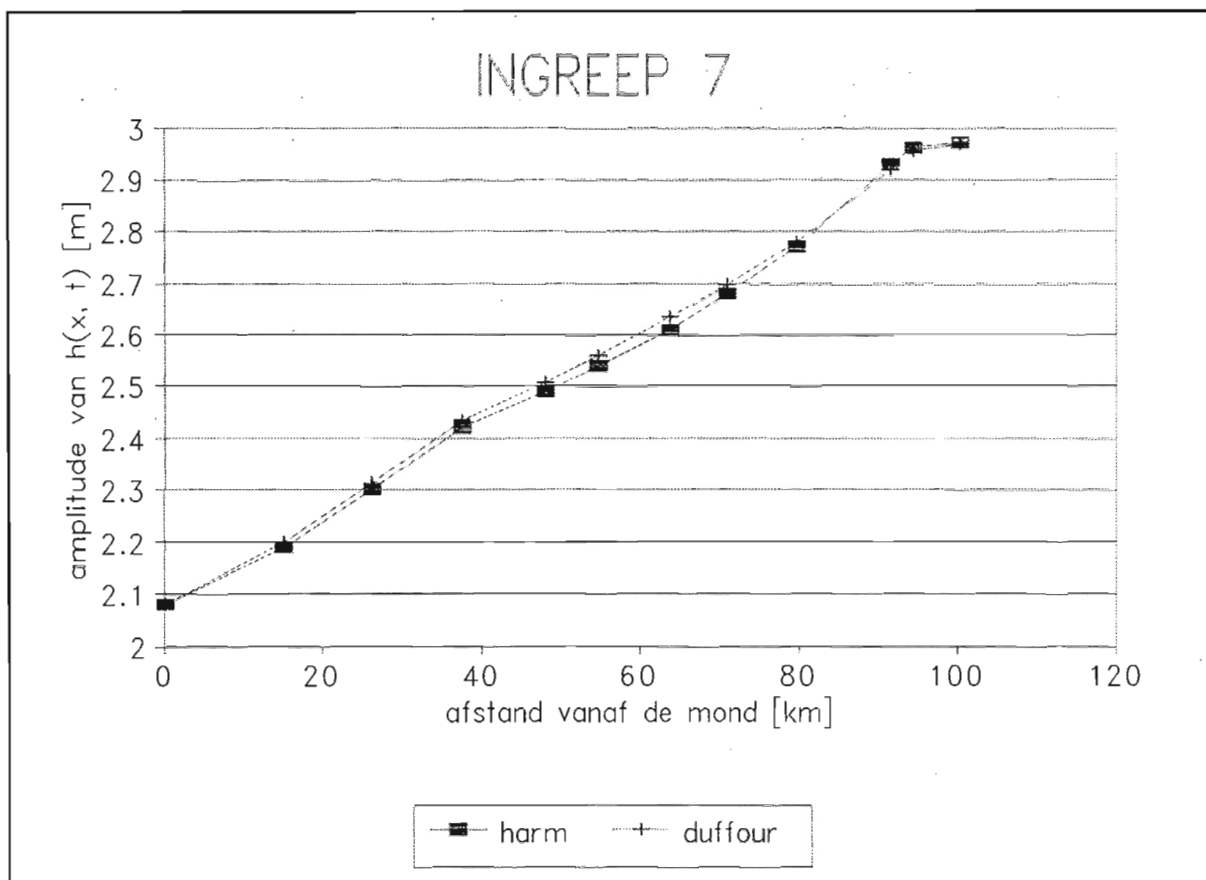


fig.3.14: Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 7)

3.9 Ingreep 8: - 20% verdiepen in de vakken 3, 4, 5, 6 en 7
- 20% verondiepen in vak 2

Netwerkvariatie

De vakken 3, 4, 5, 6 en 7 worden 20% verdiept (1.7m) en vak 2 wordt 20% verondiept (2.2m).

Tabel 17: ingreep 3

Vak	diepte in model W12 [m]	diepte na ingreep [m]
2	11.00	8.80
3	10.00	11.70
4	7.50	9.20
5	8.50	10.20
6	8.50	10.20
7	9.00	10.70

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	70995.07
2	11000.00	4434.00	4431.00	8.80	-	10.52	56.00	50354.54
3	11500.00	3686.00	3684.00	11.70	-	11.45	60.00	36107.74
4	10400.00	4000.00	4000.00	9.20	-	7.82	60.00	22217.64
5	6800.00	1950.00	1948.00	10.20	-	8.81	60.00	12904.01
6	9125.00	1094.00	1092.00	10.20	-	9.12	57.00	8848.20
7	7080.00	674.00	672.00	10.70	-	10.94	60.00	6210.01
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4531.59
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2869.12
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1822.97
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	407.83
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	407.83

Invloed van de ingreep

Door het verdiepen neemt de relatieve invloed van de weerstand af. Door het verondiepen neemt de relatieve invloed van de weerstand toe. Deze twee tegengestelde invloeden heffen elkaar bijna op, zodat de oplossing niet veel zal afwijken van die voor model W12.

HARM berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.17E+00	-209.19	8.43E+04	-129.52	5.77E+04	-136.82
2	2.17E+00	-209.19	2.26E+00	-222.33	5.77E+04	-136.82	4.30E+04	-140.53
3	2.26E+00	-222.33	2.38E+00	-226.84	4.30E+04	-140.53	2.92E+04	-143.25
4	2.38E+00	-226.84	2.45E+00	-229.78	2.92E+04	-143.25	1.52E+04	-147.70
5	2.45E+00	-229.78	2.51E+00	-231.74	1.52E+04	-147.70	1.06E+04	-150.69
6	2.51E+00	-231.74	2.58E+00	-235.77	1.06E+04	-150.69	7.08E+03	-154.11
7	2.58E+00	-235.77	2.65E+00	-238.50	7.08E+03	-154.11	5.34E+03	-156.37
8	2.65E+00	-238.50	2.76E+00	-243.26	5.34E+03	-156.37	3.72E+03	-158.69
9	2.76E+00	-243.26	2.90E+00	-249.39	3.72E+03	-158.69	2.01E+03	-160.38
10	2.90E+00	-249.39	2.93E+00	-250.42	2.01E+03	-160.38	1.63E+03	-160.49
11	2.93E+00	-250.42	2.94E+00	-250.52	8.16E+02	-160.49	0.00E+00	0.00
12	2.93E+00	-250.42	2.94E+00	-250.52	8.16E+02	-160.49	0.00E+00	0.00

In fig.3.15 wordt de amplitude van de waterstand na ingreep 8, berekend m.b.v. het programma HARM, vergeleken met die verkregen voor model W12 (zie tabel 1, hoofdstuk 2).

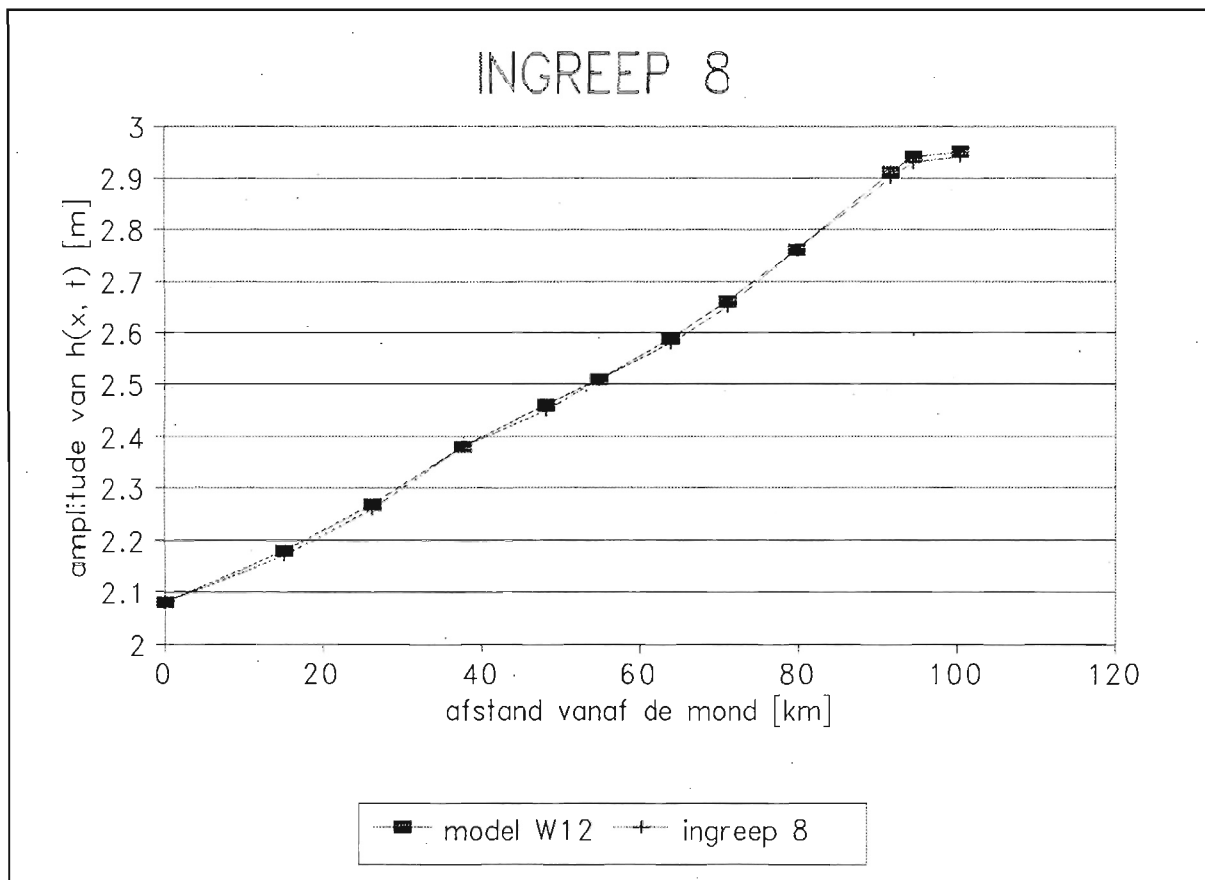


fig.3.15: Amplitude van de waterstand ($\hat{h}$) voor ingreep 8 en basismodel W12

DUFFOUR resultaten

In de onderstaande tabel is de eerste (overheersende) harmonische component van de Fourierontwikkeling van de waterstanden (ingreep 8) weergegeven.

Tabel 18: DUFFOUR resultaten (ingreep 8)

knoop	amplitude [m]	fase [°]
1	2.080	-198.640
2	2.179	-209.019
3	2.277	-221.934
4	2.397	-226.323
5	2.474	-229.186
6	2.526	-231.092
7	2.606	-235.024
8	2.677	-237.756
9	2.775	-242.715
10	2.927	-249.533
11	2.960	-250.799
12	2.975	-250.897
13	2.974	-250.904

In fig.3.16 worden de resultaten van de berekeningen met HARM en DUFFOUR vergeleken. Uit de figuur volgt dat de resultaten goed met elkaar overeenkomen.

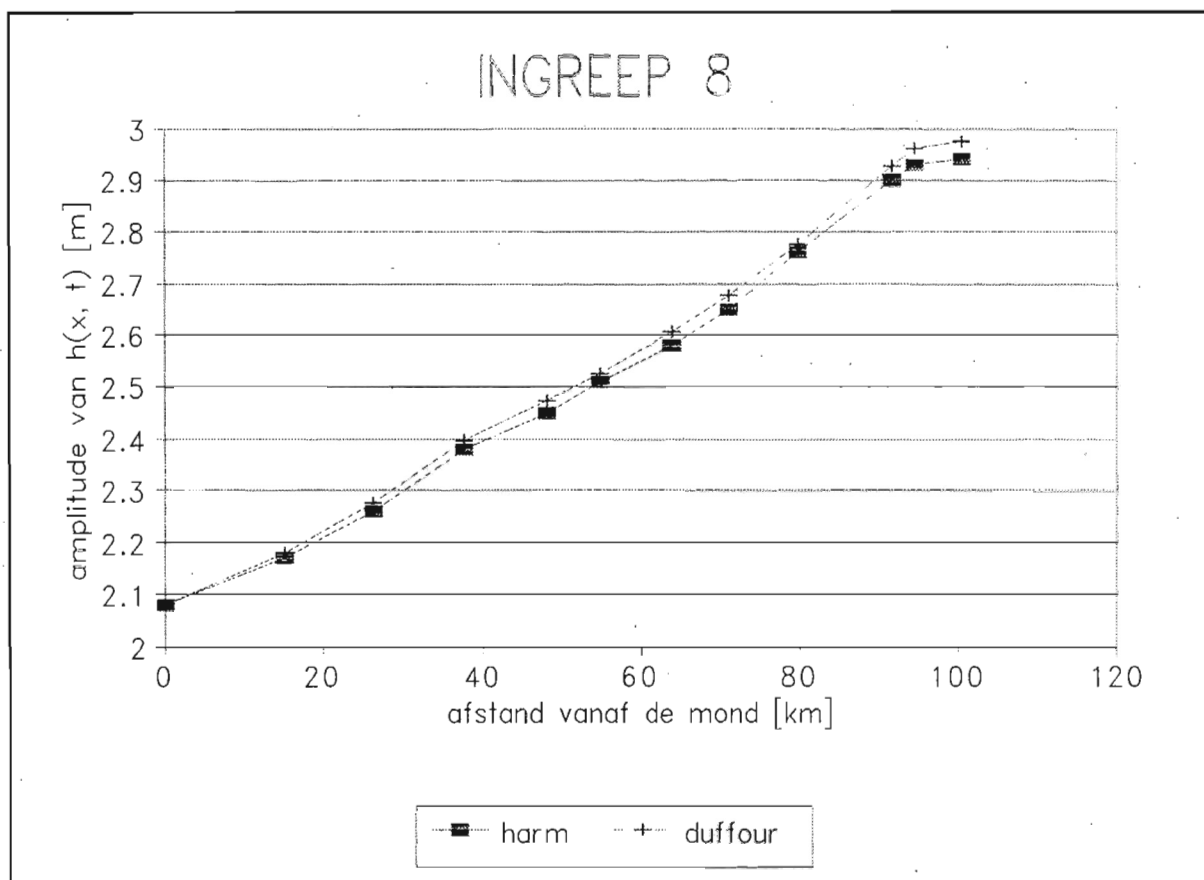


fig.3.16: Vergelijking HARM en DUFFOUR resultaten (ingreep 8)

4 TRECOS WESTERSCHELDE

4.1 TRECOS versus losse programma's

In dit hoofdstuk worden twee representatieve ingrepen uit hoofdstuk 3 uitgevoerd met TRECOS (Tidalpropagation in Rivers and Estuaries with Computer Organized Simulations). Hiermee is gecontroleerd of met de user interface TRECOS dezelfde uitkomsten worden verkregen als met de losse programma's zoals beschreven in hoofdstuk 2 en 3.

De voordelen van het gebruik van TRECOS t.o.v. het gebruik van de verschillende losse programma's worden eerst kort genoemd.

- Wijzigingen in het netwerk zijn makkelijk in te voeren. In TRECOS wordt de verandering in het netwerk ingevoerd in twee stappen (keuze van de vakken waar de ingreep plaatsvindt en soort en grootte van de ingreep) onder de keuze "wijzigen parameterwaarden" in het hoofdmenu. Indien gebruik wordt gemaakt van losse programma's moet een gewijzigde *.net file worden ingelezen in het programma DUFLOW.
 - Een oplossing met het programma HARM kan op minstens drie verschillende momenten worden opgeroepen d.m.v. de knop F2. De HARM uitvoer kan worden geraadpleegd voor het maken van voorspellingen, maar geeft ook aan of een nieuwe ingreep nuttig is en dus of de simulatie daarvan zin heeft. Deze faciliteit kan het totaal aantal ingrepen sterk beperken.
 - De uitvoer van het programma HARM kan op het scherm worden weergegeven voor steeds twee verschillende berekeningen (current/basic of current/previous). De drie uitgevoerde berekeningen en die voor een nieuwe ingreep kunnen dan goed met elkaar worden vergeleken.
 - Het voorspellen van de invloed van de ingreep vóórdat een simulatie wordt uitgevoerd is verplicht. Dit leidt tot het opbouwen van inzicht en begrip. Bij het gebruik van losse programma's is er geen zekerheid dat de gebruiker voorspellingen doet.
 - Na de simulatie kunnen 5 waterstands- of debietcurves op het scherm worden weergegeven op zelf gekozen knooppunten. Ook kan de waterstandscurve in een knooppunt na een ingreep worden vergeleken met die uit het model W12. Het voorgaande is nuttig voor het verkrijgen van overzicht en inzicht in het fysische verschijnsel.
- Het bovenstaande is ook mogelijk met het losse programma PAGRAPH, maar kost dan uiteraard meer tijd.

