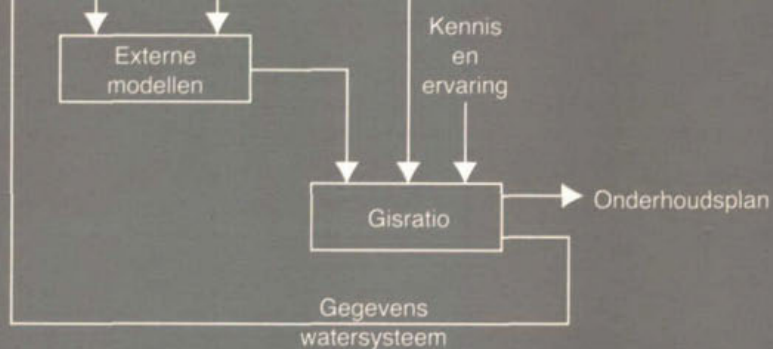


# Rationeel plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer

B16\_rationeel-plannen-en-begroten



# 16

René van de Looij

**stowa**

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

## **Rationeel plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer**

**Separaat uitgebrachte documenten:**

- Onderhoudsbegrotingssystemen in het Nederlandse waterbeheer (verkrijgbaar bij STOWA)  
(ISBN 90.5773.020.0)
- Systeemanalyse Gisratio (verkrijgbaar bij STOWA)  
(ISBN 90.5772.02.9)
- Logisch ontwerp Gisratio (verkrijgbaar bij STOWA)  
(ISBN 90.5772.023.5)
- Definitie van uitvoerproducten (verkrijgbaar bij STOWA)  
(ISBN 90.5772.022.7)

STOWA  
Postbus 8090  
3503 RB Utrecht  
Telefoon: +31 30 2321199  
Telefax: +31 30 2321766  
E-mail: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl)

**Rationeel plannen en begroten  
van onderhoud  
in het waterbeheer**

**René van de Looij**

*Published and distributed by:*

Delft University Press  
P.O. Box 98  
2600 MG Delft  
The Netherlands  
Telephone: +31 15 2783254  
Telefax: + 31 15 2781661  
E-mail: DUP@Library.TUdelft.NL

ISBN 90-407-2057-6

Copyright 2000 by René van de Looij

All rights reserved. No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without written permission from the publisher: Delft University Press.

Printed in The Netherlands

## Voorwoord

In het waterbeheer speelt onderhoud een belangrijke rol. Hoewel de noodzaak van een goed beheer en onderhoud al eeuwen wordt onderkend, is de belangstelling voor onderzoek naar dit aspect pas sinds een aantal jaren goed op gang gekomen. Tot op heden domineert met name ervaring in de systematiek van het te plegen onderhoud. Veelal voldoet deze systematiek ten aanzien van de onderhoudswerkzaamheden maar in steeds mindere mate ten aanzien van het plannen en begroten ervan. De belangstelling vanuit de waterbeheerders voor een duidelijke, goed hanteerbare en breed gedragen methodiek voor het plannen, begroten en evalueren van onderhoud is groot. Het onderzoek welke is samengevat in deze dissertatie, heeft zich gericht op de ontwikkeling van een dergelijke methodiek en een geautomatiseerde toepassing hiervan.

Grote dank gaat uit naar mijn promotoren, Robert Brouwer en Peter van der Veer. Ik heb veel waardering voor hun continue steun en vertrouwen gedurende al die jaren dat het onderzoek heeft geduurd.

De interesse bij de waterbeheerders voor het onderzoek kwam snel tot uiting in de vorm van een financiële ondersteuning door de STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en een zestal individuele waterschappen (Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Waterschap De Brielse Dijkkring, Waterschap De Grootte Waard, Waterschap Goeree-Overflakkee en Waterschap IJsselmonde). Ik ben met name Kees Vonk, Wybren Epema en Ludolph Wenholt hiervoor veel dank verontschuldigd.

Het eerste deel van het onderzoek is uitgevoerd bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Ik heb het werken in een echte waterschapswereld altijd als een groot pluspunt ervaren. Met name de enthousiaste begeleiding van Kees Vonk is een grote stimulans voor me geweest. Het overgrote deel van het onderzoek is uitgevoerd bij de sectie Land- en Waterbeheer van de TU Delft. Ik wil de medewerkers en in het bijzonder Betty Rothfusz en Arjo Hof bedanken voor de prettige samenwerking. Ik ben mijn huidige werkgever, CMG Eindhoven B.V., bijzonder dankbaar voor de ruimte die mij geboden is voor het voltooien van het onderzoek.

Het onderzoek welke in deze dissertatie wordt gepresenteerd heeft veel profijt gehad van de inzet van een aantal studenten en onderzoekers, met name Steven Visser voor zijn inzet tijdens het veldonderzoek. Als onderdeel van hun afstudeerwerk hebben de volgende personen bijgedragen aan het ontwikkelen van deelsystemen en het testen van de ontwikkelde methodieken en applicaties: Mark Lameriks, Rakesh Sardjoe en Jeroen-Bas Menschaar. Daarnaast ben ik Sybrand Dob en Roelof Westerhof zeer erkentelijk voor hun begeleiding en het tot een succes afronden van de deelprojecten.

Om voeling met de praktijk te houden, is veel gesproken met mensen uit de waterschapswereld. Het is onmogelijk om alle namen hier te noemen. Ik wil een uitzondering maken voor de volgende personen welke zitting hebben genomen in de stuurgroep en technische adviescommissie: Leo van Asperen, Martijn van den Brink, Jan Brinkman, Sybrand Dob, Joost Heijs, Ed Kramer, Arie de Koning, Carlo Langelaan, Ed Steenbergen, Cees Stoutjesdijk, Bart Vonk, Kees Vonk en Cees-Jan van Westen. Zonder de inzet en adviezen van deze leden zou het uiteindelijke resultaat van veel minder waarde zijn geworden.

Tot slot wil ik mijn vrouw Karin bedanken voor het lezen en taalkundig verbeteren van het manuscript. Zij heeft me daarnaast gedurende alle jaren van het onderzoek altijd haar onvoorwaardelijke steun gegeven.

René van de Looij  
Eindhoven, maart 2000

# Inhoudsopgave

Voorwoord .....	v
Samenvatting .....	xi
<b>Hoofdstuk 1 Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1 Algemeen .....	1
1.2 Onderhoud in het waterbeheer .....	1
1.3 Voorgeschiedenis studie .....	3
1.4 Probleemstelling .....	3
1.5 Doelstellingen .....	4
1.6 Methodologie .....	4
1.6.1 Algemeen .....	4
1.6.2 Modelvorming .....	5
1.6.3 Gebruikte gereedschappen .....	7
1.6.4 Veldonderzoek .....	7
1.6.5 Standaards .....	8
1.6.6 Testen .....	8
1.7 Beslisproces plannen en begroten van onderhoud .....	8
1.7.1 Complexiteit .....	8
1.7.2 Beperkingen in het besluitvormingsproces .....	9
1.7.3 Structurering beslisproces .....	10
1.7.4 Ondersteunen van het beslisproces .....	10
1.7.5 Structurering informatieaanbod .....	11
1.7.6 Beslissingsstrategieën .....	11
1.7.7 Beslissingondersteunende systemen .....	12
1.7.8 Acceptatie beslissingondersteuning .....	14
1.8 Ontwikkeltraject .....	16
1.9 Projectorganisatie .....	17
1.10 Opzet van de dissertatie .....	18
<b>Hoofdstuk 2 Organisatie van beheer en onderhoud .....</b>	<b>21</b>
2.1 Nederlands waterbeheer in historisch perspectief .....	21
2.2 Organisatievormen .....	24
2.2.1 Algemeen .....	24
2.2.2 Detailorganisatie van waterschappen .....	24
2.3 Budgetteren en begroten .....	26
2.3.1 Ontwikkeling begrotingsmethodieken .....	26
2.3.2 Beleids- en beheerproces .....	27
2.3.3 Nacalculatie .....	30
2.4 Probleemopsplitsing .....	30
2.5 Beslisniveaus .....	31
2.6 Informatiestromen .....	33
2.7 Informatieoverdracht .....	35
2.8 Conclusies .....	37



<b>Hoofdstuk 3 Gegevensmodellering watersystemen</b> .....	39
3.1 Inleiding .....	39
3.2 Gegevensbeschrijving .....	40
3.2.1 Algemeen .....	40
3.2.2 Modelleren van watersystemen .....	40
3.2.3 Standaardisatie .....	41
3.2.4 Discussie .....	42
3.3 Geografische legger-beheersystemen .....	43
3.3.1 Algemeen .....	43
3.3.2 Functionaliteit .....	43
3.3.3 Databasestructuur .....	44
3.4 Uitwisseling van informatie .....	45
3.5 Gegevensuitwisseling .....	45
3.5.1 Algemeen .....	45
3.5.2 Gebruik bestaande beheersystemen in een applicatie .....	47
3.5.3 Adventusstelsel .....	48
3.5.4 Discussie .....	50
3.6 Uitwisseling van functionaliteit .....	51
3.6.1 Algemeen .....	51
3.6.2 Open systeembenadering voor GIS .....	53
3.6.3 Ontwikkelingen OpenGIS .....	53
3.6.4 Integratie van gebruikersinterfaces .....	54
3.7 Watersysteemmodellering in Gisratio .....	54
3.8 Conclusies .....	55
<b>Hoofdstuk 4 Modellering van onderhoud</b> .....	57
4.1 Algemeen .....	57
4.2 Classificatie van onderhoud .....	58
4.2.1 Algemeen .....	58
4.2.2 Classificatie onderhoudsmethoden .....	58
4.2.3 Classificatie onderhoudsactiviteiten .....	60
4.2.4 Planning onderhoudswerkzaamheden .....	61
4.2.5 Bepaling onderhoudsmethodiek .....	61
4.3 Plannen en begroten van onderhoud .....	62
4.3.1 Rationele beslisriteria .....	62
4.3.2 Frequentie en tijdstip van onderhoud .....	63
4.3.3 Modellering prioriteiten .....	65
4.3.4 Schadeclassificaties .....	65
4.3.5 Rationeel budgetteren .....	66
4.3.6 Organisatie van onderhoudswerkzaamheden .....	67
4.4 Systeemanalyse onderhoud .....	67
4.4.1 Algemeen .....	67
4.4.2 Karakteristieken van het watersysteem .....	67
4.4.3 Inventarisatie beheersobjecten .....	68
4.4.4 Definitie functies per beheersobject .....	68
4.4.5 Ingrijpmomenten .....	69
4.4.6 Functionele relaties .....	71
4.4.7 Onderhoudsmethodieken beheersobjecten .....	71

4.4.8	Organisatorische relaties	72
4.4.9	Samenvatting systeemanalyse	72
4.5	Onderhoudssysteemmodellering in Gisratio	73
4.5.1	Algemeen	73
4.5.2	Onderhoudsmodellen	74
4.5.3	Optimaliseren ingrijpmoment	75
4.5.4	Groeperen werkzaamheden	76
4.6	Conclusies	78
<b>Hoofdstuk 5 Systeemontwerp</b>		<b>79</b>
5.1	Algemeen	79
5.2	Gegevensmodellering watersysteem in Gisratio	81
5.2.1	Analyse gegevensmodellering	81
5.2.2	Entiteitstructuur	81
5.3	Modellering gegevensopslag onderhoudssystematiek	83
5.3.1	Analyse onderhoudssystematiek	83
5.3.2	Aansluiting op plannings- en begrotingstechnieken	85
5.3.3	Modellering ondersteunende gegevens	86
5.4	Samenvatting systeemmodellering Gisratio	88
5.5	Specificaties functionaliteit Gisratio	89
5.6	Conclusies	91
<b>Hoofdstuk 6 Toepassingen</b>		<b>93</b>
6.1	Inleiding	93
6.2	Gebruik van een geografisch legger-beheersysteem	93
6.2.1	Algemeen	93
6.2.2	Beschrijving testgebied	93
6.2.3	Werkwijze	94
6.2.4	Gefaseerde implementatie	94
6.2.5	Datamodel	95
6.2.6	Personele en organisatorische aspecten	97
6.2.7	Toetsing methodieken	98
6.2.8	Toetsing applicatiefunctiealiteit	99
6.2.9	Beheer en onderhoud van de applicatie	100
6.2.10	Conclusies	101
6.3	Gebruik van Gisratio in een testgebied	102
6.3.1	Werkwijze	102
6.3.2	Beschrijving testgebied	102
6.3.3	Organisatiestructuur	104
6.3.4	Onderhoudsmethodieken	104
6.3.5	Plannings- en begrotingsmethodieken	106
6.3.6	Implementatie	106
6.3.7	Analysen gegevens	112
6.3.8	Definiëren van uitvoer	114
6.3.9	Beheer en onderhoud van de applicatie Gisratio	115
6.3.10	Conclusies	116

<b>Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen</b> .....	119
7.1 Algemeen .....	119
7.2 Conclusies .....	119
7.3 Aanbevelingen .....	121
<b>Legenda's</b> .....	123
<b>Definities en afkortingen</b> .....	125
<b>Literatuur</b> .....	129
<b>Summary</b> .....	137
<b>Bijlagen</b>	
1 Samenstelling stuurgroep .....	143
2 Samenstelling technische adviescommissie .....	145
3 Separaat uitgebrachte documenten .....	147
<b>Curriculum Vitae</b> .....	149

## Samenvatting

### Inleiding

In het waterbeheer is het onderhoud van het watersysteem (dijken, kunstwerken en watergangen) onontbeerlijk voor het behoud van de toegekende functies. Degradatie en verval hebben zowel invloed op de natuur als op de door de mens gebouwde omgeving. De conditie van elke component moet voldoen aan bepaalde voorwaarden. Door het uitvoeren van onderhoudswerkzaamheden kunnen de functies en doelen van de geconstrueerde omgeving binnen acceptabele grenzen worden gehouden. Zonder goed onderhoud zal het functioneren van het systeem verminderen. Derhalve dient de actuele status van een watersysteem continu gemonitord te worden om inzicht te krijgen in het uit te voeren onderhoud.

Een goed beheer en onderhoud van het watersysteem vereist een effectieve organisatie, kennis van de karakteristieken van het watersysteem, eigenschappen van de onderhoudswerkzaamheden en inzicht in de kosten die verbonden zijn aan deze werkzaamheden. Bij het onderzoeken en/of optimaliseren van onderhoud in het algemeen dienen de volgende vragen beantwoord te worden: Hoe wordt het functioneren van het watersysteem beïnvloed door onderhoud en hoe kunnen tijd, geld en inspanningen hiervoor worden geoptimaliseerd.

De jaarlijkse uitgaven aan onderhoud binnen de Nederlandse watersector bedragen ruim een miljard gulden. Dit is slechts een fractie van het totaal van alle onderhoudsuitgaven in andere geïndustrialiseerde landen en/of wat nodig is voor het herstel van watersystemen in ontwikkelingslanden. In Nederland is het beheer en onderhoud thans gebaseerd op jarenlange ervaring en bewezen technieken. Veelal voldoet deze systematiek ten aanzien van de onderhoudswerkzaamheden. De systematiek voldoet echter in steeds mindere mate met betrekking tot het plannen en begroten van het te plegen onderhoud. Het belangrijkste doel van dit onderzoek is derhalve een model te ontwikkelen voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud van watersystemen welke geïmplementeerd kan worden in een geautomatiseerd informatiesysteem. Dit model is Gisratio genoemd. Gedurende het onderzoek is het belang van de monitoring van de actuele status, voortgang en uitgaven aan de doelstellingen toegevoegd.

### Organisatie van beheer en onderhoud

De complexiteit van de Nederlandse waterbeheersing noodzaakt tot het hebben van een goed functionerend institutioneel kader welke is ontworpen voor het dagelijks beheer en onderhoud van de infrastructuur. Hoewel de Nederlandse waterbeheerders reeds eeuwen zorgdragen voor het Nederlandse watersysteem leeft het besef dat onderhoud momenteel te weinig aandacht krijgt. Het belang van onderhoud wordt daarom steeds meer onderkend.

Een Nederlandse organisatie voor het waterbeheer is niet op een uniforme wijze georganiseerd. Er kunnen verschillende niveaus worden onderscheiden waartussen informatieoverdracht plaatsvindt. De exacte hoeveelheid niveaus kan verschillen van organisatie tot organisatie. Uit dit onderzoek komt naar voren dat slechts vier belangrijke niveaus onderscheiden kunnen worden:

- gebruikersniveau 1: bestuurders;
- gebruikersniveau 2: hoger kader (directeur, hoofden van dienst);
- gebruikersniveau 3: lager kader (bureauhoofden, districtshoofden);
- gebruikersniveau 4: werkvloer.

De Nederlandse waterschappen maken momenteel gebruik van een nieuwe methode voor het budgetteren van uitgaven, het Beleids- en BeheerProces (BBP). Deze methode legt de verantwoordelijkheid voor de uitgaven laag in de organisatie. Het bestuur en het hoger management sturen alleen op hoofdlijnen.

### **Gegevensmodellering watersystemen**

Er dient veel informatie verzameld te worden alvorens beslissingen genomen kunnen worden over het beheer en onderhoud. Door recente wetgeving (Wet op de Waterkering) is reeds een grote hoeveelheid gegevens verzameld. Het is verstandig om bij het plannen en begroten van onderhoud van deze bestaande gegevens gebruik te maken. Deze gegevens zijn opgeslagen in verschillende soorten informatiesystemen. Het merendeel van deze applicaties is gebaseerd op geografische informatiesystemen daar de betreffende informatie vaak zowel een grafische als een alfanumerieke component bevat. Binnen dit onderzoek is een tweetal applicaties ontwikkeld voor respectievelijk het waterbeheer (GISWAB) en het waterkeringenbeheer (GISWAK).

### **Gegevensstandaardisatie**

Binnen het waterbeheer wordt veel informatie uitgewisseld. Een deel van deze informatie-uitwisseling vindt plaats tussen computerapplicaties. Hierbij kan een tweetal soorten uitwisseling worden onderscheiden:

- uitwisseling van data (geografisch en alfanumeriek);
- uitwisseling van functionaliteit.

De verzamelde gegevens zijn opgeslagen in verschillende soorten databases. Het integreren van deze databases geeft een aantal complexe problemen zoals de naamgeving van de variabelen en objecten, de manier van classificeren van de objecten en de keuze voor bepaalde dimensies van variabelen. Gegevensstandaardisatie kan hier erg nuttig zijn. De eenvoudigste methode is het definiëren van een standaard gegevenswoordenboek waarin de essentiële terminologie wordt beschreven. Voor het waterbeheer is zo'n gegevenswoordenboek (GW'96) opgesteld door de Unie van Waterschappen wat een classificatie van alle objecten in het oppervlaktewaterbeheer en bijbehorende gegevenselementen bevat. Verder is door de STOWA een standaard uitwisselingsformaat gedefinieerd. Deze standaardisatie geeft legio mogelijkheden voor het uitwisselen van informatie tussen applicaties. Daarnaast kan ook gebruik gemaakt worden van de facto standaarden (zoals Shape, ArcINFO coverage en AutoCAD DWG) en standaard interfaces (zoals ODBC en SQL).

In het waterbeheer zijn modellen essentieel. Deze modellen zijn veelal opgenomen in computerapplicaties. Het integreren van deze applicaties op functioneel niveau geeft meer mogelijkheden en minder nadelen dan data-uitwisseling. Bij het integreren van modellen kunnen problemen optreden wanneer hiervoor geen standaardstructuren aanwezig zijn. Zulke structuren moeten flexibel, modulair en breed gedragen zijn [Van de Ven, 1999]. Belangrijke ontwikkelingen zijn OpenGIS, Java/CORBA en DCOM.

## Modellering onderhoud

Wanneer de karakteristieken van het watersysteem en de onderhoudstechnieken bekend zijn, dient de planningsmethodiek gemodelleerd worden. Hiertoe is een tweetal enquêtes gehouden onder de Nederlandse waterschappen. Voor elk te beheren object dient een onderhoudsstrategie bepaald te worden. In het algemeen kunnen drie strategieën onderscheiden worden:

- correctief onderhoud;
- tijdsafhankelijk preventief onderhoud (onderhoud vindt plaats na een bepaald tijdsinterval);
- conditieafhankelijk preventief onderhoud (onderhoud wordt uitgevoerd na inspectie van de toestand van het object).

Niet elk model is even bruikbaar voor elk te onderhouden object. Correctief onderhoud kan alleen worden toegepast wanneer de faalkosten laag zijn. Tijdsafhankelijk onderhoud is alleen geschikt wanneer het faaltijdstip voorspeld kan worden. Als de toestand van een object gemeten kan worden, kan worden teruggevallen op conditieafhankelijk preventief onderhoud. Wanneer dit ook niet het geval is, is het verstandig het object opnieuw te ontwerpen.

Een rationeel onderhoudsmodel moet gebaseerd zijn op een meetbare grenswaarde die het ingrijpmoment bepaalt (toestand of tijd). Voor verschillende soorten objecten bestaan modellen die bijvoorbeeld de toestand in de toekomst kunnen voorspellen. Het gebruik van dergelijke bestaande modellen via standaard conversieformaten kan van groot nut zijn. Niet alle objecten zijn volledig rationeel te modelleren. Voor een aantal entiteiten bestaat nog onvoldoende kennis met betrekking tot functieverlies van de onderdelen of kan het functieverval niet op uniforme wijze worden bepaald. In deze gevallen kan gebruik worden gemaakt van ervaringscijfers. Binnen dit project is veel onderzoek gedaan naar de huidige manier van beheer en onderhoud en hoe dit kan worden gemodelleerd.

Het groeperen van te onderhouden objecten is een ander belangrijk facet bij het rationaliseren van onderhoudsbeslissingen. Over het algemeen is het goedkoper een aantal objecten gelijktijdig te onderhouden in plaats van kort na elkaar. Geografische relaties (routing) en eigenschappen van objecten in de vorm van conditie en functieverval zijn hier van groot belang.

Het is niet altijd mogelijk om een object te onderhouden op het moment dat het ingrijpmoment is bereikt. In het beslisproces dient rekening gehouden te worden met de conditie van objecten in de nabije omgeving en andere doelstellingen (zoals natuur; het is bijvoorbeeld niet toegestaan om het talud van een watergang te maaien gedurende het broedseizoen).

De voortgang van de werkzaamheden en de inzet van middelen moet continu gemonitord worden. De actuele uitgaven en prestaties moeten op elk moment gevisualiseerd kunnen worden. De informatie dient daarbij volgens een standaard formaat gepresenteerd te worden (grafieken, tabellen, formulieren, kaarten). De mate van detail varieert hierbij per organisatie-niveau.

## Ontwerpen van een systeem

Binnen het onderzoek is een beslissingondersteunend systeem (BOS) ontwikkeld voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud van watersystemen (Gisratio). Dit flexibele BOS bestaat uit vier verschillende modules (een module per te onderscheiden organisatie-niveau) welke onderdeel zijn van een enkel systeem. Specifieke optimalisatieroutines en rationele modellen worden niet geïntegreerd in het systeem. Wanneer daar aanleiding toe is, wordt met deze modellen gekoppeld via standaard uitwisselingsformaten (zoals de Stekkerdoos Water).

De gebruikers van het eerste niveau (bestuur) zullen zelf geen output genereren maar zullen door anderen gegenereerde output gebruiken bij het beslisproces. De functionaliteit van dit onderdeel van het BOS is daarom beperkt tot het visualiseren van standaard kaarten, lange termijn-begrotingen, lange termijn-plannen en allerlei soorten grafieken (voor uitgaven, middeleninzet en dergelijke). Het bestuur zal doelstellingen geven voor de totale organisatie en met betrekking tot het onderhoud beslissingen nemen over door de organisatie aangedragen alternatieve onderhoudsplannen. Aan deze onderhoudsplannen zullen budgetten worden toegekend. Een bestuurder hoeft hiertoe niet daadwerkelijk achter het BOS zitting te nemen. De gegevens zullen veelal door personen van de lagere organisatieniveaus worden aangeleverd. Dit functionaliteitsniveau is dan ook optioneel binnen het BOS.

Het tweede organisatieniveau (hoger management) verlangt informatie over het watersysteem en de onderhoudsplannen met een iets groter detailniveau. Daarnaast zijn functies noodzakelijk voor het analyseren van deze data (voor het vergelijken van kosten, budgetten, prestaties en doelen) en voor het genereren van specifieke output. De noodzakelijke informatie heeft niet alleen betrekking op de onderhoudsgegevens maar op gegevens van alle beleidsterreinen. Het hoger management is verantwoordelijk voor de integratie van deze data. Voor deze integratie worden handvatten gegeven.

Het hoger management maakt lange termijn-onderhoudsplannen en begrotingen voor het bestuur en meer gedetailleerde budgetten en doelstellingen (per gebied, per objecttype enzovoort) voor het lager kader. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van informatie welke is gegenereerd door het bestuur (budgetten en doelstellingen) en het lager kader (plannen en begrotingen).

Er worden vier typen output gegenereerd: kaarten, grafieken, tabellen en tijdwerkschema's. Het merendeel van de output heeft een standaard formaat en inhoud. Voor het visualiseren en genereren van deze output zijn daarom hulpmiddelen aanwezig. Daarnaast is het BOS dermate flexibel dat een gebruiker zelf specifieke output kan genereren.

Het derde te onderscheiden organisatieniveau (lager kader) speelt de centrale rol in het onderhoudsproces en het BOS. De gebruikers op dit niveau stellen de daadwerkelijke detailplannen (korte termijn) op in de vorm van tijdwerkschema's, bestekken en begrotingen. De gebruikers wensen gedetailleerde informatie (per gebied, activiteit, inzet van personeel enzovoort) en specifieke functies voor het analyseren van de data (databasebevragingen, grafieken, geografische relaties) en genereren standaardoutput (kaarten, tabellen, grafieken en formulieren). Deze mogelijkheden, inclusief de noodzakelijke flexibiliteit voor het genereren van specifieke output, zijn binnen het BOS aanwezig.

De budgethouders krijgen jaarlijks een budget en een aantal doelstellingen en zijn hiervoor verantwoordelijk. Momenteel worden beslissingen hiertoe veelal op basis van ervaring genomen. Alternatieve onderhoudsplannen worden niet of nauwelijks opgesteld omdat het bepalen van gevolgen (kosten en doelstellingen) van alternatieve plannen tijdrovend en bijzonder complex is. De gebruikers op dit niveau zijn verantwoordelijk voor het verzamelen, invoeren en up to date houden van de karakteristieken van het watersysteem. De huidige karakteristieken van het watersysteem, de betreffende onderhoudsuitgaven en de verwachte werkzaamheden in de toekomst worden gerapporteerd aan het hoger management. De daadwerkelijk uit te voeren onderhoudswerkzaamheden worden weergegeven in tijdwerkschema's en kaarten. Voor het uit te besteden werk worden (buiten het BOS) bestekken opgesteld.

De mensen van de werkvloer (vierde organisatieniveau) hebben alleen toegang tot de informatieproducten welke zijn gegenereerd door anderen (bijvoorbeeld districtshoofden). Zij hebben informatie

nodig over de uit te voeren werkzaamheden, locaties (kaarten), volgorde van de werkzaamheden, route en benodigde materialen. De functionaliteit van de applicatie is daarom beperkt tot het visualiseren van kaarten en schema's. In een aantal organisaties (organisaties zonder eigen buitendienst) zal dit onderdeel niet gebruikt hoeven worden.

