



STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

**MODELISATIE van de VRAAG  
naar ELEKTRICITEIT en naar WARMTE  
in BEDRIJVEN en INSTELLINGEN\***

**Frank DIERICK  
Aviel VERBRUGGEN**

Rapport 87/205  
februari 1987

*\*Studie van de zelfproductiemogelijkheden van elektriciteit.*

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius  
Prinsstraat 13 - 2000 Antwerpen

D/1987/1169/04

## Abstract

---

Dit rapport is het eerste deel van een studie naar de zelfproductiemogelijkheden van elektriciteit.

Het rapport beschrijft de concepten die de basis vormen van een computerprogramma om de vraag naar elektriciteit en warmte in een onderneming of instelling te modeliseren.

De modelisatie gebeurt op een hiërarchische wijze. De weken van de analyseperiode worden beschreven aan de hand van bepaalde typische verlopen van energiegebruik in een week, typeweeken genaamd. Deze typeweeken worden op hun beurt beschreven door een aantal typedagen (typische verlopen van energiegebruik in een dag).

Op deze wijze kan men met een beperkt aantal typeweeken en typedagen een gedifferentieerd energiegebruiksverloop modeleren.

De modelisatie gebeurt zowel voor elektriciteit als voor warmte. Voor elektriciteit wordt een onderscheid gemaakt tussen industriële processen, verwarmings- en verlichtingseenheden ; voor warmte heeft men industriële processen en verwarmingseenheden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen a posteriori en a priori analyses.

Bij de a posteriori analyse wordt het totaal energiegebruik dat in de analyseperiode optrad verdeeld over ieder uur van de analyseperiode. De verdeling gebeurt op basis van het tijds patroon, opgesteld via het systeem van weekomschrijving, typeweeken- en typedagen karakterisering. Deze analyse levert ook een gestandaardiseerd energiegebruik op, karakteristiek voor het proces dat men analyseert.

Bij de a priori analyse wordt deze karakteristieke waarde als invoer gebruikt. Op basis hiervan kan men simulaties, voorspellingen e.d. maken en het energiegebruik berekenen dat correspondeert met een hypothetisch energiegebruiksverloop.

## DEEL 1

### MODELISATIE VAN DE VRAAG NAAR ELEKTRICITEIT EN NAAR WARMTE IN EEN ONDERNEMING OF INSTELLING

Inhoudsopgave	pagina
-----	-----
1. Inleiding : Belang van het element tijd .....	1
2. Doel van het programma .....	2
3. Globale structuur van het programma tot modelisatie van de vraagzijde .....	4
4. Invoer .....	12
4.1 Niveau van het industrieel proces .....	12
4.1.1 Weekomschrijving .....	12
4.1.2 Typeweken karakterisering .....	16
4.1.3 Typedagen karakterisering .....	17
4.1.4 Correctie voor bijzondere dagen .....	19
4.1.5 Integratie .....	20
4.2 Niveau van de verwarmingseenheid .....	20
4.3 Niveau van de verlichtingseenheid .....	23
5. Verwerking .....	24
5.1 A posteriori analyse .....	25
5.2 A priori analyse .....	28
6. Uitvoer .....	30
Appendices .....	32
Appendix A .....	33
Appendix B .....	34
Appendix C .....	36
Appendix D .....	40
Appendix E .....	45
Bibliografie .....	57

## 1. Inleiding : Belang van het element tijd

---

Het element tijd is zeer belangrijk bij de evaluatie van het warmtekrachtkoppelings (WKK) potentieel.

Warmte en elektriciteit zijn energievormen die moeilijk stockeerbaar zijn. Het energieverlies zal minimaal zijn indien men de produktie van deze energievormen in de tijd zo goed mogelijk kan laten aansluiten bij de vraag ernaar.

De stabiliteit van de warmte/kracht verhouding is belangrijk voor de rendabiliteit van de WKK-installatie. Hoe constanter de verhouding in de tijd, hoe beter.

Tenslotte speelt het element tijd nog mee via de tarificatie. Elektriciteit aangekocht in een piekperiode zal duurder moeten betaald worden dan in een dalperiode (bijvoorbeeld s'nachts).

Al deze factoren maken dat het onvoldoende is om te weten hoeveel warmte en elektriciteit er gevraagd wordt. Het is ook belangrijk te weten wanneer de vraag optreedt. Het tijdsaspect zal bijgevolg expliciet in in modelisatie dienen te worden opgenomen.

## 2. Doel van het programma

---

Het programma heeft als doel de vraagzijde van het energiegebruik van een instelling (bijvoorbeeld school, zwembad, bedrijf) te modeliseren. Het technisch-economisch deel van het programma voor de evaluatie van het WKK-potentieel heeft als invoer het elektriciteits- en warmtegebruik per uur nodig en dit voor ieder uur van de analyseperiode. Verder dient men voor ieder uur van de analyseperiode te weten of het volle uren of stille uren tarief voor elektriciteit van toepassing is.

Uitgaande van het energiegebruik dat aan de verschillende energiegebruikseenheden (dit wil zeggen industriële processen, verwarmings- en verlichtingseenheden) kan worden toegewezen en het verloop van het energiegebruik in de tijd, dient het vraagmodelisatie programma deze invoer te leveren.

Het programma in zijn huidige vorm kan ook zelfstandig functioneren. Dit betekent dat de energiegebruiken per uur niet noodzakelijk in een bestand dienen te worden weggeschreven (dat dan gelezen wordt door het technisch-economisch deel van het WKK-evaluatie programma), maar dat de resultaten ook op het scherm of de regeldrukker kunnen worden afgedrukt onder de vorm van een staafdiagram.

Bij de evaluatie van het WKK-potentieel zal men in de eerste plaats geïnteresseerd zijn in de verwerking van historische gegevens. Dit wil zeggen : gegeven een totaal energiegebruik voor elektriciteit en warmte, en een omschrijving van het gebruik van energie in de loop van de analyseperiode, hoeveel bedroeg dan het energiegebruik per uur (elektriciteit en warmte) voor ieder uur van de analyseperiode? Deze situatie wordt de a posteriori analyse genoemd, dit wil zeggen : de berekening gebeurt achteraf, na het gebruik.

Daarnaast kan men ook geïnteresseerd zijn in het maken van simulaties en voorspellingen ; men wil dan een antwoord op de vraag "wat indien?". Bijvoorbeeld wat is de invloed op de rendabiliteit van de WKK-installatie indien men er in slaagt om de pieken van het energiegebruik af te zwakken ?

Deze situatie wordt de a priori analyse genoemd, dit wil zeggen dat de berekening vooraf gebeurt (a priori), niet op basis van historische data.

Het programma kan beide situaties aan, zowel a posteriori als a priori analyses.

### 3. Globale structuur van het programma tot modelisatie van de vraagzijde

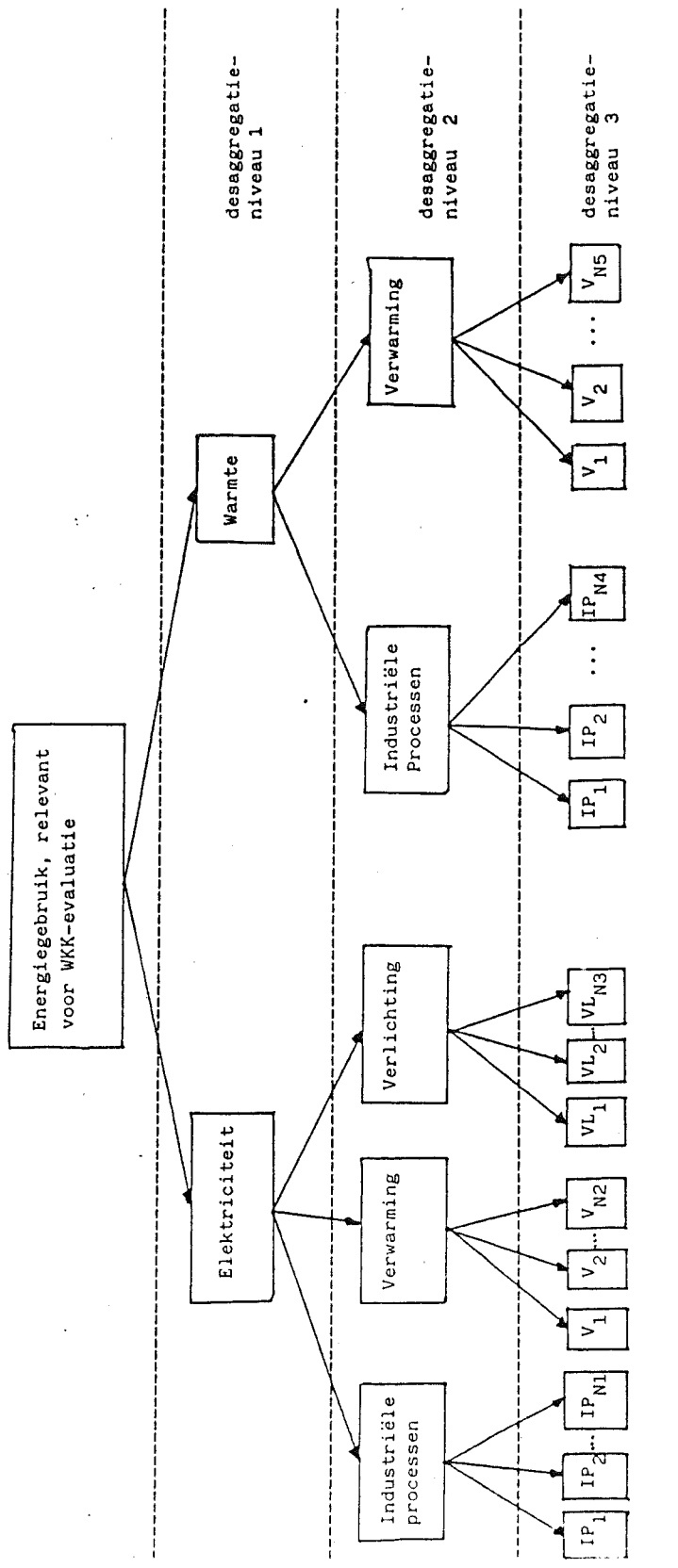
---

De structuur van het programma is gebaseerd op een hiërarchische benadering (zie figuur 1).

In een eerste stap wordt het totaal energiegebruik dat relevant is voor de WKK-evaluatie opgesplitst in zijn twee componenten, elektriciteit en warmte.

Op het volgende desaggregatieniveau worden deze twee energievormen in hun componenten opgesplitst. Deze componenten zijn industriële processen, verwarming, verlichting voor elektriciteit en zijn industriële processen en verwarming voor warmte. De opsplitsing is noodzakelijk vermits deze componenten door verschillende factoren beïnvloed worden. Voorbeeld : het verloop van het energiegebruik in een industrieel proces zal vooral beïnvloed worden door de produktieactiviteit ; voor de verwarming van een gebouw zal de vereiste binnentemperatuur en het verloop van de buitentemperatuur van belang zijn (graaddagen).

Op het derde desaggregatieniveau wordt het energiegebruik dat naar de industriële processen, respectievelijk verwarming en verlichting, gaat opgesplitst op het niveau van de afzonderlijke energiegebruikseenheid, dit is het individueel proces, de individuele verwarmings- en verlichtingseenheid. Een globale behandeling van het energiegebruik dat bijvoorbeeld naar verwarming gaat zou tot grote onnauwkeurigheden kunnen leiden vermits dit totaal gebruik de som is van gebruiken die sterk verschillende karakteristieken kunnen vertonen. De verwarming van een kantoorgebouw zal andere karakteristieken vertonen dan de verwarming van produktiehallen (bijvoorbeeld qua hoeveelheid graaddagen, qua verloop in de tijd). De som van de twee globaal behandelen, zonder rekening te houden met de verschillende karakteristieken, zal een vertekend beeld geven.



IP = industrieel proces  
VL = verlichtingseenheid  
V = verwarmingseenheid

Figuur 1



De gebruiker van het programma kan zelf de graad van de gedetailleerdheid bepalen in functie van de data die hij ter beschikking heeft. Dit doet hij door vooraf het aantal industriële processen, verwarmings- en (eventueel) verlichtingseenheden op te geven die hij wenst te verwerken, zowel voor elektriciteit als voor warmte. Zo kan hij, bij gebrek aan data, één verwarmingseenheid specificeren, en het energiegebruik dat naar verwarming gaat in zijn totaliteit behandelen, zonder de eventuele opsplitsing in kantoorgebouwen en produktiehallen.

