

NUMERIEK MODEL VOOR DE BEREKENING VAN  
KUSTLIJNVERANDERINGEN T.G.V. GOLVEN EN GETIJ

J.v. Overeen

Begeleider: ir. W.T. Bakker

Technische Hogeschool Delft  
Afdeling der Civiele Techniek  
Vakgroep Kustwaterbouwkunde

juni 1978

<u>Inhoud</u>	blz.
<u>Lijst van symbolen</u>	
<u>1. Inleiding</u>	1
<u>2. Overzicht bestaande programma's voor de berekening van snelheden en/of zandtransporten langs de kust</u>	4
2.1 Inleiding	4
2.2 Samenvatting Prakken	4
2.3 Samenvatting Opdam	6
<u>3. Beschrijving van het NL-programma</u>	
3.1 Inleiding	8
3.2 Schematisatie en formules	8
3.3 Beschrijving van de indeling van de berekening	28
3.3.1 Block-indeling	28
3.3.2 Details blokken A t/m F	30
<u>4. Kustlijn berekening</u>	
4.1 Inleiding	44
4.2 Schematisaties voor de kustlijn berekening	44
4.3 Berekening met het NL-programma	47
4.4 Berekening met het KL-programma	50
4.5 Vergelijking kustlijnen	53
<u>5. Beperkingen van het NL-programma en aanbevelingen voor verdere uitbreiding</u>	56
<u>6. Samenvatting, conclusie en opmerkingen</u>	59
<u>Erkentelijkheid</u>	63
<u>Literatuur</u>	64
<u>Bijlagen</u>	

## Lijst van bijlagen

- A Overzicht horizontale snelheden en aanzandingen/erosie volgens Prakken
- B Schematisatie volgens Opdam
- 1 Stroomschema's blokken B t/m F
- 2 Source van het ALGOL-computerprogramma NL
- 3 Lijst van invoer voor het NL-programma
- 4<sup>a</sup> Overzicht schematisatie kustvak
- 4<sup>b</sup> Transport- en debietverdeling in raai 0
- 5 Invoer voor het NL-programma (zonder dwarstransport)
- 6 Voorbeeld van de uitvoer van het NL-programma
- 7 Overzicht dieptelijnen (zonder dwarstransport) op t=0, 5 en 10 dagen
- 8 Veranderingen in de profielen 0 t/m 7 (raai 84<sup>50</sup>)
- 9 Overzicht dieptelijnen (zonder dwarstransport) op t=0, 5 en 10 dagen
- 10 Overzicht van de debieten op tijdstip t=0
- 11 Evenwichtsprofiel voor  $H_0 = 2\text{m}$ ,  $T = 6\text{s}$ ,  $D_{50} = 200\mu\text{m}$
- 12 Overzicht dieptelijnen (met dwarstransport) op t=0, 5 en 10 dagen
- 13 Veranderingen in de profielen 0 t/m 7 (met dwarstransport)
- 14 Overzicht kustconstanten voor de invoer in het KL-programma
- 15 Vergelijking gemiddelde kustveranderingen op t=5 en 10 dagen

## Lijst van symbolen

		Dimensie
A	verhouding ribbelhoogte - waterdiepte	-
$a_0$	maximale uitwijking van de orbitaalbeweging bij de bodem	L
b	constante in de Bijker formule	-
br	gemiddelde breedte waarover transport plaats vindt	L
C	Chezy-coëfficiënt	$L^{\frac{1}{2}}T^{-1}$
c	golfvoortplantingssnelheid	$LT^{-1}$
c	concentratie	-
$D_{50}$	50% korreldiameter	L
$D_{90}$	90% korreldiameter	L
d	waterdiepte	L
E	energiedichtheid van golven	$MT^{-2}$
$F_g$	getijkracht	$ML^{-1}T^{-2}$
$F_{ws}$	kracht t.g.v. verschil in wave set-up	$ML^{-1}T^{-2}$
$f_w$	wrijvingscoëfficiënt voor golven	-
g	versnelling van de zwaartekracht	$LT^{-2}$
H	golfhoogte	L
$H_{br}$	brekerhoogte	L
$H_f$	fictieve golfhoogte	L
$H_{rms}$	root-mean-square golfhoogte	L
$H_{sign}$	significante golfhoogte	L
h	waterdiepte	L
$h_0$	bovengrens van het D-profiel	L
$h_m$	ondergrens van het D-profiel	L
$I_{1,2}$	integralen van Einstein	-
i	maximaal getijverhang	-
$i_d$	stapparameter voor de diepte	-
$i_k$	stapparameter voor de raaien	-
$i_t$	stapparameter voor de tijd	-

		Dimensie
$K_r$	refractiecoëfficiënt	-
$K_{sh}$	shoalingcoëfficiënt	-
$k$	golftyetal	$L^{-1}$
$L_{1,2}$	geschematiseerde afstand in het D-profiel	L
$n$	verhouding voorplantingssnelheid en groepsnelheid	-
$Q$	debiet	$L^3 T^{-1}$
$q$	debiet per meter	$L^2 T^{-1}$
$q$	kustconstante	$L^3 T^{-1}$
$r$	bodemruwheid	L
$S$	langtransport	$L^3 T^{-1}$
$S_b$	bodemtransport	$L^2 T^{-1}$
$S_{sus}$	suspensietransport	$L^2 T^{-1}$
$S_y$	dwarstransport	$L^2 T^{-1}$
$S_{ij}$	radiation-stress component (i,j=x,y)	$MT^{-2}$
$s_y$	dwarstransport constante	$LT^{-1}$
$T$	golfteriode	T
$T_g$	getijperiode	T
$u_0$	orbitaalsnelheid	$LT^{-1}$
$v$	stroomsnelheid	$LT^{-1}$
$v_*$	schuifspanningssnelheid	$LT^{-1}$
$W$	evenwichtsafstand in het D-profiel	L
$w$	valsnelheid	$LT^{-1}$
$x$	as evenwijdig aan de kust	L
$y$	as loodrecht op de kust	L
$z$	as loodrecht op het stil water niveau	L
$z_*$	dimensieloze valsnelheid	-

		Dimensie
$\gamma$	brekerindex	-
$\Delta d$	verschil in diepte tussen 2 dieptelijnen	L
$\Delta x$	afstand tussen 2 raaien	L
$\Delta y$	afstand tussen 2 dieptelijnen	L
$\theta$	hoek frequentie getijgolf	$T^{-1}$
$\kappa$	constante van Von Karman	-
$\lambda$	golflengte	L
$\mu$	ribbelfactor	-
$\mu_e$	dynamische eddy viscosity	$ML^{-1}T^{-1}$
$\xi$	parameter in Bijker formule	-
$\rho$	dichtheid	$ML^{-3}$
$\tau_c$	bodenschuifspanning t.g.v. stroom	$ML^{-1}T^{-2}$
$\tau_{cw}$	bodenschuifspanning t.g.v. golven en stroom	$ML^{-1}T^{-2}$
$\tau_l$	laterale wrijving	$MT^{-2}$
$\phi_{br}$	hoek van golfval op de brekerlijn	-
$\phi_d$	hoek tussen dieptelijn en x-as	-
$\phi_g$	hoek tussen golfkam en dieptelijn	-
$\phi_0$	hoek van golfval op diep water t.o.v. de x-as	-
$\omega$	hoek frequentie	$T^{-1}$

## 1. Inleiding

In de loop der jaren is door medewerkers van verschillende onderzoekcentra veel onderzoek verricht naar verschijnselen die van belang zijn bij het oplossen van kustwaterbouwkundige problemen.

Het uiteindelijke doel van deze onderzoeken is een voorspelling te geven van de morfologische veranderingen van een kustgebied t.g.v. natuurlijke veranderingen en vooral t.g.v. menselijke ingrepen, zoals de bouw van een havendam, het afsluiten van estuaria, de bouw van kunstmatige eilanden in zee, enz.

In samenwerking tussen Rijkswaterstaat afdeling Kustonderzoek van de Directie Waterhuishouding en Waterbeweging en de vakgroep Kustwaterbouwkunde van de Technische Hogeschool in Delft is een serie rekenprogramma's tot stand gekomen met het doel de veranderingen van kustvormen onder invloed van golfaanval te voorspellen.

In 1975 heeft Casteleyn [8] deze programma's gebundeld in een tweetal standaard programma's. Het eerste deel (KC) berekent de zandtransporten in het geschematiseerde kustvak met de zandtransportformule van het CERC. Het tweede deel (KL) berekent de kustlijn veranderingen volgens de éénlijn theorie van Bakker [1].

In deze aanpak is het echter niet mogelijk de invloed van het getij in rekening te brengen, aangezien bij de formule van het CERC wordt aangenomen dat het zandtransport evenwijdig aan de kust recht evenredig is met een component van de golfenergieflux.

De door golven opgewekte langsstroom wordt dan ook niet in de berekening opgenomen.

Er is daarom behoefte aan een soortgelijk rekenprogramma dat de morfologische veranderingen in een kustgebied berekent t.g.v. door golven en getij opgewekte langsstromen. Hierbij wordt dan tevens rekening gehouden met de continuïteitsvergelijking voor water, zodat er een dwarstransport ontstaat

t.g.v. een debiet loodrecht op de kust.

Dit dwarstransport komt uiteraard niet tot uiting in de aanpak van het KC en KL programma.

Momenteel kan op aannemelijke wijze de door onregelmatige golven opgewekte langstroomsnelheidsverdeling binnen en juist buiten de brandingszone worden berekend.

Hierin is de invloed van het getij op eenvoudige wijze te verwerken.

In 1977 is door Van de Graaff en de schrijver [9] een vergelijking gemaakt tussen enkele moderne zandtransportformules en de CERC-formule.

Uit deze vergelijking blijkt dat de zandtransportformule van Bijker [7], die gebaseerd is op de formules van Kalinske-Frijlink en Einstein-Rouse, verreweg de voorkeur verdient boven de voor golven en stroom aangepaste formules van White-Ackers en Engelund-Hansen.

In dit rapport zal een beschrijving worden gegeven van de eerste aanzet van het computerprogramma NL (n-lijn). Dit programma dient uiteindelijk de veranderingen te berekenen in een kustgebied, dat geschematiseerd is door n-dieptelijnen.

In deze eerste aanzet wordt het effect van het getij nog niet in rekening gebracht.

De snelheidsverdeling wordt berekend uit de formule voor de aandrijvende kracht van onregelmatige golven volgens Battjes [5] en de formule voor de bodemschuifspanning volgens Bijker [7]. Uit deze snelheidsverdeling wordt een twee-dimensionaal snelheidsbeeld afgeleid, waarbij de zandtransporten worden berekend met de formule van Bijker.

Het dwarstransport t.g.v. afwijkingen van het profiel t.o.v. het evenwichtsprofiel worden berekend met de dwarstransportformule van Swart [17].

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van enkele bestaande rekenprogramma's voor de berekening van kustlijn veranderingen, waarna in hoofdstuk 3 een beschrijving wordt gegeven van de in het NL-programma



toegepaste schematisaties en formules. In hoofdstuk 4 wordt een eenvoudig voorbeeld uitgewerkt met zowel het NL-programma als het KC en KL (éénlijn) programma.

In hoofdstuk 5 wordt een overzicht gegeven van de beperkingen van het huidige programma en worden aanbevelingen gegeven voor verdere uitbreiding, waarna het rapport wordt afgesloten met een samenvatting en conclusies.

## 2. Samenvatting bestaande rekenprogramma's voor de berekening van snelheden en/of zandtransporten langs de kust.

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal een samenvatting worden gegeven van twee computerprogramma's die samengesteld zijn door resp. Prakken [15] en Opdam [12]. Beide auteurs hebben voor de berekening van langsstroomsnelheden gebruik gemaakt van een bestaand getijprogramma. Prakken berekent de zandtransporten en laat getijsnelheden buiten beschouwing terwijl Opdam geen zandtransporten berekent maar de invloed van golven, getij, wind en corioliskrachten onderzoekt op de snelheden langs de kust.

Casteleyn [8] heeft een programma ontwikkeld voor de berekening van kustlijnveranderingen, gebaseerd op de éénlijn theorie van Bakker [1].

Hierbij wordt gebruik gemaakt van de zandtransportformule volgens het CERC die de zandtransporten geeft als functie van o.a. de hoek van golfval en onafhankelijk is van de vorm van het profiel, de bodemsamenstelling en het getij. In paragraaf 4.4 wordt een uitgebreide samenvatting gegeven van het rekenprogramma van Casteleyn.

### 2.2 Samenvatting Prakken

In [15] geeft Prakken een beschrijving van een computerprogramma voor de berekening van door golven aangedreven snelheden in een kustgebied met een havendam. M.b.v. de bij deze snelheden berekende zandtransporten wordt het patroon van erosie en sedimentatie bepaald.

De berekening gaat als volgt te werk.

Er wordt een vierkantennet over het kustgebied gelegd. De grootte van één vierkantje is  $50 \times 50 \text{ m}^2$ . Per vierkantje wordt de gemiddelde diepte bepaald. M.b.v. golfgegevens op diep water, wordt met de hand een refractie en diffractie berekening uitgevoerd. Bij een aangenomen brekerindex wordt de golfhoogte en de hoek van golfval in elk vierkantje berekend.

Deze golfgegevens worden ingevoerd in het programma "RADIATION-STRESS". Dit programma berekent in elk vierkantje de radiation stress componenten  $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$  en  $S_{yx}$ , en de resulterende krachten  $\partial S_{xx}/\partial x$ ,  $\partial S_{yy}/\partial y$ ,  $\partial S_{xy}/\partial x$  en  $\partial S_{yx}/\partial y$ . Deze resulterende krachten worden ingevoerd als "windkrachten" in het twee-dimensionale getijprogramma TIDES.

Dit programma TIDES berekent m.b.v. de bewegings- en continuïteitsvergelijking de waterstanden en de snelheidsvectoren in elk vierkantje. In het programma TIDES wordt alleen de bodemschuifspanning t.g.v. stroom in rekening gebracht. De aanpassing van de bodemschuifspanning voor golven en stroom wordt bewerkstelligd door de wrijvingscoëfficiënt voor alleen stroom ( $f_c = 8g/C^2$ , waarin  $C$  = Chezy-coëfficiënt) te vervangen door de wrijvingscoëfficiënt voor alleen golven ( $f_w = \exp[-5.977+5.213(a_0/r)^{-0.194}]$ ), volgens Jonsson. Deze wrijvingscoëfficiënt dient voor elk vierkantje te worden ingelezen in het programma TIDES. Nadat alle "windkrachten", diepten en randvoorwaarden zijn ingevoerd, start het programma TIDES de berekening vanaf het stil water niveau. De stapgrootte van de berekening is 10 seconden.

Uit de berekening blijkt dat er een inspeelverschijnsel optreedt van ongeveer 200 seconden. Dus na ongeveer 20 berekeningen is het snelheidsbeeld redelijk stabiel. Deze instabiliteit ontstaat voornamelijk door de opgelegde randvoorwaarden.

Deze randvoorwaarden zijn niet eenvoudig te voorspellen. Als resultaat geeft het programma TIDES nu een twee-dimensionaal stroombeeld t.g.v. scheef invallende golven en gradiënten van de golfhoogte in langsrichting t.g.v. diffractie achter het havenhoofd.

Tevens is het effect van wave set-up en set-down duidelijk waarneembaar. T.g.v. de veranderde waterstanden t.o.v. het stil water niveau worden opnieuw de golfhoogten, de radiationstresses en resulterende krachten berekend.

Het programma TIDES wordt weer opnieuw gedraaid voor de nieuwe "windkrachten", startend vanaf stil water niveau. De uiteindelijke snelheden en waterstanden worden gebruikt voor de berekening van de zandtransporten

met de formule van Bijker via het BIJKZAND programma. Als tijdstap voor de sedimentatie en erosieberekening wordt de waarde van 10 uur aangehouden. Het hieruit volgende bodemprofiel wordt opnieuw ingevoerd voor de berekening van de zandtransporten. In bijlage A is een voorbeeld gegeven van de berekende stroomsnelheden en de berekende aanzanding en erosie in een beschouwd kustgebied met havendam.

Een storend onderdeel in de berekening was het twee-dimensionale getijprogramma. De inspeeltijd was vrij lang en erg gevoelig voor de randvoorwaarden. Verder bleek dat een gekoppeld diffractie-refractieprogramma niet goed toepasbaar was.

De toegepaste bodenschuifspanningsformules zijn een slechte benadering van de werkelijkheid, zeker als er gerekend wordt met twee-dimensionale snelheden en golven.

### 2.3 Samenvatting Opdam

In [12] geeft Opdam een beschrijving van een computerprogramma voor de berekening van snelheden langs de kust t.g.v. golf-, getij-, wind- en corioliskrachten.

Hiertoe wordt uitgegaan van de "schone kust" (zonder grote obstakels) tussen Petten en IJmuiden. De lengte van dit kustvak is 36 kilometer. Van dit kustvak wordt een gemiddeld profiel bepaald, door te middelen over drie gemeten profielen. Het gemiddelde profiel wordt weer geschematiseerd door 3 geulen. Deze geulen liggen op een afstand van resp. 50, 150 en 1450m. uit de kust. Ze zijn verbonden door twee dwarsgeulen om toevoer van water uit diep water te verkrijgen.

Het geulen-stelsel, gevormd door de 3 geulen evenwijdig aan de kust, wordt verdeeld in 3 vakken, zodat in totaal  $4 \times 3 = 12$  knooppunten ontstaan (zie bijlage B).

M.b.v. een één-dimensionaal getijprogramma worden nu in de knooppunten

de snelheden evenwijdig aan de kust en de waterstanden bepaald t.g.v. de ingevoerde golf-, getij-, wind- en corioliskrachten, afhankelijk van de randvoorwaarden.

De verdeling van de langsstroomsnelheden die hieruit wordt verkregen bestaat dus uit 3 punten (op 50, 150 en 1450m. uit de kust).

Een fijnere schematisatie is niet mogelijk omdat anders niet aan de stabiliteitsvoorwaarde wordt voldaan.

Uit het verloop van de snelheden evenwijdig aan de kust blijkt dat deze snelheden vrijwel onafhankelijk zijn van wind- en corioliskrachten en dat de snelheden in de brekerzone in hoofdzaak door de golfkrachten worden bepaald. De wave set-up is nauwelijks merkbaar omdat aan de randen de getijstanden worden ingevoerd, die onafhankelijk zijn van de diepte.

Bij Egmond is een snelheidsmeting uitgevoerd gedurende 6 uur. De snelheden zijn gemeten m.b.v. fluoresceïne. Uit vergelijking tussen deze snelheidsmeting en de berekende snelheden van het computerprogramma blijkt dat er geen enkel verband tussen deze twee bestaat. De stroom kentert op een tijdstip, dat t.a.v. het getijverhang in het geheel niet is te verwachten. Dit kan een gevolg zijn van plaatselijke rip-currents. De uiteindelijke conclusie van Opdam is dat uitbreiding naar een impliciet twee-dimensionaal model weinig zinvol is en dat uit het één-dimensionaal model blijkt dat de golfkrachten duidelijk overheersend zijn t.o.v. de getij-, wind- en corioliskrachten.

### 3. Beschrijving van het computerprogramma NL.

#### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal een beschrijving worden gegeven van het computerprogramma NL. Met dit programma kan de verandering worden berekend van een kustgebied t.g.v. golf- en getijwerking. Het beschouwde kustgebied wordt geschematiseerd door  $n$ -dieptelijnen. Per raai wordt de verdeling van de snelheden evenwijdig aan het kustvak t.g.v. golven en getij berekend. Daaruit wordt de transportverdeling berekend met de zandtransportformule van Bijker [7].

Tevens kan het dwarstransport worden berekend met de methode Swart [17]. Uit de transportverschillen tussen de beschouwde raaien en dieptelijnen kan, afhankelijk van de beginvoorwaarden, de ligging van de dieptelijnen na  $\Delta t$  seconden worden berekend.

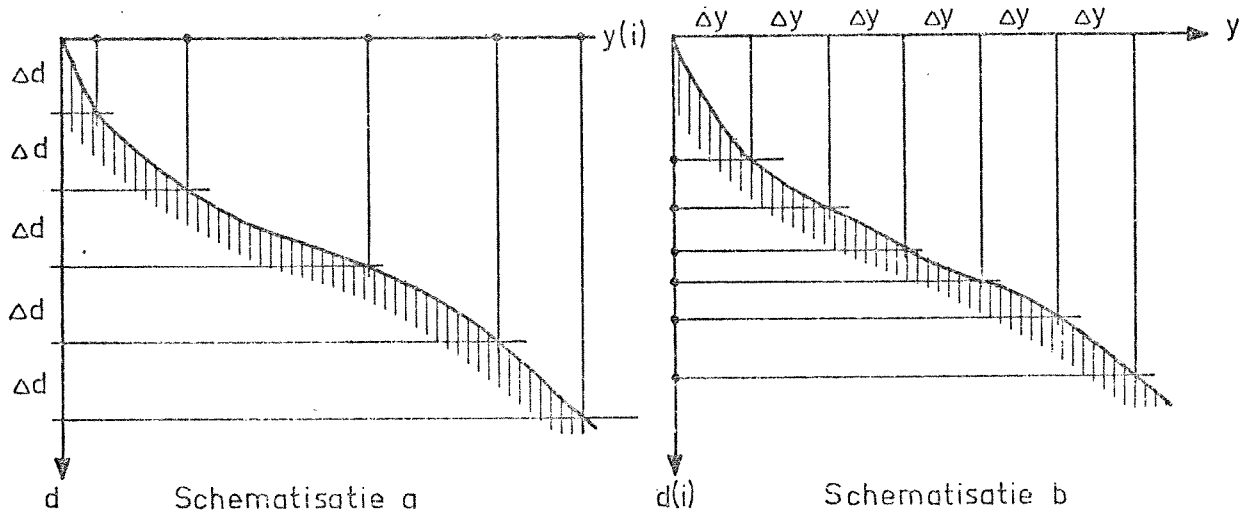
In paragraaf 3.2 zal een beschrijving worden gegeven van de gebruikte schematisaties van het kustvak en zal een overzicht worden gegeven van de toegepaste formules.

In paragraaf 3.3 zal een schematisch overzicht worden gegeven van de indeling van de berekeningen in het NL-programma.

#### 3.2 Schematisatie en formules

Voor de schematisatie van het kustgebied is gekozen voor een systeem waarbij de profielen worden vastgelegd door bij vaste diepten  $i$  de afstanden  $y(i)$  van deze diepten tot een referentie-lijn op te geven (zie figuur 3.1a).

Een andere schematisatie wijze is het vastleggen van de profielen door bij vaste afstanden vanaf een referentie-lijn  $i$  de diepten  $d(i)$  op te geven (zie figuur 3.1b).



Figuur. 3.1.

Het voordeel van de gekozen schematisatie (a) t.o.v. (b) is het feit dat de dieptelijnen in het profiel direct bekend zijn. De richting van de dieptelijnen dient bekend te zijn voor de refractie berekening en de richting van de langsstroom en het zandtransport.

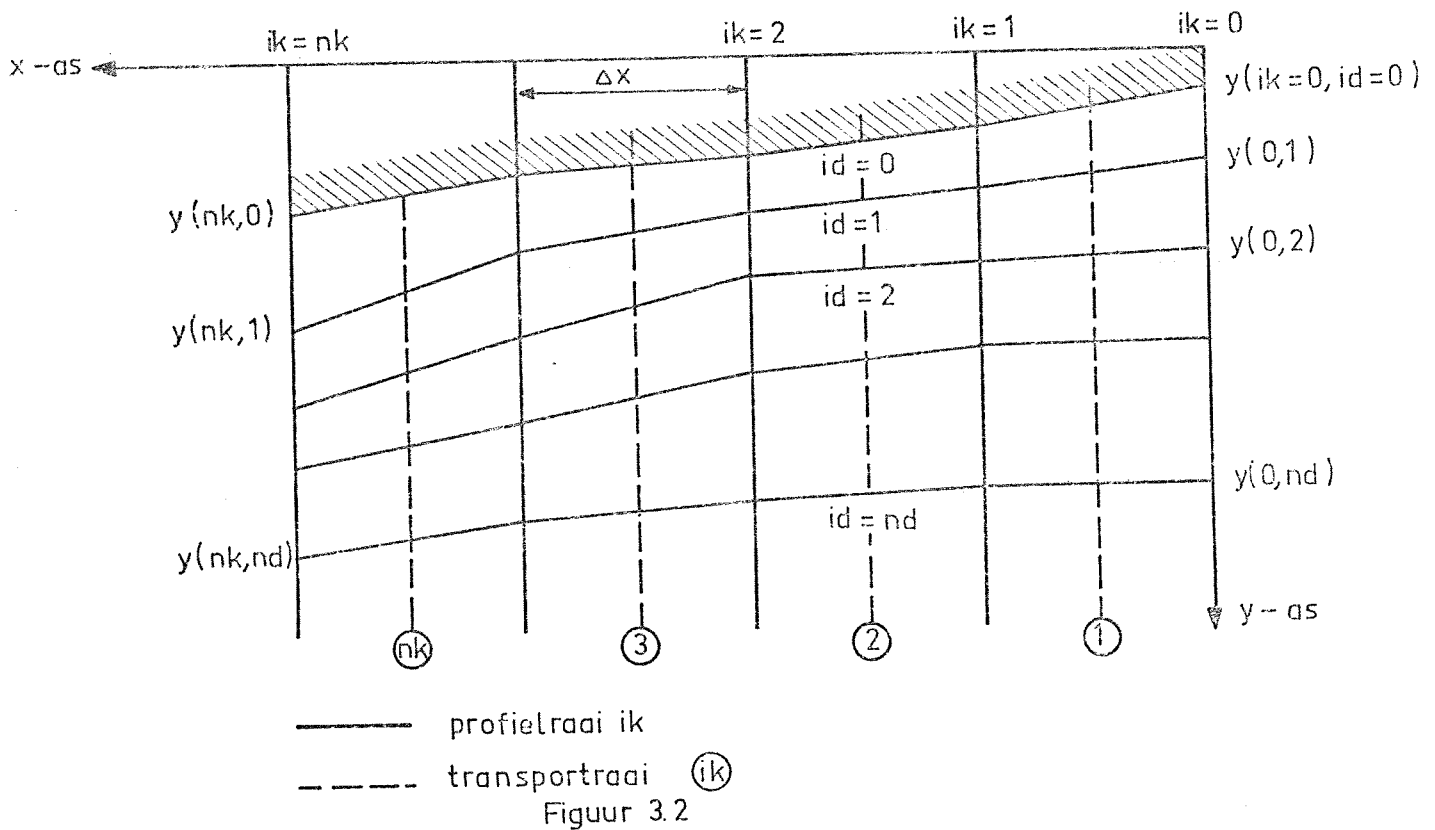
Bij de gekozen schematisatie van de profielen kan nu het gehele kustgebied worden geschematiseerd door de dieptelijnen ( $i_d \Delta d$ )\*). De afstand tussen de profielraai (dit is de raai waarin het profiel bekend is) is  $\Delta x$ .

In figuur 3.2 is de schematisatie weergegeven.

In deze figuur is tevens de transportraai aangegeven. Deze transportraai ligt tussen de profielraai in. In deze raai worden de langsstroomsnelheden en zandtransporten berekend.

De diepte waarbij snelheden en het transport worden berekend ligt tussen de diepten  $i_d \Delta d$  en  $(i_d - 1) \Delta d$  in.

\*)  $i_d$  = "teller" voor de dieptelijnen = 0, 1, 2, ....  $n_d$



Algemeen geldt voor deze diepte:

$$d(i_d) = \Delta d(i_d - \frac{1}{2}) \quad (3.1)$$

De richting van deze dieptelijn, waarover de golf refracteert, wordt als volgt bepaald (zie figuur 3.3):

$$\phi_d = \arctg \left\{ \frac{(y_d[i_k] - y_d[i_{k-1}])}{\Delta x} \right\} \quad (3.2)$$

waarin:  $y_d[i_k] = (y[i_k, i_d] + y[i_k, i_d - 1]) / 2$  (3.3)

De hoek van golfinval op diep water t.o.v. deze dieptelijn ( $\phi_g$ ) is nu:

$$\phi_g = \phi_0 - \phi_d \quad (3.4)$$



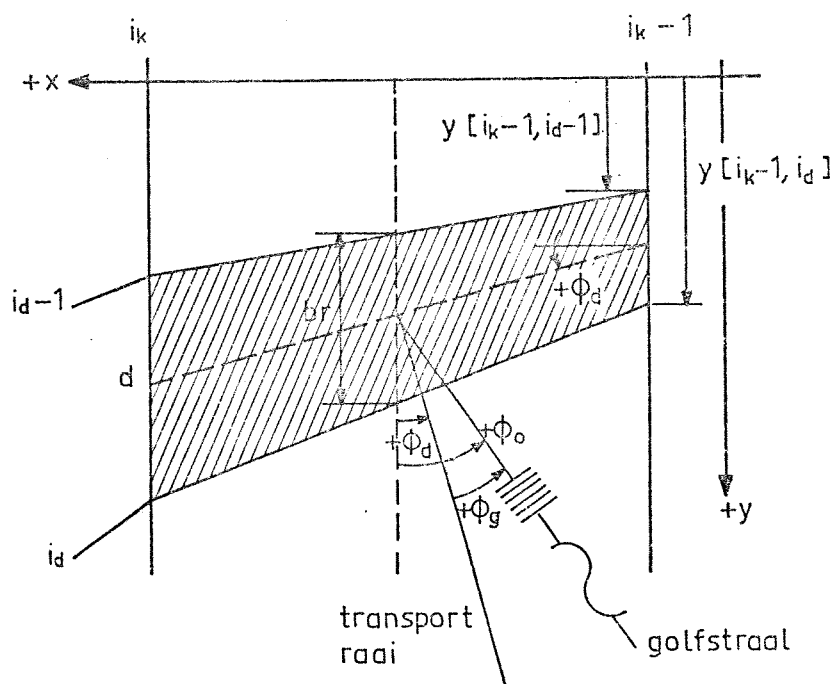
waarin:  $\phi_0$  = de hoek van golfinval op diep water t.o.v. de x-as.

De gemiddelde breedte  $br$  waarover het transport plaatsvindt wordt berekend uit:

$$br = (y[i_k, i_d] + y[i_{k-1}, i_d] - y[i_k, i_{d-1}] - y[i_{k-1}, i_{d-1}]) / 2 \quad (3.5)$$

De helling van het transportprofiel is dan:

$$(hel) = \Delta d / br \quad (3.6)$$



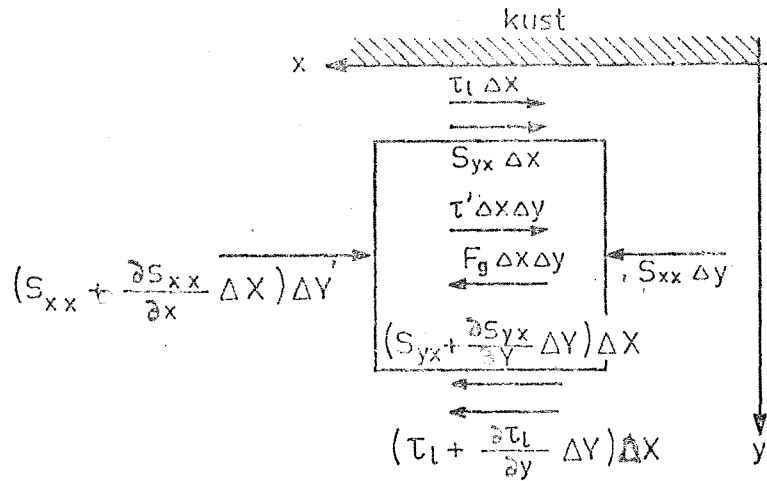
Figuur 3.3

### 3.2.1 Berekening van de langsstroom-snelheidsverdeling

De snelheidsverdeling loodrecht op de kust kan berekend worden met behulp van een krachtenevenwichtsbeschouwing (zie ook [9]).

De volgende krachten zijn van belang (zie figuur 3.4).

- de radiationstress componenten  $S_{yx}$  en  $S_{xx}$
- de verhangkracht t.g.v. verschil in wave set-up  $F_{ws}$



Figuur 3.4

- de getijkkracht  $F_g$
- de laterale wrijving  $\tau_l$
- de bodemschuifspanning  $\tau_{cw}$

De radiationstress componenten zijn krachten die door de golfbeweging worden veroorzaakt. In de verdere beschouwing wordt aangenomen dat de golfomstandigheden in x-richting niet sterk variëren, zodat de invloed van de component  $S_{xx}$  klein is en de wave set-up in x-richting niet sterk zal veranderen. Wegens deze aanname zal de invloed van  $F_{ws}$  klein zijn. De formule voor de component  $S_{yx}$  is:

$$S_{yx} = \frac{1}{2} E [n \sin(2\phi)] \quad (3.7)$$

waarin:  $E$  = energiedichtheid van golven

$n$  = verhouding tussen de groepsnelheid en de voortplantingssnelheid van golven

$$= \frac{1}{2} [1 + 2kh / \sinh(2kh)] \quad (3.8)$$

$k$  = golfgetal

$$= 2\pi / \lambda \quad (3.9)$$

$h$  = waterdiepte

$\lambda$  = golflengte

$\phi$  = hoek van golfinval

De formule voor de getijkkracht heeft de volgende gedaante:

$$F_g = \rho g h i \sin \theta \quad (3.10)$$

waarin  $i$  = getijverhang

$\theta$  = fasehoek

$$= 2\pi / T_g$$

$T_g$  = periode van de getijgolf

In eerste instantie wordt de getijkracht buiten beschouwing gelaten. Het is de bedoeling dat de getijkracht in de verbeterde versie van het NL programma wel bij de berekening wordt betrokken.

De laterale wrijving kan beschreven worden door:

$$\tau_l = \mu_e h \frac{\partial v}{\partial y} \quad (3.11)$$

waarin:  $\mu_e$  = dynamische eddy viscosity

$\partial v / \partial y$  = snelheidsgradiënt in y-richting

Longuet Higgins [10] heeft een breed gebied aangegeven voor de waarde van de coëfficiënt  $\mu_e$ , Battjes [4] heeft een meer eenduidige beschrijving gegeven voor  $\mu_e$  binnen de brekerzone. Buiten de brekerzone geldt zijn theorie niet. Het effect van de laterale wrijving is het grootst, daar waar de snelheidsgradiënt het grootst is. Bij een enkele golf is dit in het gebied van de brekerzone. De snelheidsverdeling zal berekend worden voor een golfveld met een smal spectrum. T.g.v. dit spectrum zal de snelheidsverdeling een "smooth" verloop hebben, zodat de snelheidsgradiënten niet groot zijn.

Vanwege dit feit wordt de invloed van de laterale wrijving niet in de beschouwing opgenomen.

Voor de bodemschuifspanning wordt gebruik gemaakt van de formule van Bijker [7]. Voor grote hoeken tussen  $u_0$  en  $v$  geldt:

$$\tau_{cw} = \tau_c \left[ .75 + .45 \left( \frac{u_0}{v} \right)^{1.13} \right] \quad (3.12)$$

waarin:  $\tau_{cw}$  = bodemschuifspanning in de richting van de stroom

$\tau_c$  = bodemschuifspanning t.g.v. alleen stroom  
=  $\rho g v^2 / C^2$

$v$  = stroomsnelheid  
 $C$  = Chezy coëfficiënt  
=  $148.5 \log(12h/r)$   
 $r$  = bodemruwheid  
 $u_0$  = amplitude van de orbitaalsnelheid  
 $\xi = (f_w/2g)^{\frac{1}{2}} C$   
 $f_w$  = wrijvingscoëfficiënt t.g.v. golven  
=  $\exp [-5.977 + 5.213(a_0/r)^{-0.194}]$  (3.14)  
 $a_0$  = amplitude van de orbitaalbeweging bij de bodem

In [13] is aan de hand van één modelproef door de schrijver een vergelijking gemaakt tussen de bodemschuifspanningformules van Bijker [7], Bakker [2] en Lundgren [11] voor golven en stroom in dezelfde richting. Uit deze vergelijking bleek dat de bodemschuifspanningsformule van Bijker voor deze proef niet representatief was. Toch wordt deze formule toegepast aangezien de formules van Bakker, die zeer goed aansloot bij de metingen, en Lundgren nog niet eenvoudig te gebruiken zijn voor eenvoudige berekeningen.

Met bovenstaande beschouwingen t.a.v. de krachten wordt de volgende krachtenbalans opgesteld (zie ook figuur 3.4):

$$\left[ (S_{yx} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial y} \Delta y) - S_{yx} \right] \Delta x - \tau_{cw} \Delta x \Delta y = 0 \quad (3.15)$$

Delen door  $\Delta x \Delta y$  levert:

$$\frac{\partial S_{yx}}{\partial y} - \tau_{cw} = 0 \quad (3.16)$$

Voor de numerieke berekening wordt  $\partial S_{yx} / \partial x$  berekend door het differentiaal-quotiënt  $\Delta S_{yx} / \Delta x$ , dat berekend wordt volgens:

$$\frac{\Delta S_{yx}(y(i))}{\Delta y} = \frac{S_{yx}(d(i)+\Delta) - S_{yx}(d(i)-\Delta)}{2\Delta} \quad (\text{hel}) \quad (3.17)^*)$$

waarbij voor  $d(i)$  vergelijking (3.1) wordt gebruikt en voor (hel) vergelijking (3.6).

Battjes [5] geeft in zijn proefschrift een verdeling van de golfhoogte in de brekerzone, uitgaande van een golfveld met een smal spectrum.

De kansverdelingsfunctie van de golfhoogte wordt bepaald met de aanname dat de lokale golfhoogte, waarin de invloed van shoaling en refractie is verwerkt, niet groter kan zijn dan de lokale brekerhoogte  $H_{br} = \gamma \cdot h_{br}$ :

$$F(H) = \begin{cases} 0 & \text{voor } H < 0 \\ 1 - \exp(-H^2/\overline{H_f^2}) & \text{voor } 0 \leq H < H_{br} \\ 1 & \text{voor } H > H_{br} \end{cases} \quad (3.18)$$

waarin:  $F(H)$  = de kans dat de golfhoogte  $H$  kleiner is dan een zekere golfhoogte

$$\begin{aligned} \overline{H_f^2}^{\frac{1}{2}} &= \text{een fictieve golfhoogte} \\ &= (K_{sh} \cdot K_r)^{\frac{1}{2}} (H_{rms})_0 \end{aligned} \quad (3.19 a)$$

$$\begin{aligned} K_{sh} &= \text{shoalingcoëfficiënt} \\ &= \left(\frac{1}{2n} \frac{c_0}{c}\right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (3.19b)$$

$$\begin{aligned} K_r &= \text{refractie coëfficiënt} \\ &= \left(\frac{\cos \phi_0}{\cos \phi}\right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \quad (3.19c)$$

$\phi$  = hoek van golfinval

$c$  = voortplantingssnelheid

$(H_{rms})_0$  = root mean square golfhoogte op diep water

Voor de bepaling van de radiationstress component  $S_{yx}$  dient de gemiddelde energie en dus  $\overline{H^2}$  in rekening te worden gebracht:

$$E = \frac{1}{8} \rho g \overline{H^2} \quad (3.20)$$

\*)  $\Delta$  is een kleine toename in de diepte, niet te verwarren met  $\Delta d$ .

$$\text{waarin: } \overline{H^2} = \int_{-\infty}^{+\infty} H^2 dF(H) \quad (3.21)$$

$$= [1 - \exp(-H_{br}^2 / \overline{H_f^2})] \overline{H_f^2} \quad (3.22)$$

In [9] wordt aangetoond dat de bodemschuifspanning  $\tau_{CW}$  vrijwel lineair is met de golfhoogte  $H$ , zodat voor de berekening van de gemiddelde schuifspanning de gemiddelde golfhoogte  $\overline{H}$  in rekening dient te worden gebracht. De gemiddelde golfhoogte wordt berekend uit:

$$\overline{H} = \int_{-\infty}^{+\infty} H dF(H) \quad (3.23)$$

$$= (\pi)^{\frac{1}{2}} / 2 H_{frms} \operatorname{erf}(H_{br} / H_{frms}) \quad (3.24)$$

$$\text{waarin: } H_{frms} = (\overline{H_f^2})^{\frac{1}{2}} \quad (3.25)$$

$$\operatorname{erf}(x) = 2 / (\pi)^{\frac{1}{2}} \int_0^x e^{-u^2} du \quad (3.26)$$

Voor het krachterevenwicht wordt nu met (3.12), (3.16), (3.17), (3.20) en (3.23) gevonden:

$$\frac{\Delta}{\Delta y} \left( \frac{1}{8} \rho g \overline{H^2} n \cos \phi \sin \phi \right) - \tau_c \left[ .75 + 45 \left( \xi \frac{\hat{u}_0}{V} \right)^{1.13} \right] = 0 \quad (3.27)$$

$$\text{waarin: } \hat{u}_0 = \frac{\pi \overline{H}}{T} \frac{1}{\sinh(kh)} \quad (3.28)$$

De snelheid  $v$  wordt met de methode van Newton Raphson opgelost uit vergelijking (3.27) (zie beschrijving van het computerprogramma, paragraaf 3.3.2).

### 3.2.2 Zandtransportformule voor het langstransport

In [9] is door Van de Graaff en de schrijver een vergelijking gemaakt

tussen de transportformules voor golven en stroom van Bijker, SWANBY, Englund-Hansen en de CERC-formule. De conclusie na deze vergelijking is, dat de Bijker-formule in alle opzichten beter bij de CERC tendensen aansluit dan de beide andere formules.

Voor de berekeningen van langstransporten zal dan ook de onderstaande Bijker-formule gebruikt worden.

$$S_b = b D_{50} \frac{v}{C} g^{\frac{1}{2}} \exp \left[ \frac{-0.27 \Delta D_{50} C^2}{\mu v^2 \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \xi \frac{D_{50}}{v} \right)^2 \right]} \right] \quad (3.29)$$

waarin:  $S_b$  = bodentransport in  $m^3/s/m'$

$b$  = constante

$D_{50}$  = 50% korreldiameter

$\Delta$  = relatieve dichtheid van het bodemmateriaal

$\mu$  = ribbelfactor

$$= (C/C_{D90})^{3/2} \quad (3.30)$$

$$C_{D90} = 18 \log(12h/D_{90}) \quad (3.31)$$

$D_{90}$  = 90% korreldiameter

$$S_{sus} = 1.83 S_b [I_1 \ln(33h/r) + I_2] \quad (3.32)$$

waarin:  $S_{sus}$  = suspensietransport in  $m^3/s/m'$

$$I_1 = R \int_A^1 \left( \frac{1-y}{y} \right)^{z_*} dy \quad (3.33)$$

$$I_2 = R \int_A^1 \left( \frac{1-y}{y} \right)^{z_*} \ln y dy \quad (3.34)$$

$$R = \frac{.216 A^{(z_*-1)}}{(1-A)^{z_*}} \quad (3.35)$$

$$z_* = \frac{W}{\kappa v_*} \quad (3.36)$$

$$v_* = g^{\frac{1}{2}} (v/C) \left[ 1 + \frac{1}{2} \left( \xi \frac{D_{50}}{v} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.37)$$

$$A = r/h \quad (3.38)$$

Het totale langtransport wordt berekend uit:

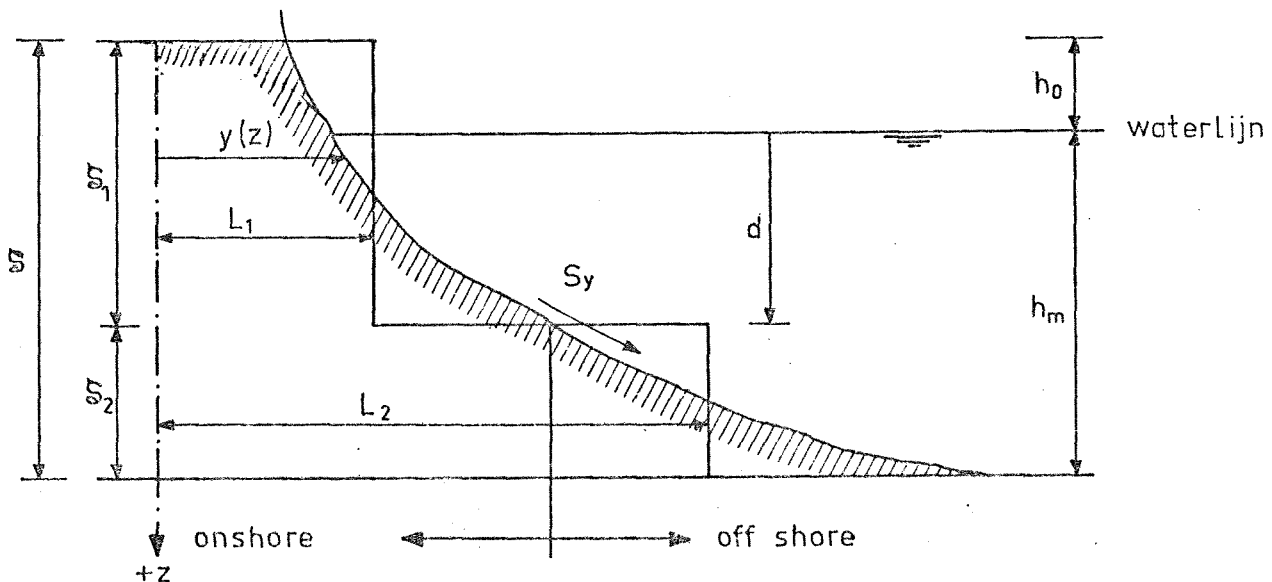
$$S = S_b + S_{sus} \quad (3.39)$$

De integralen  $I_1$  en  $I_2$  werden oorspronkelijk berekend met de procedure INTSTIEF [16]. Bakker en Bogaard [6] hebben deze veel rekentijd vergende procedure vervangen door een reeksontwikkeling. In [14] is door de schrijver een onderzoekje verricht naar het verschil tussen de integraal en de reeks.

