

# **GEBRUIKERSHANDLEIDING VOOR HET OPENWATERMODEL LYMPHA**

**A.G. Kors en P.M. Promes**

**RAPPORT 2**

**Maart 1990**

**Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica  
Nieuwe Kanaal 11, 6709 PA Wageningen**

Dit rapport kwam tot stand in opdracht en ten laste van het provinciaal bestuur van Gelderland, en betreft een onderdeel van het project "Optimaliseren Peilbeheer".

# INHOUD

	blz.	
1	INLEIDING	3
2	WERKEN MET LYMPHA	5
	2.1 De invoer- en uitvoerfiles	5
	2.2 In- en uitvoer via het scherm	6
	2.3 Controle op foutieve invoergegevens	7
3	DE STUURFILE	8
4	DE FILE MET NETWERKGEGEVENS	9
	4.1 Inleiding	9
	4.2 Knopen	10
	4.3 Kanaalvakken	11
	4.4 Reservoirs	12
	4.5 Dwarsprofielen	13
	4.6 Parameters	14
5	RANDVOORWAARDEN EN KUNSTWERKEN	15
	5.1 Inleiding	15
	5.2 Knooptype 0 : Vrije doorstroming	15
	5.3 Knooptype 1 : Gegeven waterdiepte	16
	5.3.1 Waterdiepte als functie van de tijd	16
	5.3.2 Zelf te definiëren functies voor de waterdiepte	17
	5.4 Knooptype 2 : Gegeven debiet	17
	5.4.1 Het debiet als functie van de tijd	18
	5.4.2 Het debiet van een meetstuw	18
	5.4.3 Zelf te definiëren functies voor het debiet	18
	5.5 Knooptype 3 : Het debiet als functie van de waterdiepte bovenstrooms	18
	5.5.1 Een overlaat met ongestuwde afvoer	19
	5.5.2 Een rechthoekige duiker met ongestuwde afvoer	20
	5.5.3 Een pomp	21
	5.5.4 Een niet-reflecterende rand	21
	5.5.5 Een cirkelvormige duiker met ongestuwde afvoer	21
	5.5.6 Zelf te definiëren Q-h-relaties	22
	5.6 Knooptype 4 : Het debiet als functie van de waterdiepte boven- en benedenstrooms	22
	5.6.1 Een overlaat	24
	5.6.2 Een rechthoekige duiker	26
	5.6.3 Kanaalverwijding of -vernauwing	27
	5.6.4 Een vijzel of centrifugaal pomp	28
	5.6.5 Een cirkelvormige duiker	29
	5.6.6 Zelf te definiëren Q-h <sub>1</sub> -h <sub>2</sub> -relaties	31
6	DWARSPROFIELEN	31
	6.1 Puntsgewijze invoer, symmetrisch	32
	6.2 Puntsgewijze invoer, asymmetrisch	33
	6.3 Trapeziumvormig profiel	34
	6.4 Drukleiding	34
7	WEERSTANDSFOMULES	35
	7.1 Type 1 : De formule van Chézy	35
	7.2 Type 2 : De formule van Manning (Km)	36
	7.3 Type 3 : De formule van Manning (n)	36
	7.4 Type 4 : De formule van Nikuradse	37

7.5	Type 5 : De vegetatie formule	37	
7.6	Type 6 en 7 : Zelf te definiëren weerstandsformules	38	
<b>8</b>	<b>ZIJDELINGSE TOE- OF AFVOER</b>	<b>39</b>	
8.1	Type 1 : Neerslag en verdamping	39	
8.2	Type 2 : Kwel en wegzijging	40	
8.3	Type 3 : Combinatie van neerslag/verdamping en kwel/wegzijging	40	
8.4	Type 4 : Runoff	41	
8.5	Type 5 en 6 : Zelf te definiëren zijdelingse toe- of afvoer	41	
<b>9</b>	<b>RESERVOIRS</b>	<b>42</b>	
9.1	Reservoirtype 0 : reservoirs zonder inhoud	43	
9.2	Reservoirtype 1 : inhoud-waterdiepte-relatie beschreven met behulp van een derdegraads veelterm	43	
9.3	Reservoirtype 2 : inhoud-waterdiepte-relatie beschreven met behulp van een meetreeks	43	
9.4	Reservoirtype 3 en 4: zelf te definiëren inhoud- waterdiepte-relaties	44	
<b>10</b>	<b>TIJDSFUNCTIES</b>	<b>45</b>	
10.1	Fourierreeks	46	
10.2	Equidistante stap, 1e orde interpolatie	47	
10.3	Stapfunctie van de 0e orde	48	
10.4	Stapfunctie van de 1e orde	49	
<b>11</b>	<b>BEGINVOORWAARDEN</b>	<b>51</b>	
<b>12</b>	<b>HET ZELF DEFINIEREN VAN FUNCTIES</b>	<b>53</b>	
<b>13</b>	<b>UITVOER</b>	<b>56</b>	
<b>BIJLAGE</b>	<b>I</b>	<b>STUUR1.DAT</b>	<b>57</b>
<b>BIJLAGE</b>	<b>II</b>	<b>SYSTEM.DAT</b>	<b>58</b>
<b>BIJLAGE</b>	<b>III</b>	<b>TIJDSF.DAT</b>	<b>60</b>
<b>BIJLAGE</b>	<b>IV</b>	<b>BEGINV.DAT</b>	<b>61</b>
<b>BIJLAGE</b>	<b>V</b>	<b>OUTPUT.DAT</b>	<b>62</b>
<b>BIJLAGE</b>	<b>VI</b>	Listing van de mogelijke foutmeldingen in ERRROUT.DAT	66
<b>BIJLAGE</b>	<b>VII</b>	Technische specificaties van Lympha	70
<b>BIJLAGE</b>	<b>VIII</b>	Overzicht van de subroutines	71
<b>BIJLAGE</b>	<b>IX</b>	Twee voorbeelden van zelf gedefinieerde functies	72
<b>COLOFON</b>			<b>75</b>

## 1 INLEIDING

Het computermodel Lympha is ontwikkeld in opdracht van de Provincie Gelderland voor de berekening van stationaire en niet-stationaire waterstroming in open waterlopenstelsels. De naam is ontleend aan het latijnse woord "Lympha" dat onder andere "helder water, uit bron of rivier" betekent. Hiermee wordt aangegeven dat het een waterkwantiteitsmodel betreft en de waterkwaliteit buiten beschouwing blijft. Bij de ontwikkeling van de rekenmodules in Lympha is uitgegaan van de volledige Saint-Venant vergelijkingen voor één-dimensionale waterstroming. De Saint-Venant vergelijkingen worden numeriek opgelost met behulp van een expliciet-iteratief (predictor-corrector) rekenschema. Een beschrijving hiervan wordt gegeven door Verweij <sup>(1)</sup>. Het gekozen type rekenschema heeft als consequentie dat stabiliteit gegarandeerd is, mits aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Binnen Lympha wordt de rekentijdstep aangepast aan de opgegeven randvoorwaarden en de stromingstoestand om stabiliteit van de oplossing te bewerkstelligen.

Het rekenmodel Lympha is een niet-interactief computermodel. Dit betekent dat de vereiste gegevens ingelezen worden vanuit invoerfiles en niet door de gebruiker tijdens de executie hoeven te worden ingetikt. De betreffende invoerfiles moeten vooraf worden aangemaakt. Welke gegevens in deze files moeten staan en op welke wijze, wordt beschreven in deze handleiding.

Nadat in hoofdstuk 2 enige algemene informatie over het werken met Lympha en de in- en uitvoerfiles is gegeven, wordt in hoofdstuk 3 de stuurfile beschreven. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de opbouw van de file met netwerkgegevens. Hierna worden in hoofdstuk 5 t/m 9 en 12 de te modelleren eigenschappen van het open waterlopenstelsel en de hierin voorkomende kunstwerken in detail besproken. In hoofdstuk 10 komt de file met de tijdsafhankelijke gegevens aan bod en in hoofdstuk 11 de file met de beginvoorwaarden. Tot slot wordt kort aangegeven in hoofdstuk 13 welke gegevens worden weggeschreven naar de uitvoerfile.

Van alle benodigde invoerfiles zijn in de bijlagen I t/m IV voorbeelden opgenomen. In bijlage V staat een voorbeeld van een uitvoerfile. In bijlage VI wordt een overzicht gegeven van de foutmeldingen die de gebruiker tijdens de executie van Lympha kan verwachten indien de invoerfiles niet aan alle eisen voldoen. Voorts zijn in bijlage VII enkele technische specificaties van Lympha opgenomen en wordt in bijlage VIII een overzicht gegeven van de subroutines. Tot slot staan in bijlage IX twee voorbeelden van zelf gedefinieerde functies.

<sup>(1)</sup> Verweij, J.P. [1987]

Waterstroming in kanalenstelsels; Vakgroep Hydraulica en afvoerhydrologie, Vakgroep Informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen.

## 2 WERKEN MET LYMPHA

### 2.1 De invoer- en uitvoerfiles

De gegevens die nodig zijn voor de berekening van de waterstroming in een open waterlopenstelsel met Lympha worden ingelezen vanuit invoerfiles. De berekende gegevens worden weggeschreven naar een uitvoerfile. De in- en uitvoerfiles zijn ASCII-files (American Standard Code for Information Interchange). Zij worden geformatteerd ingelezen en weggeschreven. Dit heeft als gevolg dat er bij het inlezen van gegevens die niet volgens het in de hiernavolgende hoofdstukken aangegeven format zijn ingevoerd fouten optreden waarop niet door Lympha wordt gecontroleerd!

Bij de beschrijving van de vereiste formaten in de volgende hoofdstukken zullen steeds FORTRAN-conventies worden gebruiker op de volgende manier:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	
	!	...	!	...	!	...	!	...	!	...	!
format	4X		A10		I8		F12.3		1PE12.3		

waarbij

- = het laatste karakter van de format-descriptor staat onder de laatste positie die door de variabele, die met dat format beschreven wordt, mag worden ingenomen;
- 4X = de eerste vier posities op een regel, voor het invoeren van commentaar karakters (bijvoorbeeld nummers), die programma-technisch niet van belang zijn (niet worden ingelezen), maar de gebruiker tot steun kunnen zijn bij de opbouw van de invoerfile;
- A10 = tien posities voor het invoeren van een naam (bijvoorbeeld van een kanaalvak);
- F12.3 = twaalf posities voor het invoeren van een reëel getal met maximaal 3 cijfers achter de decimale punt;
- 1PE12.3 = twaalf posities voor het invoeren van een exponentieel getal met 3 cijfers achter de decimale punt. Op de negende positie moet het exponentteken "E" staan en op de tiende positie een "+" of "-" teken.

De invoerfiles zijn steeds opgebouwd uit informatieblokken die allen voorafgegaan worden door minimaal één regel commentaar dat als toelichting dient voor de gebruiker. Alle commentaarregels boven de informatieblokken beginnen met een "!", alleen de laatste regel voor de gegevens moet beginnen met een ">" (zie de voorbeelden in bijlage II t/m IV). In de informatieblokken zelf mogen geen commentaarregels worden opgenomen.

Voor het invoeren van Lympha zijn 4 invoerfiles nodig:

- een stuurfile (hoofdstuk 3);
- een file met netwerkgegevens (hoofdstuk 4);
- een file met tijdsfuncties (hoofdstuk 10);
- een file met de beginvoorwaarden (hoofdstuk 11).

Voor het wegschrijven van de rekenresultaten wordt één uitvoerfile aangemaakt (hoofdstuk 13). De gebruiker kan zelf in de stuurfile opgeven met welke frequentie rekenresultaten moeten worden weggeschreven. Daarnaast wordt in het geval Lympha een fout constateert de file ERRORT.DAT aangemaakt, waar foutmeldingen naar worden weggeschreven (§ 2.3).

De in- en uitvoerfiles en het rekenprogramma moeten allemaal op dezelfde (sub)directory staan.

## 2.2 In- en uitvoer via het scherm

Starten van het programma Lympha gebeurt door het intikken van de opdracht:

```
LYMPHA<return>
```

Op het scherm verschijnt dan de mededeling:

```
PROGRAM LYMPHA (for clear water only)
Calculation of unsteady flow in open channel systems.
VERSIE 1.1
```

```
Input file:
```

Achter de vraag om de input file wordt de naam van de stuurfile ingetikt (10 karakters gevolgd door een <return>). De inhoud van de stuurfile wordt behandeld in hoofdstuk 3 (een voorbeeld is gegeven in bijlage I). Vervolgens start Lympha met het inlezen van de gegevens en met de berekeningen. Met behulp van subroutine SYSTEM wordt de file met netwerkgegevens ingelezen. De tijdsfunctie worden ingelezen in subroutine BOUCON (BOUNDary CONDitions) en de beginvoorwaarden in subroutine INICON (INITIAL CONDitions). De volgende mededelingen kunnen op het scherm verschijnen:

```
Check input (y/n) ?
```

Indien "y" <return> wordt ingetikt worden de netwerkgegevens zoals zij in de subroutine SYSTEM worden ingelezen naar het scherm geschreven.

```
Start of subroutine SYSTEM.
End of subroutine SYSTEM.
```

```
/Start of subroutine BOUCON.
/End of subroutine BOUCON.
```

```
Start of subroutine INICON.
/ STEADY STARTED
/ STEADY ENDED
End of subroutine INICON.
```

```
Time: ..... [s] .... % of calculation.
" " " "
" " " "
```

```
etc.
```

```
/Time: ..... [s] 100 % of calculation.
```

```
/Calculation ended at t = ..... [s]
/View ERROUT.DAT for error messages.
/CONTINUE? of RETURN TO CONTINUE
```

```
END OF PROGRAM LYMPHA.
CONTINUE? of RETURN TO CONTINUE
```

De berekening is dan beëindigd. Met "Y" of "N" achter de laatste CONTINUE? of <return> (afhankelijk van de gebruikte computer) wordt het programma verlaten. De mededelingen welke vooraf gegaan worden door een "/" komen alleen voor

onder bepaalde omstandigheden. De subroutine BOUCON wordt alleen gestart wanneer er tijdsafhankelijke randvoorwaarden zijn opgegeven. STEADY, de subroutine waarmee de stationaire stromingstoestand wordt berekend, wordt alleen opgestart wanneer de berekeningen beginnen met de berekening van een stationaire situatie voor de gegeven randvoorwaarden op het begintijdstip van de berekening. Als Lympha fouten opspoot tijdens het inlezen van de invoergegevens worden foutmeldingen weggeschreven naar de file ERROUT.DAT (§ 2.3) en wordt het programma nog voor de eerste berekening afgebroken. Hierover verschijnt dan een mededeling op het scherm. Ook tijdens de berekeningen kan het voorkomen dat Lympha fouten constateert. Na het wegschrijven van een foutmelding naar ERROUT.DAT en het scherm wordt het programma in dat geval eveneens afgebroken.

### 2.3 Controle op foutieve invoergegevens

Bij het inlezen van de gegevens van een open waterlopenstelsel (hoofdstuk 4) wordt gecontroleerd of de structuur van het stelsel voldoet aan de in de volgende hoofdstukken genoemde specificaties. Ook tijdens het inlezen van de begintoestand (hoofdstuk 11) en van de tijdsfuncties (hoofdstuk 10) wordt gecontroleerd op foutieve invoergegevens. Bij onjuiste invoer wordt na een foutmelding op het scherm het programma afgebroken. Indien een fout wordt geconstateerd wordt de file ERROUT.DAT geopend en per optredende fout wordt een foutmelding naar deze file weggeschreven. Een overzicht van alle mogelijke foutmeldingen wordt gegeven in bijlage VI.

Indien er tijdens de berekeningen een fout optreedt (bijvoorbeeld overstromen van een kanaal of reservoir), wordt het programma afgebroken. Ook in dat geval wordt er een foutmelding naar het scherm geschreven en naar de file ERROUT.DAT.

Er wordt nogmaals op gewezen dat er niet gecontroleerd wordt op een verkeerd gebruikt format in de invoerfiles. Het kan zijn dat Lympha daardoor met niet-reële waarden rekent. Soms kan dit toch tot een foutmelding leiden, maar vaak is het dan onduidelijk waar de oorsprong van deze fout ligt. Het is dus de taak van de gebruiker om de invoerfiles juist geformatteerd op te bouwen! Een hulp daarbij kan zijn het naar het scherm laten wegschrijven van de ingelezen netwerkgegevens door de vraag "Check input (y/n) ?" met "y" te beantwoorden (zie § 2.2). Indien de gebruiker daarbij een fout constateert, kan hij deze alleen verhelpen door het programma af te breken en de file met netwerkgegevens te corrigeren.



### 3 DE STUURFILE

De "besturing" van het proces van inlezen en wegschrijven van gegevens gebeurt vanuit een stuurfile. De naam van deze stuurfile moet door de gebruiker na het opstarten van Lympha worden ingetikt. In de stuurfile staan een aantal algemene gegevens welke het programma nodig heeft (zie het voorbeeld in bijlage I):

- naam van de file met eigenschappen van het open waterlopenstelsel en de daarin voorkomende kunstwerken (hoofdstuk 4);
- naam van de file met de gegevens over tijdsafhankelijke randvoorwaarden (tijdsfuncties, hoofdstuk 10);
- naam van de file met de beginvoorwaarden voor het open waterlopenstelsel (hoofdstuk 11);
- naam van de uitvoerfile (hoofdstuk 13);
- begintijdstip van de berekening  $t_{\text{begin}}$ ;
- eindtijdstip van de berekening  $t_{\text{eind}}$ ;
- tijdstap waarmee de uitvoer wordt gewenst  $\Delta t_{\text{uitv}}$ ;
- wijze van initialiseren (hoofdstuk 11). Op dit moment zijn alleen mogelijkheid 1 (het gebruiken van Q- en h-waarden die ingelezen worden vanuit een file) en mogelijkheid 4 (de berekening starten met een stationaire berekening) operationeel.

De file begint met een lege regel. Daarna worden op de 4 volgende regels de namen van 1. de file met de netwerkgegevens; 2. de file met de tijdsfuncties; 3. de file met de beginvoorwaarden en 4. de uitvoerfile opgegeven met het volgende format:

```

      1   5   10   15   20   25   30   35   40   45   50
      !...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!
format                                     40X      A10
      commentaar                               filenaam
```

Daarna volgt weer een lege regel, gevolgd door 3 regels met respectievelijk  $t_{\text{begin}}$ ,  $t_{\text{eind}}$  en  $\Delta t_{\text{uitv}}$ , met het volgende format:

```

      1   5   10   15   20   25   30
      !...!...!...!...!...!...!
format                               15X      1PE15.6
      commentaar                       tijdstip/-stap
```

De 6 hierna volgende regels worden bij het inlezen overgeslagen. Op de laatste regel (regel 11), wordt tot slot een nummer voor de wijze van initialiseren ingevoerd, met het volgende format:

```

      1   5   10   15   20   25   30
      !...!...!...!...!...!...!
format                               29X      11
      commentaar                       nummer
```

In bijlage I wordt een voorbeeld van een stuurfile gegeven. In dit voorbeeld zijn de gegevens die worden ingelezen vetgedrukt. De overige tekst dient als toelichting voor de gebruiker.

De tijdstap waarmee gerekend wordt, wordt door Lympha zelf afgeleid zodanig dat aan de voorwaarde van stabiliteit wordt voldaan. De berekende tijdstap is afhankelijk van de gekozen ruimtelijke discretisatie, de optredende debieten en waterdiepten en de randvoorwaarden. De door het programma berekende rekentijdstap wordt na elke berekening herberekend aan de hand van de nieuwe debieten en waterdiepten.

Uitvoer van de rekenresultaten vindt plaats na iedere  $j \cdot \Delta t_{\text{uitv}}$  ( $j=1,2,\dots$ ).

## 4 DE FILE MET NETWERKGEGEVENS

### 4.1 Inleiding

De file met de netwerkgegevens bevat de gegevens betreffende de schematisering van het open waterlopenstelsel en de daarin voorkomende kunstwerken. Ten behoeve van de schematisering staan de gebruiker drie soorten bouwstenen ter beschikking: knopen, kanaalvakken en reservoirs. Hoe deze bouwstenen gebruikt kunnen worden en welke gegevens voor iedere bouwsteen moeten worden opgegeven, wordt beschreven in dit hoofdstuk. In bijlage II staat een voorbeeld van een file met netwerkgegevens.

De file met de netwerkgegevens bestaat uit 5 informatieblokken, die de volgende gegevens bevatten:

\* knopen (§ 4.2):

- aantal gebruikte knopen
- knoopnamen
- knooptypen
- x/y/z-coördinaten van de knopen
- nummers van de parameterregels waar afvoerfuncties e.d. die in de knopen gelden worden gedefinieerd.

\* kanaalvakken (§ 4.3):

- aantal gebruikte kanaalvakken
- kanaalvaknamen
- begin- en eindknopen van de kanaalvakken
- aantal rekenpunten per kanaalvak
- regelnummers van de relaties die de dwarsprofielen beschrijven
- nummers van de parameterregels waar het weerstandsverhang wordt gedefinieerd
- nummers van de parameterregels waar de zijdelingse toevoer wordt gedefinieerd.

\* reservoirs (§ 4.4):

- aantal gebruikte reservoirs
- reservoirnamen
- aan de reservoirs grenzende knopen
- nummers van de parameterregels waar de inhoud-waterdiepte-relaties gedefinieerd worden

\* dwarsprofielen (§ 4.5):

- aantal gebruikte dwarsprofielen
- type dwarsprofiel

- maximale waterdiepte in de dwarsdoorsnede, hmax
  - twee coëfficiënten
  - eventueel coördinaten van profielpunten
- \* parameterrelaties (§ 4.6):
- aantal gebruikte parameterrelaties
  - relatie type
  - nummer van de tijdsfunctie
  - acht coëfficiënten

Het vereiste format van de informatieblokken wordt in de betreffende paragrafen § 4.2 t/m § 4.6 besproken. Boven ieder informatieblok kan enig commentaar worden opgenomen dat als toelichting dient voor de gebruiker. Alle commentaarregels moeten voorafgegaan worden door een "!", alleen de laatste regel voor de gegevens moet met een ">" beginnen. Er mogen geen lege regels in de file voorkomen.