Wanneer naar het aantal industriële processen, verwarmings- en verlichtingseenheden gevraagd wordt dat men wenst te modeleren kan men ook de waarde 0 invoeren, bijvoorbeeld als men geen elektrische verwarming kent. Voor ieder van de afzonderlijk gespecificeerde energiegebruikseenheden (zijnde een industrieel proces, of een verwarmings- of een verlichtingseenheid) moet ook het energiegebruik dat naar deze eenheden gaat gespecificeerd worden. Bijvoorbeeld : voor warmte  $x$  GJ naar industrieel proces 1,  $y$  GJ naar industrieel proces 2,  $z$  GJ naar verwarmingseenheid 1 enz. (hetzelfde ook voor het elektriciteitsgebruik).

Het programma geeft als resultaat twee reeksen van data, het elektriciteits- en warmtegebruik per uur, en dit voor ieder uur van de analyseperiode. De resultaten staan op het desaggregatieniveau 1, dit wil zeggen op het niveau van het totaal elektriciteits- en totaal warmtegebruik. De verschillende industriële processen, verwarming- en verlichtingseenheden worden opgeteld. Omwille van de optelling moet de gebruiker er voor zorgen dat de invoer op het niveau van de energievorm (electriciteit of warmte) in dezelfde eenheden gebeurt. Zo zal op het niveau van de warmte de gebruiker dezelfde eenheden moeten gebruiken (bijvoorbeeld GJ) voor de verschillende industriële processen en verwarmingseenheden.

De analyseperiode moet minstens drie weken omvatten, waarvan ten minste één week een volledige week moet zijn (dit wil zeggen een week van zeven dagen, gaande van maandag tot en met zondag). De eerste en laatste

week mogen minder dan zeven dagen omvatten, waardoor het mogelijk is om analyseperioden te behandelen die niet beginnen en eindigen op een maandag. De analyseperiode kan op gelijk welke dag van het jaar beginnen.

Figuur 2 geeft een schematisch overzicht van de verschillende programma's en bestanden tezamen met hun interacties.

MAINPRO is het hoofdprogramma. Het hoofdprogramma heeft als invoer ook de analyseperiode karakterisering nodig. Dit wil zeggen dat voor iedere dag van de analyseperiode moet uitgemaakt worden of deze dag een gewone weekdag is, een zaterdag of een zondag/feestdag (belangrijk voor de tarificatie). Deze karakterisering wordt op een bestand geschreven door het programma CHARYE.

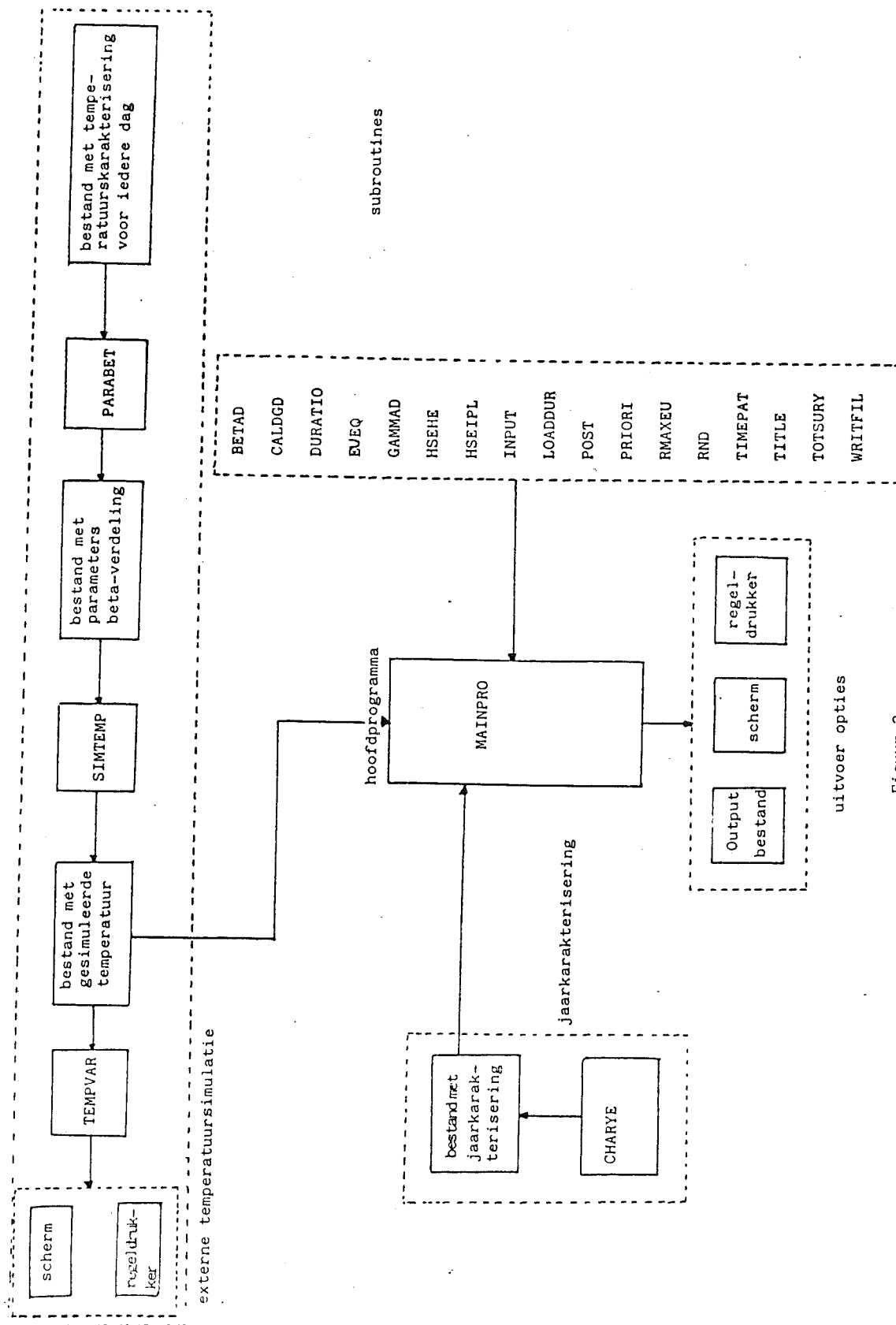
Als externe invoer kan men ook nog een bestand met temperaturen hebben (belangrijk voor het energieverbruik dat naar verwarming gaat). Deze temperaturen kunnen werkelijk gerealiseerde daggemiddelden zijn of gesimuleerde daggemiddelden (uit een beta-verdeling). In figuur 2 wordt de situatie voor externe simulatie weergegeven. In MAINPRO bevindt zich een optie waardoor men in het hoofdprogramma direct de temperaturen kan laten simuleren (ze worden dan niet van een bestand afgelezen).

PARABET is een programma dat de parameters van een beta-verdeling berekent op basis van een aantal karakteristieke waarden van het daggemiddelde (gemiddelde, standaardafwijking, maximale en minimale waarde). Voor iedere dag van het jaar worden op een bestand deze parameters weggeschreven. Deze parameters laten toe om voor iedere dag van het jaar een beta-verdeling op te stellen waaruit een bepaald daggemiddelde gesimuleerd kan worden. Deze simulatie kan gebeuren in het hoofdprogramma (MAINPRO) of aan de hand van het programma SIMTEMP. Gebeurt de simulatie door SIMTEMP dan worden de resultaten van deze simulatie op een apart bestand weggeschreven, en kunnen als input dienen voor het hoofdprogramma(1).

---

(1) De inbreng van de gesimuleerde temperaturen gebeurt indirect, via de subroutine CALDGD die de graaddagen berekent.

Eventueel kan men de resultaten onder vorm van een staafdiagram laten uitdrukken (via het programma TEMPVAR) om de variabiliteit de gesimuleerde reeks te evalueren.



Figuur 2

## Verklaring programma's

- 
- CHARYE = programma dat de dagen van het jaar karakteriseert als  
weekdag (waarde 1), zaterdag (2) of zondag/feestdag (3)
- MAINPRO = hoofdprogramma ; omvat alle hoofdbewerkingen die door  
verschillende externe subroutines worden uitgevoerd.  
Krijgt ook input van externe bestanden (bijvoorbeeld de  
jaarkarakterisering)
- PARABET = programma dat de parameters van een beta-verdeling be-  
rekenet waaruit het daggemiddelde wordt getrokken
- SIMTEMP = programma dat temperaturen simuleert, uitgaande van de  
beta-parameters van de verdeling van de daggemiddelden
- TEMPVAR = programma dat de variabiliteit van een gesimuleerde reeks  
temperaturen evalueert. De tijdreeks wordt onder vorm van  
een staafdiagram uitgedrukt. Ook een tabel met de varian-  
tie en het gemiddelde van de daggemiddelden voor iedere  
maand en voor de ganse analyseperiode wordt afgedrukt

Verklaring subroutines en functies

-----

BETAD	= simuleert een waarde uit een beta-verdeling
CALDGD	= berekent het aantal graaddagen, uitgaande van rechtstreeks gesimuleerde temperaturen of van temperaturen die van een bestand afgelezen worden
DURATIO	= berekent de duur in uren van de segmenten van een typedag
EUEQ	= zet de energiegebruiken die corresponderen met de segmenten van de verschillende dagen om op uurbasis
GAMMAD	= simuleert een waarde uit een gamma-verdeling
HSEHE	= berekent de hoogtes van de segmenten voor ieder segment van de analyseperiode en dit voor het geval van verwarming
HSEIPL	= berekent de hoogtes van de segmenten voor ieder segment van de analyseperiode, en dit voor het geval van industriële processen en verlichting
INPUT	= leest weekspecificatie, typeweek- en typedagomschrijving in
LOADDUR	= drukt tabel van belastingsduur uit
POST	= berekent het energiegebruik dat bij ieder segment van het jaar hoort (a posteriori analyse)
PRIORI	= berekent het energiegebruik dat bij ieder segment van het jaar hoort (a priori analyse)
RMAXEU	= berekent het maximaal energiegebruik per uur voor de analyseperiode
RND	= random generator van een uniforme (0,1) verdeling
TIMEPAT	= drukt het tijdspatroon van het energiegebruik onder vorm van een staafdiagram uit
TITLE	= drukt titel uit bij het opstarten van het programma
TOTSURY	= berekent totale oppervlakte die hoort bij de analyseperiode (a posteriori analyse)
WRITFIL	= schrijft energiegebruiken per uur voor de analyseperiode op een bestand, tezamen met de vermelding of het volle (1) of stille (2) uren tarief van toepassing is

#### 4. Invoer

---

Om de energiegebruiken per uur voor ieder uur van de analyseperiode te berekenen moet omschreven worden hoe het energiegebruik in de analyseperiode is verlopen. Dit gebeurt aan de hand van een karakterisering van de analyseperiode.

##### 4.1 Niveau van het industrieel proces

---

De invoer van de karakterisering van de analyseperiode voor een industrieel proces dient te gebeuren onder de vorm van een weekomschrijving, typeweken- en typedagenkarakterisering (zie figuur 3).