### 3.2.3. Dwarstransportformule van Swart

Swart [17] beschrijft in zijn proefschrift een methode voor de berekening van dwarstransport veroorzaakt door golven, voor zowel een 2- als 3-dimensionaal geval.

Voor de berekening van het dwarstransport op een zekere diepte  $d$  wordt het kustprofiel geschematiseerd in twee delen: het onshore profiel en het offshore profiel (zie figuur 3.5).



Figuur 3.5



Bakker [3] neemt aan dat het transport tussen het on- en offshoreprofiel beschreven kan worden door:

$$S_y = s_y (W - (L_2 - L_1)) \quad (3.40)$$

waarin:  $S_y$  = dwarstransport, positief in zeevaartse richting

$s_y$  = evenredigheidsconstante

$W$  = geschematiseerde evenwichtsafstand tussen het on- en offshore profiel

$(L_2 - L_1)$  = de momentane afstand tussen het on- en offshore profiel

De parameter  $(L_2 - L_1)$  kan beschouwd worden als een geschematiseerde helling van het profiel. Als  $(L_2 - L_1)$  groter is dan de evenwichtswaarde  $W$  en dus de helling van het profiel flauwer is dan de evenwichtshelling, zal het profiel steiler willen worden. Er zal dan een landwaarts transport optreden ( $W - (L_2 - L_1) < 0$ ).

In [17] wordt het profiel verdeeld in 3 gebieden:

(1) de backshore, het gebied waar erosie plaatsvindt boven het punt van maximale wave run-up, (2) het D-profiel, het gebied waar het transport (bodem en suspensie) optreedt en (3) een overgangsgebied waar alleen bodemtransport plaatsvindt in het gebied van begin van beweging.

De grenzen voor deze 3 gebieden worden als volgt gedefinieerd (zie figuur 3.5).

$h_0$  : de bovengrens van het D-profiel, waarvoor wordt aangenomen dat dit een functie is van de maximum wave run-up. Met behulp van proeven wordt gevonden:

$$\frac{h_0}{D_{50}} = 7644 - 7706 \exp(-0.143 * 10^{-3} \frac{H_0^{0.488} T^{0.93}}{D_{50}^{0.786}}) \quad (3.41)$$

waarin:  $h_0$  = bovengrens van het D-profiel t.o.v. stil water niveau  
 $h_m$  = ondergrens, waarvoor wordt aangenomen dat dit punt de overgang is van het gebied van suspensie- en bodemtransport naar het gebied van alleen bodemtransport. Met behulp van proeven wordt gevonden:

$$\frac{h_m}{\lambda_0} = 0.0063 \exp\left(4.347 \frac{H_0^{0.473}}{T^{0.894} D_{50}^{0.093}}\right) \quad (3.42)$$

waarin:

$h_m$  = de ondergrens van het D-profiel t.o.v. stil water niveau  
 $\lambda_0$  = golflengte op diep water

In het onderstaande zal zeer beknopt een overzicht worden gegeven van de bepaling van de evenwichtslengte  $W$  en de kustconstante  $s_y$  uit vergelijking (3.40).

Evenwichtsafstand W:

$$\frac{W}{W_r} = 0.7\Delta_r + 1 + 3.97 \cdot 10^7 b D_{50}^2 \Delta_r^{1.36} \cdot 10^4 D_{50} \quad (3.43)$$

waarin:  $\Delta_r = (h_m - \delta_2) / \delta \quad (3.44)$

$$\delta_2 = h_m - d \quad (\text{zie figuur 3.5}) \quad (3.45)$$

$$\delta = h_0 + h_m \quad (3.46)$$

$$b = \begin{cases} 1 & \text{voor } \Delta_r > 0 \\ 0 & \text{voor } \Delta_r < 0 \end{cases} \quad (3.47)$$

$$W_r = \delta / (2m_r) \quad (3.48)$$

$m_r$  = geschematiseerde evenwichtshelling van het D-profiel op de waterlijn, te berekenen uit:

$$m_r \frac{H_0}{\lambda_0} = 1.51 \cdot 10^3 H_0^{0.132} D_{50}^{-0.447} \left(\frac{H_0}{\lambda_0}\right)^{-0.717} - 2.38 + 0.11 \cdot 10^{-3} \quad (3.49)$$

Kustconstante  $s_y$  voor het 2-dimensionale geval:

$$s_y / s_{ym} = \begin{cases} \frac{0.93}{1 + 1.01x^{2.11}} + 0.07 & \text{voor } \delta_m > 0 \\ \frac{0.99}{1 + 1.14x^{2.11}} + 0.01 & \text{voor } \delta_m < 0 \end{cases} \quad (3.50)$$

waarin:  $\delta_m = \delta_2 - \delta_{2m} \quad (3.51)$

$$\frac{\delta_{2m}}{\delta} = 0.8 - 1.1 H_0^{-0.55} \left(\frac{H_0}{h_m}\right)^{2.69} \quad (3.52)$$

$$x = \Delta_m \left(\frac{H_0}{\lambda_0}\right)^{-1} \left(\frac{H_0}{h_m}\right)^2 \quad (3.53)$$

$$\Delta_m = \left| \delta_m / \delta \right| \quad (3.54)$$

$s_{ym}$  = de maximale waarde van  $s_y$ , te berekenen uit:

$$\ln \left( \frac{s_{ymT}}{D_{50}} \right) = 10.7 - 28.9 \left[ H_0^{1.68} \left( \frac{H_0}{\lambda_0} \right)^{-0.9} D_{50}^{-1.29} \left( \frac{H_0}{h_m} \right)^{2.66} \right]^{-0.079} \quad (3.55)$$

Kustconstante- $s_y$  voor het 3-dimensionale geval:

Swart [17] heeft uit 3 modelproeven de volgende relatie opgesteld voor de toename van de maximale kustconstante voor een 3-dimensionaal geval:

$$s_{ym3D} / s_{ym2D} = \left( \overline{\tau_{WC} / \tau_W} \right)^{4.5} \quad (3.56)$$

waarin:  $\overline{\tau_{WC} / \tau_W}$  = verhouding tussen de bodemschuifspanning t.g.v. golven en stroom t.o.v. alleen golven

$$= 1 + M \left( \xi \frac{u_0}{v} \right)^{-N} \quad (3.57)$$

$$M = 1.91 - 1.32 \sin \phi \quad (3.58)$$

$$N = 1.24 - 0.08 \sin \phi \quad (3.59)$$

$$\phi = \text{hoek van golfval}$$

In de volgende berekeningen zal deze toename niet verwerkt worden wegens de volgende overwegingen:

- (1) In hoeverre is deze toename van de profielverandering voor het 3-dimensionale geval (i.e. toename van  $s_{ym}$ ) toe te schrijven aan het dwarstransport.
- (2) Het aantal verrichte modelproeven (3) is zeer gering voor het opstellen van vergelijking (3.56). Daarbij komt nog dat uit berekeningen blijkt dat het dwarstransport veel groter is dan het langstransport. Bij deze berekende toename van het dwarstransport wordt het dwarstransport zeer sterk overheersend (voor  $u_0 = 1\text{m/s}$ ,  $v = 1\text{m/s}$ ,  $\xi = 2.5$  en  $\phi = 15^\circ$  is de toename van  $s_{ym}$  gelijk aan 6.5).

Met de bovenstaande vergelijkingen is het dwarstransport nu te bepalen bij gegeven waarden van de afstand ( $L_2 - L_1$ ). Deze afstand wordt berekend uit (zie figuur 3.5):

$$L_1 \delta_1 = \int_{-h_0}^d y(z) dz \quad (3.60)$$

$$L_2 \delta_2 = \int_d^{h_m} y(z) dz \quad (3.61)$$

waarbij z vanaf de waterlijn naar beneden positief wordt genomen.

### 3.2.4 Berekening van de profiel-verandering

De verandering van het profiel wordt berekend uit de continuïteitsvergelijking voor zand (zie figuur 3.6):

$$\left\{ [(S_x + dS_x) - S_x] dy + [(S_y + dS_y) - S_y] dx \right\} dt + dx dy \frac{\partial z}{\partial t} dt = 0 \quad (3.62)$$

waarin:  $S_i$  = transport in i-richting in  $m^3/s/m'$  ( $i=x,y$ )

$dS_i$  = de toename van het transport  $S_i$

$$= \frac{\partial S_i}{\partial i} di$$

$\frac{\partial z}{\partial t}$  = de verhoging van de bodem

$$(3.63)$$

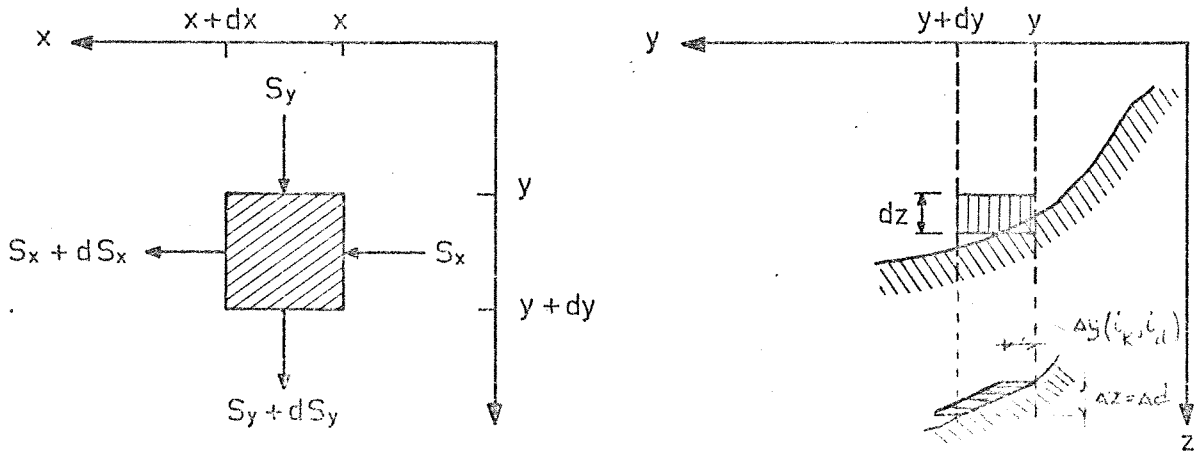
Uitwerking van (3.62) geeft de volgende differentiaal vergelijking:

$$\frac{\partial S_x}{\partial x} + \frac{\partial S_y}{\partial y} - \frac{\partial z}{\partial t} = 0 \quad (3.64)$$

De schematisatie van het kustvak is niet monotoon in x, y en z, zodat vergelijking (3.64) opgelost wordt in discrete stappen, volgens:

$$(\Delta S_x \cdot \Delta y + \Delta S_y \cdot \Delta x) \Delta t - \Delta x \Delta y \Delta z = 0 \quad (3.65)$$

Aangezien er gekozen is voor een "constante diepten" schematisatie wordt voor de volgende termen ingevuld:



Figuur 3.6

$$\Delta y = \Delta y(i_k, i_d) \quad *)$$

$$\Delta S_x \Delta y = \Delta S_x \cdot br \quad *) \quad (\text{zie vergelijking 3.5}) \quad (3.66)$$

$$\Delta z = \Delta d \quad *) \quad (3.67)$$

Met de vergelijkingen (3.65 t/m 3.67) wordt nu voor de verandering van de  $i_d$ -de dieptelijn in de  $i_k$ -de raai gevonden:

$$\Delta y(i_k, i_d) = -(\Delta S_x [i_k, i_d] \cdot br + \Delta S_y [i_k, i_d] \cdot \Delta x) \Delta t / (\Delta x \Delta d) \quad (3.68)$$

Analoog aan de continuïteitsvergelijking voor zand kan ook een continuïteitsvergelijking voor water opgesteld worden:

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (3.69)$$

waarin  $q_j$  = debiet in  $m^3/s/m'$ .

Wanneer aangenomen wordt dat de waterstand niet verandert in de tijd, dan gaat (3.69) met discrete notatie over in:

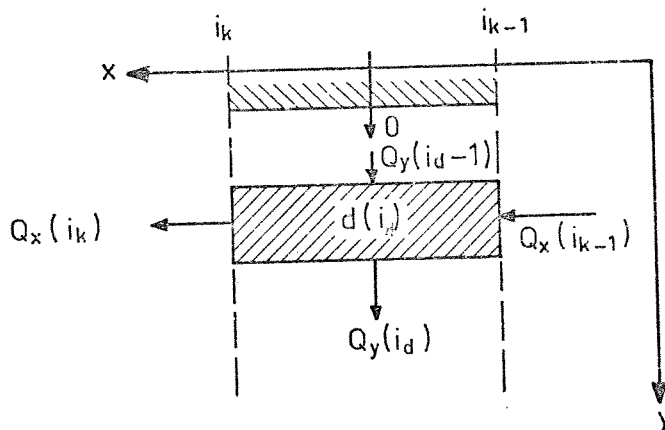
\*) De bodemveranderingen zijn nu horizontaal aangenomen i.p.v. verticaal. (Zie ook figuur 3.6)

$$\Delta Q_x + \Delta Q_y = 0 \quad (3.70)$$

waarin:  $Q_x = q_x \cdot \Delta y = q_x \cdot br \quad (3.71)$

$$Q_y = q_y \cdot \Delta x \quad (3.72)$$

Het debiet  $Q_x$  is bekend aangezien de snelheid op diepte  $d(i)$  volgens vergelijking (3.27) bekend is. Uit het verschil van  $Q_x$  tussen raai  $i_k$  en  $i_{k-1}$  en uit de continuïteit van diepte  $i_d-1$  volgt het debiet  $Q_y$  over diepte  $i_d$  (zie figuur 3.7).



Figuur 3.7

Als randvoorwaarde geldt:

$$Q_y(i_d=0) = 0 \quad (3.73)$$

Het debiet  $Q_y$  transporteert water met een zekere concentratie  $c$ , zodat er een zandtransport  $S_{DWARS}$  ontstaat in  $y$ -richting (nb. dit transport heeft totaal geen verband met het dwarstransport volgens Swart).

$S_{DWARS}$  wordt berekend uit:

$$S_{DWARS} = c \cdot Q_{DWARS} \quad (3.74)$$

waarin:  $Q_{DWARS} = Q_y$

$c$  = gemiddelde concentratie in het gebied tussen de raaien  $i_k$  en  $i_{k-1}$  op de dieptelijn  $d(i)$   
 $= (c(i_k) + c(i_{k-1}))/2$  (3.75)

$$c(i_k) = S_x(i_k)/Q_x(i_k) \quad (3.76)$$

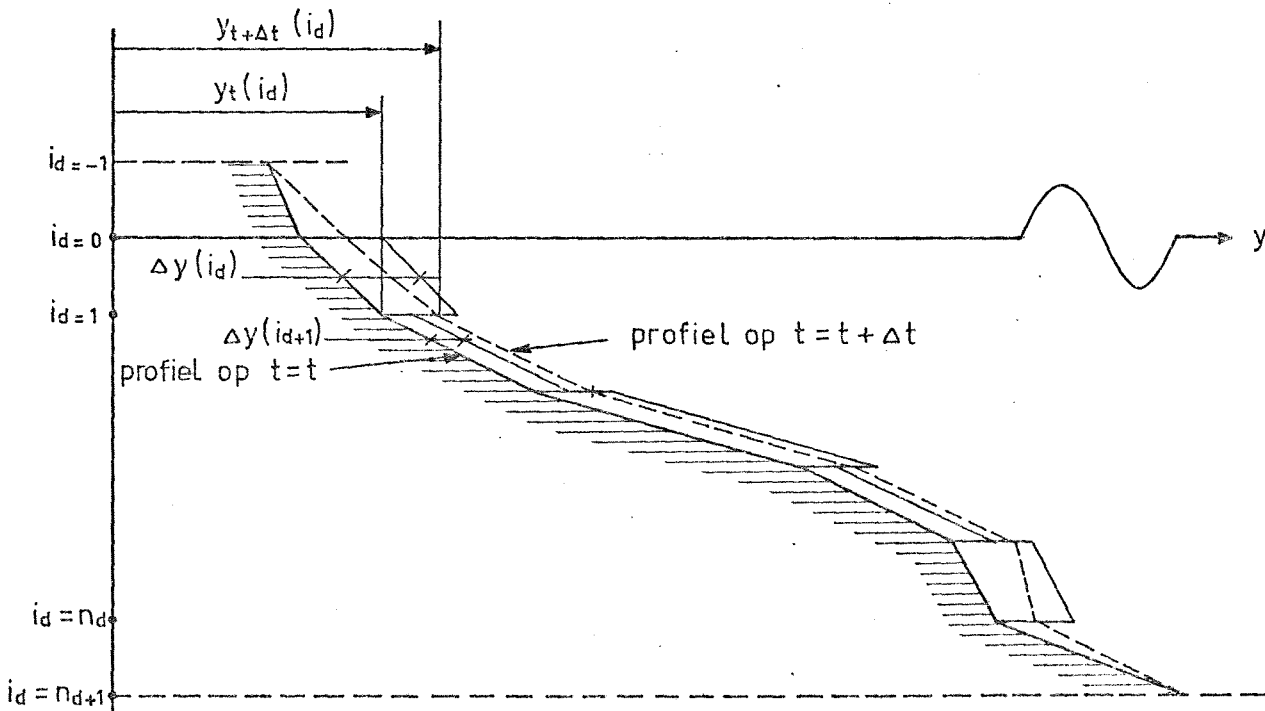
Nu zijn alle termen uit het rechterlid van (3.68) bekend:

$\Delta S_x$  : uit de transportformule van Bijker (vergl. 3.39)

$\Delta S_y$  : uit de dwarstransportformule van Swart (vergl. 3.50)  
 en uit de continuïteitsvergelijking (3.74)

zodat  $y(i_k, i_d)$  opgelost kan worden.

Het profiel dat hieruit wordt verkregen vertoont discontinuïteiten op de diepten  $i_d \Delta d$  (zie figuur 3.8).



Figuur 3.8



Het profiel  $y_{t+\Delta t}(i_d)$  van deze raai wordt nu op de volgende wijze berekend:

$$y_{t+\Delta t}(i_d) = y_t(i_d) + \text{DELY} \quad (3.77)$$

$$\text{waarin DELY} = (\Delta y(i_d+1) + \Delta y(i_d))/2 \quad (3.78)$$

Als randvoorwaarde wordt aangehouden:

$$y_{t+\Delta t}(-1) = y_t(-1) \quad (3.79)$$

$$y_{t+\Delta t}(n_d+1) = y_t(n_d+1) \quad (3.80)$$

Door deze middeling over het profiel wordt een fout geïntroduceerd, die op de volgende wijze wordt hersteld.

Wanneer voor tijdstip  $t=t+\Delta t$  de  $n_k$  nieuwe profielen zijn berekend, wordt de toename van het volume van het gehele kustgebied tussen raai 0 en  $n_k$  en diepte  $-\Delta d$  en  $(n_d+1)\Delta d$  berekend volgens:

$$\text{VOLUME} = \int_{x=0}^{n_k \Delta x} \int_{z=-\Delta d}^{(n_d+1)\Delta d} \int_t^{t+\Delta t} y(x, z, t) dx dz dt \quad (3.81)$$

Dit volume zou gelijk moeten zijn aan het verschil van de door de randen van het gebied inkomende en uitgaande zandtransporten:

$$\begin{aligned} \text{SEDIMENTATIE} = & \int_{z=0}^{n_d \Delta d} \left\{ S_x(i_k=0) - S_x(i_k=n_k) \right\} dz \\ & - \int_{x=0}^{n_k \Delta x} \left\{ S_y(i_d=0) - S_y(i_d=n_d) \right\} dz \end{aligned} \quad (3.82)$$

Het verschil tussen VOLUME en SEDIMENTATIE is de hoeveelheid zand die door middelen uit het gebied verdwenen is.

Er wordt een herverdeling verricht volgens:

$$y_{t+\Delta t} = y_{t+\Delta t} + \text{DELY2} \quad (3.83)$$

$$\text{waarin DELY2} = (\text{SEDIMENTATIE-VOLUME}) / (n_d \cdot \Delta d \cdot n_k \cdot \Delta x) \quad (3.84)$$

Deze profielen worden gebruikt voor de berekening van de zandtransporten op tijdstip  $t=t+\Delta t$ .

### 3.3 Beschrijving van de indeling van de berekeningen

In deze paragraaf zal het NL-programma worden besproken aan de hand van de in het programma toegepaste "block"indeling A t/m F (zie ook bijlagen 1 en 2).

In paragraaf 3.3.1 volgt een overzicht van de berekeningen in de verschillende "blocken". In paragraaf 3.3.2 zal meer in detail worden ingegaan op deze berekeningen.

#### 3.3.1 "Block" indeling

In zeer grote lijnen kunnen aan de blocken A t/m F de volgende titels worden gegeven.

- A : declaratie block
- B : parameter block
- C : transport block
- D : profiel block
- E : herverdeling block
- F : teken block

De blockindeling is als volgt:

BLOCK A

- A1 - declaratie van de parameters
- A2 - declaratie van de procedures

BLOCK B

- B1 - inlezen van de parameters
- B2 - definiëren van constanten
- B3 - berekenen van constanten
- B4 - inlezen van de profielen van  $t=0$
- B5 - inlezen van de randvoorwaarden
- B6 - berekenen van de constanten voor het dwarstransport
- B7 - inlezen en berekenen van getijgegevens
- B8 - berekenen van de voortplantingssnelheid

BLOCK C

- C1 - berekening van de richting en breedte van de vakken tussen de dieptelijnen
- C2 - berekening van de aandrijvende kracht voor de langsstroom DSXY
- C3 - berekening van de langsstroom V
- C4 - berekening van het langstransport S
- C5 - berekening van het dwarstransport SY

BLOCK D

- D1 - stellen van randvoorwaarden
- D2 - berekening uit continuïteit QDWARS en daaruit SDWARS
- D3 - berekening uit het transportverschil DELS de bodemverandering DY

- D4 - berekening van de nieuwe profielen  $y_{T+\Delta T} = y_T + DELY$
- D5 - berekening van de totale volume verandering VOLUME en de transporten door de randen

### BLOCK E

- E1 - berekening van het totale transportverschil SEDI tussen de randen ID=0 en ND, IK=0 en NK
- E2 - berekening van de erosie/sedimentatie SEDIM
- E3 - berekening van de uiteindelijke profielen  $y_{T+\Delta T} = y_{T+\Delta T} + DELY2$

### BLOCK F

- F - uittekenen van de dieptelijnen en profielen

## 3.3.2. Details blokken A t/m F

### Details BLOCK A

- A2.1 - de procedures TYPE, STYPE en DRAW worden gebruikt voor het uittekenen van de dieptelijnen en de profielen (zie de Ras [18]).
- A2.2 - de procedure ERF(F) wordt gebruikt voor de berekening van

$$\text{erf}(x) = \frac{2}{(\pi)^{\frac{1}{2}}} \int_0^x e^{-u^2} du \quad (3.85)$$

Er wordt gebruik gemaakt van de polynoombenadering:

$$\text{erf}(x) = 1 - (1 + 0.278393x + 0.230389x^2 + 0.000972x^3 + 0.078108x^4)^{-4} \quad (3.86)$$

- A2.3 - de procedure ARCSIN(X) wordt berekend volgens:

$$\arcsin(x) = \arctan \left[ \frac{x}{(1-x^2)^{\frac{1}{2}}} \right] \quad (3.87)$$

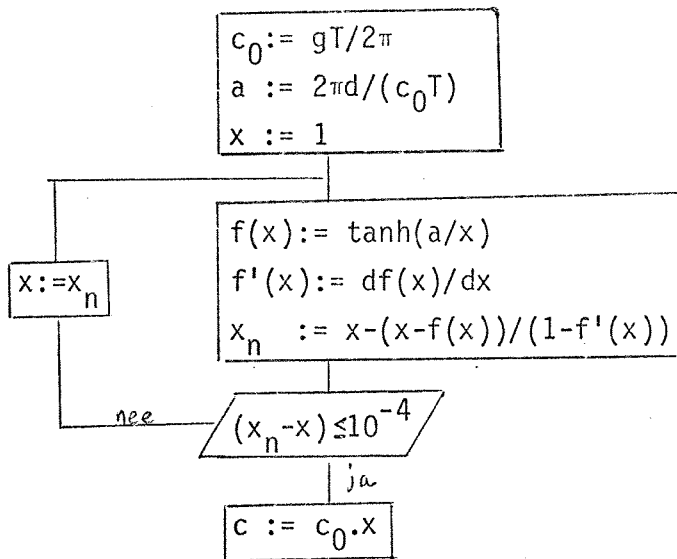
A2.4 - de procedure TANH(X) wordt berekend volgens:

$$\tanh(x) = (e^{2x}-1)/(e^{2x}+1) \quad (3.88)$$

A2.4 - de procedure C(D, T) wordt gebruikt voor de berekening van de voortplantingssnelheid uit:

$$c/c_0 = \tanh [2\pi d/(cT)] \quad (3.89)$$

De berekening wordt uitgevoerd met de methode van Newton Raphson volgens het onderstaande stroomschema:



A2.5 - de procedure CSCH(X) wordt berekend volgens:

$$\operatorname{csch}(x) = 2/(e^x - e^{-x}) \quad (3.90)$$

Details BLOCK B

B1 - inlezen van de volgende parameters:

NT = aantal tijdstappen  
NK = nummer van de laatste raai  
ND = nummer van de laatste dieptelijn  
B100 = keuzegrootte voor de linkerrandvoorwaarde  
B200 = keuzegrootte voor de rechterrandvoorwaarde  
B300 = keuzegrootte voor het dwarstransport  
B400 = keuzegrootte voor het getij  
B500 = keuzegrootte voor het uittekenen van de dieptelijnen  
B600 = keuzegrootte voor het uittekenen van de profielen  
DELTA = grootte van de tijdstap (in seconden)  
DELX = afstand tussen de raaien (in meter)  
DELD = toename van de diepten (in meter)  
D50 =  $D_{50}$  (in meter)  
D90 =  $D_{90}$  (in meter)  
K = bodemruwheid (in meter)  
HO = root mean square golfhoogte op diep water  
T = golfperiode  
PHIO = hoek van golfinval t.o.v. de x-as (in graden)  
GAMMA =  $\gamma$

B2 - de volgende parameters zijn constant verondersteld:

RO =  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$   
G =  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$   
DELTA =  $\Delta = 1.65$   
BY = "b van Bijker" = 5  
KAPPA =  $\kappa = 0.4$

B3 - de valsnelheid  $w$  wordt berekend volgens:

formule (2.19) uit [19] :

$$\log \frac{1}{w} = 0.447(\log D_{50})^2 + 1.961(\log D_{50}) + 2.731 \quad (3.91)$$

B4 - de profielen op  $t=0$  worden opgeslagen in de driedimensionale array:  
 $y[0:NT+1, 0:NK, 0:ND]$  .

De profielen dienen monotoon dalend te zijn. Voor iedere raai IK worden de  $y$ -waarden voor de diepten tussen 0 en  $ND \times DELD$  ingelezen. Tevens wordt de array HANGOVER gevuld met de waarde 'FALSE'. Als in de berekening blijkt dat er op een bepaalde diepte een overhangend profiel ontstaat, dan krijgt HANGOVER voor deze diepte de waarde 'TRUE'. In de uitvoer verschijnt dan de waarschuwing:

\*HANGOVER\*

B5.1 - voor de randvoorwaarde in de eerste raai zijn de volgende mogelijkheden beschikbaar, die gekozen kunnen worden met B100.

B100 = 100 : de water- en zandtransporten zijn 0.

B100 = 110 : de water- en zandtransporten worden voor iedere diepte  $d = \Delta d(i - \frac{1}{2})$  ingelezen.

B100 = 120 : de 1e raai wordt vastgehouden.

B5.2 - voor de randvoorwaarde in de laatste raai zijn de volgende mogelijkheden beschikbaar, die gekozen kunnen worden met B200.

B200 = 200 : de water- en zandtransporten zijn 0.

B200 = 210 : de water- en zandtransporten worden voor iedere diepte  $d = \Delta d(i - \frac{1}{2})$  ingelezen.

B200 = 220 : de laatste raai wordt vastgehouden.

B6 - wanneer de berekening wordt uitgevoerd met dwarstransport (B300=310) dan worden de volgende profiel onafhankelijke parameters berekend volgens de theorie van Swart [17] .

\* de bovengrens van het D-profiel  $h_0$  (3.41)

$$DHO = f(H_0, T, D_{50})$$

\* de ondergrens van het D-profiel  $h_m$  (3.42)

$$DHM = f(H_0, \lambda_0, T, D_{50})$$

\* de evenwichtsafstand  $W_r$  tussen de on- en offshore profielen op de waterlijn (3.48)

$$WR = f(H_0, \lambda_0, D_{50}, \delta)$$

\* de maximum waarde  $s_{ym}$  van de kustconstante  $s_y$  (3.55)

$$SYM = f(H_0, \lambda_0, T, D_{50}, h_m)$$

De volgende diepte afhankelijke parameters worden berekend:

\* de verdeling van de evenwichtsafstand  $W$  over het profiel (3.43)

$$WS[ID] = WR \cdot f(D_{50}, \Delta_r)$$

\* de verdeling van de kustconstante  $s_y$  over het profiel (3.50)

$$SSWART[ID] = SYM \cdot f(H_0, \lambda_0, \Delta_m)$$

B7 - het inlezen van de getijgegevens is in het huidige DL-programma nog niet mogelijk.

B8 - de voortplantingssnelheid wordt voor de beschouwde diepten tussen 0 en ND berekend en opgeslagen in een array.

#### Details BLOCK C

C1 - berekening van:

PHID volgens vergelijking (3.2), PHIG (3.4), BREED (3.5) en HEL (3.6).



C2 - berekening van DSXY:

SXY [j] wordt berekend volgens vergelijking (3.27).

Hierbij wordt gebruik gemaakt van een lus waarin op de diepte

DD= d+(-1)\*\*j\*0.05, SXY [j] wordt berekend (j=1,2).

DSXY wordt berekend uit:

$$DSXY = (SXY [2] + SXY [1]) * HEL/0.10.$$

C3 - berekening van de longshore current V:

hierbij wordt gebruik gemaakt van de methode van Newton Raphson

voor de oplossing van:

$$f(x) = 0 \tag{3.92}$$

$$\text{uit: } x_{n+1} = x_n - f(x_n)/f'(x_n) \tag{3.93}$$

In dit geval is f(x) gelijk aan vergelijking (3.27):

$$f(v) = \rho g v^2 / C^2 [ .75 + .45 (\xi \frac{u_0}{v})^{1.13} ] - \text{KRACHT} \tag{3.94}$$

waarin KRACHT=DSXY.

Uit (3.94) volgt voor f'(v):

$$f'(v) = \rho g v / C^2 [ 1.5 + .39 (\xi \frac{u_0}{v})^{1.13} ] \tag{3.95}$$

De beginschatting voor de snelheid v volgt uit een eenvoudiger  
aanname voor de bodemschuifspanning (zie [9] vergelijking (3.36)).

$$\tau_{CW} = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \rho g^{\frac{1}{2}} \left( \frac{f_w}{C} \right)^{\frac{1}{2}} u_0 v \tag{3.96}$$

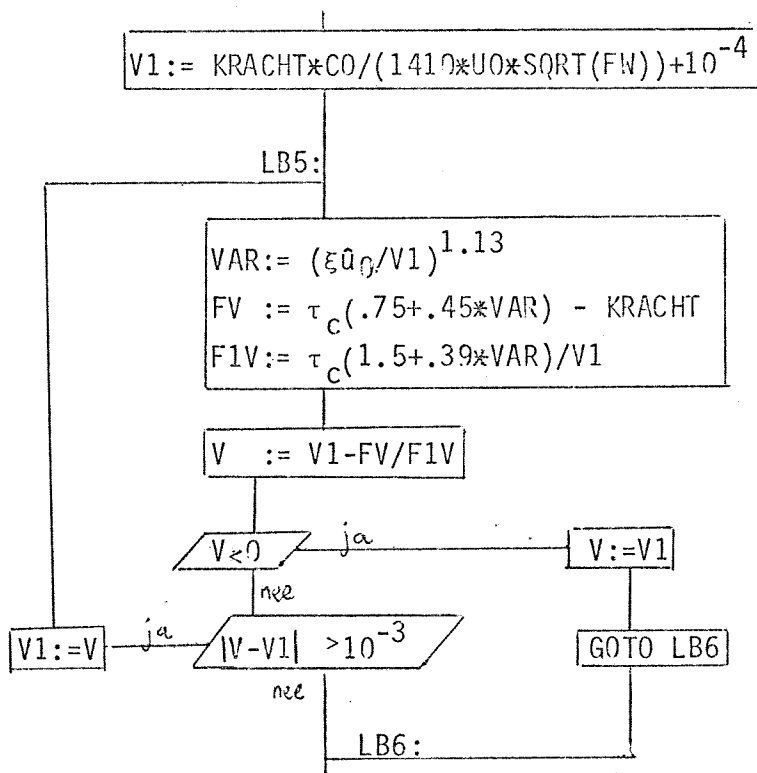
Met  $\tau_{CW} - \text{KRACHT} = 0$  volgt hieruit voor  $v$ :

$$v = \text{KRACHT} \cdot C / (1410 \hat{u}_0 (f_w)^{\frac{1}{2}}) + \epsilon \quad (3.97)$$

Hierbij is  $\epsilon$  gelijk genomen aan  $10^{-4}$ , omdat er door de waarde nul gedeeld kan worden (zie (3.94)) als KRACHT gelijk is aan nul.

Voor kleine waarden van KRACHT kan  $v_{n+1}$  uit vergelijking (3.93) negatief worden. In de volgende stap is de term  $(\xi \hat{u}_0 / v)^{1.13}$  niet gedefinieerd. Om dit tegen te gaan is een voorwaarde voor  $v < 0$  ingebouwd.

Hieronder volgt het stroomschema voor de berekening van de long-shore current  $v$ .



Stroomschema C3.

C4 - Berekening van het langtransport  $S [IK, ID]$ :

$$S [IK, ID] := (SB+SSUS)*BREED$$

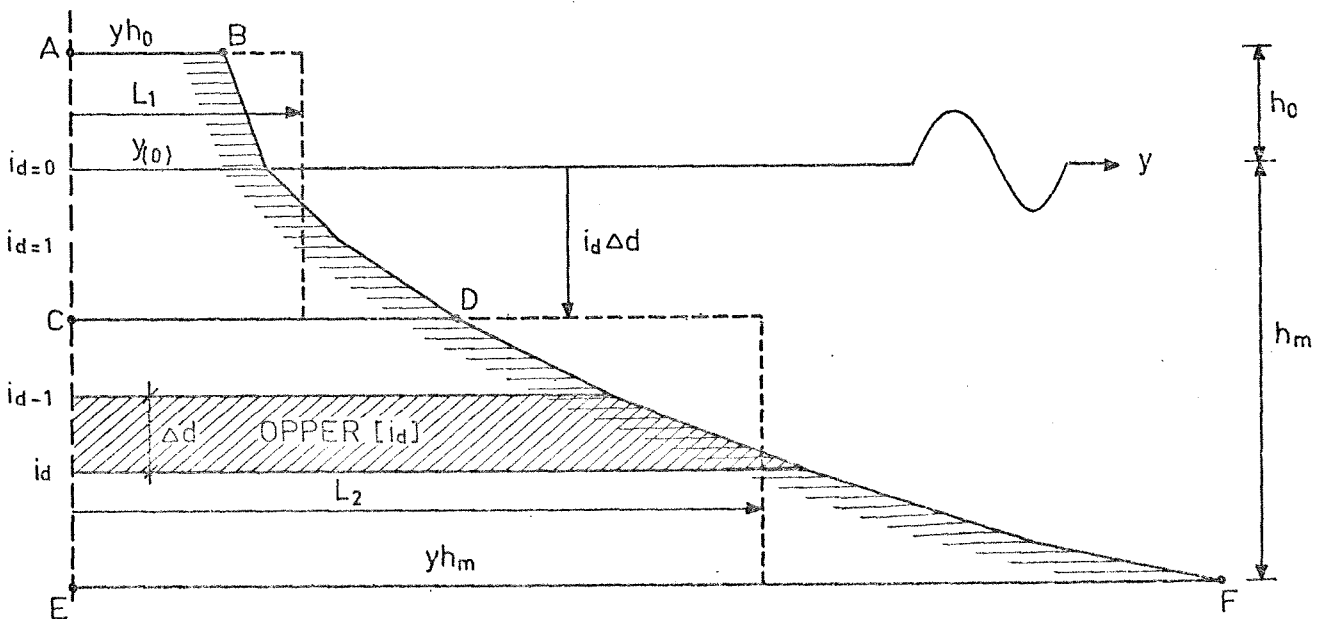
(zie vergelijking (3.39).

C5 - Berekening van het dwarstransport  $SY [ID]$ .

Voor de berekening van het dwarstransport volgens vergelijking (3.40) wordt in dit BLOCK de waarde van  $(L_2-L_1)$  bepaald voor iedere diepte  $i_d \Delta d$ . Hiertoe wordt allereerst het oppervlak van het profiel bepaald tussen de diepten  $(i_d-1)\Delta d$  en  $i_d \Delta d$  (zie figuur 3.9):

$$OPPER [i_d] = \Delta d \int_{i_d-1}^{i_d} y(z) dz \quad (3.98)$$

Wanneer  $h_m > n_d \Delta d$  dan wordt het oppervlak van het profiel tussen  $i_d = n_d \Delta d$  en  $h_m$  berekend uit een van te voren opgegeven helling van het talud tussen deze twee diepten (NHEL).



oppervlak ABEF = SOMOPP  
 oppervlak ABCD = SOM

Figuur 3.9

Daarna wordt het totale oppervlak bepaald van het profiel tussen de diepten  $h_m$  en  $-h_0$  (zie figuur 3.9):

$$SOMOPP = \sum_{-h_0}^{h_m} \text{OPPER } i_d \quad (3.99)$$

Tevens wordt voor iedere diepte  $i_d \Delta d$  het oppervlak bepaald tussen de diepten  $i_d \Delta d$  en  $-h_0$  (zie figuur 3.9):

$$SOM = \sum_{-h_0}^{i_d \Delta d} \text{OPPER } i_d \quad (3.100)$$

Uit de vergelijkingen (3.60) en (3.61) volgt voor  $L_1$  en  $L_2$  op iedere diepte  $i_d \Delta d$ :

$$L_1 = SOM / (h_0 + i_d \cdot \Delta d) \quad (3.101)$$

$$L_2 = (SOMOPP - SOM) / (h_m - i_d \cdot d) \quad (3.102)$$

Het transport wordt nu berekend volgens:

$$SY [IK, ID] := SSWART [ID] * (WS [ID] - (L_2 - L_1)) \quad (3.103)$$

#### Details BLOCK D

D1 - stellen van randvoorwaarden:

- voor de berekening van de totale transporten door de randen:
  - SOD = zandtransport over  $d=0$
  - SND = zandtransport over  $d=n_d \Delta d$
  - QND = debiet over  $d=n_d \cdot \Delta d$ .
- verandering van profiel op diepte  $-\Delta d$  is nul.

- definiëren van de parameter DEEL voor de profielen in de randen  $i_k=0$  en  $i_k=n_k$ . In deze profielen valt de transportraai samen met de profielraai. De afstanden waarover deze profielen betrekking hebben is dan  $DELX/2$ . De waarde van DEEL is 2 voor de profielen  $i_k=0$  en  $n_k$  en 1 voor  $i_k=1$  t/m  $n_k-1$ . De afstand  $\Delta x$  is nu  $DELX/DEEL$ .

D2.1 - berekening van QDWARS volgens (3.70).

D2.2 - berekening van SDWARS volgens:

$$SDWARS [ID] = QDWARS [ID] * (CON1 + CON0) * DEEL / 2 \quad (3.104)$$

waarin CON1 en CON0 concentraties zijn in de raaien  $i_k$  en  $i_k-1$ .  
CON1=0 voor  $i_k=n_k$ . CON2=0 voor  $i_k=0$  (zie ook vergelijking 3.76).

D2.3 - eventueel toevoegen van het dwarstransport SY.

D3 - berekening van DY [ID] uit (3.68).

D4.1 - berekening van het nieuwe profiel  $y [IT+1, IK, ID]$  uit (3.77).

D4.2 - het controleren op overhangende profielen (zie figuur 3.10).

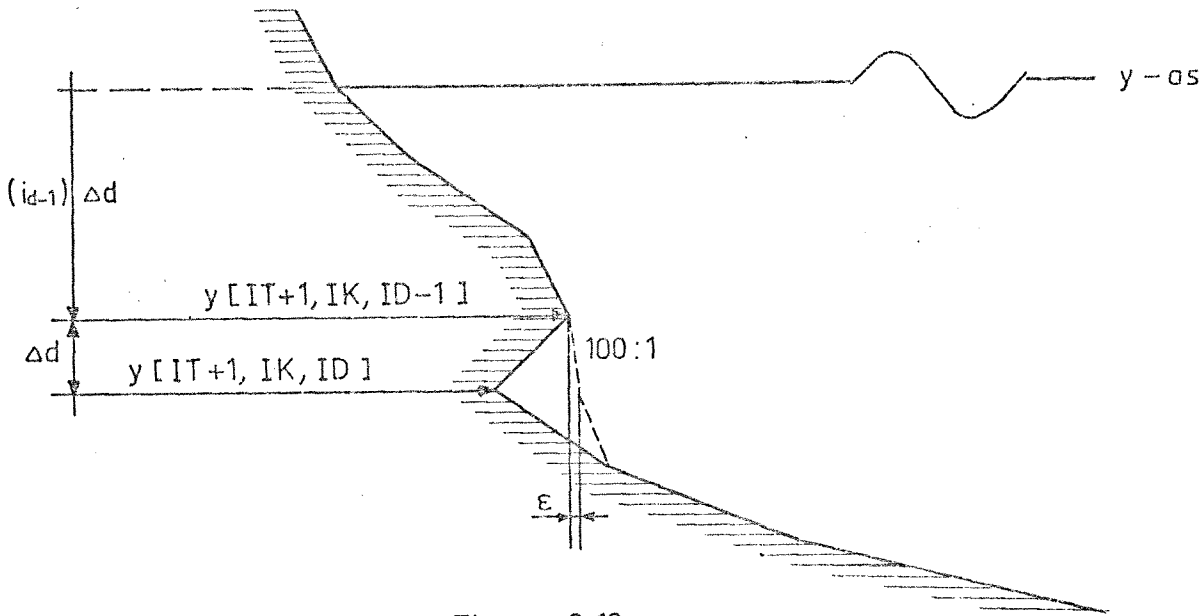
De volgende voorwaarde wordt gesteld:

als de y-waarde van diepte  $i_d \Delta d$  kleiner wordt dan de y-waarde van diepte  $(i_d-1) \Delta d$ , dan wordt deze y-waarde:

$$y [IT+1, IK, ID] := y [IT+1, IK, ID-1] + \epsilon \quad (3.105)$$

$$\text{waarin } \epsilon = (DELY) = \Delta d / 100 \quad (3.106)$$

De helling van het profiel wordt dan 100:1.



Figuur 3.10

De fictieve zandsuppletie wordt verrekend over het gehele gebied via DELY2 (zie block E).

D5 - Berekening van OPP, SOD, SND, QND en VOLUME voor de berekening van de sedimentatie/erosie en DELY2.