### **Toepassingen**

Er is een tweetal testcases uitgevoerd om de methodologie en functionaliteit van de ontwikkelde applicaties te testen. In de eerste testcase is de applicatie GISWAB getest bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Alle noodzakelijke informatie voor het opstellen van een integraal waterbeheersplan zijn ingevoerd in het systeem. De tweede testcase is uitgevoerd bij waterschap De Brielse Dijkkring. Hier zijn de huidige onderhoudsplannen, de RAW-besteksystematiek en het BBP geanalyseerd en is een op de huidige methodiek aansluitende systematiek voor het plannen en begroten van onderhoud opgesteld. Het opgestelde model kan als 'default'-waarde bij toekomstige implementaties gebruikt worden.

### **Conclusies en aanbevelingen**

De testcases hebben aangetoond dat het gebruik van een geautomatiseerde toepassing voor het plannen en begroten van onderhoud nuttig is. Het is mogelijk om op een eenvoudige manier alternatieve onderhoudsplannen op te stellen. Hiervoor dienen eerst investeringen gedaan te worden in het vullen van databases maar deze betalen zich terug in betere onderhoudsplannen en lagere onderhoudskosten. Wanneer de databases gevuld zijn, verloopt de vervaardiging van onderhoudsplannen en -begrotingen veel sneller dan met de huidige methodieken.

De ontwikkelde applicatie is flexibel en daardoor ook geschikt voor allerlei soorten organisaties in het waterbeheer.

Nader onderzoek en een verdere applicatieontwikkeling blijft nodig.

Daarnaast dienen rationele modules ontwikkeld te worden voor verschillende entiteiten en/of gelinkt te worden aan Gisratio.





# Hoofdstuk 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

De taken binnen de sector water worden steeds complexer. Het watermanagement verandert door implementatie van nieuwe wetgeving, beleidsplannen van andere overheden, mondigere ingelanden, toename van financiële middelen, fusies en reorganisaties. Hierdoor ontstaat meer en meer behoefte aan de beheersing van de verschillende processen en met name een gestructureerde verantwoording van de ingezette middelen. Het onderhoud van watersystemen (waterkeringen, watergangen, kunstwerken) vraagt een grote inzet van middelen en speelt een sleutelrol in het bereiken van doelstellingen op de korte en lange termijn tegen verantwoorde kosten.

Het onderwerp van dit proefschrift is het onderzoek naar het rationeel plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer op regionaal (waterschaps)niveau. Deze inleiding beschrijft kort het onderhoud in het waterbeheer, de probleemstelling, de projectgeschiedenis en de methodologie. Tot slot wordt een overzicht gegeven van de inhoud van het boek.

## 1.2 Onderhoud in het waterbeheer

In het watermanagement is het onderhoud van de watersystemen (waterkeringen, watergangen, kunstwerken enzovoort) essentieel [ASCE, 1991]. Elk onderdeel van een watersysteem dient bepaalde functies te vervullen op het gebied van veiligheid (waterkeren), wateraanvoer, waterafvoer, natuur, recreatie, transport, landbouw, visserij en landschap. De systeemonderdelen (de objecten) dienen aan bepaalde minimumeisen te voldoen om deze functies te kunnen vervullen [Lameriks, 1996b].

Een eenmaal aangelegd watersysteem is, evenals de natuurlijke omgeving, onderhevig aan vele factoren (zoals onder andere het klimaat) welke leiden tot degradatie en functieverval [Jurriens, 1995]. Als een component ten gevolge van het functieverlies niet meer naar wens functioneert, dient het te worden onderhouden. Onderhoud wordt hierbij gedefinieerd als een combinatie van activiteiten die worden uitgevoerd om een object binnen bepaalde toestandsgrenzen te houden of daarnaar terug te brengen [Duffuaa, 1999]. Per object en functie kunnen de gewenste toestandsgrenzen sterk verschillen [Van de Looij, 1998a]. Dit geldt eveneens voor het gewicht wat wordt toegekend aan de betreffende functies. Daarnaast kunnen er belangenverschillen optreden tussen verschillende functies [van Rooij, 1997]. De gevolgschade bij het niet meer voldoen aan bepaalde functies kan bijzonder groot zijn. Het moment van het niet meer voldoen aan een bepaalde toestand en het daadwerkelijk falen hoeft hierbij niet gelijktijdig plaats te vinden [van Noortwijk, 1996].

Een belangrijk aspect met betrekking tot het onderhoud zijn de kosten. De kosten die verbonden zijn aan het onderhoud van waterstaatkundige objecten zijn over het algemeen zeer hoog. In 1994 werd in Nederland, door Rijkswaterstaat, provincies, gemeenten en de waterschappen, ruim een miljard gulden besteed aan onderhoud van waterkeringen, watergangen en kunstwerken [Huisman, 1996; CBS 1995; Unie van Waterschappen, 1994; Rijkswaterstaat, 1994].

De beherende instanties van watersystemen, dienen periodiek onderhoudsplannen en -begrotingen op te stellen waarin de grootte en de allocatie van het onderhoudsbudget wordt vastgesteld [Tweede kamer der Staten-Generaal, 1992]. Ervaring domineert thans de systematiek in het te plegen onderhoudswerk bij de meeste waterbeheerders. Over het algemeen voldoet deze systematiek ten aanzien van de onderhoudswerkzaamheden. De systematiek voldoet echter in steeds mindere mate ten aanzien van het plannen en

begroten van het te plegen onderhoud [Van de Looij, 1998a]. De huidige methodiek biedt onvoldoende mogelijkheden om op efficiënte wijze alternatieven op te stellen en door te rekenen. Het is derhalve niet mogelijk om op rationele gronden een beste onderhoudsplan te kiezen. Daarnaast zijn onderhoudsuitgaven minder aantrekkelijk (minder glamour) en is het nut niet tastbaar en direct voelbaar (alleen de kans op falen loopt op bij uitstel van onderhoud). Hierdoor zijn bestuurders minder snel genegen om hiervoor gelden vrij te maken [Ottoman, 1999].

Het moment van ingrijpen en de vorm van onderhoud (welke werkzaamheden) hebben grote invloed op de uiteindelijke kosten [Ariëns, 1998]. Het opstellen van een optimaal onderhoudsplan voor een watersysteem is echter zeer complex. Hiervoor is veel informatie noodzakelijk over de gestelde eisen, de actuele situatie en verwachtingen voor de toekomst [Van de Looij, 1998a]. Daarnaast dient duidelijk te zijn hoever de beheerstaak zich uitstrekt en wie verantwoordelijk is voor de uitvoer van de werkzaamheden [TAW, 1985]. Voor het optimaliseren van onderhoudsbeslissingen kunnen binnen de levenscyclus van een object twee economisch aantrekkelijke momenten worden onderscheiden: de ontwerpfase en de gebruiksfase. In de ontwerpfase dient een balans gevonden te worden tussen initiële bouwkosten en de toekomstige beheers- en faalkosten. In de gebruiksfase kan de som van inspectie, reparatie, vervangen en falen worden geminimaliseerd [Van Noortwijk, 1996].

Er bestaat een groot aantal modellen voor onderhoudsoptimalisatie. De ontwikkeling van mathematische modellen voor het optimaliseren van onderhoudsbeslissingen begon in de jaren zestig [McCall, 1965; Barlow, 1965; Barlow, 1981]. Veelal zijn deze modellen ontwikkeld voor de industrie (onderhoud van machines in fabrieken) en defensie (onderhoud van vliegtuigen, computers en raketinstallaties) en daardoor minder geschikt voor de civiele techniek. De ontwikkelde modellen gaan er in de meeste gevallen vanuit dat de status van een object slechts twee waarden kan aannemen, gefaald of niet gefaald. In de civiele techniek kan de status van een object een hele range van toestanden hebben, afhankelijk van de afnemende weerstand [Van Noortwijk, 1996].

Zowel op het gebied van de uitvoer van de onderhoudswerkzaamheden als op het gebied van het plannen en begroten ervan zijn in het verleden diverse studies uitgevoerd. Op het gebied van de uitvoer van werkzaamheden heeft met name de mechanisering tot veranderingen geleid. Er kan onderscheid gemaakt worden in een beperkt aantal technieken [Visser, 1996]. De exacte invulling van een techniek geeft echter een groot aantal vrijheidsgraden (zoals verschillen in materieel) met dito eigenschappen (kosten, slijtage, verbruik, benodigde kennis en mankracht enzovoort). Nieuwe inzichten in beheersvormen hebben in bepaalde gebieden geleid tot een meer natuurvriendelijke aanpak [Looij, 1989c; Drost, 1994; CUR, 1994; Nijburg, 1996; Querner, 1996; Nijburg, 1998]. Met betrekking tot het plannen en begroten van de werkzaamheden wordt veelal teruggegaan op ervaringscijfer. Nieuwe beheersplannen zijn vaak gebaseerd op een voorgaand plan. Veel beslissingen zijn afhankelijk van gelegenheidsmomenten en de ervaring van materiedeskundigen c.q. belanghebbenden bij onderhoud (zoals een onderhoudsdienst) [Van de Looij, 1998a].

Het afgelopen decennium zijn veel waterschappen overgegaan tot het decentraliseren van de besluitvorming. Hierbij worden de verantwoordelijkheden en bevoegdheden ten aanzien van de bedrijfsvoering verlegd naar hiërarchisch onderliggende niveaus. Belangrijke voordelen van deze verschuivingen zijn het realiseren van grotere flexibiliteit van organisatorische eenheden en het verhogen van de doorzichtigheid van de besluitvorming [Greveling, 1988]. Met betrekking tot het beheer en onderhoud betekent dit dat op de lagere niveaus op elkaar lijkende eenheden en processen ontstaan die vergeleken kunnen worden. Als onderdeel van deze ontwikkeling is een groot aantal organisaties recentelijk gestart met de invoer van procesbegrotingen zoals het door de Unie van Waterschappen opgestelde Beleids- en BeheersProces

(BBP) [Unie van Waterschappen, 1997]. De individuele invulling hiervan is echter complex en tot op heden niet uniform.

De ontwikkelingen op het gebied van de automatisering hebben geleid tot een toename in functionaliteit welke met betrekking tot de onderhoudsplannen en -begrotingen van belang kunnen zijn. Deze nieuwe functionaliteit moet echter ondersteunend en aanvullend zijn voor de huidige kennis en ervaring, en niet dienen als een vervanging hiervan. Tot op heden wordt deze functionaliteit echter nog onvoldoende gebruikt. De oorzaak hiervan is gelegen in het gebrek aan inzicht in de huidige mogelijkheden, beperkingen, alternatieven en relaties [Miles, 1999].

### 1.3 Voorgeschiedenis studie

Voor een goed beheer en onderhoud van watersystemen spelen een grote hoeveelheid gegevens een belangrijke rol. Deze meestal door inspecties verkregen (meet)gegevens moeten gestructureerd worden opgeslagen. Het is logisch om hierbij aan te sluiten op de ontwikkelingen op het gebied van automatische gegevensopslag en -verwerking betreffende de waterkeringen en waterbeheerssystemen, en deze gegevensbestanden te gebruiken als basis voor het budgetteren en plannen van het onderhoud. Eind 1994 is samenwerking gezocht met zes waterschappen in Zuid-Holland zuid (de Hoogheemraadschappen van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden en van de Krimpenerwaard en de waterschappen De Brielse Dijkkring, Goeree Overflakkee, De Grootte Waard en IJsselmonde). Deze samenwerking heeft in eerste instantie geresulteerd in een tweetal Geografische InformatieSystemen voor het WaterKeringen- en het WaterkwantiteitsBeheer, respectievelijk GISWAK en GISWAB [Vonk, 1996]. Momenteel worden deze twee applicaties door een aantal waterschappen gebruikt. GISWAK en GISWAB zijn echter niet de enige in gebruik zijnde beheerssystemen binnen het Nederlandse waterbeheer. Andere belangrijke beheerssystemen zijn Intwis (ontwikkeld door ESRI, WL en TAUW) en GIS-ZES (ontwikkeld door Cap Gemini).

### 1.4 Probleemstelling

Door de Nederlandse waterbeheerders wordt onderkend dat onderhoud noodzakelijk is voor een optimale werking van het watersysteem [Van de Looij, 1998a]. De tot nu toe gevolgde systematiek inzake het plannen en begroten van onderhoud is echter niet uniform en is voor verbetering vatbaar [Van de Looij, 1998a; Van de Looij, 1998b]. Uit diverse gesprekken met waterbeheerders bleek dat de belangstelling voor een duidelijke, goed hanteerbare en breed gedragen methodiek voor het plannen, begroten en evalueren van onderhoud in het waterbeheer groot is. Deze belangstelling werd bevestigd binnen de overlegstructuren van GISWAK en GISWAB en vervolgens in de resultaten van een tweetal uitgevoerde enquêtes. Er is een duidelijke vraag naar een gestructureerd, systematisch en rationeel onderhoudsbegrotingsmodel en een geautomatiseerde toepassing ervan. Momenteel bestaan zulke modellen niet voor het onderhoud van watersystemen.

Om op een modelmatige, systematische en rationele manier onderhoudsactiviteiten aan watersystemen te kunnen plannen, begroten en evalueren is een specifiek onderhoudsbegrotingsmodel (afwegingsmodel) nodig. Dit model dient zowel informatie over het watersysteem als over de verschillende processen te bevatten. Gelet op de hoeveelheid data, in de vorm van onderhoudsgegevens van elementen in het waterbeheerssysteem, en de complexiteit van de processen (plannen, begroten, uitvoeren en evalueren van onderhoudsactiviteiten) is het nuttig om een geautomatiseerde toepassing van het onderhoudsbegrotingsmodel te ontwikkelen. Hierbij dient bij voorkeur gebruik gemaakt te worden van gegevens welke reeds in

bestaande beheersapplicaties zijn opgenomen. Een te ontwikkelen applicatie mag daarbij niet afhankelijk zijn van een specifieke beheersapplicatie.

Het plannings- en begrotingsproces van onderhoud is complex en noodzaakt tot een goed functionerend institutioneel kader. Binnen de verantwoordelijke organisaties dient, op basis van de onderhoudsgegevens, door verschillende personen, van verschillende managementniveaus, een groot aantal beslissingen genomen te worden. Een te ontwikkelen methodiek dient de huidige structuur en de processen te ondersteunen.

## 1.5 Doelstellingen

De uiteindelijke doelstelling van de onderhavige studie is de ontwikkeling van een standaard, wetenschappelijk verantwoorde plannings- en begrotingsmethodiek die vergelijking van verschillende onderhoudsplannen en begrotingen (zowel binnen organisaties als met externen) mogelijk maakt. Een zeer belangrijke en complicerende voorwaarde hierbij is dat de ontwikkelde methodieken breed geaccepteerd worden. Zonder een hoge acceptatiegraad zal de methodiek niet toegepast worden en kan het project niet slagen. De huidige binnen organisaties aanwezige relevante kennis dient daarbij op een gestructureerde manier te worden ontsloten. Verder dient te worden aangesloten op de gangbare methodieken en standaarden om de invoering van de noodzakelijke gegevens te faciliteren. Daarnaast kunnen de volgende afgeleide doelstellingen worden geformuleerd:

- de methodiek moet aansluiten op de huidige organisatiestructuren en processen en deze ondersteunen;
- de methodiek dient gebaseerd te worden op de gangbare onderhouds- en begrotingsmethodieken (aansluiting op beroepspraktijk);
- het gebruik van de methodiek moet leiden tot een meer gedetailleerde onderbouwing van de plannen dan welke momenteel gegeven wordt;
- de ontwikkelde plannings- en begrotingsmethodiek dient geïmplementeerd te worden in een gebruiksvriendelijke (inzichtelijk maken van mogelijkheden) en onderhoudbare (eenvoudig, flexibel, modulair, uitbreidbaar) geautomatiseerde omgeving waarbij zoveel mogelijk gebruik gemaakt wordt van bestaande functionaliteit;
- de methodiek dient dermate applicatieonafhankelijk beschreven te worden dat deze ook in externe systemen geïmplementeerd kan worden.
- de methodiek moet een basis leggen voor de vorming van een algemeen toegankelijke kennisbank met 'default values'.

## 1.6 Methodologie

### 1.6.1 Algemeen

Gezien de doelstellingen die in de vorige paragraaf zijn neergelegd dient het totale proces van beheer en onderhoud ontrafeld te worden en gevat te worden in een model. Bij de ontwikkeling van een model is het verstandig de te volgen methode formeel te benaderen. Hierbij is een methode de afspraak over welke werkzaamheden, in welke volgorde moeten worden uitgevoerd [Esmeijer, 1985]. Logische bij elkaar horende taken dienen te worden geclusterd tot afzonderlijke fasen welke sequentieel worden uitgevoerd. Deze fase-indeling biedt houvast en geeft een structuur waarlangs gewerkt kan worden [Cser, 1994]. Hierdoor kan de voortgang beter worden beheerst. Ter ondersteuning van de verschillende fasen en het optimaliseren van de resultaten dient gebruik te worden gemaakt van gereedschappen (tools) en technieken [Looijen, 1995].

### 1.6.2 Modelvorming

Het is voor de mens onmogelijk om de werkelijkheid volledig te kennen of te bevatten [Battjes, 1999]. Toch wordt er een beeld van gevormd. Deze beelden zijn vereenvoudigde voorstellingen van de werking van werkelijke processen en worden modellen genoemd. De kracht van een goed en bruikbaar model is erin gelegen dat de werkelijkheid op een dusdanige manier wordt geabstraheerd dat slechts die informatie-elementen worden meegenomen die strikt noodzakelijk zijn [Tolman, 1997b]. Bij het creëren van een model wordt slechts een deel van de werkelijkheid gerepresenteerd. Een model is slechts een abstractie, een afbeelding van iets uit de werkelijkheid met behoud van essentiële eigenschappen. Deze essentiële eigenschappen zijn slechts de eigenschappen die men wil bestuderen, of welke invloed deze hebben op het te beschrijven proces en de relaties met de omgeving. Deze eigenschappen kunnen van velerlei soorten zijn.

Modellen worden gemaakt met een bepaald doel. Door dit doel duidelijk te formuleren kunnen de van belang zijnde elementen uit de werkelijke situatie gedestilleerd worden. Dit is een recursief proces waarbij een hoofddoel onderverdeeld moet worden in subdoelen die afzonderlijk gemodelleerd kunnen worden. Bij het bestuderen van een systeem dienen, afhankelijk van het doel afbakeningen te worden gemaakt. Deze afbakeningen of systeemgrenzen geven de beperking van het model.

Modellen kunnen op verschillende manieren worden gecategoriseerd. Er kan onder andere onderscheid gemaakt worden naar oplossingsmethode (analytisch of deterministisch), naar implementatie (schaal, analoog, mentaal of symbolisch), naar modelleertaal (vrij, gestructureerd, mathematisch of dynamisch) naar aard (dynamisch of statisch) en functie of doel (descriptief, exploratief, normatief) [Smith, 1983; Wilson, 1984; Wijers, 1991; Cser, 1991; Battjes, 1999].

Het doel van de gevolgde ontwikkelingsmethodiek was inzicht krijgen in de deelprocessen en hun onderlinge relaties die in het totale proces van beheer en onderhoud van watersystemen worden onderkend en deze te vangen in een model. Wanneer wordt ingezoomd op dit totale proces kunnen in eerste instantie een viertal aspecten worden onderscheiden:

- organisatiestructuren met bijbehorende informatiestromen;
- eigenschappen van te onderhouden objecten in het watersysteem;
- proces van plannen en begroten;
- uitvoer van werkzaamheden.

Binnen dit onderzoek is met name naar de eerste drie aspecten gekeken. Per beschouwd aspect is een schematisering gemaakt in de vorm van organisatie modellen, gegevensmodellen en procesmodellen.

#### Organisatiemodellen

De onderhoudsmethodiek van het onderhavige onderzoek moet aansluiten op de bestaande structuren en de processen die erin afspelen. Het is dus van belang dat een goed inzicht bestaat in de organisatie-structuren en de informatiestromen die hierin voorkomen. Hiertoe zijn de bestaande organisatie-structuren en de informatiestromen geschematiseerd en geabstraheerd. Deze modellering vindt plaats in hoofdstuk 2.

#### Gegevensmodellen

Bij de implementatie van een model in een applicatie dienen wederom keuzes te worden gemaakt met betrekking tot de op te nemen gegevens (eigenschappen). Applicatieontwikkeling stelt eisen aan het te implementeren model. Met betrekking tot de beschrijving van de te onderhouden objecten dient voor een structuur gekozen te worden die door een geautomatiseerd systeem kan worden geïnterpreteerd. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de gegevensmodellering van de te onderhouden objecten in een watersysteem met hun eigenschappen.

### Procesmodellen

In procesmodellen of inzichtelijke modellen worden de processen gerepresenteerd die de verbanden bepalen tussen de diverse grootheden [Battjes, 1999]. De processen kunnen volledig rationeel of empirisch beschreven worden (tussenvormen zijn eveneens mogelijk). In het eerste geval worden de onderliggende processen gerepresenteerd door verbanden tussen de diverse meetbare grootheden. Bij empirische modellen wordt de samenhang tussen grootheden, die uit waarnemingen is gebleken, wiskundig uitgedrukt. Deze modellen leiden vaak tot relaties tussen grootheden met dimensiedragende coëfficiënten, een uiting van onvolledige modellering. Een ander nadeel is dat empirische relaties beperkt geldig zijn (alleen in het gebied waar de waarnemingen gedaan zijn).

Een procesmodel voor het plannen en begroten van onderhoud beschrijft de relevante informatie van het plan- en begrotingsproces en de onderhoudswerkzaamheden (met de verschillende deelprocessen en de hulpmiddelen die per deelproces worden gebruikt). Deze methodiek wordt in hoofdstuk 4 nader uitgewerkt.

### Integratie aspectmodellen

De verschillende aspectmodellen zijn vervolgens samengevoegd. Dit informatiemodel van het totale onderhoudsproces beschrijft de relevante informatie van de structuur van de organisatie (en de informatiestromen), de eigenschappen van het watersysteem (vorm, sterkte, debiet enzovoort) en de relevante informatie van de onderhoudswerkzaamheden (met de verschillende deelprocessen en de hulpmiddelen die per deelproces worden gebruikt). In hoofdstuk 5 wordt een meer gedetailleerde beschrijving gegeven van de verschillende aspectmodellen. Tevens wordt ingegaan op de integratie van deze modellen. Het uiteindelijke model is vervolgens geïmplementeerd in een geautomatiseerd informatiesysteem.

### Recursiviteit

Wanneer naar de verschillende deelaspecten van beheer en onderhoud wordt gekeken, blijkt dat een aantal processen een zekere vorm van recursiviteit in zich heeft [Van de Looij, 1998c; Van de Looij, 1999b]. Het toepassen van een recursieve architectuur biedt een aantal voordelen. Problemen worden opgesplitst in deelproblemen welke eenvoudiger zijn op te lossen. Deze manier van werken leidt tot een overzichtelijke structuur welke zeer krachtig kan zijn. Zonder het gebruik van recursiviteit zou een groot aantal problemen niet of nauwelijks op te lossen zijn [Lorentz, 1994].

Aan het recursief modelleren en programmeren is echter een aantal nadelen verbonden. De performance van recursieve functies kan in bepaalde gevallen lager liggen dan het gebruik van meer iteratieve functies. Daarnaast bestaat het gevaar dat bij probleemopplitsing een van de deelproblemen moeilijker is op te lossen dan het oorspronkelijke probleem of dat een alternatieve oplossingsmethode eenvoudiger blijkt [Lorentz, 1994]. Een ander nadeel doet zich voor wanneer recursieve algoritmes worden geprogrammeerd. Door de recursiviteit van functies kunnen geheugenproblemen ontstaan doordat bij elke nieuwe aanroep van de functie binnen de eigen functie variabelen gedeclareerd worden.

Wanneer een vorm van recursiviteit wordt verondersteld in de te modelleren omgeving kunnen de volgende drie stappen gevolgd worden om tot een efficiënt recursief model te komen [Lorentz, 1994]:

- bepaal de afzonderlijke taken en de frequenties ervan;
- bepaal het patroon van herhaling;
- herschrijf het patroon in een algemene vorm (algemeen model).

Bij het toepassen van recursiviteit in modelvorming is het van groot belang dat er een ruim inzicht bestaat in het totale proces.

### 1.6.3 Gebruikte gereedschappen

Een gereedschap is een hulpmiddel dat wordt gebruikt bij het uitvoeren van de werkzaamheden [Esmeijer, 1985]. Bij het ontwikkelen van modellen en informatiesystemen wordt veel gebruik gemaakt van geautomatiseerde gereedschappen. Deze gereedschappen geven de mogelijkheid om een model inzichtelijk te maken door het grafisch af te beelden. Andere voordelen die dergelijke gereedschappen bieden zijn onder andere de bewaking van de consistentie binnen en tussen modellen, het afdwingen van standaards en de bewaking van de projectvoortgang. Bij de implementatie van een model in een geautomatiseerde omgeving wordt gebruik gemaakt van programmeergereedschappen zoals programmaeditors, debuggers en compilers.

Bij het modelleren van de informatie-elementen binnen dit onderzoek is gebruik gemaakt van een drietal gereedschappen:

- organisatiediagrammen;
- entiteit-relatiediagrammen;
- procesmodellen (stroomschema's, IDEF<sub>0</sub>).

De structuur van een organisatie is de wijze waarop de subsystemen (of subeenheden) van de organisatie zijn gerangschikt en de daarmee gepaard gaande verdeling van de werkzaamheden de hiërarchie van de gezagsverhoudingen [Hall, 1982]. De structuur is grafisch weer te geven in hiërarchische of piramidevormige structuur van functies [Davis, 1985]. Ter verkrijging van inzicht in de structuur van de waterschappen zijn de verschillende functies en managementniveaus met de onderlinge hiërarchie onderscheiden. De structuur is grafisch weergegeven in organisatiediagrammen.

Entiteit-relatiediagrammen (Erd) zijn gebruikt bij het modelleren eigenschappen van reële objecten. Reële gegevens (zoals objecten, documenten, gegevensverzamelingen en activiteiten) zijn geclassificeerd tot entiteiten welke op een uniforme wijze worden beschreven (grafisch en/of administratief). Tussen entiteiten kunnen relaties van velerlei vormen bestaan.

Een procesmodel is een gedetailleerde beschrijving van een proces. Een proces wordt onderverdeeld in deelprocessen die met elkaar een relatie hebben. Deze relaties kunnen op allerlei zaken betrekking hebben. Het idee van een procesmodel in IDEF<sub>0</sub> is dat een proces een input transformeert naar een output. Deze informatie kan slaan op fysieke dingen (zoals het creëren van objecten uit onderdelen) maar ook op informatie, geld, gedrag en dergelijke [Tolman, 1997a]. Binnen dit onderzoek is het proces van plannen en begroten van onderhoud op deze manier gemodelleerd.