###### 4.1.1 Weekomschrijving

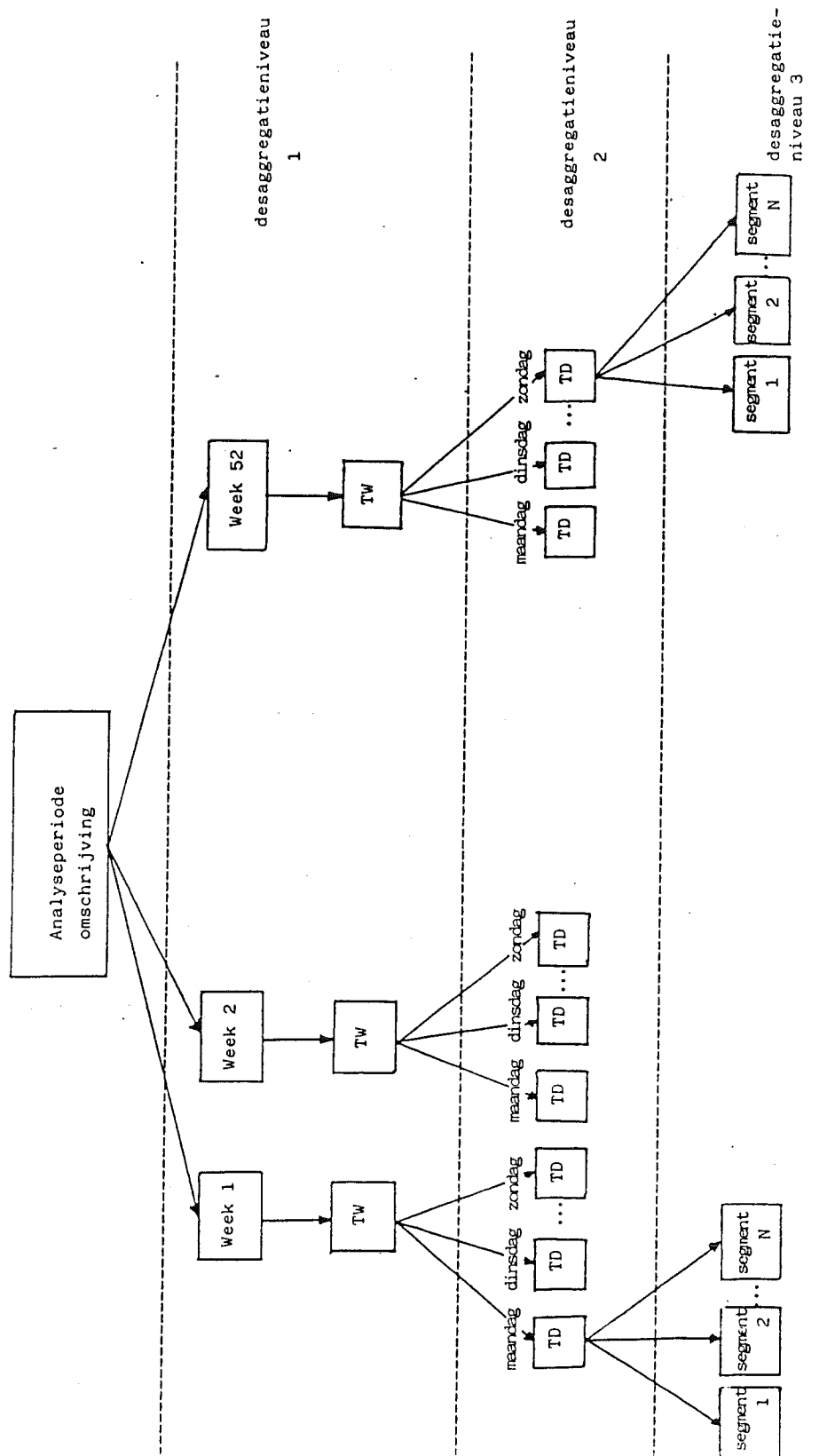
---

Weekomschrijving betekent dat men voor iedere week van de analyseperiode bepaalt welk patroon van energiegebruik deze week kent. Dit gebeurt via het verwijzen naar een bepaalde typeweek. Voorbeeld : week 17 en week 23 van het jaar kunnen eenzelfde vorm van energiegebruikverloop kennen (zie figuur 4) ; dit specifieke verloop in een week wordt gemodeleerd door te verwijzen naar een typeweek, bijvoorbeeld typeweek 3.

Men krijgt dan

week 17 ; typeweek karakterisering : 3

week 23 ; typeweek karakterisering : 3



TW = typeweek  
TD = typedag

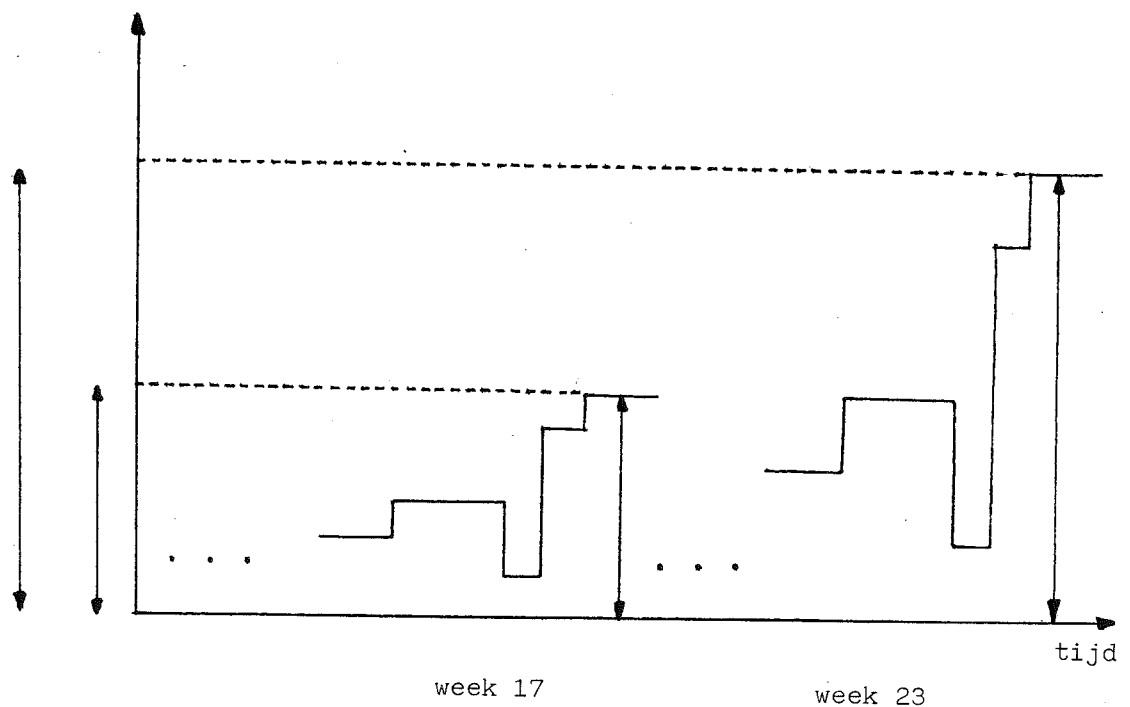
Figuur 3



Figuur 4 geeft ook aan dat een typeweek karakterisering onvoldoende is om weken op een éénduidige manier te omschrijven.

Figuur 4

energiegebruiks-  
indicator



Alhoewel week 17 en 23 eenzelfde vorm van verloop kennen, verschillen beide qua niveau : op ieder moment van de week is het niveau van week 23 tweemaal zo hoog als het niveau van week 17. Vandaar de noodzaak om aan de weken nog een gewicht toe te kennen. Voorbeeld : week 17 kan de waarde 50 krijgen ; week 23 de waarde 100. De absolute waarde van deze gewichten is onbelangrijk ; wat telt zijn de onderlinge verhoudingen. Men zou ook aan week 17 de waarde 25 kunnen toekennen en aan week 23 de waarde 50, vermits de verhouding 1:2 dezelfde blijft.

Omwille van de duidelijkheid geven we per definitie aan de week met het hoogste segment de waarde 100 ; de hoogtes van de andere weken worden in functie van deze referentiewaarde uitgedrukt. Dit gebeurt door de hoogste segmenten van de verschillende weken met elkaar te relateren.

Voorbeeld :      week 17 ; gewicht = 50  
                       week 23 ; gewicht = 100  
                       week 36 ; gewicht = 75

Dit betekent dat week 23 de week van het jaar is met het hoogste segment, en dus met het hoogste energiegebruik per uur. Het hoogste segment van week 17 verhoudt zich als 1:2 (of 50 %) ten opzichte van het hoogste segment van het jaar (dat in week 23 valt). Voor week 36 is deze verhouding 1:1.33 (of 75 %).

Op deze wijze kan men de ganse analyseperiode karakteriseren. Veronderstellen we dat de analyseperiode een jaar van 52 weken omvat :

<u>week</u>	<u>typeweekreferentie</u>	<u>belang</u>
1	2	80
2	2	80
3	1	100
.	.	.
.	.	.
.	.	.
18	1	60
.	.	.
.	.	.
.	.	.
50	3	40
51	2	50
52	1	40

Een week loopt in principe van maandag tot en met zondag.

Zou men deze regel strikt aanhouden dan zou men in problemen komen met het analyseren van een periode die bijvoorbeeld loopt van donderdag 1 januari tot en met donderdag 31 december. Om dit op te vangen kan voor de eerste week van de analyseperiode de eerste dag een andere dag dan de maandag zijn (bijvoorbeeld de donderdag). Voor de laatste week kan de laatste dag een andere dag dan de zondag zijn (bijvoorbeeld ook de donderdag). Hierdoor is het mogelijk dat de eerste en de laatste week geen zeven dagen tellen.

De gebruiker kan zelf interactief de eerste dag van de eerste week en de laatste dag van de laatste week bepalen.

Omwille van de eenvoud werd in het hierboven vermelde voorbeeld verondersteld dat een jaar 52 weken telt. In werkelijkheid kan een jaar over 54 weken lopen. Dit is het geval bij een schrikkeljaar waar 1 januari op een zondag valt en 31 december op een maandag ; in dit geval hebben we 52 volledige weken ( $52 \times 7 = 364$  dagen) en 2 weken van 1 dag (namelijk week 1 en week 54).

#### 4.1.2 Typeweeken karakterisering

---

Typeweeken worden gebruikt om het verloop in de weken van de analyseperiode te karakteriseren (zie supra).

De logica achter de opbouw van de typeweeken is analoog aan deze van de weekomschrijving.

Voor iedere dag van de week, gaande van maandag tot en met zondag wordt bepaald welk verloop deze dag kent. De karakterisering van dit verloop gebeurt aan de hand van typedagen. De dagen van de week worden tot elkaar gerelateerd door aan iedere dag een gewicht toe te kennen. De onderlinge verhouding van deze gewichten bepaalt hoe de hoogste segmenten van de dagen zich tot elkaar verhouden. De dag met

het hoogste segment van de week krijgt de waarde 100. Al de andere dagen worden in functie van deze dag uitgedrukt door hun hoogste segment aan het hoogste segment van de week te relateren.

Men krijgt dan bijvoorbeeld :

TW	MAAN		DINS		WOENS		DONDER		VRIJ		ZATER		ZON	
	TD	G	TD	G	TD	G	TD	G	TD	G	TD	G	TD	G
1	2	80	1	90	1	100	2	100	1	80	1	10	1	10
2	3	60	2	70	1	100	3	80	2	70	1	10	2	10
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

TW = Typeweek

TD = Typedag

G = Gewicht

Men kan dit illustreren aan de hand van typeweek 1. In typeweek 1 is woensdag de dag met de grootste segmentshoogte (gewicht = 100). Woensdag volgt het patroon van een verder gespecificeerde typedag 1 (voor de typedagen karakterisering, zie infra). Dat zaterdag een gewicht 10 krijgt betekent dat het hoogste segment van de zaterdag 1/10de is van het hoogste segment van de woensdag ; of nog : dat het maximale uurenergiegebruik van de woensdag 1/10de is van het maximale uurenergiegebruik van de woensdag.

#### 4.1.3 Typedagen karakterisering

---

Typedagen worden gebruikt om het verloop van de typeweken te karakteriseren (zie supra).

De logica achter de opbouw van de typedagen is analoog met deze achter de weekomschrijving en de typeweken.

Een typedag begint om 0 uur en eindigt om 24 uur. De gebruiker kan vrij bepalen uit hoeveel segmenten een typedag bestaat (bijvoorbeeld 3 segmenten, 0u-14u ; 14u-18u ; 18u-24u). Met ieder segment kan een verschillend energiegebruik per uur corresponderen.

De energiegebruiken per uur voor ieder segment worden tot elkaar gerelateerd door het toekennen van gewichten. Het segment van de dag met het hoogste energiegebruik per uur krijgt het gewicht 100 ; al de andere segmenten worden in functie van dit referentiesegment uitgedrukt door hun energiegebruiken per uur te relateren aan het energiegebruik per uur van het referentiesegment.

Voorbeeld : Stel dat men typedagen construeert met 8 segmenten die er als volgt uitzien :

	TD 0u-6u	6u-8u	8u-12u	12u-13u	13u-16u	16u-17u	17u-22u	22u-24u
1	60	70	90	70	100	80	70	60
2	60	70	85	75	100	90	70	65
3	60	80	100	80	100	90	80	60
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.

TD = Typedag

Neem bijvoorbeeld typedag 1. De waarde 100 voor het segment 13u-16u betekent dat het energiegebruik per uur op dit moment van de dag het hoogste is van de ganse dag. De waarde 70 voor het segment 6u-8u betekent dat het energiegebruik per uur 70 % is van het energiegebruik per uur van het segment 13u-16u.

Doordat de gebruiker zelf het aantal segmenten in een typedag kan vaststellen, tezamen met de uren waarop de respectievelijke segmenten beginnen, kan men een zeer groot aantal situaties aan.

Het maximaal aantal segmenten dat men kan specificeren is 24, namelijk wanneer men op een uurresolutie overgaat. Het minimaal aantal segmenten is één. In het laatste geval kent het energieverbruik in de typedag een volkomen uniform verloop.

Eens men het aantal segmenten tezamen met hun grenzen heeft bepaald, blijft dit gelden voor het ganse industrieel proces (1). Dit betekent dat alle typedagen van dit industrieel proces hetzelfde aantal segmenten hebben en dat voor alle typedagen de segmenten op hetzelfde uur beginnen en eindigen. Voor verschillende typedagen kan men wel voor overeenkomstige segmenten verschillende gewichten toekennen (zie tabel supra).

Verschillende segmenten betekent niet dat ieder segment met een verschillende gewicht moet worden opgevuld. Als men aan meerdere op elkaar volgende segmenten eenzelfde gewicht toekent dan kan men een meer uniform verloop van energieverbruik modelleren. Het aantal segmenten in een typedag geeft het maximaal aantal verschillende urengebruiken aan dat in deze typedag kan optreden.