Details BLOCK E

E1.1 - berekening van het transport in de transportraai KNUL<sup>\*)</sup>

E1.2 - berekening van het transport in de transportraai KEIND+1<sup>\*)</sup>

E1.3 - berekening van het transportverschil volgens (3.82):

$$SEDI := (SKNUL - SKEIND - SND - SOD) \cdot DELT \quad (3.107)$$

E2 - berekening van de erosie/sedimentatie in het gehele gebied tussen  $t=0$  en  $t=n_t \cdot \Delta t$ .

$$SEDIM := \sum_{t=0}^{n_t \cdot \Delta t} SEDI \quad (3.108)$$

<sup>\*)</sup> zie stroomschema B5:

Als linkerrand wordt vastgehouden : KNUL=1 anders is KNUL=0

Als rechterrind wordt vastgehouden : KEIND=NK-1 anders is KEIND=NK

E3.1 - Berekening van de lengte van het gebied.

Wanneer de profielen in de randen  $i_k=0$  en  $n_k$  niet worden vastgehouden, dan wordt het gebied begrensd door de profielraaijen  $i_k=0$  en  $i_k=n_k$  (zie figuur 3.11a).

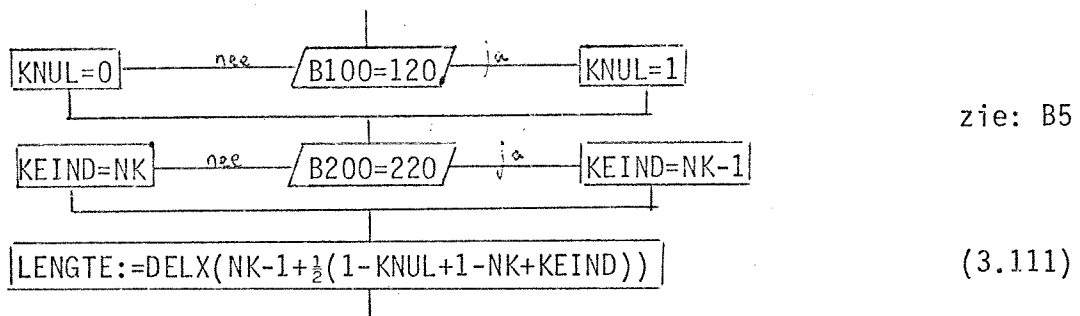
De lengte wordt dan gelijk aan:

$$l = NK \cdot \Delta x \quad (3.109)$$

Wanneer de randen worden vastgehouden, dan wordt het gebied begrensd door de transportraaijen  $i_k=1$  en  $i_k=n_k$  (zie figuur 3.11b).

$$l = (NK-1) \Delta x \quad (3.110)$$

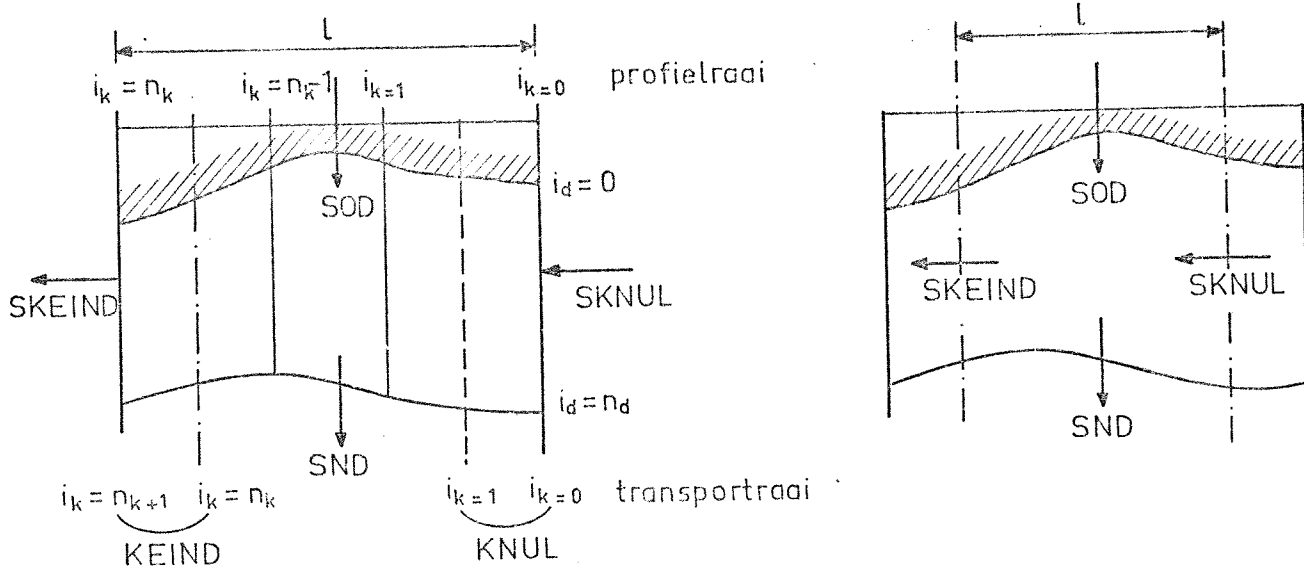
De vergelijkingen (3.109) en (3.110) kunnen als volgt worden samengesteld:



E3.2 - berekening van DELY2 volgens:

$$\text{DELY2} = (\text{SEDI-VOLUME}) / (\text{ND} * \text{DELD} * \text{LENGTE}) \quad (3.112)$$

en berekening van  $y[\text{IT}+1, \text{IK}, \text{ID}] + \text{DELY2}$



Figuur 3.11

### Details BLOCK F

De dieptelijnen en profielen worden uitgetekend met behulp van de procedure DRAW, die beschreven is door de Ras [14].

Hiertoe dient de 3-dimensionale array  $y$  gevuld te worden in de 2-dimensionale array YDL.

Voor de dieptelijnen dient ingevoerd te worden:

DRAWT: om de DRAWT tijdstappen worden de dieptelijnen uitgetekend.

DRAWD: om de DRAWD diepten worden de dieptelijnen uitgetekend.

Evenzo voor de profielen:

DRAWT en DRAWK (om de DRAWK profielen worden de profielen uitgetekend).

Het programma beschikt tevens over de mogelijkheid om de profielen in te lezen van en uit te schrijven op schijf. Dit is gedaan om de berekening in meerdere tijdstappen uit te voeren.

Wanneer INDISK de waarde 'TRUE' krijgt worden de profielen van schijf ingelezen, bij de waarde 'FALSE' worden de profielen vanaf ponskaart ingelezen. Als OUTDISK de waarde 'TRUE' krijgt worden de profielen van de schijf overschreven door de nieuwe profielen.



In bijlage 1 en 2 is een overzicht gegeven van de stroomschema en de source.

In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de invoer.

## 4. Kustlijn berekening.

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk zal een kustlijnberekening worden besproken, die uitgevoerd is met zowel het n-lijn programma (verder genoemd NL-programma) als met het kustlijnprogramma (KL-programma).

Het ligt niet in de bedoeling van deze studie om een uitgebreide vergelijking te maken tussen de voorspelde kustlijn en de in het prototype gemeten kustlijn. Er is daarom een berekening verricht met een fictieve kust en een constante golfhoogte en golfrichting.

Het KL-programma is ontwikkeld door Casteleyn [8]. In paragraaf 4.4 zal een kort overzicht worden gegeven van de theorie waaraan het KL-programma ten grondslag ligt. In paragraaf 4.2 wordt een overzicht gegeven van de schematisaties die benodigd zijn voor de kustlijn berekening.

In de paragrafen 4.3 en 4.4 worden de berekeningen met het NL- en KL-programma toegelicht, waarna in paragraaf 4.5 de uitkomsten van deze berekeningen worden vergeleken.

### 4.2 Schematisatie voor de kustlijn-berekening

Zoals besproken is in hoofdstuk 3, berekent het NL-programma de veranderingen van een kustgebied, dat geschematiseerd is door n dieptelijnen.

Er is uitgegaan van één profiel dat gemeten is op 19 juli 1971 in raai 84<sup>50</sup> van de kust van Rijnland. Dit profiel is gekozen omdat het vrijwel geen geulen of banken vertoont, hetgeen een voorwaarde is voor de invoer van het NL-programma. Voor de maximale diepte is 7m. aangehouden. Verwacht wordt dat de veranderingen op deze diepte klein zijn.

De richting van de dieptelijnen is willekeurig gekozen. De lengte van het kustvak is 1750m. en is verdeeld in 8 raaien van elk 250m. In de laatste

raai is de voorwaarde gesteld dat zowel het zand- als watertransport gelijk is aan nul. Dit effect kan beschouwd worden als een strandhoofd in de laatste raai.

De transporten in de eerste raai worden verondersteld constant te zijn gedurende de berekening en zijn gelijk aan de berekende transporten op  $t=0$  in de transportraai tussen de raaien 1 en 0.

In bijlage 4 is een overzicht gegeven van de bovengenoemde schematisatie.

Voor de golfinvloed zijn de volgende parameters gekozen:

- de root mean square golfhoogte op diep water  $H_0=2\text{m}$ .
- de golfperiode  $T=6$  seconden.
- de hoek van golfinval op diep water t.o.v. de x-as  $\phi_0=15^\circ$ .
- de brekerindex  $\gamma=0.8$ .

Voor de bodensamenstelling zijn de volgende parameters gekozen:

- de 50% korreldiameter  $D_{50}=200\mu\text{m}$ .
- de 90% korreldiameter  $d_{90}=270\mu\text{m}$ .
- de bodemruwheid  $k=0.04\text{m}$ .

De keuze van de bodemruwheid  $k=0.04\text{m}$  is niet geheel willekeurig. Omdat een vergelijking gemaakt wordt tussen de twee programma's is getracht om op  $t=0$  te starten met dezelfde zandtransporten. Het NL-programma rekent met de Bijker-formule, die o.a. afhankelijk is van der ruwheid  $k$ . Het KL-programma rekent met de CERC-formule, die lineair afhangt van de transportcoëfficiënt  $a$ . In [9] zijn de meetpunten uitgezet die ten grondslag liggen aan de coëfficiënt  $a$ . Hieruit blijkt dat er voor de waarde van  $a$  een boven- en ondergrens gegeven kan worden (hierbij dient wel voor de golfhoogte  $H_{\text{rms}}$  ingevuld te worden):

$$0.008 < a < 0.036$$

Wanneer nu voor  $a$  het midden van bovenstaande gebied wordt genomen

( $a=0.022$ ) en voor  $k$  de waarde  $0.04m.$ , dan zijn de transporten, berekend met de CERC- en Bijker-formule vrijwel gelijk (voor  $\phi_0=15^0$ ):

$$S_{CERC} = 0.1037 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S_{Bijker} = 0.1030 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ten aanzien van de stapgrootten  $\Delta x$ ,  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  zijn de volgende aannamen gedaan.

In [8] wordt de volgende stabiliteits-eis gegeven:

$$\Delta t < \frac{d}{q_{\max}} \frac{(\Delta x)^2}{2} \quad (4.1)$$

waarin  $d$  = hoogte waarover het profiel verandert

$q_{\max}$  = maximale waarde van de kustconstante  $q$

$q = \partial S / \partial \phi$

Wanneer de tijdstap  $\Delta t$  te groot wordt gekozen, wordt de kustlijnberekening van het KL-programma instabiel.

Voor het NL-programma is eenzelfde voorwaarde niet expliciet af te leiden, aangezien er niet alleen een langtransport plaatsvindt, maar ook dwars-transport t.g.v. de debietencontinuïteit en t.g.v. afwijking van het evenwichtsprofiel. Maar als indicatie is bovenstaande eis wel te gebruiken. Vergelijking (4.1) is om te schrijven naar:

$$\Delta t < \Delta d \cdot \frac{1}{\left\{ \frac{S(i_k, i_d) - S(i_{k+1}, i_d)}{\phi(i_k, i_d) - \phi(i_{k+1}, i_d)} \right\}_{\max} * \frac{180}{2\pi}} \cdot \frac{(\Delta x)^2}{2} \quad (4.2)$$

De waarde van  $\Delta x$  was  $250m.$  en voor  $\Delta d$  (de stapgrootte van de dieptelijnen) wordt  $\frac{1}{2}m.$  gekozen. Uit inleidende berekeningen blijkt dat de maximale kustconstante  $\Delta S / \Delta \phi$  in orde van grootte gelijk is aan  $0.10m^3/s/rad.$  Ingevuld

in (4.2) levert dit voor de tijdstap  $\Delta t$ :

$$\Delta t < \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1/10} \cdot \frac{(250)^2}{2} = 156000 \text{ sec}$$

Dit komt overeen met 1.8 dagen. Voor de veiligheid wordt voor  $\Delta t$  gekozen:

$$\Delta t = 1 \text{ dag}$$

Wanneer de schematisatie grover gemaakt was, bijvoorbeeld  $\Delta x = 500\text{m}$ .  
 $\Delta d = 1\text{m}$ ., dan is  $\Delta t$  gelijk aan 15 dagen.

De berekeningen zullen worden uitgevoerd voor een periode van 10 dagen.

#### 4.3 Berekening met het NL-programma

Met behulp van de in paragraaf 4.2 besproken schematisaties kan de invoer worden samengesteld voor het NL-programma.

In eerste instantie wordt er gerekend zonder dwarstransport. Daarna zal een berekening worden uitgevoerd met dwarstransport.

In bijlage 5 is een overzicht gegeven van invoer voor het NL-programma.

Een voorbeeld van de tussenuitkomsten is gegeven in bijlage 6.

Het verloop van de dieptelijnen op  $t=0$ , 5 en 10 dagen is gegeven in bijlage 7.

De veranderingen van de profielen in de raaien 0 t/m 7 is gegeven in bijlage 8.

In bijlage 9 zijn de dieptelijnen van bijlage 7 samengevat in 1 figuur. Uit deze figuur blijkt dat er, zoals verwacht mag worden, in raai 7 een aanzanding plaatsvindt. In het gebied tussen de raaien 2 en 5, waar zich een "bult" bevindt, vindt erosie plaats. Verwacht wordt dat de richting van de kustlijn na verdere berekeningen zal naderen naar  $15^\circ$  t.o.v. de

x-as.

Uit bijlage 8 en 9 blijkt tevens dat de grootste veranderingen plaatsvinden tussen de 3m. en 6m.-lijn.

In bijlage 10 is een overzicht gegeven van enkele door het programma berekende stroomlijnen op  $t=0$ . Hierbij is gesteld dat het debiet dat binnenkomt door raai 0 gelijk is aan 100%.

Van dit debiet treedt t.g.v. continuïteit in raai 1 50% uit en in raai 2 eveneens 50%. Dit is een gevolg van het feit dat het debiet door raai 2<sup>50</sup> gelijk is aan 0 omdat de kustring evenwijdig is aan de golfrioting. Door raai 4<sup>50</sup> gaat in totaal 140% van het debiet door raai 0. Dit treedt binnen tussen de raaien 2<sup>50</sup> en 4<sup>50</sup> en treedt weer uit tussen de raaien 4<sup>50</sup> en 7, aangezien in raai 7 het debiet gelijk gesteld is aan nul.

M.b.v. deze stroomlijnen is o.a. een verklaring te geven voor de veranderingen van de dieptelijnen.

Beschouw bijvoorbeeld de 5m.-dieptelijn in raai 3 en 6.

In raai 3 komt sediment-arm water vanuit zee, en neemt landwaards steeds meer sediment op, omdat de concentratie toeneemt. In deze raai zal er dan ook erosie optreden.

In raai 6 is het tegenovergestelde het geval. Er vindt sedimentatie plaats omdat er zeewaards steeds minder sediment wordt opgewoeld.

### Dwarstransport

Ten aanzien van de kustlijnberekening met dwarstransport is uitgegaan van een ander profiel, aangezien het profiel van raai 84<sup>50</sup> afwijkt van het evenwichtsprofiel. De dwarstransporten zijn daarom dermate groot dat ten eerste de tijdstap sterk verkleind dient te worden en ten tweede de uitkomsten waarschijnlijk niet erg realistisch zouden zijn.

Daarom is op  $t=0$  uitgegaan van het evenwichtsprofiel, berekend volgens de methode van Swart [17].

De berekening van dit evenwichtsprofiel is uitgevoerd met het programma SY (zie lit. [14]), waarbij in de formules van Swart voor  $H_0$  de waarde van  $(H_{rms})_0$  is ingevuld.

In bijlage 11 is dit evenwichtsprofiel gegeven. De helling van het talud van het profiel onder de ondergrens  $h_m$  van het D-profiel is gesteld op 1:150. Uit de berekeningen met het NL-programma blijkt dat de over het profiel gemiddelde langstransporten voor het evenwichtsprofiel en het profiel van raai 84<sup>50</sup> vrijwel gelijk zijn. Dit is te verklaren uit het feit dat de laatste diepte van de beide profielen gelijk is. Deze diepte is maatgevend voor het totale langstransport (de verhouding  $v \times d \times \text{breedte}$  is vrijwel constant). In bijlage 12 is een overzicht gegeven van de veranderingen van de dieptelijnen en in bijlage 13 van de veranderingen van de profielen.

Uit de berekeningen blijkt dat de invloed van het dwarstransport vrij groot is t.o.v. die van het langstransport: wanneer de vorm van het nieuwe profiel afwijkt van het evenwichtsprofiel zorgt het dwarstransport voor een nieuwe herverdeling in het profiel.

In figuur 4.1 is de gemiddelde verandering van de profielen in raai 6 en 7 uitgezet als functie van de tijd. Dit is gedaan voor de berekening met en zonder dwarstransport. Uit deze figuur blijkt dat de gemiddelde veranderingen van de profielen met en zonder dwarstransport op  $t=1$  gelijk zijn. Naarmate verder gerekend wordt, dan blijkt dat de gemiddelde verandering in de profielen met dwarstransport kleiner is dan die zonder dwarstransport. Hieruit blijkt het effect van het dwarstransport: de toevoer van zand t.g.v. het langstransport, verandert de vorm van het profiel, het dwarstransport verdeelt dit zand over het profiel en voert het af via de boven- en ondergrens van het profiel.

Uit figuur 4.1 blijkt tevens dat de berekening van de profielen met dwarstransport in het begin vrij instabiel is (springende veranderingen  $\Delta y$ ). Na 6 dagen is het verloop weer monotoon dalend. Dit instabiele gedrag wordt vermeden als de tijdstap  $\Delta t$  kleiner wordt gekozen.

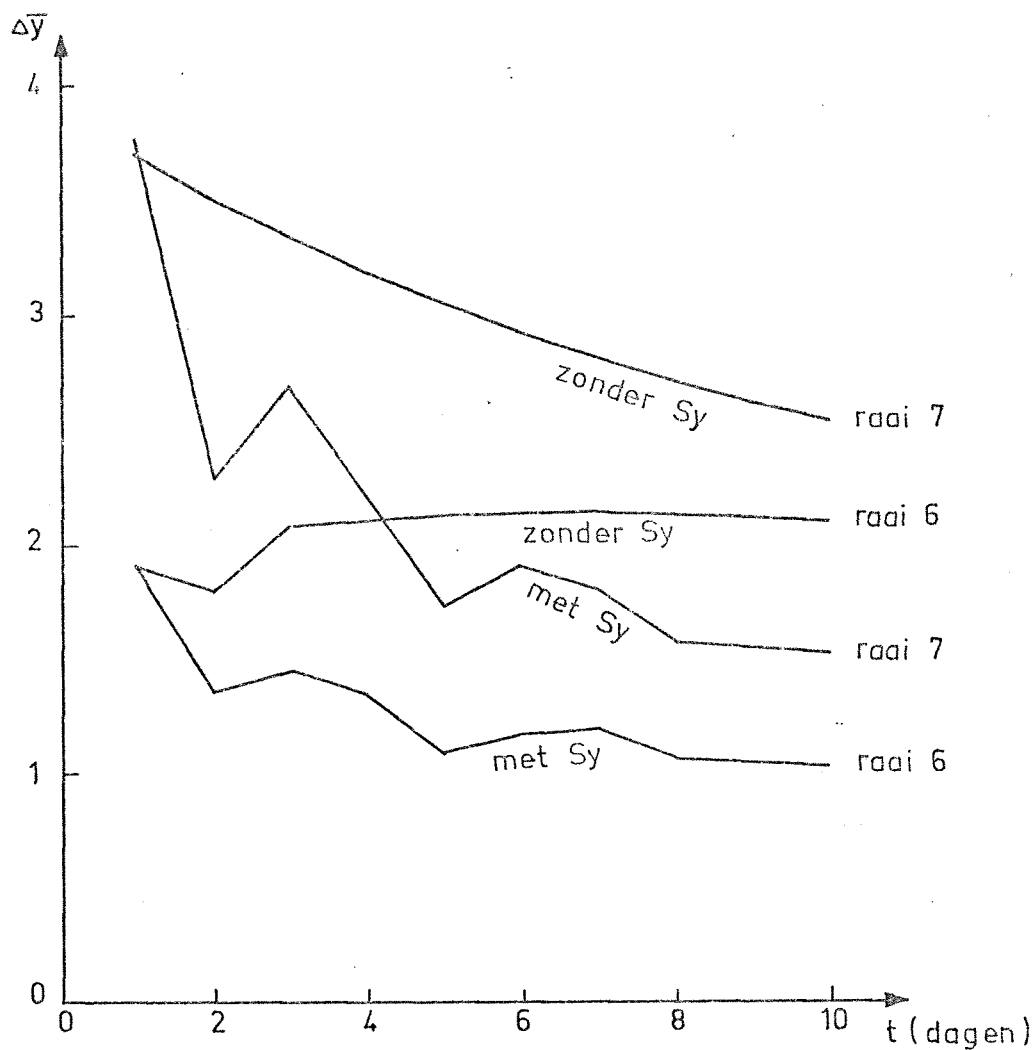


Fig. 4.1 Verloop van de gemiddelde veranderingen van de profielen in de raaien 6 en 7, met en zonder dwarstransport volgens Swart ( $S_y$ )

In paragraaf 4.5 wordt de gemiddelde verandering van de kustlijn vergeleken met die, berekend volgens het KL-programma.

#### 4.4 Berekeningen met het KL-programma

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de theorie die ten



grondslag ligt aan het computerprogramma KL.

Uit de continuïteitsvergelijking en bewegingsvergelijking voor sediment kan een differentiaalvergelijking worden opgesteld, die voor het eerst door Pelnard Considère werd gepubliceerd (éénlijn theorie). Hierbij wordt aangenomen dat de vorm van het profiel niet verandert. De continuïteitsvergelijking luidt als volgt:

$$\left(S + \frac{\partial S}{\partial x} dx\right) dt - S dt = - \frac{\partial y}{\partial t} dt \cdot dx \cdot d \quad (4.3)$$

waarin  $\partial S / \partial x$  = verandering van het transport in x-richting

$\partial y / \partial t$  = verandering van de kustlijn in de tijd

$d$  = profielhoogte

Uitwerking van (4.3) levert:

$$\frac{1}{d} \frac{\partial S}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0 \quad (4.4)$$

Ten aanzien van de bewegingsvergelijking wordt gesteld dat het transport  $S$  een functie is van de hoek van golfval  $\phi$  t.o.v. de kustlijn, dus algemeen een functie van de richting van de kustlijn  $\alpha$  t.o.v. de x-as.

$$S = S(\alpha) \quad (4.5)$$

Het transport kan op de volgende wijze in een Taylor-reeks worden ontwikkeld:

$$S(\alpha) = S(\alpha=0) + \alpha \left(\frac{\partial S}{\partial \alpha}\right)_{\alpha=0} + \frac{1}{2} \alpha^2 \left(\frac{\partial^2 S}{\partial \alpha^2}\right)_{\alpha=0} + \dots \quad (4.6)$$

Aangenomen wordt dat de tweede en hogere termen klein zijn, en dat voor kleine hoek van  $\alpha$  geldt:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \operatorname{tg}(\alpha) = \alpha \quad (4.7)$$

Met deze aannamen gaat (4.6) over in:

$$S(\alpha) = S_0 - q \frac{\partial y}{\partial x} \quad (4.8)$$

waarin  $q = \partial S / \partial \alpha$

= verandering van het transport bij verdraaiing van de kustlijn  
(in  $\text{m}^3/\text{jr}/\text{rad}$ )

Uitgaande van (4.4) en (4.8) kan de volgende differentiaalvergelijking worden opgesteld:

$$\frac{\partial y}{\partial t} = q \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (4.9)$$

In het programma KL wordt deze vergelijking numeriek opgelost.

De kustconstante  $q = \partial S / \partial \alpha$  wordt berekend als een differentiaal quotiënt:

$$q = \frac{\partial S}{\partial \alpha} = \frac{S(\alpha + \delta) - S(\alpha - \delta)}{2\delta} \cdot \frac{360}{2\pi} \quad (4.10)$$

waarbij voor  $\delta$  een kleine hoek ingevuld dient te worden (bijvoorbeeld  $5^\circ$ ).

Het langtransport  $S$  wordt berekend met de CERC-formule, die gebaseerd is op de aanname dat het totale transport in de brekerzone evenredig is met de energieflex.

$$S = a H_0^2 c_0 \cos \phi_0 \sin \phi_{br} \quad (4.11)$$

waarin:  $a = 0.022$  (zie de opmerkingen uit paragraaf 4.2)

$H_0$  = root-mean-square golfhoogte op diep water

$c_0$  = golfvoortplantingssnelheid op diep water

$\phi_0$  = hoek van golfinval op diep water

$\phi_{br}$  = hoek van golfval op de brekerlijn

Voor de bovenstaande parameters worden dezelfde waarden ingevuld als voor de berekening met het NL-programma. De kustlijn wordt geschematiseerd door de Om.-lijn uit bijlage 4. De profielhoogte d wordt gesteld op 7.5m<sup>\*</sup>) Dit is dezelfde hoogte waarover de kustveranderingen plaatsvinden als die in het NL-programma.

In bijlage 14 is een overzicht gegeven van de kustlijn op t=0 en de berekende kustconstanten S en q in de transportraaien en de profielraaien (voor het KL-programma, dienen de waarden van S en q in de profielraaien bekend te zijn).

In paragraaf 4.5 zullen de berekende kustlijnen worden besproken en vergeleken met die volgens het NL-programma.

#### 4.5 Vergelijking kustlijnen

In het KL-programma is de mogelijkheid ingebouwd de door dit programma berekende kustlijn naast een gemeten of op andere wijze berekende kustlijn uit te tekenen. Hiertoe dienen de veranderingen van de gemeten kustlijn voor de betreffende tijdstappen ingelezen te worden.

In feite moeten nu de veranderingen van het drie-dimensionale kustvak (n-lijnen), getransformeerd worden naar veranderingen van het twee-dimensionale kustvak (1-lijn).

Hiertoe zijn van de, met het NL-programma berekende, profiel-veranderingen gemiddeld over de profielhoogte.

De resultaten uit het KL-programma en die uit het NL-programma voor het geval met en zonder dwarstransport zijn voor t=0, 5 en 10 dagen samengevat in bijlage 15.

Uit deze bijlage blijkt dat de kustlijn volgens het KL-programma (lijn 2)

<sup>\*</sup>) T.a.v. de eenlijn theorie is dit een arbitraire keuze.

en de kustlijn volgens het NL-programma zonder dwarstransport (lijn 3) voor de eerste 6 raaien vrijwel gelijk zijn. In raai 6 en 7 treedt verschil op. Dit is te wijten aan het feit dat bij de berekening van lijn 2 de kustconstante  $S_0$  en  $q$  opgegeven zijn in de profielraaien. Voor de berekening van de verandering van de profielraaien worden de transporten berekend in de transportraaien, door het gemiddelde te nemen van de transporten in de profielraaien. Aangezien het transport in raai 7 gelijk is aan nul zal het transport in de transportraaien 6<sup>50</sup> en 5<sup>50</sup> lager zijn dan dat berekend volgens het NL-programma.

Verwacht werd dat lijn 2 in raai 7 meer vooruit zou gaan dan lijn 3, aangezien er bij raai 7 een dwarsdebiet ontstaat t.g.v. de dam. Dit debiet transporteert zand in raai 7 naar dieper water. In figuur 4.2 is de over de diepte gesommeerde aanzanding van raai 7 uitgezet voor het geval er wel en niet rekening gehouden wordt met dit dwarsdebiet. Voor deze raai blijkt dat de aanzanding 26% groter zou zijn als er geen rekening wordt gehouden met het dwarsdebiet.

De kustlijn berekend volgens NL met dwarstransport verandert minder snel dan de kustlijnen 2 en 3, zonder dwarstransport, aangezien dit dwars-transport de veranderingen t.o.v. het evenwichtsprofiel tegenwerkt.

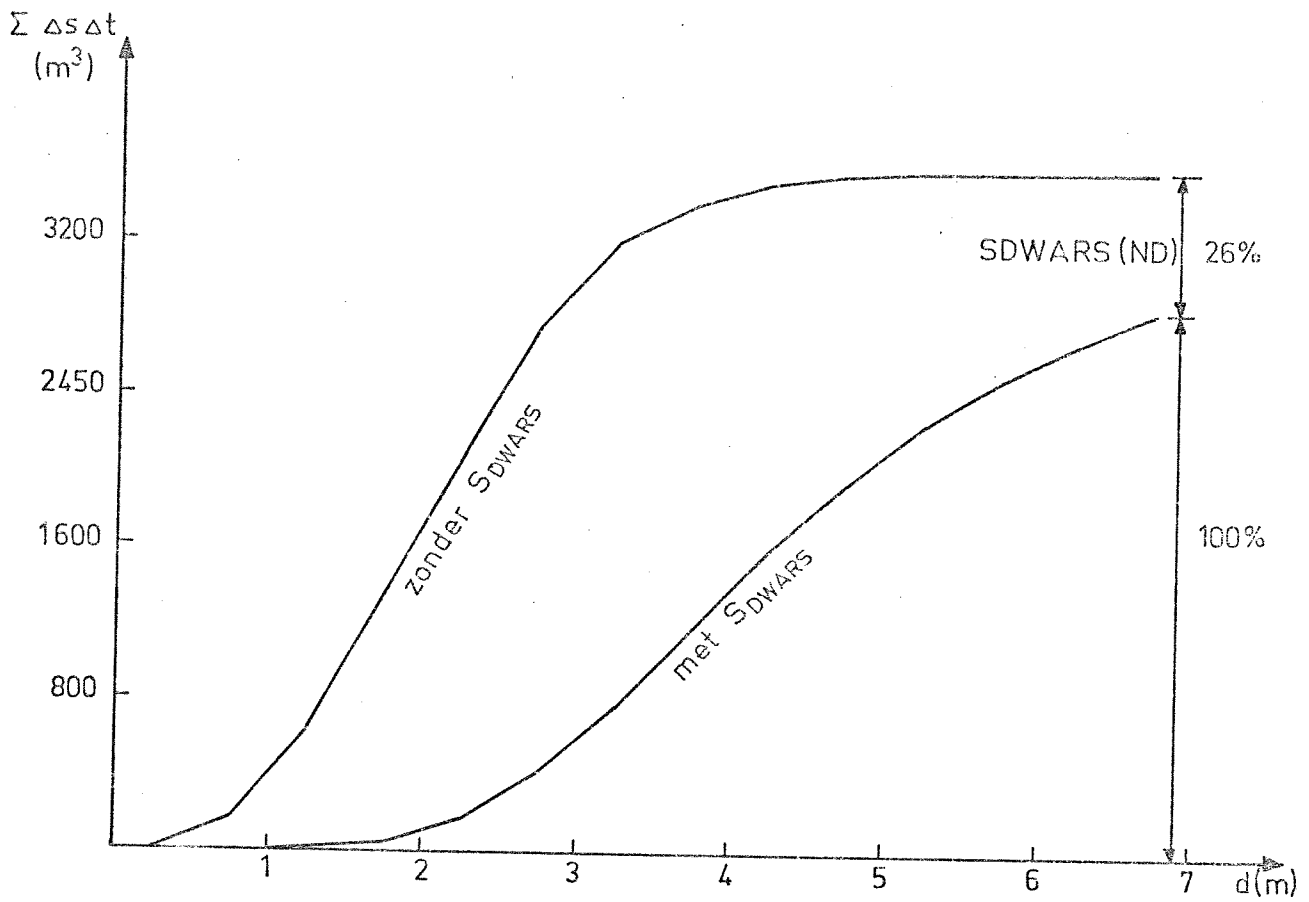


Fig. 4.2 Sommatie van de aanzanding in raai 7 met en zonder  $S_{DWARS}$  (t.g.v. dwarsdebiet  $Q_{DWARS}$ )

## 5. Beperkingen van het NL-programma en aanbevelingen voor verdere uitbreiding

In dit hoofdstuk zal puntsgewijs een overzicht worden gegeven welke effecten, die een rol spelen bij de berekening van kustlijn-veranderingen, niet zijn opgenomen in de huidige versie van het NL-programma:

### GOLVEN:

- a. diffractie achter een strandhoofd
- b. wave set-up
- c. meerjarig overzicht van golfomstandigheden

### SNELHEDEN:

- d. laterale wrijving
- e. getijsnelheden
- f. aanpassing van snelheid in langsrichting
- g. bodenschuifspanning t.g.v. langs- en dwarsstroom
- h. concentratie van de stroomlijnen in dwarsrichting op de kust

ad a. Het berekenen van de golfhoogte en richting t.g.v. gecombineerde refractie en diffractie is tot nu toe vrij ingewikkeld. Er bestaat wel een rekenprogramma om dit effect in rekening te brengen, maar toepassing voor eenvoudige kustlijn berekeningen is nog niet mogelijk. Wel bestaat de mogelijkheid refractie en diffractie afzonderlijk te bekijken. Hierbij wordt aangenomen dat er vanaf de kop van de dam over een zekere afstand uitsluitend diffractie optreedt. Daarna wordt alleen gerekend met refractie. Deze berekeningswijze is toegepast in het KL-programma en is zeer goed toepasbaar in het NL-programma.

- ad b. Het effect van het verschijnsel wave set-up op de langsstroom is in principe niet groot. T.g.v. dit verschijnsel zal het transport wat meer naar de kust verschuiven, omdat de waterstand zal toenemen en de grootste snelheden dus wat opschuiven naar de kust. Bij toepassing van diffractie zal het effect groter zijn, aangezien het verschil in wave set-up achter de dam een waterstandverschil levert, die een langsstroom in de richting van de dam zal aandrijven.
- ad c. Tot nu toe bestaat slechts de mogelijkheid voor het invoeren van één golf. Wanneer echter een kustlijnvoorspelling uitgevoerd dient te worden, moet dit gedaan worden op grond van een meerjarig overzicht van golfomstandigheden. Op zich is deze aanpassing voor het programma zeer eenvoudig. De vraag is echter hoe deze aanpassing uitgevoerd wordt. De eerste mogelijkheid is, de resulterende transporten t.g.v. het gehele golfscala uit te rekenen, waarna een nieuwe kustlijn berekend wordt. Een tweede mogelijkheid is, bij iedere golf een nieuwe kustlijn te berekenen. Het probleem hierbij is, dat de volgorde van voorkomen van iedere golf belangrijk wordt, zodat zeer gedetailleerde golfomstandigheden ingevoerd dienen te worden. In eerste instantie zal een onderzoekje gedaan moeten worden om het effect op de kustlijn te bekijken van bovenstaande mogelijkheden.
- ad d. Het verloop van de langsstroomsnelheden als functie van  $y$  is in de huidige versie niet continu. Dit wordt veroorzaakt door de discontinue toename van de diepte in de profielen. Wanneer het effect van de laterale wrijving in beschouwing wordt genomen zal het snelheidsverloop een meer continue vorm krijgen.
- ad e. In de huidige versie is nog geen mogelijkheid ingebouwd voor het invoeren van getijsnelheden. De aanpassing voor het programma is eenvoudig. Wel moet onderzocht worden hoe de getijsnelheden verlopen in het gebied voor en na een dam.

- ad f. Het effect van de massatraagheidstermen is niet in beschouwing genomen. T.g.v. de verandering van de kustring zal de langsstroom veranderen. In het huidige programma gebeurt deze verandering direkt, Formeel zal het effect van de massatraagheid ervoor zorgen dat deze verandering geleidelijk doorvoerd wordt. Vooral bij grote kustringveranderingen of bij een dam zal het effect van de massatraagheid het grootst zijn.
- ad g. T.g.v. de continuïteit treedt er een dwarsdebet op. De snelheden t.g.v. dit debiet zullen de bodemschuifspanning beïnvloeden. Formeel dient dan ook de bodemschuifspanning berekend te worden t.g.v. golven, een langsstroom en een dwarsstroom.  
Programmatechnisch komt dit neer op een extra iteratie procedure, aangezien de snelheden niet direkt uit het krachterevenwicht opgelost kunnen worden.



## 6. Samenvatting, conclusie en opmerkingen

### Samenvatting

In de eerste versie van het NL-programma (n-lijn), dat in dit rapport wordt beschreven, worden de morfologische veranderingen berekend in een kustgebied, dat geschematiseerd is door n-dieptelijnen met vaste waarden  $i\Delta$  ( $i=0, 1, 2, \dots, n$ ). De afstanden van deze vaste diepten loodrecht op de kust zijn bekend in de profielraaien zodat de n-dieptelijnen vastliggen.

De langsstroom-snelheden worden berekend in n punten per raai uit een krachterevenwicht tussen de aandrijvende kracht en de bodemschuifspanning. De aandrijvende kracht wordt berekend met de formule van Battjes [5] voor onregelmatige golven en de bodemschuifspanning wordt berekend met de formule van Bijker [7].

Uit de continuïteitsvergelijking worden de debieten berekend loodrecht op de kust. Er is nu een twee-dimensionaal stroombeeld op te stellen.

De transporten evenwijdig aan de kust worden berekend met de transportformule van Bijker [7]. De zandtransporten loodrecht op de kust t.g.v. het dwarsdebiet worden berekend door de dwarsdebieten te vermenigvuldigen met de gemiddelde concentratie op de betreffende dieptelijn. De gemiddelde concentratie wordt bepaald uit het quotiënt van het zandtransport en debiet evenwijdig aan de kust in twee transportraaien. Bij het zandtransport t.g.v. het dwarsdebiet wordt het twee-dimensionale dwarstransport volgens de methode Swart gesuperponeerd. Dit dwarstransport wordt veroorzaakt door het feit dat het momentane profiel afwijkt van het evenwichtsprofiel. Het profiel past zich aan, hetgeen een dwarstransport veroorzaakt.

M.b.v. de zandtransporten evenwijdig en loodrecht op de kust wordt een zandbalans opgesteld, waaruit de verandering van de diepte tussen twee dieptelijnen wordt bepaald. Hieruit ontstaat een discontinu profiel. Door middeling wordt het profiel continu gemaakt. Hierbij wordt aangenomen dat het profiel voor diepten kleiner dan  $-\Delta d$  (boven de waterlijn) en groter

dan  $(n_d+1)\Delta d$  niet verandert. T.g.v. het middelen in de profielen wordt een fout geïntroduceerd. Uit berekeningen blijkt dat deze fout zeer klein is (orde  $10^{-3}$ ). Deze fout wordt door een herverdeling over het gehele kustvak vereffend. Deze herverdeling wordt berekend aan de hand van de in- en uitgaande transporten over de randen. Deze randen worden bepaald door de eerste en laatste raai en de dieptelijnen  $d=0$  en  $d=n_d \cdot \Delta d$ . Het verschil tussen de totale toename van de hoeveelheid zand in het gebied en de in- en uitgaande transporten over de randen van het gebied is een maat voor de herverdeling.

Na deze herverdeling zijn de profielen op tijdstip  $t+\Delta t$  bekend in de profielraaien. Het NL-programma berekent nu opnieuw de transporten en daarna de nieuwe profielen op tijdstip  $t+2\Delta t$ .

### Conclusies

De in dit rapport beschreven versie van het n-lijn (NL) computerprogramma geeft een beter inzicht in het door golven veroorzaakte erosie/sedimentatie proces dan het één-lijn (KL) programma.

Het KL-programma berekent de transporten met de CERC-formule, die slechts het totale langstransport geeft binnen de brekerzone, terwijl in het NL-programma de langsstroomsnelheidsverdeling wordt berekend waaruit met de Bijker formule de transportverdeling volgt. Het KL-programma berekent daarom de totale verandering van het profiel, terwijl het NL-programma de profielverandering berekent op iedere willekeurige diepte. Hierbij kunnen de veranderingen ook plaatsvinden in het gebied buiten de brekerzone, omdat uit de continuïteits-vergelijking een dwarsdebiet wordt berekend dat een dwarstransport veroorzaakt.

Omdat het KL-programma gebaseerd is op de CERC-formule kunnen effecten van longshore-current, getij en verschil in wave set-up niet in beschouwing worden genomen, terwijl dit met het NL-programma wel mogelijk is.

Uit een kustlijnrekening met zowel het KL- als NL-programma blijkt dat beide berekeningen wel hetzelfde proces aangeven, maar de tijdschaal bij de berekening met het NL-programma lijkt kleiner dan die met het KL-programma.

Wanneer bij de berekening met het NL-programma tevens het dwarstransport volgens Swart wordt toegepast, dan de tijdschaal nog kleiner.

### Opmerkingen

1. Bij de toepassing van het NL-programma voor de berekening van kustlijnverandering met dwarstransport, dient wel rekening te worden gehouden met het feit dat de methode van Swart nog niet voldoende getoetst is op prototype situaties.  
Er zal nog modelonderzoek met verschillende schalen en prototypeonderzoek verricht dienen te worden om tot een betrouwbare formule te komen.
2. Achteraf blijkt dat de gekozen schematisatie, waarbij de profielen worden vastgelegd door bij vaste diepten de afstanden in de profielen op te geven, niet optimaal is geweest.  
Bij de berekening van de nieuwe profielen, kan het voorkomen dat de profielen gaan overhangen, hetgeen een indicatie is voor geulvorming. Zou nu de schematisatie toegepast zijn waarbij de diepten worden opgegeven bij vaste afstanden uit de kust, dan is het voordeel dat er i.p.v. overhangende profielen, geulen kunnen ontstaan.  
Deze aanpassing zal echter wel enige programma-technische problemen opleveren.
3. De wijze waarop de randvoorwaarden aan de bovenrand van het profiel zijn ingevoerd, zijn nog niet geheel juist.  
Er is gesteld dat er geen veranderingen plaatsvinden op diepten kleiner dan  $d = -\Delta d$ . Beter is het om te stellen dat het transport op de diepte  $d = -h_0$  ( $h_0$  is de bovengrens van het D-profiel volgens Swart) gelijk is

aan nul en dat het profiel tussen dit punt en de waterlijn evenwijdig opschuift.

4. Voor verdere uitbreiding en aanpassing van het NL-programma verdient de onderstaande volgorde van aanpak de voorkeur:
  - toepassen van de "gelijke afstanden" schematisatie (zie opmerking 3)
  - invoeren van de invloed van getij, wave set-up en wave set-up verschillen
  - aanpassen van het programma voor berekeningen van morfologische veranderingen achter een havendam. (diffractie en aanpassing van de stroom)
  - invoeren van een meerjarig overzicht van golfomstandigheden
  - aanpassen van de bodemschuifspanning t.g.v. langs- en dwarsstroom, laterale wrijving en invoeren van de massastraagheidsterm.

Erkentelijkheid

De auteur is dank verschuldigd aan de heren ir.W.T. Bakker en ir.J.van de Graaff voor de begeleiding en adviezen bij het tot stand komen van dit rapport.

Tevens is dank verschuldigd aan Ellen Warffenus voor het typen van dit rapport.

Literatuur

1. Bakker, W.T.;  
Berekening van het langstransport door golven met de methode van evenwijdige dieptelijnen.  
Rijkswaterstaat, WVK 69-7, 1969.
2. Bakker, W.T.; Doorn, Th. van ;  
Near bottom velocities in waves with a current.  
Paper in voorbereiding voor de 16e Coastal Engineering Conference in Hamburg, 1978.
3. Bakker, W.T.;  
The dynamics of a coast with a groyne system.  
Proceedings, 11e Coastal Engineering Conference in London, 1968.
4. Battjes, J.A.;  
Modelling of turbulence in the surf zone.  
Symposium of Modelling Techniques, San Fransisco, Vol. 2, pp. 1050-1062, 1975.
5. Battjes, J.A.;  
Computations of set-up, longshore currents, run-up and overtopping due to wind-generated waves.  
Communication on Hydraulics, Delft University of Technology, Department of Civil Engineering, Report no. 74-2, 1974.
6. Bogaard, T.;  
Zandtransport berekeningen voor het noordelijk deel van het Oosterschelde bekken.  
Afstudeerverslag, juni 1977.