Bij de implementatie van het ontwikkelde onderhoudsmodel in een geautomatiseerde omgeving is gebruik gemaakt van de mogelijkheden van Avenue en DialogDesigner; twee binnen ArcView geïntegreerde ontwikkelhulpmiddelen.

### 1.6.4 Veldonderzoek

Bij de ontwikkeling van modellen en geautomatiseerde toepassingen hiervan dienen gegevens verzameld en bewerkt te worden tot bruikbare informatie. De gegevens kunnen op verschillende manieren worden verzameld. Hiervoor kunnen drie klassen van benaderingen worden onderscheiden [Reuling, 1987; Van der Heyden, 1990]:

- observatie, een doorgaans betrekkelijk ongestructureerde vorm van dataverzameling door het plegen van waarnemingen zonder bevraging;
- meting, het persoonsonafhankelijk registreren van de werkelijkheid waarbij verbanden worden gelegd tussen empirische objecten en symbolen (welke bij voorkeur zijn ontleend aan het numerieke stelsel);
- bevraging, een actieve vorm van dataverzameling waarbij met behulp van vraagtechnieken enigszins gericht wordt gewerkt aan de gestelde doelen.



Als eerste stap om te komen tot een lijst met functionele eisen en wensen voor een onderhoudsmethodiek is na een literatuuronderzoek, een veldonderzoek uitgevoerd naar de actuele organisatiestructuren, onderhoudstechnieken en plannings- en begrotingsmethodieken. Dit onderzoek bestond uit het voeren van een aantal interviews en het verrichten van een enquête bij de zes waterschappen in Zuid-Holland Zuid. De enquête bestond zowel uit gesloten als open vragen. Een selectie van de onderzoeksvragen is vervolgens vertaald naar het engels en voorgelegd aan waterbeheerders in Pakistan. In een later stadium is voor het verifiëren van de eerdere resultaten en het verkrijgen van verbeterd inzicht in de gewenste functionaliteit en uitvoer, opnieuw een enquête opgesteld. Deze enquête is afgenomen bij een tiental waterschappen. Verder zijn interviews afgenomen bij specialistische diensten van de Rijkswaterstaat (Bouwdienst en Dienst Wegen en Waterbouw), ingenieursbureaus (Haskoning, Mott MacDonald en Ingenieursbureau BCC) en onderzoeksinstituten (TU Delft, DLO-Staring Centrum en ILRI). De resultaten van de verschillende enquêtes zijn verwoord in verschillende documenten en vormen de basis voor het tweede, derde en vierde hoofdstuk.

### 1.6.5 Standaards

Een standaard is een vastgelegde afspraak over de inrichting van het gebruik van technieken en andere werkzaamheden. Het gebruik van een goede en consistente verzameling standaards is essentieel voor een goede ontwikkeling van informatiesystemen [Looijen, 1995]. Er bestaan veel standaards. Ze kunnen betrekking hebben op allerlei zaken kunnen zijn vastgelegd door bijvoorbeeld (inter)nationale instellingen (zoals IEEE, NEN, OMG en OGC), overheden en particuliere instellingen. Niet elke standaard is even nuttig in elke situatie en op bepaalde gebieden bestaan tegenstrijdige standaards. Bij applicatieontwikkeling gaat de voorkeur uit naar breed gedragen standaards welke door internationaal erkende instellingen zijn ontwikkeld. Deze combinatie is echter niet altijd haalbaar.

Binnen het onderhavige onderzoek is gebruik gemaakt van of verwezen naar diverse standaards zoals:

- modelleertechnieken en -gereedschappen (Erd, IDEF<sub>0</sub>);
- gegevensbeschrijving (Adventus, GW'96, NEN3610, Terreinmodel vastgoed, Giswa-datamodel);
- gegevensuitwisseling; (NEFIS, NEN1878, Stekkerdoos Water, SQL, ODBC, DDE, Active-X);
- budgetteringstechnieken (BBP);
- planningstechnieken (PERT, Gantt, RAW);
- outputdefinities (kaarten, standaardformulieren).

### 1.6.6 Testen

De ontwikkeling van een methodiek of model is in zekere zin gelijk aan de ontwikkeling van een applicatie. Een eerste versie zal bugs bevatten en dient daarom getest te worden [Hillier, 1995]. De gebruikte modellen kunnen onvolledig, te gedetailleerd of onjuist zijn. Daarnaast kunnen problemen ontstaan bij de data verzameling in de vorm van meet- en interpretatiefouten en mate van representativiteit [Van der Heijden, 1990]. Bij het verzamelen van data kan tevens de praktische bruikbaarheid worden gezien. Het gaat daarbij om de kosten, de snelheid en het gemak in het gebruik van de verzamelde data [Van der Heijden, 1990].

## 1.7 Beslisproces plannen en begroten van onderhoud

### 1.7.1 Complexiteit

Een beslisproces kan zeer complex zijn. Deze complexiteit wordt bepaald door een zestal factoren [Looijen, 1995]:

- massaliteit;
- heterogeniteit;
- spreiding;

- dynamiek;
- eigenaarschap;
- gebruik.

Binnen de beslisprocessen bij het plannen en begroten van onderhoud speelt een grote hoeveelheid gegevens een rol (*massaliteit*) welke zeer divers zijn (heterogeniteit). Dit heeft zowel betrekking op de te beheren objecten (zie hoofdstuk 3) en de onderhoudsprocessen (zie hoofdstuk 4). De factor *spreiding* komt zowel tot uiting in de geografische spreiding van de beheersobjecten (zie hoofdstuk 3) als het aanbod en inzet van middelen zoals personeel en materieel (zie hoofdstuk 5). De eigenschappen van (zoals werkelijke vorm, afmetingen en status) en eisen aan (zoals minimale afmetingen en randvoorwaarden) de beheerobjecten verandert in de tijd (*dynamiek*). Het proces van plannen en begroten van onderhoud grijpt in in de totale waterschapsorganisatie. Informatie wordt bij verschillende delen van de organisatie verzameld, bijgehouden en vervolgens betrokken (*eigenaarschap*) (zie hoofdstuk 2). Hierbij vindt een aantal malen informatieoverdracht (zie hoofdstuk 3) en -bewerking plaats daar verschillende eisen en randvoorwaarden aan de informatie wordt gesteld (*gebruik*) (zie hoofdstuk 2).

### 1.7.2 Beperkingen in het besluitvormingsproces

Beslissers worden tijdens het besluitvormingsproces met diverse zaken geconfronteerd. Ondanks de complexiteit van de problematiek zal er altijd een beslissing genomen worden. Beslismomenten kunnen verklaard worden met het begrensde rationaliteitsparadigma [Meinsma, 1997]. De mens wordt in zijn besluitvorming beperkt door verschillende aspecten [Schlickmann, 1992; Meinsma, 1997]:

- onduidelijkheid over eventueel te nemen beslissingen;
- onduidelijkheid over relevantie van informatie;
- beschikbaarheid en afwezigheid van relevante informatie;
- onbekendheid met het probleem;
- onbekendheid met hoe kennis toe te passen.

Daarnaast is de individuele beslisser niet consistent en wordt deze beïnvloed door zijn omgeving [Braybrooke, 1963]. Bij het systematisch genereren van alternatieven is het praktisch niet mogelijk alle hypothetische keuze- en combinatiemogelijkheden in overweging te nemen [Beheshti, 1999]. Er dient een selectie van alternatieven plaats te vinden. Dit kan gekarakteriseerd worden als een zeefproces. Het voorgaande leidt ertoe dat vrijwel nooit de meest rationele oplossing voor een probleem wordt gevonden. Veelal wordt volstaan met een bevredigende oplossing [Simon, 1957]. Dit geldt met name in situaties met grote onzekerheden. Een complicerende factor is dat op het moment dat de onzekerheid groot is de interesse in de problematiek afneemt [Dutton, 1988; Meinsma, 1997]. Het is dus van belang dat deze onzekerheid wordt weggenomen of wordt verminderd.

Het plannen en begroten van onderhoud van watersystemen bestaat uit een continue aaneenschakeling van beslissingen. Aan elke beslissing gaat een besluitvormingsproces vooraf. Binnen het beslisproces heeft de beslisser echter te maken met een beperking van tijd, kennis en verstandelijke vermogens [Hink, 1987; Sol, 1982]. Zonder de juiste ondersteuning wordt de beslisser daarnaast geconfronteerd met zaken als het ontbreken van het besef van de noodzaak tot beslissen (status van te beheren object is bijvoorbeeld onbekend), onvermogen om de juiste gegevens te bepalen en te verzamelen (er zijn bijvoorbeeld geen recente meetgegevens beschikbaar), het ontbreken van noodzakelijke kennis (zoals de onbekendheid met mogelijke onderhoudsmethodieken) en de onbekendheid met het toepassen van aanwezige kennis (aanwezige kennis en ervaring is niet ontsloten).

Het huidige plannen en begroten van onderhoud is gebaseerd op ervaring. De beslissers beschikken over het algemeen over een ruime ervaring en specifieke kennis. Met name ervaren beslissers lopen het gevaar dat zij verkeerd omgaan met hun eigen kennis en zodoende het beslisproces onvoldoende rationeel

benaderen [Zachary, 1986; Schlickmann, 1992; Sena, 1996; Meinsma, 1997]. Een andere complicerende factor bij het nemen van beslissingen is dat het totale proces veelal niet individueel wordt gevolgd maar binnen een groepsverband. De uiteindelijke beslissingen zullen niet optimaal zijn door de volgende redenen [Cyert, 1992]:

- beslissingen zijn vaak inconsistent en sub-optimaal (door delegatie en afstemverliezen);
- beslissingen zijn vaak gebaseerd op een korte termijn horizon (korte-termijn-belang prefereert vaak boven lange-termijn-belang);
- oplossingen worden lokaal gezocht en afgezet tegen de eigen omgeving;
- organisatiestrategie, doelen en beslisregels zijn niet vast.

Binnen beslijstrajecten in organisaties speelt daarnaast een aantal dynamische factoren een rol, zoals vertragingen [Davis, 1985].

### 1.7.3 Structurering beslisproces

Elk beslisproces is uniek door verschillen in ruimte, tijd en betrokkenen. Voorwaarden voor het oplossen van complexe problemen zijn bewustwording, herkenning en erkenning van knelpunten. Om daartoe te komen is helderheid nodig [Brundtland, 1987]. Planvorming kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren [Van Rooy, 1997]. Door planvorming te structureren en te faseren kan meer helderheid verkregen worden doordat richting wordt gegeven aan het proces. Wanneer het totale plan- en begrotingsproces voor het onderhoud van watersystemen wordt gezien kan een viertal fasen worden onderscheiden [De Groot, 1986; Voogd, 1995; Van Rooy, 1997]:

- oriëntatie;
- analyse;
- divergentie;
- convergentie.

De oriëntatiefase heeft betrekking op de taakstelling van de planvormende organisatie. Binnen het kader van het plannen en begroten is deze helder. De betreffende organisaties hebben een duidelijke taakstelling voor het beheer en onderhoud van het watersysteem (zie hoofdstuk 2). In de analysefase dient een beeld geschetst te worden van de actuele situatie (beheersobjecten en omgeving) (zie hoofdstuk 3), de doelstellingen (functies van en eisen aan beheersobjecten) (zie hoofdstuk 3 en 4), de aandachtspunten en mogelijkheden (mogelijke onderhoudsmaatregelen) (zie hoofdstuk 4). In de divergentiefase dienen aan de hand hiervan alternatieven (strategieën) te worden opgesteld (zie hoofdstuk 4). In de convergentiefase wordt vervolgens de keuze voor een alternatief gemaakt welke wordt gerealiseerd. In deze fase is met name de kennis van de gebruiker van belang (deze kan hierbij wel ondersteund worden).

Het beslisproces kan worden vereenvoudigd door het probleem in deelproblemen op te splitsen. Hierbij kunnen verschillende ingangen gekozen worden zoals de organisatorische aard van de beslissingen en de fase van de beleidscyclus waar de beslissing genomen wordt (zie hoofdstuk 2). Deze probleemopsplitsingen kunnen ook gevaren met zich meebrengen zoals hiervoor ook is aangegeven (zoals de mogelijkheden die opsplitsing biedt om problemen in groepsverband te benaderen). De nadelen wegen over het algemeen niet op tegen de voordelen.

### 1.7.4 Ondersteunen van het beslisproces

De efficiency en de effectiviteit van het beslisproces kan verbeteren door gebruik te maken van een beslissingondersteunend model, mits deze goed is opgezet [Jpelaar, 1993]. Een dergelijk model kan het beslisproces structureren. Het kan de beslissers dwingen tot een gefaseerde benadering van een probleem en een gestructureerde benadering van informatie (ontsluiten van gegevens).

Bij het plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer wordt de besluitvorming door verschillende personen binnen en buiten de organisatie beïnvloed. Voor de ondersteuning van de besluitvorming in en tussen organisaties dienen de volgende uitgangspunten meegenomen te worden [Meinsma, 1997]:

- houdt zowel de technische als de sociale problematiek in het oog;
- voorkom statisch denken in dynamische probleemsituaties;
- bezie verschillende gezichtspunten;
- analyseer conflicterende problemen op een dialectische wijze;
- neem het perspectief van de probleemeigenaar als vertrekpunt;
- wees bewust van de dynamiek van besluitvormingstrajecten.

Uit het voorgaande blijkt dat in een besluitvormingsproces een groot aantal gegevens en relaties een rol speelt.

Op het moment dat de complexiteit van het beslisproces toeneemt, zal de onzekerheid toenemen. Meer informatie doet deze onzekerheid afnemen [Davis, 1985]. Het aanbieden van meer informatie is echter niet altijd de beste oplossing. Beslissingen worden niet altijd beter door de beslisser van meer informatie te voorzien [Van Schaik, 1988]. Dit ondanks de vaak positieve mening van beslissers die over meer informatie beschikken. Deze personen wensen te beschikken over cijfers met betrekking tot historie en toekomstverwachtingen. Op een bepaald moment wenst een beslisser liever een hogere kwaliteit van de informatie dan een grotere hoeveelheid [Davis, 1985]. De kwaliteit van de informatie uit zich in volledigheid, vorm (presentatie en begrijpelijkheid), tijdstip van beschikbaarheid, plaats (fysieke toegankelijkheid), bezit en betrouwbaarheid (juistheid, nauwkeurigheid, hoeveelheid fouten en gekleurdeheid) [Andrus, 1971; Davis, 1985]. Deze aspecten dienen derhalve aan bod te komen wanneer het beslisproces moet worden ondersteund door het ontsluiten van informatie.

#### 1.7.5 Structurering informatieaanbod

Een belangrijk probleem bij het plannen en begroten van onderhoud is de grote hoeveelheid te verwerken informatie. Wanneer de hoeveelheid te verwerken informatie groot is en toeneemt, dient deze gestructureerd te worden aangeboden. Het structureren van gegevens wordt uitgebreid behandeld in hoofdstuk 3 (en in iets mindere mate in de hoofdstukken 4 en 5). Naast het structureren van gegevens kan gekozen worden voor een vorm van informatieopsplitsing en onzekerheidsabsorptie [Davis, 1985]. Bepaalde informatie wordt bijvoorbeeld in groot detail bijgehouden op een bepaalde afdeling en plaats. Hier worden vervolgens conclusies getrokken over de gegevens welke door anderen weer worden verwerkt. De verschillende van belang zijnde informatiestromen zijn uitgewerkt in hoofdstuk 2. De belangrijkste processen worden tevens gemodelleerd in hoofdstuk 5.

Door alleen conclusies en samenvattingen over te brengen, vermindert de hoeveelheid gegevens waardoor onzekerheid weggenomen wordt. Het gevaar bestaat echter dat objectieve gegevens worden vermengd met subjectieve zaken (zoals vermoedens, meningen en interpretaties van waarnemingen). Subjectieve toevoegingen zijn niet altijd wenselijk. Door het proces van informatieabstractie te structureren kan het subjectieve aspect van de informatie enigszins worden beperkt.

#### 1.7.6 Beslissingsstrategieën

Naast het ondersteunen van beslissen (bijvoorbeeld door het gebruik van beslissingondersteunende systemen) kan ook gebruik gemaakt worden van beslissingsstrategieën. Zo'n strategie schrijft voor welke stappen gezet dienen te worden bij het nemen van beslissingen. Het brengt structuur aan in het beslissingsproces, maar het geeft geen concrete aanwijzingen welke beslissingen het best genomen kunnen worden [Van Schaik, 1988]. Deze structurering kan bestaan uit het aangeven van de plaats, tijdstip en indicatie van welke besluitvorming nodig is [De Groot, 1986; Faludi, 1987].

Door Goodwin [1998] wordt een aanpak geschetst voor het aanbieden van een beslissingsstrategie. Een beslissingsstrategie kan opgesplitst worden in een aantal fasen [Goodwin, 1998]:

- formuleren van scenario's;
- formuleren van doelen;
- formuleren van alternatieven;
- controleren van alternatieven op bruikbaarheid;
- rangschikken van alternatieven op bijdrage per doelen;
- verwijderen van niet acceptabele alternatieven;
- geef score aan combinatie van scenario's, doelen en alternatieven;
- beoordeel combinaties op doelmatigheid;
- uitvoeren van gevoeligheidsanalyse.

Wanneer deze fase-indeling wordt vertaald naar het beslisproces bij het plannen en begroten van onderhoud dient eerst aangegeven te worden wat er kan gebeuren; aangeven van de faalmechanismen en mogelijke faalkosten (*formuleren scenario's*). Parallel hieraan moeten de eisen aan het watersysteem worden bepaald (*formuleren doelen*). Vervolgens dienen mogelijke onderhoudsmethodieken aangegeven (*formuleren alternatieven*) en op haalbaarheid gecontroleerd te worden (*controleren*). Per onderhoudsmethodiek dient aangegeven te worden wat de bijdrage is aan de verwezenlijking van doelen (*rangschikken alternatieven*). De methodieken die niet voldoen, dienen vervolgens weggestreept te worden (*verwijderen niet acceptabele alternatieven*). De verschillende alternatieve onderhoudsmethodieken worden op doelmatigheid en haalbaarheid beoordeeld (*beoordelen combinaties*). Alternatieven worden vergeleken op basis van subjectieve gegevens (ruwe schattingen en ervaring). Door het groepsproces kunnen daarnaast verschillende meningen zijn ingebracht. Daarom kan het verstandig zijn de effecten van veranderingen van deze waarden te relateren aan de uiteindelijke uitkomsten [Goodwin, 1998].

Een van de doelen van dit onderzoek is aan te sluiten op de huidige methodiek voor het plannen en begroten van onderhoud. De gebruikte methodieken zijn op detailniveau zeer divers [Van de Looij, 1998a; Van de Looij, 1998b]. Op hoofdlijnen kan echter een uniforme methodiek worden gepresenteerd (zie hoofdstuk 4). De methodiek geeft structuur aan het besluitvormingsproces en sluit toch aan op de bestaande werkwijze. De uiteindelijke beslissingen worden echter niet gemodelleerd maar genomen door de gebruiker. De kennis van de beslisser wordt derhalve niet uitgeschakeld maar blijft hierdoor noodzakelijk.

De voorgenoemde fase-indeling van Goodwin vormt de basis van het systeemontwerp welke in hoofdstuk 5 wordt uitgewerkt. De fase-indeling wordt hier vertaald naar een methodiek welke richting geeft aan het beslisproces. Hierdoor wordt de onzekerheid bij de beslissers verminderd.

### 1.7.7 Beslissingondersteunende systemen

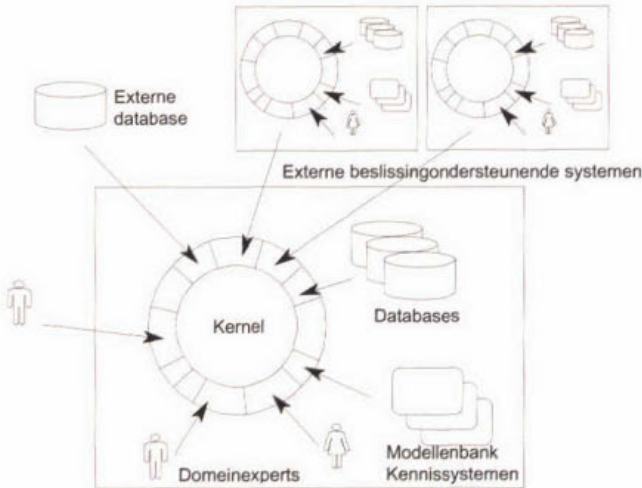
Informatiesystemen kunnen de waterbeheerder op alle niveaus ondersteunen, zowel voor de beheersing van de operationele activiteiten en de controle van de bedrijfsvoering als voor de strategische planning. Bij elk van de genoemde managementactiviteiten komt planning, beheersing en het nemen van beslissingen voor.

De basis voor een beslissing is een criterium welke meetbaar is. Er kunnen twee typen criteria worden onderscheiden: factoren (beslisvariabele) en beperkingen. Voorbeeld van een beslisvariabele is dat de kosten van onderhoud afhankelijk zijn van de steilheid van een taludontwerp. Een voorbeeld van een beperking is dat een talud niet steiler mag zijn dan 1:0.75. Door het selecteren en combineren van criteria kan tot een bepaalde keuze of afweging gekomen worden. De beslisser kan hierbij ondersteund worden door deze beslisregels vast te leggen en gestructureerd beschikbaar te maken.

Voor beslissingen die heel vaak terugkomen (of ze nu gestructureerd, semi-gestructureerd of ongestructureerd zijn), kan een BeslissingOndersteunend Systeem (BOS) of Decision Support System (DSS) vaak goed van pas komen. De term beslissingondersteunend systeem wordt op verschillende manieren gebruikt.

De Stichting Land Water Milieu Informatietechnologie (LWI) gebruikt de definitie 'Een samenhangend software-instrumentarium dat de onderbouwing van een te nemen beslissing zo goed mogelijk ondersteund' [LWI,1995]. Uit deze definitie blijkt dat de mens zelf geen deel uitmaakt van een BOS. Toch staat de mens centraal. De beslissingen worden door de mens genomen. Met een beslissingondersteunend systeem kan een beslisser gegevens opvragen en tijdens het besluitvormingsproces verschillende mogelijke oplossingen tegen elkaar afwegen. De nadruk ligt dus meer op 'ondersteuning' dan op automatiseren van beslissingen [Alter, 1980].

Door Johannis [1995] wordt de mens als onderdeel van het BOS beschouwd. In het BOS worden twee delen onderscheiden, een globaal deel en een lokaal deel. Het globale deel wordt beschouwd als een computernetwerk welke berekeningen, database-queries en analyses over data kan uitvoeren. Normaal gesproken zal de beslisser de data niet zelf analyseren. De data uit modellen en databases moet worden geconverteerd in informatie die geschikt is voor de beslisser. Deze interpretatie van data naar informatie is een typische menselijke activiteit (met veelal behulp van computerprogramma's). Door het voorgaande in een groter en abstract verband te plaatsen, ontstaat een recursief concept, zie figuur 1.1 [Johannis, 1995]. Het gebruik van het recursieve concept is met name geschikt in die gevallen waar een probleem kan worden opgesplitst in een groot aantal deelproblemen [Lorentz, 199; Benjamin, 1999].



Figuur 1.1 recursieve architectuur van een grootschalig BOS

Het concept van beslissingondersteunende systemen is gebaseerd op veronderstellingen over de rol die een computer zou kunnen spelen in een effectieve besluitvorming:

- De computer moet de manager ondersteunen, maar niet zijn of haar oordeel uitschakelen.
- De ondersteuning door middel van een computer heeft de beste resultaten bij semi-gestructureerde problemen, waarbij een deel van de analyse voor de computer gesystematiseerd kan worden, maar waarbij het inzicht en beoordelingsvermogen van de beslisser nodig zijn om het proces te kunnen beheersen.
- Het effectief oplossen van een probleem is een interactief proces dat beter verloopt via een dialoog tussen de gebruiker en het systeem. De gebruiker onderzoekt de probleemsituatie door gebruik te maken van analyses en informatie die het systeem hem biedt en door eigen ervaring en inzicht [Alter, 1976].

Bij het ontwikkelen van een geautomatiseerd informatiesysteem voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud is het logisch de structuur te baseren op een beslissingondersteunend systeem. De belangrijkste redenen hiervoor zijn hieronder gegeven:

- De onderhoudsproblematiek is zeer complex en ondersteuning bij het afwegen van alternatieven is gewenst.
- Het onderhoud is een van de kerntaken van de organisatie en dient goed geregeld te worden.
- Binnen de waterbeherende instanties is op dit moment voldoende kennis aanwezig om onderhoudsplannen op te stellen. Daarnaast zijn deze instanties voldoende in staat om een te bouwen informatiesysteem, voor het genereren van onderhoudsplannen, op kwaliteit te beoordelen.
- Het is van groot belang dat de organisatie voldoende affectie met deze problematiek behoudt. Het eindproduct moet ondersteunend zijn en mag het oordeel van de gebruiker dus niet uitschakelen.

*Wanneer beslissingen worden ondersteund met geautomatiseerde instrumenten dient rekening gehouden te worden met de volgende principes [Meinsma, 1997]:*

- intuïtie en creativiteit moeten zo min mogelijk worden onderdrukt (het systeem mag dus niet star zijn maar de beslisser ruimte bieden voor eigen inbreng);
- naast harde vergelijkbare gegevens dienen ook moeilijk kwantificeerbare gegevens worden meegenomen (met name deze moeilijk kwantificeerbare gegevens komen bij het plannen en begroten van onderhoud veel voor [Lameriks, 1997]);
- bij de besluitvorming dient niet alleen gekeken te worden naar de problemen van de probleemeigenaar maar dienen ook perspectieven van andere actoren in de externe omgeving in beschouwing genomen te worden (om een goede afweging te maken tussen alternatieven is het van belang ook de wensen van andere betrokkenen te kennen);
- problemen dienen in hun context beschreven te worden (dit vraagt om een uitgebreide beschrijving van de situatie);
- potentiële gevolgen van gebeurtenissen dienen aangegeven te kunnen worden (de functie van watersystemen wordt met name negatief beïnvloed door klimatologische omstandigheden zoals stormen, hoogwater en regenval);
- strategieën voor het concrete systeem dienen geëvalueerd te kunnen worden (door een beeld te schetsen van de resultaten van alternatieve beslissingen kan de effectiviteit beter bepaald worden).

Een brede acceptatie en toepassing van een te ontwikkelen systeem zijn hierbij complicerende factoren.

### **1.7.8 Acceptatie beslissingondersteuning**

Bij de ontwikkeling van systemen die de besluitvorming ondersteunen dienen enerzijds technische problemen (systeemconcept) en anderzijds sociale problemen (acceptatie) in ogenschouw genomen te worden. Bij de ontwikkeling van een methodiek voor het plannen en begroten van onderhoud dient rekening gehouden te worden met de acceptatie van de uitvoer van het beslissingondersteunende systeem. Dit betekent dat de consequenties van de te nemen besluiten en de onderliggende besluitvorming geaccepteerd dient te worden. Hiertoe dient een goede onderbouwing van de beslissingsprocessen plaats te vinden. De

randvoorwaarde dat de uiteindelijke methodiek voor het plannen en begroten van onderhoud geaccepteerd en toegepast dient te worden, brengt belangrijke consequenties met zich mee bij de te volgen methodiek. De geëiste hoge acceptatiegraad verhoogt de complexiteit van het ontwikkelproces.