- Door TRECOS wordt de tijd benodigd voor een volledige pro-bleemanalyse cyclus beperkt tot 10 minuten, met als gevolg dat de onderzoeker meer geconcentreerd kan werken.

M.b.v. de losse programma's duurt een cyclus globaal 30-45 minuten.

- In de user interface TRECOS is op elk moment een overzicht aan te roepen waarin vermeld wordt welke ingreep uitgevoerd is en welke waarden voorspeld zijn.

- In de grafiek van de versterkingsfactor (G) uitgezet tegen s_2 (bekkenlengte/golflengte verhouding) voor verschillende waarden van s_1 (relatieve weerstand) worden met verschillende kleuren en symbolen de basisberekening, de vorige, de huidige samen met een nieuwe berekening weergegeven. Hiermee kan een nuttige volgende ingreep worden bedacht welke tot een gewenst punt (versterking) in de grafiek leidt. Deze mogelijkheid is uniek de user interface TRECOS.

De conclusie die uit het bovenstaande volgt is dat m.b.v. het programma TRECOS een basisanalyse efficiënt en snel kan worden uitgevoerd.

Voor een nadere beschrijving van de user interface TRECOS zie ref[1].

4.2 Ingreep 3 met TRECOS

In deze paragraaf wordt ingreep 3 uit hoofdstuk 3 met TRECOS uitgevoerd.

Wijzigen parameterwaarden

De secties 3 t/m 7 worden onder de keuze "Wijzigen parameterwaarden" 1.7m verdiept.

Hierna is gecontroleerd of de HARM oplossing (F_2) overeenkwam met die in paragraaf 3.4. Het enige verschil is dat Q_{gem} berekend met de user interface TRECOS iets groter is dan de gevonden waarden in 3.4.

Voorspellen invloed parameters

Bij dit punt moeten de getijverhouding en het kenmerkende debiet worden voorspeld. Ter ondersteuning van de te maken voorspellingen kan gebruik worden gemaakt van de HARM uitvoer.

De getijverhouding wordt voorspeld in knoop 9 (Antwerpen). De secties 3 t/m 7 worden verdiept waardoor de invloed van de relatieve weerstand afneemt. De getijverhouding G zal dus groter zijn dan bij model W12.

Model W12	
knoop 9	$\hat{h} = 2.76\text{m}$
knoop 1	$\hat{h} = 2.08\text{m}$

Hieruit volgt: $G' = 2.76/2.08 = 1.327$

ingreep 3	
knoop 9	$\hat{h} = 2.80\text{m}$
knoop 1	$\hat{h} = 2.08\text{m}$

Hieruit volgt: $G'' = 2.80/2.08 = 1.347$ ($G'' > G'$)

Na de simulatie is G hier gedefinieerd als de verhouding tussen het getijverschil in knoop 9 en in knoop 1. De met DUFLOW gevonden waarde is steeds groter dan de berekende waarde met HARM. Geschat wordt: $G=1.5$.

Het kenmerkende debiet wordt voorspeld in vak 1. De HARM uitvoer geeft in dit vak $\hat{Q}_{\text{gem}} \approx 72500\text{m}^3/\text{s}$. Met de opgedane ervaring wordt geschat: $Q = 70000\text{m}^3/\text{s}$.

Interpretatie resultaten

- Vergelijking resultaten met voorspelling

Gekozen knooppunt: 9		
Gekozen sectie : 1		
	G	Qdak
Voorspelde waarde	1.50	70000
Waarde na simulatie	1.51	70085

- Speciale plots

De relatieve invloed van de weerstand neemt af, waardoor ook het verhang afneemt t.o.v. het model W12 (zie vergelijking (4)) en dus ook de faseverschuiving. Dit is te zien in de speciale plots ($H(t)$ en H_{mid} voor en na de simulatie). De afname in faseverschuiving is vanaf knoop 5 merkbaar.

• Strategie nieuwe ingreep

M.b.v. F3 kan de grafiek van de versterkingsfactor uitgezet tegen s2 worden opgeroepen. In deze figuur is te zien dat het blauwe symbool ("current", ingreep 3) t.o.v. het groene symbool (basis berekening) naar boven en naar links is verschoven. De versterkingsfactor is toegenomen t.o.v. de basisberekening. De relatieve invloed van de weerstand is afgenomen (s1) en als gevolg hiervan is het symbool naar boven verschoven. De formule voor s2 (bekkenlengte/golflengte verhouding):

$$s_2 = \frac{2\pi L}{\lambda} = \frac{\omega L}{c} = \omega L \sqrt{\left(\frac{1}{gA_s}\right)_{gem} B}$$

A_s wordt groter (verdieping) dus s2 wordt kleiner. Dit verklaart de verschuiving van het symbool naar links.

Uit de figuur is voor ingreep 3 af te lezen:

s1 = 1.5
s2 = 1.01
G = 1.33

t.o.v. de waarden voor model W12:

s1 = 1.7
s2 = 1.03
G = 1.19

Deze waarden kunnen ook worden berekend m.b.v. de uitvoer van het programma HARM D. Hiervoor wordt verwezen naar Bijlage X.

4.3 Ingereep 8 met TRECOS

In deze paragraaf wordt gezocht naar een compenserende maatregel die de hogere versterkingsfactor uit paragraaf 4.2 kan compenseren. Hiervoor wordt in eerste instantie ingreep 8 uit hoofdstuk 3 gebruikt.

Wijzigen parameterwaarden

Naast de verdieping van 1.7m van de secties 3 t/m 7 wordt sectie 2 2.2m (20%) verondiept.

De HARM oplossing is bijna gelijk aan die gevonden in paragraaf 3.8. Het enige verschil is dat Q_{gem} berekend met de user interface TRECOS iets groter is.

x

Voorspellen invloed parameters

De getijverhouding wordt voorspeld in knoop 9 (Antwerpen). Voorspeld wordt dat G kleiner is dan bij ingreep 3 (paragraaf 4.2) door de verondieping van sectie 2, maar wel groter dan bij model W12.

ingreep 8	
knoop 9	$\hat{h} = 2.76\text{m}$
knoop 1	$\hat{h} = 2.08\text{m}$

Hieruit volgt: $G'' = 2.76/2.08 = 1.327$ ($G''' = G'$)

De met de DUFLOW-resultaten gedefinieerde versterkingsfactor is door de vervormingen groter dan de berekende waarde met HARM. Geschat wordt: $G = 1.4$.

Het kenmerkende debiet wordt weer voorspeld in vak 1. De HARM oplossing geeft in dit vak $Q_{\text{gem}} \approx 71000\text{m}^3/\text{s}$. Geschat wordt: $Q'' = 69000\text{m}^3/\text{s}$.

Interpretatie resultaten

- Vergelijking resultaten met voorspelling

Gekozen knooppunt: 9		
Gekozen sectie : 1		
	G	Qdak
Voorspelde waarde	1.40	69000
Waarde na simulatie	1.49	69104

- Strategie nieuwe ingreep

M.b.v F3 wordt de grafiek van de versterkingsfactor opgeroepen. In deze figuur is te zien dat het blauwe symbool ("current", ingreep 8) t.o.v. het rode symbool ("previous", ingreep 3) naar beneden en naar rechts is verplaatst. De relatieve invloed van de weerstand (s1) is toegenomen t.o.v. ingreep 3. Dit verklaart de verschuiving naar beneden van het blauwe symbool t.o.v. het rode symbool. De bekkenlengte/golflengte verhouding (s2) is groter geworden. Dit verklaart de verschuiving naar rechts.

De versterkingsfactor is kleiner geworden dan in paragraaf 4.2, maar is nog steeds groter dan bij de basisberekening (model W12).

Uit de figuur is voor ingreep 8 af te lezen:

s1 = 1.55
s2 = 0.97
G = 1.28

Een betere benadering van de oorspronkelijk bestaande versterkingsfactor (model W12) kan worden verkregen door sectie 2 sterker te verondiepen (bv met 3.2m). Hier is gekozen om een oplossing te vinden door sectie 1 ook 20% te verondiepen (met 2.4m) (deze ingreep kan worden ingevoerd met F4-new onder het punt "strategie nieuwe ingreep"). Uit de grafiek wordt voor deze ingreep gelezen:

s1 = 1.60
s2 = 1.02
G = 1.25

Deze uitkomsten komen al meer in de buurt van die voor model W12.

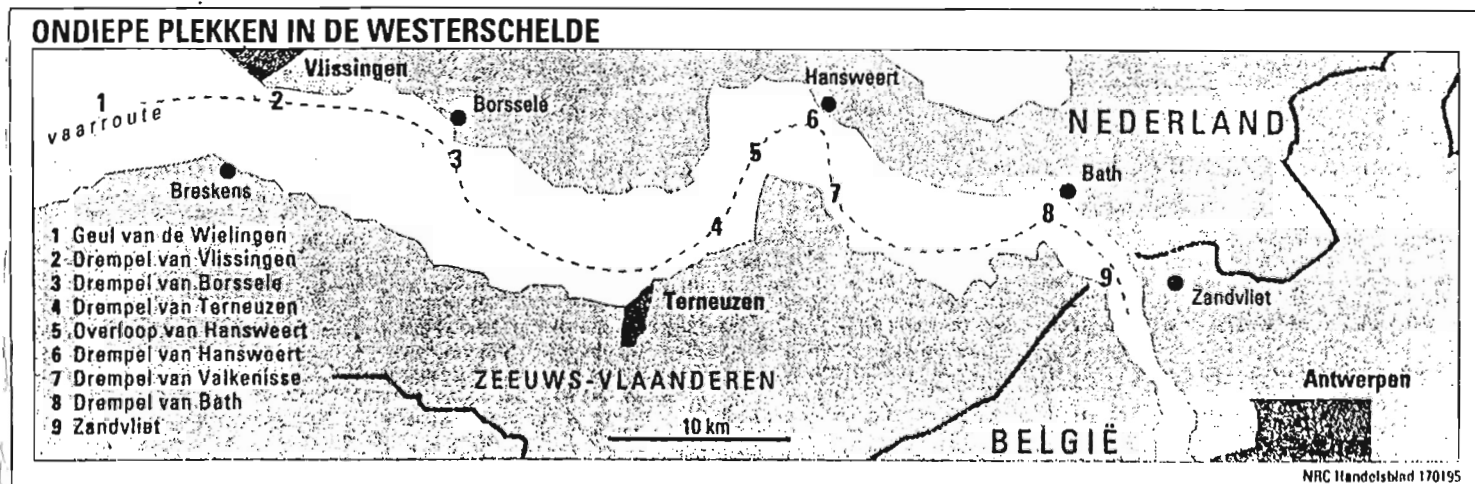
5 CONCLUSIES

In dit hoofdstuk worden de conclusies, die uit het onderzoek volgen kort genoemd.

- Het onderzochte netwerk is gevoelig voor kleine ingrepen.
- Het verdiepen van een aantal vakken leidt tot een kleinere relatieve invloed van de weerstand in deze vakken, waardoor ook het verhang afneemt. Het verval wordt kleiner, dus neemt de faseverschuiving af. Hierbij neemt de opslingering toe (zie hoofdstuk 3, ingrepen 1, 3 en 5).
- Verondiepen heeft een tegengestelde invloed. De relatieve invloed van de weerstand wordt groter, waardoor het verhang toeneemt. Het verval wordt groter, de faseverschuiving neemt toe. Hierbij wordt de opslingering kleiner (zie hoofdstuk 3, ingrepen 2, 4 en 6).
- Een combinatie van verdiepen en verondiepen kan leiden tot een model die bijna niet afwijkt van het bestaande model (zie hoofdstuk 3, ingrepen 7 en 8).
- M.b.v. de user interface TRECOS WESTERSCHELDE kan een basisanalyse efficiënt en snel worden uitgevoerd (zie hoofdstuk 4).

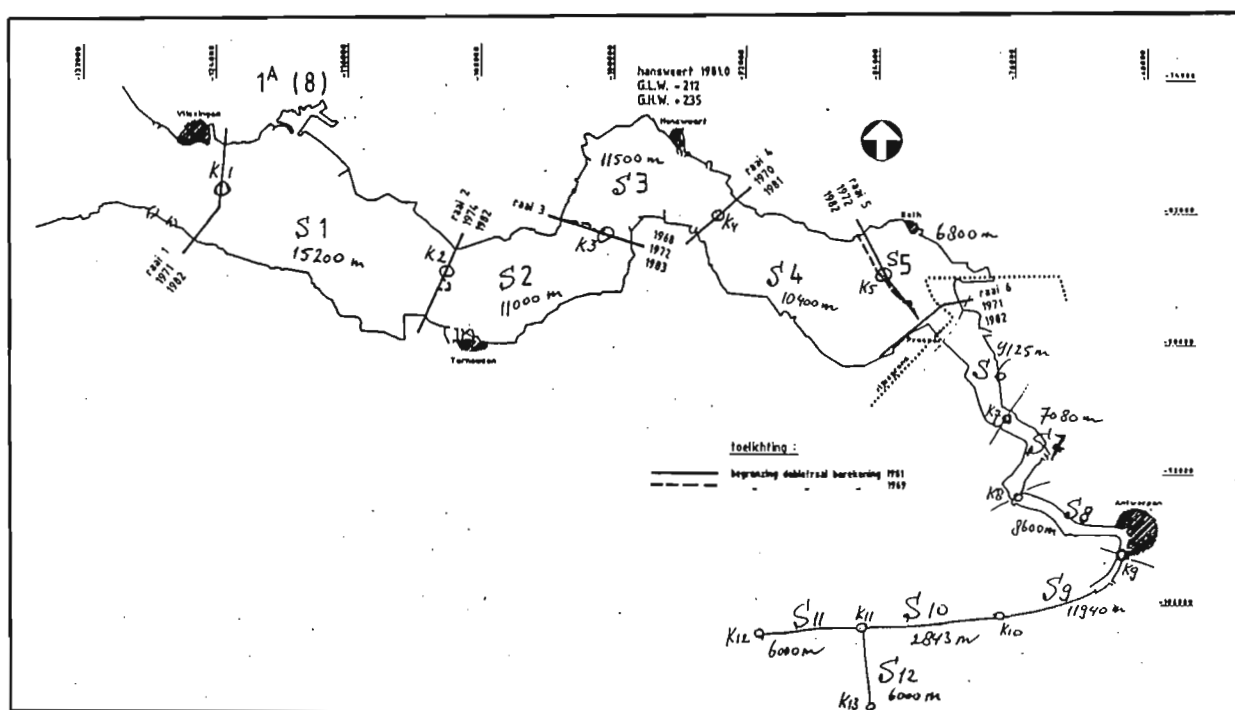
BIJLAGE I

HOOFDVAARGEUL EN DREMPELS IN DE WESTERSCHELDE



BIJLAGE II

DE WERSTERSCHELDE VERDEELD IN 12 VAKKEN



BIJLAGE III

NETWERKGEGEVENS VAN MODEL W12 VOLGENS BAKPRO-
FIEL

					breedte	gemiddelde diepte	Chézy coëfficiënt		
SECT	1	1	1	2	15200	-12.00	-12.00	53.00	53.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	7.0000	12.000	17.000					
BS	6168.0	6168.0	6168.0	6168.0					
BB	6170.0	6170.0	6170.0	6170.0					
R	8.9600	10.850	12.400	15.290					
SECT	2	2	2	3	11000	-11.00	-11.00	56.00	56.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	5.0000	10.000	15.000					
BS	4431.0	4431.0	4431.0	4431.0					
BB	4434.0	4434.0	4434.0	4434.0					
R	7.9900	8.9400	11.020	14.190					
SECT	3	3	3	4	11500	-10.00	-10.00	60.00	60.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	5.0000	10.000	15.000					
BS	3684.0	3684.0	3684.0	3684.0					
BB	3686.0	3686.0	3686.0	3686.0					
R	8.0400	9.7000	10.270	13.730					
SECT	4	4	4	5	10400	-7.50	-7.50	60.00	60.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	2.5000	7.5000	12.500					
BS	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0					
BB	4000.0	4000.0	4000.0	4000.0					
R	6.9100	7.1700	6.8300	9.7500					
SECT	5	5	5	6	6800	-8.50	-8.50	60.00	60.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	3.5000	8.5000	13.500					
BS	1948.0	1948.0	1948.0	1948.0					
BB	1950.0	1950.0	1950.0	1950.0					
R	6.6500	7.0800	8.1000	10.190					
SECT	6	6	6	7	9125	-8.50	-8.50	57.00	57.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	3.5000	8.5000	13.500					
BS	1092.0	1092.0	1092.0	1092.0					
BB	1094.0	1094.0	1094.0	1094.0					
R	4.1500	5.8300	8.3900	10.540					