7. Bijker, E.W.;  
Some considerations about scales for coastal models with movable bed.  
Delft, W.L. publicatie no. 50, 1967.
8. Casteleyn, J.A.;  
Numerieke berekeningen van de verandering van kustvormen onder invloed van golfaanval.  
3 delen, T.H. Delft, Civiele Techniek, vakgroep Kustwaterbouwkunde, no. 75-1, 1975.
9. Graaff, J. van de; Overeem, J. van ;  
Zandtransporten evenwijdig aan de kust.  
Vergelijking zandtransportformules.  
T.H. Delft, Civiele Techniek, vakgroep Kustwaterbouwkunde, oktober 1977.
10. Longuet-Higgins, M.S.;  
Longshore currents generated by obliquely incident sea waves.  
Journal of Geophysical Research, 75, 1970, pp. 6678-6801.
11. Lundgren, H.;  
Turbulent currents in presence of waves.  
Proceedings of the Coastal Engineering Conference, Vancouver, 1972.
12. Opdam, H.J.;  
Een mathematisch model van de kustzone, betreffende de invloed van golven, getij, wind en corioliskracht op de stroming langs de kust.  
Rijkswaterstaat, WWK 70-11, 1970.

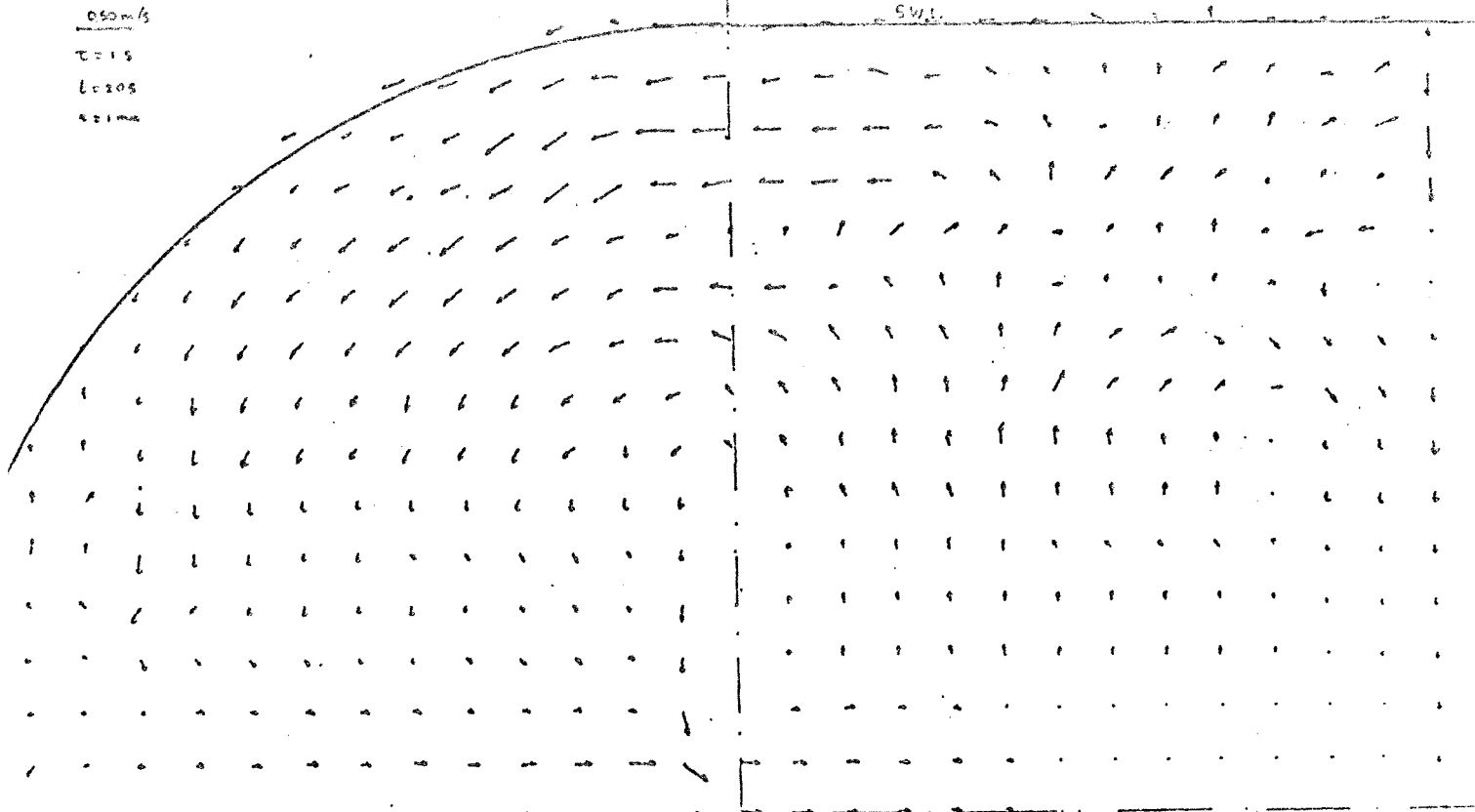
13. Overeem, J. van ;  
Literatuuronderzoek naar de formules voor de bodemschuifspanning en wrijvingscoëfficiënt voor zowel golven als golven en stroom.  
T.H. Delft, afstudeerverslag bij vakgroep Vloeistofmechanica, maart 1978.
14. Overeem, J. van ;  
Overzicht van kleine Algol-computerprogramma's voor morfologische problemen.  
T.H. Delft, Civiele Techniek, vakgroep Kustwaterbouwkunde, april 1978.
15. Prakken, A. ;  
Onderzoek naar de mogelijkheden van een twee-dimensionale sedimenttransport-berekening met behulp van radiationstresses ingevoerd in een getijprogramma.  
T.H. Delft, afstudeerverslag bij vakgroep Kustwaterbouwkunde, april 1976.
16. Ras, M.A.M. de; Peters, B.M. ;  
Bodemtransport en zwevend transport in golven en stroom volgens methode Bijker/Einstein.  
Rijkswaterstaat, memo 73-11, 1973.
17. Swart, H. ;  
Offshore sediment transport and equilibrium beach profiles.  
Delft, W.L. publicatie no. 131, 1974.
18. Ras, M.A.M. de ;  
De drawprocedure.  
Rijkswaterstaat, memo 73-12, 1973.
19. T.O.W. Rapport.  
Coastal sediment transport.  
Computations of longshore transport;  
Delft, W.L. R 968 part I, september 1976.



3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29

0.50 m/s  
 T=1.5  
 t=20 s  
 221 m/s

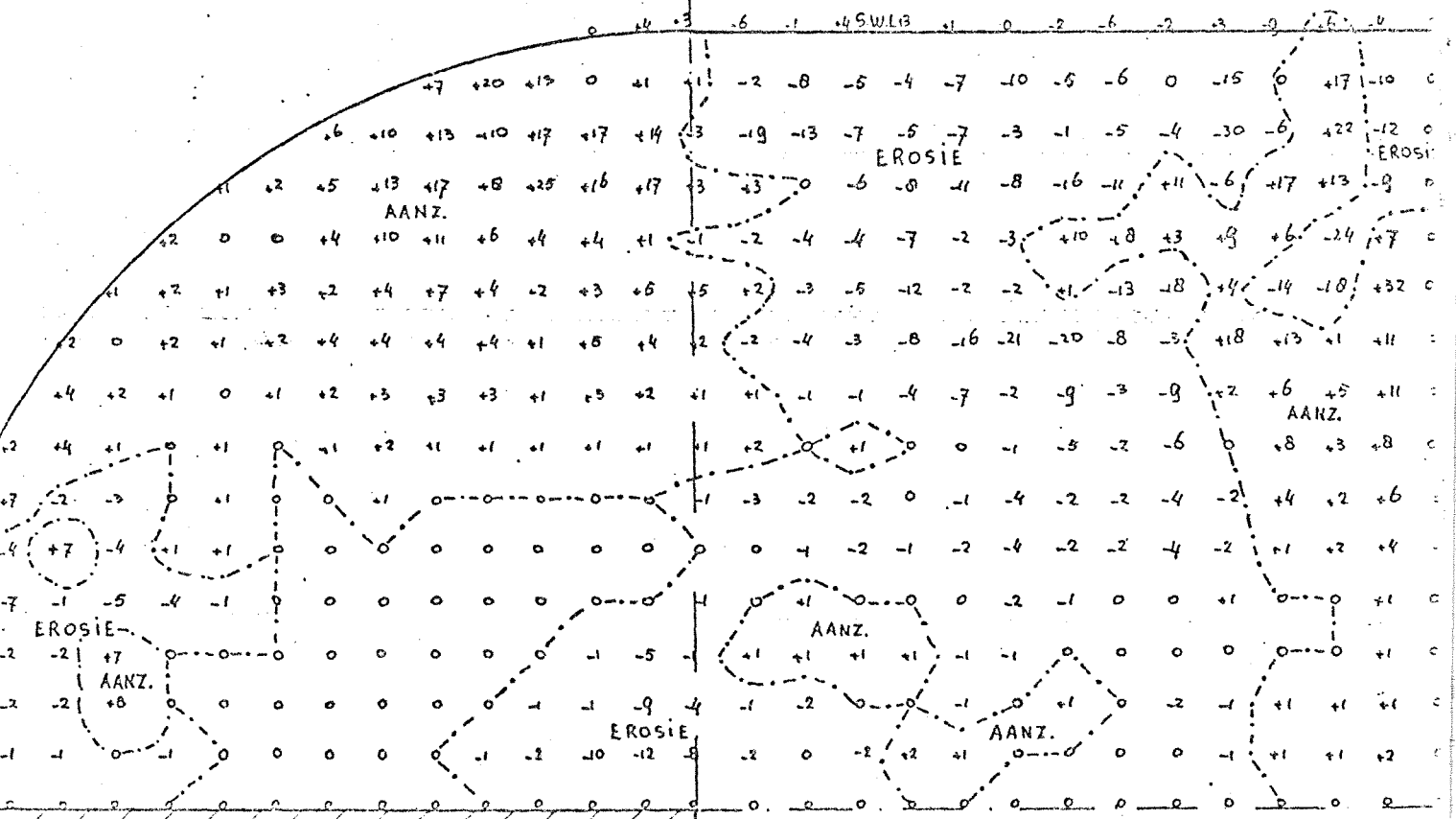
SWL



$H_i = 9.1 \text{ cm}$   
 $T = 1.55$

SCHAAL 1:20	HORSNEDERED.
FIGUUR 26	BIJLAGE 17

4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

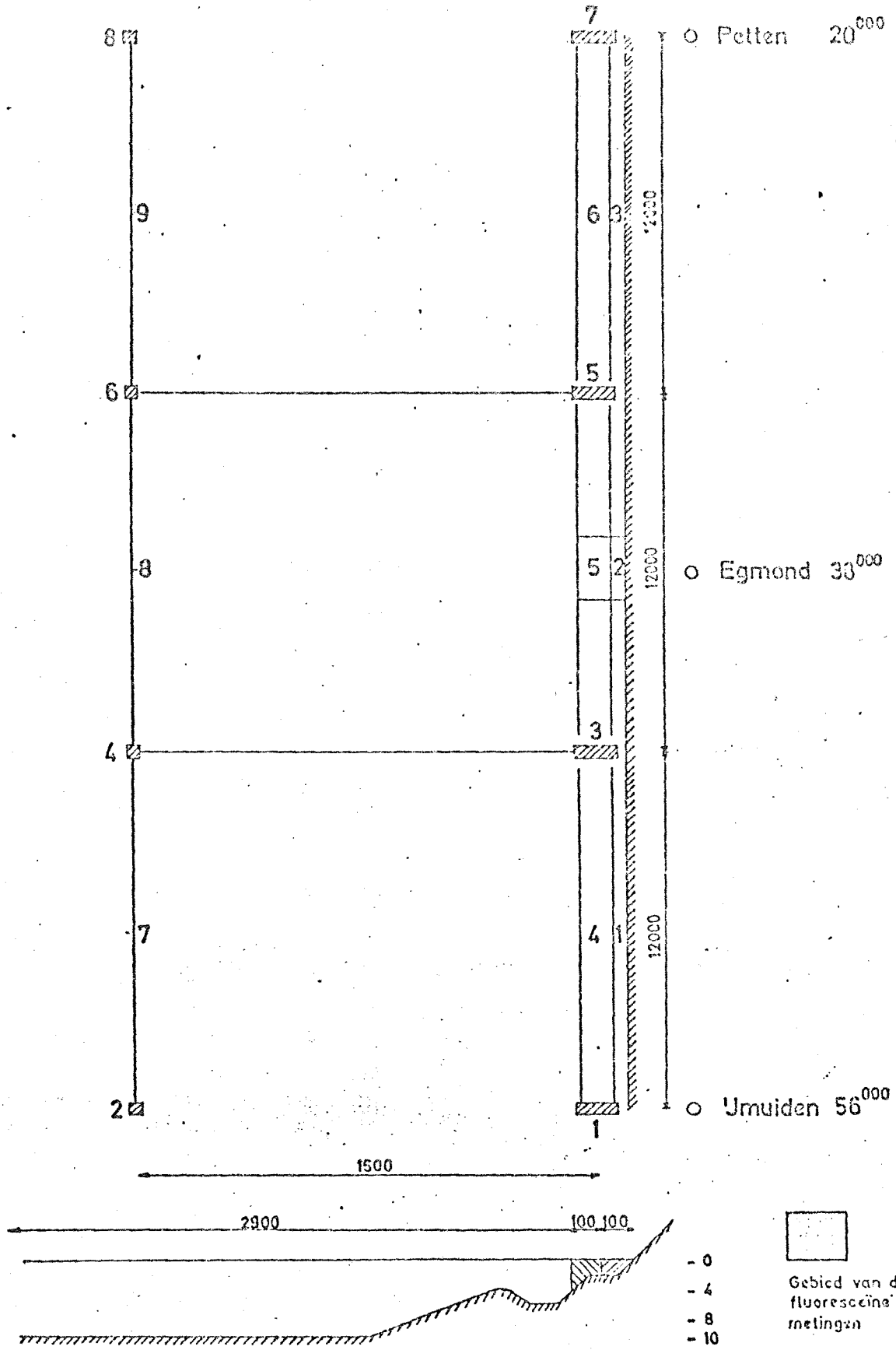


$H_i = 9.1 \text{ cm}$   
 $T = 1.55$

SCHAAL 1:20	AANZ(-) en EROSIE
FIGUUR 27	BIJLAGE 18

t = 10 uur

SCHEMATISERING



DOORSNEDE EN BOVENAANZICHT  
VAN HET SCHEMA

Studierapport Bijlage 9  
W.W.K. 70-11

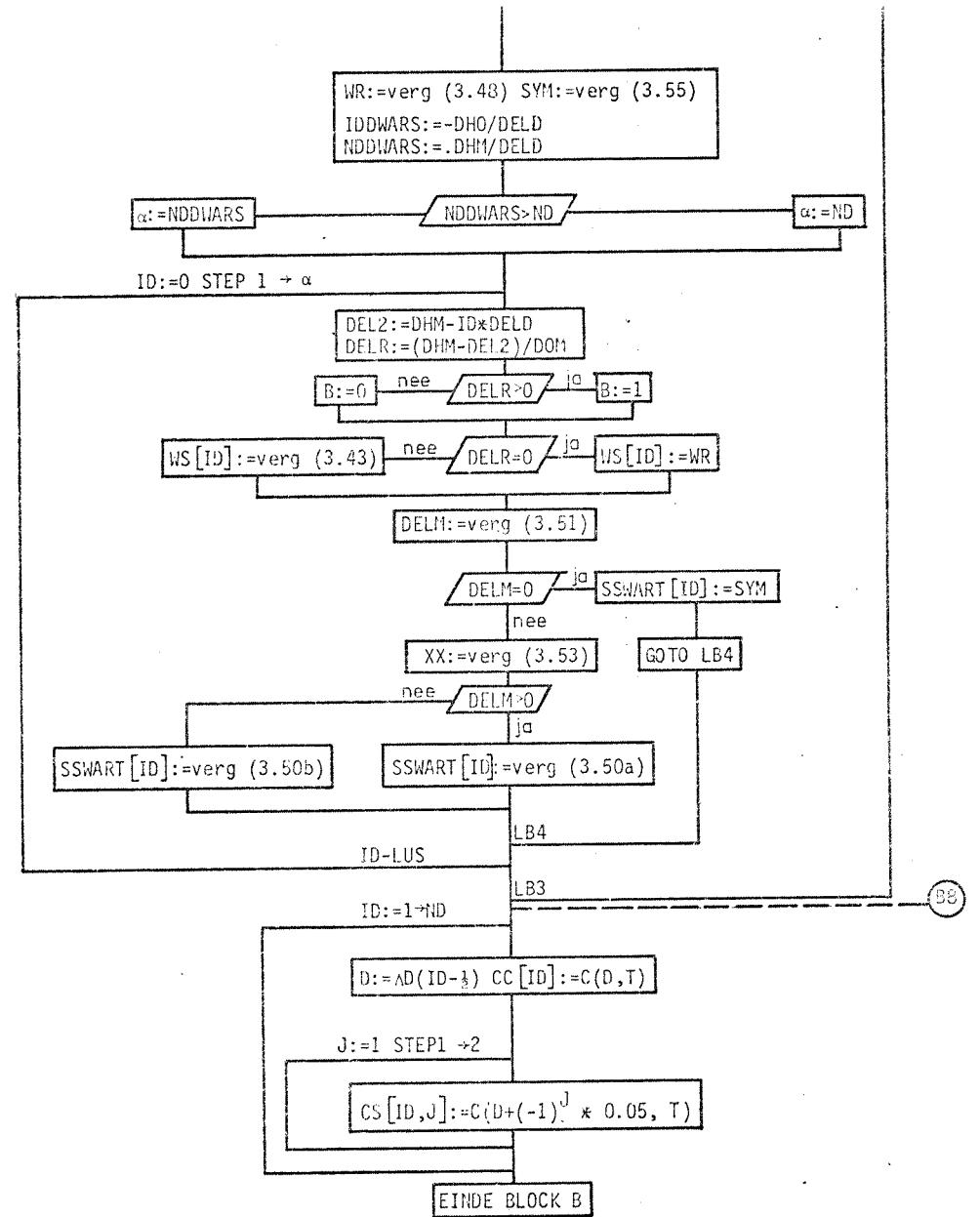
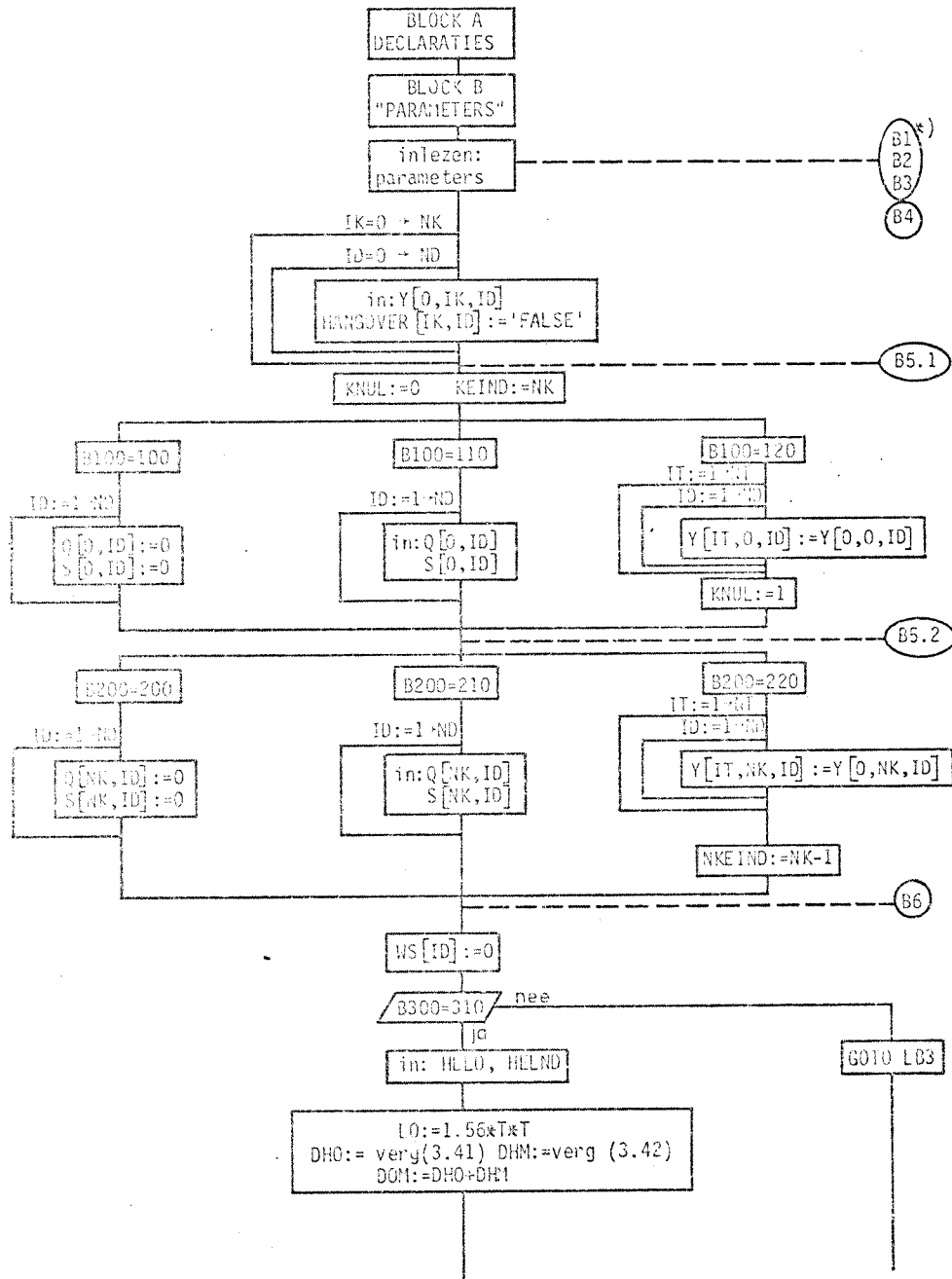
SCHAAL : DIVERSEN

RIJKSWATERSTAAT  
DIRECTIE W. en W.  
AFD. KUSTONDERZOEK

Getek.	Getwijz.	Gezien	Acc.
<i>CH</i>		<i>VD</i>	<i>W</i>

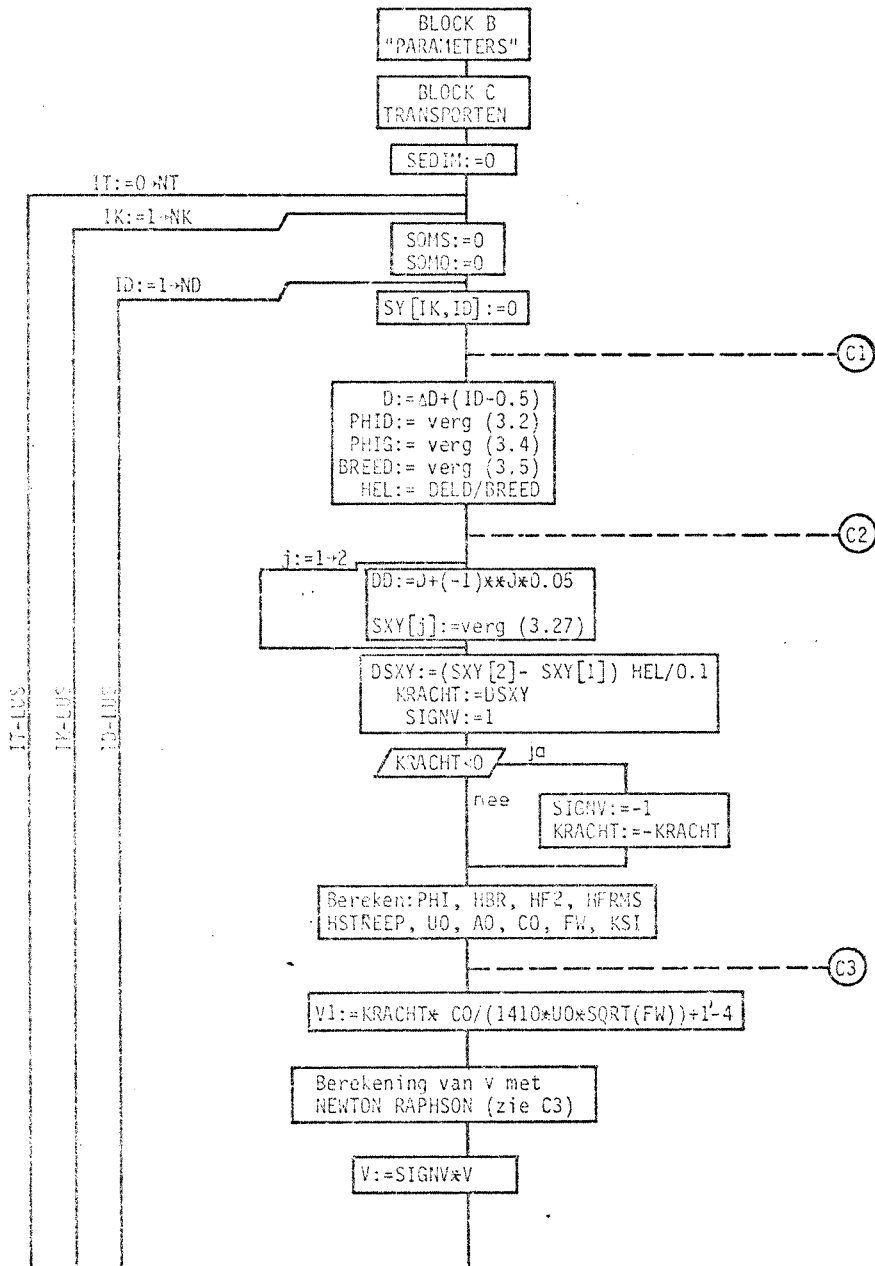
A1 Nr. 71.038

STROOMSCHEMA BLOCK B

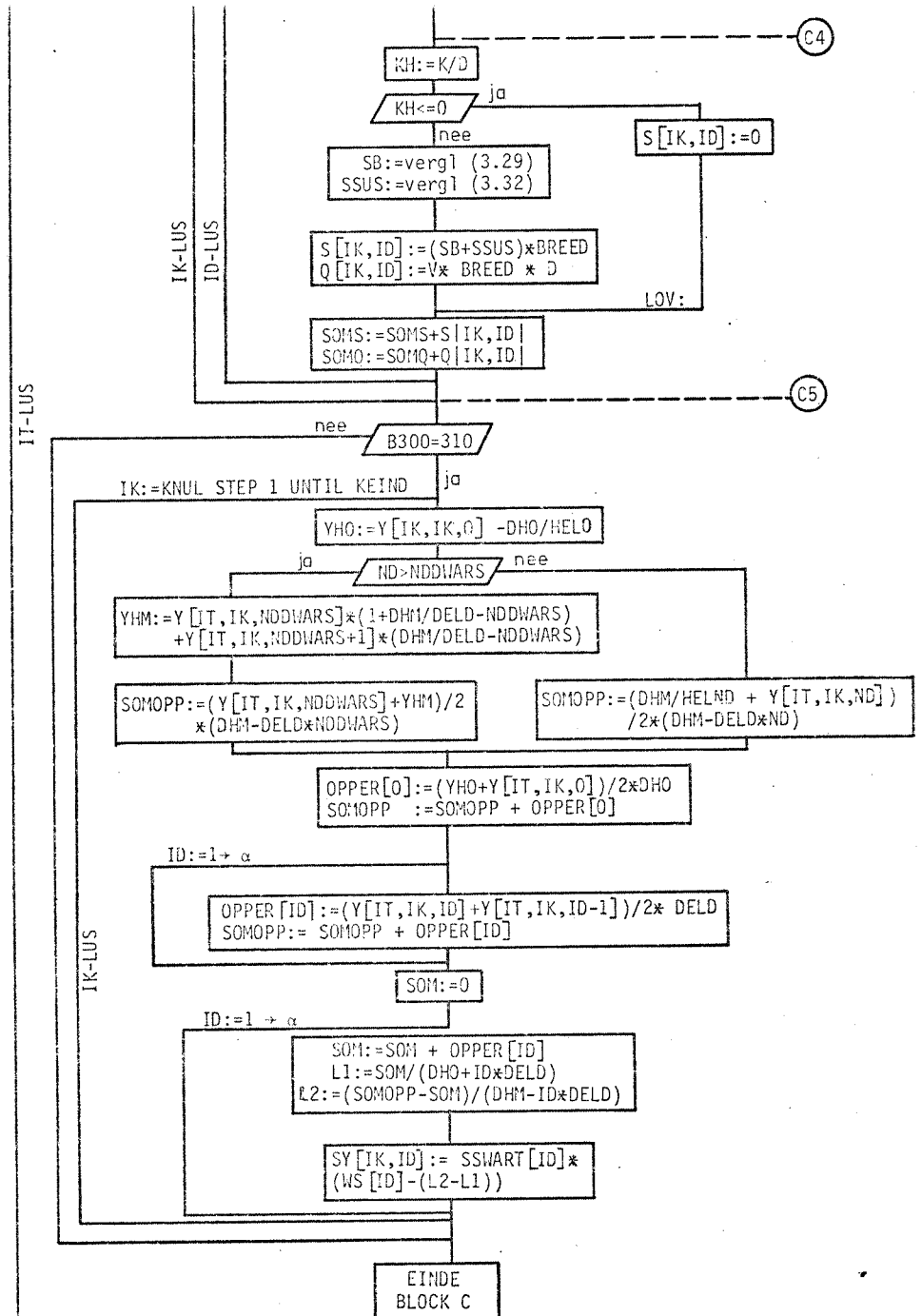


\* ) zie paragraaf 3.3.2

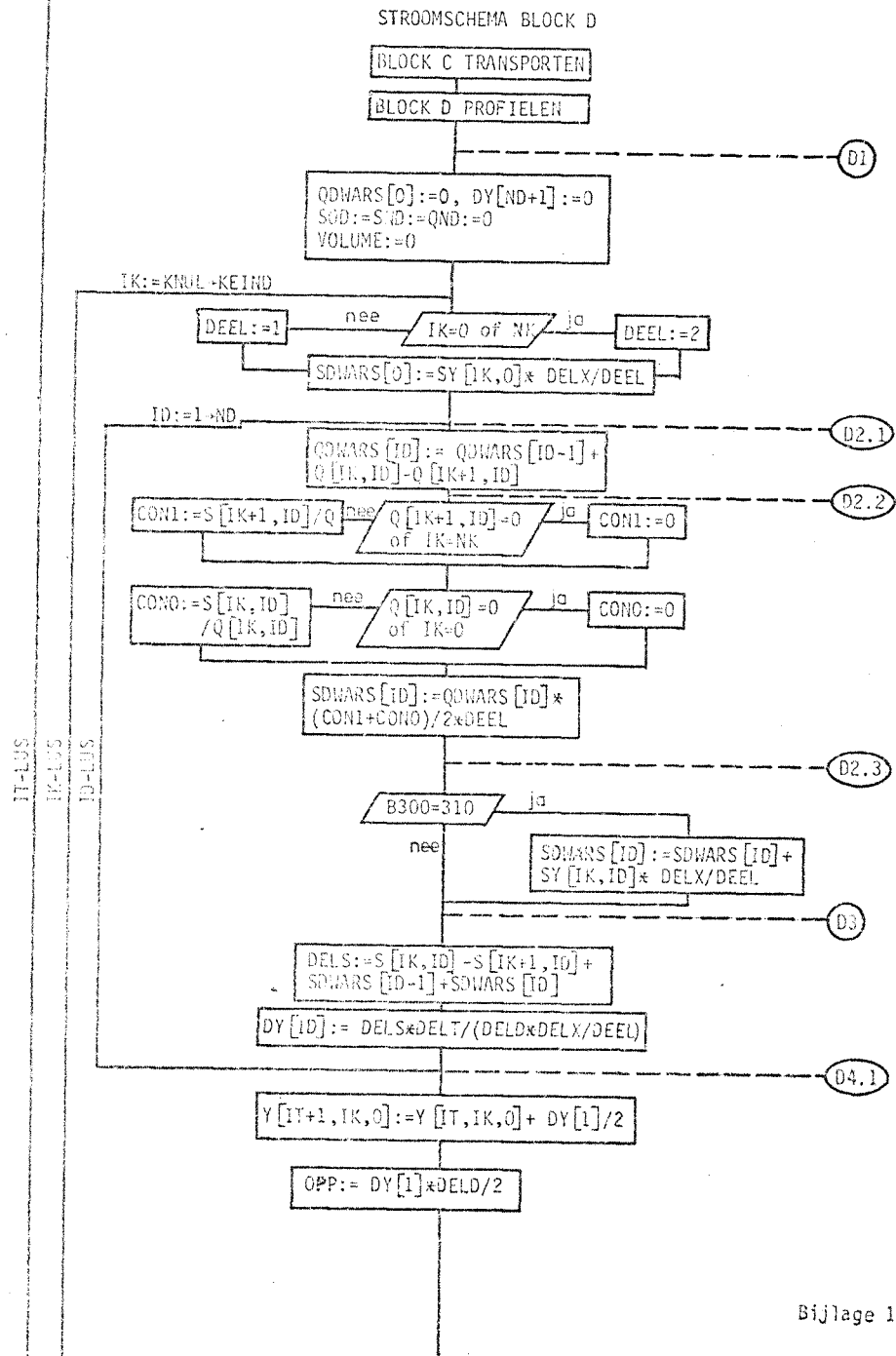
STROOMSCHEMA BLOCK C



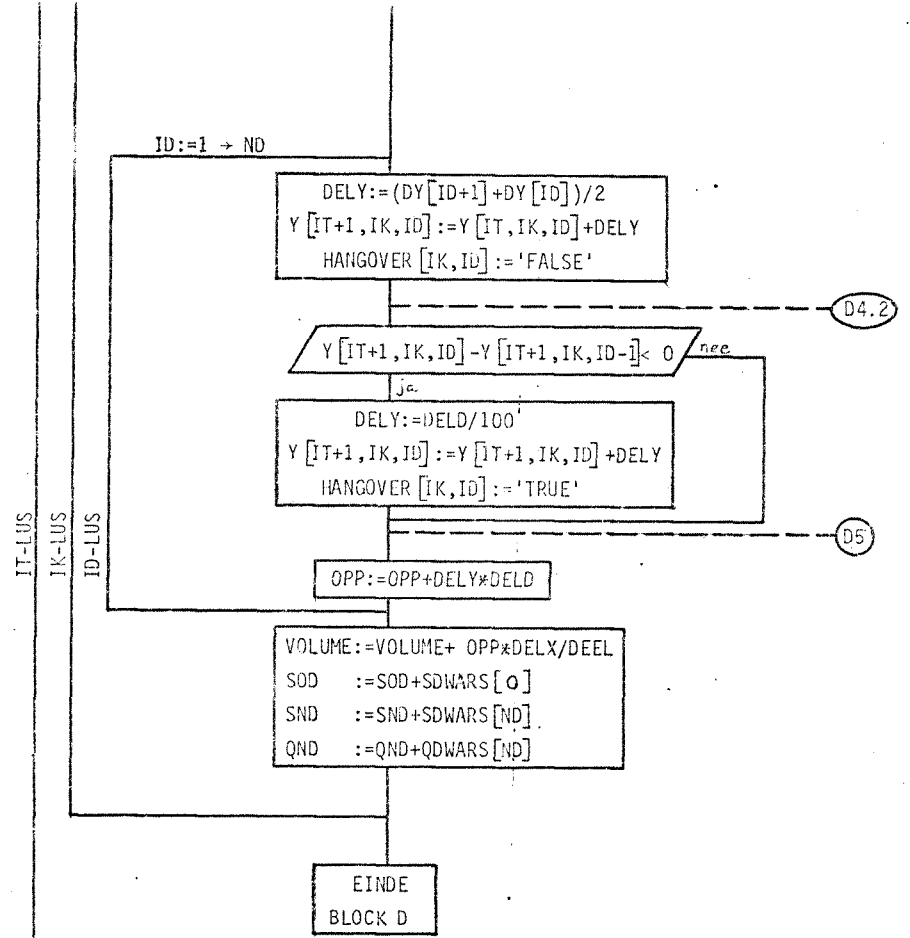
Bijlage 1<sup>c</sup>



Bijlage 1<sup>d</sup>



Bijlage 1<sup>e</sup>



Bijlage 1<sup>f</sup>

STROOMSCHEMA BLOCK E en BLOCK F

IT-LUS

BLOCK D PROFIELEN

BLOCK E HERVERDELING

QKNUL:=SKNUL:=SKEIND:=QKEIND:=0

E1.1  
E1.2

ID:=1→ND

QKNUL:= QKNUL+Q [KNUL, ID]  
SKNUL:= SKNUL+S [KNUL, ID]  
SKEIND:=SKEIND+S [KEIND, ID]  
QKEIND:=QKEIND+Q [KEIND, ID]

E1.3  
E2

SEDI := (SKNUL - SKEIND - SND + SOD) \* DELT  
SEDIM := SEDI \* IM

E3

LENGTE := (verg 3.111)  
DELY2 := (verg 3.112)

IK:=KNUL→ KEIND

Y [IT+1, IK, 0] := Y [IT+1, IK, 0] + DELY2/2

ID:=1→ND-1

Y [IT+1, IK, ID] := Y [IT+1, IK, ID] + DELY2

Y [IT+1, IK, ND] := Y [IT+1, IK, ND] + DELY2/2

BLOCK F TEKENEN

F

B500=510

nee

in: DRAWT, DRAWD  
ENDD := ND / DRAWD + 1

ENDD := ENDD - 1

ENDD \* DRAWD - ND > 1

IT := 0 STEP DRAWT → NT + 1

IK = 1 STEP 1 → NK + 1

ID = 1 STEP 1 → ENDD

YDL [IK, ID] :=  
Y [IT, IK - 1, (ID - 1) DRAWD]  
XDL [IK] := (IK - 1) \* DELX

DRAW (1, NK + 1, ENDD, YDL, XDL)

B600=610

nee

in: DRAWT, DRAWK  
ENDT := (NT + 1) / DRAWT + 1

IK = 0 STEP DRAWK → NK

ID = 1 STEP 1 → ND + 1

IT = 1 STEP 1 → ENDT

YDL [ID, IT] :=  
Y [DRAWT \* (IT - 1), IK, ID - 1]  
XDL [ID] := (ID - 1) \* DELD

DRAW (1, ND + 1, ENDT, YDL, XDL)

EINDE NL-PROGRAMMA

```

0 *BEGIN* NL 200
1 ***** NL 300
2 *COMMENT* ***** VLKXIE PROGRAMMA NL ***** NL 400
3 10 / 5 / 1978 ***** NL 500
4 ***** NL 600
5 *COMMENT* ***** VOLGORDE VAN INLEZEN: ***** NL 700
6 ***** NL 800
7 0. INDISK OUTDISK ***** NL 900
8 1. NT RK WJ ***** NL 1000
9 2. B100 B200 B300 B400 B500 B600 ***** NL 1100
10 3. DELT DELX DELD ***** NL 1200
11 4. D90 D90 K ***** NL 1300
12 5. HO T PHIO GAMMA ***** NL 1400
13 6. ALS INDISK TRUE: ARRAY Y ***** NL 1500
14 7. ALS B100=110: ARRAY J EN S ***** NL 1600
15 8. ALS B200=210: ARRAY J EN S ***** NL 1700
16 9. ALS B300=310: HELO HELND ***** NL 1800
17 10. ALS B500=510: DRAWT DRAWD ***** NL 2000
18 11. ALS B600=610: DRAWT DRAWD ***** NL 2100
19 ***** NL 2200
20 BETEKENIS VAN DE BLOKKEN: ***** NL 2300
21 ***** NL 2400
22 BLOCK A : DECLARATIES ***** NL 2500
23 BLOCK B : INLEZEN EN BEREKENING VAN VASTE PARAMETERS ***** NL 2600
24 BLOCK C : BEREKENING VAN LANGS EN DRAKSTRANSPORT ***** NL 2700
25 BLOCK D : BEREKENING VAN PROFIELEN ***** NL 2800
26 BLOCK E : BEREKENING VAN HERVERDELING ***** NL 2900
27 BLOCK F : UITKENSCHEN VAN DIEPTELIJNEN EN PROFIELEN ***** NL 3000
28 ***** NL 3100
29 *COMMENT* ***** NL 3200
30 ***** BLOCK A ***** NL 3300
31 ***** NL 3400
32 *REAL* D50,D90,W,DELT,DELX,DELD,HO,T,PHIO,RO,G,DELTA,RY,D,PHIO,PHIG,ARBEONL NL 3500
33 *REAL* DEL1,PHI,COEFF,KINOSY,ENUS,GAMMA,HEA,MZ,USAY,HEXMS,SOM3,SOM2, NL 3600
34 *REAL* HSTREK,CO,AD,CF,FA,GA,SO,LY,VA,RY,FE,IV,Z,CI,MO,SE,SR,VSTER,Z, NL 3700
35 *REAL* KAPPA,SJUS,K1,KAH,I1,I2,DELTY,CONL,CND,DELS,OPP,VOLUME,CND,SD, NL 3800
36 *REAL* QKUL,SXNUL,KELB1,SKELB,DELY,LC,LENSTE,KRACHT,DHO,JH,DDJ,HELO, NL 3900
37 *REAL* HELND,YHO,YH,SO,PP,BSUN,ALCC,SDU,SEDI,SEDI, NL 4000
38 *INTEGER* I1,IK,K,SO,I,IK,LO,IK,LO,IK,LO,IK,LO,IK,LO,IK,LO,IK,LO, NL 4100
39 *INTEGER* I100,WAAG,NOCAAR,IAO,IKK,KSEL,IDO,LDND,B600,DEEL; NL 4200
40 *INTEGER* IOUTDISK; NL 4300
41 *BOOLEAN* INDISK,OUTDISK; NL 4400
42 ***** NL 4500
43 *COMMENT* ***** DECLARATIE VAN DE PROCEDURES ***** NL 4600
44 ***** NL 4700
45 *PROCEDURE* TYPE(D,M,X): *VALUE* D,X; *INTEGER* J; *REAL* X; NL 4800
46 *BEGIN* OUTSYMBOL(D,('1234567890'),X); NL 4900
47 *END* TYPE; NL 5000
48 ***** NL 5100

```

```

12 *PROCEDURE* STYPE(D,M,X): *VALUE* D,X; NL 5200
13 *INTEGER* D,M; *REAL* X; NL 5300
14 *BEGIN* IF M=1 THEN *BEGIN* NL 5400
15 *IF X>=1 THEN *TYPE*(D,M,X); *GOTO* J1; *END*; NL 5500
16 *IF M=2 THEN *BEGIN* IF X>=2 THEN *TYPE*(D,M,X); *ELSE* NL 5600
17 *OUTSYMBOL*(D,('1234567890'),X); *GOTO* J1; *END*; NL 5700
18 *IF M=3 THEN *BEGIN* NL 5800
19 *OUTSTR*(D,('1234567890'),X); *GOTO* J1; *END*; NL 5900
20 *IF M=4 THEN *BEGIN* IF X>=4 THEN *TYPE*(D,M,X); *ELSE* NL 6000
21 *OUTSYMBOL*(D,('1234567890'),X); *GOTO* J1; *END*; NL 6100
22 *IF M=5 THEN *BEGIN* IF X>=5 THEN *TYPE*(D,M,X); *ELSE* NL 6200
23 *OUTSYMBOL*(D,('1234567890'),X); *GOTO* J1; *END*; NL 6300
24 *OUTSTR*(D,('1234567890'),X); *GOTO* J1; *END*; NL 6400
25 *END*; NL 6500
26 *PROCEDURE* DRAK(G,BG,AANTL,POS,BLADH,DRUK,R,X,Y): *VALUE* X,Y; NL 6600
27 *INTEGER* G,BG,AANTL,POS,DRUK,BLADH,K; NL 6700
28 *ARRAY* X,Y; NL 6800
29 *BEGIN* NL 6900
30 *REAL* MAXX,MAXY,MINX,MINY,SCHLX1,SCHLX2,SCHLY,SCHLX; NL 7000
31 *BOOLEAN* PUNT,BUITEN,SEMATS,JUSTB; NL 7100
32 *INTEGER* I,J,K,L,M,N,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z; NL 7200
33 *PUNT*:=TRUE; *SEMATS*:=FALSE; NL 7300
34 *BEGIN* NL 7400
35 *INTEGER* ARRAY *PRINT*(/O:POS/); NL 7500
36 *ARRAY* XX(1: BG); NL 7600
37 *MAXX:=X(/G,1); *MINX:=X(/G,1); NL 7700
38 *FOR* S:=1 *STEP* 1 *UNTIL* BG *DO* NL 7800
39 *FOR* T:=1 *STEP* 1 *UNTIL* AANTL *DO* NL 7900
40 *BEGIN* IF X(/S,T)>MAXX THEN *MAXX:=X(/S,T); NL 8000
41 *IF X(/S,T)<MINX THEN *MINX:=X(/S,T); NL 8100
42 *END*; NL 8200
43 *MAXY:=Y(/BG,1); NL 8300
44 *MINY:=Y(/BG,1); NL 8400
45 *FOR* S:=1 *STEP* 1 *UNTIL* AG *DO* *BEGIN* NL 8500
46 *IF Y(/S,1)>MAXY THEN *MAXY:=Y(/S,1); NL 8600
47 *IF Y(/S,1)<MINY THEN *MINY:=Y(/S,1); NL 8700
48 *END*; NL 8800
49 *OSTB:=(MINY-Y(/BG,1)); NL 8900
50 *SCHLX:=(MAXX-MINX)/(POS-1); NL 9000
51 *BUITEN:=(MINX>0|MAXX<0); NL 9100
52 *POS0:=-MINX/SCHLX; NL 9200
53 *SCHLY:=(MAXY-MINY)/(BLADH-1); NL 9300
54 *FOR* P:=1 *STEP* 1 *UNTIL* AANTL *DO* NL 9400
55 *BEGIN* *XX*(BLADH,P):=X(/BG,P)/SCHLX; NL 9500
56 *N:=BLADH-1; NL 9600
57 *M:=BG; NL 9700
58 *TERUG: NL 9800
59 *IF *SCHLY>N *K=*(M-1)-MINY *SCHLYA-OSTB| NL 9900
60 *SCHLY>N *K=*(M-1)-MINY *SCHLYA-OSTB *THEN* NL 10000
61 *BEGIN* *M:=1; NL 10100
62 *IF *K<=0 *THEN* *GOTO* STOP; NL 10200
63 *GOTO* TERUG; NL 10300
64 *END*; NL 10400
65 *IF *OSTB *THEN* NL 10500
66 *XX(/N,P):=((MAXY-Y(/M,1)-SCHLY*(N-1))/(Y(/M-1)-Y(/M,1))*(X(/M-1,P)-X(/