#### 4.1.4 Correctie voor bijzondere dagen

---

Bij de hierboven vermelde werkwijze moet voor iedere week met een verschillend patroon van energieverbruik een afzonderlijke typeweek gespecificeerd worden. In bepaalde gevallen kan dit tot onnodig werk leiden.

Voorbeeld : week 17 en week 42 kennen eenzelfde patroon van energieverbruik, met uitzondering van één dag. Stel bijvoorbeeld dat 11 november, een dag waarop de produktie-activiteit in de onderneming stil ligt, in week 42 valt. In principe zou men dan voor beide weken een andere typeweek dienen te specificeren. Het is echter eenvoudiger om beide weken door eenzelfde typeweek te karakteriseren en achteraf een correctie aan te brengen voor de dag met een afwijkend verloop.

---

(1) Dit geldt ook op het niveau van de verwarmings- en verlichtingseenheid. Eens het "stramen" van de typedag bepaald, dient men dit aan te houden.

Het programma voorziet in deze mogelijkheid. Eens de analyseperiode omschreven aan de hand van de weekomschrijving, de typeweken- en typedagenkarakterisering, wordt gevraagd of er bijzondere dagen zijn (bijvoorbeeld stakingsdagen, feestdagen), waarvoor de omschrijving moet gecorrigeerd worden.

Voor elk van deze dagen worden de maand en de kalenderdag van het jaar gevraagd, de juiste typedagreferentie en het belang van deze typedag in de typeweek.

#### 4.1.5 Integratie

---

Uit bovenstaande omschrijving blijkt dat de weekomschrijving, typeweken- en typedagenkarakterisering één groot geheel vormen. De onderlinge samenhang wordt geïllustreerd aan de hand van figuur 5.

Voorbeeld : De periode 13u-16u op de dinsdag van week 18 is op deze wijze éénduidig bepaald (belang week : 60 ; typeweek 1 ; belang dinsdag : 90 ; typedag 1 ; belang segment : 100).

#### 4.2 Niveau van de verwarmingseenheid

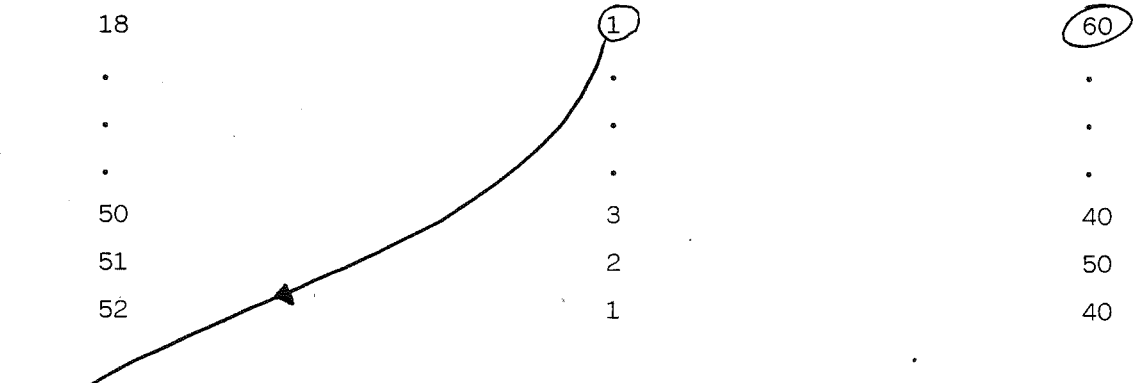
---

Op het niveau van de verwarmingseenheid is de weekomschrijving, typeweken- en typedagen karakterisering onvoldoende om het energiegebruik te modeliseren. Het energiegebruik voor verwarming wordt in belangrijke mate bepaald door het temperatuursverloop en het graaddagenstelsel. Deze twee elementen dienen in de modelisatie te worden opgenomen.

Voor de betekenis van het begrip "graaddagen" wordt verwezen naar appendix A. De gebruiker kan zelf interactief zijn graaddagen systeem bepalen op het niveau van de verwarmingseenheid, dit door het invoeren van de gemiddelde buitentemperatuur boven dewelke geen verwarming vereist is en de vereiste gemiddelde binnentemperatuur.

Figuur 5

week	typeweekreferentie	belang
1	2	80
2	2	80
3	1	100
.	.	.
.	.	.
.	.	.
18	1	60
.	.	.
.	.	.
.	.	.
50	3	40
51	2	50
52	1	40



TW	MAANDAG		DINS		WOENS		DONDER		VRLJ		ZATER		ZON	
	TD	G	TD	G	G	TD	G	TD	G	TD	G	TD	G	
1	2	80	1	90	1	100	2	100	1	80	1	10	1	10
2	3	60	2	70	1	100	3	80	2	70	1	10	2	10
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

TD	6U-7U	7U-8U	8U-12U	12U-13U	13U-16U	16U-17U	17U-22U	22U-6U
1	50	70	90	70	100	80	70	60
2	60	70	85	75	100	90	70	65
3	60	80	100	80	100	90	80	60
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.

TD = Typedag  
 TW = Typeweek



De gemiddelde dagtemperatuur die bij iedere dag van het jaar hoort kan van een bestand gelezen worden ofwel direct in het hoofdprogramma gesimuleerd worden.

Kiest men voor de simulatie dan worden de daggemiddelden uit een statistische verdeling (beta-verdeling) getrokken. Voor iedere dag van het jaar wordt een beta-verdeling gespecificeerd. Deze verdeling werd gekozen omdat ze niet automatisch symmetrisch is zoals bijvoorbeeld een normale verdeling. Een beta-verdeling heeft ook een boven- en ondergrens waarbinnen de getrokken waarden steeds vallen.

De parameters van de beta-verdeling worden van een sequentieel bestand gelezen. Er zijn parameters voorzien voor de 365 dagen van het jaar. In het geval van een schrikkeljaar wordt de temperatuur voor 29 februari uit de verdeling van 28 februari getrokken.

Men kan de analyseperiode op gelijk welke dag van het jaar laten beginnen, de temperaturen worden uit de juiste verdelingen getrokken. De analyseperiode dient wel steeds binnen één kalenderjaar te vallen. Voorbeeld : een analyseperiode van 1 januari 1986 tot en met 31 december 1986 is toegelaten ; een analyseperiode van 1 november 1986 tot en met 31 oktober 1987 niet.

Voor een beschrijving van de beta-verdeling wordt naar appendix B verwezen. De methode voor het genereren van een waarde uit een beta-verdeling wordt beschreven in appendix D. In appendix C wordt een algemene beschrijving gegeven van simulatiemethoden, waarop het trekken van waarden uit een beta-verdeling steunt.

De ingelezen beta-parameters of temperaturen staan op desaggregatieniveau 2, dit wil zeggen op het niveau van het geheel van verwarmingseenheden. Er is één reeks van temperaturen (hetzij gesimuleerd, hetzij ingelezen) die voor alle verwarmingseenheden wordt gebruikt.

#### 4.3 Niveau van de verlichtingseenheid

---

Het model in zijn huidige vorm behandelt het energiegebruik dat naar verlichting gaat op dezelfde wijze als het energiegebruik voor een industrieel proces (systeem van weekomschrijving, typeweeken- en type-dagen karakterisering).

Indien nodig zal dit onderdeel van het model aangepast worden om bijvoorbeeld de invloed op het energiegebruik in aanmerking te nemen van de verandering van het uur van zonsopgang en -ondergang.

## 5. Verwerking

-----

Bij de verwerking wordt een onderscheid gemaakt tussen :

1. a posteriori analyse : gegeven de analyseperiode omschrijving via het systeem van weekomschrijving, typeweeken- en typedagen karakterisering en het totaal energiegebruik voor dit jaar, simuleert het programma het energiegebruik per uur voor ieder uur van het jaar. De bewerkingen slaan op historische gegevens ; het energiegebruik wordt achteraf (a posteriori), dit wil zeggen na het gebruik, berekend.
2. a priori analyse : net als in de a posteriori analyse wordt de analyseperiode omschreven via weekomschrijving, typeweeken- en typedagen karakterisering. De bewerkingen slaan nu niet op historische gegevens, maar op hypothetische gegevens, zoals bij "wat indien ?" scenario's en bij voorspellingen.  
De invoer van het energiegebruik geschiedt niet in de vorm van het totaal jaarlijks energiegebruik vermits dit gebruik niet gekend is. In de a posteriori analyse kan men een bepaalde karakteristieke waarde berekenen, uitgedrukt in een energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator (industriële processen en verlichting) of per uur x energiegebruiksindicator x graaddagen (verwarming) (1). Deze waarde dient als invoer voor het a priori geval (zie ook infra).

---

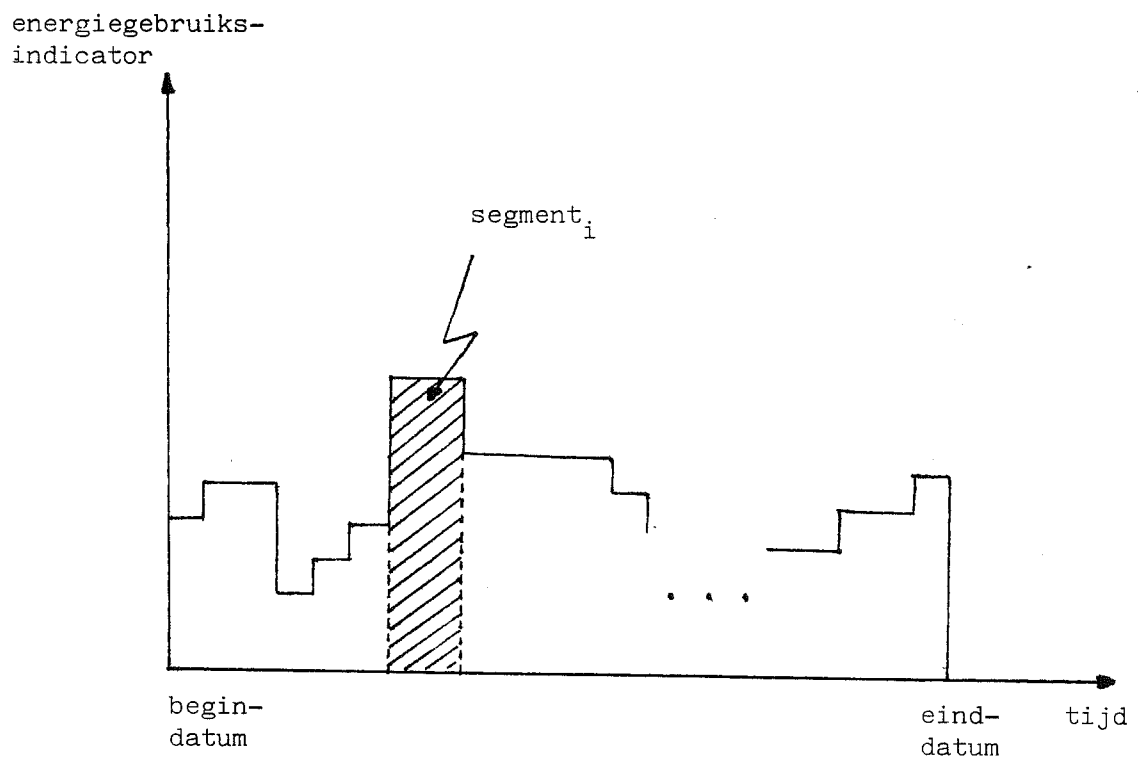
(1) Met energiegebruiksindicator wordt de eenheid van hoogte van de segmenten bedoeld. Deze hoogtes van de segmenten zijn een indicatie voor het energiegebruik per uur. Indien er een rechtvenredig verband wordt verondersteld tussen productie en energiegebruik, dan zijn de hoogtes van de segmenten ook een indicatie van de uurproductie (het geval voor industriële processen).

### 5.1. De a posteriori analyse

---

Door de analyseperiode omschrijving kan men een figuur zoals onderstaande opstellen.

Figuur 6



Met de totale oppervlakte onder de curve correspondeert het totaal energieverbruik (elektriciteit of warmte). Dit totaal energieverbruik wordt over de verschillende segmenten van de analyseperiode verspreid, rechtvaardig met de oppervlakte van de segmenten (F.1). Is segment  $i$  bijvoorbeeld 1/1000ste van de totale oppervlakte dan krijgt segment  $i$  1/1000ste van het totaal energieverbruik toegewezen.

(F.1)

$$\begin{array}{l} \text{energiegebruik} \\ \text{aan segment i} \\ \text{toegewezen} \end{array} = \frac{\text{oppervlakte segment i}}{\text{totale oppervlakte voor} \\ \text{de analyseperiode}} * \begin{array}{l} \text{totaal energiegelbruik} \\ \text{in analyseperiode} \end{array} \\ \text{(= som oppervlaktes alle} \\ \text{segmenten)}$$

Hieruit kan men het energiegelbruik per uur voor ieder segment berekenen door het energiegelbruik dat aan de segmenten is toegewezen te delen door de lengte van de segmenten. Voorbeeld : omvat segment i 8 uren dan is het energiegelbruik per uur voor dit segment  $1/8 \times 1/1000 \times$  totaal energiegelbruik in de analyseperiode.