Om een hoge acceptatiegraad te bewerkstelligen zijn met name de volgende zaken van belang:

- acceptatie van het systeemconcept (methodiek);
- acceptatie van het niveau en de vorm van beslissingondersteuning (in hoeverre wordt de inbreng/kennis van de beslisser gebruikt of uitgeschakeld);
- aansluiting op de huidige methodiek (herkenbaarheid van de oplossing);
- reële bruikbaarheid van het systeem (toepasbaarheid, uitgangspunten, randvoorwaarden).

Het is derhalve van belang dat toekomstige gebruikers van de methodiek al in een vroeg stadium worden betrokken bij het ontwikkelproces (zie paragraaf 1.8). Hierdoor kunnen de precieze wensen en randvoorwaarden beter worden onderkend. Daarnaast kan de huidige methodiek (door het periodieke overleg) beter worden blootgelegd. Door dicht aan te sluiten bij de bestaande methodiek kan de acceptatiegraad van de gebruikers verhoogd worden. De huidige methodiek is voor een groot deel gestoeld op een jarenlange ervaring en moeilijk kwantificeerbare gegevens [Lameriks, 1995]. Het implementeren van deze gegevens in een geautomatiseerde omgeving dient derhalve te worden nagestreefd (zie hoofdstuk 4 en 5). Het is onmogelijk om met alle toekomstige gebruikers in overleg te treden. Het voordeel van gewinning door betrokkenheid bij de ontwikkeling kan dus niet worden behaald.

De waarde die aan de uitkomst van een geautomatiseerd systeem wordt gegeven is hoog. Een gebruiker van een BOS is snel geneigd de uitkomst voor waar aan te nemen [Goodwin, 1998]. Dit is niet altijd terecht. De modellen welke in een BOS zijn opgenomen hoeven niet in alle voorkomende gevallen per definitie juist te zijn. Om dit gevaar te ondervangen, is het van belang dat de mening van de gebruiker niet wordt uitgeschakeld. Het BOS dient enkel ondersteunend te werken. Daarnaast dient periodiek een toetsing plaats te vinden op de juistheid van de gebruikte modellen voor de reële toepassingen (klopt het gekozen onderhoudsmodel voor het specifieke te beheren object).

Zoals reeds aangegeven, dient de beslisser overtuigd te worden van het nut van het beslissingondersteunende model. Met name de acceptatie van de output is van groot belang. De expertise die in het systeem wordt gebruikt blijft vaak niet onbetwist [Mostert, 1995]. In het traditionele beheer en onderhoud is de actor tevens de expert. Op het moment dat deze persoon ondersteund wordt in zijn beslissingen speelt een aantal onzekerheidsfactoren een rol die de acceptatie van de output van het systeem beïnvloeden. De belangrijkste zijn:

- onzekerheid over de juistheid van invoergegevens;
- onzekerheid van de uitkomst van het systeem;
- onzekerheid over gevolgen van beslissingen.

Een ander belangrijk aspect is dat de methodiek van beslissingondersteuning ook toepasbaar is. De methodiek dient in de huidige processen van de organisatie ingepast te kunnen worden zonder dat deze zich uitvoerig aan hoeven passen.

In een acceptatietest kunnen de resultaten worden vergeleken met de specificaties. Dank zij deze toetsing weet de uiteindelijke gebruiker dat het systeem voldoet aan de prestatiecriteria en de operationele eisen. Door een acceptatietest op te nemen in het ontwikkeltraject kunnen de verschillen tussen hetgeen de gebruikers verwachten en wat het systeem in werkelijkheid oplevert worden vastgesteld en mogelijk worden weggewerkt. Een toetsing van de ontwikkelde methodieken en applicaties wordt behandeld in hoofdstuk 6.



## 1.8 Ontwikkeltraject

De ontwikkeling van een model voor plannen en begroten van onderhoud omvat een groot aantal (deel)taken en heeft een grote mate diversiteit. Dit vereist een systematische aanpak. Bij de ontwikkeling van Gisratio is de volgende fase indeling opgesteld [Van de Looij, 1996c] en deze is bij de uitvoering zo gevolgd [Van de Looij, 1999a]:

- fase 1: definitie van de methodiek en het te ontwerpen informatiesysteem (definitiefase);
- fase 2: analyse van de methodiek en het te ontwerpen informatiesysteem (analysefase);
- fase 3: specificatie en systeemontwerp (specificatiefase);
- fase 4: bouw van het informatiesysteem (systeembouwfase);
- fase 5: testen en verbeteren van de methodiek en het informatiesysteem (test- en verbeterfase).

In de definitiefase, welke is gestart in 1995, is aandacht besteed aan het vaststellen van de grenzen van het systeem en de vraag of systeemontwikkeling wel wenselijk is. Doel van de definitiefase was enerzijds het bepalen van de uitvoerbaarheid van het systeem, op zowel technisch alsook op organisatorisch en financieel gebied, anderzijds het bepalen van de te verwachten voordelen en opbrengsten. Hiervoor is een uitgebreide literatuurstudie uitgevoerd en zijn mede gezien de eis van acceptatie en toepasbaarheid binnen de waterschapsorganisaties enquêtes en interviews gehouden. De resultaten van de definitiefase zijn verwoord in de volgende documenten:

- Onderhoud-begrotingssystemen in het Nederlandse waterbeheer [Visser, 1996]
- Maintenance within the Dutch water management sector [Visser, 1997];
- Eindrapport deelstudie Gisratio [Lameriks, 1996b];
- Maintenance of Water Management Systems for Irrigation in Pakistan [Mott MacDonald, 1997];
- Onderhoudsbegrotingssystemen in het Nederlandse Waterbeheer [Van de Looij, 1998a].

Tijdens de analysefase zijn de eisen van het systeem vastgelegd. Het doel van de analysefase was een omschrijving te geven van het te ontwikkelen informatiesysteem in de vorm van een beschrijving van de (deel)functies die het systeem moet kunnen uitvoeren en de eisen waaraan het dient te voldoen. Acceptatie door, en toepasbaarheid binnen de waterschapsorganisaties waren hierbij complicerende factoren. Aan de hand van de conclusies van de definitiefase zijn systeemonderdelen onderscheiden en zijn een eerste globale proces- en organisatie modellen opgesteld. In een aantal interviews en een tweede enquête zijn vervolgens deze conclusies en aspectmodellen geverifieerd. Verder waren vragen opgenomen voor het verkrijgen van verbeterd inzicht in de gewenste functionaliteit en uitvoer. De resultaten hebben geleid tot kleine aanpassingen en verdere detaillering van de aspectmodellen. De analysefase heeft geresulteerd in de volgende documenten:

- Systeemanalyse Gisratio [Van de Looij, 1998b];
- Definitie van uitvoerproducten Gisratio [Van de Looij, 1998d].

In de specificatiefase zijn de diverse componenten in hun onderlinge samenhang gespecificeerd. Het doel van deze fase was te komen tot een gedetailleerde specificatie van de diverse componenten van het systeem en de samenhang tussen de onderdelen. Daarnaast is aangegeven hoe de in de inventarisatie verzamelde gegevens kunnen worden geordend (identificatie van de entiteiten en bijbehorende attribootgegevens) en gebruikt (identificatie van benodigde functionaliteit). Deze fase is in twee fasen onderverdeeld, een logische ontwerpfasen en een technische ontwerpfasen. De logische fase is gericht op een specificatie van het systeem in gebruikerstermen. Deze beschrijving bevat een decompositie van het systeem in deelsystemen en modules die de benodigde functionaliteit moeten realiseren. Verder is de methodiek vastgesteld die nodig is om vanuit de eveneens bepaalde gegevensstructuur te komen tot een onderhoudsplan met bijbehorende begroting, vooreerst op eenvoudige en beperkte schaal met de mogelijkheden tot latere uitbreiding. Daarnaast is aangegeven hoe koppelingen kunnen worden gerealiseerd

met externe applicaties, modellen en gegevensbestanden. In de technische ontwerpfase is een nadere detaillering gegeven over hoe de verschillende modules in een programmeeromgeving kunnen worden uitgewerkt. Als eindproduct van de specificatiefase zijn de volgende documenten uitgebracht:

- Logisch ontwerp Gisratio [Van de Looij, 1998c];
- Vergelijking prestaties en kentallen BBP-Gisratio [Van Waes, 1998];
- Technisch ontwerp Gisratio [Van de Looij, 1999b].

In de systeembouwfase is de applicatie gebouwd. Als naam voor de applicatie is Gisratio gekozen wat een acroniem is voor Geografisch InformatieSysteem voor het RATIOneel plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer. Met behulp van de applicatie kan een eenvoudig (meerjaren-)onderhoudsplan opgesteld worden met de daaraan verbonden inzet van middelen (geld, personeel, materieel en materialen). Ondanks de aanwezigheid van een gedetailleerd ontwerp kwamen tijdens de bouw hiaten en onvolkomenheden in de modelvorming naar boven. Daarom zijn de verschillende modellen op punten aangepast en uitgebreid. Als onderdeel van deze fase zijn de volgende documenten uitgebracht:

- Gebruikershandleiding Gisratio [Van de Looij, 1999c];
- Beheerdershandleiding Gisratio [Van de Looij, 1999d].

In de test- en verbeterfase van dit onderzoek is het systeem en de methodiek getest en op onderdelen verbeterd en uitgebreid. Reeds beschikbare onderhoudsdata is ingevoerd waarna een onderhoudsplan is gemaakt waarop een aantal analyses is uitgevoerd. Hiermee kon worden getoond wat de mogelijkheden en beperkingen van het systeem zijn en hoe de methodiek aansluit op de huidige processen. De testcases gaven aanleiding tot het op onderdelen aanpassen van het gegevens- en procesmodel. Deze aanpassingen zijn vervolgens geïmplementeerd in de applicatie. De terugkoppeling van ontwikkelingen naar de praktijk zijn essentieel geweest voor het verkrijgen van de uiteindelijke methodiek en de geautomatiseerde toepassing ervan. Op het gebied van de uitwisseling van informatie is een nadere studie gedaan welke heeft geresulteerd in een uitbreiding van de applicatie. De resultaten van deze fase zijn verwoord in de volgende documenten:

- Gisratio in de praktijk, Inventarisatierapport [Sardjoe, 1999a];
- Gisratio in de praktijk, Eindrapport [Sardjoe, 1999b];
- OpenGIS in het waterbeheer [Menschaar, 1999].

Het succes van een applicatie is bij oplevering van een goed product niet gegarandeerd. Een product moet geïmplementeerd, ondersteund en doorontwikkeld worden. In samenspraak met de participerende waterschappen en Rijkswaterstaat zijn door de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) hiertoe de noodzakelijke contacten gelegd met het bedrijfsleven. Een commercieel bureau draagt zorg voor de implementatie bij geïnteresseerde waterschappen, de ondersteuning van gebruikers via een helpdesk en opleidingen, het verhelpen van bugs en het opzetten van een overlegstructuur van gebruikers (voor de uitwisseling van kennis en het formuleren van nieuwe wensen). De exacte invulling van het beheer van de applicatie heeft geen onderdeel uitgemaakt van dit onderzoek.

## 1.9 Projectorganisatie

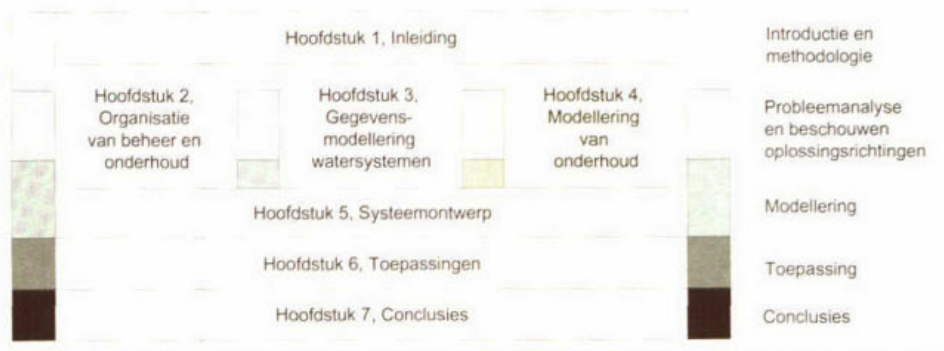
Het project is door de waterschappen in Zuid Holland Zuid voorgedragen als STOWA-onderzoek. Na acceptatie door de programmacommissie waterkeringen van de STOWA is de opdracht tot uitvoer van het onderzoek verleend aan de sectie Land- en Waterbeheer van de faculteit Civiele Techniek van de TU Delft.

Ter verkrijging van een goede afstemming op andere ontwikkelingen namen binnen de projectorganisatie Gistratio, naast de waterschappen in Zuid Holland Zuid en de STOWA tevens de volgende organisaties deel: Unie van Waterschappen, Rijkswaterstaat DWW, Waterschap Regge en Dinkel en Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden. Daarnaast zijn materiedeskundigen in verschillende fasen van het project benaderd. In het bijzonder kunnen de volgende participerende organisaties worden genoemd: ILRI, Staring Centrum, DLO, Waterschap Dollardzijvest, Waterschap Friesland en Waterschap Salland. Teneinde de voortgang en de relevantie van het project te ondersteunen is een tweetal commissies ingesteld dat het project heeft begeleid. Het betreft een Technische AdviesCommissie (TAC) en een stuurgroep. De taak van de TAC was het toetsen van het project op de inhoudelijke validiteit betreffende onderhoud, budgetteren en plannen in het waterbeheer. De taak van de stuurgroep bestond uit het project beleidsmatig te toetsen op de gestelde doelen en synergie met onderzoeksprojecten op aanverwante terreinen. De leden van deze commissie zijn vermeld in bijlage 1 (Samenstelling stuurgroep) en bijlage 2 (Samenstelling technische adviescommissie).

Het actief mee laten denken en mee laten beslissen van personen uit de praktijk geeft betrokkenheid bij het ontwikkelproces en het eindresultaat. Hierdoor kan beter worden ingespeeld op specifieke wensen en nieuwe ontwikkelingen. Er ontstaat tevens draagvlak en acceptatie bij de implementatie van de methodiek waardoor deze ook daadwerkelijk zal worden toegepast.

### 1.10 Opzet van de dissertatie

Deze dissertatie bouwt voort op een aantal documenten welke afzonderlijk (als deelonderzoek) gepubliceerd is (zie bijlage 3). Dit boek is opgebouwd uit een zevental hoofdstukken. Figuur 1.2 geeft de globale inhoud van en de relaties tussen de verschillende hoofdstukken aan.



Figuur 1.2 structuur dissertatie

Het eerste hoofdstuk geeft een korte inleiding aangaande het beheer en onderhoud in het waterbeheer met een omschrijving van het huidige probleem en de doelstellingen. Vervolgens wordt de methodologie en het ontwikkeltraject geschetst.

In hoofdstuk 2 worden de verschillende organisatiestructuren (inclusief processen en informatiestromen) belicht welke momenteel gangbaar zijn binnen het Nederlandse waterbeheer. Deze structuren (organisatiemodellen) worden over elkaar gelegd waarna een generieke uniforme organisatiestructuur wordt voorgesteld die in principe geldig is voor alle onderzochte organisatiestructuren. Daarnaast worden de verschillende

deelprocessen met betrekking tot het plannen, begroten, uitvoeren en evalueren van onderhoud binnen deze organisatiestructuur onderscheiden. Hierbij worden de te genereren informatieproducten benoemd en wordt aangegeven waar communicatie tussen de organisatieonderdelen plaatsvindt.

Hoofdstuk 3 behandelt de gegevensmodellering van watersystemen. Daarnaast wordt een aantal ontwikkelingen op het gebied van uniforme gegevensmodellering en -uitwisseling beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de ontwikkeling van een tweetal geografische informatiesystemen voor respectievelijk het waterkeringen- en het oppervlaktewaterbeheer (legger- beheersystemen). Deze systemen beschrijven aan de hand van een gegevensmodel een aantal essentiële eigenschappen van het watersysteem. Dergelijke systemen kunnen als basis fungeren voor een onderhoudsbegrotingssysteem. Om onafhankelijk te zijn van een enkel beheersysteem wordt een aantal methodieken beschreven voor een standaard uitwisseling van data en functionaliteit.

In het vierde hoofdstuk worden de karakteristieken van het huidige onderhoudsproces ontrafeld. De verschillende deelprocessen met hun onderlinge relaties worden beschreven en vervolgens gemodelleerd. De basis van dit hoofdstuk is gelegd door de informatie welke is verkregen in de gehouden interviews en enquêtes. In een recursief proces is het onderhoudsproces steeds gedetailleerder gemodelleerd. Allereerst worden de onderhoudstechnieken geclassificeerd. Vervolgens vindt een analyse plaats van de deelprocessen in het totale proces van plannen en begroten. Deze deelprocessen worden daarna globaal gemodelleerd. Verder wordt een eerste gegevensmodellering gegeven voor de onderhoudssystematiek.

De integratie en nadere detaillering van de verschillende in het tweede, derde en vierde hoofdstuk behandelde aspectmodellen en het uiteindelijke systeemontwerp worden beschreven in hoofdstuk 5. Allereerst wordt het totale proces met de verschillende relaties gevat in een grof model. De deelprocessen worden vervolgens nader gedetailleerd. Vervolgens wordt voor een aantal relevante deelsystemen een gegevensmodel gegeven. De verschillende relaties die kunnen worden onderkend worden in detail beschreven en samengevoegd in een gegevensmodel. Dit model is vervolgens in een geautomatiseerde omgeving geïmplementeerd.

De ontwikkelde applicaties zijn in een tweetal praktijksituaties op bruikbaarheid getoetst. Deze testcases worden in hoofdstuk 6 beschreven. Allereerst wordt het gebruik van een legger- beheersysteem getest voor een bemalingsgebied van het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Verder is de methodiek van het ontwikkelde model en de functionaliteit van de ontwikkelde applicatie (Gisratio) getest met gegevens van een peilgebied van waterschap De Brielse Dijkkring.

Aan het eind van elk hoofdstuk worden een aantal conclusies getrokken. In hoofdstuk 7 worden de belangrijkste conclusies samengevat. Daarnaast wordt een aantal aanbevelingen gedaan.



## Hoofdstuk 2 Organisatie van beheer en onderhoud

### 2.1 Nederlands waterbeheer in historisch perspectief

Deze paragraaf geeft een weergave van de historische ontwikkelingen op het gebied van beheer en onderhoud van het Nederlandse watersysteem. Het heeft niet tot doel de historie in detail te beschrijven. Voor een meer gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar Colenbrander [1989], Ferguson [1991], Schultz [1992], Van de Ven [1993], Verhallen [1997] en Huisman [1998]. De inhoud van deze paragraaf is gebaseerd op deze boeken.

Al ver voor 1200 werd door een toename van de bevolkingsdichtheid steeds meer land geschikt gemaakt voor agrarisch gebruik en bebouwing. De drainage van de landerijen had een daling van de grondwaterspiegel tot gevolg welke resulteerde in een aanzienlijke bodemdaling. Deze bodemdaling leidde ertoe dat er in het lage gedeelte van het huidige Nederland dijken werden opgeworpen om bescherming te bieden aan agrarische activiteiten en nederzettingen. Gepaard gaande met de bouw van dijken werd de afwatering moeilijker. Destijds werd de aanleg van dijken en het verzorgen van de afwateringen door elke boerengemeenschap lokaal georganiseerd. De grondgerechtigden moesten de waterstaatswerken onderhouden en het toezicht geschiedde door het plaatselijke bestuur (buurtschappen). Het dorpsbestuur stelde vast aan welke eisen de verschillende waterstaatswerken moesten voldoen, wat tegenwoordig bekend staat als de *Keur*. Controle werd uitgeoefend door vertegenwoordigers van het dorpsbestuur en de grondgerechtigden die gezag uitoefenden om te inspecteren, te oordelen en eventueel te veroordelen (deze controle staat bekend als de *Schouw*). De Keur en de Schouw vormen al eeuwenlang de basis voor het onderhoud aan de Nederlandse waterstaatkundige infrastructuur onder beheer van de waterschappen.

Bij het dijkonderhoud golden twee principes: dijkonderhoud op de hobreedte (met name in het veengebied) en verhoefslaging (merendeels op de zand- en riviergronden). Het onderhoud gebaseerd op het principe van de hobreedte hield in dat het onderhoud verzorgd diende te worden door de grondgerechtigde wier land direct aan de dijk grensde. Verhoefslaging berustte op een eerlijkere verdeling. Het stuk te onderhouden dijk werd gebaseerd op de grootte van het grondgebied: hoe groter het grondgebied, hoe langer stuk dijk moest worden onderhouden. Het voordeel was dat ook de meer in het binnenland gelegen boerensamenlevingskernen, welke niet grensden aan de dijk, werden betrokken bij het onderhoud aan de dijk. Verhoefslaging werd in de loop der eeuwen de voornaamste vorm van dijkonderhoud. Het onderhoudswerk aan de afwateringskanalen werd ook verzorgd door de lokale gemeenschappen. Toezicht werd gehouden door het bestuur van de boerengemeenschappen. De verantwoordelijkheid voor het onderhoud van de kleine afwateringsloten (detailafwatering) lag bij de boeren zelf. Tot op heden ligt de verantwoordelijkheid voor het onderhoud bij de direct betrokkenen, zodat de onderhoudsactiviteiten volledig geïntegreerd zijn in het takenpakket van de plaatselijke boeren en de betrokkenheid bij zowel het beheer als het onderhoud optimaal is. Ook het overtollige water in de plaatselijke polders moest door de lokale gemeenschap worden afgevoerd zonder het te lozen in een lager gelegen polder van een andere boerengemeenschap. Het gehele proces van afwatering, organisatie, beheer en onderhoud stonden onder de verantwoordelijkheid van alle boeren in de lokale gemeenschappen. Deze structuur heeft zeker bijgedragen aan het slagen van de Nederlandse waterbeheersing.

Het beheer en onderhoud van grotere waterstaatkundige kunstwerken, zoals dijkringen en uitwateringsluizen kwam in de periode tot 1600 steeds meer onder invloed van samenwerkende buurtschappen verenigd in een *streekwaterschap*. De buurtschappen behielden de zorg voor de lokale afwatering en het onderhoud ervan. De voortschrijdende maaiveldaling in het westen leidde ertoe dat een nieuw systeem

van afwatering ontstond. Er werden binnenbedijkingen aangelegd. Het water binnen deze bedijkingen werd kunstmatig op de afdamde veenstromen gebracht. Daarnaast werden er lange weteringen gegraven, welke voor de afwatering van laaggelegen gebieden op rivierpanden met een lager gelegen peil zorgden. Om deze nieuwe waterhuishoudkundige eenheden te kunnen beheren en te onderhouden werden nieuwe besturen in het leven geroepen: de *polderbesturen*. Er ontstonden binnen het waterschap polderbesturen met enkel waterstaatsaken en verantwoordelijkheden voor het onderhoud van de afwateringskanalen en bijbehorende poldermolens.

Het bestuur van een waterschap en streekwaterschap was autonoom, met eigen rechtsregels en Keuren, maar stond onder toezicht van de landsheerlijke overheid. Het bestuur bestond uit de heemraden en een grafelijk ambtenaar, de dijkgraaf. Dit college werd de dijkstoel genoemd en kon straffen uitdelen aan ingelanden die hun onderhoudstaak niet naar behoren uitvoerden.

In de 15de en 16de eeuw domineerden twee belangrijke ontwikkelingen:

- In de waterschappen en streekwaterschappen waar ook polderbesturen ontstonden kregen de heemraden ook de bevoegdheid om in de polders toezicht te houden op de gang van zaken. Om zich te onderscheiden van de lagere heemraden van de polderbesturen noemden ze zich hoogheemraden. Het streekwaterschap voert sindsdien de naam *hoogheemraadschap*.
- Er trad een verschuiving op van dienstverlening naar betaling voor diensten. Het was niet meer toereikend om het benodigde onderhoudswerk en constructiewerk door de ingelanden te laten uitvoeren. De waterstaatsbesturen gingen werk uitbesteden aan aannemers onder toezicht van de hoogheemraden zelf. Het werd nodig zelf voor de financiën te gaan zorgen, zodat de ingelanden werden aangeslagen. De bewoners van de hoogheemraadschappen, streekwaterschappen en waterschappen moesten waterschapshoofden betalen voor het ontwikkelen en instandhouden van de waterstaatkundige infrastructuur.

De middeleeuwse waterschapsorganisatie bleef ten tijde van de Republiek bestaan. Lokale waterstaatszorg bleef in handen van de algemene locale besturen en de regionale zorg werd verzorgd door de streekwaterschappen. In deze perioden trad enige vorm van schaalvergroting op. Met name als gevolg van de introductie van betere bemalingstechnieken (vergroting van de bemalingscapaciteit) werden kleine polderschappen samengevoegd. Men hoopte door samenwerking op een betere afwatering. Ook ten aanzien van het dijkonderhoud traden veranderingen op. De waterschappen werden meer en meer verantwoordelijk voor het onderhoud. Het onderhoud werd uitgevoerd door lokale aannemers en bekostigd door het proces van gemeenmaking van het dijkonderhoud: kosten werden omgeslagen over alle grondeigenaren gerelateerd aan het grondbezit. Naast het lokale en gewestelijke waterstaatsbestuur, werd ten tijde van de Republiek een andere waterbeheersorganisatie geïntroduceerd: de *provinciale waterstaat*. De provincies namen de waterstaatszorg over van de landsheren. In geval van nood schoot de provinciale waterstaat de lagere waterstaatorganisaties te hulp. Ze verlangden daarentegen wel het recht op toezicht en inspectie.

Bij het ontstaan van de eenheidsstaat, de Bataafse Republiek, kreeg de Staat ook taken op het gebied van de zorg voor de waterstaat. De taken van de nationale waterstaat luidden omstreeks 1800:

- algemeen toezicht op de waterstaat, dat wil zeggen toezicht op de provinciale waterstaat en waterschappen;
- het beheer van nationale waterstaatkundige infrastructuur, welke van algemeen belang zijn.

Tot halverwege de tweede helft van de 19de eeuw hadden de 'oude' waterschappen voor het overgrote deel bestaan uit lokale polders en streekwaterschappen. Krachtens de 'Provinciale wet' van 1850,

gebaseerd op de Grondwet van 1848, brachten de provincies meer uniformiteit in het waterschapswezen. Alle waterschappen werden gereguleerd en voor een deel gereorganiseerd. De streekwaterschappen kregen voortaan een vertegenwoordigend lichaam bestaande uit hoofdingelanden, die gekozen werden door en uit de ingelanden of landbezitters. De interne organisatie van de waterschappen is gebaseerd op de Waterschapswet [1992], welke de algemene regels voor de samenstelling van het waterschapsbestuur vastlegt. Evenals de institutionele indeling bij gemeenten (gemeenteraad, College van Burgemeester en Wethouders en burgemeester), kent de bestuursorganisatie van een waterschap een algemeen bestuur ('verenigde vergadering', of 'vergadering van hoofdingelanden'), een dagelijks bestuur ('college van dijkgraaf en (hoog-)heemraden', of 'dijkstoel') en een voorzitter ('dijkgraaf', of 'watergraaf'). Deze organisatie structuur is tot op de dag van vandaag actueel.