#### 4.2 Knopen

De eerste gegevens die ingelezen worden zijn de gegevens van de knopen. Knopen zijn de begin- en eindpunten van de kanaalvakken. In de knopen kunnen relaties voor de waterdiepte en/of het debiet worden opgegeven.

Op de eerste regel van het eerste informatieblok wordt het aantal knopen n dat gebruikt wordt om het open waterlopenstelsel te schematiseren ingevoerd. Daarna volgen n regels met op iedere regel de gegevens van één knoop. De volgorde waarin de knopen worden opgegeven heeft geen fysische betekenis, doch Lympha nummert intern de knopen in volgorde van inlezen en identificeert de knopen aan de hand van deze interne nummering op het moment dat bij de kanaalvakken begin- en eindknopen worden opgegeven (§ 4.3) en bij de reservoirs de aanliggende knopen worden opgegeven (§ 4.4). Het is daarom raadzaam om op de eerste 4 posities op iedere regel, die gereserveerd zijn voor commentaar, regelnummers te plaatsen.

Per knoop moeten achter elkaar op één regel de volgende gegevens worden opgegeven: de naam van de knoop, het knooptype, de x/y/z-coördinaten van de knoop en het nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten van de relatie voor het debiet en/of de waterdiepte in de knoop worden opgegeven. Het volgende format moet worden gebruikt:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!													
format	I4		A10		I8		F12.3		F12.3		F12.3		I8	
commentaar			naam		type		x-coörd.		y-coörd.		z-coörd.		regelnr	coëff.

Voor knoopnamen kan een willekeurige combinatie van maximaal 10 karakters ingevoerd worden. Het knooptype dat opgegeven wordt is afhankelijk van de relatie voor de waterdiepte en/of het debiet die in de knoop moet worden gedefinieerd. Bovendien bepaalt de ligging van een knoop in het waterlopenstelsel welke knooptypen ter plaatse gebruikt kunnen worden. Voor een beschrijving van alle knooptypen en hun beperkingen wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

De x-,y- en z-coördinaten kunnen ten opzichte van een zelf te kiezen assenstelsel worden opgegeven. De eenheid die hiervoor moet worden aangehouden is meter. Bij knopen van type 4 moet indien sprake is van een bodemval de z-coördinaat van de bovenstroomse bodemhoogte worden opgegeven.

Als laatste wordt opgegeven in welke regel van het informatieblok met de parameters de parameters gevonden wordt die tezamen met het knooptype de relatie voor de waterdiepte en/of het debiet in de betreffende knoop beschrijven. Voor knopen van het type 0 wordt er niet naar een serie parameters verwezen en moet op deze plaats een "0" worden ingevoerd.

### 4.3 Kanaalvakken

In het volgende informatieblok worden de kanaalvakken gedefinieerd. Om te beginnen wordt op de eerste regel van dit informatieblok het aantal kanaalvakken n opgegeven. Op de volgende n regels worden één voor één de kanaalvakken beschreven. De volgorde waarin de kanaalvakken worden opgegeven heeft geen fysische, noch programma-technische betekenis.

Per kanaalvak moeten achter elkaar op één regel de volgende gegevens worden opgegeven; De regel begint met 4 posities voor commentaar, gevolgd door de naam van het kanaalvak, het nummer van de beginknoop en van de eindknoop en het aantal rekenpunten in het kanaalvak. Tenslotte volgen nog drie nummers, waarvan de eerste verwijst naar het regelnummer met de geometrie van het dwarsprofiel (§ 4.5), terwijl de tweede en derde verwijzen naar een serie parameters (§ 4.6) voor de beschrijving van respectievelijk het weerstandsverhang en de zijdelingse toe- of afvoer. Het volgende format moet worden gebruikt:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
format	I4	A10	I8	I8	I8	I8	I8	I8	I8	I8	I8	I8	I8
	commentaar	naam	begin-	eind-	aantal	dwarsdsn	S <sub>f</sub>	qlat					
			knoop	knoop	rekenpnt.	nr.	nr.	nr.					

Voor de naam van het kanaalvak kan een willekeurige combinatie van 10 karakters worden gebruikt. In de uitvoerfile komen de namen van de kanaalvakken terug (hoofdstuk 13).

Vervolgens wordt voor elk vak aangegeven wat de beginknoop is en wat de eindknoop is. De nummers van de knopen die daarbij worden opgegeven moeten corresponderen met de nummers in de volgorde waarin de knopen in het eerste informatieblok van deze file werden opgegeven (zie hiervoor ook § 4.2). Als beginknoop moet de benedenstroomse knoop van het kanaalvak worden opgegeven en als eindknoop moet de bovenstroomse knoop van het kanaalvak worden opgegeven.

De knopen vormen het eerste en laatste rekenpunt in een kanaalvak. Daartussen kunnen extra rekenpunten liggen. Het aantal rekenpunten in het kanaalvak (inclusief begin- en eindknoop) is de volgende grootte die opgegeven moet worden. Dit aantal wordt gelijkmatig over de kanaalvaklengte verdeeld, er wordt met een equidistant rekenschema per kanaalvak gerekend. Wordt op een vak met een lengte van 200 m opgegeven dat er 5 rekenpunten zijn (inclusief begin- en eindknoop) dan is de stapgrootte dus 50 m. Een groter aantal rekenpunten

heeft een kleinere rekentijdstep tot gevolg.

Het volgende getal op de regel geeft aan in welke regel van het informatieblok met dwarsprofielen (§ 4.5) de dwarsdoorsnede-eigenschappen van het desbetreffende kanaalvak staan. Voor meerdere kanaalvakken kan naar dezelfde regel van de dwarsprofielen worden verwezen (zie ook hoofdstuk 6).

Daarna moet worden opgegeven in welke regel van het informatieblok met de parameters (§ 4.6) de coëfficiënten staan welke betrekking hebben op de weerstandsformule die voor het kanaalvak gebruikt moet worden. Voor meerdere kanaalvakken kan hier naar dezelfde parameterregel verwezen worden. In hoofdstuk 7 worden de weerstandsformules beschreven.

De laatste grootte die voor elk kanaalvak gespecificeerd moet worden is het nummer van de regel in het informatieblok met de parameters (§ 4.6) waarop de coëfficiënten staan welke gebruikt moeten worden om de zijdelingse toe- of afvoer voor het kanaalvak te berekenen. Voor meerdere kanaalvakken kan hier naar dezelfde parameterregel verwezen worden. In hoofdstuk 8 wordt uitgelegd wat in Lympha onder zijdelingse toe- of afvoer wordt verstaan.

#### 4.4 Reservoirs

Een derde bouwsteen van een waterlopenstelsel is het reservoir. Er bestaan verschillende typen reservoirs welke in hoofdstuk 9 worden beschreven. Reservoirs kunnen in de schematisering worden opgenomen op plaatsen waar zich in de werkelijkheid ook reservoirs bevinden, en moeten worden opgenomen op plaatsen waar in de schematisering meer dan twee kanaalvakken samenkomen. In dat geval hoeft er in de werkelijkheid geen sprake te zijn van een reservoir. Op dat moment kan in Lympha gebruik gemaakt worden van reservoirs van het type 0, dat wil zeggen het zogenaamde "reservoir zonder inhoud".

Het informatieblok met de gegevens betreffende de reservoirs begint met een regel waarop het aantal reservoirs  $n$  in het waterlopenstelsel staat vermeld. Voor elk reservoir komt hierna één regel met informatie. De volgorde waarin de reservoirs worden beschreven heeft geen fysische betekenis, maar moet wel het zelfde zijn als de volgorde waarin de reservoirs in de file met beginwaarden worden opgegeven (hoofdstuk 11). Indien er in het waterlopenstelsel geen reservoirs zijn, moet alleen voor het aantal reservoirs "0" worden ingevoerd.

De regel met informatie per reservoir begint met commentaar, mogelijk het volgnummer van het reservoir. Hierna volgt de naam van het reservoir. De naam mag een willekeurige combinatie van 10 karakters zijn. Vervolgens komen er vier nummers die verwijzen naar de knopen die aan het reservoir grenzen. De nummers van de knopen zijn de nummers in de volgorde waarin de knopen zijn opgegeven in het eerste informatieblok in deze file (§ 4.2). Indien er minder dan 4 knopen aan het reservoir liggen, dan moet voor de ontbrekende knopen te beginnen bij het achterste nummer hiervoor een "0" worden ingevoerd. Tenslotte moet nog een nummer worden opgegeven dat verwijst naar een serie parameters, voor het vastleggen van de waterdiepte in het reservoir als functie van de inhoud. Voor "reservoirs zonder inhoud" moet hier een "0" opgegeven worden. De gegevens per reservoir moeten met het volgende format worden opgegeven:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	
	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
format	I4		A10		I8		I8		I8		I8	
	commentaar		naam		knoop1		knoop2		knoop3		knoop4	I-h-relatie nr.

#### 4.5 Dwarsprofielen

De dwarsdoorsnede-eigenschappen staan in het volgende informatieblok in de file met netwerkgegevens. Op de eerste regel van het informatieblok wordt het aantal dwarsprofielen vermeld. Naar een dwarsprofiel mag vanuit meerdere kanaalvakken worden verwezen, zodat dit aantal niet gelijk hoeft te zijn aan het aantal kanaalvakken. Voor de geometrie van elk dwarsprofiel volgt nu één regel met informatie, met het volgende format:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	
	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!	!
format	I4		I8		F12.3		F12.3		F12.3		
	commentaar		type		$h_{max}$		coëff. 1		coëff. 2		

(Voor de geometrie van dwarsprofieltype 1 en 2 volgt direct op deze regel een aantal regels met coördinaten voor de knikpunten van het profiel. Voor een uitgebreide beschrijving hiervan wordt verwezen naar § 6.1 en § 6.2)

De volgorde waarin de dwarsprofielen worden opgegeven heeft geen fysische betekenis, doch Lympha nummert intern de dwarsprofielen in volgorde van inlezen en identificeert de dwarsprofielen aan de hand van deze interne nummering op het moment dat bij de kanaalvakken de regelnummers van de bijbehorende dwarsprofielen worden opgegeven (§ 4.3). Het is daarom raadzaam om op de eerste 4 posities op iedere regel, die gereserveerd zijn voor commentaar (zie het hierboven beschreven format), regelnummers te plaatsen te beginnen bij de eerste dwarsdoorsnede. De extra regels die gebruikt worden voor dwarsprofieltype 1 en 2 (zie hierboven de opmerking tussen haakjes en § 6.1 en § 6.2), vallen buiten deze interne nummering door Lympha.

De informatie voor elk dwarsprofiel begint weer met commentaar. Hierna volgt een nummer voor het type dwarsprofiel en de maximaal toelaatbare waterdiepte  $h_{max}$ . Vervolgens moeten twee coëfficiënten worden ingevoerd. De betekenis van deze coëfficiënten is afhankelijk van het type dwarsprofiel. Hier wordt uitgebreid aandacht aan besteed in hoofdstuk 6.

#### 4.6 Parameters

Het laatste informatieblok in de file met netwerkgegevens bevat de parameters voor de verschillende relaties. Dit zijn de relaties voor het berekenen van het weerstandsverhang (§ 4.3 en hoofdstuk 7), de zijdelingse toe- of afvoer (§ 4.3 en hoofdstuk 8), de relaties die bij de verschillende knooptypen horen (§ 4.2 en hoofdstuk 5) en de relaties voor de beschrijving van de waterdiepte in een reservoir als functie van de inhoud (§ 4.4 en hoofdstuk 9).

Op de eerste regel van de gegevens wordt het aantal series parameters vermeld. Hierna volgt in opeenvolgende nummering voor elke serie parameters één regel informatie. Intern worden de series parameters genummerd volgens de volgorde van inlezen. Wordt bijvoorbeeld voor de berekening van het weerstandsverhang van een kanaalvak (§ 4.3) verwezen naar parameterregel 4 dan betekent dit dat de parameters van de vierde serie parameters die wordt ingelezen voor de relatie van het weerstandsverhang gebruikt zal worden. Het is daarom raadzaam om op de eerste 4 posities op iedere regel met parameters, die gereserveerd zijn voor commentaar, regelnummers te plaatsen te beginnen bij de eerste serie parameters.

Naar een serie parameters mag verwezen worden vanuit meerdere knopen, kanaalvakken of reservoirs. Bijvoorbeeld: voor een aantal kanaalvakken met een identieke relatie voor het weerstandsverhang hoeft dus maar één serie parameters te worden ingevoerd.

Het format waarmee de parameters moeten worden ingevoerd ziet er als volgt uit:

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	!	!
format	4X	I8	I8				8(1PE12.3)
commentaar		type	f(t)-nummer			parameter	1 t/m 8

Na 4 posities die worden gereserveerd voor commentaar volgt een nummer dat het gekozen type binnen de relatie aangeeft en een nummer dat verwijst naar een tijdsfunctie. Indien een relatie niet als functie van de tijd gedefinieerd moet worden, maar als constant, moet voor het laatstgenoemde nummer een "0" worden ingevoerd. Tenslotte volgen er acht parameters P1 t/m P8. De betekenis van deze parameters is afhankelijk van de soort relatie (bijvoorbeeld weerstandsverhang of zijdelingse toe-of afvoer) en het gekozen type binnen deze relatie (bijvoorbeeld voor het weerstandsverhang de formule van Chézy of de formule van Manning). De afzonderlijke parameters worden besproken in de hoofdstukken 5, 7, 8 en 9.

#### Nota bene

Indien bij een vertakt waterlopenstelsel van de mogelijkheid om de berekening te starten met een berekening van de stationaire toestand (zie hoofdstuk 11), gebruik wordt gemaakt, is de eerste parameterserie die wordt opgegeven gereserveerd voor het invoeren van een relaxatiefactor. Naar parameterserie 1 mag dus nergens verwezen worden in de informatieblokken van de knopen (§ 4.2), de kanaalvakken (§ 4.3) en van de reservoirs (§ 4.4). In dat geval moet op de eerste parameterregel als type-nummer "1" worden ingevoerd, als tijdsfunctie-nummer een "0" en als eerste coëfficiënt een getal tussen 1 en 2. Voor de overige 7 coëfficiënten moet "0" worden ingevoerd. De waarde tussen 1 en 2 die moet worden gekozen voor de relaxatiefactor, moet worden gevonden via trial-and-error.

Dit alles geldt alléén voor een stelsel dat zich vertakt in benedenstroomse richting (dus benedenstrooms meer waterlopen dat bovenstrooms). In het voorbeeld in bijlage II vertakt het stelsel zich in bovenstroomse richting en is dit niet van toepassing.

## 5 RANDVOORWAARDEN EN KUNSTWERKEN

### 5.1 Inleiding

In Lympha kan met vijf verschillende typen randvoorwaarden gewerkt worden. Deze randvoorwaarden zijn in het algemeen functies voor de waterdiepte, functies voor het debiet of functies voor een combinatie van waterdiepte en debiet. Kunstwerken worden beschreven door functies voor een combinatie van waterdiepte en debiet. Mathematisch verschilt een kunstwerk dus niet van een randvoorwaarde. Aangezien zowel randvoorwaarden als kunstwerken in een knoop worden gedefinieerd zullen de termen "type randvoorwaarde" en "type kunstwerk" worden samengevat in de term "knooptype". De vijf knooptypen hebben in Lympha een getalrepresentatie in de vorm van een geheel getal van 0 t/m 4.

Welk knooptype gebruikt kan worden is afhankelijk van de randvoorwaarde en van de plaats in het waterlopenstelsel. In tabel 5.0 wordt hier een overzicht van gegeven.

Tabel 5.0

<u>Soort knoop</u>	<u>Knooptype</u>	<u>Randvoorwaarde</u>	<u>Plaats in het stelsel</u>
Vrije doorgang	0	$h_1=h_2, Q_1=Q_2$	tussen 2 kanaalvakken
Gegeven waterdiepte	1	$h=f(t)$	beneden- of bovenstrooms uiteinde van het stelsel
Gegeven debiet	2	$Q=f(t)$	bovenstrooms uiteinde van het stelsel
Uitstromend debiet	3	$Q=f(h, t)$	benedenstrooms uiteinde van het stelsel
Doorstromend debiet	4	$Q=f(h_1, h_2, t),$ en $Q_1=Q_2$	tussen 2 kanaalvakken

Een knoop aan het benedenstroomse uiteinde van het stelsel of van een kanaalvak moet gedefinieerd worden als een beginknoop van een kanaalvak. Een knoop aan het bovenstroomse uiteinde van het stelsel of van een kanaalvak moet opgegeven worden als een eindknoop van een kanaalvak. Knooptypen 0 en 4 moeten verbonden zijn aan twee kanaalvakken (aan één kanaalvak als beginknoop en aan het andere kanaalvak als eindknoop) of aan een kanaalvak en aan een reservoir. Knooptypen 1, 2 en 3 liggen maar aan één kanaalvak en liggen dus aan een uiteinde van het waterlopenstelsel.

### 5.2 Knooptype 0 : Vrije doorstroming

Knooptype 0 stelt fysisch een vrije doorstroming voor. Dit knooptype kan bijvoorbeeld worden toegepast tussen twee achter elkaar geschakelde kanaalvakken met een verschillend bodemverhang. Ook kan knooptype 0 worden toegepast om een kanaalvak op een reservoir aan te sluiten. Mathematisch geldt voor knooptype 0 :

$$h(\text{bovenstr. van knoop}) = h(\text{benedenstr. van knoop})$$

$$Q(\text{bovenstr. van knoop}) = Q(\text{benedenstr. van knoop})$$



Voor knooptype 0 hoeven in de invoerfiles geen parameters opgegeven te worden. Bij de definitie van de knopen wordt alleen het type (= 0) opgegeven en een "0" als nummer van de parameterregel.

### 5.3 Knooptype 1 : Gegeven waterdiepte

Knooptype 1 stelt een waterdiepte als een functie van de tijd voor. Dit knooptype kan worden opgegeven aan de bovenstroomse en benedenstroomse uiteinden van een waterlopenstelsel. Knooptype 1 kan niet worden gebruikt voor knopen welke aan een reservoir grenzen.

Voor knooptype 1 wordt bij de definitie van de knopen in de file met netwerkgegevens (§ 4.2) het type (= 1) opgegeven en het nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten staan waarmee gerekend moet worden. Deze coëfficiënten zijn afhankelijk van subtype dat gebruikt wordt. Er zijn drie subtypen. In tabel 5.1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende coëfficiënten die voor ieder subtype op de betreffende parameterregel in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	!	!
format	4X		I8		I8		8(1PE12.3)
commentaar	subtype		f(t)-nummer		parameter 1		t/m 8

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 5.1 Parameters voor de relatie in knopen van het type 1.

<u>Subtype</u>	<u>P1</u>	<u>P2</u>	<u>P3</u>	<u>P4</u>	<u>P5</u>	<u>P6</u>	<u>P7</u>	<u>P8</u>
1	C <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	volgens eigen definitie							
3	volgens eigen definitie							

#### 5.3.1 Waterdiepte als functie van de tijd

Subtype 1 heeft de vorm:

$$h(t) = C_0 \cdot f(t)$$

In de parameterregel wordt nu achtereenvolgens opgegeven, na het juiste regelnummer, subtype (= 1), het nummer van de tijdsfunctie f(t) die in de file met tijdsfuncties gedefinieerd is en de coëfficiënt C<sub>0</sub> [m]. Indien er een vaste waterdiepte gedefinieerd moet worden stelt C<sub>0</sub> deze waterdiepte voor. Als nummer van de tijdsfunctie moet dan "0" worden opgegeven. f(t) wordt in dat

geval door Lympha gelijk aan 1 gesteld. Voor de tijdsfunctie  $f(t)$  kan elk van de in hoofdstuk 10 genoemde functies worden gebruikt.

### 5.3.2 Zelf te definiëren functies voor de waterdiepte

Subtype 2 en 3 kunnen zelf gedefinieerd worden. Voor de zelf te definiëren functies zijn, net als voor alle andere functies, 8 parameters en een tijdsfunctie beschikbaar. In hoofdstuk 12 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

### 5.4 Knooptype 2 : Gegeven debiet

Knooptype 2 definieert een instromend debiet als functie van de tijd in een knoop aan een bovenstrooms einde van een waterlopenstelsel. Knooptype 2 kan niet worden gebruikt voor knopen welke aan een reservoir grenzen.

Indien dit knooptype wordt toegepast dan moet bij de definitie van de knoop in de file met netwerkgegevens (§ 4.2) het knooptype (= 2) worden opgegeven en het nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten staan waarmee voor deze knoop gerekend moet worden. Welke coëfficiënten gebruikt worden hangt af van het subtype van de knoop. Er zijn 4 subtypen. In tabel 5.2 wordt een overzicht gegeven van de verschillende coëfficiënten die voor ieder subtype op de parameterregel in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	...	!
format	4X		I8		I8		8(1PE12.3)
commentaar	subtype		f(t)-nummer		parameter	1	t/m 8

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 5.2 Parameters voor de relatie in knopen van type 2

<u>Subtype</u>	<u>P1</u>	<u>P2</u>	<u>P3</u>	<u>P4</u>	<u>P5</u>	<u>P6</u>	<u>P7</u>	<u>P8</u>
1	$C_0$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	$C_0$	$h_0$	c	m	0.0	0.0	0.0	0.0
3	volgens eigen definitie							
4	volgens eigen definitie							

#### 5.4.1 Het debiet als functie van de tijd

Subtype 1 is een instromend debiet als functie van de tijd:

$$Q(t) = C_0 \cdot f(t)$$

In de parameterregel worden nu achtereenvolgens, na het juiste regelnummer, subtype (= 1), het nummer van de tijdsfunctie  $f(t)$  en de coëfficiënt  $C_0$  [ $m^3/s$ ] ingevuld. Voor de tijdsfunctie  $f(t)$  kan elk van de in hoofdstuk 8 genoemde functies worden toegepast. Indien een vast debiet als randvoorwaarde ingevoerd moet worden, moet als nummer van de tijdsfunctie "0" worden opgegeven. In dat geval wordt  $f(t)$  door Lympha gelijk aan 1 gesteld.