Vermits de oppervlakte van de segmenten door hun lengte dient te worden gedeeld om tot het energiegelbruik per uur te komen, kan men de tussenstap van de berekening van het totaal energiegelbruik in een segment overslaan. Hiertoe gebruikt men formule (F.2).

(F.2)

$$\begin{array}{l} \text{energiegebruik per} \\ \text{uur in segment i} \end{array} = \frac{\text{hoogte segment i}}{\text{totale oppervlakte} \\ \text{van analyseperiode}} * \begin{array}{l} \text{totaal energiegelbruik} \\ \text{in analyseperiode} \end{array} \\ \text{(= som oppervlaktes} \\ \text{alle segmenten)}$$

De berekening van de hoogte van segment i, zoals vermeld in formule (F.3) wordt aan de hand van het volgende voorbeeld geïllustreerd.

Beschouw een bepaald segment van figuur 6. Veronderstel dat dit segment gekarakteriseerd kan worden door de omschrijving van figuur 5 (week 18, dinsdag, segment 5). De hoogte van dit segment is :

(F.3)

$$\begin{aligned}
 \text{hoogte segment} &= \text{belang week} \times \text{belang typedag} \times \text{belang segment} \\
 &= 60 \times 90 \times 100 \\
 &= 540\ 000
 \end{aligned}$$

De maximale hoogte voor een segment is  $100 \times 100 \times 100 = 1\ 000\ 000$ .

De hoogte van ieder segment (die een indicatie is van het energiegebruik per uur) is dus het resultaat van drie componenten : een indicator van het energiegebruik per uur van de week waarin dit segment valt, een indicator van het energiegebruik per uur van de dag waarin dit segment valt en een indicator van het energiegebruik per uur in het segment zelf.

De data die men op deze wijze bekomen heeft laten toe het tijdspatroom te construeren.

Deelt men het totaal jaarlijks energiegebruik door de totale oppervlakte dan bekomt men een bepaalde, karakteristieke waarde. Dit energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator kan als input dienen voor de a priori analyse (zie infra).

De berekeningen zoals hierboven beschreven gelden voor industriële processen en verlichtingseenheden. Voor verwarmingseenheden is er een bijkomende complicatie, omwille van de graaddagen.

De extra stap die bij de verwarmingseenheden komt is om ieder segment te vermenigvuldigen met de graaddagen die horen bij dit segment. Om bij het bovenstaande voorbeeld te blijven, stel dat met week 18, dinsdag een temperatuur correspondeert van  $12^{\circ}\text{C}$ . Indien een graaddagensysteem van 15/15 wordt aangehouden, dan wordt de hoogte van segment  $i$  :

(F.4)

$$\begin{aligned}
 \text{hoogte segment } i &= \text{belang week} \times \text{belang typedag} \times \text{belang segment } i \\
 &\quad \times \text{graaddagen} \\
 &= 60 \times 90 \times 100 \times 3 \\
 &= 1\,620\,000
 \end{aligned}$$

Voor dagen waarin het aantal graaddagen gelijk is aan 0, is de hoogte van de segmenten voor deze dagen gelijk aan 0.

Deelt men het totaal jaarlijks energiegebruik door de totale oppervlakte, dan bekomt men weer een bepaalde karakteristieke waarde. Dit energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator x graaddagen, kan als input dienen voor de a priori analyse (zie infra).

## 5.2 De a priori analyse

---

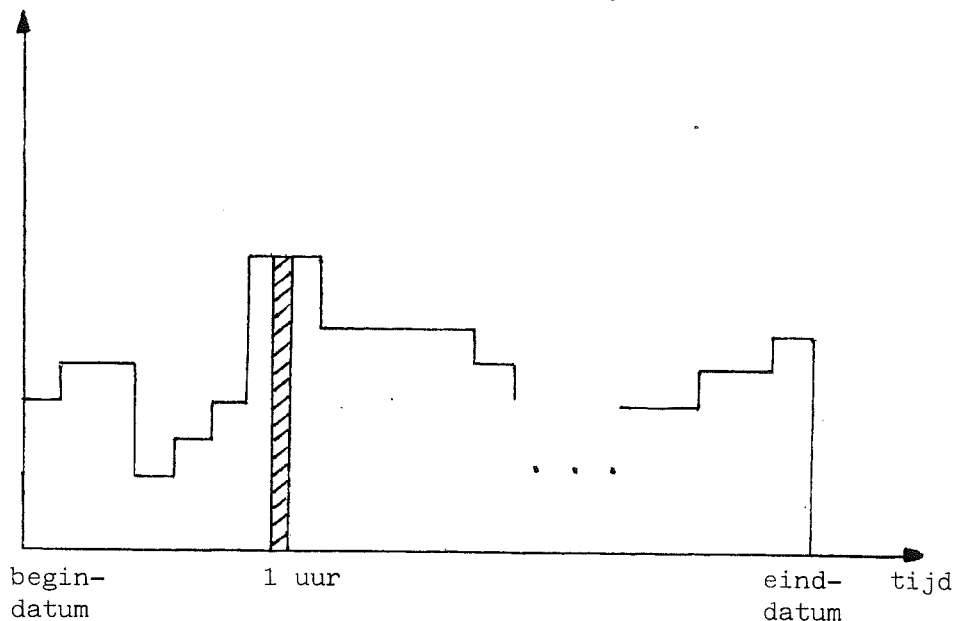
Als invoer heeft men hier de karakteristieke waarden nodig, die het resultaat zijn van de a posteriori berekeningen. Men heeft een bepaald energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator voor de industriële processen en verlichtingseenheden en een energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator x graaddagen voor de verwarmingseenheden.

De jaaromschrijving gebeurt op de traditionele manier (zie supra). Alleen heeft de analyse hier niet betrekking op een werkelijk gerealiseerd patroon, maar op een hypothetisch verloop (bijvoorbeeld om voorspellingen of simulaties te maken).

De jaaromschrijving laat toe om een chronologisch tijdspatroon op onderstaande wijze te tekenen (zie figuur 7).

Figuur 7

energiegebruiks-  
indicator



Met ieder uur van het jaar correspondeert een bepaalde hoogte. Voor industriële processen en verlichtingseenheden is deze hoogte uitgedrukt in energiegebruiksindicator eenheden ; voor verwarmingseenheden in energiegebruiksindicator eenheden x graaddagen. Binnen ieder segment is het energiegebruik per uur voor ieder uur van het segment gelijk.

Het energiegebruik per uur wordt bekomen door de hoogtes die bij de uren horen te vermenigvuldigen met de karakteristieke waarden (energiegebruik per uur x energiegebruiksindicator x graaddagen voor verwarmingseenheden).

Bij het gebruiken van de karakteristieke waarde van een energiegebruikseenheid die het resultaat is van de a posteriori analyse dient men in het oog te houden dat deze waarde eigen is aan de specifieke kenmerken van die energiegebruikseenheid. Voorbeeld : voor een verwarmingseenheid geldt deze waarde voor zover men dezelfde isolatie heeft, hetzelfde verwarmingssysteem enz.



## 6. Uitvoer

---

De uitvoer kan men op drie verschillende manieren bekomen. Men kan de resultaten afdrukken via het uitvoerapparaat (regeldrukker of scherm), laten wegschrijven op een bestand of tegelijkertijd laten afdrukken via het uitvoerapparaat en wegschrijven op een bestand.

Kiest men voor de afdruk dan worden de resultaten op het scherm of de regeldrukker afgedrukt, naargelang de keuze van het uitvoerapparaat die men gemaakt heeft. De afdruk bestaat uit het nummer van de week (week 1 is de eerste week van de geanalyseerde periode), het nummer van de dag (maandag = 1, ... zondag = 7), het uur (1 tot en met 24) en het energiegebruik dat correspondeert met dit uur. Het energiegebruik wordt ook nog uitgedrukt onder de vorm van een vector van sterretjes, waarvan de lengte rechtevenredig is met het energiegebruik.

Deze afdruk wordt gemaakt voor het totaal elektriciteits- en het totaal warmtegebruik. De industriële processen, de verwarmings- en verlichtingseenheden worden tot één geheel geaggregeerd. Alle industriële processen, verwarmings- en verlichtingseenheden beginnen op dezelfde dag (bijvoorbeeld 1 januari) en eindigen op dezelfde dag (bijvoorbeeld 31 december).

Naast deze resultaten in enge zin heeft men bij een afdruk via het uitvoerapparaat nog de mogelijkheid om een tabel van de invoer en een belastingsduurtabel af te drukken.

De tabel van de invoer omvat de weekomschrijving, de typeweken- en typedagenkarakterisering, en dit voor elk industrieel proces, verwarmings- en verlichtingseenheid. Op deze wijze is een controle van de invoer mogelijk.

In de belastingsduurtabel wordt voor iedere week van de geanalyseerde periode en ook voor de geanalyseerde periode in haar geheel het totaal energiegebruik en het piekgebruik in deze periodes, evenals de belastingsduur (1) en de belastingsfactor (2) afgedrukt.

Kiest men voor het wegschrijven op een bestand dan wordt het energiegebruik per uur voor elektriciteit en warmte, voor ieder uur van het jaar weggeschreven op een bestand. Na ieder uur wordt een 1 of 2 geschreven, naargelang het volle uren of stille uren tarief van toepassing is.

Het stille uren tarief is van toepassing op zondag, feestdagen, eventueel zaterdag en tijdens de nachtperiode van een gewone dag. De gebruiker bepaalt zelf of de zaterdag als een zondag (waarde 2) of een gewone weekdag (waarde 1) moet worden beschouwd. De periode nacht in een gewone dag omvat 9 uren ; de periode dag 15 uren. De 9 uren van de nacht kunnen ingaan op 21 of 22 uur. De gebruiker kan zelf het geval bepalen dat van toepassing is.

Om aan ieder uur van het jaar een 1 of een 2 te kunnen toekennen naargelang het volle uren of stille uren tarief van toepassing is, is het noodzakelijk om te weten in welk soort van dag (weekdag, zaterdag, zon- of feestdag) dit uur valt. Deze dagkarakterisering wordt van een bestand afgelezen. Het wegschrijven op een bestand van deze gegevens gebeurt aan de hand van het programma CHARYE. Indien men het jaar opgeeft en de eerste dag van het jaar (bijvoorbeeld woensdag) vult dit programma het ganse jaar op met 1 (weekdag), 2 (zaterdag) en 3 (zondag). Het programma vraagt ook welke dagen het statuut van zondag hebben (de feestdagen) en past de jaaromschrijving hier automatisch voor aan.

- 
- (1) De belastingsduur in een bepaalde periode (bijvoorbeeld een week, een jaar) wordt gedefinieerd als het totaal energiegebruik in deze periode gedeeld door het piekgebruik in deze periode.
- (2) De belastingsfactor in een bepaalde periode wordt gedefinieerd als de belastingsduur voor deze periode in uren, gedeeld door het totaal aantal uren dat deze periode omvat.

**APPENDICES**

---

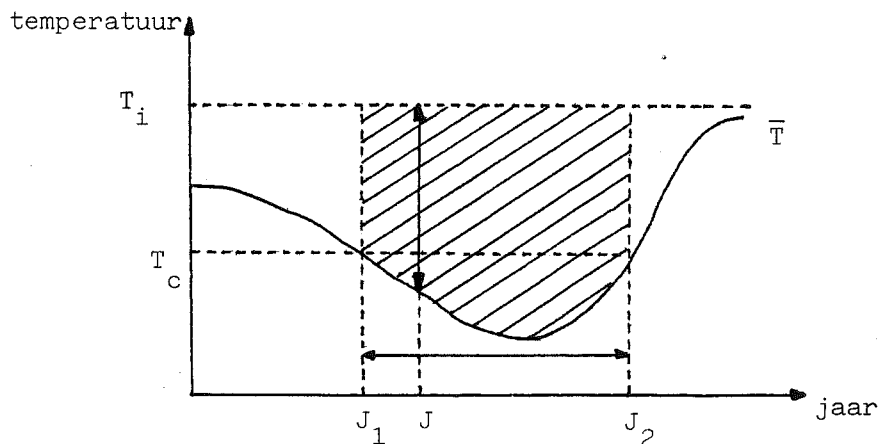
## Appendix A : Graaddagen

---

De invloed van het klimaat op het energiegebruik kan gekwantificeerd worden door de graaddagen (1).

Het aantal graaddagen voor een dag is gelijk aan het verschil tussen de vereiste binnentemperatuur  $T_i$  en de gemiddelde buitentemperatuur voor een dag  $\bar{T}$ , zolang  $\bar{T} \leq T_c$  (de gemiddelde buitentemperatuur voor een dag, boven dewelke geen verwarming is vereist).