De *Rijkswaterstaat*, zoals deze instantie nu heet, bestond in eerste aanleg uit het *Corps Ingenieurs van de Waterstaat* (1800-1850), de technische dienst van de nationale waterstaat. In de tweede helft van de 19de eeuw ontwikkelde het Corps Ingenieurs zich tot de Rijkswaterstaatsdienst. In de jaren '70 deden zich grote veranderingen binnen de organisatiestructuur van de Rijkswaterstaat voor. Voorheen bestond zij uit regionale directies verdeeld in arrondissementen. Deze arrondissementen werden opgeheven en de regionale directies werden alle onderverdeeld in drie hoofdafdelingen, te weten:

- de hoofdafdeling Bestuurs-, Bedrijfseconomische en Regionale Ontwikkeling;
- de hoofdafdeling Wegen- en Oeververbindingen;
- de hoofdafdeling Waterhuishouding en Vaarwegen.

De verantwoordelijkheden van de Rijkswaterstaat zijn sterk aan verandering onderhevig geweest. In 1980 is er onder invloed van de tweede nota Ruimtelijke Ordening het begrip *waterstaatkundig hoofdsysteem* geïntroduceerd. Tot dit systeem behoren die wateren die een nationale betekenis hebben voor de afvoer van water en ijs en voor de watervoorziening die tevens een essentiële ecologische functie of natuurwaarden van nationaal of internationaal belang bezitten. Tot op de dag van vandaag behielden de provincies hun taak als toezichthouder op de waterschappen. De provincies kregen het recht, onder goedkeuring van de Rijksoverheid, in de bestaande reglementen en inrichting bij waterschappen veranderingen aan te brengen. Zaken als stemrecht, bestuur en bevoegdheden werden vastgelegd in reglementen, opgesteld door de provincies.

Binnen het takenpakket van de verschillende waterschappen bestaat een grote diversiteit. Het loopt uiteen van enkel dijkbeheer en boezembeheer tot waterkwantiteit en waterkwaliteitsbeheer. Na de Tweede Wereldoorlog kwam het accent op dijkonderhoud te liggen bij de grotere waterschappen. Dit proces kwam in een versnelling na de watersnoodramp van 1953. De toenemende zorg voor waterkwaliteit bij de streekwaterschappen dateert uit de jaren '60. Met de 'Wet Verontreiniging Oppervlaktewater'(WVO) uit 1970 is de zorg voor de kwaliteit van de lokale en regionale oppervlaktewateren opgedragen aan de provinciale besturen. Negentien van de twaalf provincies hebben deze taak actief gedelegeerd aan bestaande waterschappen of nieuw opgerichte *zuiveringschappen*. Met de komst van de Waterschapswet [1992] is de lokale en regionale waterstaatszorg een verantwoordelijkheid van de waterschappen. De drie zelfzuiverende provincies hebben inmiddels ook het waterkwaliteitsbeheer overgedragen. Met de zorg voor de waterkwaliteit is ook een schaalvergroting in de waterschappen tot stand gekomen. Vele kleine waterschappen fuseerden tot grotere, aaneengesloten waterschappen. Inmiddels is het aantal waterschappen gereduceerd van ruim 2000 na de oorlog tot 66 in 1998 [Unie van Waterschappen, 1998]. Op de nationale waterstaatkundige infrastructuur na (rijkswegen, de grote rivieren, IJsselmeer, estuaria, Deltawerken, Afsluitdijk en de zee), behoort het gehele proces van waterbeheersing, waterkering en waterhuishouding toe aan de waterschappen. In de meest algemene zin rust mede op het waterschap de taak tot het voeren van een integraal waterbeheer (dat wil zeggen



op basis van de watersysteembenadering), waarbij het goed functioneren van het betrokken watersysteem als een zelfstandig ecologisch belang wordt beschouwd in samenhang waarmee de gebruiksfuncties worden benut. Deze taak is in feite geen verbreding van bestaande taken, maar eist een verbreding van de kijk van het waterschap op zijn primaire taak, de waterstaatkundige verzorging van een gebied.

De Nederlandse waterbeheerssituatie is in een internationale context uniek te noemen. De participatieve betrokkenheid bij het proces van waterkeringen- en waterbeheer diende als basis voor de instandhouding van het steeds ingewikkelder wordend waterbeheersstelsel in Nederland.

## **2.2 Organisatievormen**

### **2.2.1 Algemeen**

Bij de overheid dient het begrip functie een zeker houvast. Functie betekent in dit verband de door beheerder of gebruiker aan (een onderdeel van) een watersysteem toegekende bestemming. Hierbij gaat het in de eerste plaats om de veilige afvoer van water, sediment en ijs en het instandhouden van gezonde watersystemen. In tweede instantie gaat het om de bestemming van water voor specifieke doelen (zoals zwemwater, natuur, landbouw). Aan de functies staan doelstellingen gekoppeld welke door de nationale of provinciale overheid, na afweging van de diverse mogelijke opties aan de onderscheiden oppervlaktewateren en grondwater zijn toegekend. Deze doelstellingen kunnen echter tegenstrijdig zijn.

### **2.2.2 Detailorganisatie van waterschappen**

Voor een goed beheer en onderhoud is een effectieve organisatie noodzakelijk [Cato, 1999]. Voor het regionale en lokale niveau bestaat voor het waterbeheer een stelsel van bestuursorganen, te weten de waterschappen.

De organisatie van een waterschap is niet uniform, maar kent nuanceringen voor concrete situaties. Binnen een waterschapsorganisatie met de taken oppervlaktewaterbeheer (kwantiteitstaak) en waterkeringenbeheer (keringentaak) kunnen verschillende beslis-/organisatieniveaus (lijnmanagement) worden onderscheiden. Deze beslisniveaus zijn gekoppeld aan de hiërarchie van de organisatiestructuur. Een enkele uniforme organisatiestructuur voor een organisatie is niet te geven. Grofweg kan voor waterschappen onderscheid worden gemaakt in een tweetal organisatiestructuren:

- taakgerichte structuur;
- procesgerichte structuur.

De organisatiestructuur van waterschappen met een taakgerichte structuur is gegeven in figuur 2.1.

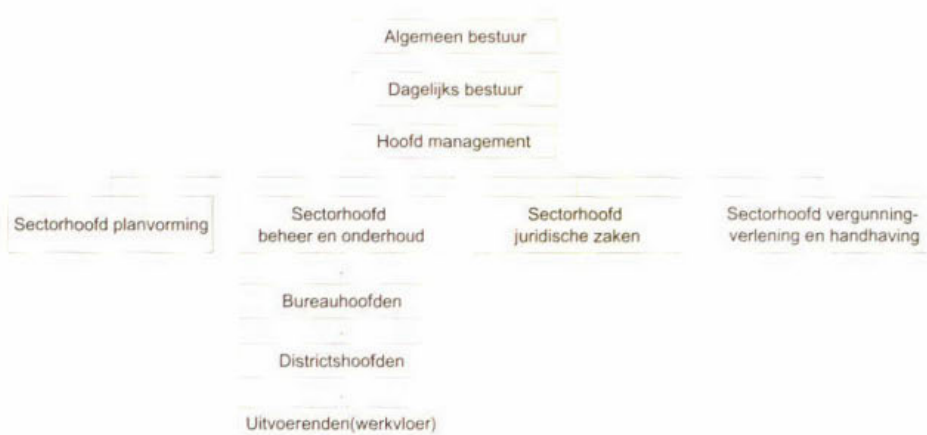


Figuur 2.1 hiërarchie in een taakgerichte organisatiestructuur van een waterschap

In dit figuur wordt onderscheid gemaakt in een zevental organisatieniveaus waar tussen informatiestromen plaatsvinden op het gebied van onderhoud van watersystemen:

- algemeen bestuur;
- dagelijks bestuur;
- hoofd management;
- sectorhoofden;
- bureauhoofden (per gebied of dienst);
- districtshoofden/opzichters/teamleiders;
- uitvoerenden (werkvloer).

De organisatiestructuur van waterschappen met een procesgerichte structuur is tot het niveau van het managementshoofd gelijk. Vervolgens wordt op het onderliggende niveau geen onderscheid gemaakt in taken (waterkeren, waterbeheer en wegenbeheer) maar in te ondersteunen processen (planvorming, beheer en onderhoud, juridische zaken en vergunningverlening en handhaving). De indeling naar taken wordt lager (bijvoorbeeld bij de bureauhoofden) in de organisatie gelegd dan bij de taakgerichte structuur. In het daaronder liggende niveau wordt in een aantal gevallen nog een indeling naar districten (gebieden) gemaakt.



Figuur 2.2 hierarchie in een procesgerichte organisatiestructuur van een waterschap

De gebruikte terminologie is niet bij elke waterbeherende instantie hetzelfde. Tevens kunnen verschillende organisatielagen verder zijn uitgesplitst of juist zijn samengevoegd. De gegeven indelingen worden dan ook niet voorgeschreven maar geven slechts een indicatie en dienen voor het verkrijgen van inzicht in de materie.

## 2.3 Budgetteren en begroten

### 2.3.1 Ontwikkeling begrotingsmethodieken

De (onderhouds-)werkzaamheden van het waterschap worden gefinancierd door heffingen, omslag en belastinggelden. Om de juistheid van deze financiën te bepalen moet van tevoren ingeschat worden hoeveel geld nodig is om de taken uit te voeren. Voor de onderhoudsbegroting betekent dit dat van tevoren aan de hand van ervaringscijfers wordt ingeschat hoeveel en waarvoor gelden nodig zijn. Hierbij wordt veelal een tijdshorizon van vijf jaar genomen. Achteraf moeten de werkelijke uitgaven worden getoetst aan deze schattingen.

De afgelopen decennia zijn er binnen de waterschappen op het gebied van plannen en begroten veel methodieken in gebruik geweest:

- Tot het eind van de jaren '70 werd binnen overheidsinstanties met name de zogeheten 'Kameralistisch stelsel' toegepast. Deze methode is te vergelijken met een veredeld kasboek. Financieel is alles verantwoord, maar het geheel is zeer grof van opzet en verschaft zeer weinig informatie. Het gevolg hiervan is dat de planning heel grof uitgevoerd werd.
- In de jaren '80 en begin jaren '90 werd met name gebruik gemaakt van het zogenaamde 'Bedrijfsmodel'. Deze methode werd door het bedrijfsleven reeds gehanteerd en gaat uit van een dubbele boekhouding. Het geheel is veel gedetailleerder van opzet en er is een controle ingebouwd. Het systeem is echter input-gericht wat wil zeggen dat, zonder diep in de cijfers te duiken, geen informatie werd verschaft voor bestuurders (alleen een weergave van de benodigde middelen).

- Vanaf het midden van de jaren '90 gingen steeds meer waterschappen over op de zogenaamde 'productbegroting'. Met deze methodiek werd output-gericht omgegaan met begrotingscijfers (door het relateren van budgetten en prestaties aan te leveren diensten en producten). Dit gebeurt door een verdeling in een viertal begrotingen waardoor de bestuurders iets meer inzicht kregen en een beter passende planning gegenereerd kon worden.
- Kort na de invoer van de productbegroting gingen steeds meer waterschappen over op het zogenaamde Beleids- en BeheerProces (BBP), een specifieke invulling van de productbegroting. Deze methode geeft onder andere een gelaagd inzicht en legt de verantwoordelijkheden op een lager niveau.

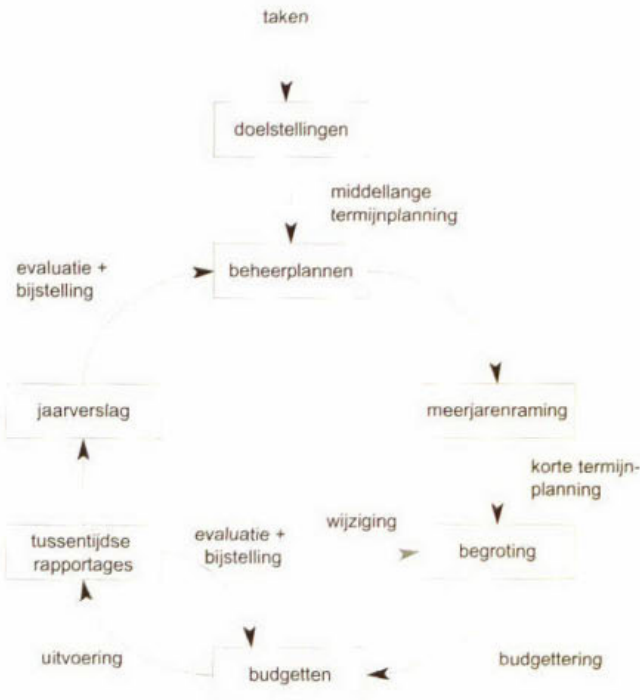
De ontwikkeling van een beslissing ondersteunend systeem voor het plannen en begroten van onderhoud past zeer goed in dit kader van veranderingen. Bij de ontwikkeling van Gisratio is rekening gehouden met de laatste ontwikkelingen op het gebied van het beleids- en beheerproces.

### 2.3.2 Beleids- en beheerproces

Met de invoer van het Beleids- en BeheerProces (BBP), wordt ingespeeld op de behoefte van de waterschappen aan een andere wijze van besturen en beheersen van de bedrijfsvoering [Unie van Waterschappen, 1997]. Het BBP bestaat uit een moderne besturings- en managementvisie die met een bijpassend beleids- en beheerinstrumentarium handen en voeten wordt gegeven.

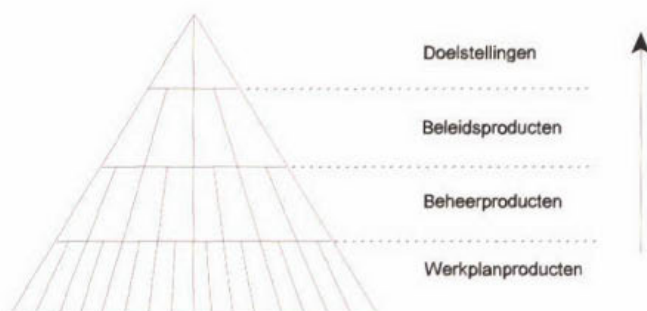
Het BBP biedt de mogelijkheid om de processen 'output-gericht' te sturen. Binnen de procesbenadering is een proces gedefinieerd als de elkaar opvolgende activiteiten die een bijdrage leveren aan de totstandkoming van een bepaald product of een bepaalde dienst. In een proces wordt een zekere input omgezet in een zekere output. Het functioneren van een waterschap wordt binnen een procesbenadering gezien als een verzameling processen die zich binnen de organisatie afspelen. Kenmerken voor de procesbenadering is dat vooraf doelstellingen worden geformuleerd over de te bereiken (kwantitatieve en/of kwalitatieve) resultaten. Dit maakt het mogelijk om achteraf een evaluatie uit te voeren en eventueel corrigerende maatregelen te nemen. In principe is sturing alleen mogelijk als vooraf de te bereiken doelen bekend zijn en achteraf de geleverde prestatie kan worden gekwantificeerd en getoetst. De procesbenadering maakt het mogelijk om een uitspraak te doen over de effectiviteit (doelgerichtheid) en de efficiëntie (doelmatigheid) van het proces. Hiertoe worden de diverse processen geëvalueerd op basis van de kosten.

De introductie van de procesbenadering in het proces van kostenverbijzondering heeft geleid tot een indeling in taakvelden en processen. Deze indeling is totstandgekomen door binnen iedere kostendrager een aantal belangrijke, kenmerkende beleidsterreinen te benoemen (de taakvelden). Deze beleidsterreinen zijn vervolgens onderverdeeld in de belangrijkste reeksen van processen die daarbinnen kunnen worden onderscheiden.



Figuur 2.3 managementfilosofie BBP [Unie van Waterschappen, 1997]

Door de Unie van Waterschappen is een uniform model opgesteld voor de te onderscheiden beleids- en beheerproducten. Deze indeling is vrij globaal en dient voor elk individueel waterschap te worden uitgebreid naar werkplanproducten. Werkplanproducten kunnen hierbij gezien worden als halffabrikaten die tijdens de totstandkoming van de beheerproducten ontstaan. De belangrijkste voor het beheer en onderhoud van belang zijnde beleids- en beheerproducten worden gegeven in tabel 2.1.



Figuur 2.4 relatie tussen onderdelen procesbenadering

Tabel 2.1: beleids- en beheerproducten [Unie van Waterschappen, 1997]

Beleidsproduct	Beheerproduct
Beheer en onderhoud van waterlopen en kunstwerken	Onderhoud waterlopen
Planvorming integraal waterbeheer	Integraal waterbeheersplan
Herprofilering en uitbaggeren van wateren	Herprofilering en uitbaggeren van wateren met niet of matig verontreinigde bodem
Beheer en onderhoud van waterkeringen	Onderhoud waterkeringen
Beheer en onderhoud van wegen	Onderhoud bermen en wegsloten

Het beleidsproduct 'Beheer en onderhoud van de waterlopen' kan worden gezien als een proces. Input van dit proces is de beslissing over te gaan op onderhouden van de waterloop waarbij middelen beschikbaar worden gesteld. Output van dit proces zijn de geleverde prestaties (hoeveelheid onderhouden watergang). Om van input naar output te komen, vindt binnen het waterschap een aantal activiteiten plaats die tezamen het proces vormen.

Het werkplanproduct is het laagste verantwoordelijkheidsniveau binnen het BBP. Op dit niveau worden de inzet van middelen alsmede de bereikte resultaten geadmistreerd. Dit geschiedt door deelprocessen per kostensoort te beschrijven. De verantwoordelijkheid voor de uitgaven en prestaties wordt derhalve laag in de organisatie gelegd. Deze decentralisatie van het beslisproces verhoogt de motivatie van de beslissers maar leidt niet automatisch tot betere beslissingen voor de totale organisatie [Goodwin, 1998].

Naast het inzicht in de processen dat wordt gegeven, is het tevens mogelijk om een oordeel over de doelgerichtheid en de doelmatigheid te geven. In dit verband wordt met name ook een onderlinge bedrijfsvergelijking tussen de verschillende waterschappen nagestreefd. Op grond hiervan kunnen oorzaken van verschillen geanalyseerd worden en met bijsturende maatregelen verbeteringen in de organisatie en/of activiteiten worden doorgevoerd.

### 2.3.3 Nacalculatie

De nacalculatie wordt uitgevoerd om te bepalen of de planning klopt. De resultaten hiervan worden vervolgens gebruikt om toekomstige plannen te optimaliseren. De werkelijke kosten worden per kostensoort per werkplanproduct bijgehouden en vergeleken met de geplande kosten. De resultaten en mutaties worden enkele malen per jaar met verklaringen in zogenaamde managementrapportages (Maraps) gerapporteerd. De resultaten worden per jaar gerapporteerd in het jaarverslag. Op deze wijze kan snel sturing op hoofdlijnen plaatsvinden.

## 2.4 Probleemopsplitsing

De problematiek van een reëel systeem is vaak te complex om in een keer te bevatten. Tijdens het analyseren van een complex systeem kan een probleem echter in verschillende deelproblemen worden opgesplitst [Simon, 1960; Steels, 1992]. Deze deelproblemen zijn eenvoudiger op te lossen. Zoals in hoofdstuk 1 al is aangegeven is het onderscheiden van beslissingen op organisatorische aard een manier om het totale probleem in deelproblemen te splitsen. Hiertoe kan een drietal beslissingen worden onderscheiden [Brussaard, 1977]:

- *Beleidsbeslissingen*: Het betreft hier meestal strategische en/of tactische beslissingen met een eenmalig karakter waarbij informatie nodig is over een groot aantal individuele voorvallen en toestanden. De beslissingen hebben grote invloed op lange termijn en de gevolgen zijn vaak niet objectief vast te stellen.

De applicatie Gisratio kan beslissingondersteunend werken bij beleidsbeslissingen. Aan de hand van de door een bestuur opgestelde prioriteiten, eisen en randvoorwaarden wordt door Gisratio een onderhoudsplan en -begroting gegenereerd. De gevolgen van het onderhoudsplan (kosten, functieverandering) kunnen aanleiding geven tot het aanpassen van de prioriteiten, eisen en randvoorwaarden.

- *Uitvoeringsbeslissingen*: Het betreft hier voornamelijk routinematige (operationele) beslissingen die in groot aantal wordt genomen. De besluitvorming vindt plaats volgens streng geformaliseerde regels en gestructureerde informatie. Een belangrijk doel van Gisratio is dat een onderhoudsplanung op een gestructureerde manier en volgens een vaste routine wordt opgesteld. Hiertoe dienen uniforme routines te worden opgesteld die op een geautomatiseerde manier kunnen worden uitgevoerd. Het maken van een begroting (en/of een bestek) aan de hand van een onderhoudsplanung heeft een relatief routinematig karakter. Kosten van bepaalde werkzaamheden worden volgens vaste regels geboekt op begrotingsposten (werkzaamheden worden volgens een vaste structuur omschreven).
- *Professionele beslissingen*: Het belangrijkste kenmerk van dit soort beslissingen is dat hier steeds twee individuen bij betrokken zijn, namelijk de beslisser en de betrokkene. De term individu kan breder zijn dan enkel personen. Als betrokkene kan bijvoorbeeld ook een object worden gebruikt. In dat geval is bijvoorbeeld storingsanalyse (vertalen van een eigenschap van een object naar een storing) een professionele beslissing.

Binnen de onderhoudsproblematiek komen alle drie genoemde beslissingen voor. Computers kunnen deze beslissingen op basis van voldoende invoer nemen of ondersteunend zijn bij het nemen van deze beslissingen.

Een tweede manier om beslissingen te classificeren is op grond van de fasen in een beleidscyclus. Op grond van deze fasen kunnen verschillende typen van ondersteunende systemen worden onderscheiden [LWI, 1995]:

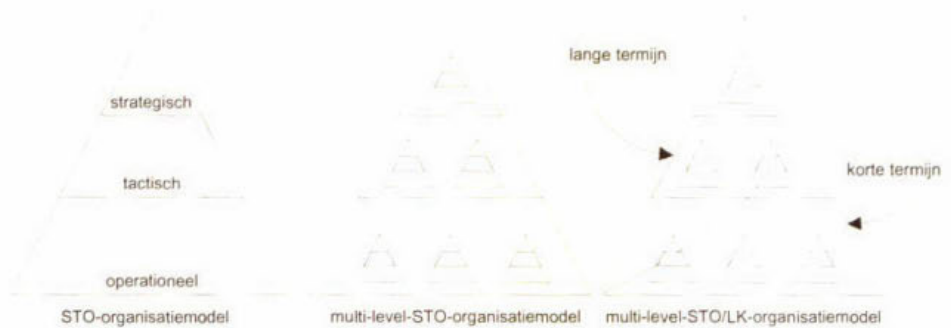
- *Beleidsvoorbereiding:* Het gaat hierbij om systemen waarmee de aard en omvang van beleidsproblemen nader worden gepreciseerd en waarmee alternatieven kunnen worden geanalyseerd en geëvalueerd. Met name in de beginfase (inceptiefase of probleemanalyse) van een beleidsvoorbereidende studie zijn de precieze betrokkenen onbekend. Een probleem moet verder worden verduidelijkt voordat maatregelen kunnen worden ontwikkeld of voordat analyse en evaluatie van de maatregelen mogelijk zijn. Dit soort problemen wordt ook wel omschreven als ongestructureerde of zachte problemen. De ontwikkelings- en selectiefase hebben een veel duidelijkere structuur. De uiteindelijke beleidskeuze op basis van een afweging van alternatieven is echter weer minder gestructureerd van karakter.
- *Ontwerp:* Het betreft hier systemen die ondersteuning bieden bij ontwerpbeslissingen (dimensioneren, lay-out). Evenals bij systemen voor beleidsvoorbereiding gaat het om de ontwikkeling van alternatieven en de evaluatie van effecten.
- *Uitvoering:* Het betreft hier systemen ter ondersteuning van uitvoeringsbeslissingen (inzet personeel en materieel, afweging kosten en risico's). Deze systemen hebben grote overeenkomsten met de systemen voor beleidsvoorbereiding en ontwerp. Ook hier gaat het om de ontwikkeling van alternatieven en de evaluatie van effecten.
- *Operationeel beheer:* Hierbij geven systemen aan de hand van de actuele situatie (en korte termijnvoorspellingen) ondersteuning met betrekking tot het beheer (peilbeheersing). In dit geval kan gesproken worden van een gestructureerd of hard probleem waarbij duidelijk gedefinieerde betrokkenen, mogelijke maatregelen en scenario's worden onderscheiden.
- *Monitoring:* Het gaat hierbij om systemen voor het (routinematig) inwinnen van gegevens ter karakterisering van kenmerken van de werkelijkheid (het watersysteem). Een voorbeeld hiervan is de optimalisatie van meetsystemen. Deze systemen vormen vaak een onderdeel van systemen voor het operationele beheer.
- *Evaluatie:* Met deze systemen kan, in samenhang met monitoring, de effectiviteit van beleid worden beoordeeld. Een belangrijk deel van de functionaliteit van deze systemen kan ook onderdeel uitmaken van een beslissingondersteunend systeem voor beleidsvoorbereiding.

Het plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer beslaat verschillende beleidsfasen. Door het uitsplitsen van de problematiek in de genoemde fasen en deze (in eerste instantie) afzonderlijk te bekijken, kan het totale probleem worden vereenvoudigd (van de Looij, 1998c).

## 2.5 Beslisniveaus

Voor het beheer en onderhoud van waterbeheerssystemen kunnen grofweg drie beslisniveaus worden onderscheiden: strategische, tactische (structurerende) en operationele (uitvoerings-)beslissingen (STO). In de klassieke benadering worden deze beslisniveaus rechtstreeks gekoppeld aan de organisatieniveaus (STO-organisatiemodel) [Mintzberg, 1979; Mintzberg, 1980; Looijen 1990]. Deze benadering is verder uitgewerkt in het multi-level-STO-organisatiemodel. Deze benadering geeft echter ook niet altijd een volledig beeld van het werkelijke besluitvormingsproces in een organisatie. Het (multi-level)-STO-organisatiemodel kan verder worden verfijnd door tevens onderscheid te maken in lange en korte termijnbeleid, zie figuur 2.5 [Johanns, 1995].