#### 5.4.2 Het debiet van een meetstuw

Subtype 2 kan gebruikt worden indien zich in de knoop een meetstuw bevindt. Dit subtype wordt wiskundig voorgesteld door:

$$Q(t) = 0 \quad \text{voor} \quad h(t) < h_0$$

$$Q(t) = c (h(t) - h_0)^m \quad \text{voor} \quad h(t) \geq h_0$$

$$h(t) = C_0 \cdot f(t)$$

met

$c$	= afvoercoëfficiënt van de ijkcurve	[ $m^{3-m}/s$ ]
$h$	= waterdiepte voor de meetstuw	[m]
$h_0$	= 0-niveau van de meetstuw	[m]
$m$	= machtscoëfficiënt van de ijkcurve	[-]
$C_0$	= coëfficiënt	[m]

In de parameterregel moeten nu achtereenvolgens, na het juiste regelnummer, subtype (= 2), het nummer van de tijdsfunctie  $f(t)$ , de coëfficiënt  $C_0$ ,  $h_0$ ,  $c$  en  $m$  ingevuld worden. Voor de tijdsfunctie kan weer elk van de in hoofdstuk 10 genoemde functies gekozen worden. Indien  $h$  een constante waarde heeft wordt als nummer van de tijdsfunctie "0" ingevuld en rekent Lympha met  $f(t)=1$ .

#### 5.4.3 Zelf te definiëren functie voor het debiet

Subtype 3 en 4 kunnen zelf gedefinieerd worden. Voor de zelf te definiëren functies zijn, net als voor alle andere functies, 8 parameters en een tijdsfunctie beschikbaar. In hoofdstuk 12 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

#### 5.5 Knooptype 3 : Het debiet als functie van de waterdiepte bovenstrooms

Met dit knooptype kan voor een knoop aan een benedenstrooms einde van het waterlopenstelsel een relatie tussen de waterdiepte en het uitstromend debiet

worden opgegeven. Knooptype 3 kan niet gebruikt worden indien de knoop aan een reservoir grenst.

Wanneer knooptype 3 gebruikt wordt, moet bij de definitie van de knoop in de file met netwerkgegevens (§ 4.2) het type = 3 worden opgegeven en het nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten staan waarmee voor deze knoop gerekend moet worden. Welke coëfficiënten ingevuld moeten worden is afhankelijk van het subtype van de knoop. Van dit knooptype zijn 10 subtypen. In tabel 5.3 wordt een overzicht gegeven van de verschillende coëfficiënten die voor ieder subtype op de parameterregel in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	!	!
format	4X	I8	I8				8(1PE12.3)
commentaar	subtype	f(t)-nummer	parameter	1	t/m	8	

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 5.3 Parameters voor de relatie in knopen van type 3

<u>Subtype</u>	<u>P1</u>	<u>P2</u>	<u>P3</u>	<u>P4</u>	<u>P5</u>	<u>P6</u>	<u>P7</u>	<u>P8</u>
1	c	m	p <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	p	D	B	α	β	γ	L
3	Q <sub>0</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>p</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	niet operationeel							
5	0.0	p	D	α	β	L	0.0	0.0
6	volgens eigen definitie							
7	volgens eigen definitie							
8	volgens eigen definitie							
9	volgens eigen definitie							
10	volgens eigen definitie							

### 5.5.1 Een overlaat met ongestuwde afvoer

Subtype 1 beschrijft het debiet over een vrij afvoerende stuw. Hiervoor geldt de relatie:

$$Q(t) = 0 \quad \text{voor} \quad h(t) < p(t)$$

$$Q(t) = c ( h(t) - p(t) )^m \quad \text{voor} \quad h(t) \geq p(t)$$

$$p(t) = p_0 \cdot f(t)$$

met

c	= afvoercoëfficiënt	[m <sup>3-m</sup> /s]
h	= waterdiepte voor de stuw ten opzichte van de bodem	[m]
p	= drempelhoogte ten opzichte van de bodem	[m]
m	= machtscoëfficiënt	[-]
p <sub>0</sub>	= constante	[m]

In de parameterregel moeten, na het juiste regelnummer, subtype (= 1), het nummer van de tijdsfunctie, c, m en p<sub>0</sub> ingevuld worden. Wanneer p constant is wordt "0" opgegeven als nummer van de tijdsfunctie, Lympa stelt dan f(t) = 1.

### 5.5.2 Een rechthoekige duiker met ongestuwde afvoer

Subtype 2 beschrijft het debiet door een vrij afvoerende rechthoekige duiker. Ten aanzien van de afvoerformule kunnen verschillende situaties worden onderscheiden:

$Q(t) = 0$	voor $h-p \leq 0$
$Q(t) = C_{df} \cdot B \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \frac{2}{3} \cdot (h-p) \cdot \sqrt{\frac{(h-p)}{3}}$	voor $0 < h-p \leq D$
$Q(t) = C_{dt} \cdot B \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \frac{2}{3} \cdot (h-p) \cdot \sqrt{\frac{(h-p)}{3}}$	voor $D < h-p \leq 3D/2$
$Q(t) = C_{dg} \cdot B \cdot \sqrt{(2g)} \cdot D \cdot \sqrt{(h-p-D)}$	voor $h-p > 3D/2$

waarbij

$$C_{df} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h-p}{L} \right) + \gamma \cdot \left( \frac{h-p}{L} \right)^2$$

$$C_{dg} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h-p}{D} \right) + \gamma \cdot \left( \frac{h-p}{D} \right)^2$$

$$C_{dt} = C_{d1} + 2 \cdot \frac{(h-p-D)}{D} \cdot (C_{d2} - C_{d1})$$

$$C_{d1} = C_{df}(h-p=D)$$

$$C_{d2} = C_{dg}(h-p=3D/2)$$

$$h = h(t)$$

met

h	= waterdiepte ten opzichte van de bodem	[m]
p	= drempelhoogte ten opzichte van de bodem	[m]
D	= hoogte van de duiker-opening	[m]
B	= breedte van de duiker-opening	[m]
L	= lengte van de duiker	[m]
g	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]
C <sub>dg</sub>	= afvoercoëfficiënt schuif (gate)	[-]
C <sub>df</sub>	= afvoercoëfficiënt overlaat (free surface flow)	[-]
C <sub>dt</sub>	= afvoercoëfficiënt overgangsgebied (transition)	[-]

Voor dit subtype moeten achtereenvolgens bij de parameters, na het juiste regelnummer, subtype (= 2), als nummer van de tijdsfunctie "0", en 0.0, p, D, B,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  en L worden opgegeven.

### 5.5.3 Een pomp

Subtype 3 beschrijft de onttrekking van een debiet aan een kanaalvak door middel van een pomp. In het algemeen zal het zo zijn dat de hoeveelheid water die kan worden opgepompt afneemt wanneer de waterdiepte afneemt. De pompcurve, de relatie die dit verband beschrijft, bestaat uit drie delen:

$$\begin{aligned}
 Q(t) &= 0 && \text{voor } h(t) \leq h_1 \\
 Q(t) &= Q_p(t) \cdot (3x^2 - 2x^3) && \text{voor } h_1 < h(t) < h_p \\
 Q(t) &= Q_p(t) && \text{voor } h_p \leq h(t) \\
 Q_p(t) &= Q_0 \cdot f(t)
 \end{aligned}$$

waarbij  $x = (h(t) - h_1)/(h_p - h_1)$  en  $0 < h_1 < h_p$

met

$Q_p$ = maximale pompdebiet	[m <sup>3</sup> /s]
$h_p$ = minimum niveau met maximaal pompdebiet	[m]
$h_1$ = laagste ontrekkingsniveau	[m]
$h$ = waterdiepte ten opzichte van de bodem	[m]

In de parameterregel worden nu, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens opgegeven; subtype (= 3), het nummer van de tijdsfunctie,  $Q_0$ ,  $h_1$  en  $h_p$ . Wanneer met een constante  $Q_p$  gerekend moet worden moet voor het nummer van de tijdsfunctie "0" worden opgegeven, Lympa stelt dan  $f(t) = 1$ .

### 5.5.4 Een niet-reflecterende rand

Subtype 4 is in de huidige versie van Lympa niet operationeel.

### 5.5.5 Een cirkelvormige duiker met ongestuwde afvoer

Subtype 5 beschrijft het debiet door een vrij afvoerende cirkelvormige duiker. ten aanzien van de afvoerformule kunnen verschillende situaties worden onderscheiden:

$$\begin{aligned}
 Q(t) &= 0 && \text{voor } h-p \leq 0 \\
 Q(t) &= C_{df} \cdot \frac{4}{15} \cdot \sqrt{(2g)} \cdot 2 \left( \frac{h-p}{D} \right)^{5/3} \cdot D^{5/2} && \text{voor } 0 < h-p \leq D
 \end{aligned}$$

$$Q(t) = C_{dt} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h-p-D/2)} \quad \text{voor } D < h-p \leq 2D$$

$$Q(t) = C_{dg} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h-p-D/2)} \quad \text{voor } h-p > 2D$$

waarbij

$$C_{df} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h-p}{L} \right)$$

$$C_{dg} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{L}{D} \right)$$

$$C_{dt} = 0.975 C_{d1} + \frac{(h-p-D)}{D} \cdot (0.975 C_{d1} - C_{dg})$$

$$C_{d1} = C_{df}(h-p-D)$$

$$h = h(t)$$

met

h	= waterdiepte ten opzichte van de bodem	[m]
p	= drempelhoogte ten opzichte van de bodem	[m]
D	= diameter van de duiker-opening	[m]
L	= lengte van de duiker	[m]
g	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]
C <sub>dg</sub>	= afvoercoëfficiënt schuif (gate)	[-]
C <sub>df</sub>	= afvoercoëfficiënt overlaat (free surface flow)	[-]
C <sub>dt</sub>	= afvoercoëfficiënt overgangsgebied (transition)	[-]

Voor dit subtype moeten achtereenvolgens bij de parameters, na het juiste regelnummer, subtype (= 5), als nummer van de tijdsfunctie "0", en 0.0, p, D, α, β en L worden opgegeven.

#### 5.5.6 Zelf te definiëren Q-h-relaties

Subtypen 6 t/m 10 kunnen door de gebruiker zelf gedefinieerd worden. Voor de zelf te definiëren relaties zijn, net als voor alle andere relaties, 8 parameters en een tijdsfunctie beschikbaar. In hoofdstuk 12 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

#### 5.6 Knooptype 4 ; Het debiet als functie van de waterdiepten boven- en benedenstrooms

Knooptype 4 is het laatste type waarover Lympa beschikt. Dit type is net als type 0 bedoeld om kunstwerken te beschrijven welke niet aan een buitenrand van het open waterlopenstelsel liggen maar die binnen het systeem kanaalvakken met

elkaar verbinden of kanaalvakken aan een reservoir koppelen. Op dit punt moet een restrictie aan het gebruik van dit knooptype gesteld worden. In een vertakt waterlopenstelsel moet, zoals in hoofdstuk 4 al werd aangegeven, op punten waar drie of vier kanalen bij elkaar komen een (fictief) reservoir worden gedefinieerd. Bovenstrooms aan zo'n reservoir van type 0 grenzende knopen mogen wel als een type 4 worden opgegeven, benedenstrooms aan zo'n reservoir van type 0 grenzende knopen mogen niet als een type 4 worden opgegeven. Wanneer twee kanaalvakken achter elkaar worden geschakeld mag knooptype 4 zonder restricties worden gebruikt.

Wanneer knooptype 4 gebruikt wordt, moet bij de definitie van de knoop in de file met netwerkgegevens (§ 4.2) het type = 4 worden opgegeven en het nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten staan waarmee voor deze knoop gerekend moet worden. Knooptype 4 kent acht subtypen. In tabel 5.4 wordt een overzicht gegeven van de verschillende coëfficiënten die voor ieder subtype op de betreffende parameterregel in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	...	!
format	4X	I8	I8				8(1PE12.3)
commentaar	subtype	f(t)-nummer				parameter	lt/m 8

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 5.4 Parameters voor de relatie in knopen van type 4

Subtype	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	$\Delta z$	$c_1$	m	$p_0$	a	b	c	d
2	$\Delta z$	p	D	B	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	L
3	$\Delta z$	$c_1$	m	$p_0$	a	b	c	d
	$\Delta z$	dwards	dwards	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		nr 1	nr 2					
4	$\Delta z$	1/2	$Q_p$	$\Delta h_0$	$Q_{max}$	$\Delta h_{max}$	$Q_0$	0.0
5	$\Delta z$	p	D	$\alpha$	$\beta$	L	0.0	0.0
6	$\Delta z$	volgens eigen definitie						
7	$\Delta z$	volgens eigen definitie						
8	$\Delta z$	volgens eigen definitie						

Dwarsdoorsnede nummer 1,  $Q_1$  en  $h_1$  hebben betrekking op respectievelijk de dwarsdoorsnede, het debiet en de waterdiepte in het bovenstroomse kanaalvak. Dwarsdoorsnede nummer 2,  $Q_2$  en  $h_2$  hebben daarentegen betrekking op de dwarsdoorsnede, het debiet en de waterdiepte in het benedenstroomse kanaalvak. De z-coördinaat die voor dit knooptype opgegeven wordt heeft betrekking op de bodemhoogte bovenstrooms van de knoop.  $\Delta z$  is positief in het geval de bodemhoogte benedenstrooms van de knoop lager ligt.



### 5.6.1 Een overlaat

Subtype 1 definieert een verdronken stuw waarvan de drempelhoogte als functie van de tijd kan worden opgegeven. Dit type stuw werkt in twee richtingen.

positieve stromingsrichting:  $h_1 \geq h_2 - \Delta z$

voor  $h_1 \leq p$        $Q = 0$

voor  $h_1 > p$        $Q = c_1 \cdot (h_1 - p)^m$       voor vrije afvoer

$Q = Cdr \cdot c_1 \cdot (h_1 - p)^m$       voor verdronken afvoer

met                     $S = (h_2 - p - \Delta z) / (h_1 - p)$

negatieve stromingsrichting:  $h_1 < h_2 - \Delta z$

voor  $h_2 \leq p + \Delta z$        $Q = 0$

voor  $h_2 > p + \Delta z$        $Q = -c_1 \cdot d \cdot (h_2 - p - \Delta z)^m$       voor vrije afvoer

$Q = Cdr \cdot c_1 \cdot (h_2 - p - \Delta z)^m$       voor verdronken afvoer

met                     $S = 2 - (h_1 - p) / (h_2 - p - \Delta z)$

waarbij

$$p = p_0 \cdot f(t)$$

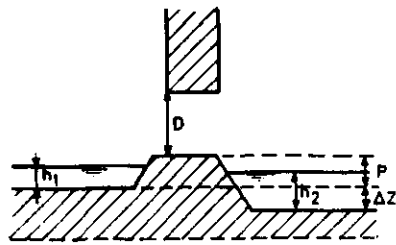
$$Cdr = -(2 / \pi) \cdot \arctan(a(S-1) + b(S-1)^2 + c(S-1)^3) \quad \text{voor } S \leq 1$$

$$Cdr = -(2d / \pi) \cdot \arctan((a(S-1) + b(S-1)^2 + c(S-1)^3) / d) \quad \text{voor } S > 1$$

met

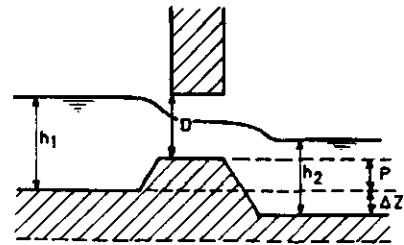
$h_1$	= waterdiepte bovenstrooms van de knoop	[m]
$h_2$	= waterdiepte benedenstrooms van de knoop	[m]
$\Delta z$	= hoogte van bodemval	[m]
$c_1$	= afvoercoëfficiënt	[m <sup>3-m</sup> /s]
$p$	= drempelhoogte van stuw cq bodemhoogte van flume	[m]
$m$	= machtscoëfficiënt	[-]
$S$	= verdrinkingsgraad	[-]
$Cdr$	= reductiefactor voor verdronken afvoer	[-]
$a, b, c, d$	= coëfficiënten die de reductiekromme beschrijven	[-]

De gegevens die nu in de parameterregel, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens ingevoerd moeten worden zijn; subtype (= 1), het nummer van de tijdsfunctie,  $\Delta z$ ,  $c_1$ ,  $m$ ,  $p_0$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en  $d$ . Wanneer "0" als nummer van de tijdsfunctie wordt opgegeven, kan met een constante drempelhoogte worden gerekend.



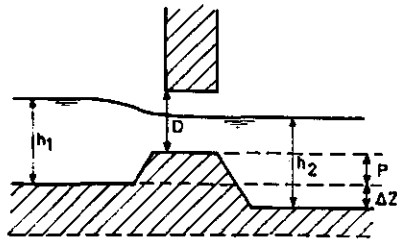
5.1

rechthoekig :  $h_1 - p \leq 0$   
 cirkelvormig :  $h_1 - p \leq 0$



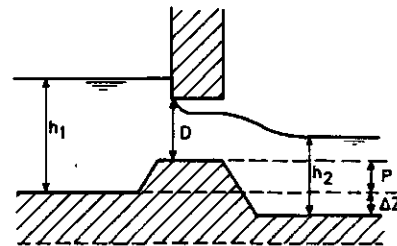
5.2

rechthoekig :  $0 < h_1 - p \leq D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq \frac{2}{3}(h_1 - p)$   
 cirkelvormig :  $0 < h_1 - p \leq D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq \frac{1}{4}(h_1 - p)$



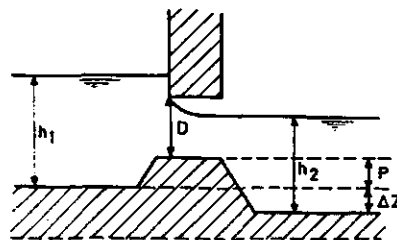
5.3

rechthoekig :  $0 < h_1 - p \leq D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > \frac{2}{3}(h_1 - p)$   
 cirkelvormig :  $0 < h_1 - p \leq D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > \frac{1}{4}(h_1 - p)$



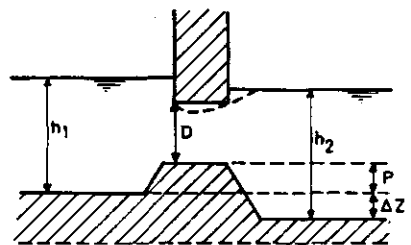
5.4

rechthoekig :  $D < h_1 - p \leq \frac{3}{2}D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq \frac{2}{3}(h_1 - p)$   
 cirkelvormig :  $D < h_1 - p \leq 2D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq \frac{1}{4}(h_1 - p)$



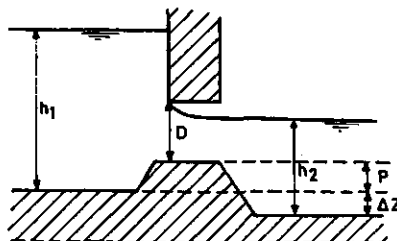
5.5

rechthoekig :  $D < h_1 - p \leq \frac{3}{2}D$ ,  $\frac{2}{3}(h_1 - p) < h_2 - \Delta z - p \leq D$   
 cirkelvormig :  $D < h_1 - p \leq 2D$ ,  $\frac{1}{4}(h_1 - p) < h_2 - \Delta z - p \leq D$



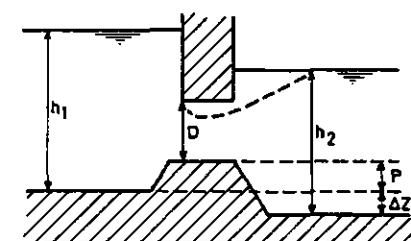
5.6

rechthoekig :  $D < h_1 - p \leq \frac{3}{2}D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > D$   
 cirkelvormig :  $D < h_1 - p \leq 2D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > D$



5.7

rechthoekig :  $h_1 - p > \frac{3}{2}D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq D$   
 cirkelvormig :  $h_1 - p > 2D$ ,  $h_2 - \Delta z - p \leq D$



5.8

rechthoekig :  $h_1 - p > \frac{3}{2}D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > D$   
 cirkelvormig :  $h_1 - p > 2D$ ,  $h_2 - \Delta z - p > D$

Figuur 5.1 t/m 5.8

### 5.6.2 Een rechthoekige duiker

Subtype 2 beschrijft het debiet door een duiker. Ten aanzien van de afvoerformulde kunnen verschillende situaties worden onderscheiden (zie figuren 5.1 t/m 5.8):

Voor  $h_1 - p \leq 0$ :

$$Q(t) = 0 \quad (\text{figuur 5.1})$$

Voor  $0 < h_1 - p \leq D$ :

$$Q(t) = C_{df} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot 2/3 \cdot (h_1 - p) \cdot \sqrt{(h_1 - p)/3}} \quad (\text{figuur 5.2})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq 2(h_1 - p)/3$

$$Q(t) = C_{df} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot h_2 \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)}} \quad (\text{figuur 5.3})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > 2(h_1 - p)/3$

Voor  $D < h_1 - p \leq 3D/2$ :

$$Q(t) = C_{dt} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot 2/3 \cdot (h_1 - p) \cdot \sqrt{(h_1 - p)/3}} \quad (\text{figuur 5.4})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq 2(h_1 - p)/3$

$$Q(t) = C_{dt} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot (h_2 - \Delta z - p) \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)}} \quad (\text{figuur 5.5})$$

voor  $2(h_1 - p)/3 < h_2 - \Delta z - p \leq D$

$$Q(t) = C_{dt} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot D \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)}} \quad (\text{figuur 5.6})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > D$

Voor  $h_1 - p > 3D/2$ :

$$Q(t) = C_{dg} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot D \cdot \sqrt{(h_1 - p - D)}} \quad (\text{figuur 5.7})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq D$

$$Q(t) = C_{dg} \cdot B \cdot \sqrt{(2g) \cdot D \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)}} \quad (\text{figuur 5.8})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > D$

waarbij

$$C_{df} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h_1 - p}{L} \right) + \gamma \cdot \left( \frac{h_1 - p}{L} \right)^2$$

$$C_{dg} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h_1 - p}{D} \right) + \gamma \cdot \left( \frac{h_1 - p}{D} \right)^2$$

$$C_{dt} = C_{d1} + 2 \left( \frac{h_1 - p}{D} - 1 \right) \cdot (C_{d2} - C_{d1})$$

$$C_{d1} = C_{df}(h_1 - p = D)$$

$$C_{dz} = C_{dg}(h_1 - p - 3D/2)$$

$$h_1 = h_1(t)$$

$$h_2 = h_2(t)$$

met

$h_1$	= waterdiepte bovenstrooms van de knoop	[m]
$h_2$	= waterdiepte benedenstrooms van de knoop	[m]
$p$	= drempelhoogte ten opzichte van de bodem	[m]
$D$	= hoogte van de duiker-opening	[m]
$B$	= breedte van de duiker-opening	[m]
$L$	= lengte van de duiker	[m]
$g$	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]
$C_{dg}$	= afvoercoëfficiënt schuif (gate)	[-]
$C_{df}$	= afvoercoëfficiënt overlaat (free surface flow)	[-]
$C_{dt}$	= afvoercoëfficiënt overgangsgebied (transition)	[-]

Voorafgaande aan de berekening van de afvoeren met bovenstaande formules, wordt eerst de stroomrichting bepaald door  $h_1(t)$  te vergelijken met  $h_2(t)$ . Indien  $(h_1(t) - p) < (h_2(t) - p - \Delta z)$  worden  $(h_1(t) - p)$  en  $(h_2(t) - p - \Delta z)$  met elkaar omgewisseld en krijgt  $Q$  een negatief teken.