Figuur A.1



Het aantal graaddagen voor het ganse verwarmingsseizoen bekomt men door de optelling over deze periode te maken.

$$\text{°d}(T_c/T_i) = \sum_{j_1}^{j_2} (T_i - \bar{T})$$

In België wordt het graaddagensysteem 15/15 het meest gebruikt.

---

(1) zie ook "Graaddagen" in "De Energiegids", Dienst voor Energiebehoud, Ministerie van Economische Zaken, aanpassing september 1982.

Appendix B : Berekening parameters van de beta-verdeling van de  
 -----  
 gemiddelde dagtemperatuur  
 -----

Als  $x$  beta-verdeeld is over het interval  $]0,1[$  dan is

$$f(x) = \frac{x^{\alpha_1-1} (1-x)^{\alpha_2-1}}{B(\alpha_1, \alpha_2)} \quad 0 < x < 1$$

$$f(x) = 0 \quad \text{elders}$$

$$\text{met } B(\alpha_1, \alpha_2) = \int_0^1 y^{\alpha_1-1} (1-y)^{\alpha_2-1} dy$$

Het gemiddelde ( $\mu$ ) en de variantie ( $\sigma^2$ ) van de verdeling zijn :

$$\mu = \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2}$$

$$\sigma^2 = \frac{\alpha_1 \alpha_2}{(\alpha_1 + \alpha_2)^2 (\alpha_1 + \alpha_2 + 1)}$$

Hieruit kan men  $\alpha_1$  en  $\alpha_2$  berekenen in functie van  $\mu$  en  $\sigma^2$  :

$$(F.1) \quad \alpha_1 = \mu \left[ \frac{\mu(1-\mu)}{\sigma^2} - 1 \right]$$

$$(F.2) \quad \alpha_2 = (1 - \mu) \left[ \frac{\mu(1-\mu)}{\sigma^2} - 1 \right]$$

Als  $x$  beta-verdeeld is over het interval  $]1,0[$  en  $y$  beta-verdeeld is over het interval  $(a,b)$ , dan kan  $y$  als een lineaire transformatie van  $x$  geschreven worden :

$$(F.3) \quad y = a + (b - a)x$$

$$\text{zodat} \quad E(y) = \mu_y = a + (b - a) \mu_x$$

$$V(y) = \sigma_y^2 = (b - a)^2 \sigma_x^2$$

$$\text{of (F.4)} \quad \mu_x = \frac{\mu_y - a}{b - a}$$

$$(F.5) \quad \sigma_x^2 = \frac{\sigma_y^2}{(b - a)^2} \quad \text{of} \quad \sigma_x = \frac{\sigma_y}{b - a}$$

Het KMI heeft een publicatie (1) waarin voor iedere dag van het jaar voor Ukkel vermeld staat :

- de gemiddelde dagtemperatuur, gemeten over de periode 1901 - 1970
- de hoogste gemiddelde dagtemperatuur over deze periode
- de laagste gemiddelde dagtemperatuur over deze periode
- de standaardafwijking van de reeks van 70 waarnemingen

Als men veronderstelt dat de gemiddelde dagtemperatuur een beta-verdeling volgt, dan kan men stellen dat :

- $\mu$  = de gemiddelde dagtemperatuur
- $b$  = de hoogste gemiddelde dagtemperatuur
- $a$  = de laagste gemiddelde dagtemperatuur
- $\sigma$  = de standaardafwijking van de reeks

Men kan een waarde uit de beta-verdeling over het interval  $]0,1[$  trekken en transformeren naar een waarde uit een beta-verdeling over het interval  $]a,b[$  volgens formule (F.3).

(1) Miscellanea serie B n°/r 27, KMI, 1974.

## Appendix C : Simulatiemethoden

---

### 1. Genereren van getallen via de inversekumulatieve dichtheids- functie (1)

---

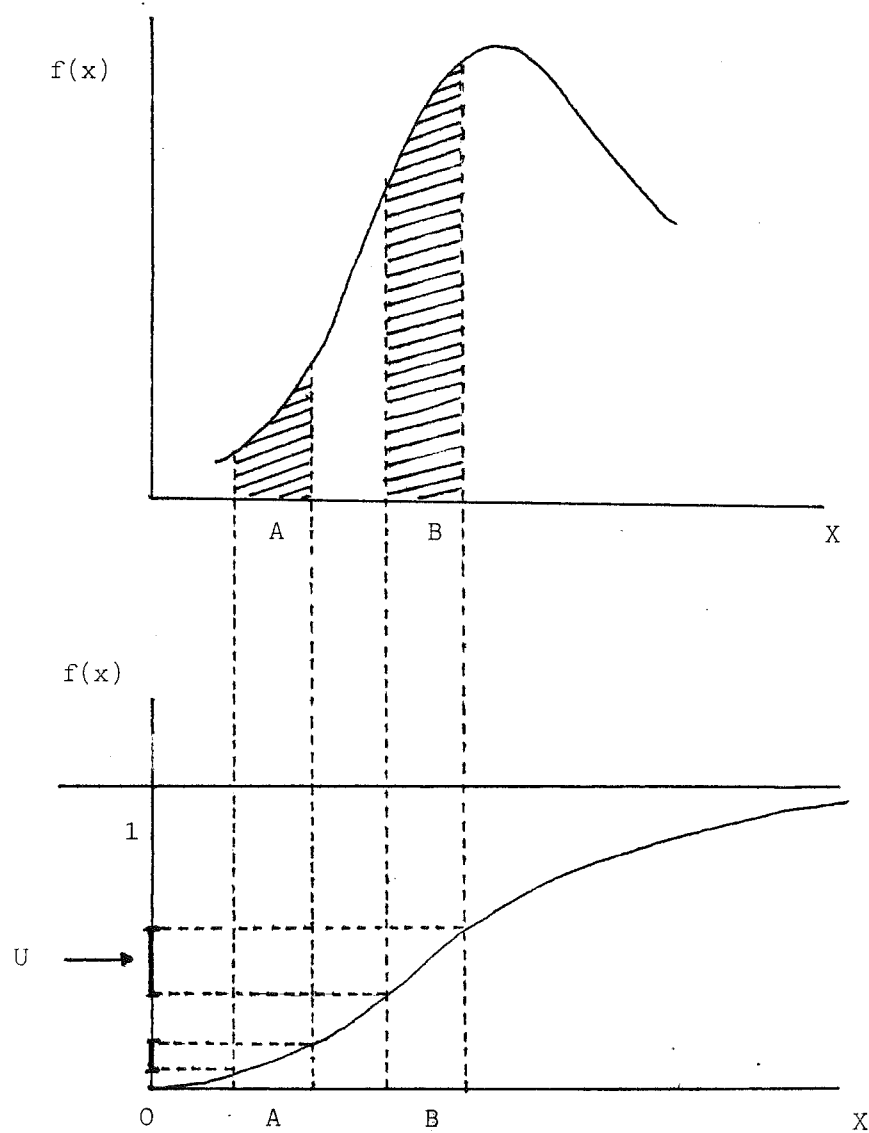
Stel dat men een getal dient te genereren uit een kansverdeling  $f(x)$  met een continue en strikt stijgende kumulatieve dichtheidsfunctie  $F(x)$ . Definieert men  $F(x)^{-1}$  als de inverse van de functie  $F(x)$ , dan trekt men een getal uit de uniforme verdeling  $u(0,1)$  en stelt  $x = F^{-1}(u)$ .  $X$  komt dan uit een kansverdeling met dichtheidsfunctie  $f(x) = dF(x)/dx$ .

Intuïtief kan men deze methode als volgt verklaren. Indien de kans groot is om in een interval van de  $x$ -veranderlijke te vallen, dan uit zich dit in een hoog oppervlaktegedeelte onder de dichtheidsfunctie. Voorbeeld : intervallen  $A$  en  $B$  zijn even groot (zie figuur C.1). De overeenkomstige oppervlaktes onder  $f(x)$  verschillen : de kans om in interval  $B$  te vallen is groter dan om in  $A$  te vallen. Vermits de kumulatieve dichtheidsfunctie de oppervlakte onder  $f(x)$  weergeeft, zal een gebied met een grote oppervlakte onder  $f(x)$  zich uiten in een sterke stijging van  $F(x)$  ; een gebied met een klein oppervlaktegedeelte in een zwakke stijging (zie figuur C.2). Een willekeurig getrokken waarde  $u$  uit een uniforme verdeling  $u(0,1)$  zal bijgevolg meer kans hebben om te vallen in een gebied dat correspondeert met een segment met hoge kansdichtheid.

---

(1) zie ook A.M. LAW en W.D. KELTON, "Simulation Modelling and Analysis", McGraw-Hill, 1982, p. 242 e.v.

Figuur C.1 + C.2



## 2. De aanvaarding-verwerping methode (1)

---

Talrijke kansverdelingen hebben een inverse kumulatieve dichtheidsfunctie met een ingewikkelde analytische vorm, waardoor het moeilijk

---

(1) zie ook A.M. LAW en W.D. KELTON, "Simulation Modelling and Analysis", McGraw Hill, 1982, p. 250 e.v.



is om de voorgaande methode toe te passen. Als alternatief heeft men de aanvaarding-verwerping methode.

Deze methode vereist dat een functie  $t(x)$  wordt gespecificeerd die de dichtheidsfunctie majoriseert, dit wil zeggen dat  $t(x) \geq f(x), \forall x$ . In het algemeen is  $t(x)$  geen dichtheidsfunctie vermits

$$c = \int_{-\infty}^{+\infty} t(x) dx \geq \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) dx = 1$$

De functie  $r(x) = t(x)/c$  is dit wel. De majoriserende functie wordt zo gekozen dat gemakkelijk een waarde uit  $r(x)$  kan getrokken worden (bijvoorbeeld de uniforme  $u(0,1)$  verdeling).

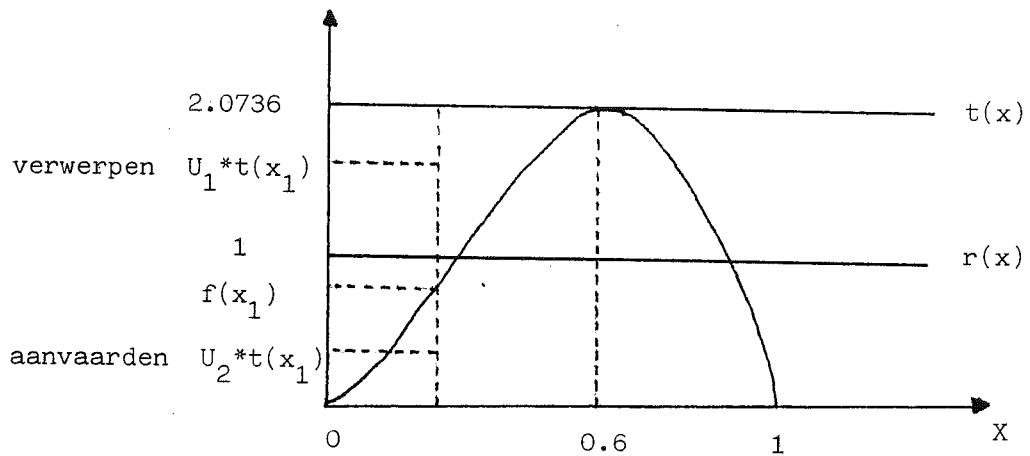
De werkwijze om een  $x$  uit de kansverdeling  $f(x)$  te genereren is als volgt :

1. genereer  $y$  uit de kansverdeling  $r$
2. genereer  $u$  uit een uniforme  $u(0,1)$  verdeling, onafhankelijk van  $y$
3. indien  $u \leq f(y)/t(y)$ , dan is  $x = y$  ; indien dit niet het geval is, ga dan naar 1 en probeer opnieuw.

De intuïtieve interpretatie van deze methode wordt aan de hand van het volgende voorbeeld geïllustreerd.

Stel dat men een getal uit een  $\text{beta}(4,3)$  verdeling, gedefinieerd over het interval  $(0,1)$ , dient te trekken. De dichtheidsfunctie  $f(x)$  van deze kansverdeling bereikt haar maximum in  $x = 0.6$  met  $f(0.6) = 2.0736$ . Bijgevolg majoriseert de functie  $t(x) = 2.0736$  in het interval  $(0,1)$  en  $t(x)$  elders de functie  $f(x)$ .  $\int_0^1 2.0736 dx = 2.0736$  zodat  $r(x)$  de uniforme verdeling  $u(0,1)$  is (zie figuur C.3).

Figuur C.3



Uit de verdeling met dichtheidsfunctie  $r$  wordt een getal getrokken, bijvoorbeeld  $x_1$ . Hierbij hoort een  $f(x_1)$  en een  $t(x_1)$ . Vervolgens wordt een getal uit de uniforme verdeling  $u(0,1)$  getrokken (stel  $u_1$ ) en vermenigvuldigd met  $t(x_1)$ , zodat men  $u_1 * t(x_1)$  krijgt, een waarde die tussen  $t(x_1)$  en 0 ligt.