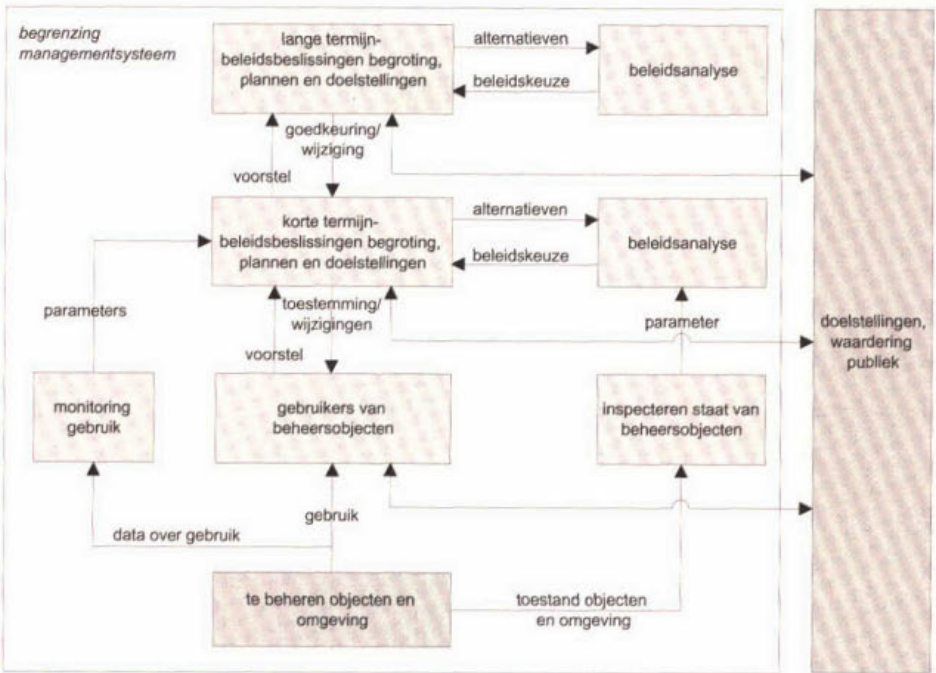
Figuur 2.5 organisatiestructuren

De verschillende soorten beslissingen worden door verschillende mensen in de organisatie gemaakt. Uitgaande van het klassieke STO-organisatiemodel kan, voor beslissingen aangaande het beheer en onderhoud van watersystemen het volgende onderscheid worden gemaakt:

- strategische beslissingen: algemeen bestuur en dagelijks bestuur;
- tactische beslissingen: diensthoofden, sectorhoofden, bureauhoofden en districtshoofden;
- operationele beslissingen: werkvloer.

Met betrekking tot het beheer en onderhoud is het voor met name het niveau van de tactische beslissingen nuttig om wederom een onderscheid te maken in strategische, tactische en operationele beslissingen (recursiviteit). Binnen dit niveau kan onderscheid worden gemaakt in twee groepen. De districtshoofden en bureauhoofden bereiden beslissingen in detail voor (operationeel). De sectorhoofden en diensthoofden controleren en sturen deze beslissingen op hoofdlijnen (tactisch). Deze recursieve gedachte geeft meer structuur aan het totale proces. Het automatiseren van beslissen zal de lagenstructuur niet veranderen [Simon, 1960].

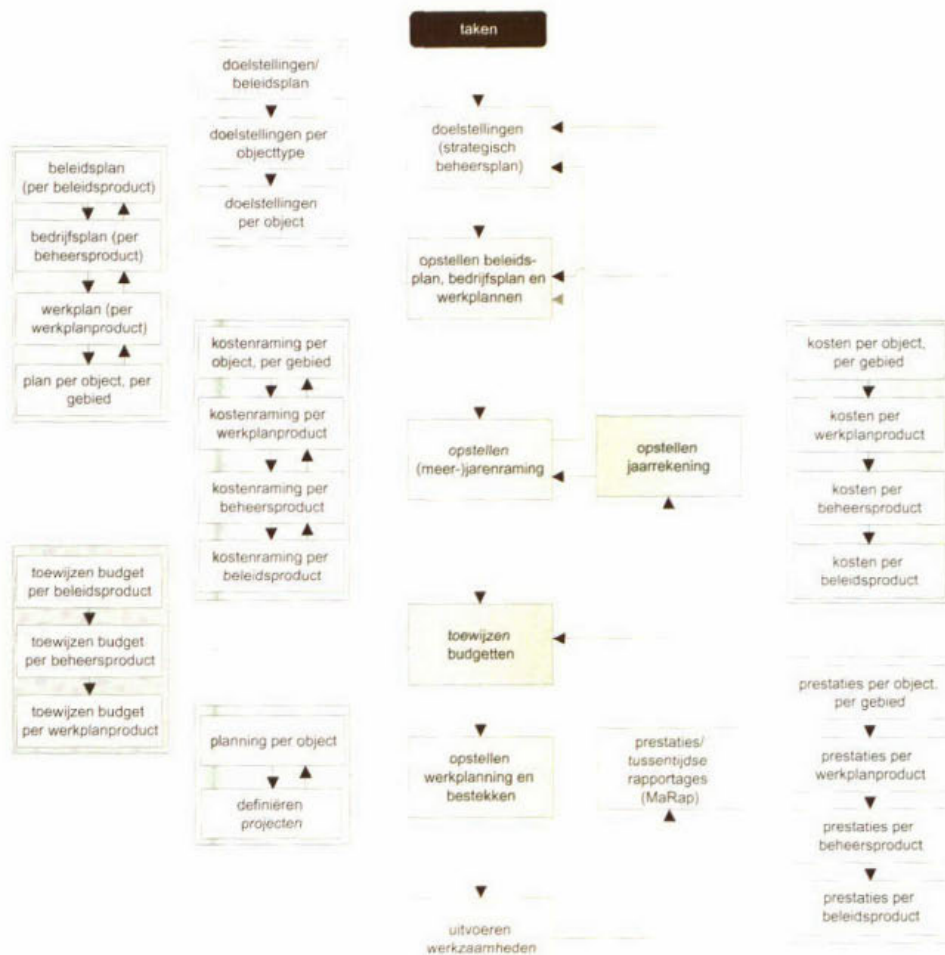
De verschillende soorten beslissingen beïnvloeden elkaar. Voor het waterbeheer kan dit als volgt worden gemodelleerd.



Figuur 2.6 lange- en korte- termijnbeslissingen in het waterbeheer [Johanns, 1995]

## 2.6 Informatiestromen

Binnen een waterschap speelt voor het beheer en onderhoud van het watersysteem een groot aantal processen een rol. In figuur 2.7 wordt voor het onderhoud binnen een waterschap een schematisering gegeven van de verschillende processen.



Figuur 2.7 processchema beheer en onderhoud van watersystemen op basis van BBB-methodiek

Door het bestuur worden algemene randvoorwaarden en doelstellingen geformuleerd welke door de onderliggende organisatie worden vertaald naar specifieke doelstellingen voor de verschillende objecten. Vervolgens kunnen deze doelstellingen worden vertaald naar een beheerplan/werkplan. De meest gedetailleerde werkplannen (per object, per gebied, werkplanproduct) worden opgesteld door de districthoofden en/of de bureauhoofden. Het hoger kader (sectorhoofd en hoofd technische dienst) vertalen de werkplanproducten naar beheerproducten en beleidsproducten. Eventueel vindt evaluatie en

bijstelling plaats. Voor het uiteindelijke beheerplan worden kostenramingen gemaakt. Deze kostenramingen worden door het lager kader (district- en bureauhoofden) bepaald op een groot detailniveau (bijvoorbeeld per object of per project). De verschillende gedetailleerde kostenramingen kunnen vervolgens worden samengevoegd per product. Bij het ramen van de kosten wordt veelal een langere termijn (verscheidene jaren) in beschouwing genomen.

Na een evaluatie van het beheerplan met de daaraan gekoppelde kostenraming (toetsing aan doelstelling en eventueel aanpassing van de doelstelling) kunnen voor de korte termijnplannen de budgetten worden toegewezen. Door het hoger kader worden de budgetten via de beheerproducten per beleidsproduct aangegeven welke kunnen worden vertaald naar de budgetten per werkplanproduct. De budgethouder van een werkplanproduct kan vervolgens inzet van de middelen (werkplanning, materieelinzet, materiaalinzet, personeelsinzet) per object bepalen en kan uit te voeren projecten (groepen objecten) definiëren.

Tijdens en na het uitvoeren van de onderhoudswerkzaamheden dienen evaluaties in tussentijdse rapportages te worden uitgevoerd. De opgestelde rapporten worden enkel gebruikt als verantwoording achteraf. Indirect kunnen de gegevens wel worden gebruikt voor het opstellen nieuwe begrotingen. Tevens kan deze informatie aanleiding geven tot het aanpassen van de doelstellingen (bij afwijking van uitgaven aan begroting voor gestelde doelen) en de beheerplannen (bij afwijking van behaalde doelen bij het uitgevoerde beleid/werkzaamheden).

In het voorgaande proces kan wederom een vorm van recursiviteit worden onderscheiden. Het totale proces van taakstelling tot uitvoer van werkzaamheden loopt van een globale beschrijving naar steeds meer gedetailleerde plannen. Voor het opstellen van de beheersplannen, werkplannen en budgetten wordt allereerst een globaal plan gemaakt welke vervolgens nader wordt gedetailleerd. Voor de ramingen, jaarrekeningen, maraps en bestekken wordt een omgekeerde weg gevolgd (van gedetailleerd naar globaal). De recursiviteit in de procesbeschrijving vertaalt zich naar de te nemen beslissingen (operationeel, tactisch en strategisch) en de organisatieniveaus in een organisatie.

## 2.7 Informatieoverdracht

Bij het doorlopen van de stappen tussen het vaststellen van de doelen en de daadwerkelijke uitvoer van de werkzaamheden wordt regelmatig informatie uitgewisseld tussen personen en informatiesystemen. De informatie varieert van zeer gedetailleerd tot zeer globaal. De uitwisseling van informatie is vrijwel nooit volledig en meestal ook niet gewenst. Er vindt onzekerheidsabsorptie en destillatie van informatie plaats alvorens tot de daadwerkelijke uitwisseling wordt overgegaan [March, 1958]. Het gevaar bestaat echter dat ook essentiële informatie wordt verloren. Duidelijke afspraken met betrekking tot gegevens- en procesdefinities en kennis van en inzicht in het totale proces kunnen het ongewenste informatieverlies beperken.

Een geautomatiseerde toepassing in de vorm van een BOS kan zorgdragen voor een goed gegevens- en informatiebeheer waardoor informatieverlies zoveel mogelijk kan worden vermeden. Daarnaast kan een basis gelegd te worden voor een uniforme systematiek voor het plannen, begroten en evalueren van de onderhoudswerkzaamheden. Dit biedt de mogelijkheid om de verschillende deelprocessen op elkaar

aan te sluiten. Hierdoor wordt een beter inzicht verkregen in het totale proces. Daarnaast wordt het eenvoudiger om vergelijkingen uit te voeren en mogelijke knelpunten naar voren te brengen, te analyseren en vervolgens te verbeteren.

Wanneer het totale proces wordt ingebed in een BOS zullen er verschillende soorten gebruikers zijn met ieder hun eigen wensen. Het is heel goed mogelijk dat de gebruiker van de informatie (de beslisser), niet de gebruiker van het systeem is.

Er kunnen vier duidelijke gebruikerspatronen gegeven worden [Alter, 1980]:

- Abonnementenmodus (subscription mode).  
De beslisser ontvangt rapporten die regelmatig automatisch worden gegenereerd. Deze modus is typerend voor gebruik bij managementrapportagesystemen. Hoewel sommige systemen voor gegevensanalyse of administratieve modellen op deze wijze gebruikt zouden kunnen worden, is het niet typerend voor beslissingondersteunende systemen.
- Eindstationmodus (terminal mode).  
De beslisser gebruikt het systeem rechtstreeks via een on line aansluiting.
- Klerkenmodus (clerk mode).  
De beslisser gebruikt het systeem weliswaar rechtstreeks maar off line door het coderen van invoergegevens op een formulier. Het belangrijkste verschil tussen deze modus en de eindstationmodus is te vinden in de technologie die voor beide wordt gebruikt (stapelverwerking tegenover verwerking via een on line aansluiting).
- Tussenpersoonmodus (intermediary mode).  
De beslisser gebruikt het systeem met behulp van tussenpersonen die de analyse uitvoeren en de resultaten daarvan interpreteren en rapporteren. De beslisser hoeft niet te weten hoe de tussenpersoon het systeem heeft gebruikt om de verlangde informatie te verkrijgen.

Bij het werken met beslissing ondersteunende systemen speelt een tussenpersoon vaak een rol die extra aandacht verdient [Davis, 1985]. Ondanks de enorme opkomst van de automatisering op de werkplek komt het nog vaak voor dat een topfunctionaris weigert zelf een beslissingondersteunend systeem te gebruiken. Het werk van deze personen wordt in hoge mate versnipperd doordat zij vaak tijdens hun werk worden gestoord. Een dergelijk patroon van activiteiten vormt een van de voornaamste hindernissen voor het gebruiken van een systeem waarvoor de volle concentratie gedurende een bepaalde periode van tijd een noodzakelijke voorwaarde is. Door met een tussenpersoon te werken kan een BOS het totale proces bevatten en kan een manager toch de voordelen hiervan benutten terwijl deze het systeem zelf niet hoeft te bedienen [Davis, 1985]. De manager/ beslisser fungeert als abonnee van het BOS (abonnementenmodus). Verder is het voor de man op de werkvloer niet van belang hoe beslissingen totstandgekomen zijn. Deze persoon is enkel geïnteresseerd in de specifieke output (bijvoorbeeld een detailplanning) welke door het lager kader (bureau- en districtshoofden) gegenereerd is. Daarnaast zal deze persoon (meet)gegevens aanleveren uit het veld (bijvoorbeeld via formulieren) De daadwerkelijke operator van het BOS zit veelal tussen het hoger management en de werkvloer in en gebruikt het BOS als tussenpersoon (tussenpersoonmodus), klerk (klerkenmodus) en beslisser (eindstationmodus).

## 2.8 Conclusies

Voor een goed beheer en onderhoud is een effectieve organisatie onontbeerlijk. In Nederland bestaat hiervoor een eeuwenlange ervaring in de vorm van waterschappen en de Rijkswaterstaat. Binnen deze organisaties wordt een groot aantal beslissingen genomen. Ter ondersteuning van deze beslissingen wordt steeds meer gebruik gemaakt van geautomatiseerde informatiesystemen.

Bij het plannen, begroten en evalueren van onderhoudswerkzaamheden is een groot aantal gegevens van belang dat in detailniveau sterk kan variëren. Binnen het totale proces wordt informatie over het watersysteem door verschillende personen in een organisatie gebruikt waarbij regelmatig informatieoverdracht plaatsvindt. Door het gevaar van gegevensverlies bij gegevensoverdracht is een goed informatiebeheer noodzakelijk. Een geautomatiseerd informatiesysteem in de vorm van een BOS kan ondersteuning geven bij de te nemen beslissingen en helpen bij het informatiebeheer en het verkrijgen van inzicht in het totale proces.

Binnen een te ontwikkelen BOS zal onderscheid worden gemaakt in een viertal soorten (niveaus) van gebruikers. Binnen de drie door Johans [1995] onderscheiden beslisniveaus kan het tactische niveau verder worden uitgesplitst in een groep die de beslissingen in detail voorbereid en een groep die deze beslissingen op hoofdlijnen controleert en bijstuurt. Niet elke gebruiker hoeft zitting te nemen achter het scherm van een BOS. Tussenpersonen kunnen zorgdragen voor het genereren van specifieke output voor de beslisers.

Binnen het totale proces van plannen, budgetteren en evalueren zal worden aangesloten op het BBP. Deze methodiek legt de verantwoordelijkheid laag in de organisatie en geeft het hoger management en het bestuur de mogelijkheid om te sturen op hoofdlijnen. De budgetverantwoordelijken spelen een sleutelrol in het gebruik van Gisratio.



## Hoofdstuk 3 Gegevensmodellering watersystemen

### 3.1 Inleiding

Voor het nemen van de juiste beslissingen is het essentieel dat de juiste informatie aanwezig is. Informatie kan hierbij gezien worden als gestructureerde data/gegevens, ofwel samenhangende gegevens. Analooq aan de definitie van informatie kan het begrip kennis worden gedefinieerd als gestructureerde informatie, ofwel samenhangende informatie-elementen [Tolman, 1997a].



Figuur 3.1 hiërarchie data, informatie en kennis

Gestructureerde data kan in geautomatiseerde informatiesystemen worden ingevoerd. Informatiesystemen kunnen de waterbeheerder op alle niveaus ondersteunen, zowel voor de beheersing van operationele activiteiten en de controle op de bedrijfsvoering als voor de strategische planning. De GWW-sector en geotechniek gebruiken veel geautomatiseerde systemen voor de verwerking van gegevens. De computer-programmatuur wordt gevoed met voornamelijk digitale gegevens uit het veld voor geotechnische berekeningen, analyse en ontwerp. De opgenomen gegevens geven een abstractie van de werkelijkheid met behoud van slechts een of enkele essentiële eigenschappen en zijn dus een model van de werkelijkheid. Modellen zijn bruikbaar om reële systemen te bestuderen en te analyseren. Belangrijk bij modelvorming is de afbakening van wat men wel of niet wil beschouwen (bepaling van de systeemgrenzen). Daarnaast is het na te streven doel van belang. Als de van belang zijnde eigenschappen statisch zijn dan volstaat een statisch model. Wanneer dynamische eigenschappen (tijd-afhankelijke gegevens) een belangrijke rol spelen zal een dynamisch model moeten worden gebruikt.

Met de toename van uitwisseling van digitale informatie groeit de vraag naar standaardisatie van de modellen gegevensbeschrijving en het uitwisselingsformaat [Engering, 1998; Henning 1999]. De problematiek van het niet kunnen integreren van informatiesystemen, het gemeenschappelijk kunnen gebruiken van informatie, is groot. Het is voor de GWW-sector van groot belang dat dit wordt verbeterd, zodat op een internationale markt ingezet kan worden bij het operationaliseren van gelegenheidssamenwerkingsverbanden. Gegevensstandaards (classificatiestelsels) zijn hierbij een belangrijk middel. Hierbij is het van belang aan te sluiten bij bestaande initiatieven om harmonisatie van methodieken te bereiken en hulpmiddelen te selecteren en te testen [Ritsema, 1996].

Voor een optimaal gebruik van data in geautomatiseerde systemen is het van belang dat modellen worden gebruikt waarin reële objecten exact en volledig worden beschreven met behoud van de essentiële eigenschappen. Computers kunnen over het algemeen niet, zoals mensen, omgaan met slecht geformaliseerde kennis en informatie. Hiertoe dienen begrippen eenduidig te zijn gedefinieerd en dient informatie formeel te worden beschreven in zogenaamde informatiemodellen of objectmodellen. Informatiemodellen beschrijven de structuur van gegevensverzamelingen (databases), die in verschillende, concrete gevallen andere gegevens bevatten. Basisbegrippen van informatiemodellen zijn onder andere entiteiten (of objectklassen), attribuutklassen, attribuutrelaties en supertype-/subtype-relaties (parent-child-relaties). Entiteiten zijn de basisgegevens die worden beschreven, zoals waterkeringen, watergangen en



kunstwerken. Attribootklassen zijn de kenmerken (types) van de entiteiten, zoals hoogte en breedte. De attribootrelatie geeft de relatie aan tussen de entiteit en de attribootklasse, zoals de hoogte (attribuut) van een waterkering (entiteit).

## 3.2 Gegevensbeschrijving

### 3.2.1 Algemeen

Ook binnen het Nederlandse waterbeheer wordt in steeds grotere mate gebruik gemaakt van geautomatiseerde gegevensverwerking. Om het beheer- en onderhoudsproces goed te beheersen is een accurate, veelomvattende en gemakkelijk toegankelijke database met relevante informatie noodzakelijk [Cato, 1999]. Hiertoe is een aantal geautomatiseerde beheersystemen op de markt. Deze systemen zijn over het algemeen gebouwd binnen een geografisch informatiesysteem (GIS) en zijn qua structuur veelal in grote lijnen gelijk. Een waterbeheerssysteem (reëel systeem) wordt hierin gemodelleerd tot gestandaardiseerde objecten (entiteiten) met bepaalde unieke eigenschappen. Van een reëel object wordt bepaald binnen welke entiteit deze het best gemodelleerd kan worden. Deze modellering kan zowel administratief (beschrijvend) als geografisch (ruimtelijk) geschieden. De wijze van modelleren wordt binnen de entiteitbeschrijving vastgelegd.

Bovengenoemde informatiesystemen zijn niet specifiek voor het beheer en onderhoud van de watersystemen ontwikkeld. De aanleiding voor de bouw van de meeste van deze informatiesystemen is gebaseerd op:

- de verplichting voor het opstellen van leggers en technische beheersregisters;
- het van kracht worden van de Wet op de Waterkering (toetsen van waterkering op veiligheid);
- ontwikkeling als onderdeel van een organisatiebreed informatiesysteem (GIS-Zes en Intwis).

### 3.2.2 Modelleren van watersystemen

Een model van een object geeft slechts een vereenvoudiging van de werkelijkheid weer. De werkelijke situatie wordt beschreven aan de hand van een aantal parameters voor de essentiële eigenschappen [Tolman, 1997a]. De exacte beschrijving van de essentiële eigenschappen van een beheersobject binnen een model kan op verschillende manieren gebeuren:

- administratieve kenmerken (alfanumerieke, numerieke en logische parameters);
- grafische parameters (geometrie met behulp van punten en lijnen);
- geografische relaties (topologie).

Voor het beheer en onderhoud van het watersysteem zijn met name ruimtelijke gegevens zoals vorm, afmetingen en ligging van groot belang [TAW, 1985; Van de Looij, 1993]. Deze gegevens kunnen op verschillende manieren worden vastgelegd. Hoewel het mogelijk is om deze gegevens administratief te beschrijven of via numerieke parameters te modelleren is een grafische representatie, in de vorm van kaarten, de meest logische en eenvoudigste. Binnen de waterbeherende organisaties zijn derhalve in het verleden grote archieven aangelegd van kaarten van de watersystemen. In eerste instantie vond deze grafische modellering met de hand op papier plaats. In een later stadium werd geleidelijk overgeschakeld naar computerondersteund tekenen (CAD).

Bij het digitaliseren van grafische informatie voor het waterbeheer is het verstandig om gebruik te maken van een digitale topografische kaart als ondergrond [Vonk, 1993]. Nederland wordt gedekt door digitale kaarten van velerlei soorten. Voor het beheren van watersystemen geniet het gebruik van een grootschalige kaart (bijvoorbeeld 1:1.000) de voorkeur waarbij het coördinatenstelsel is gebaseerd op de Rijksdriehoeksmeting.

Voor bepaalde informatie is een grafische representatie minder eenvoudig en/of minder logisch. Gegevens die als basis dienen voor rekenoperaties of voor een snelle vergelijking kunnen beter ook als dusdanig worden opgeslagen. Naast een grafisch gerelateerde opslag (in CAD-systemen) is dus ook een administratief georiënteerde opslag (in DBMS) gewenst. Wanneer in een geautomatiseerde omgeving zowel een grafisch model als een administratief model van een reëel object gewenst zijn, biedt het gebruik van een geografisch informatiesysteem (GIS) uitkomst. Hiermee kan voor een object zowel een digitaal grafisch model als een administratieve beschrijving worden gegeven welke aan elkaar gekoppeld zijn.

Binnen een GIS kan de digitale geografische informatie worden ingevoerd, waarna het vervolgens op vele manieren manipuleerbaar, deelbaar en presenteerbaar is [Vckovski, 1998]. Met de invoer wordt hierbij bedoeld de invoer van geografische (kaarten) en administratieve gegevens. Het manipuleren van de geografische data bestaat uit het omvormen, bijwerken en analyseren van data. Onder delen wordt verstaan het tegelijkertijd kunnen gebruiken van geografische informatie door verschillende gebruikers. Het presenteren van geografische informatie is het visualiseren van de belangrijke informatie, het maken van overzichtelijke en sprekende plaatjes door het accentueren en vergroten van belangrijke data op het uiteindelijke geheel. Daarnaast kunnen geografische relaties tussen de verschillende gemodelleerde objecten worden gelegd. De hoeveelheid op te nemen data kan sterk verminderd worden door volledig gebruik te maken van geografische relaties. Bepaalde administratieve kenmerken van een te modelleren object zijn niet slechts geldig voor het object maar binnen een geografisch bepaalde ruimte (bijvoorbeeld langs een lijn of binnen een vlak). Deze administratieve kenmerken moeten daarom niet als objectkenmerk worden opgenomen maar als afzonderlijke entiteit. Deze werkwijze vermindert de op te nemen hoeveelheid gegevens sterk maar stelt wel bepaalde eisen aan het inzicht van de gebruiker.

### 3.2.3 Standaardisatie

Er is een aantal studies uitgevoerd naar het uniform beschrijven van objecten zoals het onderzoek Terreinmodel Vastgoed van RAVI [RAVI, 1993; RAVI, 1995a, RAVI 1995b] en de ontwikkeling van de Gegevensstandaard Water ofwel het classificatiestelsel GW'96 [Hogeweg, 1995; Dijk, 1995; Unie van Waterschappen, 1994; Unie van Waterschappen, 1995; Da Silva Lobo, 1996]. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar standaardisatie van de procedures en rollen bij de communicatie tussen partijen binnen de GWW-sector [LWI, 1999; Davids, 1999].

Het terreinmodel Vastgoed gaat uit van terreinbeschrijvende informatie. Een terreinmodel beschrijft de omgeving in zijn geometrische en niet-geometrische eigenschappen, ongeacht de latere grafische weergave in de vorm van kaarten op papier of beeldscherm. Dit in tegenstelling tot kaartbeschrijvende informatie welke zorgdraagt voor de beschrijving van de structuur van de, meestal uit terreinbeschrijvende informatie afgeleide, grafische voorstellingen (de geometrie van de kaart: lijndikten, vorm, plaats en grootte van teksten en symbolen en gebruik van kleuren) [Van de Looij, 1994].

Door de Unie van Waterschappen is in 1996 een gegevenswoordenboek (classificatiestelsel) opgesteld, de Gegevensstandaard Water (GW'96), voor de gegevensbeschrijving van de voor het Nederlandse waterbeheer van belang zijnde objecten. Het doel van dit classificatiestelsel is het beschrijven van de gegevenselementen die worden uitgewisseld tussen waterschappen onderling en tussen waterschappen en externe partijen, zoals gemeenten, provincies en Rijksinstututen. De gegevensbeschrijving is opgebouwd uit zestien onderdelen (de te onderscheiden entiteiten) welke op hun beurt weer zijn onderverdeeld in een toelichting op het desbetreffende onderwerp, de complete lijst van de onder het desbetreffende onderwerp vallende subentiteiten, de gegevenselementen, de definities van de (sub-)entiteiten en de gegevenselementen. Daarnaast worden aanwijzingen gegeven voor de grafische representatie van de gegevens (symbolen, lijntypen). Met deze werkwijze kan elk reëel object binnen het watersysteem op een uniforme

wijze worden beschreven. De volgende, voor het onderhoud van watersystemen van belang zijnde, entiteiten worden onderscheiden:

- |                     |                           |
|---------------------|---------------------------|
| 1. Gebied           | 6. Kabel/leiding          |
| 2. Terrein          | 7. Overig vastgoedelement |
| 3. Oppervlaktewater | 8. Meting                 |
| 4. Waterkering      | 9. Rechtsverhouding       |
| 5. Kunstwerk        |                           |

De entiteiten zijn in een aantal gevallen onder te verdelen in een of meer subentiteiten. De entiteit Kunstwerk is bijvoorbeeld op te delen in aquaduct, bekleding water, bellenscherm, bodemval, brug enzovoort. Per entiteit en subentiteiten is een aantal afzonderlijke gegevenselementen beschreven. Daarbij worden drie typen onderscheiden: sleutelvelden (primary keys), inhoudelijke gegevens en relatiegegevens (gegevenselementen die zorgdragen voor het leggen van een relatie tussen twee entiteiten). De relatiegegevens zijn eveneens in entiteit-relatie-diagrammen beschreven. Gegevens die gelden voor de entiteit als geheel gelden ook voor de subentiteiten.