SECT	7	7	7	8	7080	-9.00	-9.00	60.00	60.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	4.0000	9.0000	14.000					
BS	672.00	672.00	672.00	672.00					
BB	674.00	674.00	674.00	674.00					
R	4.6800	7.0400	10.210	12.370					

SECT	8	8	8	9	8600	-9.00	-9.00	60.00	60.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	4.0000	9.0000	14.000					
BS	495.00	495.00	495.00	495.00					
BB	497.00	497.00	497.00	497.00					
R	4.1100	6.6600	9.9200	12.060					

SECT	9	9	9	10	11940	-8.50	-8.50	58.00	58.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	3.5000	8.5000	13.500					
BS	358.00	358.00	358.00	358.00					
BB	360.00	360.00	360.00	360.00					
R	2.9300	5.6100	9.1400	13.460					

SECT	10	10	10	11	2843	-7.50	-7.50	57.00	57.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	2.5000	7.5000	12.500					
BS	327.00	327.00	327.00	327.00					
BB	329.00	329.00	329.00	329.00					
R	3.3700	4.8000	7.9200	12.270					

SECT	11	11	11	12	6000	-7.50	-7.50	57.00	57.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	2.5000	7.5000	12.500					
BS	327.00	327.00	327.00	327.00					
BB	329.00	329.00	329.00	329.00					
R	3.3700	4.8000	7.9200	12.270					

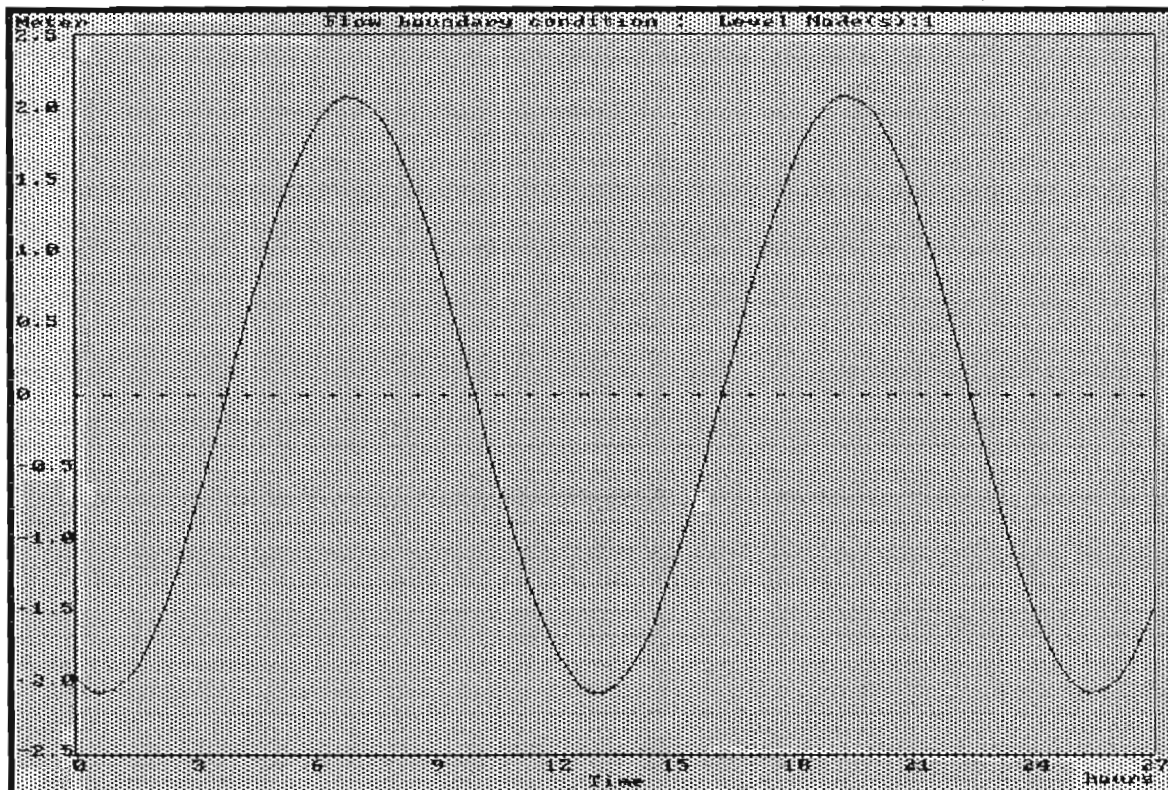
SECT	12	12	11	13	6000	-7.50	-7.50	57.00	57.00
W		180.0	3.6						
H	0.0000	2.5000	7.5000	12.500					
BS	327.00	327.00	327.00	327.00					
BB	329.00	329.00	329.00	329.00					
R	3.3700	4.8000	7.9200	12.270					

Hierin is:

H = diepte t.o.v. de bodem
 BS = stroomvoerende breedte
 BB = bergende breedte
 R = hydraulische straal uit oorspronkelijke schematisatie

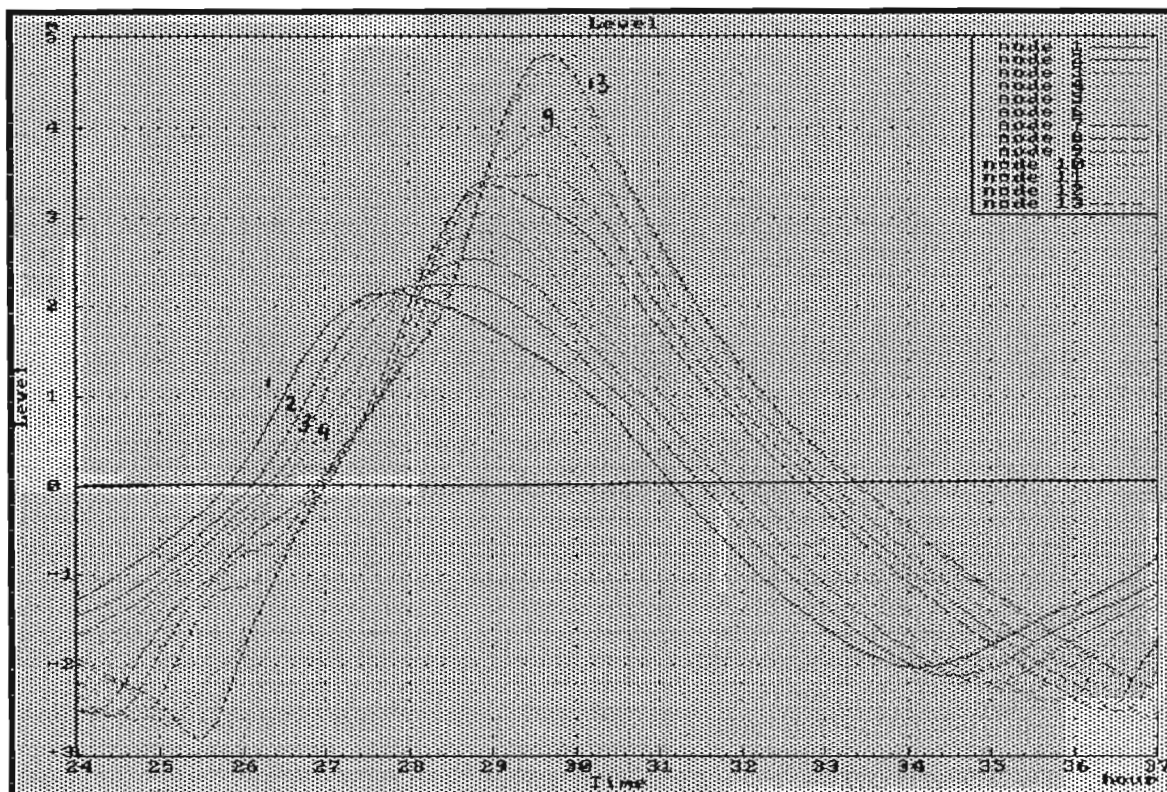
BIJLAGE IV

OPGELEGDE RANDVOORWAARDE IN KNOOP 1



In knoop 1 is een sinusvormig waterstandsverloop met een amplitude van 2.08m en een fasehoek van 198.64° opgelegd.

BIJLAGE Va

WATERSTANDSVARIATIE IN DE TIJD OVER 12 VAKKEN
(MODEL W12)

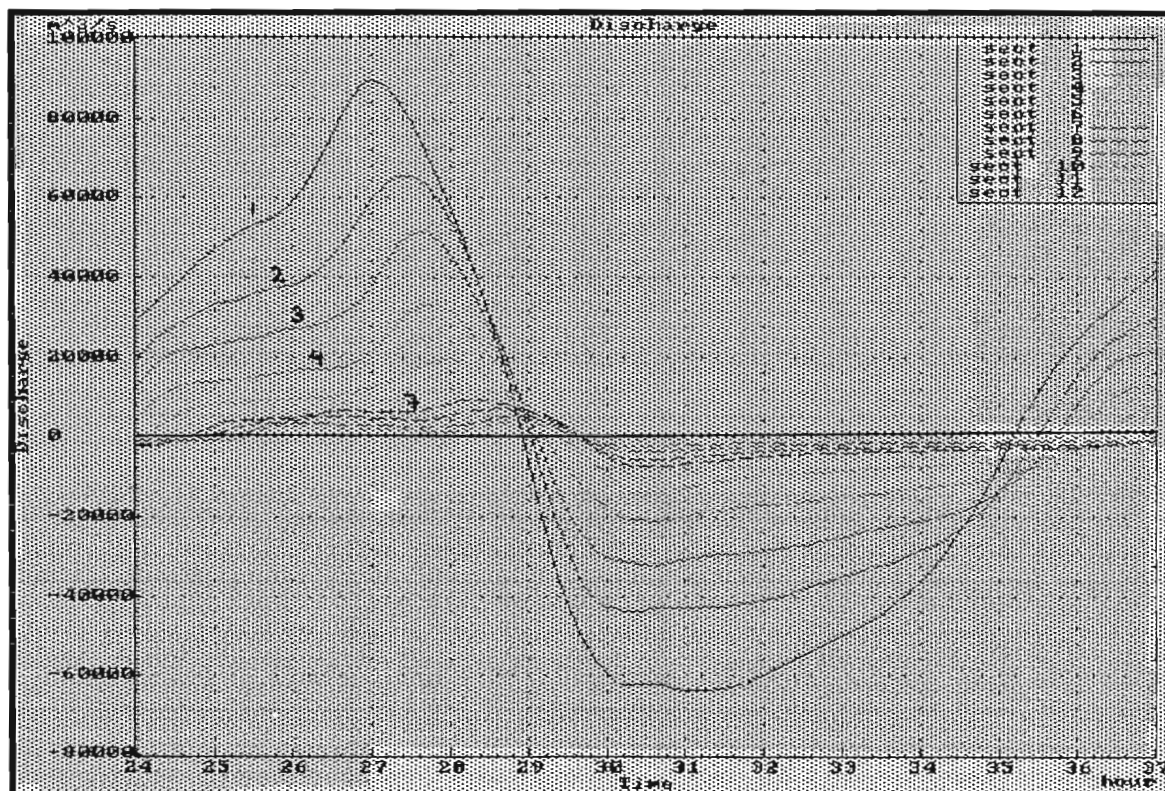
Voor het model W12 zijn als randvoorwaarden de waterstand in knoop 1 (zie Bijlage IV) en de debieten in de knopen 12 en 13 ingevoerd.

De C waarde varieert van $53\text{m}^{1/2}/\text{s}$ tot $60\text{m}^{1/2}/\text{s}$ afhankelijk van de gekozen sectie (zie Bijlage III).

Landinwaarts zijn de functies $h(x_i, t)$ in de tijd verschoven en vervormd. Hieruit volgt respectievelijk dat er sprake is van een zich landinwaarts voortplantende golf (faseverschuiving) en dat het getijverschil (het verschil tussen hoog en laag water) toeneemt (opslingering).

BIJLAGE Vb

DEBIETVARIATIE IN DE TIJD OVER 12 VAKKEN (MODEL W12)



Het getijvolume in de rivier vermindert als functie van de afstand tot de monding.

Bij welke RVW in 1 ?