Bij de parameters moeten bij dit subtype achtereenvolgens na het juiste regelnummer, subtype (= 2), als nummer van de tijdsfunctie "0",  $\Delta z$ ,  $p$ ,  $D$ ,  $B$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  en  $L$  worden opgegeven.

### 5.6.3 Kanaalverwijding of -vernauwing

Subtype 3 wordt toegepast wanneer er een aanzienlijke verbreding of versmalling van een waterloop optreedt, eventueel met een bodemval. Bij dit subtype dient echter de bodemval niet zo groot te zijn dat de bodem bovenstrooms van de knoop boven het waterpeil benedenstrooms van de knoop uit komt. In geval van een versmalling wordt de afvoerformule

$$Q = \sqrt{(2 \cdot g) \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)} / \sqrt{(A_1^2 - A_2^2)}}$$

met

$A_1$	= bovenstroomse kanaaldoorsnede	[m <sup>2</sup> ]
$A_2$	= benedenstroomse kanaaldoorsnede	[m <sup>2</sup> ]
$h_1$	= bovenstroomse waterdiepte	[m]
$h_2$	= benedenstroomse waterdiepte	[m]
$\Delta z$	= hoogte van bodemval	[m]

In geval van een verbreding wordt de afvoerformule

$$Q = \sqrt{g \cdot \sqrt{((A_1 \cdot A_2^2)/(A_2 - A_1))} \cdot \sqrt{(h_2 - \Delta z - h_1)}}$$

waarin de symbolen dezelfde betekenis hebben als in het geval van een versmalling. In de parameterregel moet, na het juiste regelnummer, achtereen-

volgens het subtype (= 3), "0" voor het nummer van de tijdsfunctie,  $\Delta z$ , het regelnummer met de dwarsdoorsnede-eigenschappen van het bovenstroomse kanaalvak en het regelnummer met de dwarsdoorsnede-eigenschappen van het bovenstroomse kanaalvak worden ingevoerd.

#### 5.6.4 Een vijzel of centrifugaalpomp

Met behulp van subtype 4 kan een gemaal gemodelleerd worden. Daarbij kan gekozen worden uit twee typen  $Q$ - $h_1$ - $h_2$ -relaties.

Het eerste type beschrijft de afvoer in het geval van een vijzel. De afvoerformule ziet er als volgt uit:

$$Q(t) = Q_p \cdot f(t)$$

met

$$Q_p = \text{pompdebiet} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Het debiet is constant voor een bepaald toerental. Variatie in het toerental kan in rekening worden gebracht via de tijdsfunctie. Indien geen tijdsfunctie wordt opgegeven is  $Q(t)$  constant en gelijk aan  $Q_p$ .

Het tweede type afvoerrelatie beschrijft de afvoer voor een centrifugaalpomp als functie van de opvoerhoogte  $\Delta h$ .

$$\Delta h = h_1 - (h_2 - \Delta z)$$

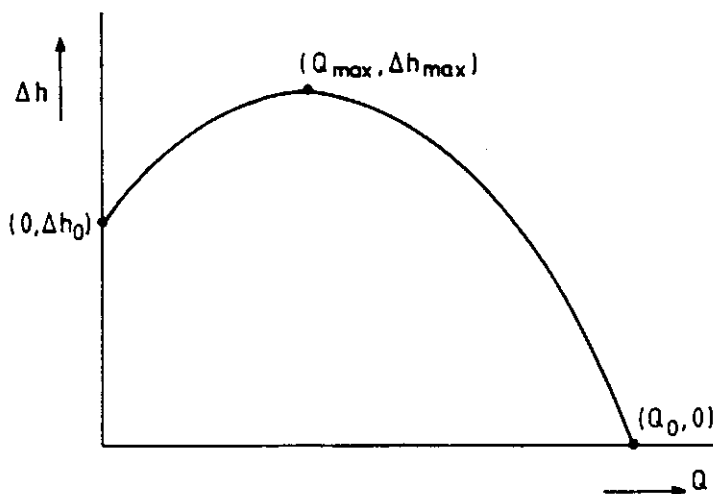
$$\Delta h = \text{opvoerhoogte} \quad [\text{m}]$$

$$h_1 = \text{waterdiepte bovenstrooms van de knoop} \quad [\text{m}]$$

$$h_2 = \text{waterdiepte benedenstrooms van de knoop} \quad [\text{m}]$$

$$\Delta z = \text{hoogte van bodemval} \quad [\text{m}]$$

Figuur 5.9 toont een voorbeeld van een pompkarakteristiek van een centrifugaalpomp.



Figuur 5.9 Pompkarakteristiek

De pompkarakteristiek kan benaderd worden door een tweedegraadskromme  $\Delta h = a \cdot Q^2 + b \cdot Q + c$ . Indien alleen het gedeelte rechts van  $(Q_{\max}, \Delta h_{\max})$  wordt meegenomen kan  $Q$  als eenduidige functie van  $\Delta h$  worden beschreven:

$$Q(t) = \frac{-b - \sqrt{(b^2 - 4a(c - \Delta h(t)))}}{2a}$$

waarbij

$$a = \frac{\Delta h_{\max} \cdot Q_0 - (Q_0 - Q_{\max}) \cdot \Delta h}{Q_0 \cdot Q_{\max}^2 - Q_0^2 \cdot Q_{\max}}$$

$$b = \frac{\Delta h_{\max} \cdot Q_0^2 - (Q_0 - Q_{\max}^2) \cdot \Delta h}{Q_0^2 \cdot Q_{\max} - Q_0 \cdot Q_{\max}^2}$$

$$c = \Delta h_0$$

Voor de betekenis van  $\Delta h_0$ ,  $Q_{\max}$ ,  $\Delta h_{\max}$  en  $Q_0$  wordt verwezen naar figuur 5.9. In de vergelijkingen waarmee de afvoerrelatie voor een centrifugaalpomp wordt beschreven komt geen tijdsfunctie voor. Toch moet een tijdsfunctie worden gebruikt om de pomp aan en uit te zetten. Indien  $f(t) < 0.001$  geldt  $Q(t) = 0$ . In alle andere gevallen wordt de bovenstaande formule voor  $Q(t)$  gehanteerd. Ook indien geen tijdsfunctie wordt ingevoerd wordt bovenstaande formule voor  $Q(t)$  gebruikt.

De formules voor een vijzel of centrifugaalpomp worden alleen toegepast indien de bovenstroomse en benedenstroomse waterstanden lager zijn dan de drempelhoogte. In het geval dat de bovenstroomse of benedenstroomse waterstand hoger is dan de drempelhoogte worden de formules voor een overlaat zoals beschreven in § 5.6.1 gebruikt. Dit heeft als consequentie voor de invoer dat voor dit subtype, twee regels met parameters moeten worden ingevoerd. Op de parameterregel waarnaar wordt verwezen bij de definitie van de knoop komt na het regelnummer, subtype (-4), het nummer van de tijdsfunctie,  $\Delta z$ , 1 of 2 voor respectievelijk een vijzel of een centrifugaalpomp,  $Q_p$ ,  $\Delta h_0$ ,  $Q_{\max}$ ,  $\Delta h_{\max}$  en  $Q_0$ . Indien als nummer van de tijdsfunctie "0" wordt opgegeven betekent dit dat de vijzel of centrifugaalpomp gedurende de gehele berekening in werking is. Op de parameterregel hieronder moeten de parameters worden opgegeven voor het geval het kunstwerk ter plaatse van de knoop als een overlaat gaat werken (zie hiervoor § 5.6.1).

### 5.6.5 Een cirkelvormige duiker

Subtype 5 beschrijft het debiet door een cirkelvormige duiker. Ten aanzien van de afvoerformule kunnen verschillende situaties worden onderscheiden (zie figuren 5.1 t/m 5.8):

Voor  $h_1 - p \leq 0$ :

$$Q(t) = 0$$

(figuur 5.1)

Voor  $0 < h_1 - p \leq D$ :

$$Q(t) = C_{df} \cdot \frac{4}{15} \cdot \sqrt{(2g)} \cdot 2 \left( \frac{h_1 - p}{D} \right)^{5/3} \cdot D^{5/2} \quad (\text{figuur 5.2})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq (h_1 - p)/2$

$$Q(t) = C_{df} \cdot \frac{4}{15} \cdot \sqrt{(2g)} \cdot 2 \left( \frac{h_1 - p}{D} \right)^{7/6} \cdot \sqrt{(2(h_1 - h_2 + \Delta z))} \cdot D^2 \quad (\text{figuur 5.3})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > (h_1 - p)/2$

Voor  $D < h_1 - p \leq 2D$ :

$$Q(t) = C_{dt} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h_1 - p - D/2)} \quad (\text{figuur 5.4})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq (h_1 - p)/2$

$$Q(t) = C_{dt} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)} \quad (\text{figuur 5.5})$$

voor  $(h_1 - p)/2 < h_2 - \Delta z - p \leq D$

$$Q(t) = C_{dt} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)} \quad (\text{figuur 5.6})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > D$

Voor  $h_1 - p > 2D$ :

$$Q(t) = C_{dg} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h_1 - p - D/2)} \quad (\text{figuur 5.7})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p \leq D$

$$Q(t) = C_{dg} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \sqrt{(2g)} \cdot \sqrt{(h_1 - h_2 + \Delta z)} \quad (\text{figuur 5.8})$$

voor  $h_2 - \Delta z - p > D$

waarbij

$$C_{df} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{h_1 - p}{L} \right)$$

$$C_{dg} = \alpha + \beta \cdot \left( \frac{L}{D} \right)$$

$$C_{dt} = 0.975 C_{d1} + \left( \frac{h_1 - p}{D} - 1 \right) \cdot (0.975 C_{d1} - C_{dg})$$

$$C_{d1} = C_{df}(h_1 - p = D)$$

$$h_1 = h_1(t)$$

$$h_2 = h_2(t)$$

met

$h_1$	= waterdiepte bovenstrooms van de knoop	[m]
$h_2$	= waterdiepte benedenstrooms van de knoop	[m]
$p$	= drempelhoogte ten opzichte van de bodem	[m]
$D$	= diameter van de duiker-opening	[m]
$L$	= lengte van de duiker	[m]
$g$	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]
$C_{dg}$	= afvoercoëfficiënt schuif (gate)	[-]
$C_{df}$	= afvoercoëfficiënt overlaat (free surface flow)	[-]
$C_{dt}$	= afvoercoëfficiënt overgangsg gebied (transition)	[-]

Voorafgaande aan de berekening van de afvoeren met bovenstaande formules, wordt eerst de stroomrichting bepaald door  $h_1(t)$  te vergelijken met  $h_2(t)$ . Indien  $(h_1(t)-p) < (h_2(t)-p-\Delta z)$  worden  $(h_1(t)-p)$  en  $(h_2(t)-p-\Delta z)$  met elkaar omgewisseld en krijgt  $Q$  een negatief teken.

Voor dit subtype moeten achtereenvolgens bij de parameters, na het juiste regelnummer, subtype (= 5), als nummer van de tijdsfunctie "0",  $\Delta z$ ,  $p$ ,  $D$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  en  $L$  worden opgegeven.

#### 5.6.6 Zelf te definiëren Q-h<sub>1</sub>-h<sub>2</sub>-relaties

Subtypen 4 t/m 8 kunnen door de gebruiker zelf gedefinieerd worden. Voor subtype 4 en 5 is reeds een Q-h<sub>1</sub>-h<sub>2</sub>-relatie gedefinieerd (zie § 5.6.4 en § 5.6.5). De source-listing van deze twee relaties is bijgevoegd in bijlage IX. Voor de overige zelf te definiëren relaties zijn, net als voor alle andere relaties, 8 parameters en een tijdsfunctie beschikbaar. In hoofdstuk 12 wordt hier uitgebreid op ingegaan.

## 6 DWARSPROFIELEN

Om bij een gegeven waterdiepte  $h$  de natte doorsnede  $A$ , de waterspiegelbreedte  $B$ , de natte omtrek  $P$  en de hydraulische straal  $R$  te kunnen berekenen, moeten per kanaalvak gegevens betreffende de geometrie van het dwarsprofiel van het kanaalvak worden ingevoerd. In de file met netwerkgegevens (§ 4.5) is daarom een apart informatieblok opgenomen om de gegevens van de dwarsprofielen op te kunnen geven. Op de eerste regel van dit informatieblok staat het aantal gedefinieerde dwarsprofielen vermeld. Daarna volgen in opeenvolgende nummering de beschrijvingen van de dwarsprofielen. Afhankelijk van het type dwarsprofiel worden één of meerdere regels voor de beschrijving van één dwarsprofiel gebruikt. In Lympha zijn 4 mogelijke manieren om het dwarsprofiel te beschrijven opgenomen. Welke gegevens per type dwarsprofiel moeten worden opgegeven, staat samengevat in tabel 6.1 en wordt besproken in de volgende paragrafen. Naast de gegevens voor de geometrie van het dwarsprofiel moet voor elk kanaalvak de maximaal toelaatbare waterdiepte worden aangegeven. Het dwarsprofiel wordt verondersteld voor het gehele kanaalvak hetzelfde te zijn.



Tabel 6.1 Coëfficiënten voor het dwarsprofiel

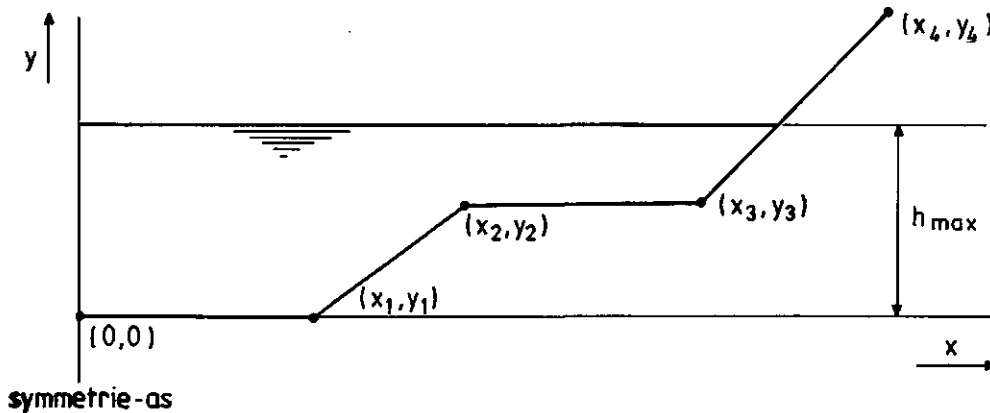
Type	Coëfficiënt 1	Coëfficiënt 2
1	n	0.0
2	n	m
3	b	z
4	niet operationeel	

Het vereiste format is:

	1	5	10	15	20	25	30	35	40	45
	!...!...!...!...!...!...!...!...!...!...!									
format	I4	I8	F12.3		F12.3		F12.3			
commentaar	type		hmax	coëff. 1	coëff. 2					

6.1 Puntsgewijze invoer, symmetrisch

Bij dit type dwarsprofiel wordt de geometrie ingevoerd met behulp van een lokaal cartesisch assenstelsel (x-as horizontaal, y-as verticaal). Het punt (0,0) ligt op de symmetrieas op de kanaalbodem. Dit punt hoeft niet opgegeven te worden. In verband met de symmetrie hoeft maar de helft van het dwarsprofiel te worden ingevoerd. Dit gebeurt door vanaf het punt (0,0) de x- en y-coördinaten van de knikpunten in het profiel op te geven. Tussen deze punten wordt lineair geïnterpoleerd. Een en ander wordt duidelijk gemaakt in figuur 6.1.



**Figuur 6.1 Symmetrisch profiel**

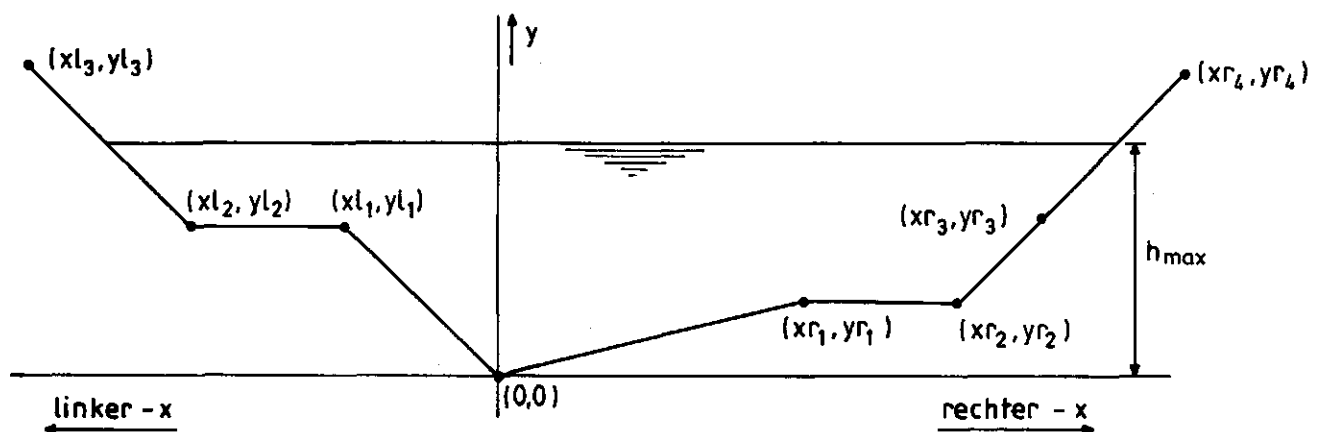
Op de eerste regel die dit type dwarsprofiel beschrijft, moet na 4 posities die gereserveerd zijn voor commentaar, het type (= 1) worden vermeld gevolgd door de maximaal toelaatbare waterdiepte, het aantal coördinaatparen- $(x_j, y_j)$  n en op de laatste plaats een "0". Hierna volgen n regels waarop onder elkaar de n  $(x_j, y_j)$ -paren worden ingevoerd met het volgende format:

	1	5	10	15	20	25
	!	!	!	!	!	!
format	4X		F12.3		F12.3	
commentaar			$x_1$		$y_1$	
			$x_2$		$y_2$	
			.		.	
			.		.	
			.		.	
			$x_n$		$y_n$	

Hierbij moeten alle  $x_j$  positief zijn en  $y_{j+1} > y_j$ . De coördinaten worden opgegeven in [m].

### 6.2 Puntsgewijze invoer, asymmetrisch

Bij dit type dwarsprofiel wordt net als bij het vorige type (§ 6.1) de geometrie ingevoerd met behulp van een lokaal cartesisch assenstelsel (x-as horizontaal, y-as verticaal). De oorsprong van het lokale assenstelsel, het punt (0,0), wordt in het laagste punt van het profiel gelegd. Dit punt hoeft niet opgegeven te worden. Vanaf het punt (0,0) moeten nu voor zowel rechts als links van de y-as de x- en y-coördinaten van de knikpunten in het profiel worden opgegeven. Tussen deze punten wordt lineair geïnterpoleerd. In figuur 6.2 staat een voorbeeld van dit type dwarsprofiel gegeven.



**Figuur 6.2** Asymmetrisch profiel

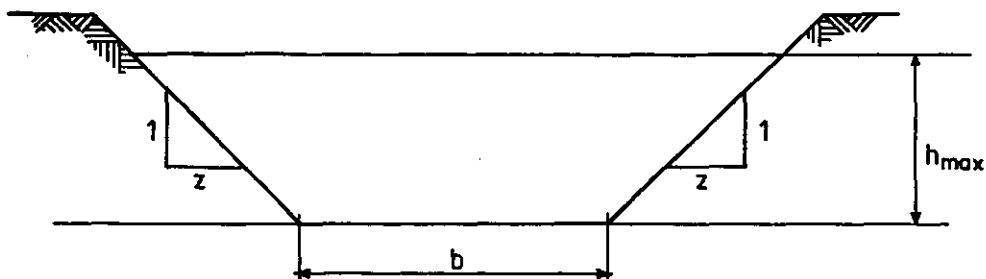
Op de eerste regel die dit type dwarsprofiel beschrijft, moet na 4 posities die gereserveerd zijn voor commentaar, het type (= 2) worden vermeld gevolgd door de maximaal toelaatbare waterdiepte, het aantal coördinaatparen- $(x_j, y_j)$  rechts van de oorsprong  $n$  en het aantal coördinaatparen- $(x_j, y_j)$  links van de oorsprong  $m$ . Hierna volgen  $n$  regels waarop onder elkaar de  $n$   $(x_j, y_j)$ -paren voor het rechterdeel van het dwarsprofiel worden opgegeven. Daarna volgen direct  $m$  regels waarop onder elkaar de  $m$   $(x_j, y_j)$ -paren voor het linkerdeel van het dwarsprofiel worden opgegeven. Het volgende format moet worden gebruikt:

	1	5	10	15	20	25
	!	!	!	!	!	!
format	4X		F12.3		F12.3	
commentaar			$xr_1$		$yr_1$	
			$xr_2$		$yr_2$	
			.		.	
			.		.	
			.		.	
			$xr_n$		$yr_n$	
			$xl_1$		$yl_1$	
			$xl_2$		$yl_2$	
			.		.	
			.		.	
			$xl_m$		$yl_m$	

Hierbij moeten alle  $xr_j > 0$  en alle  $xl_j < 0$  zijn en verder moet gelden  $yr_{j+1} > yr_j$  en  $yl_{j+1} > yl_j$ . De coördinaten worden opgegeven in [m].