```

```

110 M,P/))X(M,P/))SCHLY*ELSE* NL 10700
111 XX(N,P/)):=((Y(N)/M)-MINY-SCHLY*(N-1))/(Y(N/M)-Y(M-1/))* NL 10800
112 (X(N/M-1,P/)-X(M,P/))X(M,P/))SCHLY* NL 10900
113 NI=N-1; GOTO TEPOS; NL 11000
114 STOP:XX(1,P/)-X(1,G,P/))SCHLY* NL 11100
115 END; NL 11200
116 I:=1; NL 11300
117 *FOR*Y:=1*STEP*1*UNTIL*ALAD*DO* NL 11400
118 *BEGIN*TEPOS:=0;I:=1*UNTIL*POS*DO* NL 11500
119 PRINT(P/1)=999; NL 11600
120 *FOR*I:=1*STEP*1*UNTIL*AA*DO* NL 11700
121 *BEGIN*YAL:=XX(1,G,P/))POS; NL 11800
122 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 11900
123 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12000
124 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12100
125 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12200
126 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12300
127 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12400
128 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12500
129 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12600
130 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12700
131 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12800
132 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 12900
133 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13000
134 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13100
135 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13200
136 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13300
137 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13400
138 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13500
139 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13600
140 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13700
141 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13800
142 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 13900
143 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14000
144 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14100
145 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14200
146 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14300
147 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14400
148 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14500
149 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14600
150 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14700
151 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14800
152 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 14900
153 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15000
154 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15100
155 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15200
156 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15300
157 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15400
158 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15500
159 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15600
160 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15700
161 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15800
162 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 15900
163 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16000
164 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16100
165 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16200
166 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16300
167 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16400
168 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16500
169 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16600
170 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16700
171 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16800
172 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 16900
173 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17000
174 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17100
175 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17200
176 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17300
177 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17400
178 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17500
179 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17600
180 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17700
181 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17800
182 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 17900
183 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18000
184 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18100
185 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18200
186 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18300
187 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18400
188 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18500
189 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18600
190 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18700
191 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18800
192 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 18900
193 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19000
194 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19100
195 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19200
196 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19300
197 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19400
198 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19500
199 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19600
200 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19700
201 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19800
202 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 19900
203 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20000
204 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20100
205 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20200
206 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20300
207 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20400
208 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20500
209 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20600
210 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20700
211 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20800
212 *IF*YAL*IN*THE*SET*OF*ALCO*GETAL>POS; NL 20900

```

```

213 OUTSTRING(1,('1 POSITION REPRESENTS '));FLO(1,5,2,SCHLY); NL 15200
214 LINE(1,1); NL 15300
215 OUTSTRING(1,('1 LINE REPRESENTS '));FLO(1,5,2,SCHLY); NL 15400
216 *IF*PAGE(1);OUTSTRING(1,('FAILURE IN DRAW')); NL 15500
217 *BEGIN*PAGE(1);OUTSTRING(1,('POSSO = '));OUTINTEGER(1,POSSO); NL 15600
218 LINE(1,1);OUTSTRING(1,('XX-VALUES '));LINE(1,1);OUTARRAY(1,XX); NL 15700
219 PAGE(1); NL 15800
220 *END*; NL 15900
221 *END* DRAW*PROCEDURE; NL 16000
222 *REAL**PROCEDURE*ERF(F);*REAL*F; NL 16100
223 *BEGIN*; NL 16200
224 ERF:=1-1/(.273393*F+.230369*F*F+.000972*F*F*F+ NL 16300
225 .075109*F*F*F*F+1)**4; NL 16400
226 *END*; NL 16500
227 *REAL**PROCEDURE*ARCSIN(X);*VALUE*X;*REAL*X; NL 16600
228 *BEGIN*; NL 16700
229 ARCSIN:=ARCTAN(X/SQRT(1-X*X)); NL 16800
230 *END*; NL 16900
231 *REAL**PROCEDURE*TANH(X);*VALUE*X;*REAL*X; NL 17000
232 *BEGIN*; *REAL*MAGT; NL 17100
233 *IF*X>97.3399*THEN*TANH:=1*ELSE*'BEGIN' NL 17200
234 MAGT:=EXP(2*X); NL 17300
235 TANH:=(MAGT-1)/(MAGT+1);*END*; NL 17400
236 *END*; NL 17500
237 *REAL**PROCEDURE*CSCH(X);*VALUE*X;*REAL*X; NL 17600
238 *BEGIN*; *REAL*O,T; NL 17700
239 O:=19.817(6.2832);A:=6.2832*(O/CO*T);X:=1; NL 17800
240 *FOR*AN:=X-(X-TANH(A/X))/(1+(A*(X*X)**2)) NL 17900
241 *WHILE*ABS(XN-X)>.0001*DO*X:=AN; NL 18000
242 O:=O*X; NL 18100
243 *END*; NL 18200
244 *REAL**PROCEDURE*CSCH(X);*VALUE*X;*REAL*X; NL 18300
245 *BEGIN*; NL 18400
246 *IF*X>174.673*THEN*CSCH:=0*ELSE* NL 18500
247 CSCH:=2/(EXP(X)-EXP(-X)); NL 18600
248 *END*; NL 18700
249 *COMMENT*****EINDE DECLARATIE VAN DE PROCEDURES*****; NL 18800
250 *COMMENT*****; NL 18900
251 *****ALOCK *****; NL 19000
252 *****; NL 19100
253 *****; NL 19200
254 *****; NL 19300
255 *****; NL 19400
256 *****; NL 19500
257 *****; NL 19600
258 *****; NL 19700
259 *****; NL 19800
260 *****; NL 19900
261 *****; NL 20000
262 *****; NL 20100
263 *****; NL 20200
264 *****; NL 20300
265 *****; NL 20400
266 *****; NL 20500
267 *****; NL 20600
268 *****; NL 20700
269 *****; NL 20800
270 *****; NL 20900
271 *****; NL 21000
272 *****; NL 21100
273 *****; NL 21200
274 *****; NL 21300
275 *****; NL 21400
276 *****; NL 21500
277 *****; NL 21600
278 *****; NL 21700
279 *****; NL 21800
280 *****; NL 21900
281 *****; NL 22000
282 *****; NL 22100
283 *****; NL 22200
284 *****; NL 22300
285 *****; NL 22400
286 *****; NL 22500

```



```

287 8400:=400; NL 21700
288 ININTEGER(0,8500); NL 21800
289 ININTEGR(0,8500); NL 21900
290 READ(D,DELTA,DELTA,DELTA); NL 22000
291 *COMMENT INLEZEN VAN HET BOEDENMATERIAAL; NL 22100
291 READ(D,DELTA,DELTA,DELTA); NL 22200
292 W:=EXP(-1.19413*LN(D50)*2+1.951*LN(D50)+6.31); NL 22300
293 *COMMENT INLEZEN VAN DE GOLFSEGEVENSI; NL 22400
293 ALAD(D,DELTA,DELTA,DELTA); NL 22500
294 PHIO:=PI*PHIO/180; NL 22600
295 *COMMENT CONSTANTEN;; NL 22700
295 RG:=10/30;BY:=9.81;DELTA:=1.65;BY:=5;KAPPA:=.4; NL 22800
300 BLANK(1,5); NL 22900
301 OUTSTRING(1,('DRIE-DIMENSIONALE ZANDTRANSPORT BEREKENING'));LINE(1,1); NL 23000
303 BLANK(1,5); NL 23100
304 OUTSTRING(1,('====='));LINE(1,2); NL 23200
306 OUTSTRING(1,('GOLFSEGEVENSI'));LINE(1,1); NL 23300
307 OUTSTRING(1,('PKMS OPLEWATERS'));AFIX(1,2,2,NO);OUTSTRING(1,('M')); NL 23400
311 BLANK(1,5); NL 23500
312 OUTSTRING(1,('T='));AFIX(1,2,1,1);OUTSTRING(1,('SEC'));BLANK(1,5); NL 23600
316 OUTSTRING(1,('PHI='));AFIX(1,2,2,PHIO);BLANK(1,5); NL 23700
319 OUTSTRING(1,('DAMMA='));AFIX(1,2,3,DAMMA);LINE(1,2); NL 23800
322 OUTSTRING(1,('KORRELATIESEGENSI'));LINE(1,1); NL 23900
324 OUTSTRING(1,('DELTA='));AFIX(1,1,1,DELTA);BLANK(1,5); NL 24000
327 OUTSTRING(1,('D='));FLO(1,3,1,50);OUTSTRING(1,('M')); NL 24100
330 OUTSTRING(1,('D='));FLO(1,3,1,50);OUTSTRING(1,('M')); NL 24200
333 OUTSTRING(1,('D='));AFIX(1,1,1,1);OUTSTRING(1,('M/S')); NL 24300
336 OUTSTRING(1,('D='));AFIX(1,1,2,1);OUTSTRING(1,('M/S')); NL 24400
339 OUTSTRING(1,('D='));AFIX(1,1,3,1);OUTSTRING(1,('M/S')); NL 24500
343 OUTSTRING(1,('STAP-OUTLET'));LINE(1,1); NL 24600
345 OUTSTRING(1,('DELTA='));FLO(1,3,2,DELTA);OUTSTRING(1,('SEC')); NL 24700
348 BLANK(1,5); NL 24800
349 OUTSTRING(1,('DELTA='));AFIX(1,4,2,DELTA);OUTSTRING(1,('M')); NL 24900
352 BLANK(1,5); NL 25000
353 OUTSTRING(1,('DELTA='));AFIX(1,1,2,DELTA);OUTSTRING(1,('M')); NL 25100
355 LINE(1,2); NL 25200
357 OUTSTRING(1,('S100='));AFIX(1,3,0,5100); NL 25300
359 OUTSTRING(1,('S200='));AFIX(1,3,0,4200); NL 25400
361 OUTSTRING(1,('S300='));AFIX(1,3,0,3300); NL 25500
363 OUTSTRING(1,('S400='));AFIX(1,3,0,2400); NL 25600
365 OUTSTRING(1,('S500='));AFIX(1,3,0,1500); NL 25700
367 OUTSTRING(1,('S600='));AFIX(1,3,0,600);LINE(1,2); NL 25800
370 *BEGIN; NL 25900
372 WS,SS,HAAR,OPPER,DOORAKS,SCHAKS(70,WS/1),OT(7,ND/1); NL 26000
372 SKY(7,27),S,31/70;NK=1;1;K/7);OUTDELS(7,ND/1); NL 26100
372 SY,LL,LL2(70;NK,OTND/1); NL 26200
372 *BUJLEAN*ARRAY*HANDOVER(70;NK,OTND/1); NL 26300
373 *COMMENT*****INLEZEN VAN BEGIN-EN RANDVOORWAARDEN*****; NL 26400
373 *IF INDISK THEN ININTEGER(3,TDISK); NL 26500
375 *FOR I:=1 STEP 1 UNTIL NK DO; NL 26700
375 *FOR ID:=0 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 26800
377 *IF INDISK THEN INREAL(3,Y(70,IK,ID/1)) ELSE; NL 27000
373 *END; NL 27100

```

```

381 INREAL(0,Y(70,IK,ID/1)); NL 27200
382 HANDOVER(70,IK,ID/1); NL 27300
383 *END; NL 27400
384 OUTSTRING(1,('RANDVOORWAARDEN EERSTE RAAI'));LINE(1,1); NL 27500
385 *END; NL 27600
387 *IF B100=100 THEN *BEGIN; NL 27700
389 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 27800
390 S(70,ID/1)=S(70,ID/1); NL 27900
391 OUTSTRING(1,('ZAND-EN WATERTRANSPORTEN=0'));LINE(1,1); NL 28000
393 *END; NL 28100
394 *END; NL 28200
395 *IF B100=110 THEN *BEGIN; NL 28300
397 OUTSTRING(1,('S J S'));LINE(1,1); NL 28400
399 OUTSTRING(1,('M M3/S M3/S'));LINE(1,1); NL 28500
401 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO INREAL(0,S(70,ID/1)); NL 28600
403 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO INREAL(0,S(70,ID/1)); NL 28700
405 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO *BEGIN; NL 28800
407 AFIX(1,2,2,0;LD(10-5));AFIX(1,3,2,S(70,ID/1));FLO(1,3,2,S(70,ID/1)); NL 28900
410 *END; NL 29000
412 *OTO LBI; NL 29100
413 *END; NL 29200
414 *IF B100=120 THEN *BEGIN; NL 29300
416 OUTSTRING(1,('BERSIE RAAI VAST'));LINE(1,1); NL 29400
418 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 29500
419 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 29600
420 Y(71,1,0,ID/1)=Y(70,0,ID/1); NL 29700
421 *END; NL 29800
422 *END; NL 29900
423 LBI; NL 30000
423 LINE(1,2); NL 30100
425 OUTSTRING(1,('RANDVOORWAARDEN LAATSTE RAAI'));LINE(1,1); NL 30200
427 *END; NL 30300
428 *IF B100=200 THEN *BEGIN; NL 30400
430 OUTSTRING(1,('ZAND-EN WATERTRANSPORTEN=0'));LINE(1,1); NL 30500
432 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 30600
433 S(70,1,ID/1)=S(70,NK+1,ID/1); NL 30700
434 *OTO LBI; NL 30800
435 *END; NL 30900
436 *IF B200=210 THEN *BEGIN; NL 31000
438 OUTSTRING(1,('S J S'));LINE(1,1); NL 31100
440 OUTSTRING(1,('M M3/S M3/S'));LINE(1,1); NL 31200
442 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO INREAL(0,S(70,NK+1,ID/1)); NL 31300
444 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO INREAL(0,S(70,NK+1,ID/1)); NL 31400
446 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO *BEGIN; NL 31500
448 AFIX(1,2,2,0;LD(10-5));AFIX(1,3,2,S(70,NK+1,ID/1));FLO(1,3,2,S(70,NK+1,ID/1)); NL 31600
451 *END; NL 31700
453 *OTO LBI; NL 31800
454 *END; NL 31900
455 *IF B200=220 THEN *BEGIN; NL 32000
457 OUTSTRING(1,('LAATSTE RAAI VAST'));LINE(1,1); NL 32100
459 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 32200
460 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL ND DO; NL 32300
461 Y(71,1,NK,ID/1)=Y(70,NK,ID/1); NL 32400
462 *END; NL 32500
463 *END; NL 32600

```

```

464 LB3: NL 32700
465 LINE(1,2): NL 32800
466 FOR ID:=0 STEP 1 UNTIL 'NO'DO' WS(/D/):=0: NL 32900
467 NL 33000
468 *COMMENT*****BEREKENING VAN WSEN SSWART VOLGENS SWART***** NL 33100
469 NL 33200
470 IF 'R300=300' THEN GOTD LB3: NL 33300
471 IF 'R300=310' THEN: NL 33400
472 *BEGIN NL 33500
473 *DEL LO, JUM, MR, X, SYM, DEL2, DELR, B, DELM, XX: NL 33600
474 INREAL(O, HELD): NL 33700
475 INREAL(O, HELND): NL 33800
476 LO:=1.50*F: NL 33900
477 D40:=J00*(7044-7705**XP(-.000143*HO**4.688*T**93/050**786)): NL 34000
478 JUM:=LO*0053*CX(+.347*HO**4.73/(T**0.54*050**093)): NL 34100
479 MR:=JUM/DHM: NL 34200
480 MK:=LO/HO*1010*( HO**132*050**(-.447)*(LO/HO)**.717)**(-2.38) NL 34300
481 +.00311: NL 34400
482 WR:=JUM/4R72: NL 34500
483 X:=HJ**3.44*LO**9*050**(-1.29)*DHM**(-2.66): NL 34600
484 SYM:=050/T*XP(10.7-28.9**X**(-0.07)): NL 34700
485 IDSWARS:=DH/DDEL: NL 34800
486 HDWARS:=DH/DDEL: NL 34900
487 *JUTSTRINGS(1,('DWARSTRANSPOORT VOLGENS SWART:')): NL 35000
488 LINE(1,1): NL 35100
489 *JUTSTRINGS(1,('=====')): NL 35200
490 LINE(1,2): NL 35300
491 *JUTSTRINGS(1,('HO=')): AFIX(1,4,2,0,HO): *JUTSTRINGS(1,('M ')): NL 35400
492 *JUTSTRINGS(1,('DM=')): AFIX(1,4,2,0,DM): *JUTSTRINGS(1,('M ')): NL 35500
493 *JUTSTRINGS(1,('X=')): AFIX(1,4,2,0,X): *JUTSTRINGS(1,('M ')): NL 35600
494 *JUTSTRINGS(1,('SYM=')): FLD(1,4,2,SY4): *JUTSTRINGS(1,('M3/SYM')): NL 35700
495 LINE(1,2): NL 35800
502 *JUTSTRINGS(1,('PROFIEHELLING BOVEN DE WATERLYN: 1:')): AFIX(1,4,1,1/ NL 35900
504 HELD): LINE(1,1): NL 36000
505 *JUTSTRINGS(1,('PROFIEHELLING ONDER DE DIEPTELYN:')): AFIX(1,3,2,NO'DELD) NL 36100
507 *JUTSTRINGS(1,('M : 1:')): AFIX(1,4,1,1/HELND): NL 36200
509 FOR ID:=0 STEP 1 UNTIL 'IF'NODWARS'DO THEN 'NO' ELSE 'NODWARS'DO' NL 36300
510 *BEGIN NL 36400
511 DELR:=DHM-ID'DELD: NL 36500
512 DELB:=(DHX-DEL2)/JUM: NL 36600
513 B:=IF DELA>0 THEN 1 ELSE 0: NL 36700
514 AG(/D/):=IF DELC=0 THEN MK ELSE NL 36800
515 WS*(.79*DELR+1+(3.97/7)*B*050*050*DELR**13600*050): NL 36900
516 DELM:=DELR/JUM+.5+1.4*HO**(-.55)*(HO/DHM)**2.69: NL 37000
517 IF DELM>0 THEN *BEGIN *SSWART(/D/):=SYM*GOTS LB3: 'END': NL 37100
521 XX:=(ASS'DEL)*H*LO/JUM/DHM)*2.11: NL 37200
522 SSWAR1(/D/):=IF DELM>0 THEN SYM*(.93/(1+.01*XX)+.07) NL 37300
523 ELSE SYM*(.97/(1+.14*XX)+.01): NL 37400
524 LB3: NL 37500
525 *END: NL 37600
526 *COMMENT*****EINDE BEREKENING WS EN SSWART***** NL 37700
527 NL 37800
528 LB3: NL 38100

```

```

528 PAGE(1): NL 38200
529 FOR J:=1 STEP 1 UNTIL '130'DO *OUTSTRING(1,(' ')): LINE(1,1): NL 38300
530 IF 'ADISK' THEN *BEGIN *BYACT(3,12,1): *COMMENT**SLOTTEN*: NL 38400
531 *JUTSTRINGS(1,('INGEBEELZEN VAN DISK: TOISK=')): AFIX(1,2,0,TOISK): 'END': NL 38500
532 LINE(1,1): NL 38600
533 *OUTSTRINGS(1,('I=0')): LINE(1,1): *OUTSTRING(1,('====')): LINE(1,2): NL 38700
534 *OUTSTRINGS(1,('BEGINPROFIELEN:')): LINE(1,2): NL 38800
535 IKO:=0: NL 38900
536 IF 'NK>7' THEN *BEGIN *REGEL:=2: IKK:=7: 'END': NL 39000
537 ELSE *BEGIN *REGEL:=1: IKK:=NK: 'END': NL 39100
538 FOR J:=1 STEP 1 UNTIL 'KSEL'DO *BEGIN NL 39200
539 *OUTSTRINGS(1,(' Y:')): NL 39300
540 FOR IK:=IKO STEP 1 UNTIL 'IKK'DO: NL 39400
541 *BEGIN *AFIX(1,2,0,IK): BLANK(1,9): 'END': LINE(1,2): NL 39500
542 FOR ID:=0 STEP 1 UNTIL 'NO'DO: NL 39600
543 *BEGIN *AFIX(1,2,2,DEL*10): BLANK(1,3): NL 39700
544 FOR IK:=IKO STEP 1 UNTIL 'IKK'DO: NL 39800
545 *BEGIN: NL 39900
546 *FIX(1,4,3,Y(/O ,IK,10/)): BLANK(1,3): 'END': NL 40000
547 LINE(1,1): NL 40100
548 *END: NL 40200
549 LINE(1,2): IKO:=8: IKK:=NK: NL 40300
550 *END: NL 40400
551 LINE(1,2): NL 40500
552 FOR J:=1 STEP 1 UNTIL '130'DO *OUTSTRING(1,(' ')): NL 40600
553 LINE(1,4): NL 40700
554 NL 40800
555 *COMMENT***** NL 40900
556 *****BLOK 400** PLAATS VOOR HET INLEZEN VAN GETYEGEVENEN ** NL 41000
557 ** ZJALS: -AANTAL TYDSTAPPEN IN DE GETYERUMME ** NL 41100
558 ** -DE GETYKRACHTEN PER TYDSTAP EN RAAI ** NL 41200
559 ** -DE VERTICALE GETYSTANDEN PER TYDSTAP ** NL 41300
560 *****EINDE BLOK 400***** NL 41400
561 NL 41500
562 *OUTSTRINGS(1,('UITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN IN DE TRANSPORTRAAIEN')): NL 41600
563 LINE(1,2): NL 41700
564 NL 41800
565 *COMMENT*****BEREKENING VAN DE VOORTPLANTINGSSNELHEID***** NL 41900
566 NL 42000
567 FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL 'NO'DO NL 42100
568 *BEGIN NL 42200
569 B:=DEL2*(10-0.5): NL 42300
570 CC(/D/):=C(O,T): NL 42400
571 FOR J:=1 STEP 1 UNTIL '2'DO: NL 42500
572 CS(/D,J/):=C(O,(-1)**J*0.05,T): NL 42600
573 *END: NL 42700
574 NL 42800
575 *COMMENT*****EINDE BEREKENING C***** NL 42900
576 NL 43000
577 *COMMENT***** NL 43100
578 ***** BLOK C ***** NL 43200
579 ***** NL 43300
580 ***** BEREKENING VAN LANGSTRANSPOORTEN GL EN NL ***** NL 43400
581 ***** NL 43500

```

```

592 SFDIM:=0; NL 43700
593 'FOR' I1:=0*'STEP'1'UNTIL'NT'DD'; NL 43800
594 'BEGIN'; NL 43900
595 'FOR' IK:=0*'STEP'1'UNTIL'NK'DD'; NL 44000
596 'FOR' ID:=0*'STEP'1'UNTIL'ND'DD'; NL 44100
597 SY(IK, ID/10)/=ALL1(IK, ID/10)/=ALL2(IK, ID/10);=0; NL 44200
598 'FOR' IK1:=1*'STEP'1'UNTIL'NK'DD'; NL 44300
599 'BEGIN'; NL 44400
600 SOMS:=SUMQ:=0; NL 44500
601 NL 44600
602 IK D PHIK PHIG BREED MEL OUTSTRING(1, 'I'; NL 44700
603 EP V S Q');:LINE(1,1); DSKY HSTR; NL 44800
604 NL 44900
605 M/S M M3/S M3/S);:LILN(1,1); NL 45000
606 'FOR' ID:=1*'STEP'1'UNTIL'ND'DD'; NL 45100
607 'BEGIN'; NL 45200
608 D:=DELD*(ID-.5); NL 45300
609 PHIG:=ARCTAN((Y(I/IT, IK, ID)/+Y(I/IT, IK, ID-1))-Y(I/IT, IK-1, ID)/ NL 45400
610 -Y(I/IT, IK-1, ID-1))/(2*DELD); NL 45500
611 PHIG:=PHIG-D*PHIG; NL 45600
612 BREED:=(Y(I/IT, IK, ID)/+Y(I/IT, IK-1, ID)-Y(I/IT, IK, ID-1))-Y(I/IT, IK-1, ID-1)/ NL 45700
613 /Z; MEL:=DELD/BREED; NL 45800
614 AFIX(1,2,0,IK); NL 45900
615 FIX(1,3,3,2); NL 46000
616 FIX(1,3,3,PHIG*130/PI); NL 46100
617 FIX(1,3,3,PHIG*130/PI); NL 46200
618 FIX(1,3,3,DELD); NL 46300
619 FIX(1,3,3,HEL); NL 46400
620 'COMMENT'*****BEREKENING VAN DE AANDRIJVENDE KRACHT DSKY/DX*****; NL 46500
621 NL 46600
622 'FOR' J:=1*'STEP'1'UNTIL'J'DD'; NL 46700
623 'BEGIN'; NL 46800
624 PHI:=ARCSIN(COS(D*DELD)*SIN(PHIG)/1.56/T); NL 46900
625 KH:=2*PI*DD/(COS(D*DELD)*T); NL 47000
626 NSR:=(.5*(1+2*KH*COSS(1/2*KH))); NL 47100
627 HSR:=GAMMA*DD; NL 47200
628 HF2:=(1.5*1.56*T*COSS(PHIG))/(NSR*COOLF*COSS(PHI))*HO*HD; NL 47300
629 HZ:=(1-EXP(-HSR**2/HD*2))*HF2; NL 47400
630 SKY(J/J):=RDS*Z*WG*HZ*NSR*2*PHI; NL 47500
631 'END' J-L; NL 47600
632 DSKY:=(DSKY/(Z)-SKY/(J))*HEL/10; NL 47700
633 FIX(1,3,3,DSKY); NL 47800
634 KRACHT:=D*AT; NL 47900
635 'COMMENT'*****EVENTUEEL MET GETY-KRACHT****; NL 48000
636 SIGNV:=; NL 48100
637 'IF' KRACHT<0'THEN'BEGIN'SIGNV:=-1;KRACHT:=-KRACHT;'END'; NL 48200
638 NL 48300
639 'COMMENT'*****EINDE BEREKENING DSKY/DX*****; NL 48400
640 NL 48500
641 COOLF:=CC(1/10/); NL 48600
642 KH:=2*PI*DD/COOLF/T; NL 48700
643 PHI:=ARCSIN(COS(D*DELD)*SIN(PHIG)/1.56/T); NL 48800

```

```

442 HSR:=GAMMA*DD; NL 49200
443 HF2:=(1.5*1.56*T*COSS(PHIG))/(NSR*COOLF*COSS(PHI))*HO*HD; NL 49300
444 HSR:=GAMMA*DD; NL 49400
445 HSTR:=EXP(-HSR/HFRMS)*SQRT(PI)/2*HFRMS; NL 49500
446 FIX(1,3,3,PHIG*130/PI); NL 49600
447 UD:=PI/1*COSS(KH)*HSTR*EP; NL 49700
448 AD:=UD*1/2/PI; NL 49800
449 CU:=18*LN(12*PI/K)/2.303; NL 49900
450 FN:=1-IF(AD<1.7)*1.7**CU**2*ELSE*EXP(-5.977+5.213*(AD/K)**(-.194)); NL 50000
451 KSI:=CU*SQRT(FN/2); NL 50100
452 'COMMENT'*****BEREKENING VAN DE LONGSHORE CURRENT V*****; NL 50200
453 NL 50300
454 V1:=KRACHT*CO/(1410*UD*SQRT(FN))*1*-4; NL 50400
455 LBS:=; NL 50500
456 'BEGIN'VAR:=(KSI*UD/V1)**1.13; NL 50600
457 IC:=KSI*G*(V1/CO)**2; NL 50700
458 EV:=IC*(1.75+.45*VAR)-KRACHT; NL 50800
459 FV:=IC*(1.5+.39*VAR)/V1; NL 50900
460 V:=V1-FV/FV; NL 51000
461 'END'; NL 51100
462 'IF' V>1'THEN'BEGIN'V:=V1;'GOTO'LBS;'END'; NL 51200
463 'IF' ABS(V-V1)>1*-3'THEN'BEGIN'V1:=V;'GOTO'LBS;'END'; NL 51300
464 LBS:=; NL 51400
465 V:=SIGNV*V; NL 51500
466 FIX(1,3,3,V); NL 51600
467 NL 51700
468 'COMMENT'*****EINDE BEREKENING V*****; NL 51800
469 NL 51900
470 'COMMENT'*****BEREKENING VAN HET TRANSPORT MET BYKERFORMULE*****; NL 52000
471 NL 52100
472 KH:=K/D; NL 52200
473 'IF' 1-KHK=0 'THEN'BEGIN'S(IK, ID/10)=0;'GOTO'LOV;'END'; NL 52300
474 VAR:=V*V*.5*(KSI*UD)**2; NL 52400
475 CI:=18*LN(12*PI/UD)/2.303; NL 52500
476 NU:=CO/CI**1.5; NL 52600
477 GF:=10*LN(12*PI/UD)/2*(NU*VAR)**.50; NL 52700
478 'IF' GF>1.70'THEN'BEGIN'Z:=NU*VAR*CO*SQRT(G)*EXPI(-GF)*.50; NL 52800
479 'IF' ABS(NU*VAR)-74'THEN'BEGIN'SSUS:=0;'GOTO'NEAR'LOCH;'END'; NL 52900
480 VSTR:=Z*(1+V*V)/CO; Z:=V*V*V/VSTR*3;'IF' Z<1'THEN' NL 53000
481 X:=.26*V*(Z-1)/(1-KH)*Z*ELSE'X:=.26/(1-KH)**2; NL 53100
482 'IF' Z=1'THEN'Z1:=.5; NL 53200
483 'IF' Z=2'THEN'Z1:=.5; NL 53300
484 'IF' Z=3'THEN'Z1:=.5; NL 53400
485 LNKH:=LN(KH); NL 53500
486 I1:= 1/(1-Z+1)*(1-KH**(-Z+1)) + (-2)/(1-Z+2)*(1-KH**(-Z+1)) + 2*(Z-1)/(2* NL 53600
487 (-Z+3))*(1-KH**(-Z+3)); I1:=X*I1; NL 53700
488 I2:= 1/(1-Z+1)*(1/(1-Z+1)-KH**(-Z+1))*(LNKH-1/(1-Z+1)) - 2/(1-Z+2)*(-1/(1-Z+2) NL 53800
489 -2/(1-KH**(-Z+1))*LNKH-1/(1-Z+3)) + 2*(Z-1)/(2+(-Z+3))*(-1/(1-Z+3)-KH NL 53900
490 **(-Z+3))*LNKH-1/(1-Z+3)); I2:=I2*X; NL 54000
491 SSUS:=1.0*V*(1+LN(12*PI/UD))*I1; NL 54100
492 NL 54200
493 NL 54300
494 NL 54400
495 NL 54500
496 NL 54600
497 NL 54700
498 NL 54800
499 NL 54900
500 NL 55000
501 NL 55100
502 NL 55200
503 NL 55300
504 NL 55400
505 NL 55500
506 NL 55600
507 NL 55700
508 NL 55800
509 NL 55900
510 NL 56000
511 NL 56100
512 NL 56200
513 NL 56300
514 NL 56400
515 NL 56500
516 NL 56600
517 NL 56700
518 NL 56800

```

```

592 SFDM:=0; NL 43700
593 *FOR J:=1 STEP 1 UNTIL NT*DO NL 43700
594 *BEGIN NL 43700
595 *FOR IK:=0 STEP 1 UNTIL NK*DO NL 44000
596 *FOR ID:=0 STEP 1 UNTIL NJ*DO NL 44100
597 SY(/IK, ID)/:=CLL(1/IK, 1/ID)/CLL2(/IK, ID/)+0; NL 44200
598 *FOR IK:=1 STEP 1 UNTIL NK*DO NL 44300
599 *BEGIN NL 44400
600 SOMST:=SUMQ:=0; NL 44500
601 NL 44500
602 IK V D PHIK PHIG BREED HEL OUTSTRING(1, ' NL 44600
603 EP V D S Q')';LINE(1,1); DSXY HSTR NL 44700
604 NL 44800
605 M H M H M H OUTSTRING(1, ' NL 44900
606 H/S M/S M3/S')';LINE(1,1); N/M2 M NL 45000
607 *FOR ID:=1 STEP 1 UNTIL NJ*DO NL 45100
608 *BEGIN NL 45200
609 D:=DELD*(ID-.5); NL 45300
610 PHIG:=ARC TAN((Y(/IT, IK, ID)-Y(/IT, IK, ID-1))-Y(/IT, IK-1, ID)/ NL 45400
611 -Y(/IT, IK-1, ID-1))/ (2*DELD); NL 45500
612 PHIG:=PHIG-D*PHIG; NL 45600
613 BREED:=(Y(/IT, IK, ID)-Y(/IT, IK-1, ID)-Y(/IT, IK, ID-1)-Y(/IT, IK-1, ID-1)) NL 45700
614 /2; HEL:=DELD/BREED; NL 45800
615 NL 45900
616 AFIX(1,2,0,IK); NL 46000
617 FIX(1,3,3,3); NL 46100
618 FIX(1,3,3,PHIG*180/PI); NL 46200
619 FIX(1,3,3,PHIG*180/PI); NL 46300
620 FIX(1,3,3,DELD); NL 46400
621 FIX(1,3,3,MCL); NL 46500
622 *COMMENT *****BEREKENING VAN DE AANDRIJVENDE KRACHT DSXY/DX***** NL 46600
623 *FOR J:=1 STEP 1 UNTIL NJ*DO NL 46700
624 *BEGIN NL 46800
625 PHIG:=ARC TAN((CGOLF/1.56/T)/(PHIG/1.56/T)); NL 46900
626 KH:=2*PI*DJ/(CGOLF*1); NL 47000
627 HDX:=-.5*(1+2*(KH*CSCH(2*KH))); NL 47100
628 HGR:=GAMMA*DD; NL 47200
629 HF2:=(.5+.56*T*CGS(PHIG))/(NGR*CGOLF*CGS(PHIG))*HO*HO; NL 47300
630 HZ:=(1-2*(HGR*HGR**2/HF2))*HF2; NL 47400
631 SKY(/J):=R3*5/16*NGR*HZ*SIN(2*PHIG); NL 47500
632 *END J-LJ; NL 47600
633 DSXY:=(DSY(/2))-DSXY(/1)*HEL*.10; NL 47700
634 FIX(1,3,3,DSXY); NL 47800
635 KRACHT:=DSAY; NL 47900
636 *COMMENT *****EVENTUEEL MET GETY-KRACHT***** NL 48000
637 SIGNV:=1; NL 48100
638 *IF KRACHT<0 THEN *BEGIN *SIGNV:=-1; KRACHT:=-KRACHT; *END; NL 48200
639 *COMMENT *****EINDE BEREKENING DSXY/DX***** NL 48300
640 CGOLF:=CC(/ID); NL 48400
641 KH:=2*PI*DJ/CGOLF/T; NL 49000
642 PHIG:=ARC SIN(CGOLF*SIN(PHIG/1.56/T)); NL 49200

```

```

542 HGR:=GAMMA*DD; NL 49200
543 HF2:=(.5+.56*T*CGS(PHIG))/(NGR*CGOLF*CGS(PHIG))*HO**2; NL 49300
544 HFRMS:=SQRT(HF2); NL 49400
545 HSTREEP:=F*(HDK/HFRMS)*SQRT(PI)/2*HFRMS; NL 49500
546 FIX(1,3,3,HSTREEP); NL 49600
547 UD:=2/17*CSCH(KH)*HSTREEP; NL 49700
548 A:=UD*(2/PI); NL 49800
549 CJ:=18*LN(12*DK)/2.303; NL 49900
550 FW:=*IF A>K1-4.7 THEN *J2 ELSE *EXP(-5.977+5.213*(AD/K)**(-.194)); NL 50000
551 KSI:=CU*SQRT(FW/2); NL 50100
552 *COMMENT *****BEREKENING VAN DE LONGSHORE CURRENT V***** NL 50200
553 V1:=KRACHT*CO/(1410*UD*SQRT(FW))+1*-4; NL 50300
554 LB5: NL 50400
555 *BEGIN VAR:=(KCI*U/V1)**.13; NL 50500
556 IC:=40*9*(V1/CO)**2; NL 50600
557 EV:=IC*(.75+.55*VAR)-KRACHT; NL 50700
558 FV:=IC*(1.5+.39*VAR)/V1; NL 50800
559 V:=V1-FV/FV; NL 50900
560 *END; NL 51000
561 *IF V<0 THEN *BEGIN V:=V1; *GOTO LB6; *END; NL 51100
562 *IF ABS(Y-V)>1*-3 THEN *BEGIN V1:=V; *GOTO LB5; *END; NL 51200
563 LB6: NL 51300
564 V:=SIGNV*V; NL 51400
565 FIX(1,3,3,V); NL 51500
566 *COMMENT *****EINDE BEREKENING V***** NL 51600
567 *COMMENT *****BEREKENING VAN HET TRANSPORT MET BYKERFORMULE***** NL 51700
568 KH:=K/D; NL 51800
569 *IF 1-KH=0 THEN *BEGIN S(/IK, ID)/:=0; *GOTO LOV; *END; NL 51900
570 VAR:=V**2*.5*(KSI*U)**2; NL 52000
571 CI:=18*LN(12*DK)/2.303; NL 52100
572 HQ:=(CU/CI)**1.5; NL 52200
573 G:=.27*LN(12*DK**2/(M)*VAR)*.050; NL 52300
574 *IF ABS(G)>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 52400
575 *IF ABS(G)>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 52500
576 VST:=SQRT((G*VAR)/CU); Z:=W/KAPPA/VST*4; *IF Z>1 THEN NL 52600
577 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; *ELSE *R1:=.216/(1-KH)**2; NL 52700
578 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 52800
579 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 52900
580 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53000
581 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53100
582 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53200
583 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53300
584 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53400
585 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53500
586 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53600
587 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53700
588 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53800
589 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 53900
590 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54000
591 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54100
592 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54200
593 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54300
594 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54400
595 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54500
596 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54600
597 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54700
598 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54800
599 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 54900
600 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55000
601 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55100
602 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55200
603 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55300
604 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55400
605 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55500
606 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55600
607 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55700
608 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55800
609 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 55900
610 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56000
611 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56100
612 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56200
613 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56300
614 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56400
615 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56500
616 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56600
617 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56700
618 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56800
619 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 56900
620 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57000
621 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57100
622 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57200
623 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57300
624 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57400
625 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57500
626 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57600
627 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57700
628 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57800
629 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 57900
630 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58000
631 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58100
632 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58200
633 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58300
634 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58400
635 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58500
636 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58600
637 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58700
638 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58800
639 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 58900
640 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59000
641 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59100
642 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59200
643 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59300
644 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59400
645 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59500
646 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59600
647 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59700
648 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59800
649 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 59900
650 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60000
651 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60100
652 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60200
653 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60300
654 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60400
655 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60500
656 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60600
657 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60700
658 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60800
659 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 60900
660 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61000
661 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61100
662 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61200
663 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61300
664 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61400
665 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61500
666 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61600
667 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61700
668 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61800
669 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 61900
670 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62000
671 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62100
672 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62200
673 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62300
674 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62400
675 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62500
676 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62600
677 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62700
678 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62800
679 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 62900
680 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63000
681 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63100
682 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63200
683 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63300
684 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63400
685 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63500
686 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63600
687 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63700
688 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63800
689 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 63900
690 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64000
691 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64100
692 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64200
693 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64300
694 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64400
695 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64500
696 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64600
697 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64700
698 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64800
699 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 64900
700 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65000
701 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65100
702 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65200
703 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65300
704 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65400
705 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65500
706 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65600
707 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65700
708 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65800
709 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 65900
710 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66000
711 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66100
712 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66200
713 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66300
714 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66400
715 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66500
716 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66600
717 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66700
718 *IF Z>1 THEN *G1 ELSE *G2; NL 66800

```

```

719 SOMQ:=SOMQ+Q/(IK,IO/); NL 54700
720 'END' IK-LUS; NL 54800
721 OUTSTRING(1,('TOTAAL ZANDTRANSPORT='));FIX(1,3,3,SOMQ); NL 54900
722 OUTSTRING(1,('M3/S'));LINE(1,1); NL 55000
723 OUTSTRING(1,('TOTAAL DEBIET='));FIX(1,3,3,SOMQ);OUTSTRING(1,('M3/S')); NL 55100
724 'END' IK-LUS; NL 55200
725 LINE(1,2); NL 55300
726 'END' IK-LUS; NL 55400
727 'COMMENT'*****EINDE BEREKENING SL EN QL*****; NL 55500
728 'COMMENT'*****BEREKENING VAN HET DWARSTRANSPOORT VOLGENS SWART*****; NL 55600
729 'IF' 300=300'THEN' GO TO L87; NL 55700
730 'IF' 300=310'THEN' NL 55800
731 'BEGIN' NL 55900
732 'FOR' IK:=0'STEP'1'UNTIL'NK'DO' NL 56000
733 'BEGIN' NL 56100
734 YH0:=Y/(IT,IK,0/)-DH0/HELO; NL 56200
735 'IF'ND>NDDWARS'THEN''BEGIN' YHM:=Y/(IT,IK,NDDWARS/)+(Y/(IT,IK,NDDWARS+1/)-Y/(IT,IK,NDDWARS-1/))*(DH1/DELD-NDDWARS); NL 56300
736 SOMOPP:=(Y/(IT,IK,NDDWARS/)+YHM)/2*(DH1-DELD*NDDWARS); NL 56400
737 'END' NL 56500
738 'ELSE' SOMOPP:=(DH1/HELD*Y/(IT,IK,ND/))/2*(DH1-ND*DELD); NL 56600
739 OPPER(/O/):=(YH0+Y/(IT,IK,0/))/2*DH0; NL 56700
740 SOMOPP:=SOMOPP+OPPER(/O/); NL 56800
741 'FOR' IO:=1'STEP'1'UNTIL'IF'ND>NDDWARS'THEN'NDDWARS'ELSE'ND'DO' NL 56900
742 'BEGIN' NL 57000
743 OPPER(/IO/):=(Y/(IT,IK,IO/)+Y/(IT,IK,IO-1/))/2*DELD; NL 57100
744 SOMOPP:=SOMOPP+OPPER(/IO/); NL 57200
745 'END'; NL 57300
746 SOM:=0; NL 57400
747 'FOR' IO:=0'STEP'1'UNTIL'IF'ND>NDDWARS'THEN'NDDWARS'ELSE'ND'DO' NL 57500
748 'BEGIN' NL 57600
749 SOM:=SOM+OPPER(/IO/); NL 57700
750 L1:=SOM/(DH0+IO*DELD); NL 57800
751 L2:=(SOMOPP-SOM/IO*(DM-IO*DELD)); NL 57900
752 SY(/IK,IO/):=SWART(/IO/)*NS(/IO/)-NL 58000
753 -(L2-L1); NL 58100
754 LL1(/IK,IO/):=L1; NL 58200
755 LL2(/IK,IO/):=L2; NL 58300
756 'END'; NL 58400
757 'END'; NL 58500
758 'END' IK-LUS; NL 58600
759 'COMMENT'*****EINDE BEREKENING DWARSTRANSPOORT VOLGENS SWART*****; NL 58700
760 'COMMENT'*****BLOCK 0 *****; NL 58800
761 '*****'; NL 58900
762 '*****'; NL 59000
763 '*****'; NL 59100
764 L87: NL 59200
765 OUTSTRING(1,('UITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN IN DE PROFIELRAAIEN')); NL 59300
766 LINE(1,2); NL 60100