BIJLAGE VI GEDRAG IN DE TIJD VAN DE DRIE TERMEN UIT DE BEWEGINGSVERGELIJKING

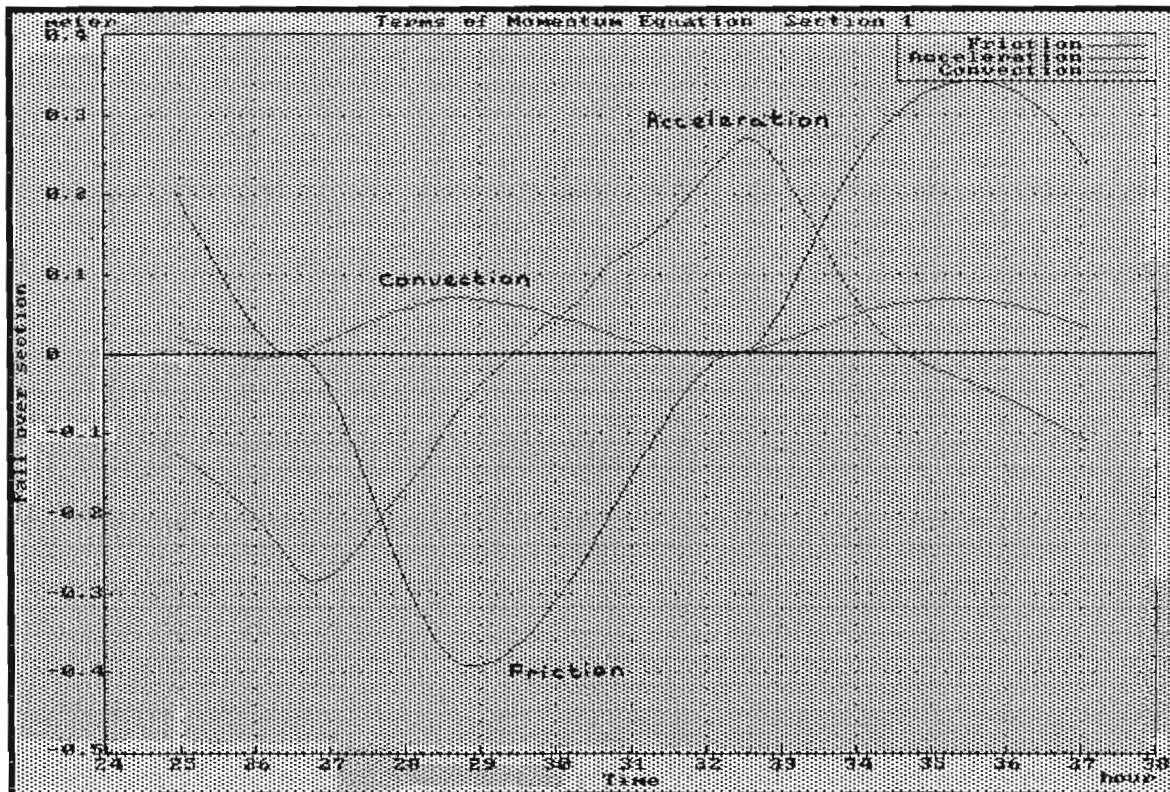


fig.VI.1: Vak 1

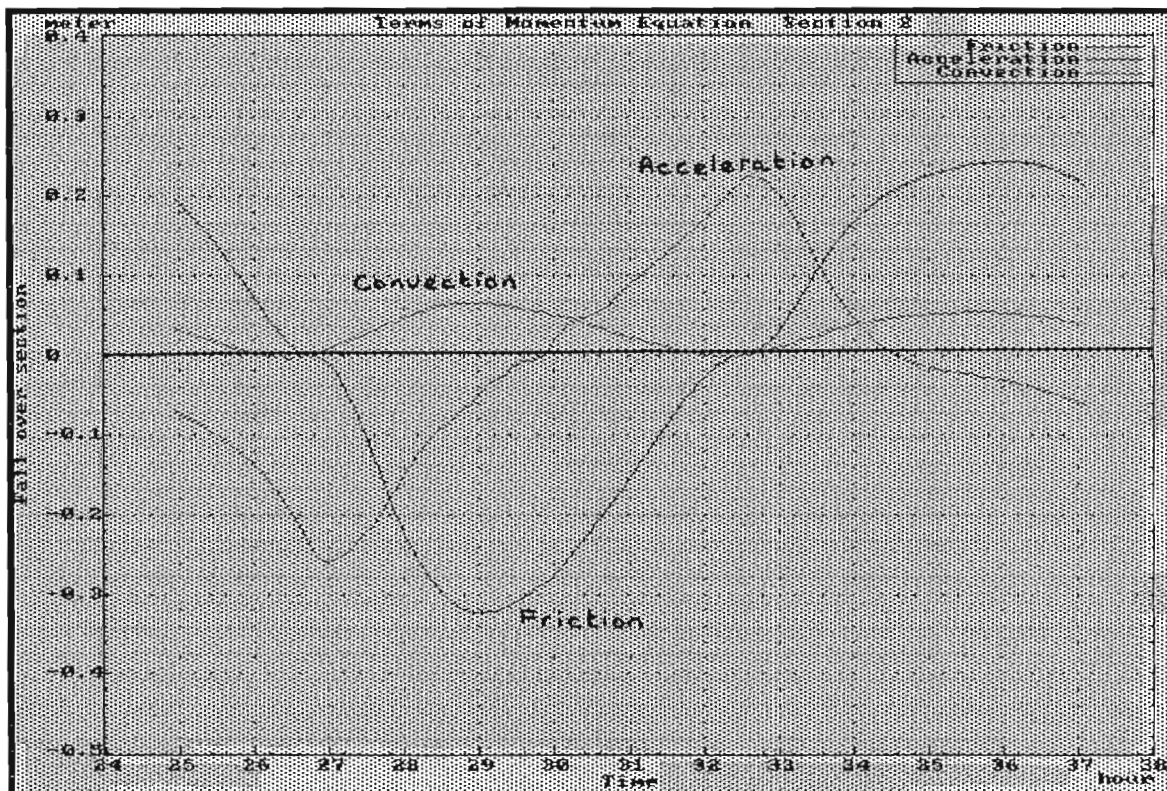


fig.VI.2: Vak 2

Fig. VI.4: Vak 4

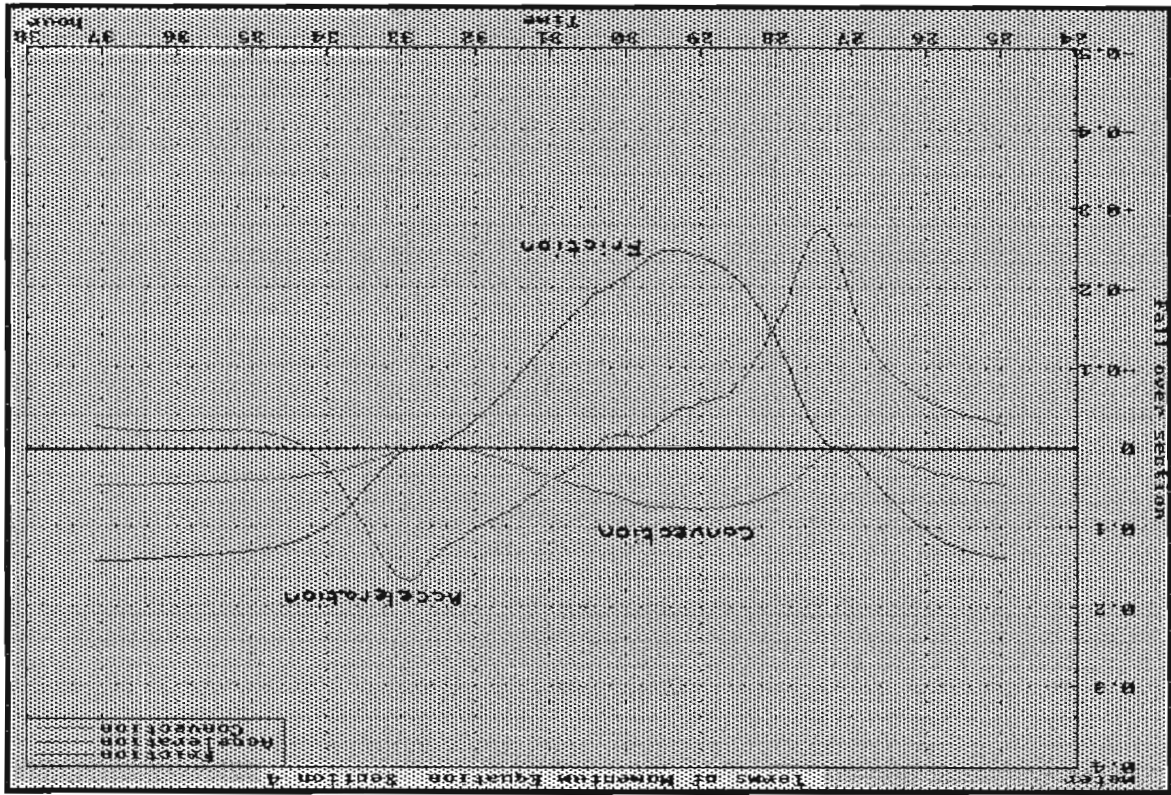


Fig. VI.3: Vak 3

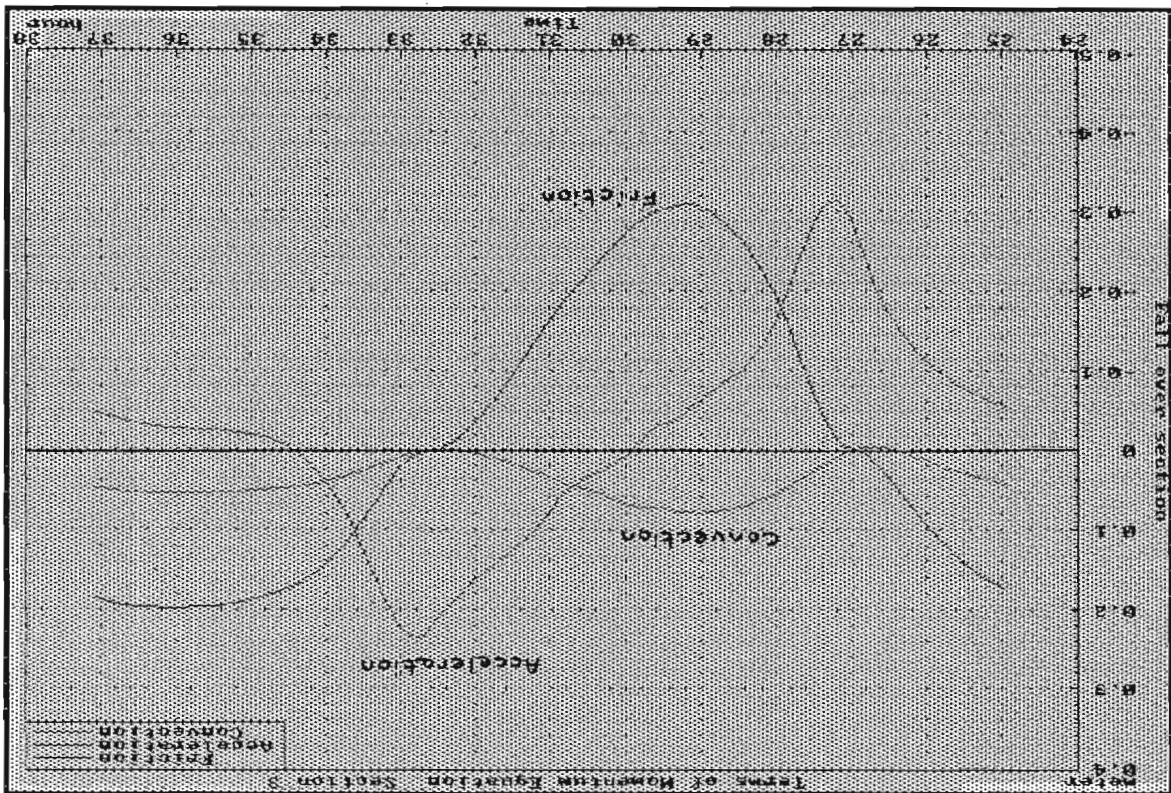


Fig. VI.6: Vak 6

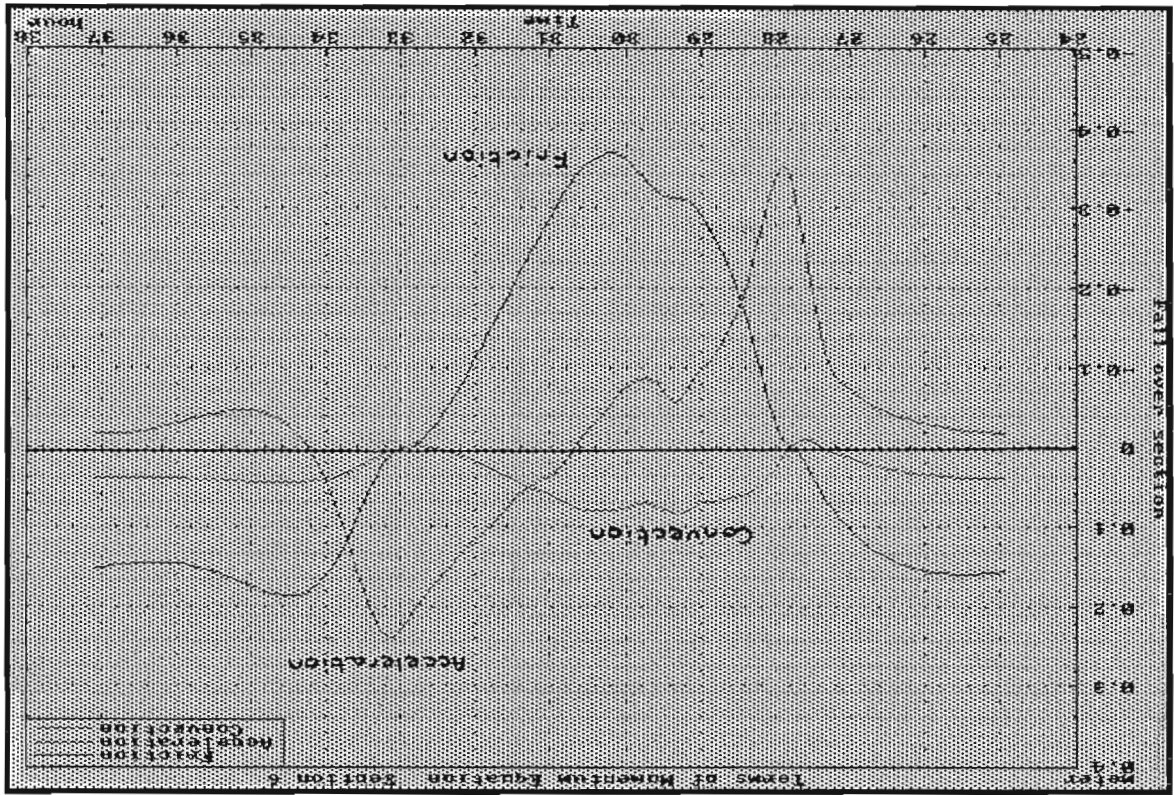
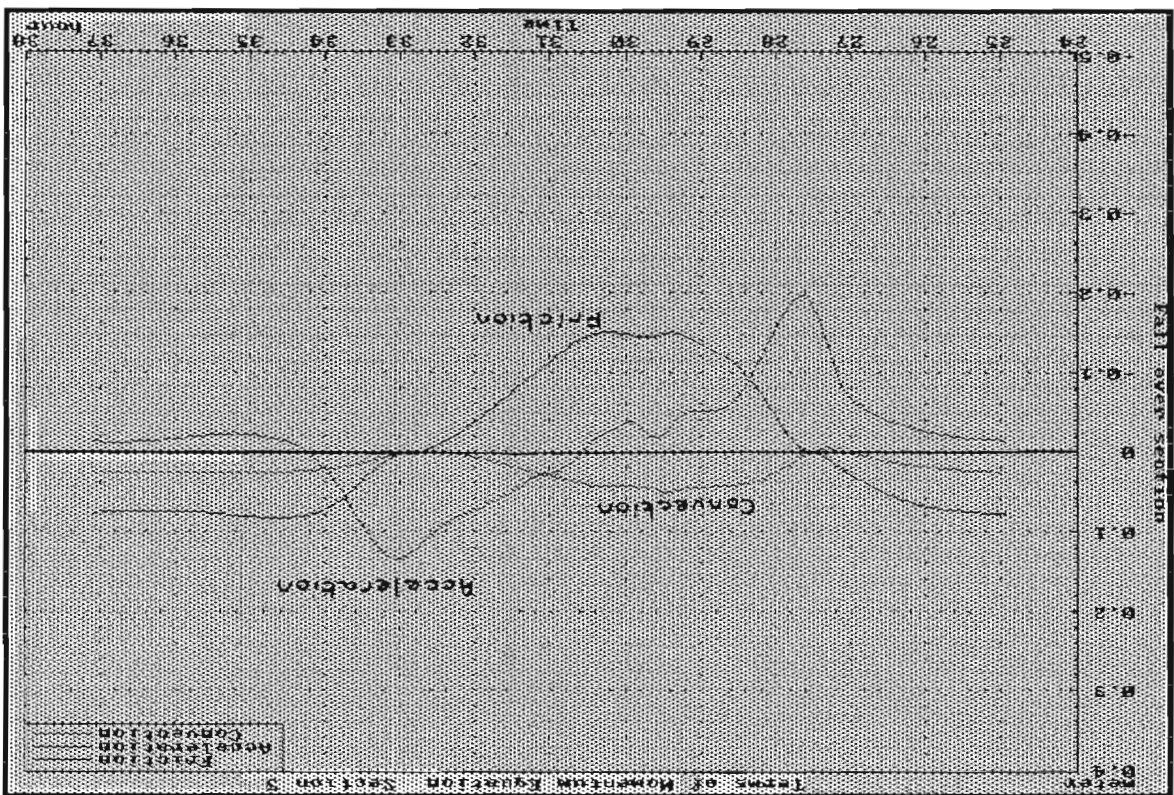