### 6.3 Trapeziumvormig profiel

Eenvoudige profielvormen kunnen met veel minder invoer worden gedefinieerd. Met het hier gedefinieerde type kunnen trapeziumvormen, driehoeken en rechthoeken opgegeven worden. Het profiel wordt gedefinieerd door achtereenvolgens op te geven; na 4 posities die gereserveerd zijn voor commentaar, het type (- 3), gevolgd door de maximaal toelaatbare waterdiepte [m], de bodembreedte [m] en de taludhellingcoëfficiënt  $z$  [-]. In figuur 6.3 wordt de betekenis van de taludhellingcoëfficiënt  $z$  aangegeven. Voor dit type dwarsprofiel hoeft dus maar één regel met gegevens te worden opgegeven, volgens het format dat in de inleiding van hoofdstuk 6 staat gegeven.



**Figuur 6.3** Trapezium, driehoekig of rechthoekig profiel.

### 6.4 Drukleiding

Subtype 4 (cirkelvormige buis met Preissmann-slot) is in de huidige versie van Lympha niet operationeel.

## 7 WEERSTANDSFORMULES

In de file met netwerkgegevens wordt per kanaalvak een serie parameters opgegeven voor de beschrijving van het weerstandsverhang in het kanaalvak (§ 4.3). Per kanaalvak geldt één weerstandsformule met een coëfficiënt die constant is voor het gehele kanaalvak. Het weerstandsverhang kan in de lengterichting van een kanaalvak variëren ten gevolge van verschillen in waterdiepte en debiet.

Binnen Lympha heeft kan uit 7 verschillende weerstandsformules gekozen worden, die in de volgende paragrafen worden beschreven. De voorgeprogrammeerde weerstandsformules van type 1 t/m 5 zijn geldig voor gevallen waarin er sprake is van turbulente stroming langs een hydraulisch ruwe wand. Type 6 en 7 moeten door de gebruiker zelf gedefinieerd worden en zouden bijvoorbeeld gebruikt kunnen worden voor andere stromingssituaties.

In tabel 7.1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende parameters die voor ieder type weerstandsformule in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	!	!
format	4X		I8		I8		8(1PE12.3)
commentaar		type		f(t)-nummer		parameter	1 t/m 8

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 7.1 Parameters voor het weerstandsverhang

Type	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	C <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Km <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	n <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	kN <sub>0</sub>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	kN <sub>0</sub>	ΣA <sub>1</sub> /L	D	T	a	b	c	d
6	volgens eigen definitie							
7	volgens eigen definitie							

### 7.1 Type 1 : De formule van Chézy

Type 1 van de weerstandsformules is de formule van Chézy. De gebruikte vergelijking is

$$S_f = (Q \cdot |Q|) / (C^2 \cdot A^2 \cdot R)$$

$$C = C_0 \cdot f(t)$$

met

$S_f$	= weerstandsverhang	[-]
$Q$	= debiet	[m <sup>3</sup> /s]
$C$	= coëfficiënt van Chézy	[m <sup>4</sup> /s]
$A$	= natte doorsnede van de waterloop	[m <sup>2</sup> ]
$R$	= hydraulische straal	[m]

In de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het betreffende kanaalvak wordt, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens het type (= 1), het nummer van de tijdsfunctie en  $C_0$  opgegeven. Wanneer  $C$  niet verandert in de tijd, moet tijdsfunctie "0" worden opgegeven en wordt gerekend met  $f(t)=1$ .

### 7.2 Type 2 : De formule van Manning (Km)

De berekening van het weerstandsverhang op basis van de formule van Manning gebruikt de vergelijking

$$S_f = ( Q \cdot |Q| ) / ( K_m^2 \cdot A^2 \cdot R^{4/3} )$$

$$K_m = K_{m_0} \cdot f(t)$$

met

$S_f$	= weerstandsverhang	[-]
$Q$	= debiet	[m <sup>3</sup> /s]
$K_m$	= ruwheids coëfficiënt volgens Manning	[m <sup>1/3</sup> /s]
$A$	= natte doorsnede van de waterloop	[m <sup>2</sup> ]
$R$	= hydraulische straal	[m]

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het betreffende kanaalvak wordt, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens het type (= 2), het nummer van de tijdsfunctie en  $K_{m_0}$  opgegeven. Wanneer met een constante waarde voor  $K_m$  gerekend moet worden wordt "0" opgegeven voor het nummer van de tijdsfunctie,  $f(t)$  is dientengevolge gelijk aan 1.

### 7.3 Type 3 : De formule van Manning (n)

Een alternatieve schrijfwijze van de formule van Manning is de volgende:

$$S_f = ( Q \cdot |Q| \cdot n^2 ) / ( A^2 \cdot R^{4/3} )$$

$$n = n_0 \cdot f(t)$$

met

$S_f$	= weerstandsverhang	[-]
$Q$	= debiet	[m <sup>3</sup> /s]

n	= ruwheidscoëfficiënt volgens Manning	$[m^{-1/3}s]$
A	= natte doorsnede van de waterloop	$[m^2]$
R	= hydraulische straal	$[m]$

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het betreffende kanaalvak wordt, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens het type (= 3), het nummer van de tijdsfunctie en  $n_0$  opgegeven. Wanneer met een constante waarde voor n gerekend moet worden wordt "0" opgegeven voor het nummer van de tijdsfunctie en rekent Lympha met  $f(t) = 1$ .

#### 7.4 Type 4 : De formule van Nikuradse

De berekening van het weerstandsverhang op basis van de formule van Nikuradse gebruikt de vergelijking

$$C = 18 \cdot \log(12 \cdot R / kN)$$

$$S_f = (Q \cdot |Q|) / (C^2 \cdot A^2 \cdot R)$$

$$kN = kN_0 \cdot f(t)$$

met

C	= equivalente ruwheidscoëfficiënt	$[m^{1/2}/s]$
R	= hydraulische straal	$[m]$
kN	= wandruwheid volgens Nikuradse	$[m]$
$S_f$	= weerstandsverhang	$[-]$
Q	= debiet	$[m^3/s]$
A	= natte doorsnede van de waterloop	$[m^2]$

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het betreffende kanaalvak wordt, na het juiste regelnummer, het type (= 4), het nummer van de tijdsfunctie en  $kN_0$  opgegeven. Wanneer met een constante wandruwheid gerekend moet worden, wordt "0" opgegeven voor het nummer van de tijdsfunctie, Lympha stelt dan  $f(t) = 1$ .

#### 7.5 Type 5 : De vegetatie formule

Bij berekening van het weerstandsverhang op basis van de vegetatie formule wordt de stromingsweerstand ten gevolge van de wanden in rekening gebracht met de formule van Nikuradse (iets anders geformuleerd dan in de vorige paragraaf)

$$S_f = \lambda \cdot Q \cdot |Q| / (2 \cdot g \cdot A^2 \cdot R)$$

waarbij

$$\lambda = (2 \cdot g) / (18 \cdot \log(12 \cdot R / kN))^2$$

$$kN = kN_0 \cdot f(t)$$

met

$S_f$	= weerstandsverhang	[-]
$A$	= natte doorsnede van de waterloop	[m <sup>2</sup> ]
$R$	= hydraulische straal	[m]
$kN$	= wandruwheid volgens Nikuradse	[m]
$\lambda$	= weerstandcoëfficiënt	[-]
$g$	= versnelling van de zwaartekracht	[m/s <sup>2</sup> ]

Het weerstandsverhang ten gevolge van de vegetatie wordt in rekening gebracht door de volgende vergelijkingen

$$\xi = ((a \cdot Re + b) \cdot Re + c) \cdot Re + d$$

waarbij

$$Re = Q \cdot D / (A \cdot \nu)$$

$$\nu = 0.001792 / (1003.0 + 34.08 \cdot T + 0.2265 \cdot T^2)$$

$$S_f = ( \xi \cdot ((\Sigma A_1)/L) \cdot Q \cdot |Q| ) / ( 2 \cdot g \cdot A^3 )$$

met

$\xi$	= weerstandcoëfficiënt, te bepalen uit de specifieke stroming rond sloot vegetatie.	[-]
$Re$	= getal van Reynolds	[-]
$\nu$	= viscositeit van water	[m <sup>2</sup> /s]
$a, b, c, d$	= empirische coëfficiënten	[-]
$T$	= temperatuur van het water	[°C]
$D$	= stengel diameter	[m]
$(\Sigma A_1)/L$	= gemiddeld vegetatie oppervlak in een kanaal met de lengte $L$ , loodrecht op de stroomrichting	[m]

Deze twee weerstandsverhangen worden nu gesommeerd waaruit het totale weerstandsverhang volgt:

$$S_f = ((\xi \cdot (\Sigma A_1)/L)/A + \lambda/R) \cdot ( Q \cdot |Q| ) / ( 2 \cdot g \cdot A^2 )$$

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het betreffende kanaalvak wordt, na het juiste regelnummer, achtereenvolgens het type (= 5), het nummer van de tijdsfunctie,  $kN_0$ ,  $(\Sigma A_1)/L$ ,  $D$ ,  $T$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en  $d$  opgegeven. Wanneer met een constante wandruwheid gerekend moet worden, wordt "0" opgegeven voor het nummer van de tijdsfunctie. Lympa stelt dan  $f(t)$  gelijk aan 1. Naar de waarden van de coëfficiënten  $a$ ,  $b$ ,  $c$  en  $d$  is op de LUW nog onderzoek gedaan.

## 7.6 Type 6 en 7 : Zelf te definiëren weerstandsformules

Voor de zelf te definiëren relaties moet ook een serie van 8 parameters worden opgegeven evenals een tijdsfunctie. Het zelf definiëren van de weerstandsformules wordt beschreven in hoofdstuk 12.

## 8 ZIJDELINGSE TOE- OF AFVOER

In Lympha bestaat de mogelijkheid om per kanaalvak een of andere vorm van zijdelingse toestroming te definiëren. Bij de definitie van de kanaalvakken moet per kanaalvak worden opgegeven in welke parameterregel het type zijdelingse toe- of afvoer en de bijbehorende coëfficiënten gespecificeerd zijn.

Onder zijdelingse toe- of afvoer wordt verstaan dat over de gehele lengte van een kanaalvak water toestroomt of het kanaalvak verlaat. Deze toestroming wordt over de totale lengte van een kanaalvak constant verondersteld en wordt per eenheid kanaallengte opgegeven. Is er slechts toe- of afvoer op één plaats, dan moet het kanaalvak in twee secties verdeeld worden en moet op deze plaats een reservoir met een extra knoop gesitueerd worden.

Er zijn zes typen zijdelingse toevoer gedefinieerd, die in de volgende paragrafen besproken worden. Wanneer in plaats van toevoer, afvoer gedefinieerd moet worden dan kan dat door de toevoer als negatieve waarde op te geven.

In tabel 8.1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende parameters die voor ieder type zijdelingse toe- of afvoer in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Het vereiste format ziet er als volgt uit (zie ook § 4.6):

	1	5	10	15	20	...	116
	!	!	!	!	!	...	!
format	4X	I8	I8				8(1PE12.3)
	commentaar	type	f(t)-nummer			parameter 1	t/m 8

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld.

Tabel 8.1 Parameters voor zijdelingse toe- of afvoer

Type	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	$N_0$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	$h_0$	Wrad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	$n_0$	$h_0$	Wrad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	$R_0$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	volgens eigen definitie							
6	volgens eigen definitie							

### 8.1 Type 1 : Neerslag en verdamping

In geval van neerslag op of verdamping vanuit het wateroppervlak is de "zijdelingse" toevoer gedefinieerd als:

$$qlat(t) = B \cdot N_0 \cdot f(t)$$



met

qlat	= zijdelingse toe- of afvoer per eenheid kanaallengte	[m <sup>2</sup> /s]
B	= breedte van het kanaal aan het oppervlak	[m]
N <sub>0</sub>	= neerslag/verdampings intensiteit	[m/s]

Op de parameterregel waarnaar bij de definitie van het kanaalvak wordt verwezen, worden, na het juiste regelnummer, het type (= 1), het nummer van de tijdsfunctie en N<sub>0</sub> opgegeven. Als het nummer van de tijdsfunctie "0" is, wordt met f(t) = 1 gerekend.

### 8.2 Type 2 : Kwel en wegzijging

In geval van kwel vanuit of wegzijging naar het grondwater is de zijdelingse toevoer gedefinieerd als:

$$qlat(t) = P \cdot S(t)$$

Indien de stijghoogte van het grondwater als functie van de tijd is gegeven, kan de voedings- of wegzijgingsintensiteit S met de volgende formule berekend worden:

$$S(t) = (h_0 \cdot f(t) - h) / Wrad$$

met

qlat	= zijdelingse toe- of afvoer per eenheid kanaallengte	[m <sup>2</sup> /s]
P	= natte omtrek	[m]
S	= kwel- of wegzijgingsintensiteit	[m/s]
h <sub>0</sub>	= stijghoogte van het grondwater ten opzichte van de kanaalbodem	[m]
h	= waterdiepte van het kanaal	[m]
Wrad	= radiale stromingsweerstand	[s]

Op de parameterregel waarnaar bij de definitie van het kanaalvak wordt verwezen, worden na het juiste regelnummer, het type (= 2), het nummer van de tijdsfunctie, h<sub>0</sub> en Wrad opgegeven. Bij een constante stijghoogte van het grondwater moet voor het nummer van de tijdsfunctie "0" worden opgegeven en rekt Lympa met f(t) = 1.

### 8.3 Type 3 : Combinatie van neerslag/verdamping en kwel/wegzijging

In geval er zowel neerslag of verdamping als kwel of wegzijging optreedt wordt de definitie van de zijdelingse toevoer:

$$qlat = B \cdot N_0 \cdot f(t) + P \cdot (h_0 - h) / Wrad$$

met

qlat	= zijdelingse toe- of afvoer per eenheid kanaallengte	[m <sup>2</sup> /s]
------	---	---------------------

B	= breedte van het kanaal aan het oppervlak	[m]
$N_0$	= neerslag/verdamping intensiteit	[m/s]
P	= natte omtrek	[m]
$h_0$	= stijghoogte van het grondwater ten opzichte van de kanaalbodem	[m]
h	= waterdiepte	[m]
Wrad	= radiale stromingsweerstand	[s]

Alleen de neerslag of verdamping is nu een functie van de tijd, terwijl de stijghoogte van het grondwater constant is. Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het kanaalvak, worden na het juiste regelnummer, het type (= 3), het nummer van de tijdsfunctie,  $N_0$ ,  $h_0$  en Wrad opgegeven. Indien de neerslag of verdamping niet varieert in de tijd moet als nummer van de tijdsfunctie "0" worden opgegeven en rekent Lympha met  $f(t) = 1$ .

#### 8.4 Type 4 ; Runoff

In geval van oppervlakte afvoer wordt de definitie van de zijdelingse toevoer:

$$q_{lat} = R_0 \cdot f(t)$$

met

$q_{lat}$	= zijdelingse toe- of afvoer per eenheid kanaallengte	[m <sup>2</sup> /s]
$R_0$	= oppervlakte afvoer per meter kanaallengte	[m <sup>2</sup> /s]

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het kanaalvak, worden na het juiste regelnummer, het type (= 4), het nummer van de tijdsfunctie en  $R_0$  opgegeven. De runoff wordt op deze wijze gegeven als functie van de tijd. Indien als nummer van de tijdsfunctie "0" wordt opgegeven, rekent Lympha met  $f(t) = 1$  en is er dus sprake van constante runoff.

#### 8.5 Type 5 en 6 ; Zelf te definiëren zijdelingse toe- of afvoer

Voor de zelf te definiëren relaties moet ook een serie van 8 parameters worden opgegeven evenals een tijdsfunctie. Het zelf definiëren van zijdelingse toestroming van het type 5 of 6 wordt beschreven in hoofdstuk 12.

## 9. RESERVOIRS

Bij de schematisering van een open waterlopenstelsel kan gebruik worden gemaakt van reservoirs. Enerzijds kunnen reservoirs in de schematisering worden opgenomen op plaatsen waar zich in de werkelijkheid ook reservoirs bevinden. Anderzijds moeten reservoirs worden opgenomen op plaatsen waar meer dan 2 kanaalvakken samenkomen, ook al bevindt zich in de werkelijkheid hier geen reservoir. Voor zo'n situatie kan een "leeg" reservoir (§ 9.1) gedefinieerd worden.

Het type reservoir bepaalt met behulp van welke functie de relatie tussen de inhoud van het reservoir en de waterdiepte in het reservoir ten opzichte van het nulniveau  $z_0$  van het reservoir, beschreven wordt. ( $z_0$  wordt gedefinieerd ten opzichte van het referentievlak dat wordt gebruikt voor de z-coördinaten van de knopen.) De uitstroom van een reservoir wordt bepaald door de Q-h-relatie van de benedenstroomse knoop aan het reservoir, en houdt geen verband met het type reservoir. Tijdens de berekening van de waterstroming worden de inhoud-waterdiepte-relaties gebruikt om uitgaande van de inhoud van elk van de reservoirs de waterdiepte in de reservoirs te bepalen. Voor een reservoir wordt een eenduidige waterdiepte verondersteld. De stromingsweerstand in de reservoirs wordt verwaarloosd.

Er zijn naast de zogenaamde "lege" reservoirs (type 0), 2 functies voor-geprogrammeerd die een inhoud-waterdiepte-relatie beschrijven:

- Type 1 : een derdegraads veelterm
- Type 2 : lineaire interpolatie tussen door de gebruiker opgegeven inhoud-waterdiepte-paren

Daarnaast kan de gebruiker zelf nog 2 typen definiëren. In tabel 9.1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende parameters die voor ieder type inhoud-waterdiepte-relatie in de file met netwerkgegevens moeten worden opgegeven. Voor een verklaring van de gebruikte symbolen wordt verwezen naar § 9.1 t/m 9.4 waar de verschillende typen reservoirs worden besproken. De parameters moeten met het volgende format worden ingevoerd (zie ook § 4.6):

```

      1   5   10   15   20           ...           116
      !...!...!...!...!           ...           !.
format   4X      I8      I8           8(1PE12.3)
commentaar type f(t)-nummer   parameter 1 t/m 8

```

Indien niet alle 8 parameters worden gebruikt voor het definiëren van een relatie, moet voor de parameters die niet worden gebruikt een "0" worden ingevuld. Voor reservoirs van type 0 hoeven geen parameters te worden opgegeven.

Tabel 9.1 Parameters voor inhoud-waterdiepte-relaties

Type	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	$z_0$	$I_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	0.0	0.0	0.0
2	$h_0$	$\Delta h$	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$	$I_5$	$I_6$
3	volgens eigen definitie							
4	volgens eigen definitie							

### 9.1 Reservoirtype 0 : reservoirs zonder inhoud

Dit is het zogenaamde "lege reservoir", een reservoir met alleen een schakelfunctie. Dit reservoir bevat geen water, het geeft alleen maar waterdiepten en debieten door tussen de aangekoppelde kanaalvakken tijdens het rekenproces. In de definitie van dit reservoir in de invoerfile worden alleen de aangrenzende knopen ingevoerd. Als nummer van de parameterregel waar de coëfficiënten van de inhoud-waterdiepte-relatie van het reservoir staan moet "0" worden ingevoerd, het reservoir heeft geen inhoud.

### 9.2 Reservoirtype 1 : inhoud-waterdiepte-relatie beschreven met behulp van een derdegraads veelterm

Voor zeer veel kunstmatig gegraven reservoirs met een regelmatige vorm is de inhoud van het reservoir te schrijven als een derdegraads veelterm van de waterdiepte:

$$I = \alpha_1 \cdot h^3 + \alpha_2 \cdot h^2 + \alpha_3 \cdot h \quad \text{voor } I \leq I_{\max}$$

met

$I_{\max}$	= maximaal reservoir-inhoud	[m <sup>3</sup> ]
$I$	= reservoir-inhoud	[m <sup>3</sup> ]
$h$	= waterdiepte in het reservoir	[m]
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	= uit metingen te bepalen constanten	[- , m, m <sup>2</sup> ]
$z_0$	= nulniveau van het reservoir ten opzichte van het referentievlak van de z-coördinaten van de knopen	[m]

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het reservoir, worden, na het juiste regelnummer, het type (= 1), als nummer van de tijdsfunctie "0", het bodemniveau ten opzichte van het referentie stelsel  $z_0$ ,  $I_0$ ,  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ , en  $\alpha_3$  opgegeven.

### 9.3 Reservoirtype 2 : inhoud-waterdiepte-relatie beschreven met behulp van een meetreeks

Dit reservoirtype gebruikt een gemeten inhoud-waterdiepte-relatie waarbij de reservoirinhoud  $I$  gegeven is voor een aantal waterdiepten  $h$  welke een constante  $\Delta h$  van elkaar verschillen. De waterdiepte in het reservoir wordt nu berekend, uitgaande van de actuele reservoirinhoud, door middel van lineaire interpolatie. De relatie kan in maximaal zes stappen worden opgegeven. Voor  $h = 0$  wordt  $I = 0$  aangehouden. In figuur 9.1 is een voorbeeld van deze inhoud-waterdiepte-relatie gegeven.