Indien  $u * t(x_1) \leq f(x_1)$  dan wordt aangenomen dat  $x_1$  uit de kansverdeling met dichtheidsfunctie  $f(x_1)$  (beta(4,3)-verdeling) komt. Gemiddeld gezien zal dit in  $f(x_1)$  keer op de 2.0736 gevallen gebeuren.

Hoe dichter de getrokken waarde bij 0 of 1 ligt, hoe groter de kans is dat we deze waarde zullen verwerpen ; hoe dichter de getrokken waarde bij 0.6 ligt, hoe groter de kans wordt dat men de waarde aanvaardt, wat in overeenstemming is met de eigenschappen van een beta(4,3)-verdeling.

Appendix D : Het genereren van een waarde uit een beta-verdeling

---

Het probleem van het trekken van een waarde uit een beta-verdeling over een interval  $]a,b[$ , herleidt zich tot het probleem van het trekken van een waarde uit een beta-verdeling van dezelfde vorm over het interval  $]0,1[$ .

Immers stel dat  $x$  beta-verdeeld is over  $]0,1[$  en  $y$  beta-verdeeld is over  $]a,b[$ , dan geldt  $y = a + (b - a)x$ .

Indien  $\mu_x =$  gemiddelde van beta (alfa 1, alfa 2) over  $]0,1[$   
 $\sigma_x^2 =$  variantie van beta (alfa 1, alfa 2) over  $]0,1[$

dan gelden ook :

$$\begin{aligned} \mu_y &= E(y) = E(a + (b - a)x) = a + (b - a)\mu_x \\ \sigma_y^2 &= V(a + (b - a)x) = (b - a)^2 V(x) = (b - a)^2 \sigma_x^2 \end{aligned}$$

Indien  $x_1$  en  $x_2$  twee stochastisch onafhankelijke variabelen zijn met  $x_1 \sim$  gamma (alfa 1, alfa 3) en  $x_2 \sim$  gamma (alfa 2, alfa 3) verdelingen, dan is  $y = x_1/(x_1 + x_2)$  beta (alfa 1, alfa 2) verdeeld (1).

Met stochastisch onafhankelijk gamma verdeelde kansveranderlijken kan men een beta-verdeelde kansveranderlijke construeren. Vermits de alfa3-parameter in de gamma-verdelingen niets terzake doet ( $y$  is beta  $\sim$  (alfa 1, alfa 2) verdeeld), nemen we alfa 3 = 1. Het probleem is bijgevolg gereduceerd tot het trekken van twee waarden uit een gamma (alfa, 1)-verdeling.

Voor een gamma (alfa, 1)-verdeling moet men een onderscheid maken tussen 3 gevallen : alfa < 1, alfa = 1 en alfa > 1 (2).

---

(1) zie A.M. LAW en W.D. KELTON, "Simulation Modelling and Analysis", McGraw Hill, 1982, p. 167.

(2) ibidem, p. 255.

## 1. alfa &lt; 1

Hiervoor gebruikt men de aanvaardings- en verwerpingsbenadering (zie appendix A, punt 2) met als majoriserende functie :

$$t(x) = 0 \quad x \leq 0$$

$$t(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\Gamma(\alpha)} \quad 0 < x \leq 1$$

$$t(x) = \frac{e^{-x}}{\Gamma(\alpha)} \quad x > 1$$

met  $\Gamma(\alpha) = \text{gammafunctie} = \int_0^{+\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$

De verhoudingsfactor c wordt :

$$c = \int_0^{+\infty} t(x) dx = \frac{b}{\alpha \Gamma(\alpha)} \quad \text{met } b = \frac{\alpha + e}{e} > 1$$

zodat we voor  $r(x) = \frac{t(x)}{c}$  krijgen :

$$r(x) = 0 \quad x \leq 0$$

$$r(x) = \frac{\alpha x^{\alpha-1}}{b} \quad 0 < x \leq 1$$

$$r(x) = \frac{\alpha e^{-x}}{b} \quad x > 1$$

Een kansveranderlijke  $y$  met dichtheidsfunctie  $r(x)$  kan men bekomen via de inverse kumulatieve dichtheidsfunctie want

$$R(x) = \int_0^x r(y) dy = \frac{x^\alpha}{b} \quad 0 \leq x \leq 1$$

$$R(x) = \int_0^x r(y) dy = 1 - \frac{\alpha e^{-x}}{b} \quad x > 1$$

$$\text{zodat } R^{-1}(u) = (bu)^{1/\alpha} \quad u \leq 1/b$$

$$R^{-1}(u) = -\ln \frac{b(1-u)}{\alpha} \quad \text{andere gevallen}$$

Men genereert dus eerst  $u_1 \sim u(0,1)$  (1). Indien  $u_1 \leq 1/b$ , dan is  $y = (bu_1)^{1/\alpha}$ . Is dit niet het geval, dan is  $y = -\ln [b(1-u_1)/\alpha]$

2. alfa = 1

-----

Een gamma (1,1) verdeling is de exponentiële verdeling met parameter 1, waaruit men gemakkelijk een waarde kan genereren via de inverse kumulatieve dichtheidsfunctie methode (zie Appendix, punt 1). Werkwijze :

- genereer  $u \sim u(0,1)$
- stel  $x = -\ln u$

---

(1) De pseudo random generator die getallen uit het interval (0,1) trekt komt uit "A more portable FORTRAN Random Number Generator", ACM Transactions and Mathematical Software, vol. 5, nr. 2, June 1979, p. 131-133.

3.  $\alpha > 1$

-----

Hier gebruikt men de aanvaardings-verwerpingsmethode.

Stel  $\lambda = (2\alpha - 1)^{\frac{1}{2}}$ ,  $\mu = \alpha \lambda$ ,  $c = 4\alpha^\alpha e^{-\alpha} / (\lambda \Gamma(\alpha))$  en

$t(x) = c r(x)$ , dan is

$$r(x) = \frac{\lambda \mu x^{\lambda-1}}{(\mu + x^\lambda)^2} \quad \text{voor } x > 0$$

$$r(x) = 0 \quad \text{elders}$$

De overeenkomstige kumulatieve functie is :

$$R(x) = \frac{x^\lambda}{\mu + x^\lambda} \quad x > 0$$

$$R(x) = 0 \quad \text{elders}$$

$$\text{zodat } R^{-1}(u) = \left( \frac{\mu u^{\frac{1}{\lambda}}}{(1-u)} \right) \quad \text{voor } 0 < u < 1$$

Het volgende algoritme wordt aanbevolen (1)

Stel  $a = (2\alpha - 1)^{-\frac{1}{2}}$ ,  $b = \alpha - \ln 4$ ,  $q = \alpha + \frac{1}{a}$ ,  $\theta = 4.5$   
 en  $d = 1 + \ln \theta$ .

1. Genereer  $u_1$  en  $u_2$  als stochastische onafhankelijk  $u(0,1)$  verdeelde kansveranderlijken
2. Stel  $V = a \ln [u_1/(1 - u_1)]$ ,  $y = \alpha e^V$ ,  $Z = u_1^2 u_2$  en  $W = b + qV - y$
3. Indien  $W + d - \theta Z \geq 0$ , stel dan  $x = y$ . Anders ga naar 4
4. Indien  $W \geq \ln Z$ , stel dan  $x = y$ . Anders : ga naar 1

---

(1) zie A.M. LAW en W.D. KELTON, "Simulation Modelling and Analysis", McGraw Hill, 1982, p. 256

---

NIVEAU 0

0.1 IDENTIFICATIEGEGEVENS INSTELLING

0.1.1 Naam instelling .....

0.1.2 Adres instelling .....

0.1.3 Aard activiteit .....

0.1.4 Naam contactpersoon .....

0.1.5 Telefoon contactpersoon .....

0.2 ANALYSEPERIODE

0.2.1 Jaar van analyse .....

0.2.2. Begin/einddatum analyse .....

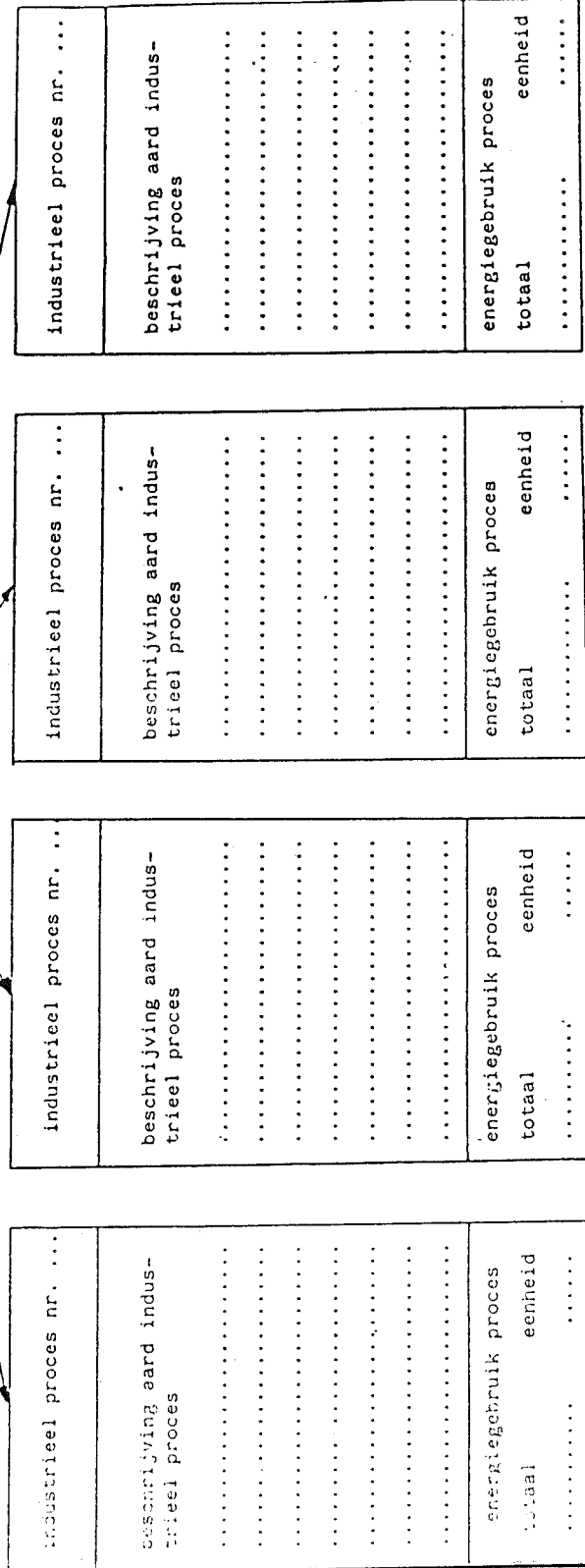


niveau 0

0.3 TE MODELEREN : INDUSTRIELE PROCESSEN

energievorm :  elektriciteit  warmte

aantal te modeleren  
industriële processen  
.....



NIVEAU 0

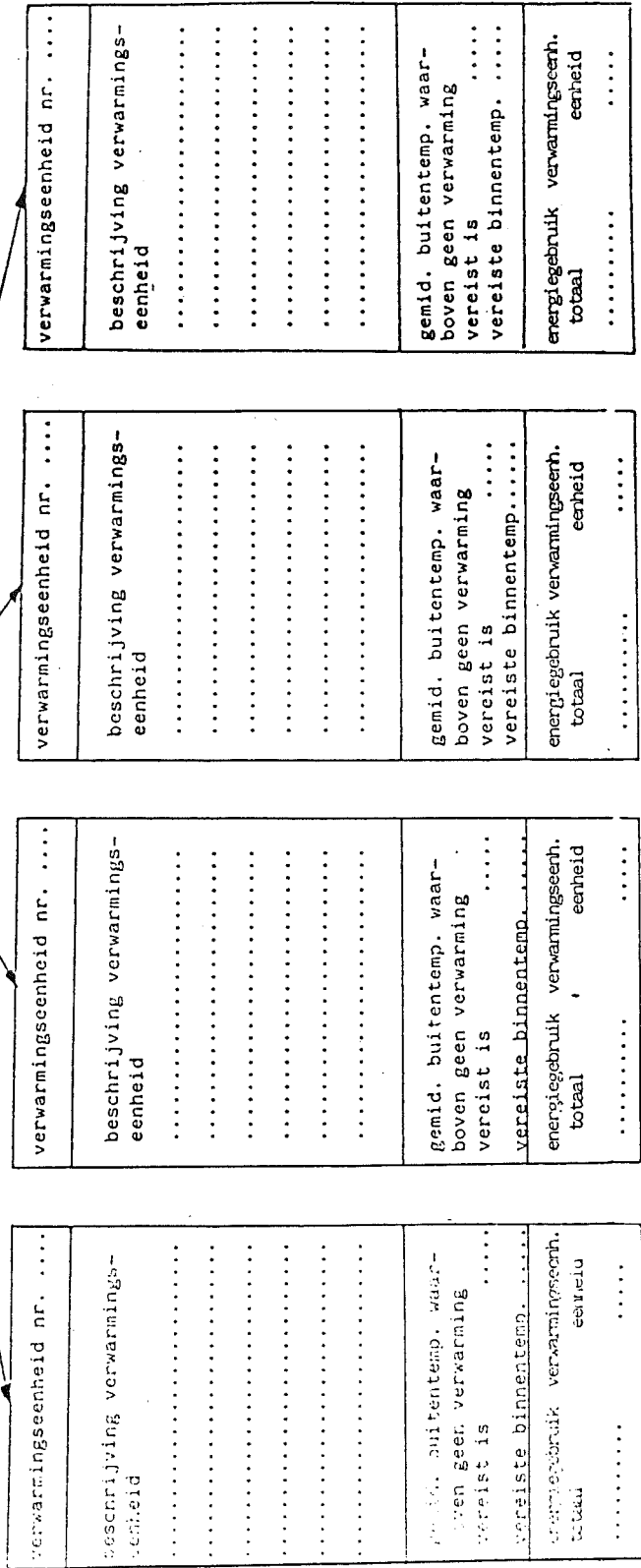
0.4 TE MODELEREN VERWARMINGSEENHEDEN

energievorm :

elektriciteit

warmte

aantal te modeleren  
verwarmingseenheden  
.....