Fig. VI.5: Vak 5



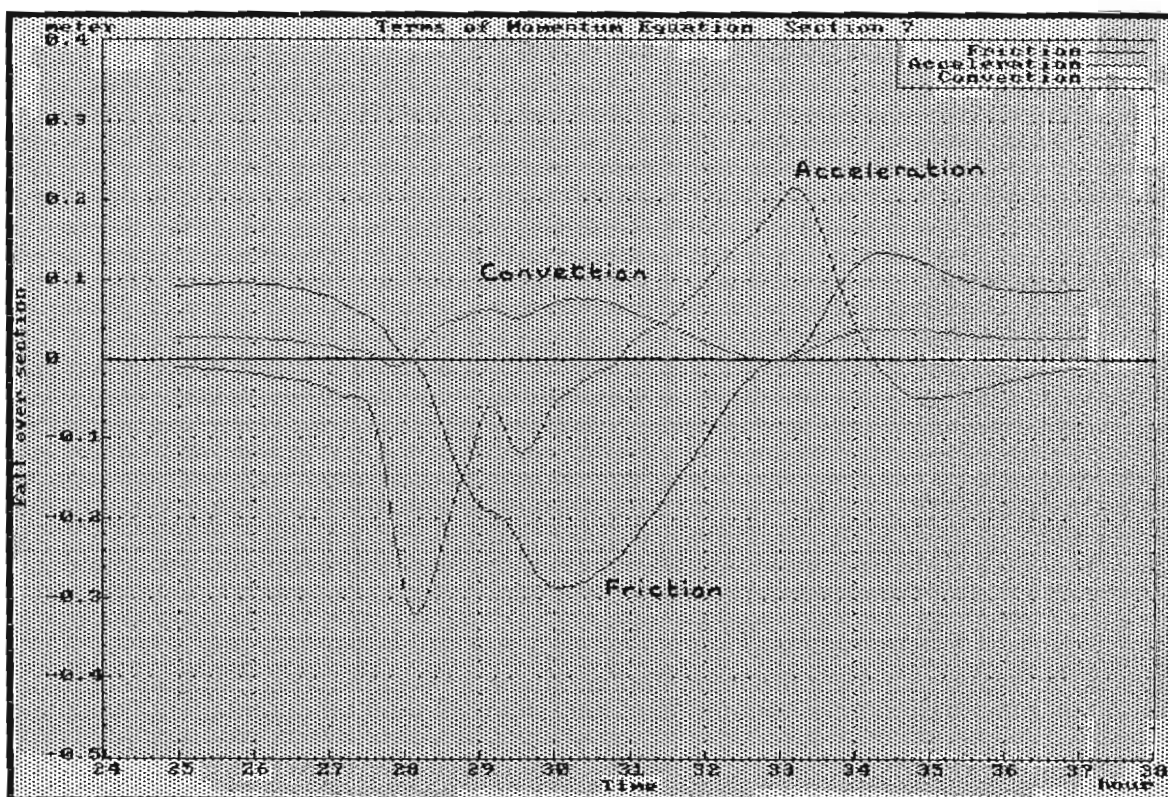


fig.VI.7: Vak 7

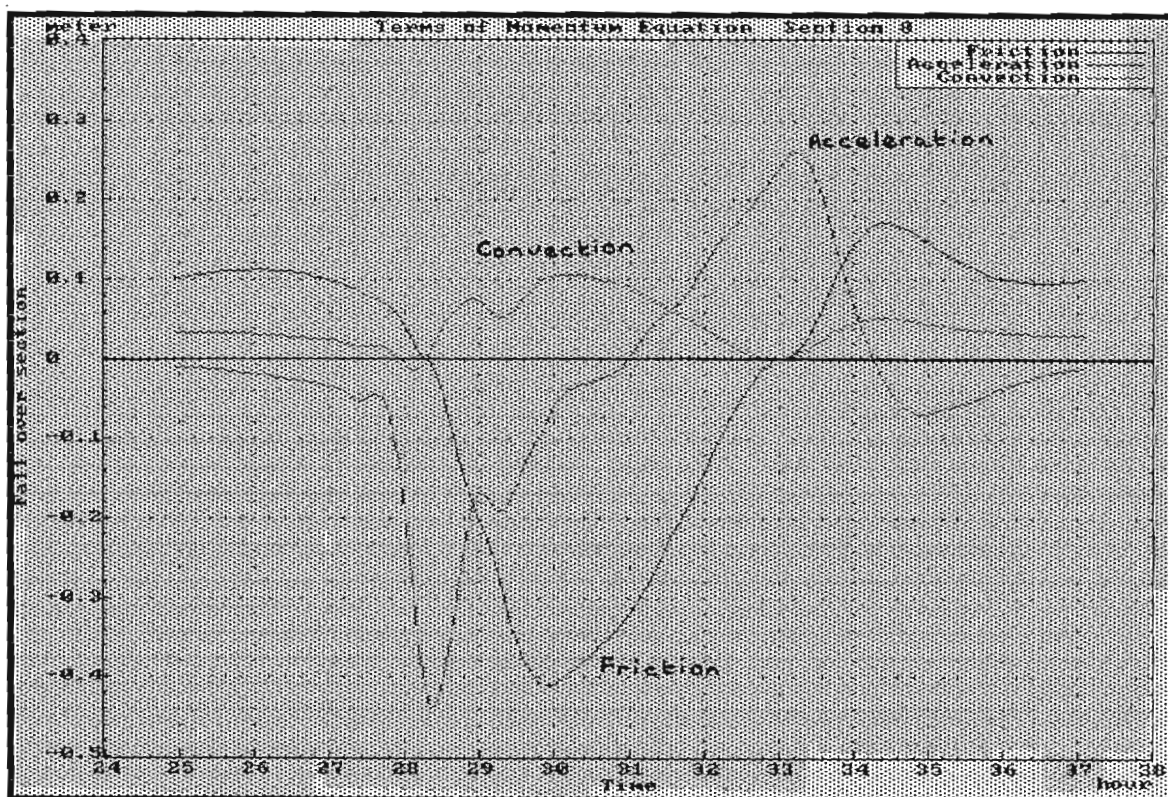


fig.VI.8: Vak 8

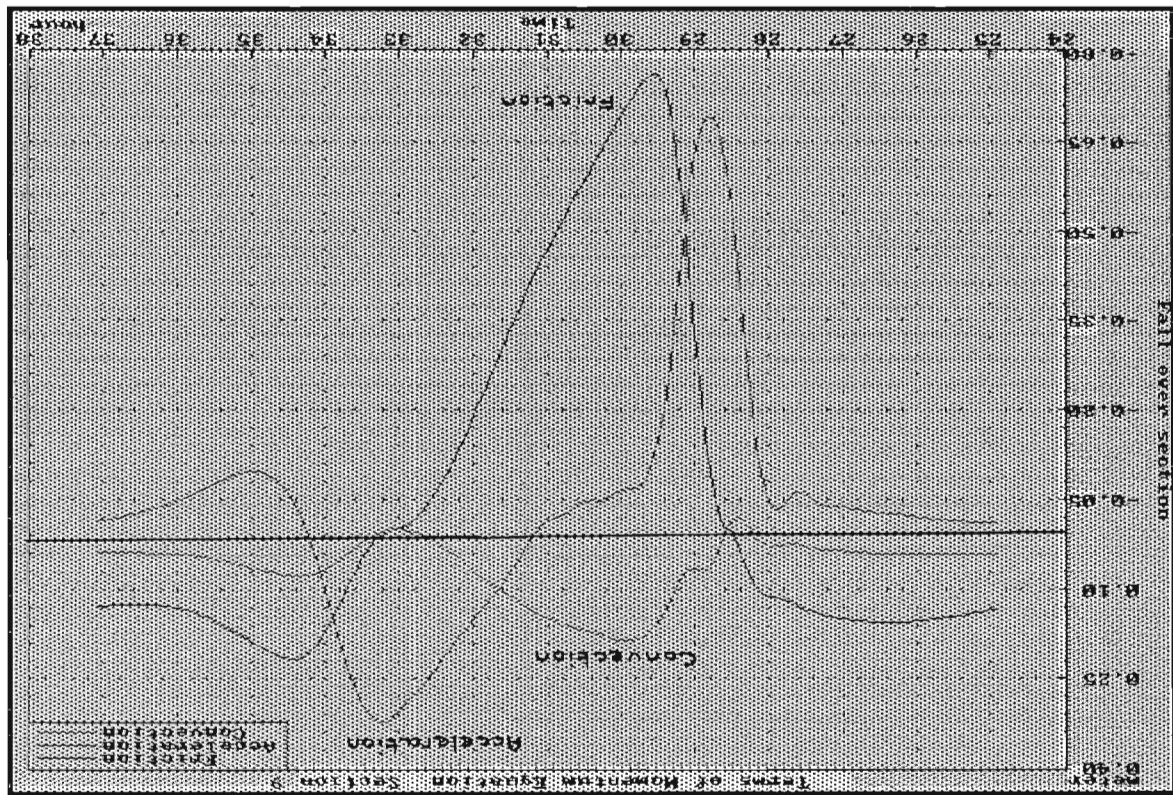


Fig.VI.9 : Vak 9

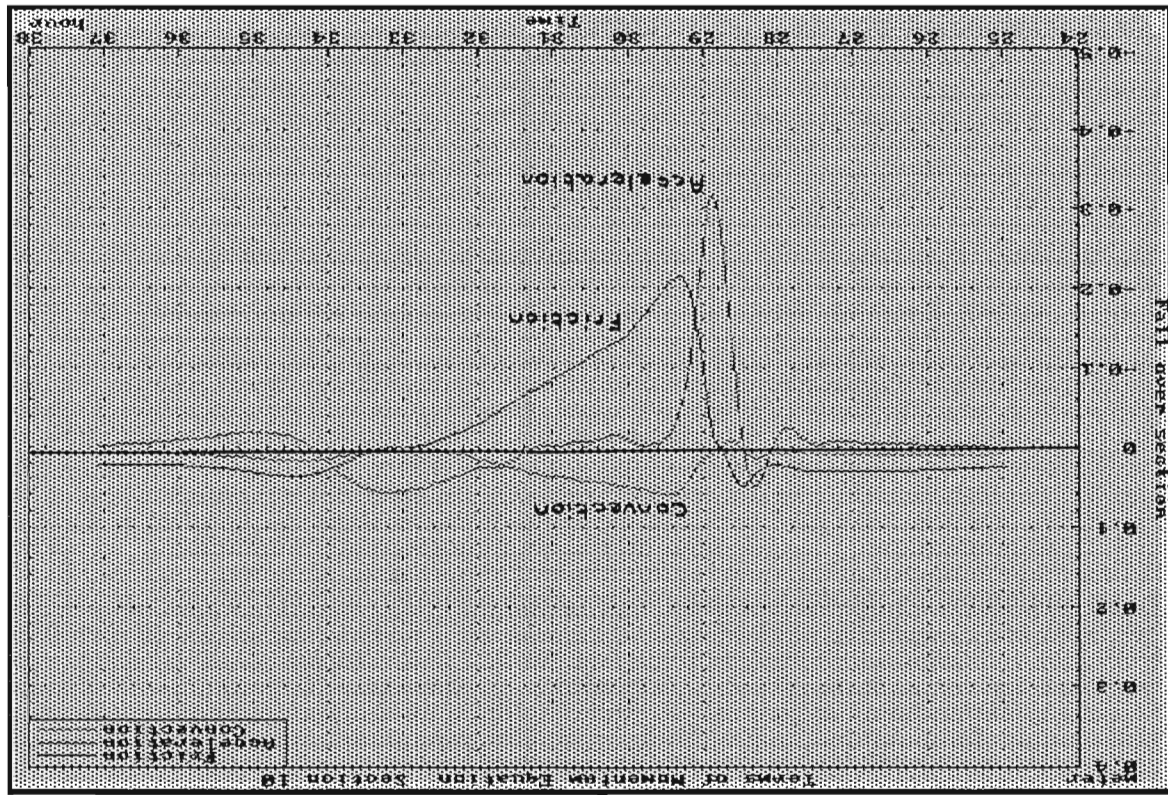


Fig.VI.10 : Vak 10

Fig. VI.12: Vak 12

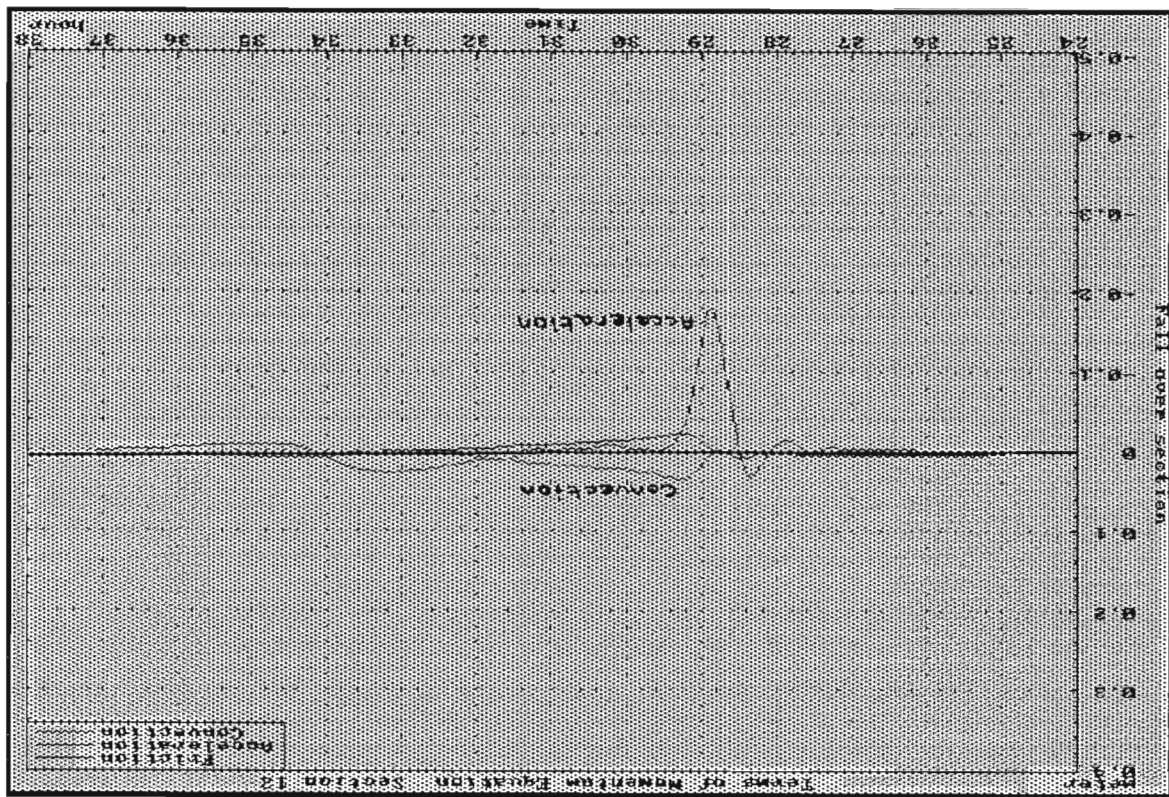
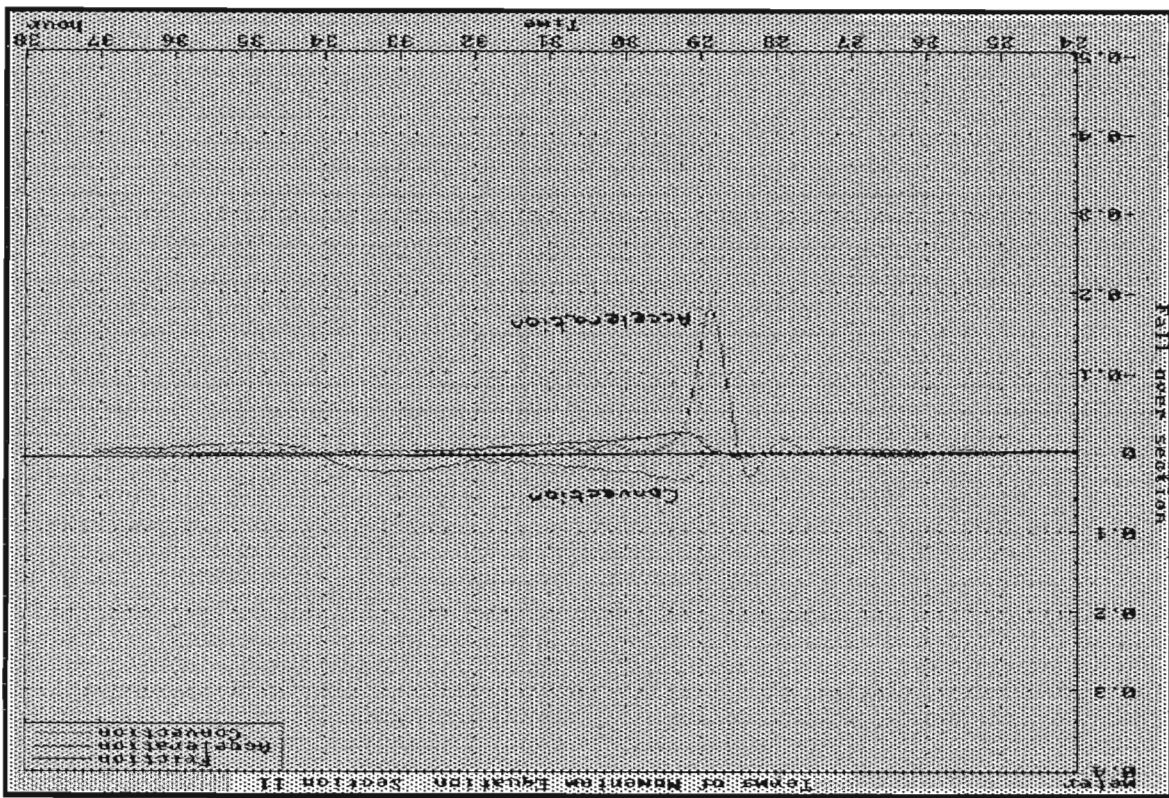
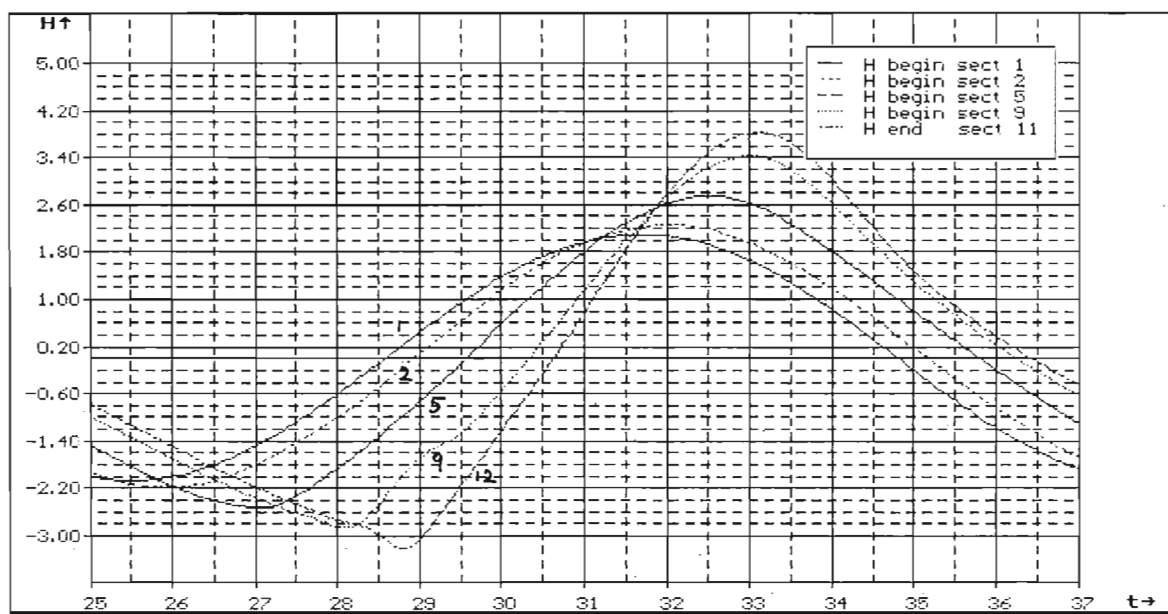


Fig. VI.11: Vak 11



BIJLAGE VII

WATERSTANDSKROMMEN IN DE KNOPEN 1, 2, 5, 9 EN 12



In de figuur zijn de waterstanden in de knopen 1, 2, 5, 9 en 12 weergegeven.