Bij een gegeven reservoirinhoud  $I$  wordt het niveau  $i$  gezocht, zodat:

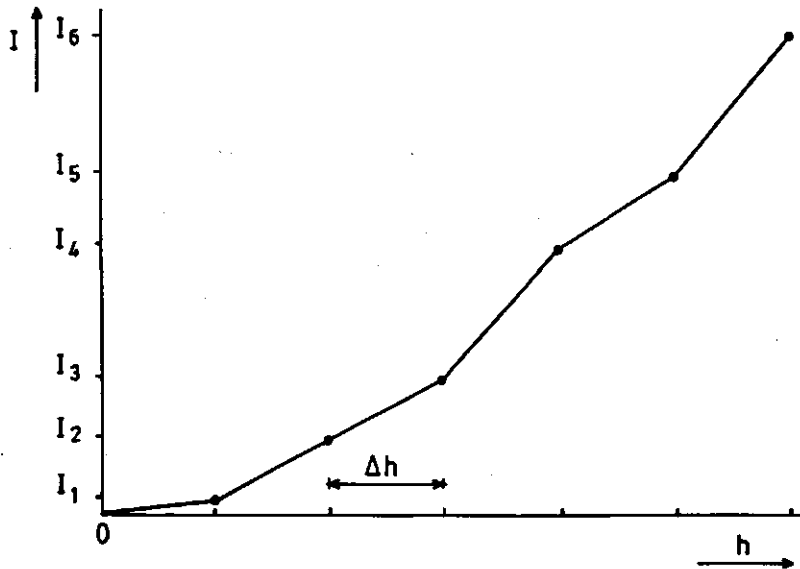
$$I_i < I \leq I_{i+1}$$

en

$$h = \Delta h \cdot \left( i + \frac{I - I_1}{I_{i+1} - I_1} \right)$$

met

$h$  = waterstand in het reservoir ten opzichte van het nulniveau [m]  
 $\Delta h$  = hoogteverschil tussen de niveau's [m]  
 $I$  = inhoud van het reservoir [m<sup>3</sup>]  
 $z_0$  = nulniveau van het reservoir ten opzichte van het referentievlak van de z-coördinaten van de knopen [m]



**Figuur 9.1 Lineaire interpolatie van reservoirinhoud en -waterdiepte**

Op de parameterregel waarnaar verwezen wordt bij de definitie van het reservoir, worden, na het juiste regelnummer, het type (= 2), als nummer van de tijdsfunctie "0", het bodemniveau ten opzichte van het referentiestelsel  $z_0$ ,  $\Delta h$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ ,  $I_4$ ,  $I_5$  en  $I_6$  opgegeven.

#### 9.4 Reservoirtype 3 en 4 ; zelf te definiëren inhoud-waterdiepte-relaties

Voor de zelf te definiëren relaties moet ook een serie van 8 parameters worden opgegeven evenals een tijdsfunctie. Het zelf definiëren van de reservoirtypen 3 en 4 wordt beschreven in hoofdstuk 12.

## 10 TIJDSFUNCTIES

Bij de relaties die in de hoofdstukken 5, 7 en 8 worden besproken is het steeds mogelijk één van de op te geven variabelen te laten variëren in de tijd. Dit gebeurt met een vergelijking in de vorm van:

$$C = C_0 \cdot f(t)$$

met

$$C_0 = \text{de waarde van de variabele op tijdstip } t = 0 \quad [s]$$

De te gebruiken tijdsfunctie  $f(t)$  wordt steeds opgegeven door een nummer dat opgegeven wordt in de regel met de parameters voor de betreffende relatie in de file met netwerkgegevens (§ 4.6). Indien de variabele  $C$  constant is in de tijd kan voor het nummer van de tijdsfunctie een "0" worden ingevuld. De functiewaarde  $f(t)$  wordt dan automatisch gelijk aan 1 voor alle  $t$ .

De tijdsfuncties worden in een aparte file opgeslagen. De file met de tijdsfuncties bestaat uit één informatieblok dat voorafgegaan wordt door een aantal regels met commentaar. Deze commentaarregels moeten beginnen met een "!" op de eerste positie. De laatste commentaarregel boven het informatieblok moet beginnen met een ">" op de eerste positie. Op de eerste regel van het informatieblok staat hoeveel tijdsfuncties er in de file staan. Er mogen meer tijdsfuncties opgegeven worden dan door Lympha worden aangeropen. Ook mag meerdere keren naar dezelfde tijdsfunctie verwezen worden. Vervolgens worden de te gebruiken tijdsfuncties in opeenvolgende nummering opgegeven.

In bijlage III is een voorbeeld van een tijdsfunctiefile opgenomen.

Na de eerste regel van de gegevens, met het aantal tijdsfuncties, volgt voor elke tijdsfunctie in opeenvolgende nummering een subblok met de gegevens voor deze reeks. Tussen de verschillende subblokken mag geen commentaar worden tussengevoegd, noch mogen er lege regels tussen staan. Er zijn 4 typen tijdsfuncties. Hoe voor ieder type tijdsfunctie het subblok er uit moet zien wordt in § 10.1 t/m § 10.4 beschreven. Alle regels van de subblokken beginnen met 4 posities voor eventueel commentaar. Op de eerste regel van elk subblok wordt het type van de tijdsfunctie en het aantal functiewaarden (of termen of punten) vermeld. Het format ziet er als volgt uit:

	1	5	10	15	20
	!	!	!	!	!
format	4X		I8		I8
	commentaar	type	aantal	functie-	waarden

### Aanwijzing:

De gehanteerde manier van definiëren van de tijdsafhankelijke variabele heeft tot gevolg dat de functiewaarden die voor  $t > 0$  [s] opgegeven moeten worden gevonden worden door  $C$  te normaliseren naar  $C_0$ . In sommige gevallen, wanneer bijvoorbeeld een meetreeks beschikbaar is, is het gemakkelijker om voor  $C_0$  de waarde 1 in te voeren en in de file met de tijdsfuncties de opgetreden waarden van  $C$  in te voeren. Dit geldt met name voor de type 2 t/m 4.

## 10.1 Fourierreeks

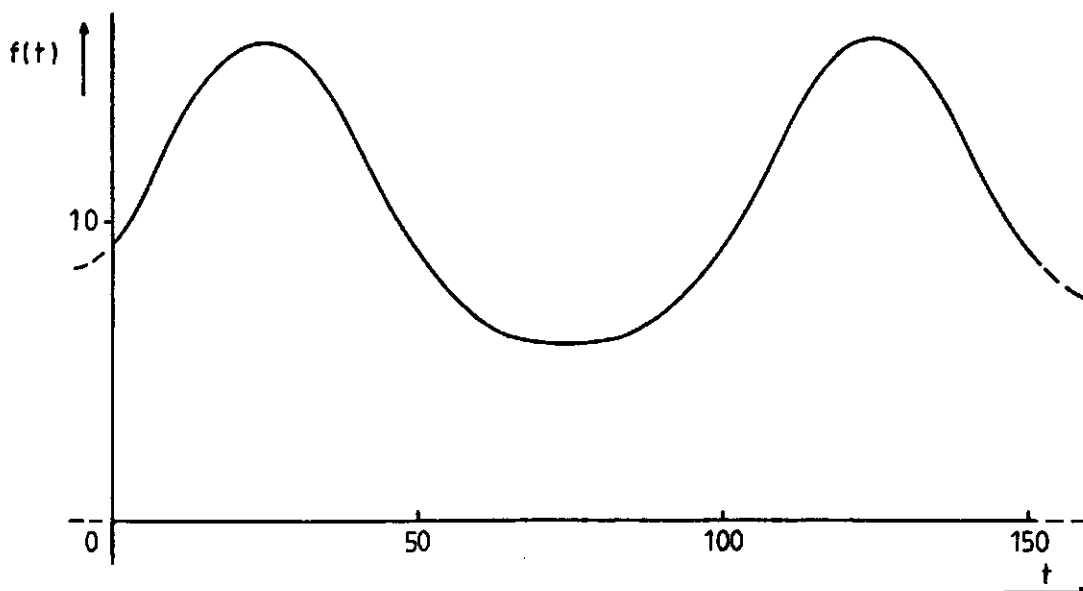
Met deze tijdsfunctie kunnen periodieke verschijnselen worden beschreven. De functie bestaat uit een eindige som van sinus- en cosinustermen en is continue:

$$f(t) = A_0 + \sum_{j=1}^n A_j \cdot \cos(2\pi jt/T) + \sum_{j=1}^n B_j \cdot \sin(2\pi jt/T)$$

met

T	- periode	[s]
t	- tijd	[s]
$A_0, A_j, B_j$	- coëfficiënten	[-]
$2n + 1$	- aantal termen	[-]

In figuur 10.1 wordt een voorbeeld gegeven van een Fourierreeks, waarbij  $A_0 = 10$ ,  $A_1 = 0$ ,  $A_2 = -1$ ,  $B_1 = 5$ ,  $B_2 = 0$  en  $T = 60$  [s].



**Figuur 10.1** Fourierreeks

In het subblok moet op de eerste regel het type (= 1) worden vermeld en het aantal functiewaarden  $2n+2$ . Hierna volgen  $2n+2$  regels waarop onder elkaar de periode T en de termen  $A_0, A_1, B_1, \dots, A_n, B_n$  worden ingevoerd.

```

          1  5  10  15  20
          !...!...!...!...!
format    4X      I8      I8
commentaar 1      2n+2

```

en in de  $2n+2$  regels direct daaronder:

```

          1  5  10  15
          !...!...!...!.
format    4X    1PE12.3
commentaar      T
              A0
              A1
              B1
              .
              .
              An
              Bn

```

## 10.2 Equidistante stap. 1e orde interpolatie

Indien de waarde van een tijdsafhankelijke parameter alleen beschikbaar is op discrete tijdstippen met een onderling vaste tijdstap  $\Delta t$  is dit type tijdsfunctie geschikt. Voor de tijdstippen tussen de beschikbare tijdstippen wordt lineair geïnterpoleerd. De functiewaarden  $f(t)$  worden gegeven door

$$t_j = t_0 + j \cdot \Delta t \quad : \quad f(t_j) = f(t_0 + j \cdot \Delta t)$$

$$t_{j+1} = t_0 + (j+1) \cdot \Delta t \quad : \quad f(t_{j+1}) = f(t_0 + (j+1) \cdot \Delta t)$$

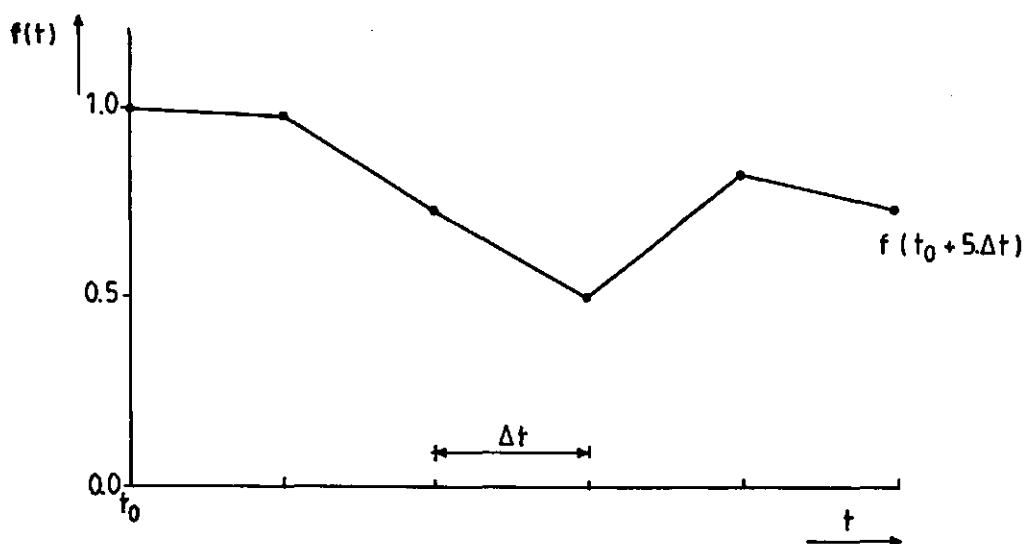
$$t_j < t < t_{j+1} \quad :$$

$$f(t) = f(t_j) + (t - t_j) \cdot (f(t_{j+1}) - f(t_j)) / \Delta t$$

waarbij

$$j \in [1, n]$$

Voor een constante stapgrootte  $\Delta t$  worden nu  $n+1$  waarden voor  $f(t)$  gedefinieerd. Een voorbeeld van dit type tijdsfunctie staat in figuur 10.2.



**Figuur 10.2** Equidistante stap 1e orde interpolatie



Op de eerste regel van het subblok wordt het type (= 2) vermeld en het aantal functiewaarden  $n+2$ . Hierna volgen  $n+2$  regels voor het invoeren van de stapgrootte  $\Delta t$  en de functiewaarden  $f(t_0)$ ,  $f(t_0+\Delta t)$ , ... ,  $f(t_0+n.\Delta t)$ .

```

          1   5   10   15   20
          !...!...!...!...!
format    4X      I8      I8
commentaar      2   n + 1

```

Vervolgens volgen op de daarop volgende  $n+2$  regels de functiewaarden:

```

          1   5   10   15
          !...!...!...!
format    4X      1PE12.3
commentaar      \Delta t
              f(t_0)
              f(t_0+\Delta t)
              .
              .
              .
              f(t_0+n.\Delta t)

```

De tijd  $t$  en de tijdstap  $\Delta t$  zijn in [s] en  $j \in [1, n]$ . Indien  $t > t_0+n.\Delta t$  wordt de berekening afgebroken.  $t_0$  is altijd het tijdstip 0 [s]. Wanneer in de stuurfile (hoofdstuk 3) wordt aangegeven dat de berekening op een later tijdstip moet worden begonnen, wordt in de reeks met functiewaarden gezocht naar de functiewaarde die hoort bij dit latere begintijdstip (of eventueel geïnterpoleerd).

### 10.3 Stapfunctie van de 0e orde

Bij dit type tijdsfunctie wordt niet met een constante  $\Delta t$  gewerkt om de functiewaarden te definiëren, zoals bij type 2, maar er worden  $(t_j, f(t_j))$ -paren opgegeven. Tussen de opgegeven waarden wordt de waarde van  $f(t)$  constant gehouden. Dit type tijdsfunctie is minder geschikt voor de beschrijving van veranderingen die in werkelijkheid geleidelijk optreden. Doordat bij dit type tijdsfunctie variabelen abrupt van grootte veranderen kunnen instabiliteiten ontstaan.

De functiewaarden worden gegeven door:

$$t_j \leq t < t_{j+1} \quad : \quad f(t) = f(t_j)$$

waarbij

$$j \in [1, n]$$

In figuur 10.3 staat een voorbeeld van dit type tijdsfunctie.

Op de eerste regel van het betreffende subblok in de file met tijdsfuncties wordt het type (= 3) ingevoerd gevolgd door het aantal  $(t_j, f(t_j))$ -paren  $n$ .

Daarna volgen n regels voor het invoeren van de  $(t_j, f(t_j))$ -paren. Het tijdstip  $t$  en de functiewaarde  $f(t)$  staan hierbij steeds achter elkaar op de regel.

```

          1  5  10  15  20
          !...!...!...!...!
format    4X      I8      I8
commentaar 3      n

```

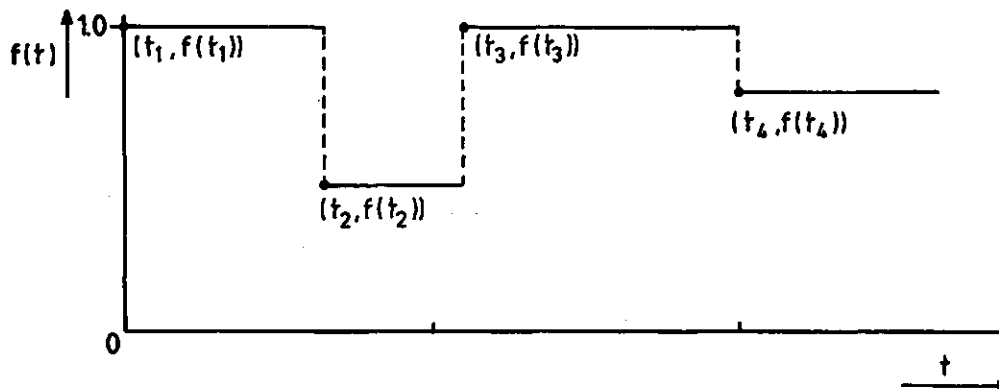
en op de n regels hier direct onder:

```

          1  5  10  15  20  25
          !...!...!...!...!...!...
format    4X      1PE12.3  1PE12.3
commentaar      t1      f(t1)
              .
              .
              .
              tn      f(tn)

```

De tijd  $t$  is in [s] en  $j \in [1, n]$ . Indien  $t > t_n$  wordt  $f(t_n)$  aangehouden en indien  $t < t_1$  wordt de berekening afgebroken.



**Figuur 10.3** Stapfunctie 0e orde

#### 10.4 Stapfunctie van de 1e orde

Bij dit type tijdsfunctie worden net als bij type 3  $(t_j, f(t_j))$ -paren opgegeven. De waarde van  $f(t)$  blijft op een tijdsinterval echter niet constant maar er wordt lineair geïnterpoleerd tussen de opgegeven waarden. Het verschil met type 2 is dat er niet met een constante tijdstap  $\Delta t$  wordt gewerkt.

$$\begin{aligned}
 t = t_j & & : f(t) = f(t_j) \\
 t = t_{j+1} & & : f(t) = f(t_{j+1})
 \end{aligned}$$

$$t_j < t < t_{j+1} \quad :$$

$$f(t) = f(t_j) + (t - t_j) \cdot (f(t_{j+1}) - f(t_j)) / (t_{j+1} - t_j)$$

waarbij

$$j \in [1, n]$$

Een voorbeeld van dit type tijdsfunctie staat gegeven in figuur 10.4. Op de eerste regel van een subblok met dit type tijdsfunctie wordt het type (= 3) opgegeven gevolgd door het aantal  $(t_j, f(t_j))$ -paren  $n$ . Daarna volgen  $n$  regels voor het invoeren van de  $(t_j, f(t_j))$ -paren. Het tijdstip  $t$  en de functiewaarde  $f(t)$  staan hierbij steeds achter elkaar op één regel.

```

          1  5  10  15  20
          !...!...!...!...!
format    4X      I8      I8
commentaar      4      n

```

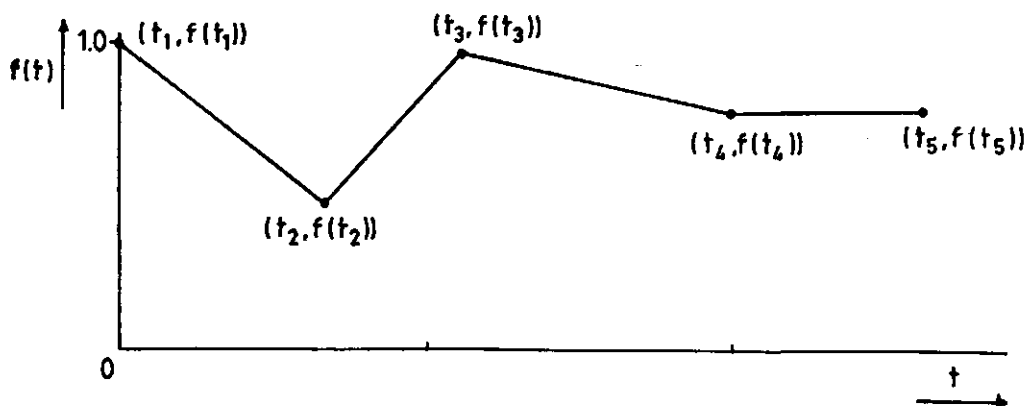
en op  $n$  regels daar direct onder:

```

          1  5  10  15  20  25
          !...!...!...!...!...!...
format    4X      1PE12.3      1PE12.3
commentaar      t1      f(t1)
               .
               .
               .
               tn      f(tn)

```

De tijd  $t$  is gegeven in [s] en  $j \in [1, n]$ . Voor  $t > t_n$  wordt  $f(t_n)$  gebruikt en indien  $t < t_1$  wordt de berekening afgebroken.



**Figuur 10.4** Stapfunctie 1e orde

## 11 BEGINVOORWAARDEN

Voordat met Lympha gerekend kan worden moeten in alle rekenpunten van het open waterlopenstelsel de beginwaarden van het debiet en de waterdiepte bekend zijn en moet de inhoud van alle reservoirs op het begintijdstip gegeven zijn. In de huidige versie van Lympha kan op twee manieren een begintoestand gedefinieerd worden. De keuze van het type beginvoorwaarde wordt in de stuurfile (hoofdstuk 3) opgegeven. De gebruiker heeft de keuze uit de volgende twee mogelijkheden:

- Type 1 : inlezen van de beginwaarden uit een in de stuurfile op te geven file (hoofdstuk 3);
- Type 4 : nadat de begin-inhoud van eventuele reservoirs uit een in de stuurfile op te geven file (hoofdstuk 3) is gelezen, wordt de stationaire stromingstoestand van het open waterlopenstelsel, gegeven de randvoorwaarden, berekend.

In beide gevallen moet de file met de beginvoorwaarden bestaan uit twee informatieblokken voorafgegaan door een aantal regels met commentaar. Deze commentaarregels moeten beginnen met een "!" op de eerste positie. De laatste commentaarregel boven beide informatieblokken moet beginnen met een ">" op de eerste positie.

In bijlage IV is een voorbeeld van een file met beginvoorwaarden opgenomen.

In het eerste informatieblok moeten de volgende gegevens worden vermeld: Op de eerste regel van de gegevens moet het aantal rekenpunten (format I4) worden ingevoerd. Dit aantal moet overeenkomen met het totaal aantal rekenpunten dat bij de definitie van de kanaalvakken (§ 4.3) werd opgegeven plus voor iedere knoop aan een reservoir een extra rekenpunt. Indien dit aantal niet correct is volgt er een foutmelding en wordt het programma afgebroken. Op de volgende regels, die beginnen met 4 posities voor commentaar, moeten in opeenvolgende nummering de waterdiepte h [m] en het debiet [m<sup>3</sup>/s] in de rekenpunten worden gegeven. Het volgende format moet daarvoor worden gebruikt:

	1	5	10	15	20	25
	!	!	!	!	!	!
format	4X	1PE12.3	1PE12.3			
commentaar		h	Q			

Omdat in de huidige versie van Lympha de opeenvolging van de rekenpunten direct na het inlezen van de netwerkgegevens (hoofdstuk 4) wordt omgegooid in verband met de meest efficiënte rekenvolgorde, voordat de beginvoorwaarden worden ingelezen, is het "in opeenvolgende nummering" opgeven van de rekenpunten zeer complex in het geval het stelsel bestaat uit meer dan één kanaalvak. Daarom wordt aangeraden om bij de huidige versie van Lympha alleen van mogelijkheid 1 gebruik te maken voor een open waterlopenstelsel dat uit één kanaalvak bestaat begrensd door twee knopen. In dat geval moeten de rekenpunten genummerd worden vanaf de benedenstroomse knoop (=beginknoop § 4.3) = rekenpunt 1 tot de bovenstroomse knoop (=eindknoop § 4.3) = laatste rekenpunt. Voor vertakte stelsels kan beter gebruik worden gemaakt van mogelijkheid 4. Daarbij wordt het gehele eerste informatieblok overgeslagen ongeacht de lengte daarvan (minimaal één regel), en wordt pas na het tweede blok commentaar ingelezen.