NIVEAU 0

0.5 TE MODELEREN VERLICHTINGSEENHEDEN

energievorm :  elektriciteit  warmte

aantal te modeleren  
verlichtingseenheden  
.....

verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....
beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....
energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....

verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....
beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....
energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....

verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....
beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....
energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....

verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....	verlichtingseenh. nr. ....
beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....	beschrijving verlichtings- eenheid .....
energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....	energiegebruik verlichtingseenh. totaal .....

NIVEAU 0

0.6 TARIFICATIE VAN ELEKTRICITEIT

- 0.6.1    Wordt de elektriciteit gevraagd op zaterdag  
          tegen het volle of stille uren tarief aan-  
          gerekend ? .....  
  
0.6.2    Wanneer begint de periode van het stille  
          uren tarief in een normale weekdag ? .....  
  
0.6.3    Wanneer begint de periode van het volle  
          uren tarief in een normale weekdag ? .....

BIJLAGE I

1.1. ANALYSEPERIODE OMSCHRIJVING (TYPEWEEK REFERENTIE)

energievorm :  elektriciteit  warmte  
 aard energie-gebruikseenheid :  industrieel proces  verwarmings-eenheid  verlichtings-eenheid  
 nr. energie-gebruikseenheid : .....  
 nr. energie-gebruikseenheid : .....

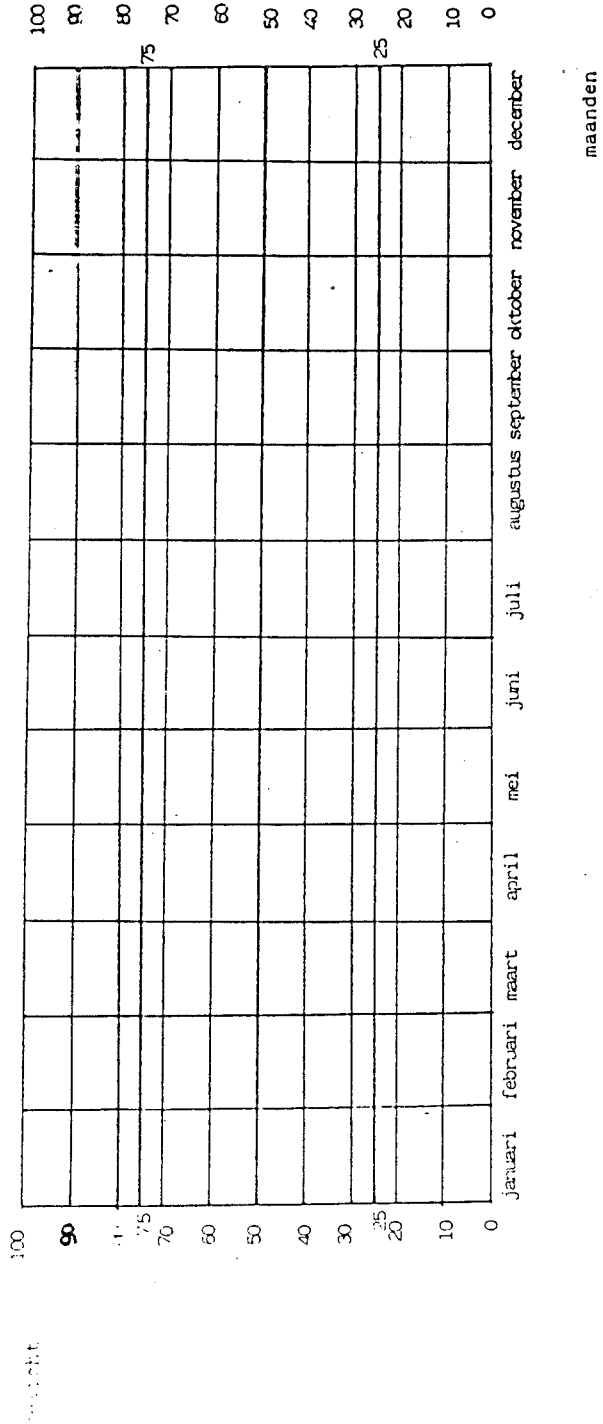
maand	nr. typeweek	kwartuurpiek (1)	eenheid (1)	energiegebruik	eenheid
januari	.....	.....	.....	.....	.....
februari	.....	.....	.....	.....	.....
maart	.....	.....	.....	.....	.....
april	.....	.....	.....	.....	.....
mei	.....	.....	.....	.....	.....
juni	.....	.....	.....	.....	.....
juli	.....	.....	.....	.....	.....
augustus	.....	.....	.....	.....	.....
september	.....	.....	.....	.....	.....
oktober	.....	.....	.....	.....	.....
november	.....	.....	.....	.....	.....
december	.....	.....	.....	.....	.....

.. alleen voor elektriciteit

BIJLAGE I

1.2 ANALYSEPERIODE OMSCHRIJVING (GEMICHTEN)

energievorm :  elektriciteit  warmte  
 aard energie-gebruikseenheid :  industrieel proces  verwarmings- eenheid  verlichtings- eenheid  
 nr. energie-gebruikseenheid : .....  
 .....  
 .....



NIVEAU 1

1.3 CORRECTIE VOOR BIJZONDERE PERIODES

energievorm :  elektriciteit  warmte  
 aard ener-  
 giegebruiks- :  industrieel  verwarmings-  verlichtings-  
 eenheid : proces eenheid eenheid  
 nr. ener- : .....  
 giegebruiks- .....  
 eenheid .....

periode		typeweek	gewicht		beschrijving
van	tot				
			100	100	
			90	90	
			80	80	.....
			70 <sup>75</sup>	75	
			60	60	.....
			50	50	
			40	40	.....
			30	30	
			20 <sup>25</sup>	25	.....
			10	10	
			0	0	
			100	100	
			90	90	
			80	80	.....
			70 <sup>75</sup>	75	
			60	60	.....
			50	50	
			40	40	.....
			30	30	
			20 <sup>25</sup>	25	.....
			10	10	
			0	0	
			100	100	
			90	90	
			80	80	.....
			70 <sup>75</sup>	75	
			60	60	.....
			50	50	
			40	40	.....
			30	30	
			20 <sup>25</sup>	25	.....
			10	10	
			0	0	





2.2 TYPEMKEN SPECIFICATIE (GEWICHTEN)

energiesoort :  elektriciteit  warmte  
 aardverwarming :  industrieel  verwarmings-  verlichtings-  
 gebruikseenheid :  proces eenheid eenheid  
 af. energie-gebruikseenheid : .....  
 nr. typeweek : .....

100											
90											
80											
75											
70											
60											
50											
40											
30											
25											
20											
10											
0											
	maandag	dinsdag	woensdag	donderdag	vrijdag	zaterdag	zondag				

dagen van de week

NIVEAU 5

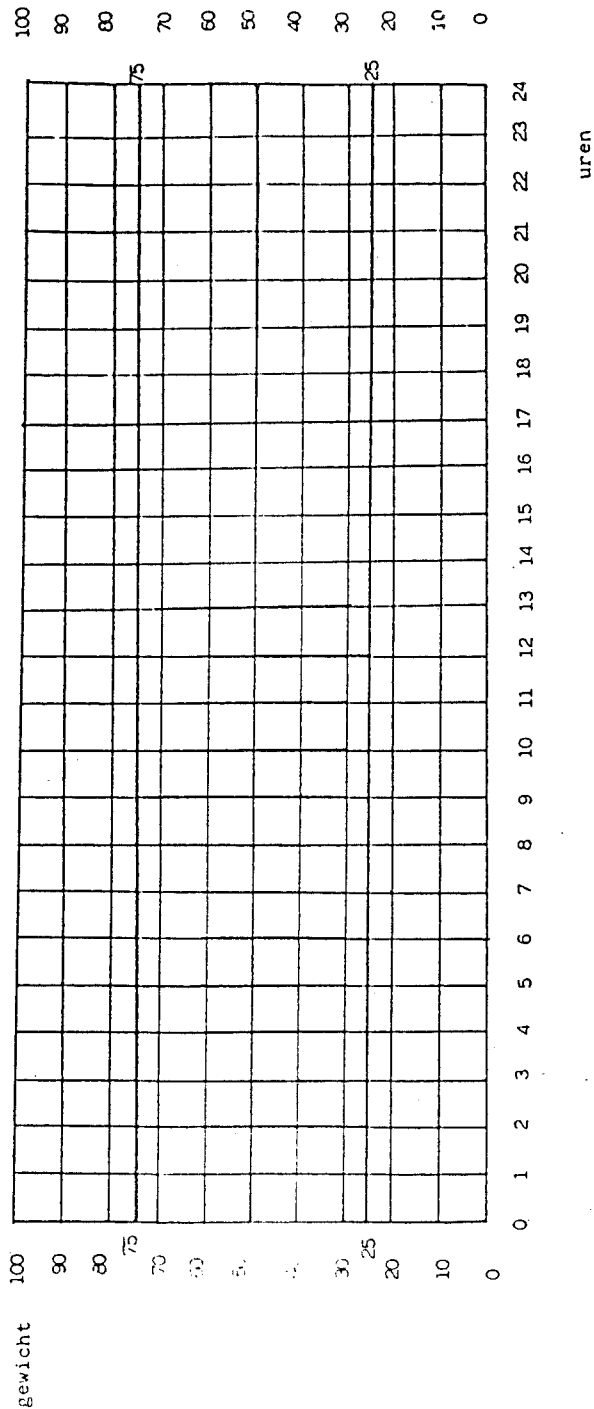
3.1 TYPE DAG SPECIFICATIE

energievorm :  elektriciteit  warmte

aard-energie-gebruikseenheid :  industrieel proces  verwarmings-eenheid  verlichtings-eenheid

nr. energie-gebruikseenheid : ....

nr. typedag : ....



uren

NIVEAU 3

3.2 CORRECTIE VOOR BIJZONDERE DAGEN

energievorm :  elektriciteit  warmte

aard energiegebruikseenheid :  industrieel proces  verwarmings-eenheid  verlichtings-eenheid

nr. energiegebruikseenheid : .....                      .....                      .....

dag	maand	typedag	gewicht	beschrijving
.....	.....	.....	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; margin-right: 5px;">100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0</div> <div style="text-align: left; margin-left: 5px;">100 90 80 75 70 60 50 40 30 25 20 10 0</div> </div>	.....
.....	.....	.....	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; margin-right: 5px;">100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0</div> <div style="text-align: left; margin-left: 5px;">100 90 80 75 70 60 50 40 30 25 20 10 0</div> </div>	.....
.....	.....	.....	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="text-align: right; margin-right: 5px;">100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0</div> <div style="text-align: left; margin-left: 5px;">100 90 80 75 70 60 50 40 30 25 20 10 0</div> </div>	.....

**BIBLIOGRAFIE**

---

1. "A more portable FORTRAN Random Generator" in ACM "Transactions and Mathematical Software", Vol. 5, nr. 2, June 1979, p. 131-133.
  2. "Graaddagen" in "De Energiegids", Dienst voor Energiebehoud, Ministerie van Economische Zaken, aanpassing september 1982.
  3. KMI, Miscellenea serie B n°/r 27, Brussel, 1974.
  4. LAW, A.M. en KELTON, W.D., "Simulation Modelling and Analysis", McGraw Hill, 1982.
-