BIJLAGE VIII

HARMONISCHE METHODE

De theorie van de harmonische methode is van belang voor het verkrijgen van inzicht in de voortplanting van periodieke lange golven (bv getijgolven) waarbij berging, weerstand en traagheid een rol spelen.

Analytische oplossingen van de differentiaalvergelijkingen (continuïteitsvergelijking en bewegingsvergelijking) geven een goed inzicht in golf-verschijnselen. Voor analytische oplossingen moeten de differentiaalvergelijkingen lineair zijn.

Verondersteld wordt dat het op te lossen probleem een periodiek karakter heeft. Bij verschillende golfproblemen is dit het geval (bv getijgolven), doch er doen zich twee problemen voor:

- de differentiaalvergelijkingen zijn niet-lineair
- de functies hebben niet de vorm van één enkele sinus

Verondersteld wordt dat de differentiaalvergelijkingen lineair zijn. Dat wil zeggen dat in de vergelijkingen alle termen lineair zijn in de afhankelijk variabelen (h, Q) en hun afgeleiden ($\partial h / \partial t$, $\partial h / \partial x$, $\partial Q / \partial t$ en $\partial Q / \partial x$). De functies h en Q worden opgevat als sinusvormige functies. Men kan voor deze sinusvormige componenten een oplossing vinden.

De op te lossen differentiaalvergelijkingen bij lange-golfproblemen bezitten een duidelijk niet-lineair karakter. Het toepassen van het superpositie beginsel stuit daarom op praktische bezwaren, zodat de toepassing van de harmonische methode beperkt blijft tot functies waarvan het verloop in de tijd goed kan worden benaderd als een gemiddelde waarde plus één sinusvormige functie. De aandacht wordt derhalve uitsluitend gericht op een sterk overheersende Fourier-component (bv M_2).

De boven bedoelde analytische benadering wordt "harmonische methode" genoemd.

Er wordt een oplossing gezocht voor het volgende stelsel vergelijkingen, waarbij de advectieve term geheel buiten beschouwing kan blijven:

$$\frac{\partial h}{\partial x} + \frac{1}{gA_s} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{C^2 A_s^2 R} Q|Q| = 0 \quad (1)$$

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (2)$$

In het algemeen zal het dwarsprofiel van bijvoorbeeld een rivier in de x-richting vrij grillig variëren. Daaruit volgt dat de grootheden A_s , B , R (en in principe ook C) variëren in de x-richting. Daarnaast variëren deze grootheden ook met het niveau van de waterstand en dus met de tijd. In het gebruikte model geldt per vak een representatief dwarsprofiel. De genoemde grootheden kunnen dan constant worden gesteld per vak. Wat betreft de variatie in de tijd wordt verondersteld dat deze klein is ten opzichte van de gemiddelde waarde en kan worden verwaarloosd.

Er wordt gewerkt met de volgende definities:

$$B = B_{gem}$$

$$m = \left(\frac{1}{g A_s} \right)_{gem}$$

$$w = \left(\frac{1}{C^2 A_s^2 R} \right)_{gem}$$

De differentiaalvergelijkingen gaan dan over in het volgende stelsel:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = -m \frac{\partial Q}{\partial t} - w Q |Q| \quad (3)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = -B \frac{\partial h}{\partial t} \quad (4)$$

waarin m , w en B constanten zijn voor het beschouwde vak.

Een analytische oplossing voor dit stelsel wordt pas mogelijk indien de differentiaalvergelijkingen lineair zijn in de partiële afgeleiden en in h en Q . Alleen de weerstandsterm is nog niet-lineair en moet vervangen worden door een lineaire term:

$$w Q |Q| \rightarrow k Q$$

waarin k een nader te bepalen factor is die niet in t varieert.

Het lineariseren van weerstandsterm voor een geval waarbij Q wordt opgevat als een enkelvoudige sinusvormige funktie:

$$Q = \hat{Q} \cos(\omega t - \phi)$$

is mogelijk als voor de constant k wordt gekozen (zie Ref[2]):

$$k = \frac{8}{3\pi} \left(\frac{1}{C^2 A_s^2 R_{gem}} \right) \hat{Q} \quad (5)$$

Voor de eerste berekening moet in elk vak voor de onbekende amplitude van de functies Q een representatieve waarde worden geschat. Daarna worden één of meer iteraties uitgevoerd.

Als resultaat van het lineariseren van de bewegingsvergelijking en de continuïteitsvergelijking wordt het volgende stelsel verkregen:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = -m \frac{\partial Q}{\partial t} - kQ \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = -B \frac{\partial h}{\partial t} \quad (7)$$

Voor h en Q, die afhankelijk zijn van de onafhankelijke variabelen x en t, worden analytische oplossingen gezocht.

Differentiëren van vergelijking (6) naar x geeft:

$$\frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial x^2} = -m \frac{\partial^2 Q(x, t)}{\partial t \partial x} - k \frac{\partial Q(x, t)}{\partial x}$$

Differentiëren van vergelijking (7) naar t geeft:

$$\frac{\partial^2 Q(x, t)}{\partial x \partial t} = -B \frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial t^2}$$

Door de afgeleiden van Q uit deze twee laatste vergelijkingen te elimineren ontstaat de "telegraafvergelijking":

$$\frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial x^2} = mB \frac{\partial^2 h(x, t)}{\partial t^2} + kB \frac{\partial h(x, t)}{\partial t}$$

Door de afgeleiden van h te elimineren is een vergelijking in $Q(x,t)$ te verkrijgen van analoge gedaante.

De telegraaf-vergelijking kan worden opgelost door scheiding der variabelen (zie Ref[2]).

Dat leidt tot de volgende complexe uitdrukkingen voor $h(x,t)$ en $Q(x,t)$:

$$h_c(x,t) = h_c(x)e^{i\omega t} = (C_I e^{rx} + C_{II} e^{-rx})e^{i\omega t} \quad (8)$$

$$Q_c(x,t) = Q_c(x)e^{i\omega t} = -\frac{B\omega i}{r} (C_I e^{rx} - C_{II} e^{-rx})e^{i\omega t} \quad (9)$$

De gezochte reële oplossingen worden als volgt uitgedrukt:

$$h(x,t) = \text{Re}(h_c(x)e^{i\omega t}) \quad (10)$$

$$Q(x,t) = \text{Re}(Q_c(x)e^{i\omega t}) \quad (11)$$

De factor $e^{i\omega t}$ geeft de periodieke variatie in de tijd aan en is bekend. De complexe functies $h_c(x)$ en $Q_c(x)$ moeten worden bepaald. De constanten C_I en C_{II} zijn in het algemeen complex en kunnen worden bepaald uit twee noodzakelijke randvoorwaarden.

Beschouwd wordt één vak met lengte L van een open leiding waarin zich een periodieke lange golf voortplant:



figuur 1

De verschillende mogelijke problemen worden onderscheiden in drie gevallen:

1. $h(1)$ en $Q(1)$ bekend
2. $h(1)$ en $Q(2)$ bekend
3. $h(1)$ en $h(2)$ bekend

De twee vergelijkingen die het verband leggen tussen $h_c(1)$ en $Q_c(1)$ aan het begin van het vak en $h_c(2)$ en $Q_c(2)$ aan het eind van het vak staan bekend als de vierpoolvergelijkingen (zie Ref[2]):

$$h_c(2) = L_v h_c(1) + M_v Q_c(1) \quad (12)$$

$$Q_c(2) = N_v h_c(1) + O_v Q_c(1) \quad (13)$$

Hierin is:

$$L_v = \cosh rL$$

$$M_v = -\frac{r}{B\omega i} \sinh rL$$

$$N_v = -\frac{B\omega i}{r} \sinh rL$$

$$O_v = \cosh rL$$

De grootheden L_v , M_v , N_v en O_v worden de vakconstanten genoemd. De grootheid rL wordt de voortplantingsconstante van een vak genoemd. De voortplantingsconstante per lengte-eenheid langs de x-as is r . Voor r geldt:

$$r_{1,2} = \pm \sqrt{-mB\omega^2 + kB\omega i} \quad (14)$$

Als $r = p + iq$ dan volgt na kwadrateren:

$$p^2 - q^2 + 2pq i = -mB\omega^2 + kB\omega i \quad (15)$$

Hieruit volgt:

$$p^2 - q^2 = -mB\omega^2$$

$$pq = -\frac{kB\omega}{2} \rightarrow q = \frac{kB\omega}{2p}$$

Verder uitwerken geeft dat de eigenschappen van een vak tot uiting komen in twee factoren: de damping (p) en de faseverschuiving (q) per lengte-eenheid:

$$p = \pm \omega \sqrt{mB} \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{k}{\omega m}\right)^2}}} \quad (16)$$

$$q = \pm \omega \sqrt{mB} \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{+1 + \sqrt{1 + \left(\frac{k}{\omega m}\right)^2}}} \quad (17)$$

Indien $r = p + iq$ in vergelijking (8) en (9) wordt gesubstitueerd gaat de algemene oplossing over in:

$$h_c(x, t) = C_I e^{px} e^{iqx} e^{i\omega t} + C_{II} e^{-px} e^{-iqx} e^{i\omega t} \quad (18)$$

$$Q_c(x, t) = -\frac{B\omega i}{r} (C_I e^{px} e^{iqx} e^{i\omega t} - C_{II} e^{-px} e^{-iqx} e^{i\omega t}) \quad (19)$$

De term $C_I e^{px} e^{iqx} e^{i\omega t}$ beschrijft een golf, die zich voortplant in de negatieve x-richting.

De term $C_{II} e^{-px} e^{-iqx} e^{i\omega t}$ beschrijft een golf, die zich voortplant in de positieve x-richting.

e^{iqx} geeft de fase-verschuiving weer als functie van x; q is het golfgetal, ofwel de fase-verschuiving per eenheid van lengte gemeten in de x-richting. De fase-snelheid is $c = \omega/q$.

e^{px} geeft de damping weer t.g.v. weerstand en berging; p is de faktor voor de damping per eenheid van lengte gemeten in de x-richting.

De oplossing bestaat dus in het algemeen uit de som van twee lopende golf-componenten. De grootte van de beide golven wordt bepaald door de waarden C_I en C_{II} , die volgen uit de randvoorwaarden.

De bovenstaande resultaten kunnen worden benut om voor een systeem ontwerp-gereedschap te ontwikkelen. Daartoe wordt een systeem geschematiseerd tot slechts één vak (zie figuur 1). De randvoorwaarde $h(L, t)$ in punt (2) bekend. De randvoorwaarde aan de andere zijde volgt uit het feit dat het bekken is afgesloten: $Q(0, t) = 0$ voor alle waarden van t.

Dus geldt $Q_c(0)=0$ en volgt voor beide vierpoolvergelijkingen (12 en 13) eenvoudig:

$$h_c(L) = L_v h_c(0) \quad (20)$$

$$Q_c(L) = N_v h_c(0) \quad (21)$$

Met deze vergelijkingen kunnen de beide onbekenden $h_c(0)$ en $Q_c(L)$ worden bepaald indien L_v en N_v berekend worden.

Een uitdrukking voor de verhouding tussen $\hat{h}(0)$ en $\hat{h}(L)$ kan nu worden gevonden door de verhouding tussen de absolute waarden van de complexe funkties te bepalen.

Uit vergelijking (20) volgt dat:

$$|h_c(L)| = |L_v h_c(0)|$$

$$|h_c(L)| = |L_v| * |h_c(0)|$$

$$\frac{\hat{h}(0)}{\hat{h}(L)} = \frac{1}{|L_v|}$$

Met de uitdrukking voor L_v volgt hieruit:

$$\frac{\hat{h}(0)}{\hat{h}(L)} = \frac{1}{|\cosh rL|} \quad (22)$$

De absolute waarde $|\cosh rL|$ kan als volgt worden geschreven:

$$\begin{aligned} |\cosh rL| &= \sqrt{\cosh^2 pL \cos^2 qL + \sinh^2 pL \sin^2 qL} \\ &= \sqrt{\cosh^2 pL \cos^2 qL - \sinh^2 pL \cos^2 qL + \sinh^2 pL} \\ &= \sqrt{\cos^2 qL + \sinh^2 pL} \end{aligned} \quad (23)$$

Vergelijking (23) invullen in (22) geeft de versterkingsfactor:

$$\frac{\hat{h}(0)}{\hat{h}(L)} = \frac{1}{(\cos^2 qL + \sinh^2 pL)^{\frac{1}{2}}} \quad (24)$$

Met uitdrukking (24) is het mogelijk om voor bepaalde waarden van pL en qL de versterkingsfactor te berekenen. Uit de vergelijkingen (18) en (19) blijkt dat voor k ongelijk 0 p en q mede afhankelijk zijn van de relatieve weerstandsfactor $k/\omega m$.

Om de invloed van de weerstand na te gaan worden de volgende dimensieloze parameters ingevoerd:

$$s_1 = \frac{k}{\omega m} \quad (25)$$

$$s_2 = \frac{2\pi L}{\lambda} = \frac{\omega L}{c} = \omega L \sqrt{mB} \quad (26)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{-1 + \sqrt{1 + s_1^2}}} \quad (27)$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} \sqrt{1 + \sqrt{1 + s_1^2}}} \quad (28)$$

Uit de definities (25) t/m (28) volgt dat voor pL respectievelijk qL geschreven kan worden:

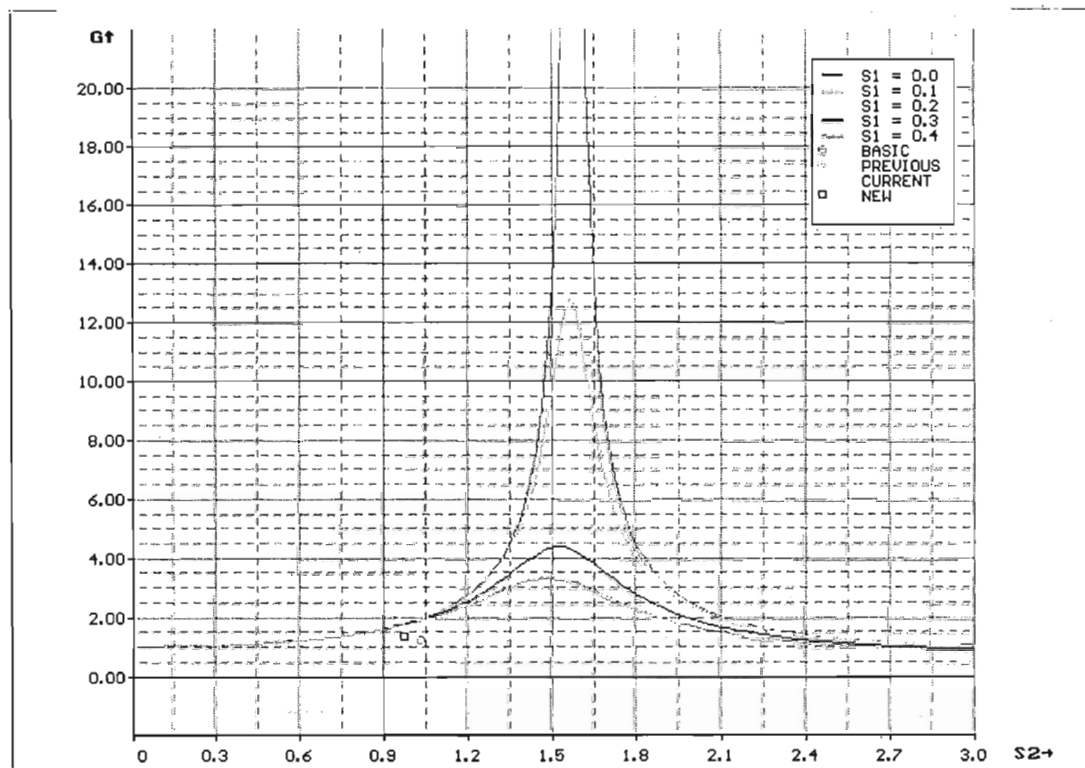
$$\begin{aligned} pL &= s_2 \sigma \\ qL &= s_2 \beta \end{aligned}$$

Als $k=0$ dan is $s_1=0$ en dus $\sigma=0$ en $\beta=1$, zodat in dat geval $pL=0$ en $qL=s_2$.