In het tweede informatieblok moet op de eerste regel het aantal reservoirs staan aangegeven (format I4). Dit aantal moet overeenkomen met het aantal reservoirs dat in de file met netwerkgegevens werd opgegeven (§ 4.4) (dit is inclusief de reservoirs zonder inhoud). Indien dit aantal niet correct is volgt er een foutmelding en wordt het programma afgebroken. In opeenvolgende nummering moeten op de volgende regels de beginwaarden van de inhoud I [m<sup>3</sup>] van alle reservoirs worden gegeven (per reservoir één regel). Daarvoor moet het volgende format gebruikt worden:

```
          1  5  10  15
          !...!...!...!.
format    4X    1PE12.3
commentaar          I
```

Voor de reservoirs zonder inhoud moet de waarde 0.000E+00 worden opgegeven.

Indien voor mogelijkheid 1 gekozen werd, wordt na het inlezen van de benodigde toestandsvariabelen gecontroleerd of deze beginvoorwaarden in overeenstemming zijn met de randvoorwaarden. Eventueel worden de beginvoorwaarden aan de randvoorwaarden aangepast.

Hierboven werd opgemerkt dat bij mogelijkheid 4 de initiële waarden voor de inhoud van de verschillende reservoirs uit een file gelezen moeten worden. Dit is echter niet nodig, indien alle reservoirs in het open waterlopenstelsel van het type 0 zijn (reservoirs zonder inhoud).

Voor de berekening van de stationaire stromingstoestand wordt in elk van de kanaalvakken een stuwkromme berekening uitgevoerd.

## 12 HET ZELF DEFINIEREN VAN FUNCTIES

In de hoofdstukken 5, 7, 8 en 9 is de mogelijkheid geopperd om zelf functies te definiëren. Hiervoor moet door de gebruiker zelf een programma gedeelte geschreven worden. Voor het zelf definiëren van relaties is gebruik gemaakt van het (niet-standaard-Fortran-77) "include-statement". Het door de gebruiker te schrijven programma gedeelte moet in een bepaalde include-file staan afhankelijk van de relatie die beschreven wordt en het typenummer dat gebruikt wordt. In tabel 12.1 zijn de namen van de include-files die gebruikt moeten worden met de bijbehorende functie vermeld.

Tabel 12.1 Te gebruiken include-files met de daarin te beschrijven relatie-typen

<u>functie</u>	<u>type</u>	<u>filenaam</u>
weerstandformule	6	INCL01.INC
weerstandformule	7	INCL02.INC
zijdelingse toevoer	5	INCL03.INC
zijdelingse toevoer	6	INCL04.INC
knooptype 1	2	INCL05.INC
knooptype 1	3	INCL06.INC
knooptype 2	3	INCL07.INC
knooptype 2	4	INCL08.INC
knooptype 3	6	INCL09.INC
knooptype 3	7	INCL10.INC
knooptype 3	8	INCL11.INC
knooptype 3	9	INCL12.INC
knooptype 3	10	INCL13.INC
knooptype 4	4	INCL14.INC
knooptype 4	5	INCL15.INC
knooptype 4	6	INCL16.INC
knooptype 4	7	INCL17.INC
knooptype 4	8	INCL18.INC
reservoirwaterdiepte	3	INCL19.INC
reservoirwaterdiepte	4	INCL20.INC

Alleen de subroutine DEFINE.FOR hoeft na het schrijven of wijzigen van een eigen programma gedeelte opnieuw te worden gecompileerd. Voor een succesvolle compilatie moeten alle include-files INCL01.INC t/m INCL20.INC aanwezig zijn, ook al staat hier verder niets in (of alleen CONTINUE). Nadat de subroutine DEFINE.FOR met succes is gecompileerd moeten alle modules van het programma Lympha opnieuw worden gelinkt. Dit kan worden gedaan met een command-file.

In het programma gedeelte dat geschreven moet worden moet de te definiëren relatie in de vorm van formules en vergelijkingen worden vastgelegd. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de variabele-namen die in tabel 12.2 worden gegeven.

Tabel 12.2 Te gebruiken variabelen en hun functie.

<u>variabele</u>	<u>type</u>
D, E	LOGICAL
A, B, H, O, P, Q, R, S	REAL
T, U, V, W, X, Y, Z	REAL
I, J, K, L, M, N	INTEGER
C(8), F(8), G	REAL

Deze variabelen zijn al in de subroutine DEFINE.FOR gedeclareerd. De in- en uitvoer variabelen zijn binnen het te schrijven programma gedeelte beschikbaar als array elementen met respectievelijk de namen F(1) t/m F(8). De array F() staat in de aanroep van de subroutine DEFINE.FOR. Welke variabelen op welke plaats in deze array staan of moeten komen te staan na de aanroep van het zelf gedefinieerde programma gedeelte, staat voor de verschillende relaties gegeven in tabel 12.3.

Tabel 12.3 De betekenis van de array elementen F(1) t/m F(8).

functie	invoer								uitvoer
weerstandformule	f(t)	Q	A	R	-	-	-	-	S <sub>f</sub>
zijdelingse toev.	f(t)	Q	h	A	B	R	qlat	-	-
knooptype 1	f(t)	-	-	-	-	-	-	-	h
knooptype 2	f(t)	-	-	-	-	-	-	-	Q
knooptype 3	f(t)	h	-	-	-	-	-	-	Q
knooptype 4	f(t)	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	Q
res. waterdiepte	f(t)	I	-	-	-	-	-	-	h
array elementen	F(1)	F(2)	F(3)	F(4)	F(5)	F(6)	F(7)	F(8)	

(Voor de betekenis van de symbolen wordt verwezen naar de desbetreffende hoofdstukken.)

Voor iedere te definiëren relatie zijn de acht parameters P1 t/m P8 beschikbaar. Deze zijn in het te schrijven programma gedeelte beschikbaar als de array elementen C(1) t/m C(8). De variabele G is een parameter die de waarde van de versnelling van de zwaartekracht heeft ( 9.812 m/s<sup>2</sup>). Alle overige variabelen zijn hulpvariabelen die onafhankelijk van elkaar zijn. Wijzigingen die in de waarden van de gegeven variabelen worden aangebracht, behalve F(7) en F(8), zijn niet van invloed op andere programma gedeeltes. Het is niet mogelijk om naast de hierboven gegeven variabelen nog andere variabelen te declareren. Noch is het toegestaan de labels 1 t/m 20 te gebruiken.

Tot slot kan de gebruiker in het zelf te schrijven programma gedeelte gebruik maken van twee bestaande subroutines van het programma Lympha:

Voor het wegschrijven van foutmeldingen naar de file ERRROUT.DAT kan de subroutine ERRMES aangeroepen worden. Dit gebeurt met het volgende commando:

```
CALL ERRMES(ERROR, 'INCLUDE', NUMMER, 'tekst')
```

Voor 'tekst' mag een serie van maximaal 40 karakters omsloten door apostrophes worden ingevuld. Behalve dat deze 'tekst' naar de file ERRROUT.DAT geschreven wordt, zal tevens door deze aanroep het programma worden afgebroken.

De tweede subroutine die aangeroepen kan worden is de subroutine GEOMET. Hierin wordt bij gegeven waterdiepte en dwarsprofiel de bijbehorende natte doorsnede, de waterspiegelbreedte en de hydraulische straal berekend. De aanroep van deze subroutine ziet er als volgt uit:

```
CALL GEOMET(N, O, H, A, B, R)
```

Voor de aanroep van de subroutine moet aan de hulpvariabele H de waarde van de waterdiepte en aan N het regelnummer van het gekozen dwarsprofiel (§ 4.5) worden toegekend. Na aanroep van de subroutine bevatten de hulpvariabelen A, B en R respectievelijk de waarde voor de natte doorsnede, de waterspiegelbreedte en de hydraulische straal.

In bijlage IX staan twee voorbeelden van zelf gedefinieerde functies. Het betreft in dit geval de in § 5.6.4 en § 5.6.5 beschreven Q-h<sub>1</sub>-h<sub>2</sub>-relaties voor een gemaal of een cirkelvormige duiker. De relaties staan in de include-files INCL14.INC respectievelijk INCL15.INC.

#### Nota Bene

In de standaard-versie van Lympha zijn in alle subroutines de "include-statements" vervangen door de volledige tekst van de include-files. Dit betekent voor het zelf definiëren van functies dat het zelf geschreven programma gedeelte op de juiste plaats in de subroutine DEFINE.FOR moet worden opgenomen en niet in de betreffende include-file zoals hierboven beschreven. Daarna moet de subroutine DEFINE.FOR worden gecompileerd en moeten alle modules van het programma Lympha opnieuw worden gelinkt.



### 13 UITVOER

In de huidige versie van Lympha is de uitvoer beperkt tot de noodzakelijke controle uitvoer. Dit houdt in dat er een file met berekeningsuitkomsten wordt aangemaakt. Een voorbeeld hiervan is gegeven in bijlage V. Bovenin de uitvoerfile worden eerst de volgende gegevens weggeschreven:

- naam netwerkfile
- naam tijdsfunctiefile
- naam beginwaardenfile, indien de berekeningen worden begonnen met een stationaire berekening dan wordt in de uitvoer de naam STEADY.SYS gebruikt voor de beginvoorwaardenfile.
- naam uitvoerfile
- begintijdstip van de berekening
- eindtijdstip van de berekening
- tijdstap waarmee uitvoer wordt gegeven

Vervolgens wordt per tijdstap van uitvoer het tijdstip, een blok met uitkomsten betreffende de rekenpunten in de kanaalvakken en een blok met uitkomsten betreffende de reservoirs gegeven.

Het blok betreffende de rekenpunten in de kanaalvakken bestaat uit meerdere subblokken, namelijk per kanaalvak een subblok. Ieder subblok bestaat uit een kopje met daarin de naam van het kanaalvak en titels boven de drie kolommen die daaronder staan. In de eerste kolom worden de nummers (I6) van de rekenpunten gegeven (van benedenstrooms naar bovenstrooms in het kanaalvak). In de tweede kolom worden de bij de rekenpuntnummers behorende waterdiepten ten opzichte van de bodem (1PE15.6) gegeven en in de derde kolom worden de bij de rekenpuntnummers behorende debieten (1PE15.6) gegeven. Van de rekenpunten in de reservoirs wordt de uitvoer onderdrukt.

De volgorde waarin de subblokken met de gegevens per kanaalvak worden gegeven is afhankelijk van de rekenvolgorde die Lympha aanhoudt. Deze volgorde zal in de meeste gevallen niet overeenkomen met de volgorde waarin de kanaalvakken werden opgegeven in de file met netwerkgegevens (zie § 4.3).

Het blok betreffende de reservoirs bestaat uit twee kolommen. In de eerste kolom zijn de reservoirnamen (A10) gegeven en in de tweede kolom staan de bijbehorende reservoir-inhouden (1PE15.6). Alleen van de reservoirs met een inhoud-waterdiepte-relatie wordt de inhoud afgedrukt.

De uitvoerfile wordt in ASCII-code weggeschreven en kan dus direct op het scherm worden gelezen of bewerkt en kan ook direct worden afgedrukt.

Indien er bij het inlezen van de gegevens of tijdens de berekeningen door Lympha een fout wordt geconstateerd, wordt een file met foutmeldingen aangemaakt: ERR0UT.DAT (zie ook § 2.3). Het programma wordt in dat geval afgebroken. Berekeningsresultaten die tot dan toe waren weggeschreven naar de uitvoerfile blijven behouden. Indien de gebruiker echter zelf het programma onderbreekt (bijvoorbeeld door <reset>) gaat alle uitvoer die tot dan toe werd weggeschreven verloren. In sommige gevallen blijft de uitvoer behouden indien het programma met ^C wordt onderbroken, dit is echter geen regel.

BIJLAGE I

STUUR1.DAT:

Input file channel system : SYSTEM.DAT  
Input file boundary conditions: TIJDSF.DAT  
Input file initial conditions: BEGINV.DAT  
Output data file : OUTPUT.DAT

t-begin - 0.000000E+00 [s]  
t-end - 3.600000E+03 [s]  
dt - 9.000000E+02 [s] Time interval for output.

Choise for input initial conditions.

- 1: Read new initial conditions from file,
- 2: Read old flow conditions from file,
- 3: Empty channel system,
- 4: Calculation of steady flow.

Number of your choise: 4

Opmerking:

De gegevens die worden ingelezen zijn vet gedrukt, de overige tekst dient als toelichting van de gebruiker.

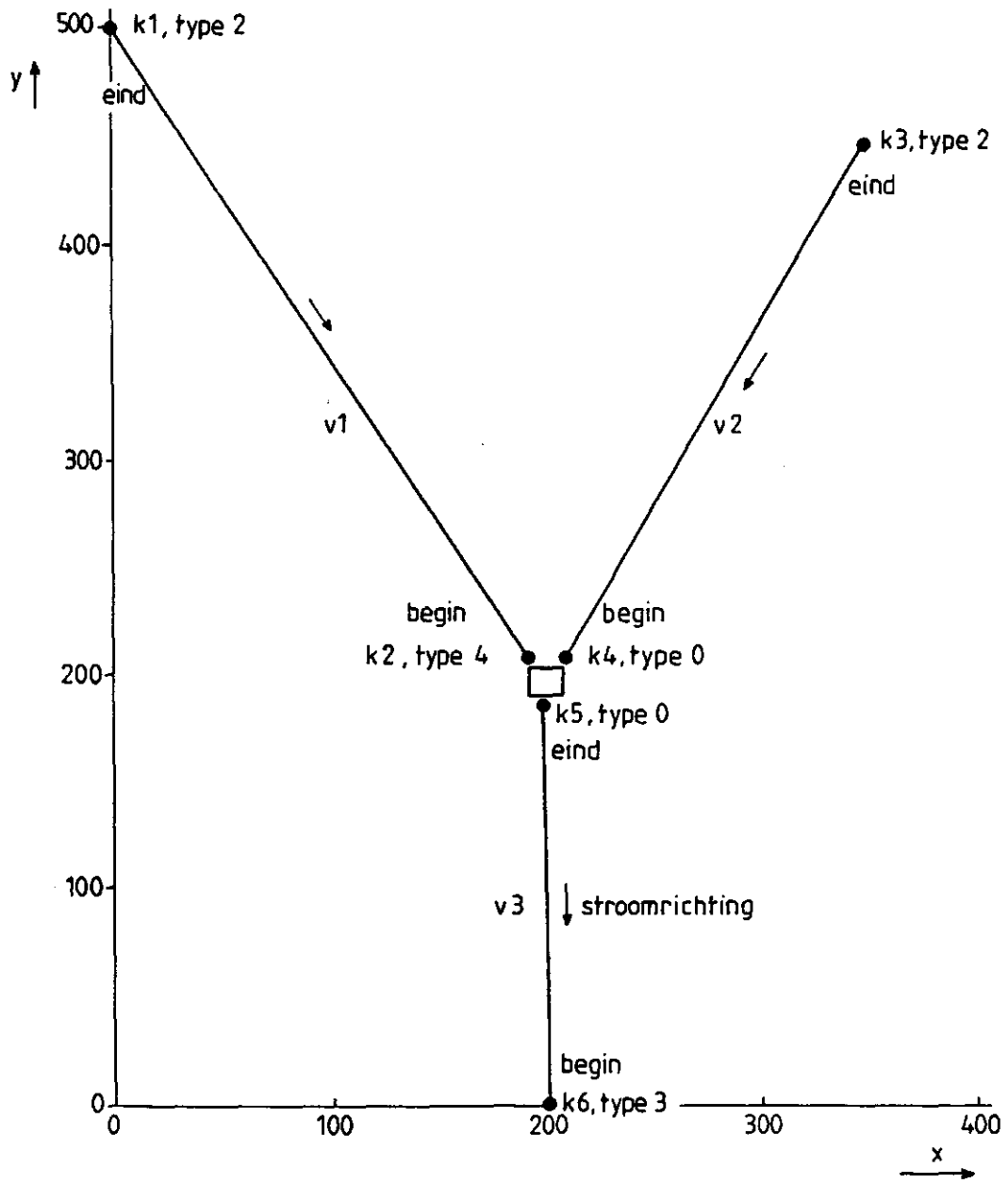
## BIJLAGE II

### SYSTEM.DAT:

```

!
! dit is een test-systeemfile
! knopen
!
! naam      type      x      y      z      nr
!
>
6
01      k1      2      0.      500.    0.990    2
02      k2      0      200.    200.    0.900    0
03      k3      1      350.    450.    0.958    3
04      k4      0      200.    200.    0.900    0
05      k5      0      200.    200.    0.900    0
06      k6      3      200.    0.      0.850    4
!
! kanaalvakken
!
! naam      begin  eind  aantal profiel      Sf  q-rel
!
>
3
01      v1      2      1      9      1      5      6
02      v2      4      3      7      2      5      6
03      v3      6      5      5      3      5      6
!
! reservoirs
!
! naam      knoop1 knoop2 knoop3 knoop4      Irel
!
>
1
01      r1      2      4      5      0      0
!
! profielen
!
! type      dmax      coef1      coef2
!
>
3
01      3      2.5      1.6      1.333
02      3      2.5      1.95     1.333
03      3      2.5      4.45     1.333
!
! parameters
!
! type t-serie      par1      par2      par3      par4      par5      par6      par7      par8
!
>
8
01      1      0      1.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
02      1      1      4.099E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
03      1      0      1.800E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
04      1      0      7.500E+00  1.500E+00  0.740E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
05      4      0      0.100E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
06      4      0      0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00  0.000E+00
07      2      0      0.000E+00  0.800E+00  0.500E+00  0.100E+00  1.000E+00  0.500E+00  3.000E+00  0.700E+00
08      1      0      0.000E+00  23.016E+00  1.500E+00  0.100E+00  7.552E+01  -2.159E+02  25.134E+01  0.800E+00

```



BIJLAGE III

TIJDSE.DAT:

!  
!  
! Tijdsfunctie voor knoop k1 in SYSTEM.DAT  
!

1		
1	4	10
	0.000E+00	1.000E+00
	3.600E+03	1.050E+00
	4.000E+03	1.100E+00
	4.200E+03	1.200E+00
	4.400E+03	1.400E+00
	4.800E+03	1.500E+00
	5.200E+03	1.450E+00
	5.600E+03	1.430E+00
	6.200E+03	1.400E+00
	6.800E+03	1.390E+00

BIJLAGE IV

BEGINV.DAT:

```
!  
! Initial conditions.  
! Calculation points.  
!  
> Waterdepth Discharge  
24  
01 1.800E+00 8.198E+00  
02 1.800E+00 8.198E+00  
03 1.800E+00 8.198E+00  
04 1.800E+00 8.198E+00  
05 1.800E+00 8.198E+00  
06 1.800E+00 4.099E+00  
07 1.800E+00 4.099E+00  
08 1.800E+00 4.099E+00  
09 1.800E+00 4.099E+00  
10 1.800E+00 4.099E+00  
11 1.800E+00 4.099E+00  
12 1.800E+00 4.099E+00  
13 1.800E+00 4.099E+00  
14 1.800E+00 4.099E+00  
15 1.800E+00 4.099E+00  
16 1.800E+00 4.099E+00  
17 1.800E+00 4.099E+00  
18 1.800E+00 4.099E+00  
19 1.800E+00 4.099E+00  
20 1.800E+00 4.099E+00  
21 1.800E+00 4.099E+00  
22 1.800E+00 4.099E+00  
23 1.800E+00 4.099E+00  
24 1.800E+00 8.198E+00  
  
!  
! Reservoirs.  
!  
> Content  
1  
01 0.000E+00
```

BIJLAGE V

OUTPUT.DAT:

Input file channel system : ARSYST.DAT  
Input file boundary conditions: ARTIME.DAT  
Input file initial conditions: STEADY.SYS  
Output data file : AROUT4.DAT

t-begin = 0.000000E+00 [s]  
t-end = 3.600000E+03 [s]  
dt = 9.000000E+02 [s]

Time 0.000000E+00 seconds.

Channelreach v3

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
1	1.799435E+00	8.178478E+00
2	1.799446E+00	8.178478E+00
3	1.799457E+00	8.178478E+00
4	1.799469E+00	8.178478E+00
5	1.799480E+00	8.178478E+00

Channelreach v1

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
6	1.799480E+00	4.099000E+00
7	1.799423E+00	4.099000E+00
8	1.799362E+00	4.099000E+00
9	1.799299E+00	4.099000E+00
10	1.799232E+00	4.099000E+00
11	1.799161E+00	4.099000E+00
12	1.799086E+00	4.099000E+00
13	1.799008E+00	4.099000E+00
14	1.798925E+00	4.099000E+00

Channelreach v2

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
15	1.799480E+00	4.079478E+00
16	1.799546E+00	4.079478E+00
17	1.799615E+00	4.079478E+00
18	1.799687E+00	4.079478E+00
19	1.799763E+00	4.079478E+00
20	1.799843E+00	4.079478E+00
21	1.800000E+00	4.079478E+00

Time 9.004660E+02 seconds.

Channelreach v3

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
1	1.801241E+00	8.199403E+00
2	1.801211E+00	8.199949E+00
3	1.801183E+00	8.200506E+00
4	1.801158E+00	8.201070E+00
5	1.801135E+00	8.201643E+00

Channelreach v1

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
6	1.801135E+00	4.145038E+00
7	1.801407E+00	4.145435E+00
8	1.801672E+00	4.145901E+00
9	1.801932E+00	4.146444E+00
10	1.802188E+00	4.147055E+00
11	1.802438E+00	4.147747E+00
12	1.802685E+00	4.148507E+00
13	1.802928E+00	4.149350E+00
14	1.803168E+00	4.150264E+00

Channelreach v2

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
15	1.801135E+00	4.056605E+00
16	1.800929E+00	4.056973E+00
17	1.800731E+00	4.057266E+00
18	1.800539E+00	4.057488E+00
19	1.800354E+00	4.057642E+00
20	1.800174E+00	4.057731E+00
21	1.800000E+00	4.057764E+00

Time 1.811463E+03 seconds.