```

```

767 DY(/ND+1/):=S00:=SND:=QND:=VOLUME:=QDWARZ(/O/):=0; NL 60200
768 'COMMENT'*****BEREKENING VAN DE PROFIELEN IK=0 T/M NK*****; NL 60300
769 'FOR' IK:=NKUL'STEP'1'UNTIL'KEIND'DO' NL 60400
770 'BEGIN' NL 60500
771 DELX:=IF'IK=0'IK=NK'THEN'2'ELSE'1; NL 60600
772 SOWARS(/O/):=SY(/IK,0/)*DELX/DEEL; NL 60700
773 OUTSTRING(1,('IK D QDWARZ SY L1 L2 NL 60800
774 M M3/S M3/S M3/S M3/S M3/S M3/S')));LINE(1,1); NL 60900
775 'FOR' IO:=1'STEP'1'UNTIL'ND'DO' NL 61000
776 'BEGIN' NL 61100
777 OOWARS(/IO/):=SOWARS(/IO-1/)+Q(/IK,IO/)-Q(/IK+1,IO/); NL 61200
778 OOWARS(/IO/):=OOWARS(/IO/)+Q(/IK,IO/)-Q(/IK+1,IO/); NL 61300
779 OOWARS(/IO/):=OOWARS(/IO/)+Q(/IK,IO/)-Q(/IK+1,IO/); NL 61400
780 OOWARS(/IO/):=OOWARS(/IO/)+Q(/IK,IO/)-Q(/IK+1,IO/); NL 61500
781 OOWARS(/IO/):=OOWARS(/IO/)+Q(/IK,IO/)-Q(/IK+1,IO/); NL 61600
782 'IF' 300=310'THEN' SOWARS(/IO/):=SOWARS(/IO/)+SY(/IK,IO/)*DELX/DEEL; NL 61700
783 DELX:=S(/IK,IO/)-S(/IK+1,IO/)+SOWARS(/IO-1/)-SOWARS(/IO/); NL 61800
784 BY(/IO/):=DELS*DELD/DELD*DEEL; NL 61900
785 'END'; NL 62000
786 'END'; NL 62100
787 Y(/IT+1,IK,0/):=Y(/IT,IK,0/)+DY(/I/)/2; NL 62200
788 OPP:=OY(/I/)*DELD/2; NL 62300
789 'FOR' IO:=1'STEP'1'UNTIL'ND'DO' NL 62400
790 'BEGIN' NL 62500
791 DELY:=OY(/IO+1/)+OY(/IO/))/2; NL 62600
792 Y(/IT+1,IK,IO/):=Y(/IT,IK,IO/)+DELY; NL 62700
793 HANGOVER(/IK,IO/):='FALSE'; NL 62800
794 'IF' Y(/IT+1,IK,IO/)-Y(/IT+1,IK,IO-1/)<0'THEN''BEGIN' NL 62900
795 DELY:=DELD/100; NL 63000
796 Y(/IT+1,IK,IO/):=Y(/IT+1,IK,IO-1/)+DELY; NL 63100
797 HANGOVER(/IK,IO/):='TRUE'; NL 63200
798 'END'; NL 63300
799 OPP:=OPP+DELY*DELD; NL 63400
800 AFIX(1,2,0,IK); NL 63500
801 FIX(1,2,1,DELD); NL 63600
802 FIX(1,3,1,SOWARS(/IO/)); NL 63700
803 FIX(1,4,2,OY(/IK,IO/)); NL 63800
804 FIX(1,5,2,LL1(/IK,IO/)); NL 63900
805 FIX(1,6,2,LL2(/IK,IO/)); NL 64000
806 FIX(1,7,2,SOWARS(/IO/)); NL 64100
807 FIX(1,8,2,DELS(/IO/)); NL 64200
808 FIX(1,9,3,OY(/IO/)); NL 64300
809 FIX(1,10,3,OY(/IO/)); NL 64400
810 FIX(1,11,3,OY(/IO/)); NL 64500
811 FIX(1,12,3,OY(/IO/)); NL 64600
812 'END'; NL 64700
813 OUTSTRING(1,('TOTAAL OPPERVLAKTE-VERANDERING=')); NL 64800
814 FIX(1,3,3,OPP);OUTSTRING(1,('M2'));LINE(1,2); NL 64900
815 VOLUME:=VOLUME+OPP*DELD/DELD; NL 65000
816 S00:=S00+SOWARS(/O/); NL 65100
817 JND:=JND+SOWARS(/IO/); NL 65200
818 S01:=S01+SOWARS(/IO/); NL 65300
819 'END' IK-LUS; NL 65400

```

```

824 NL 65700
824 *COMMENT*****EINDE BEREKENING VAN DE PROFIELEN IK=0 1/M NK*****NL 65800
824 NL 65900
824 *COMMENT*****BLUCK L*****NL 66000
824 NL 66100
824 *COMMENT*****BEREKENING VAN DE TOTALE DEBIETEN DOOR DE RAND-RAAIEN;NL 66200
824 NL 66300
824 QKNUL:=SKNUL:=SKEIND:=SKEIND:=0; NL 66400
824 *IF#100=100*THEN#GOTO#LB10 NL 66500
824 ELSE# NL 66600
824 *FOR#ID:=1*STEP#1*UNTIL#ND#DO# NL 66700
824 *BEGIN#QKNUL:=QKNUL+S(/KNUL, ID/); NL 66800
824 *SKNUL:=SKNUL+S(/KNUL, ID/); NL 66900
824 *END#; NL 67000
824 LB10: NL 67100
824 *IF#200=200*THEN#GOTO#LB11 NL 67200
824 ELSE# NL 67300
824 *FOR#ID:=1*STEP#1*UNTIL#ND#DO# NL 67400
824 *BEGIN#SKEIND:=SKEIND+S(/SKEIND+1, ID/); NL 67500
824 *SKEIND:=SKEIND+S(/SKEIND+1, ID/); NL 67600
824 *END#; NL 67700
824 LB11: NL 67800
824 SEDI:=(SKNUL-SKEIND-SND+SOD)*DELTA; NL 67900
824 SEDI:=SEDI*SEDI; NL 68000
824 LINE(1,1); NL 68100
824 OUTSTRING(1,('UITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN VOOR DE HERVERDELING')); NL 68200
824 LINE(1,1); NL 68300
824 OUTSTRING(1,(' QKNUL SKNUL OKEIND SKLEIND SOD CNL 68400
824 NL 68500
824 NL SNO SEDI VOLUME'));LINE(1,1); NL 68600
824 NL 68700
824 FIX(1,3,3,QKNUL); NL 68800
824 FLO(1,3,2,SKNUL); NL 68900
824 FIX(1,3,3,SKEIND); NL 69000
824 FLO(1,3,2,SKEIND); NL 69100
824 FLO(1,3,2,SOD); NL 69200
824 FIX(1,3,3,SND); FLO(1,3,2,SND); NL 69300
824 S57 FIX(1,6,3,SEDI); NL 69400
824 S58 FIX(1,6,3,VOLUME);LINE(1,2); NL 69500
824 NL 69600
824 *COMMENT*****EINDE BEREKENING TOTALE DEBIETEN*****NL 69700
824 NL 69800
824 *COMMENT*****BEREKENING HERVERDELING VAN DE PROFIELEN*****NL 69900
824 NL 70000
824 LENGTE:=DELX*(NK-1*(1-KNUL+1-NK+SKEIND)/2); NL 70100
824 DELY2:=(SEDI-YOLUME)/(ND*DELX*LENGTE); NL 70200
824 *FOR#IK:=KNUL*STEP#1*UNTIL#KLEIND#DO# NL 70300
824 *BEGIN# NL 70400
824 Y(/IT+1, IK, 0 /):=Y(/IT+1, IK, 0 /)+DELY2/2; NL 70500
824 *FOR#ID:=1*STEP#1*UNTIL#ND-1#DO# NL 70600
824 Y(/IT+1, IK, ID/):=Y(/IT+1, IK, ID/)+DELY2; NL 70700
824 Y(/IT+1, IK, ND/):=Y(/IT+1, IK, ND/)+DELY2/2; NL 70800
824 *END#; NL 70900
824 OUTSTRING(1,('DELY2=')); NL 71000
824 S70 FIX(1,3,3,DELY2);LINE(1,2); NL 71100
824 NL 71200

```

```

872 *COMMENT*****EINDE HERVERDELING*****NL 71300
872 NL 71400
872 *IF#OUTDISK#THEN#BEGIN#SYSACT(3,12,0);*COMMENT# *OPEN#; NL 71500
875 OUTINTEGER(3,IT+1); NL 71600
875 *FOR#IK:=0*STEP#1*UNTIL#NK#DO# NL 71700
875 *FOR#ID:=0*STEP#1*UNTIL#ND#DO# NL 71800
875 OUTREAL(3, Y(/IT+1, IK, ID/)); NL 71900
875 *SYSACT(3,12,1);*COMMENT#*SLUITEN#; NL 72000
880 OUTSTRING(1,('OP DISK WEGESCHRIJVEN:'));LINE(1,1); NL 72100
882 *END#; NL 72200
883 *FOR#J:=1*STEP#1*UNTIL#130#DO# OUTSTRING(1,('*')); NL 72300
885 LINE(1,2); NL 72400
886 OUTSTRING(1,('*I='));AFIX(1,2,0,IT+1);LINE(1,1); NL 72500
889 OUTSTRING(1,('===='));LINE(1,2); NL 72600
891 OUTSTRING(1,('*PROFIELEN:'));LINE(1,2); NL 72700
893 IKO:=0; NL 72800
894 *IF#NK>7#THEN#BEGIN#KSEL:=2;IKNK:=7;*END# NL 72900
894 *ELSE#KSEL:=1;IKNK:=1;*END#; NL 73000
904 *FOR#J:=1*STEP#1*UNTIL#KSEL#DO#*BEGIN# NL 73100
906 OUTSTRING(1,(' '));LINE(1,1); NL 73200
907 *FOR#IK:=IKO*STEP#0*UNTIL#IKNK#DO# NL 73300
908 *BEGIN#AFIX(1,2,0,IK);BLANK(1,9);*END#;LINE(1,2); NL 73400
913 *FOR#ID:=0*STEP#1*UNTIL#ND#DO# NL 73500
914 *BEGIN#FIX(1,2,2,DELY2);BLANK(1,3); NL 73600
917 *FOR#IK:=IKO*STEP#1*UNTIL#IKNK#DO# NL 73700
918 *BEGIN# NL 73800
919 *IF#HANGJVER(/IK, ID/)#THEN#OUTSTRING(1,('*HANGJVER* '))#ELSE# NL 73900
922 FIX(1,4,3, Y(/IT+1, IK, ID/));BLANK(1,3);*END#; NL 74000
925 LINE(1,1); NL 74100
926 *END#; NL 74200
927 LINE(1,2);IKO:=6;IKNK:=NK; NL 74300
930 *END#I-LUS; NL 74400
931 LINE(1,2); NL 74500
932 *FOR#J:=1*STEP#1*UNTIL#130#DO# OUTSTRING(1,('*')); NL 74600
934 LINE(1,10); NL 74700
935 NL 74800
935 *COMMENT*****EINDE BEREKENING NIEUWE PROFIEL*****NL 74900
935 NL 75000
935 *END#I-LUS; NL 75100
936 *IF#SEDI#0#THEN#OUTSTRING(1,('TOTALE SEDI-MENTATIE=')) NL 75200
938 *ELSE#OUTSTRING(1,('TOTALE ROOST. ='));FIX(1,3,3,SEDI); NL 75300
941 OUTSTRING(1,('MD IN'));AFIX(1,3,2,(IT+1)*DELTA/3600;OUTSTRING(1,('JOURN NL 75400
944 ')); NL 75500
944 *COMMENT*****BLUCK F*****NL 75600
944 NL 75700
944 PAGE(1); NL 75800
944 NL 75900
945 *COMMENT*****DITTEKENEN VAN DE DIEPTELYNEN *****NL 76000
945 NL 76100
945 *IF#3500=500#THEN#GOTO#LB12; NL 76200
947 *IF#3500=510#THEN#BEGIN# NL 76300
949 *INTEGER#DRANT,DRAWD,ENDD; NL 76400
950 ININTEGER(10,DRANT); NL 76500

```

```

951 INTEGER(I, DRAW); NL 76700
952 ENDD:=4/DRAW+1; IF ENDD*DRAW-ND>1 THEN ENDD:=ENDD-1; NL 76800
955 'BEGIN' REAL 'AAAY' YOL(1/ND+1, 1: ENDD/); NL 76900
957 XOL(1/ND+1/); NL 77000
957 'FOR' IT:=0 'STEP' DRAW 'UNTIL' ND+1 'DO' NL 77100
958 'BEGIN' NL 77200
959 'FOR' IK:=1 'STEP' 1 'UNTIL' NK+1 'DO' NL 77300
960 'BEGIN' NL 77400
961 'FOR' ID:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ENDD 'DO' NL 77500
962 YOL(1/ND+1/ID/):=Y(1/ND+1, 1, IK-1, (10-1)*DRAW/); NL 77600
963 XOL(1/ND+1/ID/):=(IK-1)*DOLL; NL 77700
964 'END' NL 77800
965 BLANK(1, 50); NL 77900
966 OUTSTRING(1, ('DIEPTELYNEN OP T = '); AFIX(1, 2, 0, IT); LINE(1, 1); NL 78000
969 BLANK(1, 50); OUTSTRING(1, ('*****')); LINE(1, 2); NL 78100
972 'DO' NL 78200
973 'IF' ENDD>15 THEN 'BEGIN' REDEL:=2; ID:=15 'END' NL 78300
974 'ELSE' 'BEGIN' REDEL:=1; ID:=ENDD 'END' NL 78400
983 'FOR' J:=1 'STEP' 1 'UNTIL' REDEL 'DO' 'BEGIN' NL 78500
985 OUTSTRING(1, ('CURVE = ')); BLANK(1, 3); NL 78600
987 'FOR' ID:=100 'STEP' 1 'UNTIL' IDND 'DO' NL 78700
988 'BEGIN' STYPE(1, ID); BLANK(1, 7); 'END' LINE(1, 1); NL 78800
993 OUTSTRING(1, ('DIEPTI = ')); NL 78900
994 'FOR' ID:=100 'STEP' 1 'UNTIL' IDND 'DO' NL 79000
995 FIX(1, 2, 2, (10-1)*DRAW*DOLL); LINE(1, 1); NL 79100
997 'DO' ID:=18; IDND:=ENDD; NL 79200
999 'END' J-LUS; NL 79300
1000 DRAW(1, NK+1, ENDD, 100, 105, 2, 5, YOL, XOL); PAGE(1); NL 79400
1002 'END' II-LUS; NL 79500
1003 'END' NL 79600
1004 'END' DRAW-BLOCK; NL 79700
1005 NL 79800
1005 'COMMENT'*****EINDE UITTEKENEN VAN DE DIEPTELYNEN*****; NL 79900
1005 NL 80000
1005 'COMMENT'*****UITTEKENEN VAN DE PROFIELEN*****; NL 80100
1005 NL 80200
1005 LB12; NL 80300
1005 'IF' 600=600 THEN 'GO' TO LB13; NL 80400
1005 'IF' 600=510 THEN 'BEGIN' NL 80500
1010 'INTEGER' DRAW, DRAWK, ENDD; NL 80600
1011 'INTEGER' (0, DRAW); NL 80700
1012 'INTEGER' (0, DRAWK); NL 80800
1013 ENDD:=ENDD/DRAW+1; NL 80900
1014 'BEGIN' REAL 'AAAY' YOL(1/ND+1, 1: ENDD/); NL 81000
1016 XOL(1/ND+1/); NL 81100
1016 'FOR' IK:=0 'STEP' DRAW 'UNTIL' NK 'DO' NL 81200
1017 'BEGIN' NL 81300
1018 'FOR' ID:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ND+1 'DO' NL 81400
1019 'BEGIN' NL 81500
1020 'FOR' IT:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ENDD 'DO' NL 81600
1021 YOL(1/ND+1/IT/):=Y(DRAW*(IT-1), IK, ID-1/); NL 81700
1022 XOL(1/ND+1/IT/):=(ID-1)*DOLL; NL 81800
1023 'END' NL 81900
1025 BLANK(1, 50); NL 82000
1025 OUTSTRING(1, ('PROFIEL VAN RAAI :')); AFIX(1, 2, 0, IK); LINE(1, 1); NL 82100

```

```

1025 BLANK(1, 50); OUTSTRING(1, ('*****')); LINE(1, 2); NL 82200
1031 OUTSTRING(1, ('CURVE = ')); BLANK(1, 2); NL 82300
1033 'FOR' IT:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ENDD 'DO' NL 82400
1034 'BEGIN' STYPE(1, 5, IT); BLANK(1, 4); 'END' LINE(1, 1); NL 82500
1035 OUTSTRING(1, ('IT = ')); NL 82600
1040 'FOR' IT:=1 'STEP' 1 'UNTIL' ENDD 'DO' NL 82700
1041 FIX(1, 2, 3, (IT-1)*DRAW); LINE(1, 1); NL 82800
1043 DRAW(1, ND+1, ENDD, 100, 50, 5, 5, YOL, XOL); PAGE(1); NL 82900
1045 'END' IK-LUS; NL 83000
1046 'END' NL 83100
1047 'END' DRAW-BLOCK; NL 83200
1048 NL 83300
1048 'COMMENT'*****EINDE UITTEKENEN VAN DE PROFIELEN*****; NL 83400
1048 NL 83500
1048 LB13; NL 83600
1048 'END'; NL 83700
1050 'END'; NL 83800

```

0 ERRORS FOUND

Invoer voor het NL-programma

1. INDISK = wel ('TRUE') of niet ('FALSE') inlezen van de profielen op  
t=0 vanaf schijf
2. OUTDISK = wel ('TRUE') of niet ('FALSE') uitlezen van de profielen op  
t=(NT+1) op schijf
3. NT = aantal tijdstappen
4. NK = nummer van de laatste raai
5. ND = nummer van de laatste dieptelijn  
100 : S,Q in eerste raai is nul
6. B100 = 110 : S,Q in eerste raai worden ingelezen  
120 : eerste raai wordt vastgehouden  
200 : S,Q in laatste raai is nul
7. B200 = 210 : S,Q in laatste raai worden ingelezen  
220 : laatste raai wordt vastgehouden
8. B300 = 300 : geen dwarstransport  
310 : wel dwarstransport
9. B400 = 400 : geen getijsnelheden  
410 : wel getijsnelheden (nog niet mogelijk)
10. B500 = 500 : niet uittekenen van de dieptelijnen  
510 : wel uittekenen van de dieptelijnen
11. B600 = 600 : niet uittekenen van de profielen  
610 : wel uittekenen van de profielen
12. DELT = grootte van de tijdstap in seconden
13. DELX = afstand tussen de raaien
14. DELD = grootte van de dieptestap
15. D50 = 50% korreldiameter
16. D90 = 90% korreldiameter
17. K = ruwheid
18. HO = root mean square golfhoogte op diep water
19. T = golfperiode



20. PHIO = hoek van golfval op diep water

21. GAMMA = brekerindex

indien INDISK = 'FALSE':

22. Y = profielen (voor ID=0→ND, IK=0→NK)

indien B100=110:

23. Q = debiet in raai IK=0 (voor ID=1→ND)

24. S = zandtransport in raai IK=0 (voor ID=1→ND)

indien B200=210:

25. Q = debiet in raai IK=NK (voor ID=1→ND)

26. S = zandtransport in raai IK=NK (voor ID=1→ND)

indien B300=310:

27. HELO = helling van het profiel boven ID=0

28. HELND = helling van het profiel onder ID=ND

indien B500=510:

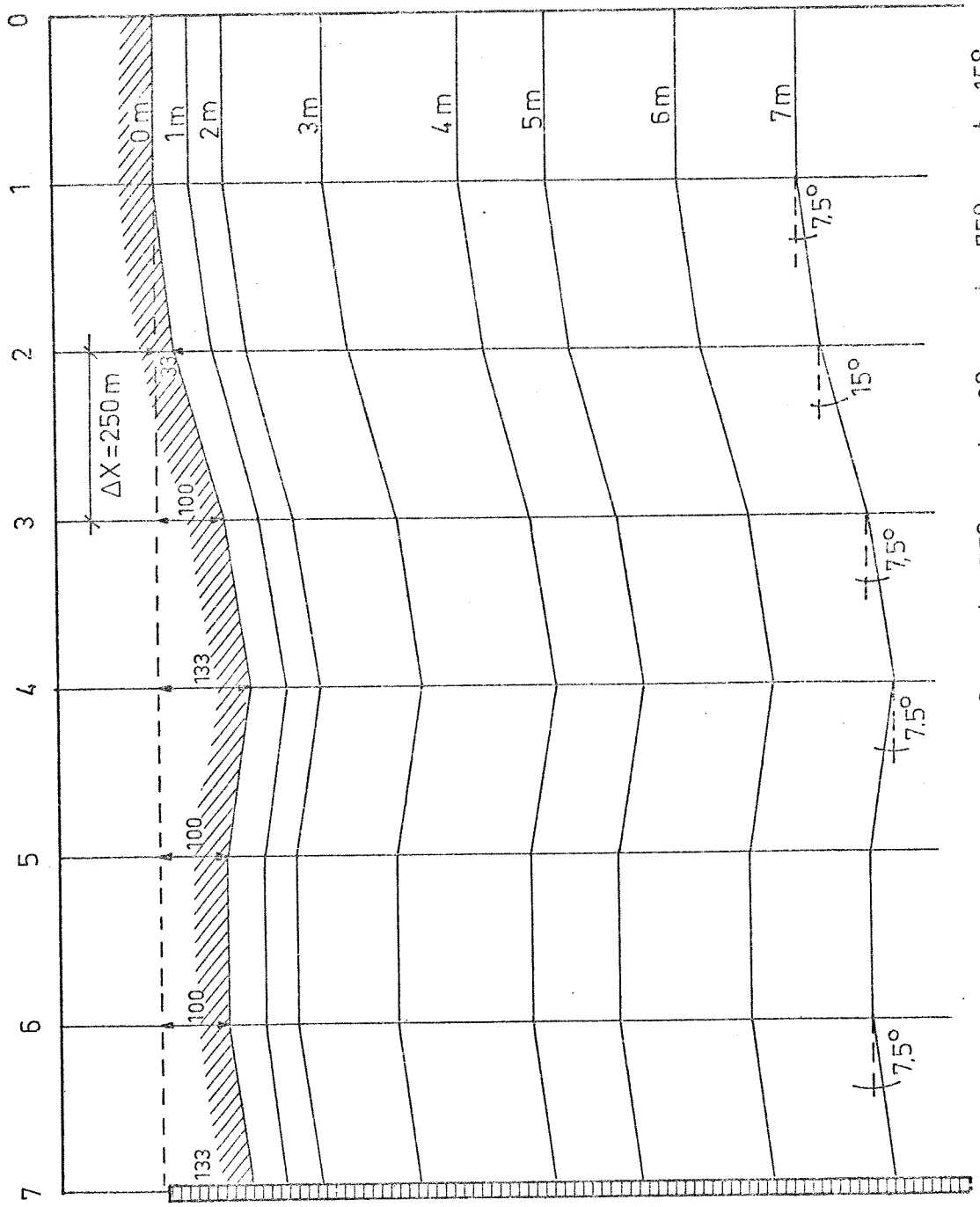
29. DRAWT = tijdstap voor uittekenen van de dieptelijnen

30. DRAWD = dieptestap voor uittekenen van de dieptelijnen

indien 600=610:

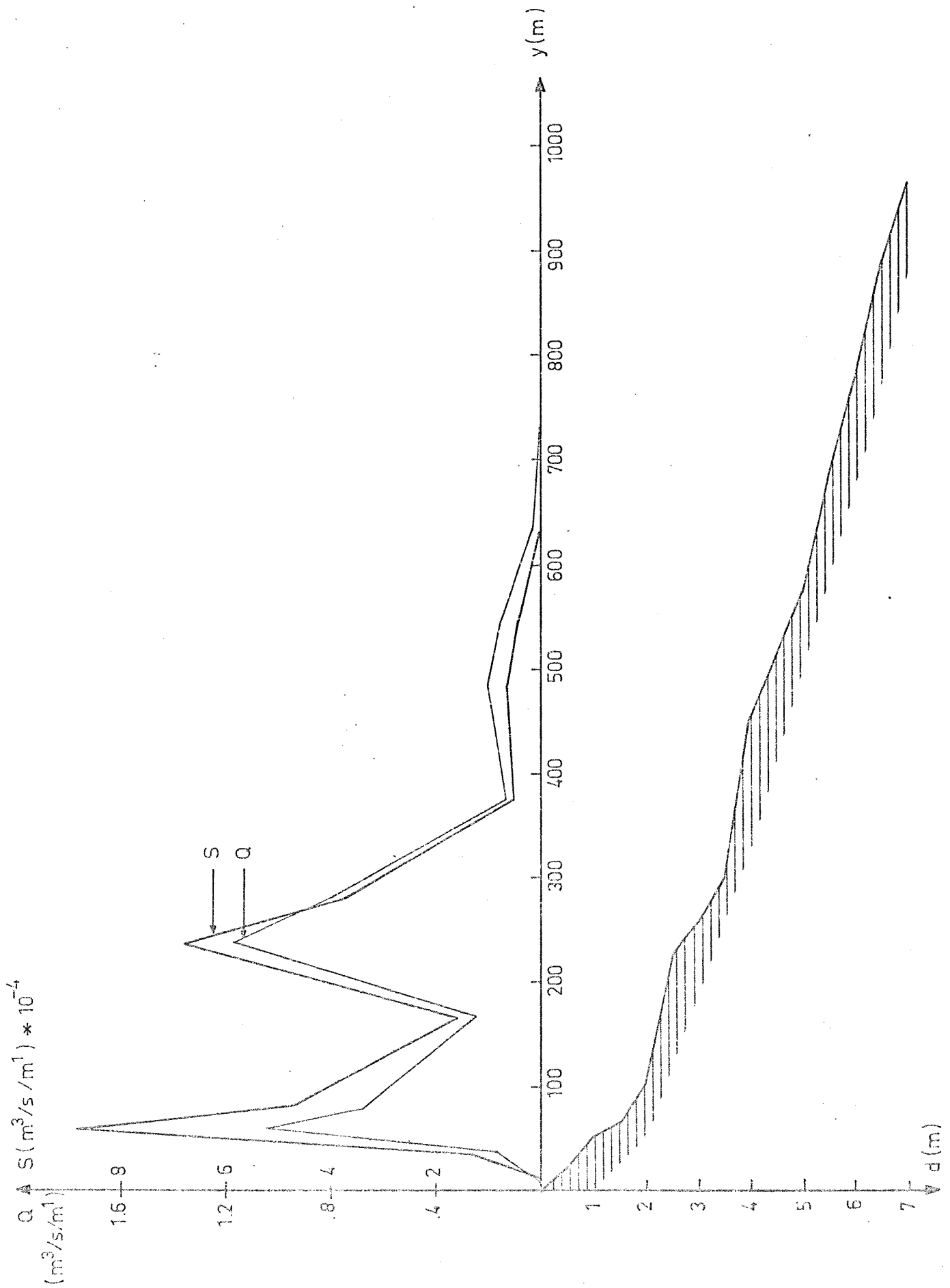
31. DRAWT = tijdstap voor uittekenen van de profielen

32. DRAWK = om de DRAWK profielen worden de profielen uitgetekend.



S=0  
Q=0

OVERZICHT SCHEMATISATIE KUSTVAK.



TRANSPORT- EN DEBIETVERDELING IN RAAI 0.  $S_{\text{totaal}} = 0.193 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{\text{totaal}} = 196 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Invoer voor het NL-programma (zonder dwarstransport)

INDISK = 'TRUE'          OUTDISK='FALSE'  
NT      = 9          NK = 7          ND = 14  
B100=110 B200=200 B300=300 B400=400 B500=510 B600=610  
DELT    = 86400 (24 uur)  
DELX    = 250          DELD = 0.50  
D        = 200<sup>-6</sup>, 270<sup>-6</sup>, K = 0.04  
HO      = 2          T=6          PHIO=15           $\gamma = 0.8$

Q =	.393 m <sup>3</sup> /s	S =	.290 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /s
	4.889		.376 <sup>-2</sup>
	12.495		.107 <sup>-1</sup>
	24.724		.178 <sup>-1</sup>
	31.307		.200 <sup>-1</sup>
	35.233		.203 <sup>-1</sup>
	31.586		.151 <sup>-1</sup>
	20.291		.792 <sup>-2</sup>
	13.626		.435 <sup>-2</sup>
	7.228		.188 <sup>-2</sup>
	2.814		.595 <sup>-3</sup>
	1.037		.179 <sup>-3</sup>
	0.306		.435 <sup>-4</sup>
	0.085		.989 <sup>-5</sup>

DRAWT=1    DRAWD=1  
DRAWT=1    DRAWK=1

DRIE-DIMENSIONALE ZANDTRANSPORT BEREKENING

INFGEGEVENS: RMS DITP WATER= 2.00 M Y= 6.0 SEC PHID=+15.00 GAMMA= .60  
 DRIEFGEGEVENS: DLT=+1.65 DM=+.200\*-3 M D90=+.270\*-3 M H= .0252 M/S B= 5.0 K= .04 M  
 IJSGROOTTEN: DELT=+.664\*+05 SEC DELX= 250.00 M DELD= .50 M  
 100= 110 B200= 200 B300= 310 B400= 400 B500= 510 B600= 610

ANDVOORWAARDEN EERSTE RAAI:

D	J	S
M	M3/S	M3/S
.25	+4.39	+238*-03
.75	+4.58	+377*-02
1.25	+13.87	+197*-01
1.75	+23.58	+179*-01
2.25	+33.01	+215*-01
2.75	+38.45	+201*-01
3.25	+40.32	+183*-01
3.75	+21.53	+391*-02
4.25	+12.56	+391*-02
4.75	+5.00	+154*-02
5.25	+2.44	+515*-03
5.75	+1.09	+188*-03
6.25	+6.33	+457*-04
6.75	+6.11	+127*-04

ANDVOORWAARDEN LAATSTE RAAI:  
AND-EN WATERTRANSPORTEN=0

WARSTRANSPORT VOLGENS SWART:

HO= +.88 M OHM= +5.19 M WR = +224.86 M SYM=+.3453\*-04 M3/S/M\*

ROFIEHELLING BOVEN DE WATERLYN: 1: 22.1  
ROFIEHELLING ONDER DE DIEPTELYN 7.00 M : 1: 150.0

=====

GELEZEN VAN DISK. TDISK= 0

=0

EGINPROFIELEN:

D	Y: 0	1	2	3	4	5	6	7
+0.00	+0.000	+0.000	+33.000	+100.000	+133.000	+100.000	+100.000	+133.000
+0.50	+25.620	+25.620	+50.520	+125.620	+158.520	+125.520	+125.520	+158.520
+1.00	+39.790	+39.790	+72.790	+139.790	+172.790	+139.790	+139.790	+172.790
+1.50	+58.170	+58.170	+101.170	+168.170	+201.170	+168.170	+168.170	+201.170
+2.00	+80.540	+80.540	+121.540	+183.540	+215.540	+183.540	+183.540	+215.540
+2.50	+110.110	+110.110	+162.110	+230.110	+255.110	+230.110	+230.110	+255.110
+3.00	+173.770	+173.770	+205.770	+273.770	+306.770	+273.770	+273.770	+306.770
+3.50	+251.580	+251.580	+284.580	+351.580	+384.580	+351.580	+351.580	+384.580
+4.00	+347.000	+347.000	+380.000	+447.000	+477.000	+447.000	+447.000	+477.000
+4.50	+494.533	+494.533	+527.533	+554.533	+627.533	+554.533	+554.533	+627.533
+5.00	+630.750	+630.750	+713.750	+750.750	+812.750	+750.750	+750.750	+812.750
+5.50	+950.000	+950.000	+933.000	+1030.000	+1053.000	+1050.000	+1050.000	+1050.000
+6.00	+1025.000	+1025.000	+1053.000	+1125.000	+1158.000	+1125.000	+1125.000	+1158.000
+6.50	+1100.000	+1100.000	+1133.000	+1200.000	+1233.000	+1200.000	+1200.000	+1233.000
+7.00	+1125.000	+1125.000	+1153.000	+1225.000	+1253.000	+1225.000	+1225.000	+1253.000

JITKOMSTEN VAN DE BEREKENINGEN IN DE TRANSPORTRAAIEN

IK	D M	PHIK	PHIG	BREED M	HEL	DSXY N/M2	HSTREEP M	V M/S	S M3/S	Q M3/S
1	+0.250	+0.000	+15.000	+25.520	+0.020	+0.405	+0.198	+0.081	+238*-03	+0.390
1	+0.750	+0.000	+15.000	+14.170	+0.035	+3.473	+0.590	+0.441	+377*-02	+4.683
1	+1.250	+0.000	+15.000	+23.380	+0.018	+3.145	+0.744	+0.371	+197*-01	+13.875
1	+1.750	+0.000	+15.000	+20.370	+0.025	+5.555	+1.232	+0.665	+179*-01	+23.534
1	+2.250	+0.000	+15.000	+41.570	+0.012	+2.731	+1.441	+0.355	+215*-01	+33.012
1	+2.750	+0.000	+15.000	+43.560	+0.011	+2.151	+1.573	+0.485	+201*-01	+38.451
1	+3.250	+0.000	+15.000	+77.810	+0.006	+0.554	+1.642	+0.289	+183*-01	+40.321
1	+3.750	+0.000	+15.000	+92.710	+0.005	+0.222	+1.553	+0.000	+391*-02	+21.530
1	+4.250	+0.000	+15.000	+147.793	+0.003	+0.153	+1.667	+0.000	+391*-02	+12.560
1	+4.750	+0.000	+15.000	+155.417	+0.003	+0.042	+1.658	+0.007	+154*-02	+5.001
1	+5.250	+0.000	+15.000	+249.250	+0.002	+0.015	+1.646	+0.002	+515*-03	+2.441
1	+5.750	+0.000	+15.000	+75.000	+0.007	+0.019	+1.635	+0.000	+188*-03	+1.090
1	+6.250	+0.000	+15.000	+75.000	+0.007	+0.006	+1.527	+0.001	+457*-04	+6.329
1	+6.750	+0.000	+15.000	+25.000	+0.020	+0.005	+1.620	+0.001	+127*-04	+6.108

TOTAAL ZANDTRANSPORT: +103 M3/S  
TOTAAL DELT=+185.085 M3/S

IK	D M	PHIK	PHIG	BREED M	HEL	DSXY N/M2	HSTREEP M	V M/S	S M3/S	Q M3/S
2	+0.250	+7.520	+7.480	+25.520	+0.020	+0.355	+0.193	+0.080	+188*-03	+4.144
2	+0.750	+7.520	+7.480	+14.170	+0.035	+1.774	+0.590	+0.441	+188*-03	+2.450
2	+1.250	+7.520	+7.480	+23.380	+0.018	+0.945	+0.744	+0.371	+188*-03	+7.071
2	+1.750	+7.520	+7.480	+20.370	+0.025	+2.117	+1.231	+0.664	+188*-03	+11.558

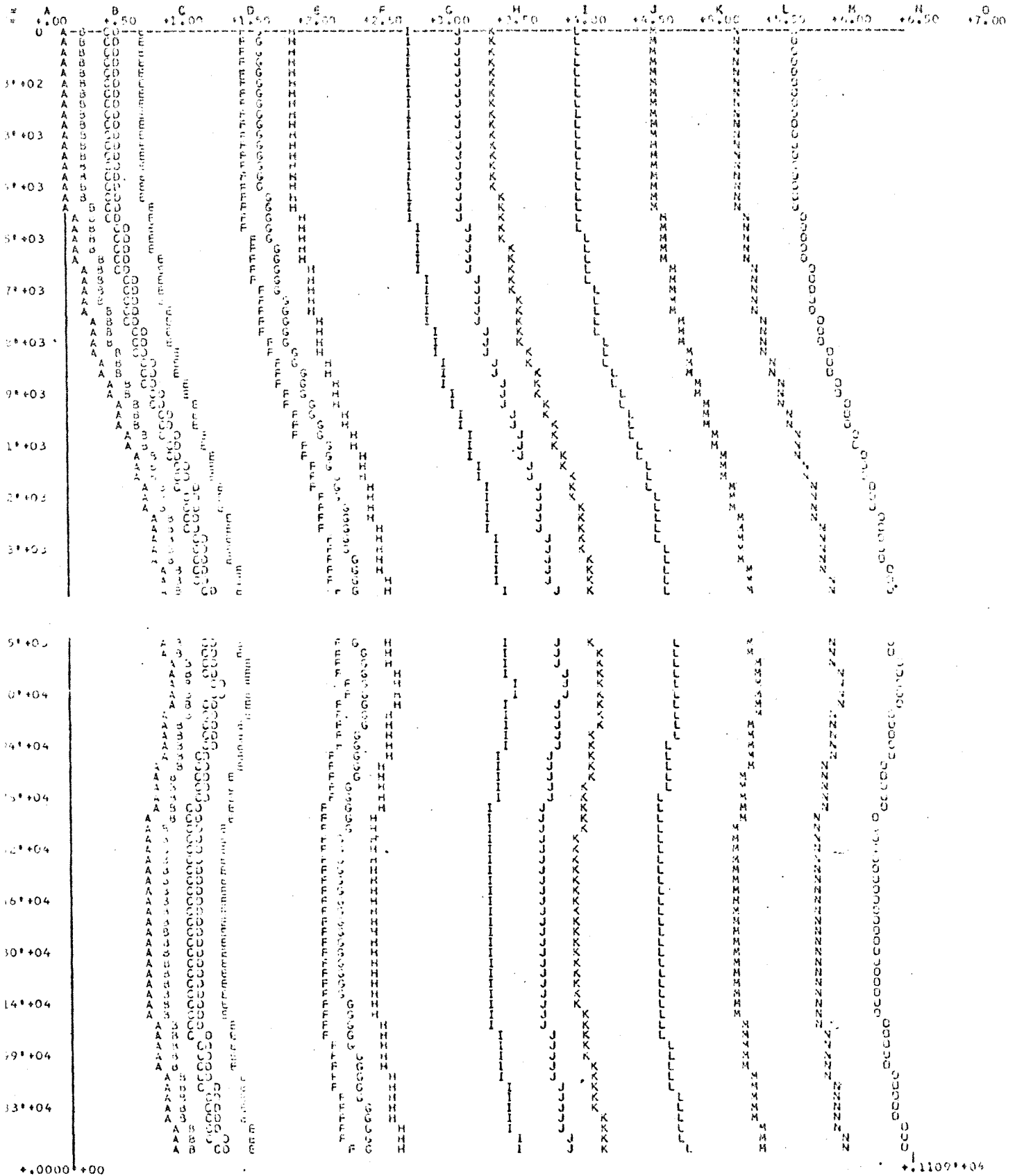






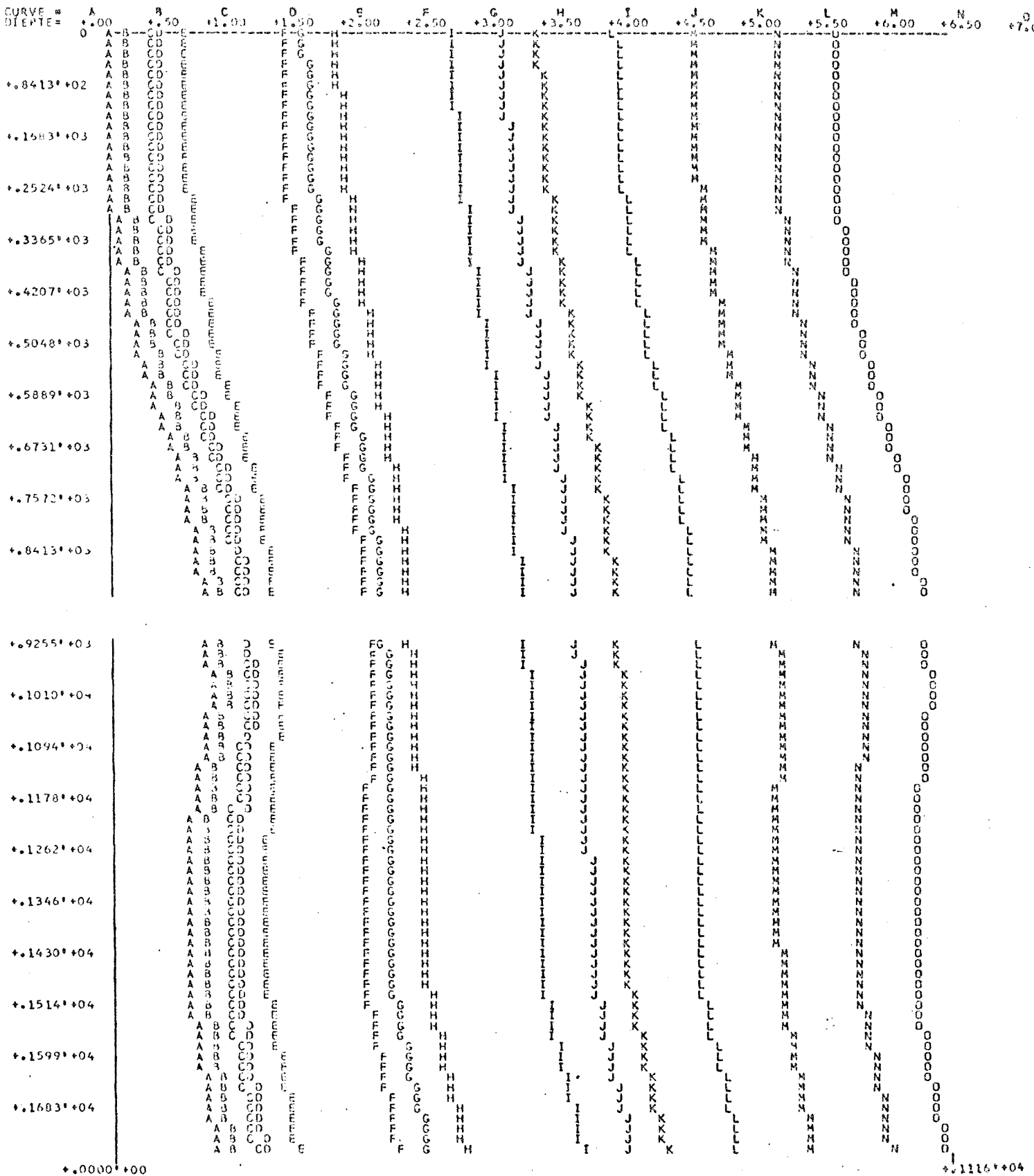


DIPT. LYUN-V OP T=0



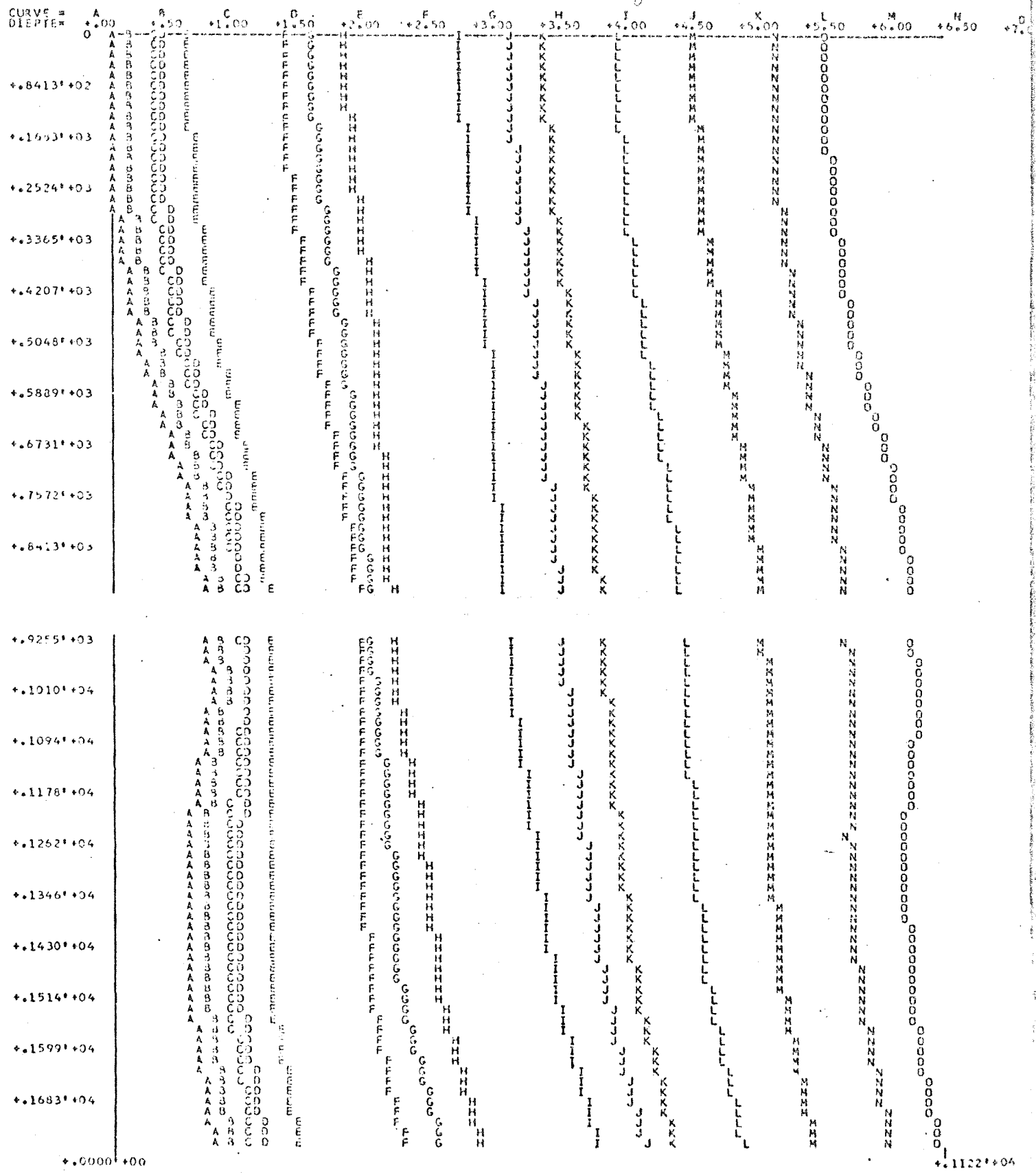
STATION REPRESENTS : : +110 : : +02  
 DE REPRESENTS : : +150 : : +02