Men kan nu voor een bepaalde waarde van s_1 de versterkingsfactor als functie van s_2 berekenen. In figuur 2 zijn de resultaten voor een aantal waarden van s_1 weergegeven. Behalve de grootte s_2 (is) langs de horizontale as (de ook corresponderende waarde van de bekkenlengte L uitgedrukt in de golflengte $\lambda = c\tau$). > ?

kan

figuur 2: de invloed van de relatieve weerstand (s_1) op de versterkingsfactor.



L/λ ?

BIJLAGE IX

HARM UITVOER (MODEL W12)

Netwerkgegevens

VAK	L	BB	BS	D	A	R	C	QGEM
1	15200.00	6170.00	6168.00	12.00	-	12.40	53.00	70989.65
2	11000.00	4434.00	4431.00	11.00	-	11.65	56.00	50187.57
3	11500.00	3686.00	3684.00	10.00	-	10.27	60.00	35968.60
4	10400.00	4000.00	4000.00	7.50	-	6.83	60.00	22159.75
5	6800.00	1950.00	1948.00	8.50	-	8.10	60.00	12893.53
6	9125.00	1094.00	1092.00	8.50	-	8.39	57.00	8858.91
7	7080.00	674.00	672.00	9.00	-	10.21	60.00	6227.87
8	8600.00	497.00	495.00	9.00	-	9.92	60.00	4546.34
9	11940.00	360.00	358.00	8.50	-	9.14	58.00	2878.44
10	2843.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	1828.89
11	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	409.15
12	6000.00	329.00	327.00	7.50	-	7.92	57.00	409.15

Berekeningsresultaten

VAK	H-BEG	FASE	H-EIND	FASE	Q-BEG	FASE	Q-EIND	FASE
1	2.08E+00	-198.64	2.18E+00	-209.10	8.44E+04	-128.26	5.76E+04	-135.01
2	2.18E+00	-209.10	2.27E+00	-216.90	5.76E+04	-135.01	4.28E+04	-139.17
3	2.27E+00	-216.90	2.38E+00	-223.75	4.28E+04	-139.17	2.92E+04	-143.23
4	2.38E+00	-223.75	2.46E+00	-228.75	2.92E+04	-143.23	1.52E+04	-149.49
5	2.46E+00	-228.75	2.51E+00	-231.81	1.52E+04	-149.49	1.06E+04	-153.45
6	2.51E+00	-231.81	2.59E+00	-238.04	1.06E+04	-153.45	7.10E+03	-157.61
7	2.59E+00	-238.04	2.66E+00	-242.13	7.10E+03	-157.61	5.36E+03	-160.03
8	2.66E+00	-242.13	2.76E+00	-246.91	5.36E+03	-160.03	3.74E+03	-162.36
9	2.76E+00	-246.91	2.91E+00	-253.06	3.74E+03	-162.36	2.02E+03	-164.05
10	2.91E+00	-253.06	2.94E+00	-254.09	2.02E+03	-164.05	1.64E+03	-164.16
11	2.94E+00	-254.09	2.95E+00	-254.20	8.18E+02	-164.16	0.00E+00	0.00
12	2.94E+00	-254.09	2.95E+00	-254.20	8.18E+02	-164.16	0.00E+00	0.00

BIJLAGE X**HARMD UITVOER (MODEL W12)**

VAKNR : 1

Bs	:	6168.00	Bb	:	6170.00	C	:	53.00
d	:	12.00	L	:	15200.00	R	:	12.40
Qdak	:	70989.65						

m	:	1.38E-06	w	:	5.24E-15	k	:	3.16E-10
s1	:	1.63E+00	s2	:	1.97E-01			
pL	:	1.33E-01	qL	:	2.38E-01			

Lv	:	9.80501E-01	3.14331E-02
Mv	:	-4.73786E-06	-2.97387E-06
Nv	:	1.38483E+02	-1.30971E+04
Ov	:	9.80501E-01	3.14331E-02

VAKNR : 2

Bs	:	4431.00	Bb	:	4434.00	C	:	56.00
d	:	11.00	L	:	11000.00	R	:	11.65
Qdak	:	50187.57						

m	:	2.09E-06	w	:	1.15E-14	k	:	4.91E-10
s1	:	1.67E+00	s2	:	1.49E-01			
pL	:	1.02E-01	qL	:	1.81E-01			

Lv	:	9.88879E-01	1.84328E-02
Mv	:	-5.35731E-06	-3.25495E-06
Nv	:	4.21866E+01	-6.83046E+03
Ov	:	9.88879E-01	1.84328E-02

VAKNR : 3

Bs	:	3684.00	Bb	:	3686.00	C	:	60.00
d	:	10.00	L	:	11500.00	R	:	10.27
Qdak	:	35968.60						

m	:	2.77E-06	w	:	1.99E-14	k	:	6.08E-10
s1	:	1.56E+00	s2	:	1.63E-01			
pL	:	1.07E-01	qL	:	1.95E-01			

Lv	:	9.86632E-01	2.07535E-02
Mv	:	-6.93512E-06	-4.50141E-06
Nv	:	4.12923E+01	-5.93183E+03
Ov	:	9.86632E-01	2.07535E-02

VAKNR : 4

Bs	:	4000.00	Bb	:	4000.00	C	:	60.00
d	:	7.50	L	:	10400.00	R	:	6.83
Qdak	:	22159.75						
m	:	3.40E-06	w	:	4.52E-14	k	:	8.50E-10
s1	:	1.78E+00	s2	:	1.70E-01			
pL	:	1.23E-01	qL	:	2.10E-01			
Lv	:	9.85401E-01		:	2.57205E-02			
Mv	:	-8.75438E-06		:	-5.01906E-06			
Nv	:	5.02306E+01		:	-5.81904E+03			
Ov	:	9.85401E-01		:	2.57205E-02			

VAKNR : 5

Bs	:	1948.00	Bb	:	1950.00	C	:	60.00
d	:	8.50	L	:	6800.00	R	:	8.10
Qdak	:	12893.53						
m	:	6.16E-06	w	:	1.25E-13	k	:	1.37E-09
s1	:	1.58E+00	s2	:	1.05E-01			
pL	:	6.91E-02	qL	:	1.25E-01			
Lv	:	9.94509E-01		:	8.65940E-03			
Mv	:	-9.27483E-06		:	-5.90055E-06			
Nv	:	5.38394E+00		:	-1.86046E+03			
Ov	:	9.94509E-01		:	8.65940E-03			

VAKNR : 6

Bs	:	1092.00	Bb	:	1094.00	C	:	57.00
d	:	8.50	L	:	9125.00	R	:	8.39
Qdak	:	8858.91						
m	:	1.10E-05	w	:	4.26E-13	k	:	3.20E-09
s1	:	2.07E+00	s2	:	1.41E-01			
pL	:	1.13E-01	qL	:	1.81E-01			
Lv	:	9.90063E-01		:	2.04313E-02			
Mv	:	-2.90245E-05		:	-1.42389E-05			
Nv	:	9.56911E+00		:	-1.39857E+03			
Ov	:	9.90063E-01		:	2.04313E-02			

VAKNR : 7

Bs	:	672.00	Bb	:	674.00	C	:	60.00
d	:	9.00	L	:	7080.00	R	:	10.21
Qdak	:	6227.87						

m	:	1.69E-05	w	:	7.44E-13	k	:	3.93E-09
s1	:	1.66E+00	s2	:	1.06E-01			
pL	:	7.26E-02	qL	:	1.29E-01			

Lv	:	9.94365E-01	9.31881E-03
Mv	:	-2.77337E-05	-1.68286E-05
Nv	:	2.08512E+00	-6.69498E+02
Ov	:	9.94365E-01	9.31881E-03

VAKNR : 8

Bs	:	495.00	Bb	:	497.00	C	:	60.00
d	:	9.00	L	:	8600.00	R	:	9.92
Qdak	:	4546.34						

m	:	2.29E-05	w	:	1.41E-12	k	:	5.44E-09
s1	:	1.69E+00	s2	:	1.29E-01			
pL	:	8.96E-02	qL	:	1.57E-01			

Lv	:	9.91670E-01	1.40269E-02
Mv	:	-4.65648E-05	-2.78026E-05
Nv	:	2.81223E+00	-5.99130E+02
Ov	:	9.91670E-01	1.40269E-02

VAKNR : 9

Bs	:	358.00	Bb	:	360.00	C	:	58.00
d	:	8.50	L	:	11940.00	R	:	9.14
Qdak	:	2878.44						

m	:	3.35E-05	w	:	3.51E-12	k	:	8.58E-09
s1	:	1.82E+00	s2	:	1.84E-01			
pL	:	1.35E-01	qL	:	2.29E-01			

Lv	:	9.82904E-01	3.07792E-02
Mv	:	-1.01304E-04	-5.69560E-05
Nv	:	6.21303E+00	-6.00764E+02
Ov	:	9.82904E-01	3.07792E-02

VAKNR : 10

Bs	:	327.00	Bb	:	329.00	C	:	57.00
d	:	7.50	L	:	2843.00	R	:	7.92
Qdak	:	1828.89						

m	:	4.16E-05	w	:	6.46E-12	k	:	1.00E-08
s1	:	1.72E+00	s2	:	4.67E-02			
pL	:	3.28E-02	qL	:	5.71E-02			

Lv	:	9.98908E-01	1.87390E-03
Mv	:	-2.84954E-05	-1.66218E-05
Nv	:	8.21362E-02	-1.31428E+02
Ov	:	9.98908E-01	1.87390E-03

VAKNR : 11

Bs	:	327.00	Bb	:	329.00	C	:	57.00
d	:	7.50	L	:	6000.00	R	:	7.92
Qdak	:	409.15						

m	:	4.16E-05	w	:	6.46E-12	k	:	2.24E-09
s1	:	3.84E-01	s2	:	9.86E-02			
pL	:	1.86E-02	qL	:	1.00E-01			

Lv	:	9.95140E-01	1.86487E-03
Mv	:	-1.34200E-05	-3.50062E-05
Nv	:	1.72595E-01	-2.77023E+02
Ov	:	9.95140E-01	1.86487E-03

VAKNR : 12

Bs	:	327.00	Bb	:	329.00	C	:	57.00
d	:	7.50	L	:	6000.00	R	:	7.92
Qdak	:	409.15						

m	:	4.16E-05	w	:	6.46E-12	k	:	2.24E-09
s1	:	3.84E-01	s2	:	9.86E-02			
pL	:	1.86E-02	qL	:	1.00E-01			

Lv	:	9.95140E-01	1.86487E-03
Mv	:	-1.34200E-05	-3.50062E-05
Nv	:	1.72595E-01	-2.77023E+02
Ov	:	9.95140E-01	1.86487E-03

De methode waarop de waarden van s1 en s2, in de user interface TRECOS WESTERSCHDELDE, zijn berekend wordt hieronder kort beschreven.

Als eerste moet een vak worden gekozen waar het systeem als beëindigd wordt beschouwd. De grootte van s1 wordt dan berekend als het gemiddelde van de berekende waarden van s1 door het programma HARMD. De grootte van s2 wordt gevonden door de waarden van s2 van de beschouwde vakken op te tellen.

vb. Als het systeem in ^{sectie 8/9?} knoop 8 als beëindigd wordt beschouwd worden de volgende waarden gevonden:

s1 = 1.707 (gemiddelde van de s1-waarden in de vakken 1 t/m 7)

s2 = 1.031 (sommatie van de s2-waarden in de vakken 1 t/m 7)

Indien het einde van het systeem beter in ^{sectie 8} knoop 7 kan worden gedacht wordt gevonden:

s1 = 1.715

s2 = 0.925

BIJLAGE XI

CHEZY / MANNING

Formule van Chézy

Chézy beredeneerde (ca. 1770) dat de gemiddelde snelheden bij eenparige stroom in twee verschillende open waterlopen met gelijkvormige dwarsprofielen evenredig zouden moeten zijn aan de respectievelijke waarden van $(A_i/O)^{1/2}$. Later is dit geschreven in de vorm:

$$U = C\sqrt{Ri}$$

Hierin is:

U = de gemiddelde snelheid [m/s]

C = de coëfficiënt van Chézy [$m^{1/2}/s$]

R = de hydraulische straal van een leiding [m]

i = het verhang van de energielijn

Het probleem voor de praktische toepassing van de formule van Chézy schuilt in de juiste bepaling van de coëfficiënt C.

C is door g gekoppeld aan een dimensieloze wrijvingsfactor λ :

$$\lambda = \frac{g}{C^2}$$

Deze kennis lost echter het probleem niet op, als λ voor een gegeven praktijksituatie niet bekend is.

C is geen constante, maar varieert met de grootte van de mengweg (waarmee de gemiddelde uitwijking van een vloeistofdeeltje in een turbulente stroming kan worden vastgelegd) en van de hydraulische straal (of de diepte). Op zijn beurt is de mengweg weer afhankelijk van de hydraulische straal en van de wandoneffenheden van de leiding. Deze factoren zijn dus indirect ook van invloed op λ .

Voor een hydraulisch ruwe wand moet de volgende formule worden toegepast:

$$C = 18 \log \frac{12R}{k}$$

Hierin is k de wandoneffenheden.

De waarde R/k ligt in veel (niet alle) gevallen tussen 50 en 500; dit geeft C-waarden van ca. $50 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$ tot ca. $68 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$. Een hogere C-waarde betekent minder weerstand.

Formule van Manning

De Ierse ingenieur Manning (1890) stelde voor het berekenen van de gemiddelde stroomsnelheid in een leiding de volgende formule op:

$$U = \frac{R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}}{n}$$

Hierin is:

U = de gemiddelde snelheid [m/s]

R = de hydraulische straal van de leiding [m]

i = de helling van de energielijn

n = de ruwheidsfactor [$\text{s}/\text{m}^{1/3}$]

De factor n hierin zou slechts van de ruwheid van het wand- of bodemoppervlak afhangen, zodat de formule slechts geldig is voor hydraulisch ruwe condities. Voor n zijn in de praktijk diverse waarden getest. Uitvoerige tabellen voor n staan bv. in Chow (1959).

De formule van Manning vindt een zeer uitgebreide toepassing in de Angelsaksische landen.

De betrouwbaarheid van de formule van Manning blijkt uit het feit dat hij voor normale berekeningen van open en gesloten leidingen nog steeds wordt toegepast.

Als de formules van Manning en Chézy met elkaar worden vergeleken, blijkt de coëfficiënt van Chézy volgens Manning gelijk te zijn aan:

$$C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$$

Als n wordt benaderd met $n = k^{1/6}/25$, volgt hieruit:

$$C = 25 \left(\frac{R}{k} \right)^{\frac{1}{6}}$$

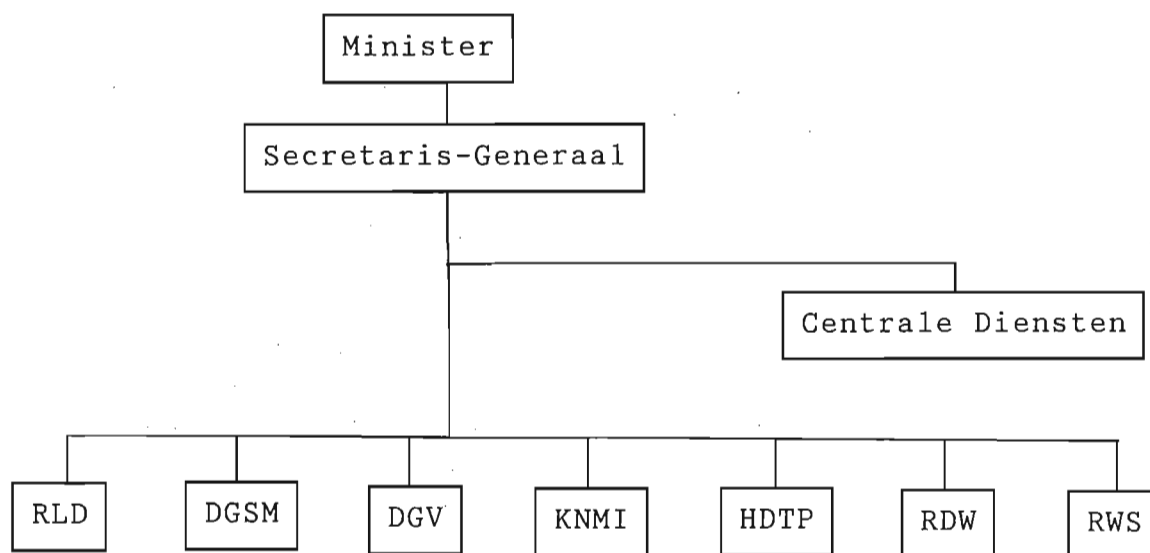
BIJLAGE XII

HET RIJKSINSTITUUT VOOR KUST EN ZEE (RIKZ)

XII.1 RIKZ en RWS

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee, afgekort RIKZ, is in 1985 opgericht als een specialistische dienst van Rijkswaterstaat (zie figuur 1). Toen heette het nog Dienst Getijdewateren (DGW). De dienst kreeg 1 januari 1994 een nieuwe naam, omdat deze een betere omschrijving geeft van het werkterrein. Internationaal gezien moet de dienst een vooraanstaande rol gaan innemen. Tevens moet het RIKZ een meer marktgericht advies en gegevenscentrum worden.