Voor het beheer en onderhoud in het waterbeheer zijn met name oppervlaktewater, waterkeringen en kunstwerken van bijzonder belang. Vrijwel alle overige entiteiten spelen wel indirect een rol.

Het VISI-project is een voorbeeld van een onderzoek naar het standaardiseren van de communicatie tussen afzonderlijke organisatie. VISI staat voor 'Voorwaarden scheppen voor Invoeren van Standaardisatie ICT in de GWW-sector' en is een initiatief van overheden, bouwbedrijven, ingenieursbureaus, branche-organisaties, kennisinstututen en ICT-bedrijven. Het VISI-project richt zich, vanuit het perspectief van het projectmanagement, op de grensvlakken van partijen gedurende het ontwerp- en realisatieproces van GWW-projecten. Het kent hierbij gestandaardiseerde rollen toe aan de verschillende partijen en legt per rol afspraken vast met betrekking tot de informatieoverdracht (door wie wordt wat op welk moment aan informatie overgedragen). De project bevindt zich momenteel in de ontwikkelingsfase maar is veelbelovend. Wanneer de ontwikkelde werkwijze breed wordt gedragen zal het volgende bereikt kunnen worden [LWI, 1999]:

- verbetering van de informatieoverdracht (nodig voor coördinatie van activiteiten van partijen);
- verkrijgen van een snellere structuur voor samenwerking en informatieoverdracht;
- vermindering van informatieverlies (waardoor minder duplicatie-inspanningen);
- verbetering risicobeheersing;
- verbetering kostenbeheersing (door voorkomen van faalkosten);
- verhoging van het rendement op ICT-investeringen;
- verhoging van kwaliteit (door vermindering van fouten).

### 3.2.4 Discussie

Het lijkt logisch om op bestaande standaarden aan te sluiten. Standaardisatie is echter een proces waarin regels worden vastgelegd. Deze regels zijn meestal vast en star [Gijsbers, 1998]. Het verleden leert dat een breed gebruik van een standaard tijd nodig heeft. Daarnaast redden veel als standaard neergezette producten het op termijn niet doordat zij worden ingehaald door nieuwe ontwikkelingen. Daarnaast worden standaarden vaak vanuit een bepaalde richting vastgelegd (vanuit een leverancier of specifieke gebruiker). Er ontstaatrijving bij gebruikers op het moment dat vanuit een richting een te grote stempel op het ontwerp wordt gedrukt. Daarnaast wint het korte termijn belang vaak van het lange termijn belang.

Zonder een goed functionerende beheersorganisatie kan een standaard niet functioneren. Een standaard mag geen star geheel zijn maar moet de mogelijkheid bieden tot aanpassingen. Om diverse redenen worden

er afwijkingen op standaarden gepresenteerd en individueel doorgevoerd (zonder overeenstemming met andere gebruikers of beheerorganisatie). De redenen dienen over het algemeen enkel een individueel en korte termijn belang.

Op het moment dat een standaard breed wordt gebruikt is het verstandig hierop aan te sluiten. Binnen de waterschappen is met name de Gegevensstandaard Water (GW'96) breed geaccepteerd. Een mogelijkheid tot aansluiting hierop is derhalve essentieel. Door de beperkte 'houdbaarheid' van een standaard dient tevens de mogelijkheid tot het gebruik van andere gegevensmodellen opengelaten te worden.

### 3.3 Geografische legger-beheersystemen

#### 3.3.1 Algemeen

In samenwerking met een zestal waterschappen zijn geautomatiseerde beheersapplicaties ontwikkeld voor het waterkwantiteitsbeheer (GISWAB) en het waterkeringenbeheer (GISWAK). De ontwikkeling is gestart op het moment dat er nog geen beheersapplicaties voor het waterbeheer op basis van GIS bestonden [Van de Looij, 1993]. Daarnaast verkeerde de ontwikkeling van een gegevensstandaard voor het waterbeheer nog in een pril stadium. De bestandsstructuur van de twee applicaties is in een later stadium aangepast op het GW'96. Aansluiting op bestaande processen en architecturen was een heel belangrijke randvoorwaarde. Momenteel maken reeds vijf waterschappen intensief gebruik van de genoemde applicaties (een bewijs dat de gevolgde methodiek heeft aangeslagen). Op dit moment bieden GISWAB en GISWAK niet meer een unieke functionaliteit. Met name GIS-ZES en Intwis dienen als alternatieven genoemd te worden. Deze applicaties gaan echter uit van een min of meer andere it-architectuur.

#### 3.3.2 Functionaliteit

De applicaties GISWAB en GISWAK (Giswa-applicaties) zijn niet specifiek ontwikkeld voor het beheer en onderhoud binnen het waterbeheer. De doelgroep van deze applicaties is veel breder. De Giswa-applicaties zijn onder andere geschikt voor de informatievoorziening en informatiebeheer bij:

- beheer en onderhoud;
- vergunningverlening;
- opstellen van peilbesluiten;
- opstellen van leggers en technische beheerregisters;
- toetsing op veiligheid.

Bij de ontwikkeling van de applicaties GISWAB en GISWAK zijn het tekenproces en de reeds beschikbare tekeningen als uitgangspunt genomen. Uitgangspunt van het beheersysteem is de digitale kaart en de mogelijkheden om deze kaart te bewerken. Binnen de deelnemende waterschappen werd gebruik gemaakt van AutoCAD als tekenapplicatie. AutoCAD beschikte destijds niet over enige GIS-functionaliteit en dus werd een GIS geselecteerd dat over voldoende functionaliteit beschikte en aansloot op AutoCAD. De keuze viel op ArcCAD, voor het integreren van GIS-functionaliteit binnen AutoCAD, en ArcView, voor het visualiseren en analyseren van de ingevoerde gegevens. Beide applicaties zijn ontwikkeld door ESRI, de marktleider op het gebied van GIS.

Het maken van een geografisch model is gecompliceerder dan het maken van een grafisch model. Binnen de AutoCAD/ArcCAD-omgeving wordt het grafisch model gebruikt om het geografisch model te creëren. Er is een aantal bewerkingen meer nodig voor het creëren van een geografisch model. De toename van het aantal bewerkingen leidt tevens tot een toename op de kans op fouten. De applicaties GISWAB en GISWAK zijn derhalve zo gestructureerd dat zoveel mogelijk volgens de oude methodiek (grafisch modelleren)

gewerkt kan worden en dat automatisch van het grafische model een geografisch model wordt gecreeerd. De kans op fouten blijft hierbij minimaal.

Naast het automatiseren van het geografisch modelleren is tevens structuur aangebracht bij het grafisch modelleren. De gebruiker wordt hulpmiddelen geboden voor het creëren van uniforme tekeningen (laag-aanduidingen, symbolen, kleuren, lijntypen en dergelijke). Bij het automatisch creëren van een geografisch model wordt tevens zorggedragen voor het op een uniforme wijze definiëren deze modellen (topologie) en bijbehorende alfanumerieke databases (velddefinities, domeinen).

Werken volgens een GIS-filosofie (denken in beheersobjecten) is anders dan werken volgens een CAD-filosofie (denken aan visuele output). Dit verschil kan niet volledig door programmatuur worden weggewerkt. Er is een aanpassing nodig van de gebruiker om van de volledige kracht van een GIS gebruik te kunnen maken. Het werken met GIS-applicaties levert al snel grote hoeveelheden data op. Een geografisch model van een gebied is over het algemeen vele malen groter dan een puur grafisch model. Daarnaast kunnen veel meer soorten gegevens worden opgenomen dan dat mogelijk was binnen een puur grafische omgeving. Dit brengt met zich mee dat procedures aanwezig moeten zijn voor het actueel houden en de eenmalige vaststelling van deze gegevens. Daarnaast verdient de zorg voor meervoudig gebruik de aandacht [Kloosterboer, 1996].

Bij het succesvol implementeren van GISWAK en GISWAB spelen twee aspecten een rol: het management van het waterschap dient nadrukkelijk beleidsmatig aan te geven dat de werkwijze met behulp van GIS gewenst is en het beheer van de gegevens dient zorgvuldig te worden opgezet en bewaakt. Hiervoor dient capaciteit te worden vrijgemaakt of aanvullend beschikbaar gesteld.

### 3.3.3 Databasestructuur

De databasestructuur binnen GISWAK en GISWAB gaat uit van de grafische beschrijving van de reële objecten. Het uitgangspunt voor de grafische beschrijving van het watersysteem is een objectgerichte aanpak, in die zin dat herkenbare objecten uit de werkelijkheid als leidraad dienen voor de afbakening van de in de classificatie (entiteitdefinitie) op te nemen objecten [Ravi, 1993; Van de Looij, 1994].

De entiteitverdeling is gekozen op grond van ruimtelijke en/of functionele eigenschappen. Hierbij wordt grafisch onderscheid gemaakt in punt-, lijn- en vlakelementen (afhankelijk van vorm en schaal). Binnen het geautomatiseerde (onderhouds)beheer is het van belang dat verschillende objecten van verschillende entiteiten gegroepeerd kunnen worden tot een superentiteit. Dit om beheersgegevens en (onderhouds)kosten op een grovere manier te kunnen invoeren. Daarnaast biedt deze recursieve architectuur meeroverzicht en structuur. Deze methodiek is standaard in een objectgeoriënteerde omgeving te implementeren maar kan tevens in een relationele database-omgeving worden toegepast.

Binnen GISWAK en GISWAB is het gebruik van parent-child-relaties (superentiteit, entiteit en subentiteit) slechts op beperkte schaal doorgevoerd. De relaties die er zijn, zijn alleen administratief. De relaties tussen objecten zijn 1:1. Een voorbeeld daarvan is de entiteit 'Profielverdediging' welke behoort tot de superentiteit 'Kunstwerk' en zelf is onderverdeeld in onder andere de subentiteiten 'Grasbekleding', 'Steenbekleding' en 'Steenbestorting'. Een object, bijvoorbeeld een stuk bekleding, is echter of grasbekleding of steenbekleding.



Figuur 3.2 databasestructuur beheersystemen GISWAK-GISWAB

In de datamodellen van GISWAK en GISWAB zijn daarnaast wel entiteiten gedefinieerd die als superentiteit gezien kunnen worden van de basisentiteiten (waterkering, watergang, bekleding, kunstwerk en dergelijke). De parent-child-relaties worden gevormd door de geografische ligging.

Het voorgaande kan als volgt worden geschematiseerd :



Figuur 3.3 entiteit-relatiediagram object en gebieden

### 3.4 Uitwisseling van informatie

In het waterbeheer wordt veel informatie uitgewisseld tussen de diverse betrokkenen. Deze betrokkenen zijn daarbij lang niet altijd werkzaam binnen een enkele organisatie. Een deel van de informatie uitwisseling geschiedt via geautomatiseerde informatiesystemen. Om duidelijkheid te verschaffen tussen de soorten uitwisselingstechnieken moet duidelijk zijn wat uitwisseling betekent. Uitwisseling betekent het over en weer kunnen gebruiken [Steenis, 1999]. In het geval van uitwisseling via geautomatiseerde informatiesystemen kan dit nader gespecificeerd worden in het uitwisselen van informatie tussen verschillende applicaties en/of platformen. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in de uitwisseling van (geo-)grafische en administratieve gegevens (data) en de uitwisseling van functionaliteit [Menschaar, 1999].

### 3.5 Gegevensuitwisseling

#### 3.5.1 Algemeen

In het waterbeheer worden door verschillende organisaties vele verschillende informatiesystemen en modellen gebruikt. Gegevensuitwisseling tussen deze verschillende organisaties en informatiesystemen verloopt veel efficiënter wanneer betrokken partijen hun informatievoorziening geconformeerd hebben aan een gemeenschappelijk uitgangspunt, een classificatiestelsel [Tolman, 1997b]. Dit gemeenschappelijke uitgangspunt is voor de Nederlandse waterbeheerder de Gegevensstandaard Water ofwel het classificatiestelsel GW'96. Door gebruik van dit gemeenschappelijk classificatiestelsel wordt gerealiseerd dat grootheden en termen op een eenduidige manier (in (uitwisselings-)bestanden) worden beschreven. Hierdoor is het mogelijk om informatiesystemen te realiseren die op elkaar zijn aan te sluiten zonder dat verlies aan informatie optreedt. Dit kan kostenbesparend werken. Bovendien wordt het voor leveranciers aantrekkelijk om systemen te ontwikkelen die op classificatiestelsels gebaseerd zijn, omdat deze breder inzetbaar zijn. Voor de uitwisseling van gegevens tussen bestaande applicaties is steeds een conversieslag nodig. Door nu alle conversies te laten plaatsvinden via een standaard tussenformaat (stekker), wordt bewerkstelligd dat voor elke applicatie slechts één conversie behoeft te worden gebouwd in plaats van een conversie per applicatie. Dit wordt grafisch in beeld gebracht in het figuur 3.4.



Figuur 3.4 gegevensuitwisseling zonder (links) en met (rechts) uniforme stekker

In het ideale geval is het tussenformaat gelijk aan de database waarin de informatiesystemen standaard hun gegevens opslaan. Dit is vaak niet haalbaar om onder andere de volgende redenen:

- gebruik van standaard software welke ontwikkeld is voor zeer breed toepassingsgebied;
- specifieke eisen van software;
- hardware-afhankelijkheden;
- tegenstrijdige belangen;
- wijzigende inzichten.

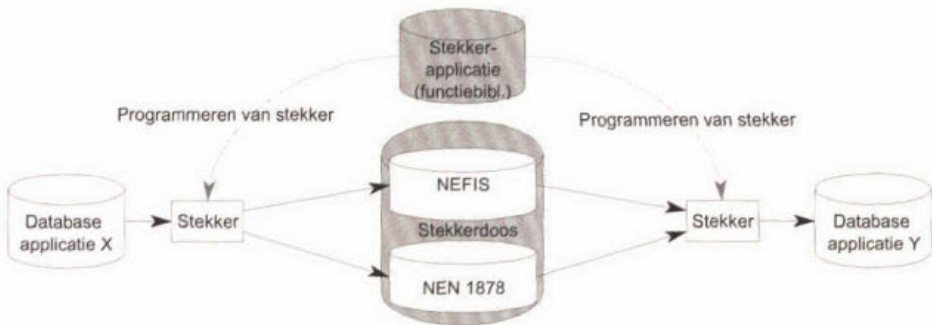
Het blijft dus noodzakelijk om gegevens via een specifieke conversieroutine uit te wisselen. Hierbij zijn twee verschillende soorten gegevensuitwisseling te onderscheiden:

- Off line-gegevensuitwisseling. In dit geval worden complete gegevensbestanden uitgewisseld. De snelheid is hierbij van minder belang.
- On line-gegevensuitwisseling. In dit geval kunnen dezelfde gegevens op hetzelfde moment voor diverse doeleinden worden benaderd en gebruikt. Performance is hierbij een belangrijke factor.

Dezelfde scheiding van gegevens kan worden aangebracht met betrekking tot de verwerking van de gegevens, batch-processing (voor off line-gegevensuitwisseling van veelal grote hoeveelheden) en direct-access (bij frequente on line-gegevensuitwisseling). Deze tweedeling is mede afhankelijk van de soort (structuur) van gegevens die moet worden uitgewisseld, vastgoedgegevens (uitwisseling via off line batch-proces) versus modelresultaten/waardereeksen (uitwisseling via on line-direct-access). Daarnaast is het onderscheid in uitwisseling tussen organisaties onderling en uitwisseling tussen informatiesystemen (applicaties) onderling van belang. Op deze manier ontstaan vier verschillende soorten gegevensuitwisseling [Douma, 1997]:

- Off line-gegevensuitwisseling tussen organisaties:  
Organisaties wisselen met name vastgoedinformatie uit via gegevensbestanden. Bij een off line koppeling speelt tijd een minder belangrijke rol en is een sequentieel af te werken bestand geen bezwaar. De conversie kan eenvoudig geschieden in een batch-proces.
- Off line-gegevensuitwisseling tussen applicaties:  
De ene applicatie levert gegevensbestanden aan welke door een andere applicatie sequentieel worden ingelezen en verwerkt in een batch-proces.
- On line-gegevensuitwisseling tussen organisaties:  
Organisaties maken gebruik van dezelfde database of hebben toegang tot elkaars database.
- On line-gegevensuitwisseling tussen applicaties:  
De verschillende informatiesystemen kunnen continu informatie uitwisselen zodat ze als het ware versmelten tot een groot informatiesysteem. In dit geval is performance een belangrijk criterium, alsmede de flexibiliteit om gegevens wel of niet of in een andere willekeurige volgorde uit te wisselen. Direct-access tot de informatie is in dit geval een groot voordeel.

Voor het Nederlandse waterbeheer is een faciliteit ontwikkeld voor het op een gestandaardiseerde manier uitwisselen van gegevens op basis van de Gegevensstandaard Water. Voor deze faciliteit (Stekkerdoos Water genoemd) is aangesloten op de gangbare en relevante toepassingen van de NEN1878 (standaard uitwisselingsformaat) en de NEN3610 (classificatie vastgoed). Bij de ontwikkeling is uitgegaan van een toekomstige overgang naar Europese normen voor vastgoedbeheer [Ravi, 1995b]. Dit betreft met name off line-uitwisseling van gegevens tussen organisaties en applicaties. De keuze voor off line- of on line-uitwisseling stelt andere eisen met betrekking tot snelheid, gegevenstoegang en flexibiliteit [Hogeweg, 1997]. Daarom wordt eveneens een on line-gegevensuitwisseling ondersteund op basis van platformafhankelijke NEFIS-bestanden.



Figuur 3.5 het stekkerdoos-concept

### 3.5.2 Gebruik bestaande beheersystemen in een applicatie

In het Nederlandse waterbeheer zijn verschillende beheersystemen in gebruik (Intwis, GIS-Zes, Emergo, Twist, GISWAK, GISWAB, Aquarius MGE enzovoort). Het gebruik van de informatie die in deze beheersystemen is opgeslagen, is wenselijk bij het op een geautomatiseerde en rationele manier plannen en begroten van onderhoud. Het dubbel verzamelen, invoeren en opslaan van deze gegevens kan dan worden vermeden. De structuur van de databases van de genoemde beheersystemen is veelal verschillend wat de uitwisseling van de informatie bemoeilijkt. Door de aansluiting van de beheersystemen op een standaard classificatiestelsel (de GW'96) en een standaard uitwisselingsformaat (de Stekkerdoos) is een eenvoudige uitwisseling van gegevens mogelijk. Dit is voor een aantal applicaties reeds gerealiseerd.

Bij de ontwikkeling van Gistratio is eveneens aangesloten op de GW'96 en de Stekkerdoos. In de GW'96 zijn echter nog onvoldoende gegevensbeschrijvingen opgenomen voor onderhoudsvraagstukken. Hiervoor zal terugkoppeling plaatsvinden met de beheerders van de GW'96. Via een, binnen Gistratio, geïntegreerde module moet het mogelijk zijn om bepaalde gegevens in te voeren welke niet vanuit een andere database binnengehaald kunnen worden. Via bilaterale afspraken kunnen eveneens gegevens, welke niet zijn opgenomen in de GW'96 (maar wel worden opgeslagen in een bepaald beheersysteem), worden uitgewisseld. Resultaten van berekeningen in Gistratio (onderhoudsplanning en -begroting) kunnen op deze manier worden uitgewisseld naar andere applicaties (beheerssystemen, planningsprogramma's, boekhoudkundige applicaties enzovoort).



### 3.5.3 Adventusstelsel

Na de ontwikkeling van de GW'96 door de Unie van Waterschappen en de uitwerking van het stekkerdoos-principe door de STOWA is een concept van het Adventusstelsel ontwikkeld [STOWA, 1996]. Dit Adventusstelsel bouwt voort op het project Adventus dat door een zestal samenwerkende waterschappen in interactie met de Unie van Waterschappen is uitgevoerd. In het Adventusproject is een integraal gegevensmodel ontwikkeld voor een all-in waterschap (waterkwaliteitsbeheer, waterkeringenbeheer, waterkwantiteitsbeheer, (vaar)wegenbeheer en lastenheffing). Het doel van het Adventusstelsel is te komen tot een stelsel van eisen en randvoorwaarden voor waterschapsinformatiesystemen, dat een naadloze inpasbaarheid van afzonderlijke informatiesystemen in de totale informatie-architectuur van een waterschap mogelijk maakt. Het stelsel van eisen en randvoorwaarden bestaat uit een vijftal onderdelen:

- de Gegevensstandaard Water (gemeenschappelijke taal);
- het gegevensmodel Adventus-plus (beschrijving van de samenhang tussen de gegevens);
- informatie-architectuur (beschrijving van de samenhang tussen afzonderlijke informatiesystemen);
- technische vereisten (beschrijving van technische hulpmiddelen om de architectuur te realiseren);
- Stekkerdoos Water (universeel uitwisselingsformaat voor gegevensleveranties aan de buitenwereld).

De functionaliteit van informatiesystemen en de mogelijkheden voor leveranciers worden niet beschreven.

De strategische doelstelling van het Adventusstelsel valt samen te vatten als:

- kostenbeheersing bij waterschappen op gebied van informatievoorziening en automatisering;
- effectiviteitsverbetering (met dezelfde mensen meer kunnen doen door dat minder tijd hoeft te worden besteed aan automatiseringstechnische problemen, gegevensvergaring en conversie).

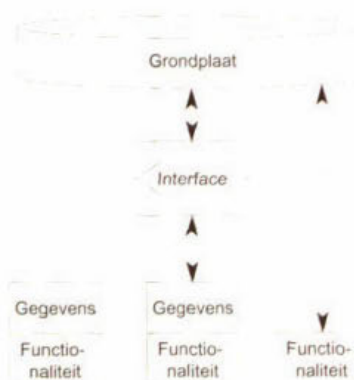
De tactische doelstellingen van het Adventusstelsel zijn:

- een geïntegreerde, modulair opgebouwde informatievoorziening voor waterschappen mogelijk te maken zonder hoge bijkomende kosten;
- standaardpakketten mogelijk houden op een krimpende markt;
- noodzaak van maatwerk en bouwen/onderhouden interfaces terugdringen;
- leveranciersafhankelijkheid verminderen;
- kleinere waterschappen handreikingen bieden voor een eenvoudige modulaire opzet van hun informatievoorziening;
- instrumenten bieden voor een efficiënte externe uitwisseling (naar andere bestuurslagen en tussen waterschappen onderling);
- de informatievraag van andere overheden richten op beheersinformatie van waterschappen;
- het vergroten van de mogelijkheden voor waterschappen om tot samenwerking te komen.

Operationeel wil het Adventusstelsel een situatie bereiken waarin het merendeel van de informatiesystemen, rekenmodellen, programma's en dergelijke als losse modules op de markt te koop zijn. Deze modules passen als bouwstenen op een tevens op de markt beschikbare 'grondplaat' waarin de verzamelde gegevens kunnen worden opgeslagen. Op de grondplaat kan een waterschap verder algemene systemen als GIS, management informatiesystemen (MIS) en Rapportgeneratoren aansluiten. Een waterschap kan zich na realisatie van het Adventusstelsel concentreren op de vragen als welke modules heeft men nodig en van welke prijs-kwaliteitverhouding moeten de modules zijn. Het Adventusstelsel draagt intern zorg voor de integratie om een modulaire opzet mogelijk te maken.

Voor het onderling aansluiten van applicaties zijn in eerste instantie drie modellen opgesteld [Vertis, 1997]:

- In een eerste model worden binnen het gegevensmodel Adventus applicatiegebieden onderkend. De applicatiegebieden worden scherp van elkaar afgebakend. Per applicatiegebied wordt gedefinieerd welke gegevens door de betreffende applicatie worden onderhouden. Bekend is derhalve binnen welk applicatiegebied een bepaald gegeven wordt of moet worden bijgehouden. Binnen een applicatiegebied worden applicaties en gegevens gescheiden. Er ontstaat dan per applicatiegebied een database. Er worden afspraken gemaakt over de wijze waarop een gegeven aan een ander applicatiegebied (of andere applicatiegebieden) beschikbaar wordt gesteld en de wijze waarop een andere applicatie gegevens kan ophalen. Tussen de verschillende applicaties worden interfaces gebouwd. Hierdoor ontstaat een veelheid aan interfaces.
- Een tweede model gaat uit van een basisregistratie of stelsel van onderling verbonden basisregistraties (grondplaat), op basis van een relationele databasestructuur (RDBMS). Functionaliteit en gegevens worden gescheiden voorzover het gaat om meervoudig gebruikte gegevens. Applicaties maken rechtstreeks gebruik van de gegevens uit een centraal opgeslagen gegevensstructuur (de basisregistratie). Alleen typische procesgegevens worden binnen de applicatie zelf bijgehouden. Er wordt hier ook op logisch niveau systeemgebieden onderscheiden. Vanuit een bepaald systeemgebied wordt een bepaalde groep gegevens beheerd. Van de basisregistratie zal de maximale inhoud afgesproken moeten worden, te weten de GW'96. Via functionaliteit van de beherende applicaties kan worden afgebakend welk deel wordt gebruikt. De fysieke structuur van de centrale database wordt vrijgelaten. Met behulp van een SQL-script (grondplaatscript) kunnen in een willekeurige database-omgeving (welke SQL ondersteunt) de lege tabellen met attributen worden aangemaakt. Informatiesystemen kunnen op deze grondplaat worden aangesloten (als Legoblokjes op een Legogrondplaat).
- Het derde model is een tussenvorm van voorgaande modellen. Hierbij wordt het model met de basisregistratie (model 2) gezien als het meest ideale model. Een kanttekening die bij dat model kan worden gezet is dat zij ver afstaat van de bestaande manier van werken. Veel bestaande applicaties zullen moeten worden herzien. Om een geleidelijke invoering van het voorgaande model mogelijk te maken is een overgangsmodel gegeven. Hierin wordt het beschikbaar komen van enkele basisregistraties bevorderd. Bestaande applicaties kunnen via een interface communiceren met zo'n centrale database. Gegevens uit de applicatie kunnen zo naar de centrale database worden gesluisd. Redundantie wordt hierbij voor lief genomen. Bij een update van de applicatie wordt de functionaliteit gescheiden van de gegevens. Op dat moment kan de applicatie gebruik maken van de basisregistratie. Er kunnen verschillende niveaus worden onderkend in het groeimodel. Op het laagste niveau wordt alleen gebruik gemaakt van het gegevenswoordenboek. Door gebruik te maken van gegevens in de vorm van dit gegevenswoordenboek ontstaat eenduidigheid in de communicatie. Op het hoogste niveau is de grondplaat de enige plaats waar de basisgegevens zijn opgeslagen. Een middenniveau is de situatie waarin applicaties de meervoudig gebruikte gegevens met de grondplaat uitwisselen via een interface. In dit geval worden deze gegevens wel op twee plaatsen opgeslagen (in de applicatie-database en de centrale database). Daarnaast kunnen altijd nog applicaties aanwezig zijn die zelfstandig (zonder interface naar de grondplaat) zullen functioneren. De verschillende vormen zijn in figuur 3.6 weergegeven.