DIPTFLYNNEN OP T = 5 dagen



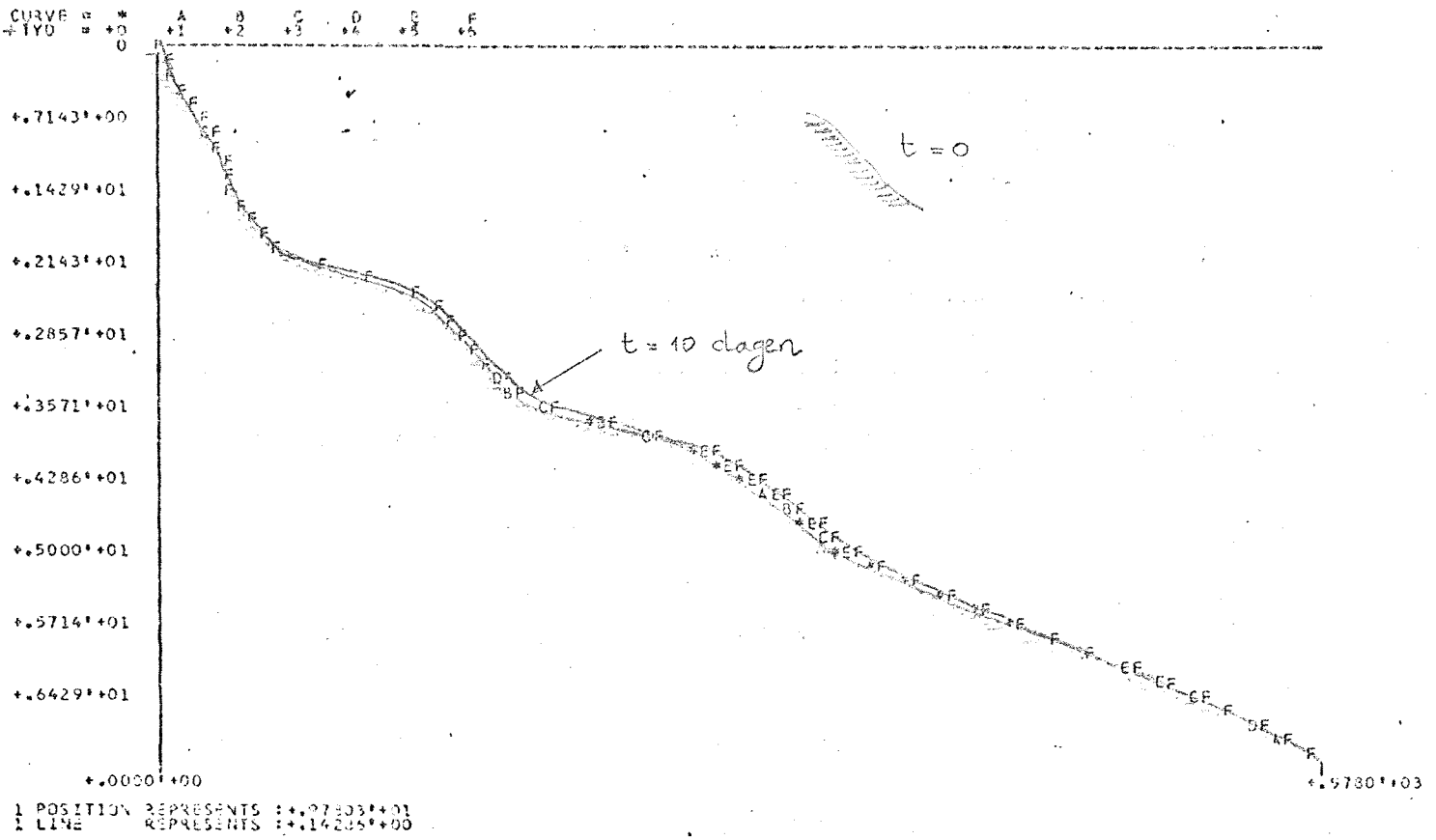
1 POSITION REPRESENTS ++111637\*02  
 1 LINE REPRESENTS ++16327\*02

DIJPLIJNEN OP I = 10 dagen

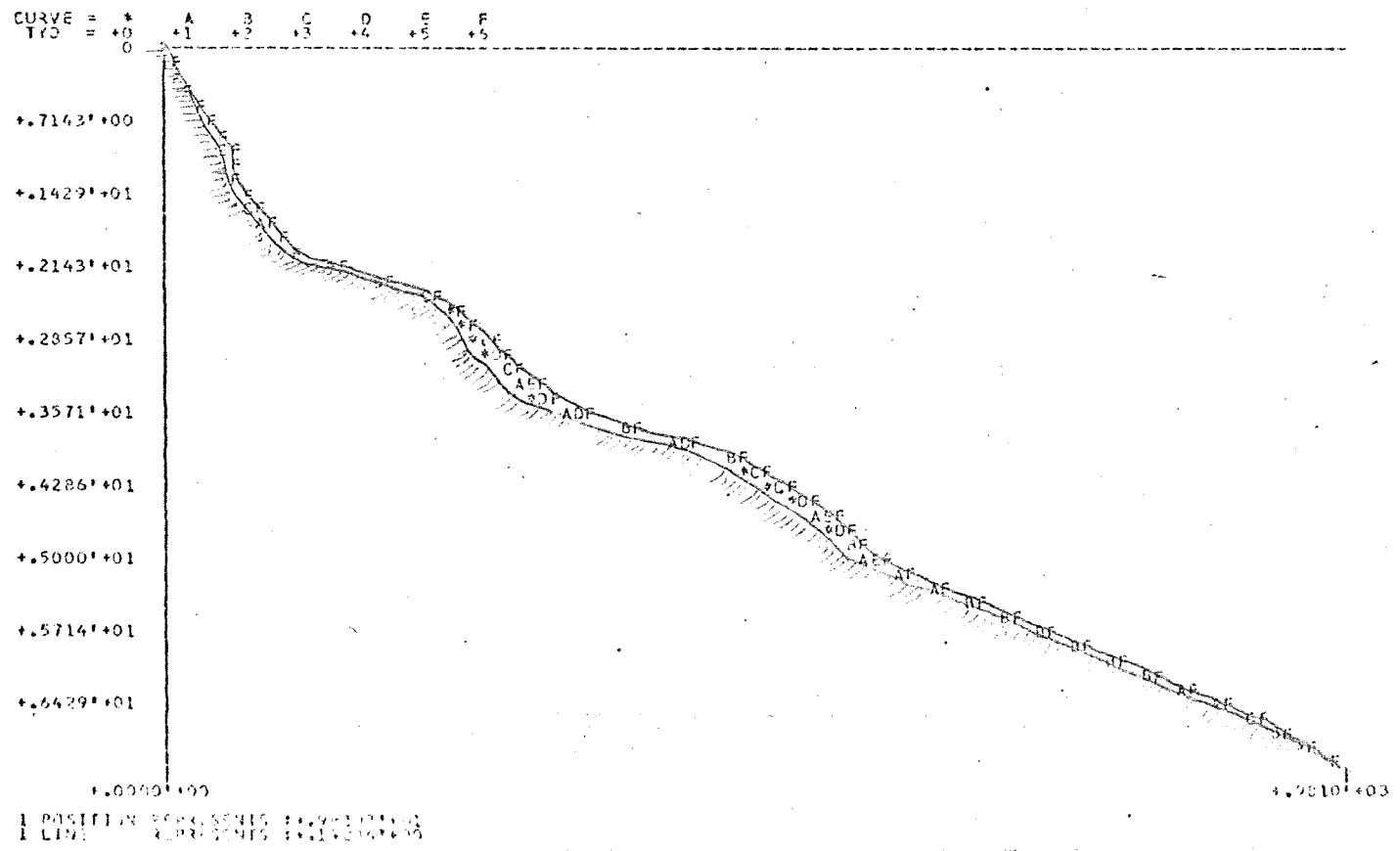


I POSITION REPRESENTS : +.11712\*+02  
 I LINE REPRESENTS : +.13127\*+02

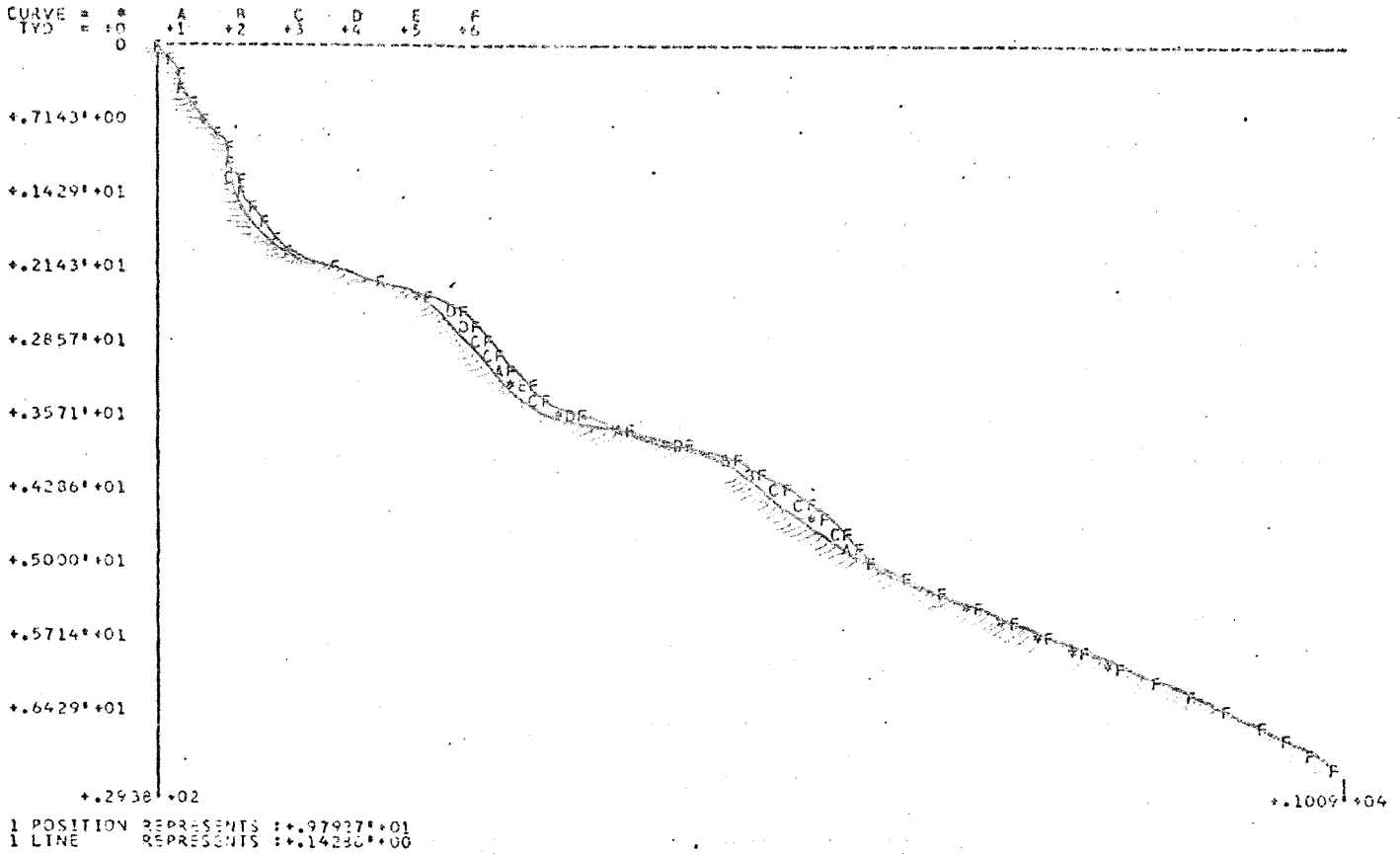
PROFIEL VAN RAAI : 0



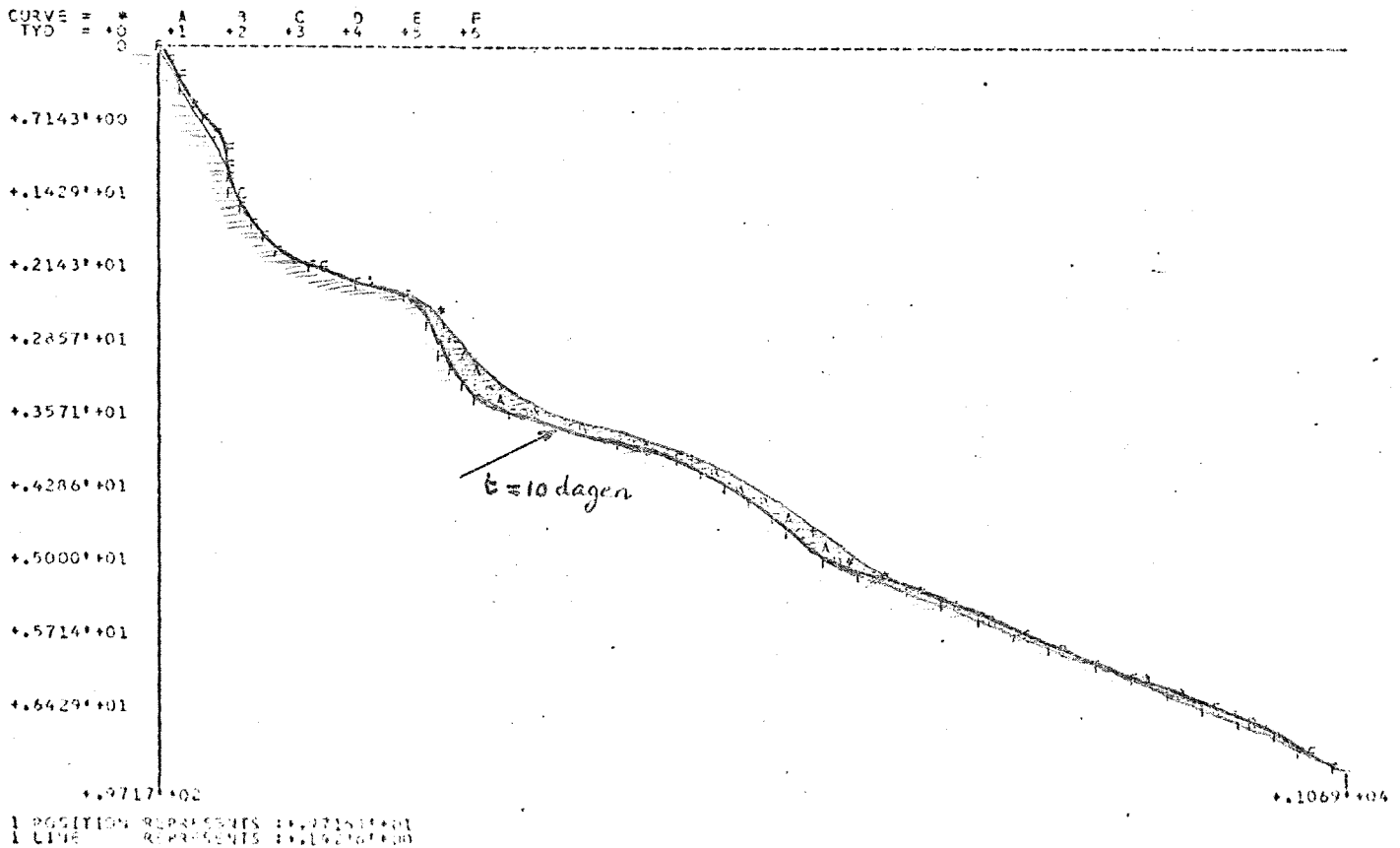
PROFIEL VAN RAAI : 1



PROFIEL VAN RAAI : 2  
\*\*\*\*\*

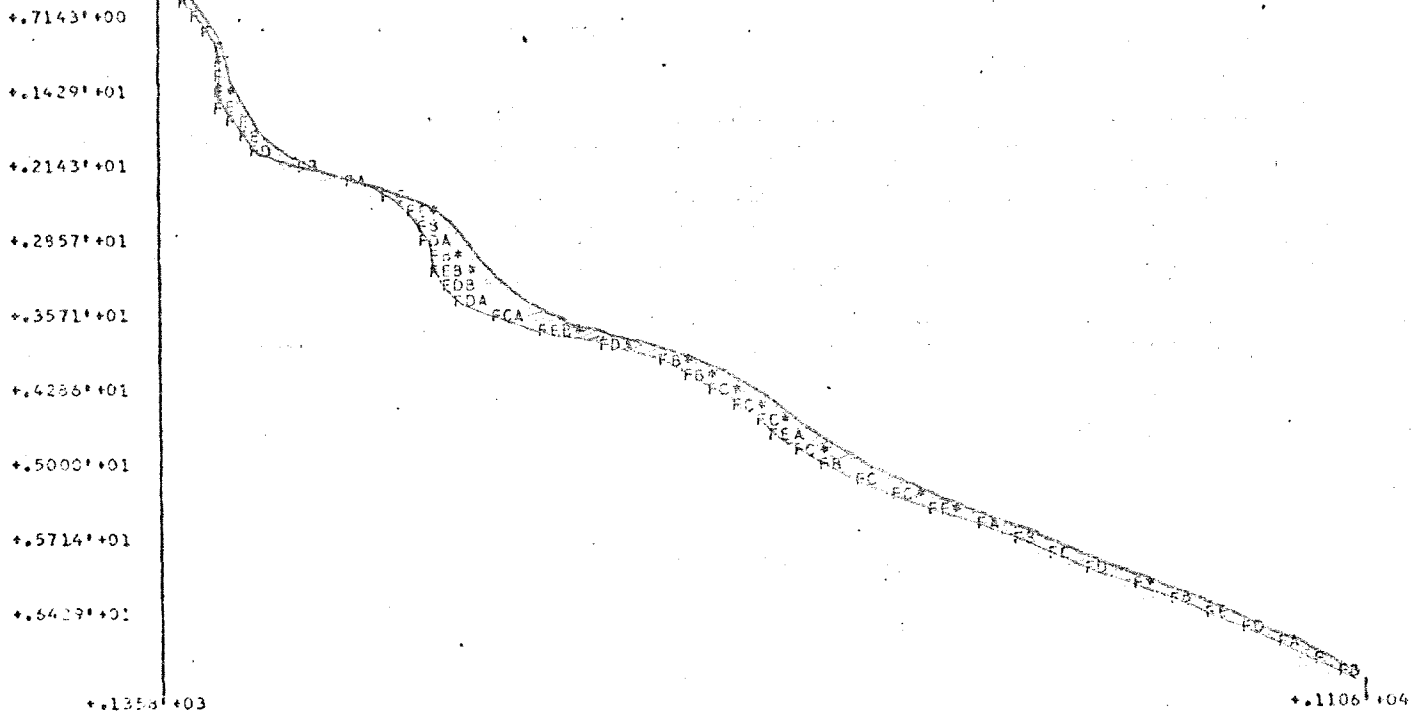


PROFIEL VAN RAAI : 3  
\*\*\*\*\*



PROFIEL VAN RAAI : 4  
 \*\*\*\*\*

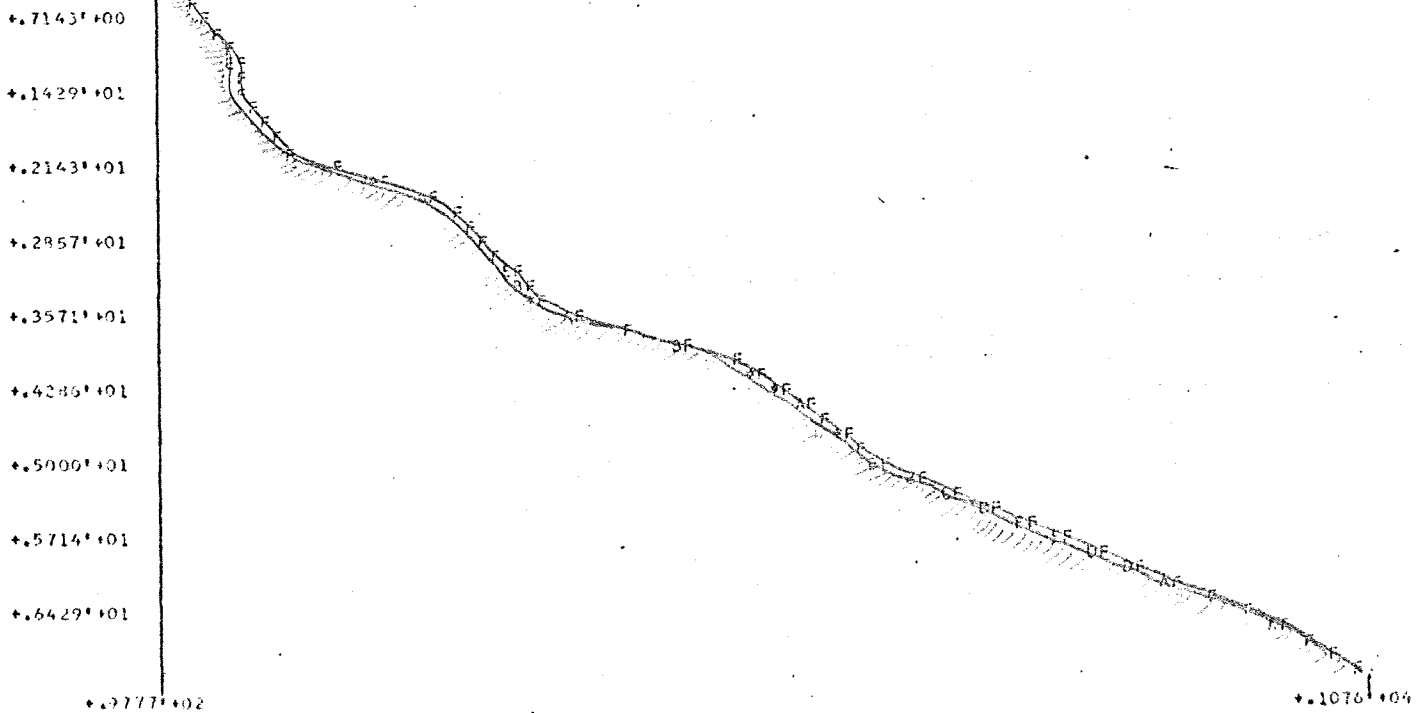
CURVE = \*  
 TYD = +0  
 0



1 POSITION REPRESENTS :+.25935E+01  
 1 LINE REPRESENTS :+.14295E+00

PROFIEL VAN RAAI : 5  
 \*\*\*\*\*

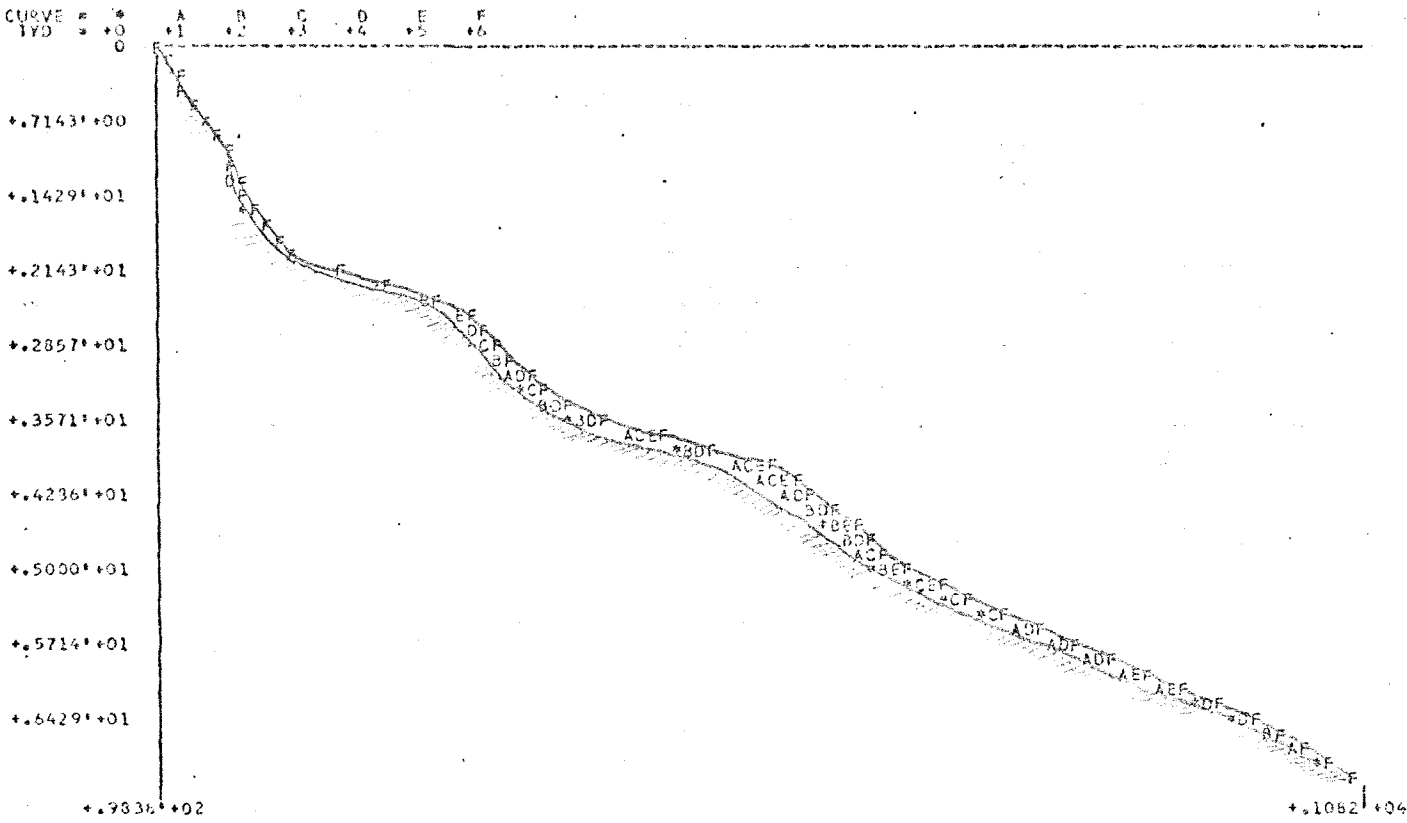
CURVE = \*  
 TYD = +0  
 0



1 POSITION REPRESENTS :+.77777E+01  
 1 LINE REPRESENTS :+.21429E+00

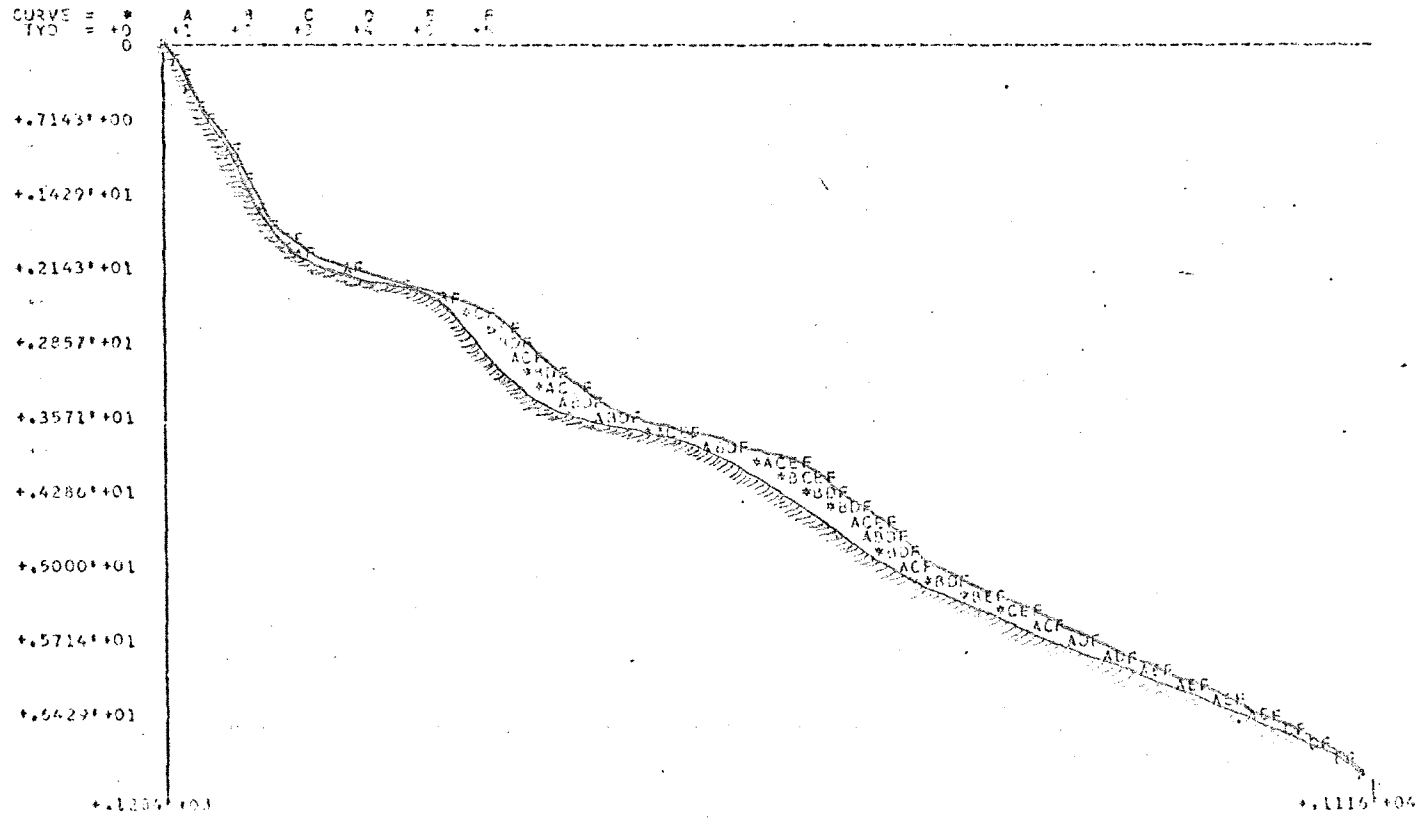
PROFIEL VAN RAAI : 6

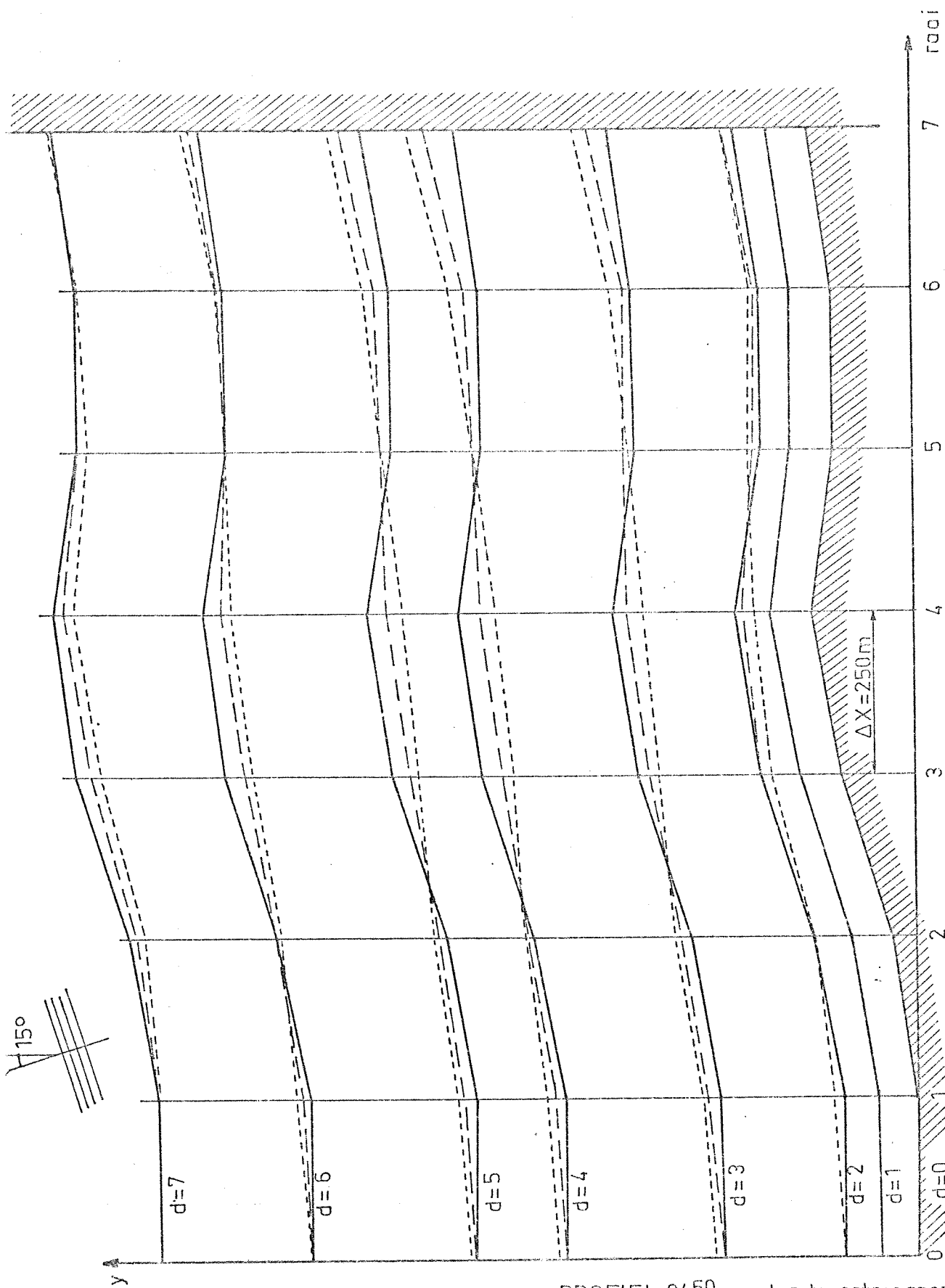
\*\*\*\*\*



PROFIEL VAN RAAI : 7

\*\*\*\*\*

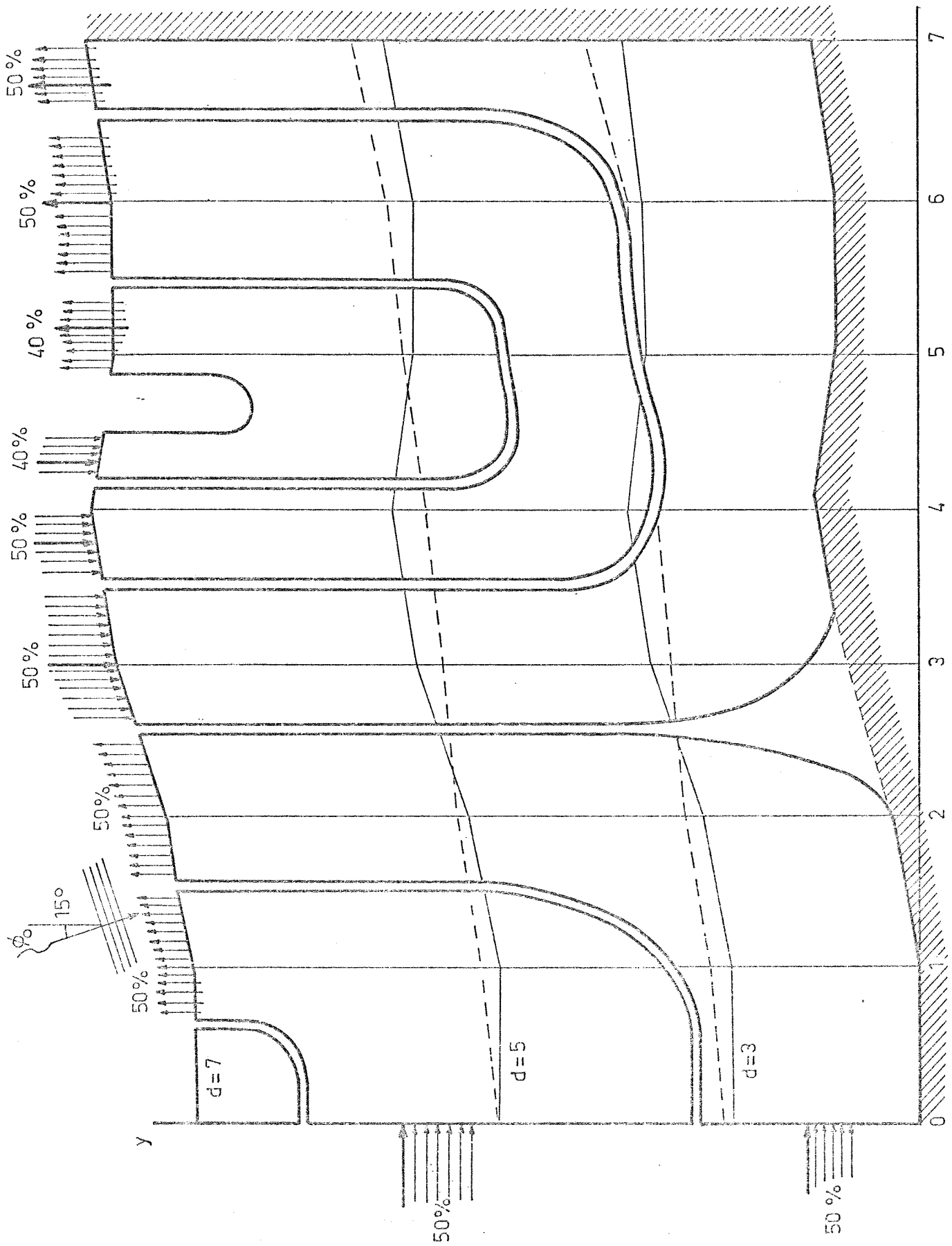




- — — — — situatie  $t = 0$
- - - - -  $t = 5$  dagen
- · - · -  $t = 10$  dagen

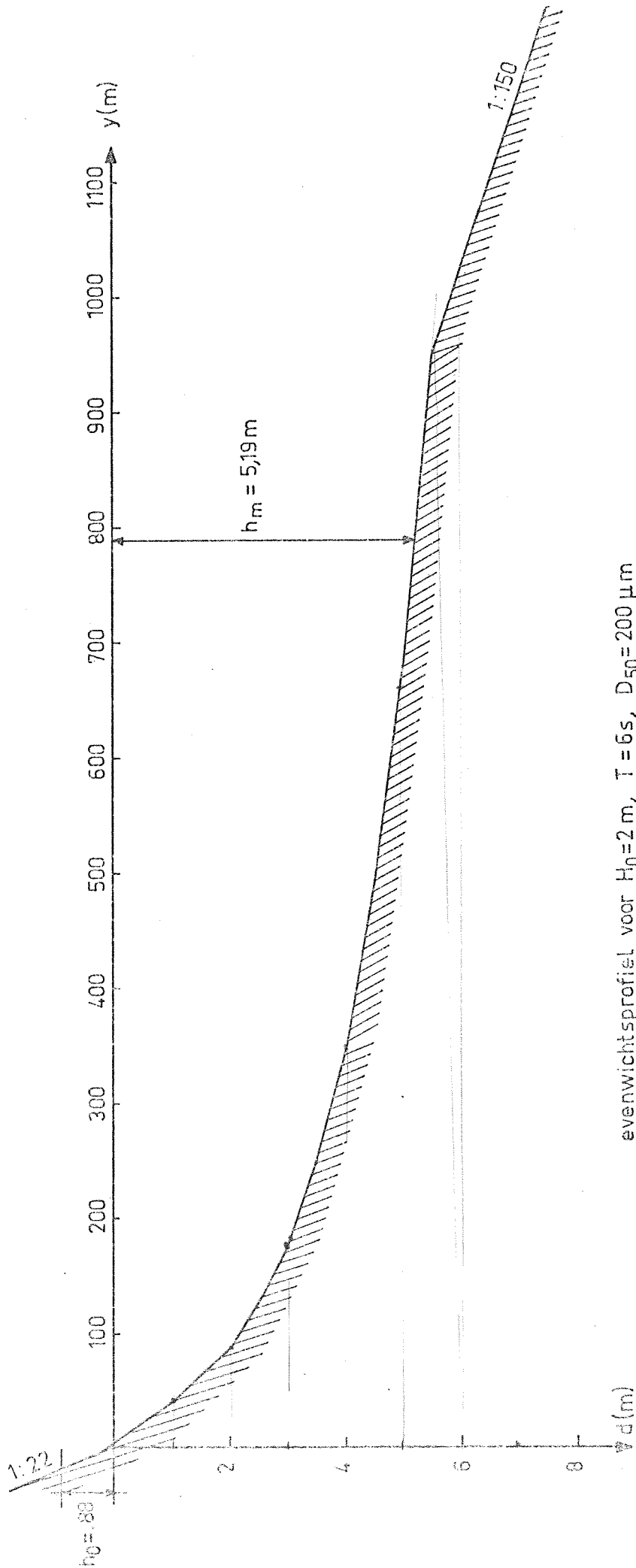
PROFIEL 8450 zonder dwarstransport  
 OVERZICHT DIEPTELIJNEN  
 op  $t = 0, 5$  en  $10$  dagen  
 $H_0 = 2$  m,  $T = 6$  s,  $\phi_0 = 15^\circ$