De onderzoeksresultaten worden hoofdzakelijk gebruikt door de hoofddirectie, de beheersdirecties van Rijkswaterstaat en de kustdirecties. Maar ook andere waterbeheerders maken gebruik van de kennis van het RIKZ, zoals de waterschappen, de provinciale diensten en recreatieschappen.



RLD = Rijksluchtvaartdienst
 DGSM = Directoraat-Generaal Scheepvaart en Maritieme Zaken
 DGV = Directoraat-Generaal voor het Vervoer
 KNMI = Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
 HDTP = Hoofddirectie Telecommunicatie en Post
 RDW = Rijksdienst voor het Wegverkeer
 RWS = Rijkswaterstaat

fig.1a: Organisatieschema ministerie van Verkeer en Waterstaat

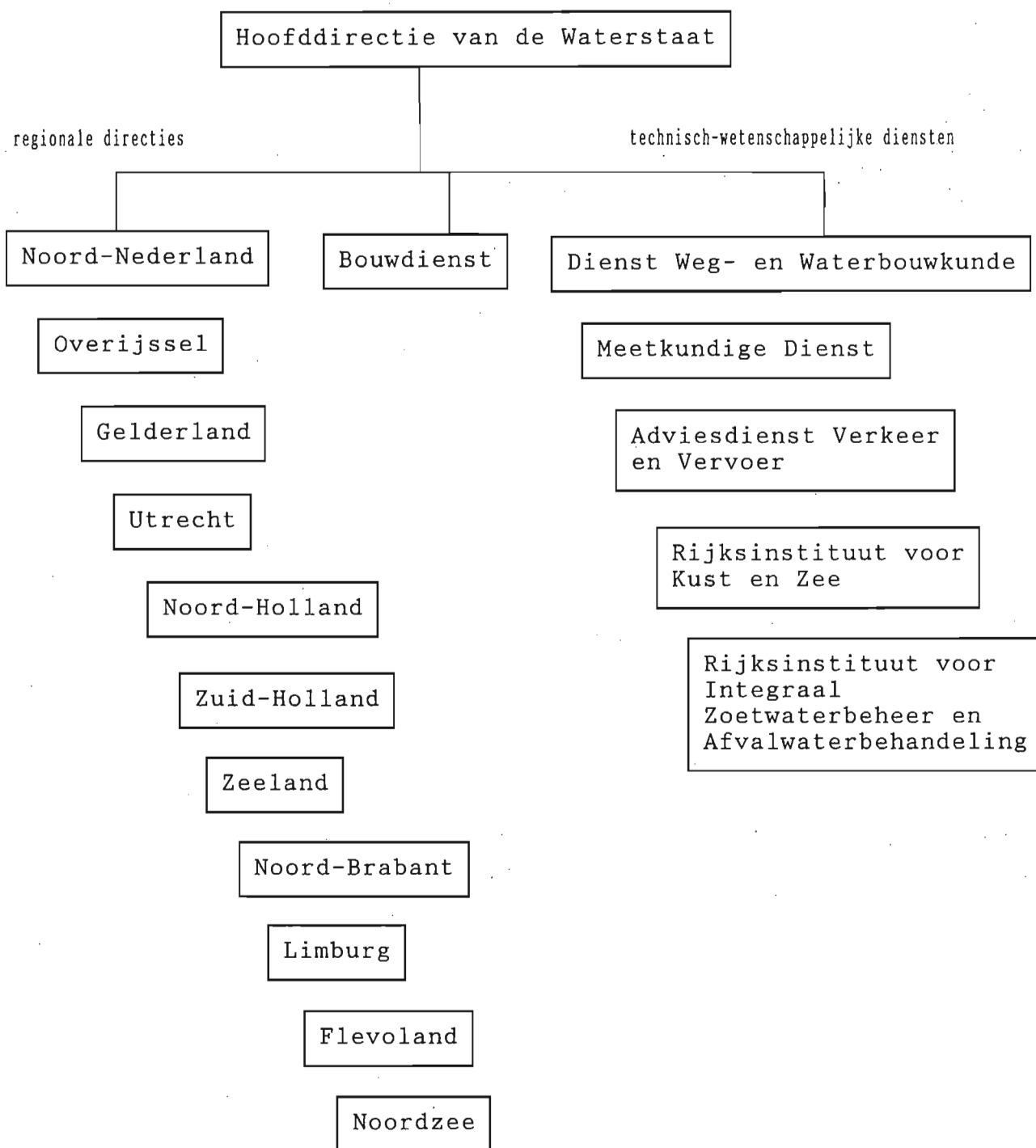


fig.1b : Organisatieschema Rijkswaterstaat

XIII.2 Doelstellingen RWS en RIKZ

Rijkswaterstaat is een onderdeel van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en speelt een cruciale rol bij de zorg voor het water en voor de "droge" en "natte" (hoofd)infrastructuur van Nederland. Rijkswaterstaat heeft vier taken op zich genomen.

1. **Beveiligen tegen overstromen.**
Een duurzame beveiliging tegen overstromen, die rekening houdt met maatschappelijk aanvaardbare risico's en een stijgende zeespiegel.
2. **Watergebruik.**
Bouwen aan gezonde, duurzaam bruikbare watersystemen.
3. **Verkeer en Vervoer.**
Maatschappelijk verantwoord tegemoetkomen aan de vraag naar vervoer van personen en goederen.
4. **Verkeersveiligheid.**
Streven naar een daling van het aantal verkeersslachtoffers met 25% in het jaar 2000.

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee geeft vanzelfsprekend alleen advies en gegevens gericht op de eerst twee taken. Deze twee taken bepalen de missie van de dienst, het zogenaamde missiestatement:

- * Duurzaam gebruik maken van estuaria, kusten en zeeën.
- * Bescherming tegen overstromingen door de zee.

Deze punten worden in het missiestatement aangevuld met het motto:

"Het RIKZ ontwikkelt en onderhoudt daartoe de kennis- en gegevensinfrastructuur. Als kenniscentrum staat RIKZ ook ten dienste van andere delen van de rijksoverheid en neemt RIKZ deel aan internationale samenwerkingsverbanden."

Het RIKZ is dus een technisch-wetenschappelijk onderzoek- en adviesdienst die zich de problemen van de Nederlandse kust en de zoutwatersystemen in dat gebied aantrekt. Centraal staat daarbij de zorg voor het water en het kustbeheer, nationaal maar ook internationaal. Het RIKZ gebruikt een integrale aanpak, zoals coastal zone management en de watersysteembenadering. Dit betekent intensief samenwerken en over de lands- en organisatiegrenzen heen kijken. De hedendaagse samenleving vraagt terecht om veiligheid, goede navigatiemogelijkheden en een schoon milieu.

XII.3 Onderwerpen van onderzoek

Meestal geschiedt de uitvoering van de projecten in samenwerking met de opdrachtgever. Het RIKZ onderhoudt daarbij voortdurend contact met universiteiten en wetenschappelijke instituten.

Om inzicht te krijgen in de bezigheden binnen de dienst volgt hieronder een overzicht van de hoofdonderwerpen:

- | |
|---------------------------------|
| 1. Omgaan met water |
| 2. Kust |
| 3. Zeespiegelrijzing |
| 4. Noordzee |
| 5. Waddenzee, Eems/Dollard |
| 6. Deltagebied |
| 7. Onderwaterbodems |
| 8. Technologische vernieuwingen |
| 9. Informatievoorziening |

1. Omgaan met water

Wie hebben er belang bij het gebruik van water en wat zijn hierbij de parameters.

2. Kustontwikkeling

In tegenstelling tot vroeger, toen er dijken, strandhoofden en palenrijen werden gebouwd als kustwering, wordt er nu gewerkt aan methoden die meer op de natuur zijn afgestemd. Zandsuppletie, het kunstmatig aanvullen van afkalvende stranden, is daar een voorbeeld van. In het project "Kustgenese" wordt gekeken naar de kustontwikkelingen op de lange termijn.

3. Zeespiegelrijzing

Door het broeikaseffect en de daarmee gepaard gaande temperatuurstijging, zal de zeespiegel de komende tijd stijgen. De verwachtingen zijn dat voor de komende eeuw, de zeespiegel tussen de veertig en vijftientachtig centimeter zal stijgen. Omdat dit invloed zal hebben op het milieu en de kusterosie is het RIKZ met het onderzoek belast.

4. Noordzee

De Noordzee is voor Nederland van groot belang. Deze dient als scheepvaartweg, als visgrond, er wordt aardgas en olie gewonnen en ook voor de recreatie is ze niet onbelangrijk.

Op het ogenblik wordt er onderzoek gedaan naar de eutrofiëring van het zoute water als gevolg van de aanwezige nitraten en fosfaten. Ook wordt er gekeken naar wat de gevolgen van zandwinning voor de kust kunnen zijn. In een ander onderzoek "Vaargeulen" wordt gekeken wat de mogelijke diepgang is in de vaargeul tussen IJmuiden en Hoek van Holland. Hierbij spelen de golven, het getij en de morfologie een belangrijke rol.

5. Wadden

De Waddenzee en het Eems/Dollard-estuarium moeten naar een beslissing van de regering een natuurgebied blijven. Omdat ook de Waddenzee van alle kanten bedreigd wordt is het RIKZ bezig met de ontwikkeling van een "bewakingsplan".

De verandering van de zandplaten en geulen, de morfologie ervan, wordt hierbij onderzocht. De vraag die hierbij onder andere meespeelt is, hoeveel zand er zich afzet.

6. Deltagebied

Veel van de kennis die nu aanwezig is, is opgedaan tijdens de bouw van de Deltawerken. Er is nu nog sprake van onderhoud, beheer en kleine aanpassingen, want "*Nederland is veilig*" (citaat koningin Beatrix).

Een belangrijk deel van de Zeeuwse Delta is de Westerschelde. Het handhaven van de navigatiewegen, kust- en oeverbescherming speelt nu een belangrijke rol. De aanwezige verontreiniging en de verdieping na verloop van tijd zijn onderwerpen die daarbij de aandacht vragen (overeenkomst 1995 België-Nederland).

7. Waterbodems

Omdat een groot gedeelte van de verontreinigingen uiteindelijk in de bodem terechtkomen is het noodzakelijk om te weten of het slib, afkomstig van baggeractiviteiten, verontreinigd is en of ze nog mag worden gestort op een willekeurige plek. In het project "Onderwaterbodems" bijvoorbeeld, wordt gezocht naar een normstelling hiervoor.

8. Technologische vernieuwingen

Om de metingen voor de dienst, nauwkeuriger te laten verlopen vindt er een nauw contact plaats tussen technologische instituten en het bedrijfsleven bij de ontwikkeling van nieuwe meetsystemen. De WAVEC-boei, voor het bepalen van de golfrichting, en het systeem FLOW 2000, voor het automatisch registreren van de rivieraafvoer, zijn zo tot stand gekomen. Momenteel richt het onderzoek zich op akoestische en optische meetmethoden.

9. Basisgegevens/monitoring

Het RIKZ speelt een belangrijke rol bij het verzamelen van fysische, chemische en biologische meetgegevens van het water. De gebruikers zijn met name de scheepvaart, onderzoeksinstituten, waterleidingbedrijven en de lagere overheden.

XII.4 De organisatie van het RIKZ

Samen met de naamsverandering van DWG naar RIKZ hebben ook de hoofdafdelingen een nieuwe naam gekregen. De vier hoofdafdelingen (zie figuur 2) zullen hieronder worden behandeld.

Onderzoek en Strategie (OS) houdt zich bezig met wetenschappelijk onderzoek in het hele onderzoeksgebied en het bruikbaar maken van de resultaten van dat onderzoek. De belangrijkste taak van OS is het onderzoeken en analyseren van probleemvelden, het formuleren van onderzoeksopdrachten, het begeleiden van het onderzoek en de resultaten toepassen op het beheer en beleid van waterstaatgebieden.

Advies en Beleidsanalyse (AB) vormt de verbinding tussen de klant met het RIKZ en geeft advies aan de klant met als basis de opgedane kennis van de dienst.

Informatie en Technologie (IT) verzorgt de zoektocht naar nieuwe meetmethoden en analysetechnieken.

De vierde en laatste hoofdafdeling bestaat uit drie samengevoegde afdelingen die als een sturend orgaan van de dienst optreden:

- * Directiesecretariaat en Facilitaire zaken
- * Stafafdeling Controller
- * Personeelszaken

Rijksinstituut voor Kust en Zee
RIKZ

Directiesecretariaat en Facilitaire Zaken
Stafafdeling Controller
Personeelszaken

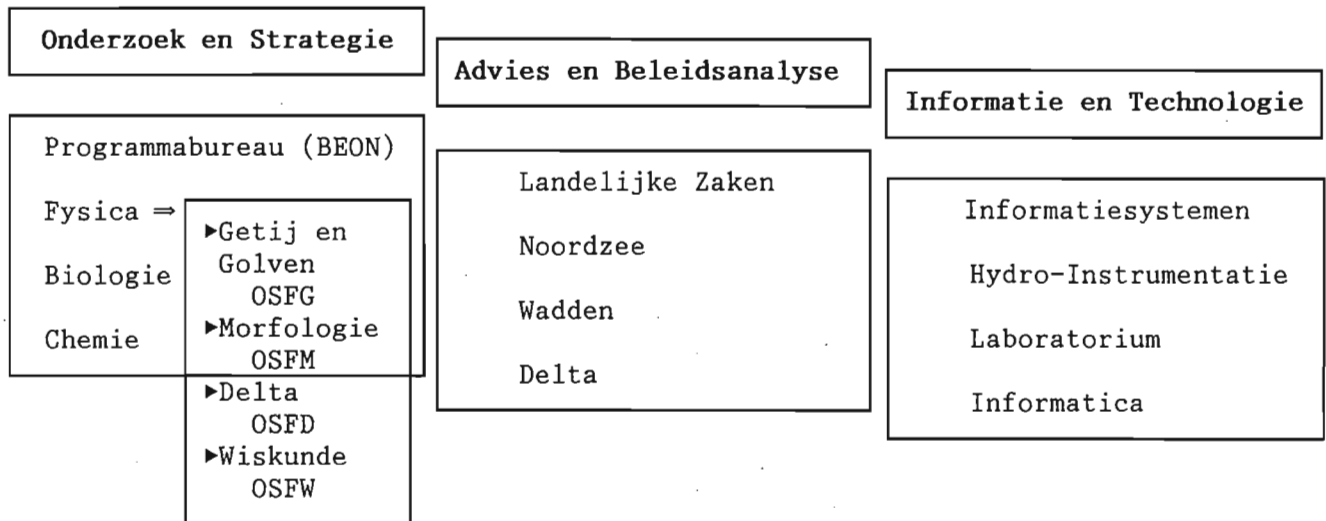


fig.2: Schema RIKZ

REFERENTIES

- [1] Kasbergen, C. "USER INTERFACE TRECOS WESTERSCHELDE"
Verspuy, C. TUD, Vakgroep Waterbouwkunde,
sectie Vloistofmechanica, Delft,
Augustus 1995
- [2] Verspuy, C. "Lange Golven"
TUD, Vakgroep Waterbouwkunde,
sectie Vloistofmechanica, Delft, April 1987

Collegehandleiding Vloistofmechanica B 73 "Rijpels"

[3] ----- *Hoofdstuk R142*