Channelreach v3

Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
1	1.802386E+00	8.212680E+00
2	1.802367E+00	8.213261E+00
3	1.802349E+00	8.213844E+00
4	1.802334E+00	8.214432E+00
5	1.802321E+00	8.215026E+00



Channelreach		v1
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
6	1.802321E+00	4.196645E+00
7	1.802852E+00	4.197066E+00
8	1.803370E+00	4.197560E+00
9	1.803873E+00	4.198142E+00
10	1.804365E+00	4.198790E+00
11	1.804845E+00	4.199518E+00
12	1.805315E+00	4.200316E+00
13	1.805774E+00	4.201189E+00
14	1.806225E+00	4.202127E+00

Channelreach		v2
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
15	1.802321E+00	4.018381E+00
16	1.801907E+00	4.018766E+00
17	1.801504E+00	4.019082E+00
18	1.801113E+00	4.019320E+00
19	1.800732E+00	4.019492E+00
20	1.800361E+00	4.019592E+00
21	1.800000E+00	4.019626E+00

Time 2.708559E+03 seconds.

Channelreach		v3
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
1	1.803502E+00	8.225620E+00
2	1.803492E+00	8.226196E+00
3	1.803485E+00	8.226776E+00
4	1.803479E+00	8.227358E+00
5	1.803476E+00	8.227951E+00

Channelreach		v1
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
6	1.803476E+00	4.247729E+00
7	1.804266E+00	4.248145E+00
8	1.805033E+00	4.248631E+00
9	1.805780E+00	4.249213E+00
10	1.806507E+00	4.249864E+00
11	1.807216E+00	4.250596E+00
12	1.807907E+00	4.251391E+00
13	1.808581E+00	4.252263E+00
14	1.809240E+00	4.253200E+00

Channelreach		v2
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
15	1.803476E+00	3.980222E+00
16	1.802859E+00	3.980603E+00
17	1.802258E+00	3.980913E+00
18	1.801672E+00	3.981151E+00
19	1.801101E+00	3.981319E+00
20	1.800544E+00	3.981421E+00
21	1.800000E+00	3.981457E+00

Time 3.607923E+03 seconds.

Channelreach		v3
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
1	1.804609E+00	8.238468E+00
2	1.804610E+00	8.239037E+00
3	1.804612E+00	8.239614E+00
4	1.804616E+00	8.240193E+00
5	1.804622E+00	8.240775E+00

Channelreach		v1
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
6	1.804622E+00	4.298931E+00
7	1.805673E+00	4.299344E+00
8	1.806694E+00	4.299835E+00
9	1.807686E+00	4.300415E+00
10	1.808651E+00	4.301058E+00
11	1.809589E+00	4.301793E+00
12	1.810511E+00	4.302768E+00
13	1.811432E+00	4.304437E+00
14	1.812412E+00	4.308010E+00

Channelreach		v2
Calc.point number	Waterdepth [m]	Discharge [m <sup>3</sup> /s]
15	1.804622E+00	3.941844E+00
16	1.803804E+00	3.942222E+00
17	1.803007E+00	3.942532E+00
18	1.802228E+00	3.942768E+00
19	1.801468E+00	3.942937E+00
20	1.800725E+00	3.943034E+00
21	1.800000E+00	3.943071E+00

BIJLAGE VI

Listing van de mogelijke foutmeldingen in ERROUT.DAT:

TYPE	NUMBER	KIND	INDEX
LYMPHA	1002	Too small a timestep.	0
-----			
SYSTEM	1102	Number of calc. points in reach < 2.	channel reach no.
SYSTEM	1104	Reach with end node = begin node.	channel reach no.
SYSTEM	1106	Reach with non existent begin node.	channel reach no.
SYSTEM	1108	Reach with non existent end node.	channel reach no.
SYSTEM	1110	Reach with non existent geometry.	channel reach no.
SYSTEM	1112	Reach without friction slope relation	channel reach no.
SYSTEM	1114	Invalid type of SSF-relation.	SSF-relation no.
SYSTEM	1116	Reach without relation for Q-lateral.	channel reach no.
SYSTEM	1118	Invalid type of Q-lateral relation.	Q-lateral rel. no.
SYSTEM	1120	Node of a non existent type.	node no.
SYSTEM	1122	Relation number of node should be zero.	node no. (node type = 0)
SYSTEM	1124	Node with a non existent relation.	node no. (node type = 1 to 4)
SYSTEM	1126	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no. (node type = 1)
SYSTEM	1128	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no. (node type = 2)
SYSTEM	1130	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no. (node type = 3)
SYSTEM	1132	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no. (node type = 4)
SYSTEM	1134	Reservoir with wrong sequence of nodes.	reservoir no.
SYSTEM	1136	Reservoir with non existent node.	reservoir no.
SYSTEM	1138	One node at reservoir without content	reservoir no.
SYSTEM	1140	Reservoir without content relation.	reservoir no.
SYSTEM	1142	Invalid type of content relation.	content rel. no.
SYSTEM	1144	Reach with begin node of type 2.	channel reach no.
SYSTEM	1146	Reach with end node of type 3.	channel reach no.
SYSTEM	1148	Reach with length zero.	channel reach no.
SYSTEM	1150	Reach with slope > maximum.	channel reach no.
SYSTEM	1152	Node more than once a begin node.	node no.
SYSTEM	1154	Node more than once an end node.	node no.
SYSTEM	1156	Node with no entrance and/or no exit.	node no. (node type = 0)
SYSTEM	1158	Node is not used.	node no. (node type = 1)
SYSTEM	1160	Node is begin node and end node.	node no. (node type = 1)
SYSTEM	1162	Node is not used.	node no. (node type = 2)
SYSTEM	1164	Node is not used.	node no. (node type = 3)

TYPE	NUMBER	KIND	INDEX
SYSTEM	1166	Node with no entrance and/or no exit.	node no. (node type = 4)
SYSTEM	1168	Reservoir with node of type 1.	node no. (node type = 1)
SYSTEM	1170	Reservoir side of node twice connected.	node no. (node type = 2)
SYSTEM	1172	Reservoir side of node twice connected.	node no. (node type = 3)
SYSTEM	1174	Node not connected with a channel reach.	node no. (node type = 0 or 4)
SYSTEM	1176	Reservoir side of node twice connected.	node no. (node type = 0 or 4)
SYSTEM	1178	Number of calculation points > maximum.	number of calculation points
SYSTEM	1180	Reservoir with node of type 1.	reservoir no. (node type = 1)
SYSTEM	1182	Reservoirbottom at node unequal.	reservoir no.
SYSTEM	1184	Reservoirbottom at nodes < zero level	reservoir no.
SYSTEM	1186	Number of boundary conditions > maximum.	number of time dependent series
SKIPCO	1202	Wrong size of information block.	ASCII code of last character read
CROSEC	1302	$D_{max} \leq D_{min}$ .	cross section no.
CROSEC	1304	Number of points < 1.	cross section no. (symmetrical)
CROSEC	1306	X-coordinate < 0.	cross section no. (symmetrical)
CROSEC	1308	Bend in cross-section.	cross section no. (symmetrical)
CROSEC	1310	End talus horizontal.	cross section no. (symmetrical)
CROSEC	1312	Too many points for a geometry table.	cross section no. (symmetrical)
CROSEC	1314	Number of points at left/right side < 1.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1316	X-coordinate < 0.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1318	Bend in cross section.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1320	X-coordinate < 0.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1322	Bend in cross section.	cross section no. (non-symmetr.)

TYPE	NUMBER	KIND	INDEX
CROSEC	1324	End talus horizontal.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1326	End talus horizontal.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1328	Too many points for geometry table.	cross section no. (non-symmetr.)
CROSEC	1330	Negative bottom width or talus slope.	cross section no. (trapezoidal)
CROSEC	1332	Wrong bottom width or talus slope.	cross section no. (trapezoidal)
CROSEC	1342	Coefficient R or K of closed conduit <0.	cross section no. (closed conduit)
CROSEC	1343	Type of geometry (= 4) not operational.	cross section no. (closed conduit)
CROSEC	1344	Invalid type of geometry.	cross section no.
BOUCON	1402	Wrong number of time dependent series	number of time dependent series
BOUCON	1404	Invalid type of time dependent series	time dep. series no.
INICON	1502	Wrong number of calculation points.	number of calc. points
INICON	1504	Wrong number of reservoirs.	number of reserv.
INICON	1506	Wrong number of reservoirs.	number of reserv.
INICON	1508	Invalid type if initial conditions.	no. of choice for input initial cond.
SERIES	1602	Invalid type of time dependent series	time dep. series no.
SERIES	1604	Time > time last function value.	time dep. series no.
SERIES	1606	Time < time first function value.	time dep. series no.
SERIES	1608	Time < time first function value.	time dep. series no.
STEADY	1704	Steady flow not reached.	0
OUTFLW	1802	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no.
OUTFLW	1804	Type of hydr. rel. (= 4) not operational.	hydraulic rel. no.
GEOMET	1902	Calc. point with water depth > maximum.	calc. point no.
GEOMET	1904	Calc. point with water depth < minimum.	calc. point no.
STREAM	2102	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no.

TYPE	NUMBER	KIND	INDEX
SLOPEF	2202	Invalid type of SSF-relation.	SSF-relation no.
LEVELS	2402	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no.
DISCHA	2502	Invalid type of hydraulic relation.	hydraulic rel. no.
RESLEV	2602	Reservoir with negative content.	reservoir no.
RESLEV	2604	Invalid type of content relation.	reservoir no.
RESLEV	2608	Reservoir flows over.	reservoir no.
RESLEV	2609	Negative coefficient defined.	reservoir no.
RESLEV	2610	All coefficients are defined zero.	reservoir no.
RESLEV	2612	Reservoir flows over.	reservoir no.
RESLEV	2614	Level in reservoir too heigh.	reservoir no.
LATDIS	2702	Invalid type of Q-lateral relation.	Q-lateral rel. no.
LATDIS	2704	Runoff has a negative value.	Q-lateral rel. no.
BOUNDS	2801	Timestep < 0.00001 sec. required.	node no.
INCL14	2901	Invalid type of pump.	type of pump

Modules without error-messages:

BAWACU  
CORREC  
DEFINE  
ERRMES  
LINEAR  
MANAGE  
OUTPUT  
RESINF  
SCREEN  
SRTIME  
VENANT

## BIJLAGE VII

### Technische specificaties van Lympha

Wanneer Lympha wordt opgestart, wordt voor de verschillende gegevens die vervolgens worden ingelezen een bepaalde hoeveelheid geheugenruimte gereserveerd. In tabel A staat het maximum aantal elementen van de verschillende in te voeren gegevens aangegeven.

Tabel A De dimensies in Lympha

Maximum aantal knopen	50
Maximum aantal kanaalvakken	25
Maximum aantal rekenpunten	200
Maximum aantal reservoirs	10
Maximum aantal dwarsprofielen	25
Maximum aantal punten per (half) profiel	25
Maximum aantal niveau's per profiel	10
Maximum aantal tijdsfuncties	10
Maximum aantal coëfficiënten voor tijdsfuncties	150
Maximum aantal parameterseries	75

Deze parameters worden gedeclareerd in de include-file DIMENS.INC. In deze file worden tevens enkele programma-constanten gedeclareerd. Deze staan gegeven in tabel B.

Tabel B Programma-constanten

Maximum helling kanaalbodem	0.050 [-]
Minimum waterdiepte	0.010 [m]
Versnelling van de zwaartekracht	9.812 [m/s <sup>2</sup> ]
Impuls-correctie coëfficiënt ( $\beta$ )	1.0 [-]
Courant-getal	1.5 [-]
Grootste gehele getal	2147483647

Deze dimensies of constanten kunnen gewijzigd worden in DIMENS.INC . Daarna moeten (vrijwel) alle modules van Lympha opnieuw gecompileerd en gelinkt worden omdat deze include-file in (vrijwel) alle modules aangeroepen wordt middels het INCLUDE-statement.

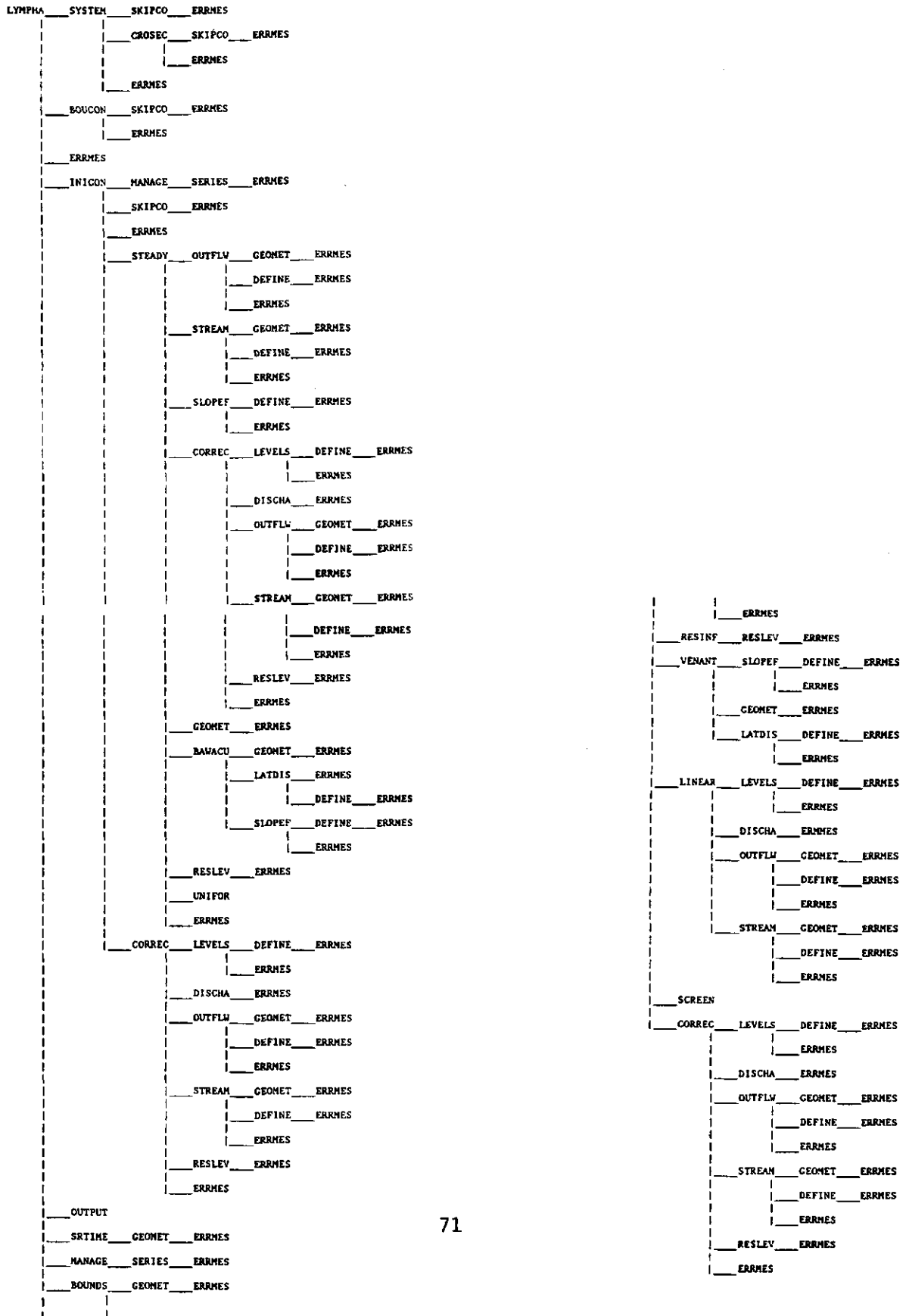
### Nota Bene

In de standaard-versie van Lympha zijn in alle subroutines de "include-statements" vervangen door de volledige tekst van de include-files. Dit betekent voor het wijzigen van dimensies en constanten dat in (vrijwel) alle modules deze wijzigingen moeten worden ingetikt. Daarna moeten alle modules van Lympha opnieuw gecompileerd en gelinkt worden.

BIJLAGE VIII

Overzicht van de subroutines:

De subroutines van Lympha worden aangeroepen zoals in onderstaand schema is aangegeven.





BIJLAGE IX

Twee voorbeelden van zelf gedefinieerde functies

```
C***** 900207 ***C
C*
C* Include-file INCL14.INC related to STREAM.FOR (subroutine *C
C* of LYMPHA). *C
C* *C
C* Calculation of discharge through a Archimedean screw or *C
C* centrifugal pump. *C
C* *C
C* Department of Hydrology, Soil Physics and Hydraulics *C
C* Agricultural University Wageningen *C
C* *C
C*****C

C* Calculation of discharge through a Archimedean screw. *C

      IF (NINT(C(2)) .EQ. 1) THEN
          F(8) = F(1) * C(3)

C* Calculation of discharge through a centrifugal pump. *C

      ELSE IF (NINT(C(2)) .EQ. 2) THEN
          IF (F(1) .LT. 0.001) THEN
              F(8) = 0.0
          ELSE
              H = F(2) - F(3) + C(1)
              A = (C(6)*C(7) - (C(7)-C(5))*C(4))/
+              (C(7)*C(5)*C(5)-C(5)*C(7)*C(7))
              B = (C(6)*C(7)*C(7) - (C(7)*C(7)-C(5)*C(5))*C(4))/
+              (C(5)*C(7)*C(7)-C(7)*C(5)*C(5))
              F(8) = (-B-SQRT(B*B-4*A*(C(4)+H)))/(2*A)
          END IF
      ELSE
          CALL ERRMES(ERROR, 'INCL14', 2901, NINT(C(2)),
+              'Invalid type of pump. ')
          F(8) = 0.0
      END IF
```

```

C***** 900115 ***C
C*
C* Include-file INCL15.INC related to STREAM.FOR (subroutine *C
C* of LYMPHA). *C
C*
C* Calculation of discharge through a circular culvert. *C
C*
C* Department of Hydrology, Soil Physics and Hydraulics *C
C* Agricultural University Wageningen *C
C*
C*****C
      F(2) = F(2) - C(2)
      F(3) = F(3) - C(2) - C(1)
      D = .FALSE.
      IF (F(2) .LT. F(3)) THEN
          D = .TRUE.
          H = F(2)
          F(2) = F(3)
          F(3) = H
      END IF
      A = F(2) - F(3)
      U = C(4) + C(5)*F(2)/C(3)
      V = C(4) + C(5)*C(6)/C(3)
      S = C(4) + C(5)
      W = 0.975*S + (F(2)/C(3) - 1)*(0.975*S - V)
      IF (F(2) .LE. 0.0) THEN
          F(8) = 0.0
      ELSE IF ((F(2) .GT. 0.0) .AND. (F(2) .LE. C(3))) THEN
          IF (F(3) .LE. (F(2)/2)) THEN
              F(8) = U*4.0/15*SQRT(2*G)*2*(F(2)/C(3))**(5.0/3)*
+              C(3)**2.5
          ELSE
              F(8) = U*4.0/15*SQRT(2*G)*2*(F(2)/C(3))**(7.0/6)*
+              SQRT(2*A)*C(3)**2
          END IF
      ELSE IF ((F(2) .GT. C(3)) .AND. (F(2) .LE. (2*C(3)))) THEN
          IF (F(3) .LE. (F(2)/2)) THEN
              F(8) = W*3.142/4*C(3)**2*SQRT(2*G)*SQRT(F(2)-
+              C(3)/2)
          ELSE IF ((F(3) .GT. (F(2)/2)) .AND. (F(3) .LE. C(3)))
+              THEN
              F(8) = W*3.142/4*C(3)**2*SQRT(2*G)*SQRT(A)
          ELSE
              F(8) = W*3.142/4*C(3)**2*SQRT(2*G)*SQRT(A)
          END IF
      ELSE
          IF (F(3) .LE. C(3)) THEN
              F(8) = V*3.142/4*C(3)**2*SQRT(2*G)*SQRT(F(2)-
+              C(3)/2)
          ELSE
              F(8) = V*3.142/4*C(3)**2*SQRT(2*G)*SQRT(A)
          END IF
      END IF
      IF (D) THEN
          F(8) = - F(8)
          H = F(2)

```

```
F(2) = F(3)
F(3) = H
END IF
F(2) = F(2) + C(2)
F(3) = F(3) + C(2) + C(1)
```

## COLOFON

**Programma** : LYMPHA, voor de berekening van de openwaterstroming in een vertakt waterlopenstelsel waarbij gebruik gemaakt wordt van de St. Venantvergelijkingen en een expliciet differentie schema.

**Versie** : 1.1

**Datum** : maart 1990

**Redactie** : A.G. Kors  
P.M. Promes

**Tekeningen**: A. van 't Veer

**Uitgave** : Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica,  
Landbouwuniversiteit Wageningen

Het programma LYMPHA en deze handleiding werden geschreven door de Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica van de Landbouwuniversiteit Wageningen, in samenwerking met de Dienst Milieu en Water van de Provincie Gelderland, in opdracht van het provinciaal bestuur van Gelderland.

De werkzaamheden werden begeleid door een werkgroep in de volgende samenstelling:

ir. R.H.C.M. Awater	: Dienst Milieu en Water, Provincie Gelderland
H.J. Brinkhof	: Dienst Milieu en Water, Provincie Gelderland
ir. H.J. van Ieperen (projectleider)	: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwuniversiteit Wageningen
ir. A.G. Kors	: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwuniversiteit Wageningen
dr.ir. Th.J. van de Nes	: Dienst Milieu en Water, Provincie Gelderland
ir. P.M. Promes	: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwuniversiteit Wageningen
ir. H.J. Reit	: Dienst Milieu en Water, Provincie Gelderland
ir. J.N.M. Stricker (projectleider)	: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwuniversiteit Wageningen
drs. P.J.J.F. Torfs	: Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica, Landbouwuniversiteit Wageningen
ir. L. van der Werff	: Dienst Milieu en Water, Provincie Gelderland

**Informatie**: ir. H.J. van Ieperen  
Vakgroep Hydrologie, Bodemnatuurkunde en Hydraulica  
De Nieuwlanden  
Nieuwe Kanaal 11  
6709 PA Wageningen  
08370-82775/82778