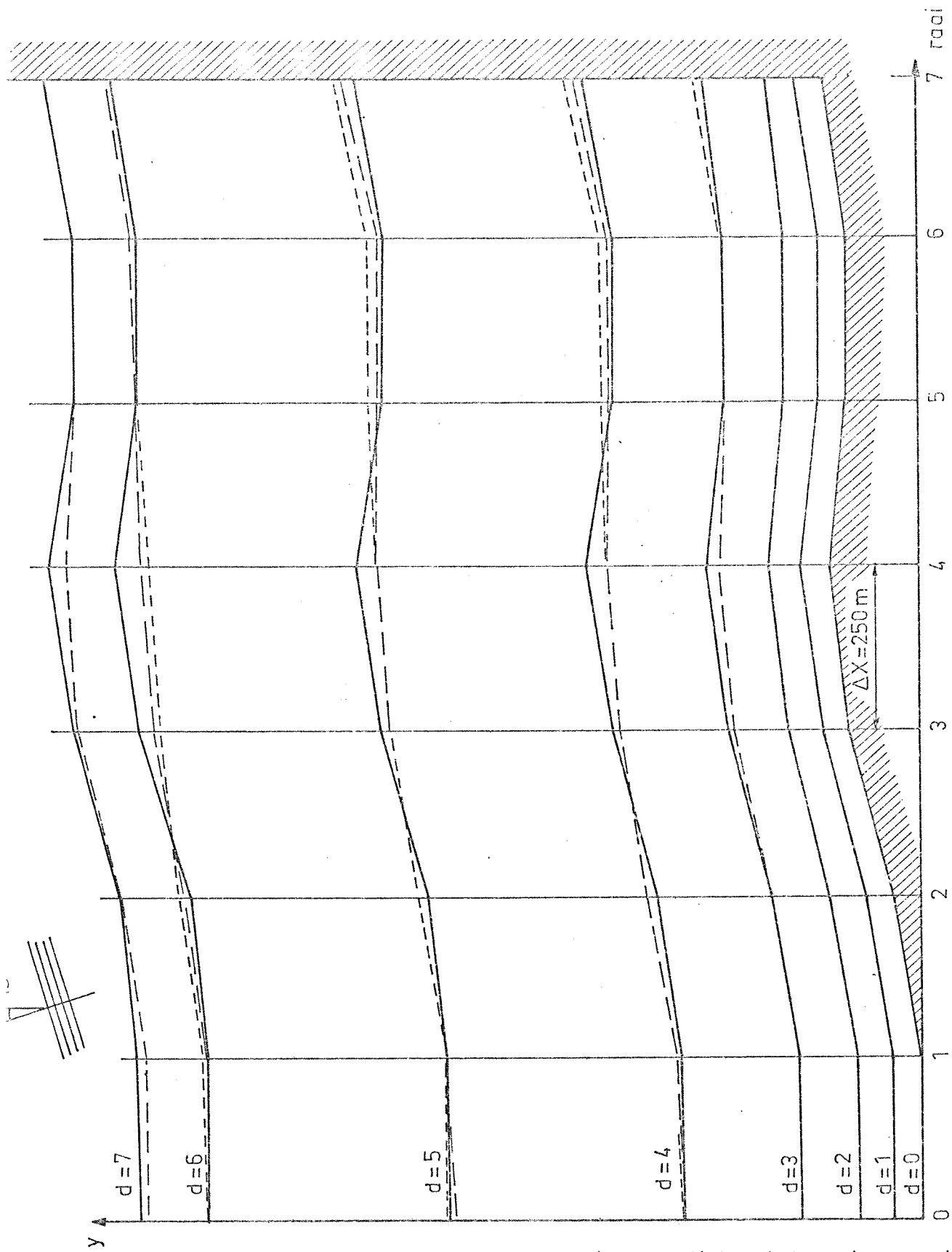


----- dieptelijnen na 10 uur

OVERZICHT VAN DEBIETEN OP TIJDSTIP  $t=0$



evenwichtsprofiel voor  $H_0 = 2 \text{ m}$ ,  $T = 6 \text{ s}$ ,  $D_{50} = 200 \mu\text{m}$

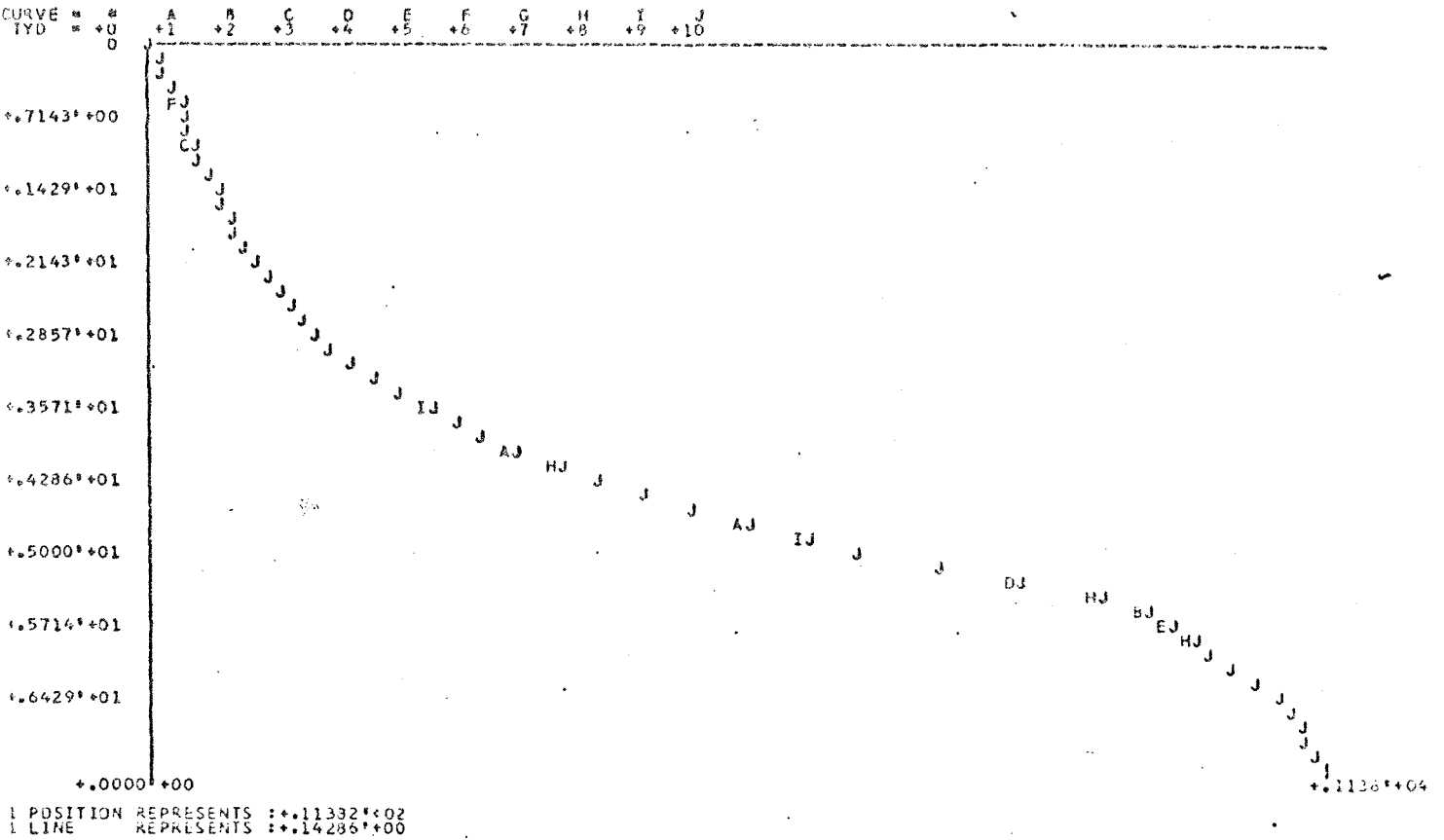


————  $t = 0$   
 - - - -  $t = 5$  dagen  
 - · - ·  $t = 10$  dagen

Evenwichtsprofiel met dwarstransport  
overzicht dieptelijnen  $t=0, 5, 10$  dagen.

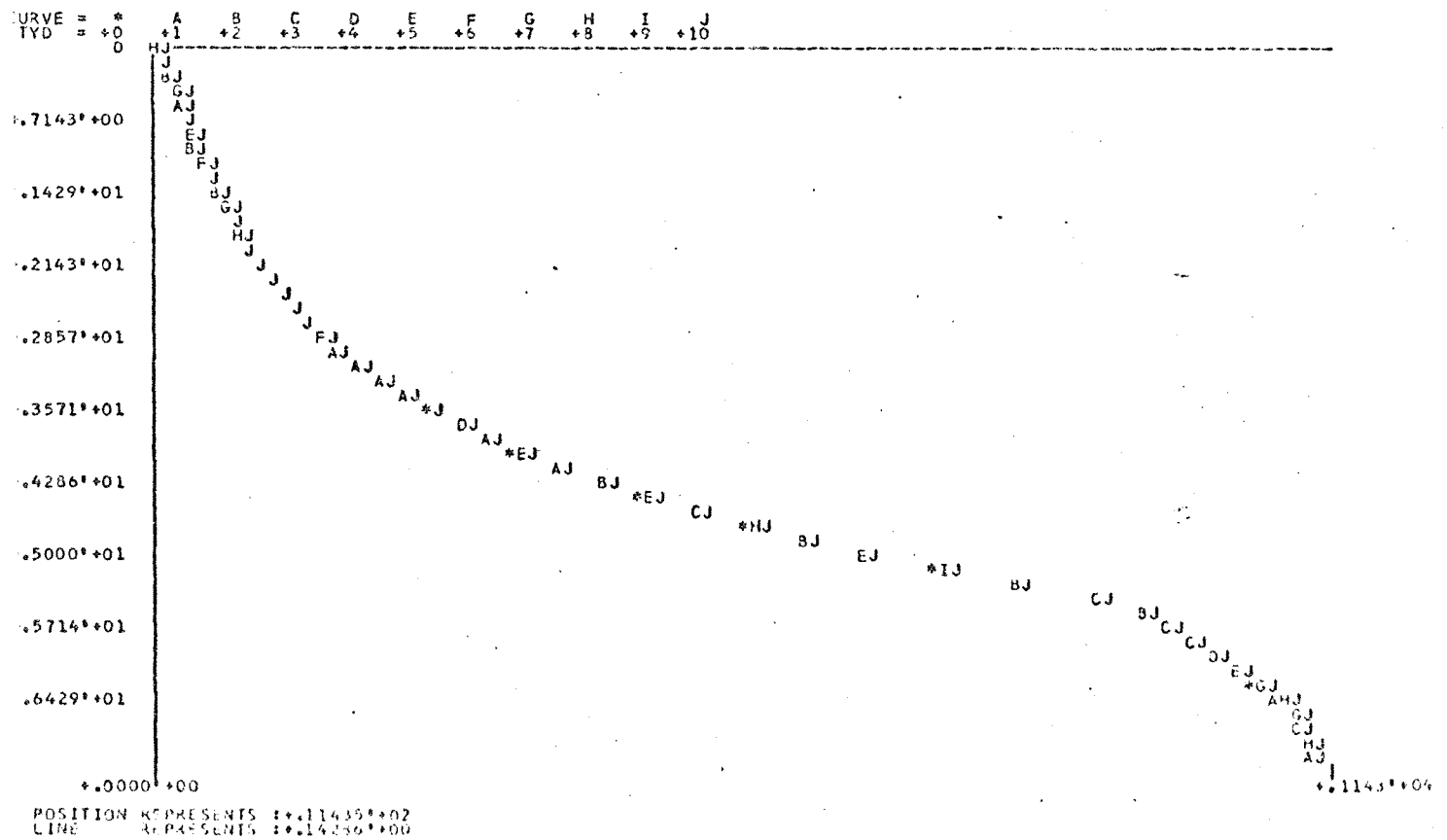
PROFIEL VAN RAAI : 0

\*\*\*\*\*

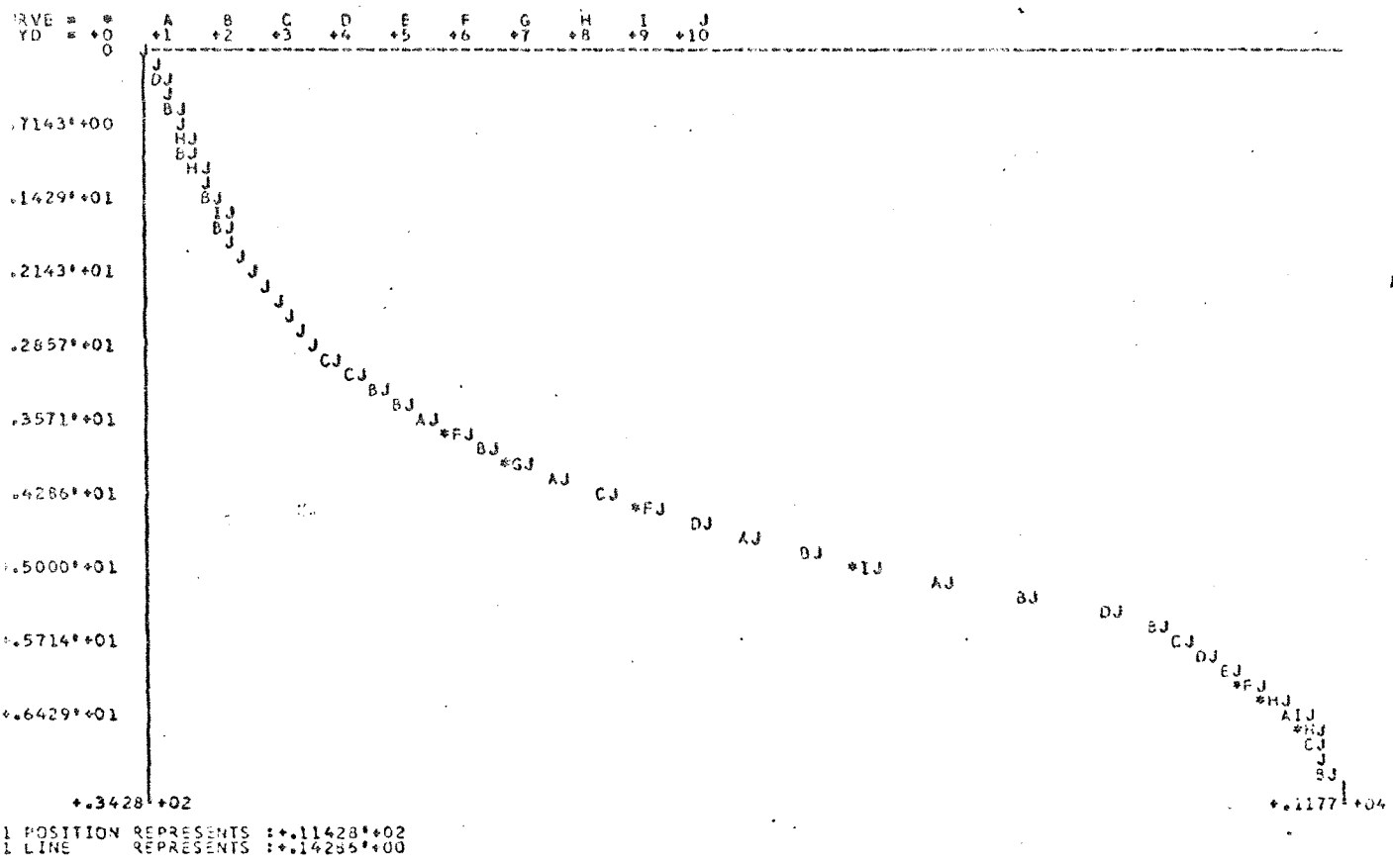


PROFIEL VAN RAAI : 1

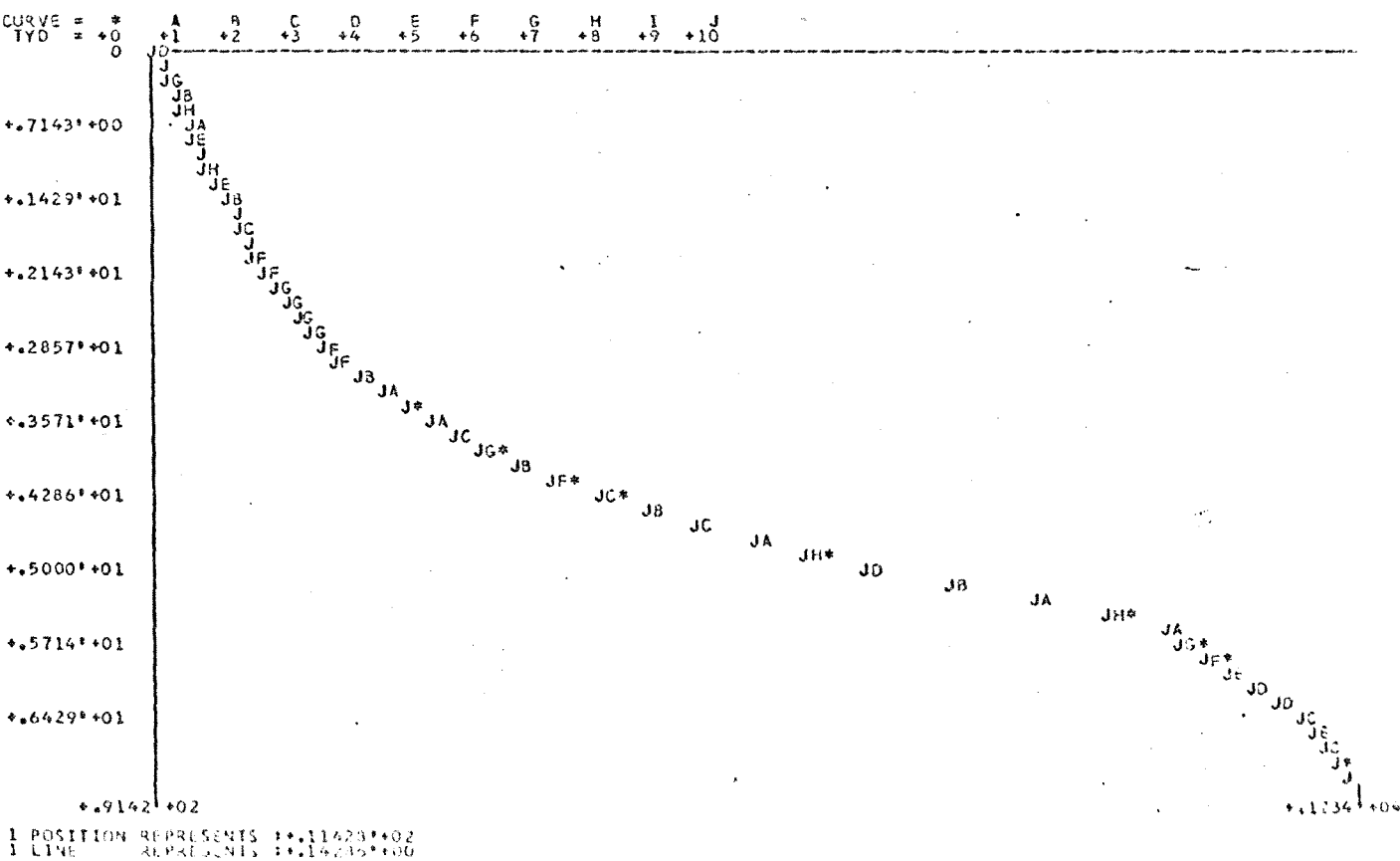
\*\*\*\*\*



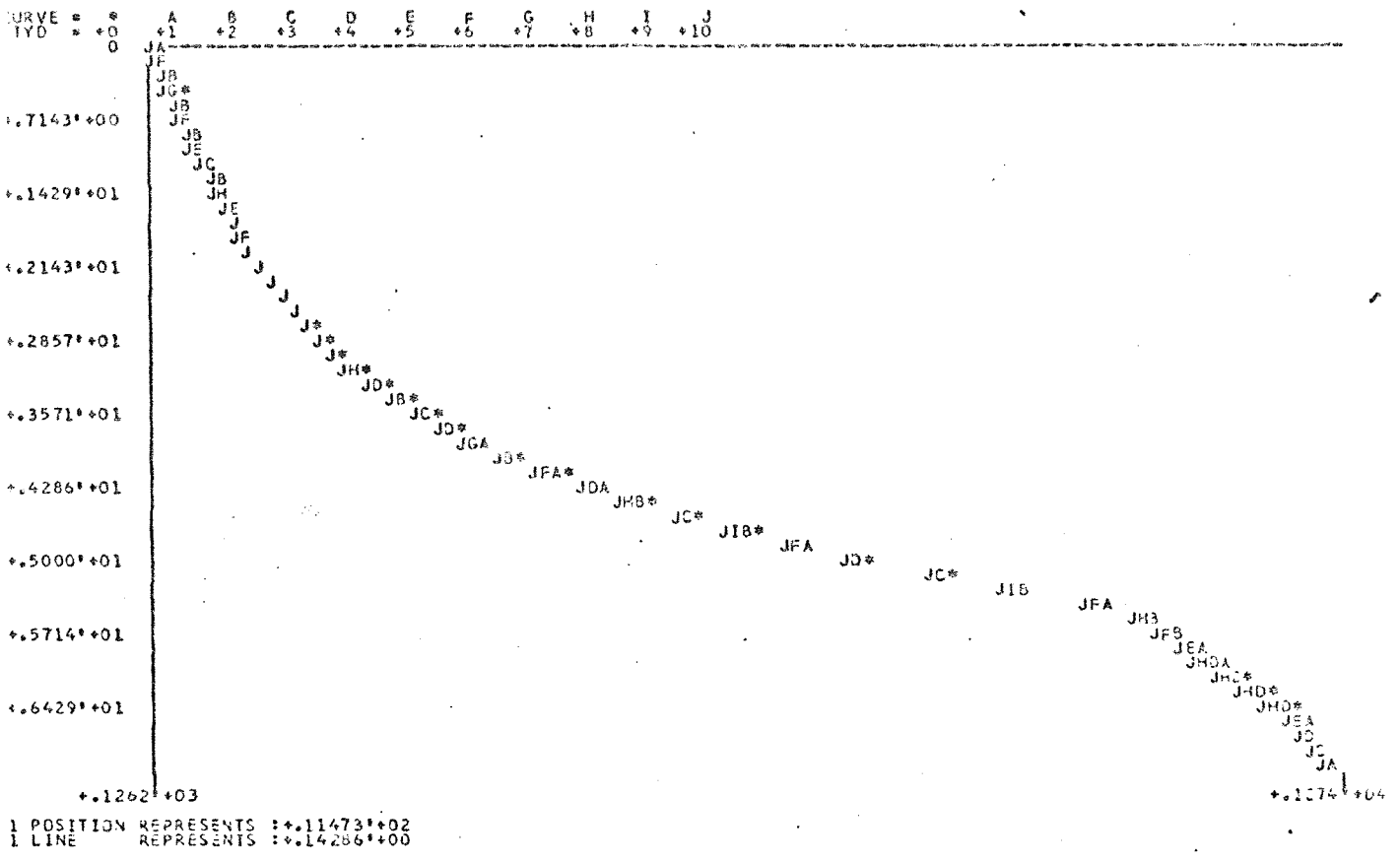
PROFIEL VAN RAAI : 2  
 \*\*\*\*\*



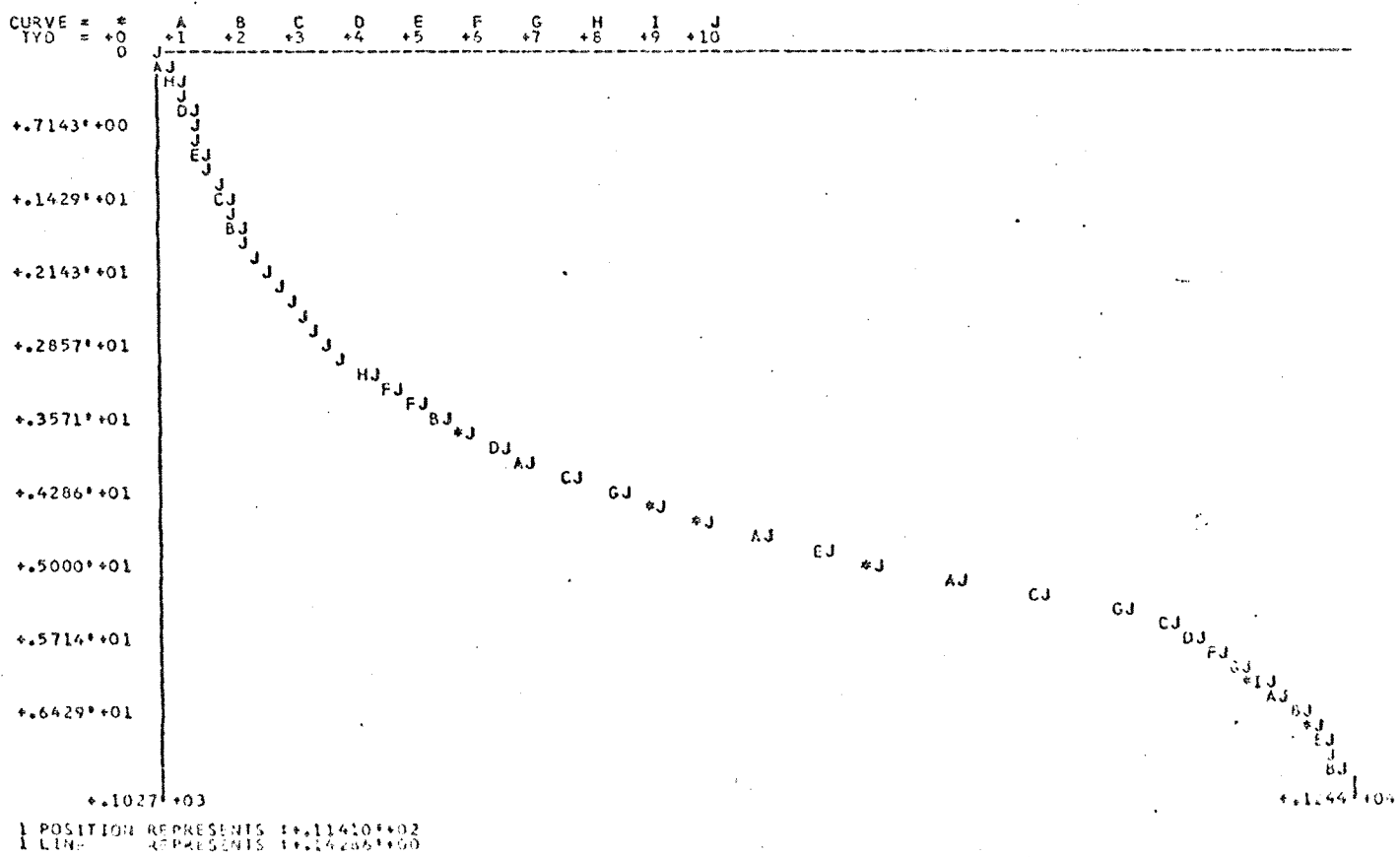
PROFIEL VAN RAAI : 3  
 \*\*\*\*\*



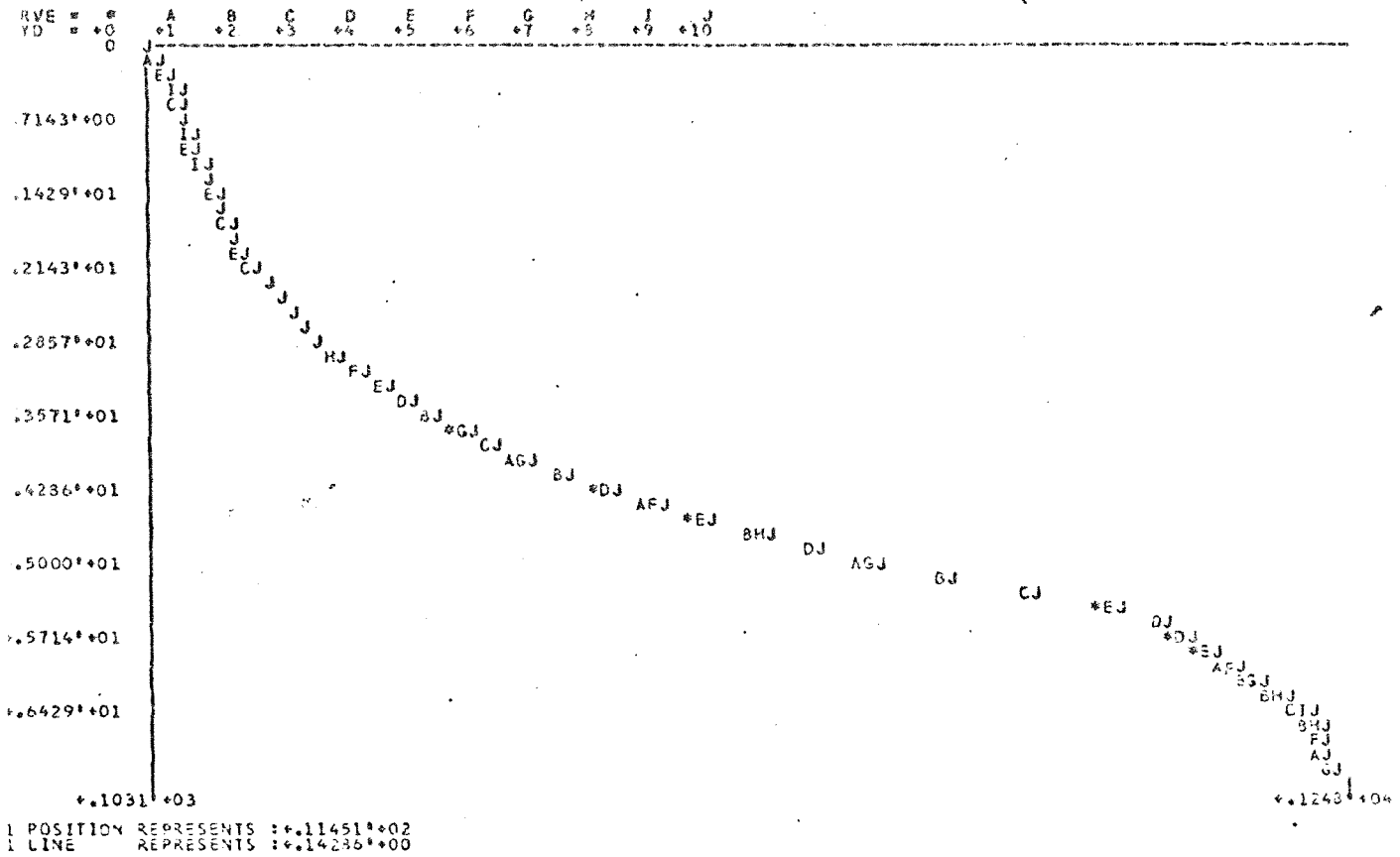
PROFIEL VAN RAAI : 4  
\*\*\*\*\*



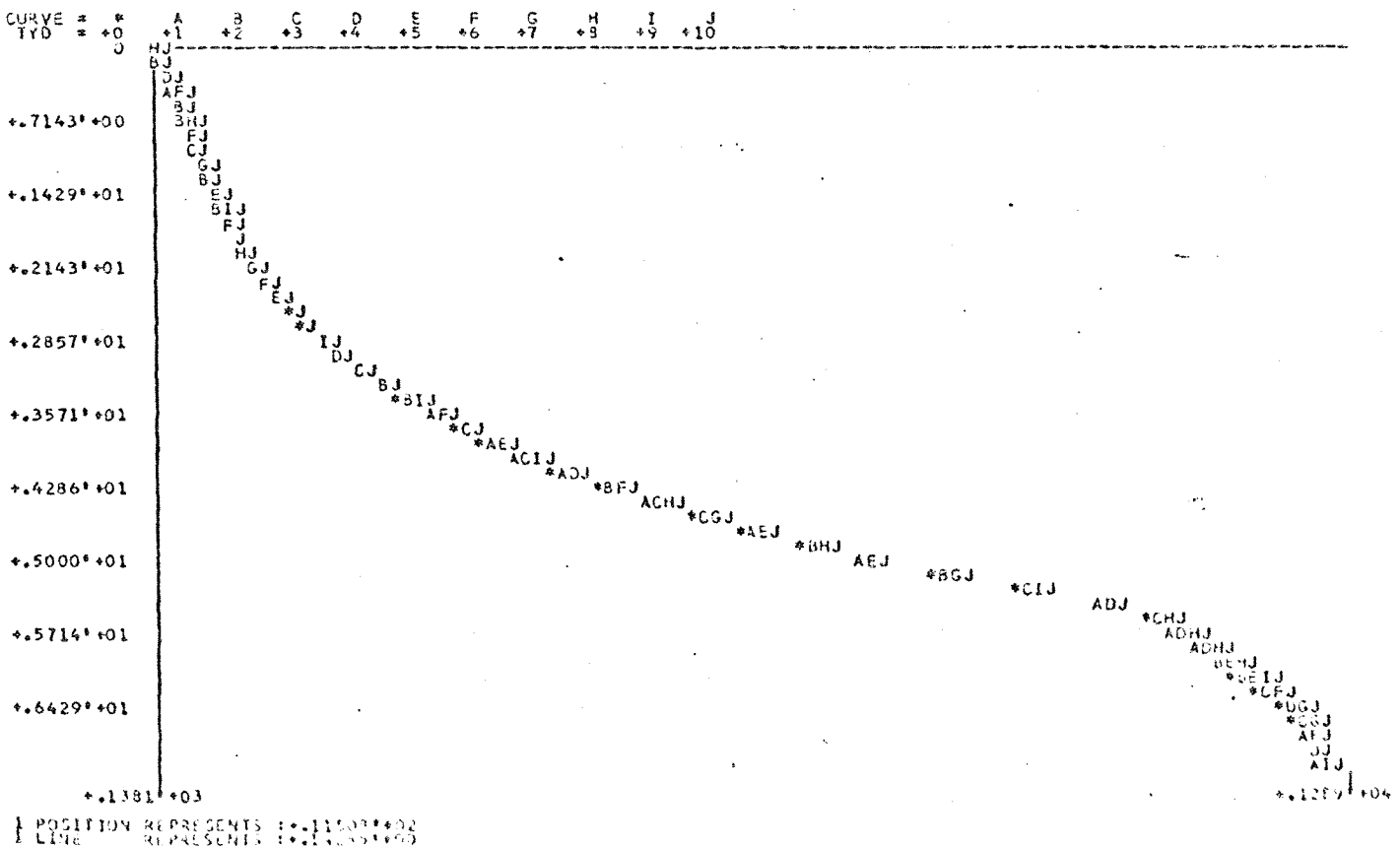
PROFIEL VAN RAAI : 5  
\*\*\*\*\*

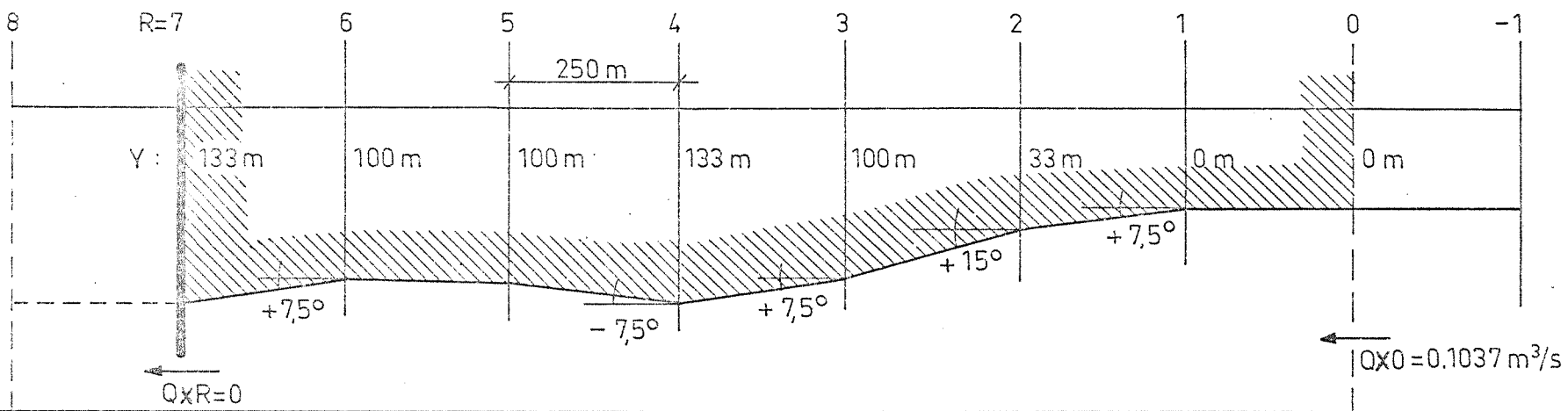


PROFIEL VAN RAAI : 6  
\*\*\*\*\*



PROFIEL VAN RAAI : 7  
\*\*\*\*\*





$S_0$	0	0.1064	0.1037	0.1087	0.1064	0.1111	0.1064	0.1037		
$q$	0	0.3989	0.3533	0.2813	0.3989	0.4145	0.3989	0.3533		
$S_0$	0	$0 \cdot 10^{-10}$	0.1051	0.1062	0.1076	0.1088	0.1088	0.1051	0.1037	0.1037
$q$	0		0.3761	0.3137	0.3410	0.4067	0.4067	0.3761	0.3533	0.3533

$(\text{m}^3/\text{s})$   
 $(\text{m}^3/\text{s}/\text{rad})$

OVERZICHT KUSTCONSTANTEN VOOR DE INVOER IN HET KL-PROGRAMMA  
 (onderste rij wordt ingevoerd en is berekend uit het gemiddelde van de kustconstanten in 2 profiel-raaien).



KUSTILYN OP T= 3

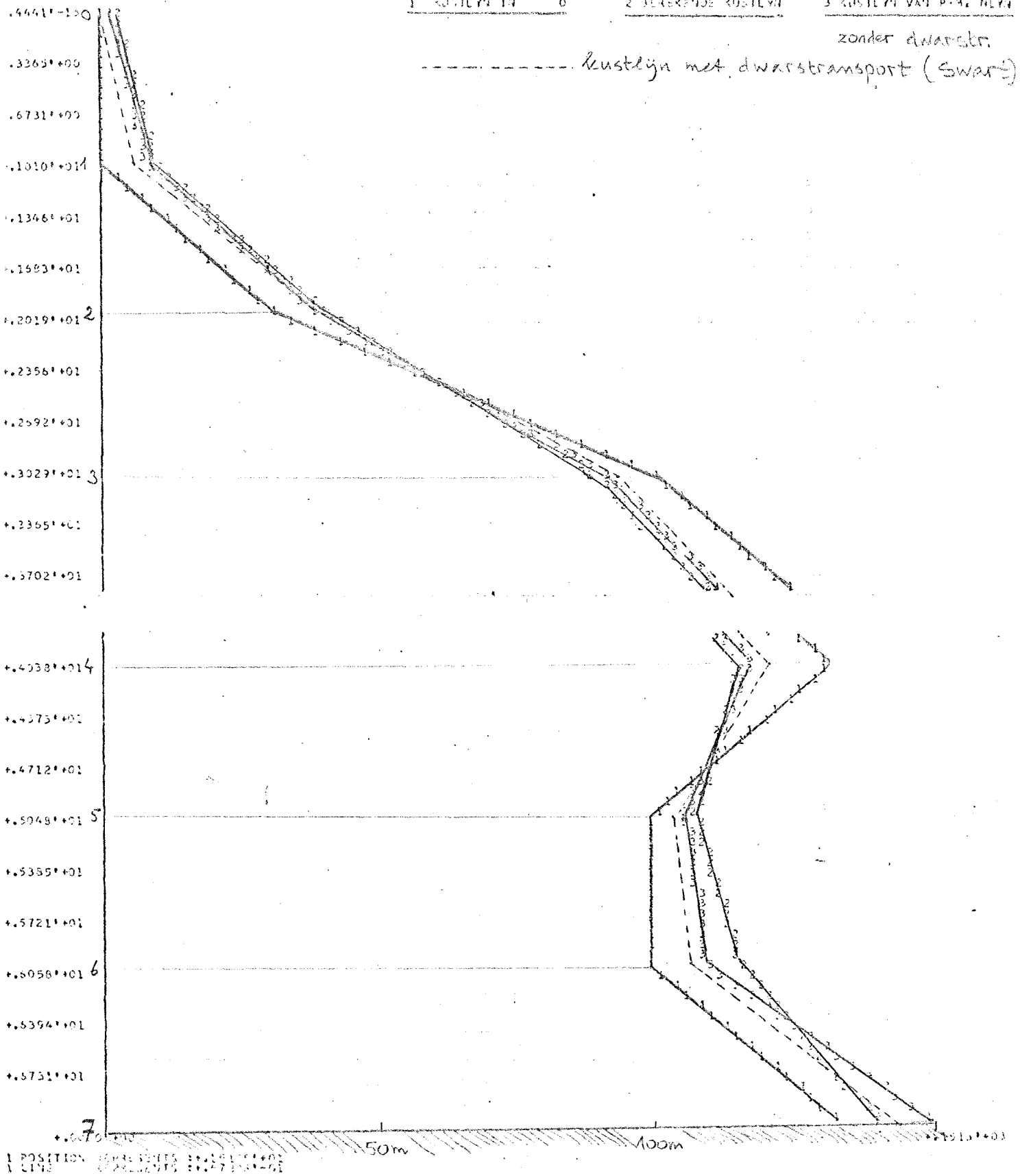
1 KUSTILYN IN 0

2 BEREKENDE KUSTILYN

3 KUSTILYN VAN P.M. DELEN

zonder dwarsstr.

----- kustlijn met dwarstransport (swart)



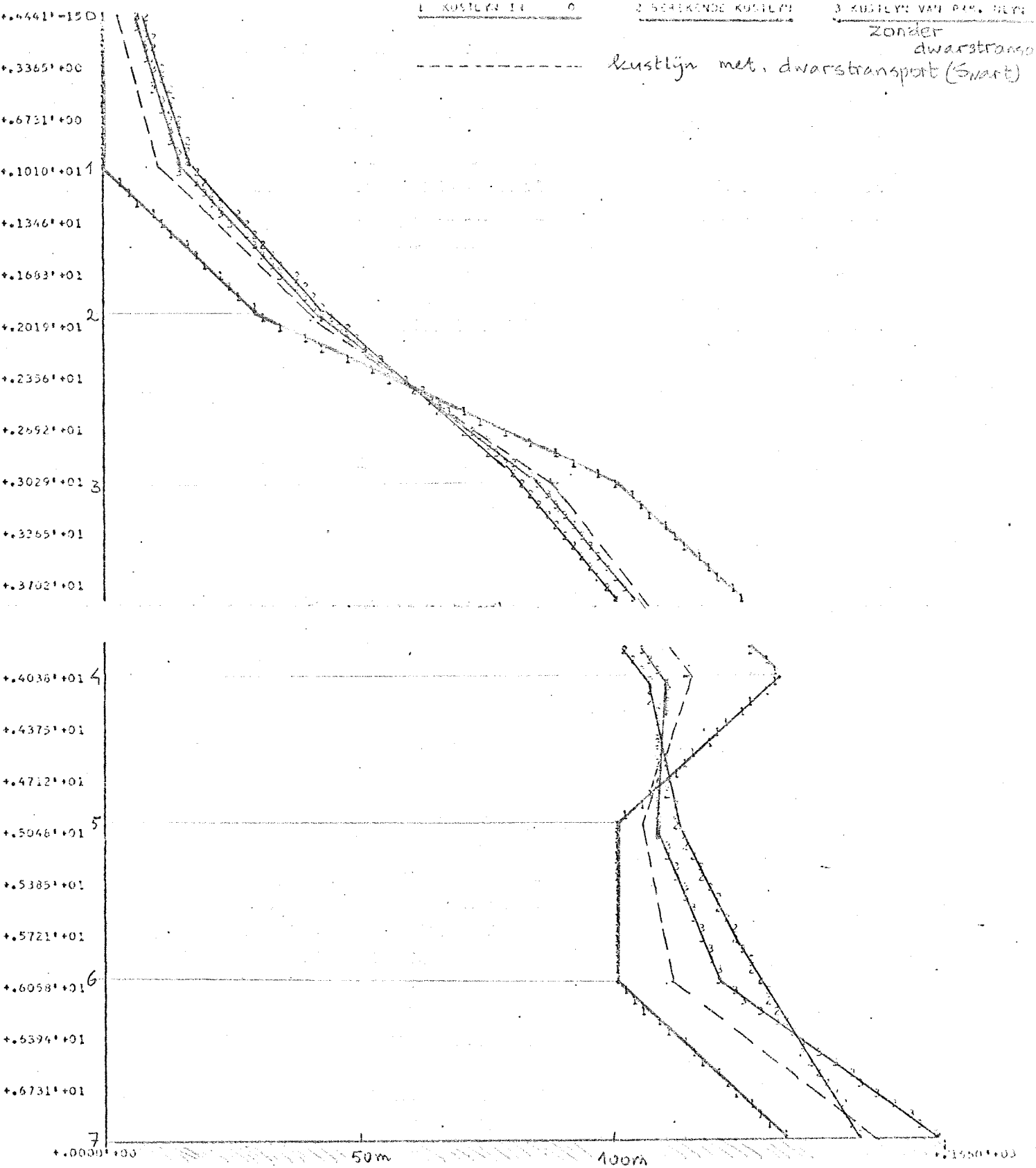
Vergelijking gemiddelde kustveranderingen op t=5 dagen

KUSTLIJN OP T=10 dagen

1 KUSTLIJN II      2 VERKENDDE KUSTLIJN      3 KUSTLIJN VAN P.A. DE VRIES

Zonder dwarstransport

kustlijn met dwarstransport (Swaart)



1 POSITION REPRESENTS 1:15:50:00  
1 LINE REPRESENTS 1:17:00:00

Vergelijking gemiddelde kustveranderingen op t=10 dagen