Figuur 3.6 schematisering mogelijkheden groeimodel

### 3.5.4 Discussie

De volledige scheiding van data en functionaliteit biedt tevens de mogelijkheid te kiezen voor een enkele database voor alle waterschapsinformatie. Deze grondplaatgedachte wordt om de volgende redenen ontraden:

- Er wordt gebruik gemaakt van standaard software met eigen databases. Deze eigen databases zijn speciaal geschikt voor de eisen die aan de applicatie worden gesteld. Als voorbeelden kunnen waardereeksen en de GIS- en CAD-functionaliteit genoemd worden die moeilijk (zonder verlies aan performance) in een RDBMS zijn op te slaan.
- Door te kiezen voor een bepaald type RDBMS als grondplaat gaat het generieke karakter verloren. Een koppeling met een willekeurige grondplaat door middel van een generieke interface (bijvoorbeeld CORBA of de Stekkerdoos) is in dit opzicht een betere oplossing.
- De keuze voor een bepaald type RDBMS vermindert de flexibiliteit. Door het RDBMS kunnen randvoorwaarden worden opgelegd die de ontwikkeling van nieuwe functionaliteit moeilijk of onmogelijk maken.
- Het gelijktijdig gebruiken (of muteren) van onderhoudsinformatie in verschillende processen is zeer beperkt en te voorzien. Het delen van informatie binnen het onderhoudsproces is wel gewenst.

Als oplossing voor de Stekkerdoos Water is gekozen voor een oplossing op basis van de NEFIS-bibliotheek voor een optimale uitwisseling van waardereeksen (meetgegevens, modeldata enzovoort), die ook de gegevensuitwisseling van NEN1878 en NEN3610 ondersteunt. De huidige Stekkerdoos Water is een systeem waarmee gegevens die, volgens de Gegevensstandaard Water (Adventus) of conform de CIW-gegevensstandaard (een subset van de Gegevensstandaard Water bestaande uit die gegevens die nodig zijn voor de interbestuurlijke gegevensuitwisseling tussen partijen binnen de sector water [Davids, 1999]) zijn geclassificeerd, eenvoudig kunnen worden geschreven en gelezen naar een uitwisselingsbestand. Dit uitwisselingsbestand is bedoeld voor de overdracht van gegevens tussen organisaties en voor het uitwisselen van waardereeksen, zoals meetreeksen en rekenresultaten. Het gekozen opslagformaat biedt tevens de generieke functionaliteit voor het opslaan van schematisaties, modelgegevens en modelresultaten van een- of meerdimensionale waterbewegingsmodellen, grondwatermodellen en waterkwaliteitsmodellen. Het is daarom zeer geschikt voor gegevensuitwisseling tussen applicaties. Voor de uitwisseling van geografische data kan gebruik gemaakt worden van NEN1878. Deze oplossing is echter niet optimaal daar

het een off line-gegevensuitwisseling betreft. De wens tot on line-uitwisseling van geografische data is echter minder urgent. Een verdere doorontwikkeling van NEFIS of een brede acceptatie van een andere standaard voor de on line-uitwisseling van geografische data is wel gewenst.

De voordelen van de Stekkerdoos Water zijn een vermindering van complexiteit en kosten voor de organisaties en een kwaliteitsverbetering van de gegevensuitwisseling door uniformering. Doordat de Stekkerdoos Water datgene wat universeel is bevat, kunnen organisaties die uit willen wisselen volstaan met de bouw van relatief eenvoudige stekkers. De gebruiker dient er attent op te zijn dat bij uitwisseling zowel een exportstekker als een importstekker aanwezig dient te zijn dan wel gebouwd moet worden.

Een enquête naar het gebruik en draagkracht van de Stekkerdoos Water heeft aangetoond dat er een redelijk tot goed beeld bestaat van de functionaliteit [Procensus, 2000]. De instanties die de Stekkerdoos Water gebruiken zijn slechts gedeeltelijk tevreden. Er worden kanttekeningen geplaatst bij de performance en de huidige onmogelijkheid tot on line-uitwisseling van GIS-data. Door niet-gebruikers wordt aangegeven dat er voldoende alternatieven bestaan voor de uitwisseling van gegevens tussen applicaties. Veel potentiële gebruikers zijn echter nog niet op de hoogte van de mogelijkheden. Er zal daarom gewerkt moeten worden aan uitbreiding van de functionaliteit, verhoging van de performance en een betere verankering.

### 3.6 Uitwisseling van functionaliteit

#### 3.6.1 Algemeen

In het waterbeheer zijn modellen onmisbare hulpmiddelen geworden. Deze modellen zijn veelal opgenomen in geautomatiseerde systemen. Het integreren van deze systemen op functioneel niveau biedt in het algemeen meer mogelijkheden met minder nadelen dan bij die op gegevensniveau [Bouwhuis, 1999]. Wanneer deze modellen op elkaar moeten worden aangesloten, kunnen problemen optreden wanneer hiervoor een gestandaardiseerde structuur ontbreekt. Zo'n structuur voor het koppelen en aansturen van modellen en gegevensbestanden moet breed gedragen, flexibel, open en modulair zijn [Van de Ven, 1999]. Dit gaat verder dan de techniek van het converteren van informatie via open uitwisselingsformaten. Er is hiervoor een filosofie noodzakelijk die uitgaat van open programmastructuren. Onder een open programmastructuur wordt verstaan dat iedere applicatie (op een willekeurig platform) te allen tijde direct kan communiceren met een andere applicatie (op hetzelfde of een ander platform). Hiertoe wordt de programmastructuur opgebouwd uit componenten met een gestandaardiseerde infrastructuur. Bij de directe communicatie tussen de componenten wordt informatie zonder vertaalslag overgedragen. Hierbij kunnen twee kanten worden onderscheiden, een input- en een output-kant. Dit in tegenstelling tot de conversietechnieken welke meestal alleen een input-kant bevatten [Menschaar, 1999].

De realisatie van standaard open programmastructuren levert belangrijke voordelen op [Gossain, 1998; Van de Ven, 1999; CMG, 1999]:

- verbetering van de samenwerking tussen de verschillende instellingen in het waterbeheer door de mogelijkheid tot het maken van goedlopende procesketens;
- verbetering van de efficiency door het gebruik van generieke tools (programmadelen met algemene functies die niet specifiek zijn voor een bepaald model) waardoor enerzijds de kosten voor beheer en onderhoud zullen afnemen en anderzijds ontwikkelaars zich meer kunnen richten op de ontwikkeling van rekenkernen en minder op de generieke componenten.

De beschikbaarheid van een open standaard alleen is onvoldoende voor het op elkaar aansluiten van applicaties en modellen. Applicaties dienen zich te conformeren aan de gestelde structuren. Daarnaast zijn

er afspraken nodig over de kwaliteitsborging van zowel de programmatuur als van het modellerwerk, het beheer en onderhoud, eigendomsrechten van onderdelen alsook over de ontsluiting van gegevens.

Distributed Common Object Model (DCOM), Common Object Request Broker (CORBA) en Enterprise JavaBeans zijn de drie belangrijkste technische hoofdstromen in de ontwikkeling van open systemen op basis van componenten. De keuze tussen deze omgevingen is sterk afhankelijk van de eisen en wensen van een organisatie. DCOM is sterk gerelateerd aan het Microsoft-platform. CORBA is meer een open standaard en Enterprise JavaBeans is met name geschikt voor internetapplicaties. De genoemde omgevingen gaan uit van componenten welke op een standaard en open manier met elkaar communiceren. De interne architectuur van een component is echter volledig vrij en veelal verborgen. Door het volgen van deze open methodieken kunnen de volgende voordelen worden behaald [Rock-Evans, 1998; CMG, 1999]:

- eenvoudige herbruikbaarheid van componenten (standaard functies eenmaal definiëren en bouwen);
- flexibiliteit (componenten zijn vervangbaar);
- betere onderhoudbaarheid (alleen onderhoud van afzonderlijke componenten in plaats van totale applicatie);
- verhogen van helderheid van totale systeem (door concentratie van functies in componenten wordt interne complexiteit verborgen);
- snellere ontwikkeling (door parallel uitvoeren van taken en inkoop van bestaande componenten);
- hogere betrouwbaarheid (doordat componenten eenvoudige getest kunnen worden op het uitvoeren van de voorgeschreven functie);
- behoud van gedane investeringen (bij uitbreiding van functionaliteit hoeft alleen aanvullende functionaliteit ontwikkeld of ingekocht te worden in plaats van vervanging bestaande applicatie);
- heterogeniteit (componenten bieden onafhankelijkheid van de technische context).

Wanneer met componenten wordt gewerkt tijdens de systeemontwikkeling komt het recursiviteitsbeginsel naar voren. De verschillende te onderscheiden componenten binnen een applicatie communiceren op een gestandaardiseerde manier met elkaar. De applicatie (of samenstelsel van een aantal componenten) kan vervolgens ook op een standaard manier worden benaderd.



Figuur 3.7 recursiviteit in componenten methodiek

Er schuilt wel een aantal gevaren en nadelen in de component methodieken:

- de definitie van componenten is lastig (wat hoort wel en wat hoort niet tot een individuele component);
- de integratie van componenten is niet eenvoudig (de interface van componenten dient goed te zijn gedocumenteerd);
- de techniek heeft zich in de praktijk nog niet bewezen (er zijn nog weinig toepassingen);
- de verschillende technieken zijn niet uitwisselbaar.

### 3.6.2 Open systeembenadering voor GIS

Daar geografische informatie binnen dit onderzoek een grote rol speelt, kan een korte verwijzing naar de ontwikkelingen op het gebied van een open systeem benadering voor GIS niet ontbreken. Geografische informatiesystemen kenden tot voor kort ieder hun eigen datamanagement systemen voor het opslaan, opvragen en bewerken van ruimtelijke gegevens. Dit wordt aangeduid als eiland-automatisering (monolith). De vraag naar uitwisseling van bestanden en integratie van informatie heeft er echter toe geleid dat daar verandering in komt. Momenteel moet GIS-functionaliteit eenvoudig en flexibel geïntegreerd kunnen worden met andere moderne technologieën en disciplines [Wilkinson, 1999]. In de Verenigde Staten is hiertoe in 1993 een organisatie opgericht, het OpenGIS-Consortium (OGC). In het OpenGIS-Consortium heeft een groot aantal overheden en commerciële instellingen de handen ineengeslagen om meer openheid in de GIS-wereld te brengen. De activiteiten hebben betrekking op GIS, GPS, Earth imaging en geografische databases in combinatie met virtual reality, multimedia en netwerken.

OpenGIS wordt gedefinieerd als een transparante toegang tot de heterogene geografische data en applicaties in een netwerk omgeving. De OpenGIS-specificatie maakt deling van geografisch georiënteerde data en inter-operabele geografische gegevensverwerking mogelijk door middel van een interface standaard te beschrijven. Met interoperabele geografische informatiesystemen worden digitale systemen bedoeld die zonder tussenkomst alle soorten ruimtelijke informatie over de aarde en over objecten boven en onder de oppervlakte van de Aarde kunnen uitwisselen. Daarnaast kunnen deze systemen software over netwerken gebruiken voor het manipuleren, delen en representeren van de ruimtelijke informatie.

De OpenGIS-specificatie bouwt verder op de ontwikkelingen en standaards in de telecommunicatie- en cliënt-servertechnologie. De OpenGIS-specificatie is onder te verdelen in abstracte specificaties waaruit het specificatiemodel en het implementatiemodel volgen voor de huidige Distributed Computing Platforms (DCP), zoals het leveranciersafhankelijke CORBA en de Microsoft-variant DCOM.

Het specificatiemodel is bedoeld om een raamwerk op te zetten voor software-ontwikkelaars (wereldwijd) om een gedetailleerde interfaceopbouw te verstrekken en om te zorgen dat de ontwikkelde software integreerbaar is met andere op OpenGIS-gebaseerde software. Het raamwerk bestaat uit drie onderdelen:

- een algemene beschrijving voor de digitale geografische representatie van de aarde (gegevens-classificatie);
- een model voor het implementeren van manipulatie, representatie en delen van geografische data tussen verschillende omgevingen (applicaties en platformen);
- een raamwerk voor het gebruiken van het OpenGIS-specificatie en implementatie model voor het oplossen van het niet interoperabel zijn van geografische informatiesystemen.

### 3.6.3 Ontwikkelingen OpenGIS

Het OGC brengt continu nieuwe standaards en technologieën naar buiten. Het is daarom moeilijk, en meestal snel achterhaald, om te vermelden wat de stand van zaken is. Op dit moment zijn een drietal manieren van opslag gedefinieerd welke alle drie gebaseerd zijn op het principe van een relationele database: genormaliseerd, binair en 'types-and-functions'. Saillant detail is dat de drie formaten niet onderling kunnen uitwisselen. De vraag is dan ook hoe dat als 'open' betiteld kan worden en of deze keuze breed geaccepteerd zal worden.

Voor de drie formaten is naast het opslagformaat ook een standaard vastgelegd voor de manier van opbouw van de databases. Een geografische representatie bestaat in hoofdzaak uit punten, lijnen en vlakken. Aan deze representatieonderdelen is administratieve data gekoppeld. Voor de opslag van deze informatie in een database worden deze onderdelen gescheiden. De administratieve gegevens worden door een unieke

identificatie (sleutel) gekoppeld aan de geografische representatie. De geografische opbouw is onderverdeeld in twee categorieën, de simpele en de complexe onderverdeling van punten, lijnen en vlakken. Voor de simpele categorie is een specificatie vastgelegd. De complexe onderverdeling is nog niet nader gespecificeerd. Onder het type simpel wordt verstaan dat punten, lijnen en vlakken gelimiteerd zijn aan bepaalde opbouwweisen (vormen), overlap- en kruisingsmogelijkheden, met als filosofie dat alle objecten op te splitsen zijn in simpele objecten ('simple features'). De specificatie van 'simple features' bestaat uit een beschrijving van punten, lijnen en vlakken in drie verschillende 'talen', OLE/COM, SQL en Java/CORBA. Hiermee wordt de OpenGIS specificatie platform onafhankelijk gehouden.

Het vastleggen van de standaarden is een moeizaam en tijdrovend proces dat vooralsnog niet voltooid is. De functionaliteit met betrekking tot OpenGIS van bestaande applicaties is nog zeer beperkt. Toekomstige ontwikkelingen zijn echter veelbelovend. Het aansluiten op een product van een ontwikkelaar die het OpenGIS-concept ondersteunt is daarom aan te bevelen.

### 3.6.4 Integratie van gebruikersinterfaces

Een bijzondere vorm van uitwisseling van functionaliteit is die waarbij applicaties op het niveau van de gebruikersinterface worden geïntegreerd. In zo'n geval wordt gebruik gemaakt van 'screen scraping', wat erop neerkomt dat de ene applicatie zich als gebruiker gedraagt voor de andere [Van de Looij, 1994; Bouwhuis, 1999]. De input van een applicatie via het toetsenbord wordt gesimuleerd door een andere applicatie. Vervolgens wordt de output op het scherm geïnterpreteerd. Er kleef een aantal nadelen aan deze oplossing:

- het detecteren van fouten en uitzonderingen is bijzonder lastig;
- er is veel kennis nodig van de onderliggende applicatie en gegevensclassificatie;
- de gebruikersinterface is veelal niet ontworpen voor deze methode;
- de gebouwde koppeling is zeer gevoelig voor kleine veranderingen in de schermuitvoer (instabiel).

De methode kan echter bijzonder nuttig zijn wanneer de software van de bron niet beschikbaar of onbegrijpelijk is. Dynamic Data Exchange (DDE) binnen de Windows-omgeving is een dergelijke veel gebruikte methode.

Een stabielere variant op deze methode is het integreren van softwarecomponenten. Hierbij is Active-X de meest bekende vorm als onderdeel van de DCOM-infrastructuur van Microsoft. De componenten die Active-X ondersteunen zijn ontworpen om met andere componenten te communiceren [Rock-Evans, 1998; Bouwhuis, 1999; CMG, 1999].

## 3.7 Watersysteemmodellering in Gisratio

Voor het plannen en begroten van onderhoud speelt met name de geografische informatie een grote rol. Het aansluiten op bestaande initiatieven en programmatuur heeft hierbij de aanbeveling. Hierbij wordt met name gedoeld op de bestaande beheersystemen (zoals GISWAB en GISWAK). De informatie uit deze beheersystemen moet gebruikt kunnen worden binnen Gisratio.

Een randvoorwaarde bij de ontwikkeling van een generiek en breed toepasbaar BOS voor rationeel onderhoud moet zijn dat een gebruiker niet verplicht is om een specifieke beheersapplicatie te gebruiken. Het moet mogelijk zijn om op verschillende beheersapplicaties aan te sluiten. Deze aansluiting kan rechtstreeks zijn (zoals bij GISWAK en GISWAB), via de facto standaarden en/of verlopen via de GW'96 en stekkers. Omdat lang niet alle informatie in deze systemen bruikbaar en/of gewenst is, dient hiertoe een

flexibel mechanisme te zijn opgenomen. Een aansluiting op de OpenGIS-architectuur in de toekomst dient niet te worden uitgesloten.

Het ontwikkelen van applicaties op basis van open programmastructuren en componenten is veelbelovend. Een volledige toepassing van deze technieken is momenteel echter nog niet haalbaar omdat er nog weinig applicaties zijn die volgens deze technieken zijn gebouwd. Dit betekent dat een groot deel van de gewenste functionaliteit zelf gebouwd moet worden. Een BOS voor het plannen en begroten van onderhoud is niet specifiek bedoeld voor de opslag en het beheren van gegevens maar als een beslissing ondersteunend systeem dat gebruikt maakt van aanwezige data. De data zijn beschikbaar in beheersystemen. Voor het gebruik van bestaande gegevens zal niet rechtstreeks gekoppeld hoeven worden met de database maar kan tevens worden gekoppeld met een interface (zoals stekkerdoos). Tevens zal een groot deel van de functionaliteit van deze beheersystemen gewenst zijn (visualisatie, standaard analyses en dergelijke). De beheersystemen beschikken niet over specifieke invoermodules voor onderhoudsgegevens en deze dienen dus te worden gebouwd.

### 3.8 Conclusies

Bij de ontwikkeling van een applicatie voor het Nederlandse waterbeheer is het gezien de brede acceptatie verstandig om uit te gaan van de Gegevensstandaard Water (GW'96). Dit vereenvoudigt de uitwisseling van gegevens met andere applicaties en modellen. Voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud zijn veel gegevens noodzakelijk die reeds in bestaande beheersystemen zijn opgenomen. Bij de ontwikkeling van een beslissingondersteunend systeem die gebruik maakt van geografische gegevens en alfanumerieke gegevens is het verstandig om aan te sluiten op deze beheersystemen. De beheersystemen GISWAK en GISWAB zijn gebaseerd op de GW'96. De structuur van deze beheersapplicaties voldoet als basis voor Gisratio. Daar lang niet alle gegevens uit een beheersysteem nodig zijn voor het plannen en begroten van onderhoud dient flexibiliteit in het BOS aanwezig te zijn voor het gebruik van dit soort gegevens.

Het aansluiten op standaard uitwisselingsformaten en uniforme stekkers vereenvoudigt de uitwisseling van gegevens. Applicaties kunnen op deze manier worden geïntegreerd door de berichtenuitwisseling te standaardiseren. Een andere vorm van integratie gaat uit van het uitwisselen van functionaliteit (diensten) tussen applicaties middels componentintegratie. Hierbij wordt de infrastructuur van de applicatiecomponenten gestandaardiseerd zodat de ene applicatie een functie kan aanroepen in de andere applicatie. Belangrijke ontwikkelingen in deze zijn DCOM, CORBA en OpenGIS. De ontwikkelingen op het gebied van CORBA en DCOM zijn veelbelovend. Aansluiting op deze conventies verhoogt de flexibiliteit. Wat betreft OpenGIS bestaan er echter nog onvoldoende toepassingen om nu reeds van groot belang te zijn. Dit kan in de toekomst veranderen. Nieuwe ontwikkelingen op dit gebied en het beschikbaar komen van op deze principes gebaseerde applicaties kunnen belangrijk zijn.

Een volledige scheiding tussen data en functionaliteit is momenteel nog niet de meest ideale oplossing voor applicaties in het waterbeheer. Lang niet alle in gebruik zijnde applicaties zijn geschikt voor dit ontwerp. Aanpassen van deze applicaties of opnieuw ontwikkelen weegt veelal niet op tegen de voordelen van een enkele database. Door uit te gaan van een grondplaatgedachte en op een zeker moment te kiezen voor een enkele database voor informatieopslag van alle processen ontstaat het gevaar dan minder snel op nieuwe ontwikkelingen kan worden ingesprongen.



Applicaties kunnen ook op het niveau van gebruikers-interfaces geïntegreerd worden. Deze manier van uitwisseling moet slechts in een beperkt aantal gevallen worden toegepast door een gebrek aan flexibiliteit en stabiliteit.

## Hoofdstuk 4 Modelling van onderhoud

### 4.1 Algemeen

Het Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse Taal geeft de volgende definitie van onderhoud: '(van zaken) het in goede staat houden ervan...'. Een meer toegepaste wetenschappelijke definitie van onderhoud van watersystemen wordt gegeven door het ICID (International Commission on Irrigation and Drainage) [ICID, 1989]: '...the physical activities required to keep the system functioning to a standard acceptable to the users of the system'. Een soortgelijke definitie en tevens gepubliceerd in het ICID-paper No. 40 [Verdier, 1992] wordt gegeven door het Franse instituut voor normalisatie AFNOR (Association Française de NORmalisation) en luidt: 'Maintenance is the set of actions which makes it possible to maintain an investment in a given condition, restore it to such condition, or ensure that it is able to continue providing a given service' (AFNOR NF50-010). Binnen dit onderzoek wordt onderhoud in het waterbeheer gedefinieerd als een verzameling acties met als doel een object in een gewenste conditie te houden of te herstellen, zodat het aan zijn initiële doelstellingen voldoet. Onder de genoemde acties wordt hier verstaan: *inspectie, reparatie, vervanging van onderdelen en rehabilitatie*.

De noodzaak van onderhoud wordt veelal onderkend. De mate waarin de gebruikers van watersystemen het onderhoud van wezenlijk belang vinden, hangt sterk af van de sociaal-historische context. Zodra het onderhoudsvraagstuk wordt besproken is het van belang de volgende punten in acht te nemen [Jurriëns, 1993a]:

- de vanzelfsprekendheid van onderhoud in cultureel opzicht;
- de status die verbonden is bij het betrokken zijn bij onderhoudswerkzaamheden;
- de bezitter van het goed dat onderhouden moet worden (privé of publiekelijk);
- de aanwezigheid van te behalen persoonlijk voordeel.

De verantwoordelijkheid voor het onderhoud in het Nederlandse waterbeheer is door de eeuwen heen verschoven naar met name de waterschappen en is in cultureel opzicht vanzelfsprekend. Voor zowel financiering als participatie zijn de waterschappen sterk afhankelijk van de direct betrokkenen, de ingezetenen of ingelanden. Deze participatieve betrokkenheid bij het totale waterbeheerproces diende als basis voor de instandhouding van het steeds ingewikkelder wordende waterstelsel in Nederland.

Bij het beheer en onderhoud dient altijd de afweging gemaakt te worden of de faalkans van een beheersobject en de faalkosten die daarmee samenhangen opwegen tegen de kosten die gemaakt moeten worden om dit te voorkomen (preventie) of ongedaan te maken (correctie). Voor het berekenen van deze faalkansen en het optimaliseren van onderhoudsbeslissingen bestaan een aantal modellen. Op deze modellen en methodieken zal niet verder worden ingegaan.

Wanneer van de noodzaak van onderhoud wordt uitgegaan, kan de vraag gesteld worden *wanneer* het onderhoud moet plaatsvinden. Deze vraag is niet eenvoudig te beantwoorden, immers wanneer zal er iets mis gaan en wat zal er mis gaan zodra er niet worden onderhouden. De vraag 'Wanneer?', impliceert tevens een minimale grenswaarde waarop tot actie tot het wel of niet plegen van onderhoud wordt overgegaan. Deze minimale grenswaarde is afhankelijk van de toegekende functie(s) van het te onderhouden object en de verwachte kosten bij het falen ervan. Wanneer een beheersobject verschillende functies heeft, zal als minimale grenswaarde gesteld worden dat de primaire functie van dit object niet in gevaar mag komen. Het verlagen van de faalkans zal de bedrijfszekerheid vergroten [Visser, 1996]. Onderhoud is dus noodzakelijk om te zorgen voor [Jurriëns, 1993b]:

- een optimale werking van het systeem met behoud van de primaire functies van de te onderhouden elementen in dat systeem;
- het maximaal nut en de maximale levensvatbaarheid;
- een optimale bedrijfszekerheid.

Zodra wordt aangetoond dat de systeemfunctie of indirect de primaire functie van een essentieel element in het systeem niet meer werkt, moet allereerst de oorzaak worden opgespoord en het benodigde onderhoudswerk worden geformuleerd.

## 4.2 Classificatie van onderhoud

### 4.2.1 Algemeen

Voordat uitspraken over modellering, optimalisatie en rationalisatie van onderhoudsactiviteiten in het Nederlandse waterbeheer mogelijk zijn, is een gedegen basiskennis van de huidige onderhoudspraktijk bij waterschappen een vereiste. Een aanzet hiertoe is gegeven in het eerste inventariserende onderzoek [Visser, 1996]. Om het beslisproces van het plannen en begroten van onderhoud te ondersteunen kan een beslissingsstrategie worden gegeven. Hiertoe dienen allereerst de mogelijke scenario's, doelen en alternatieven geanalyseerd en gemodelleerd te worden. Het formuleren van een rationeel onderhoudsmodel voor het waterbeheer en deze vervolgens vertalen naar een geautomatiseerde toepassing kent het probleem van de uniformiteit [Van de Looij, 1998b]. Naast de in hoofdstuk drie behandelde problematiek van de uniforme en gestructureerde definitie van het watersysteem is eveneens uniformiteit en structuur noodzakelijk voor het definiëren van systeemfuncties, onderhoudsmethoden (en -technieken), planning- en budgetteringsmethodieken.

### 4.2.2 Classificatie onderhoudsmethoden

Met betrekking tot het modelleren van onderhoudsmethoden zijn twee hoofdklassen te onderscheiden: *preventief onderhoud* en *correctief onderhoud*. Correctief onderhoud is *storingsafhankelijk (failure based)*, en is te prefereren boven preventief onderhoud wanneer de kosten als gevolg van falen laag zijn [Van Noortwijk, 1996]. Storingsafhankelijk correctief onderhoud wordt gepleegd na het falen van een bepaald beheersobject, waarbij falen van een beheersobject moet worden geïnterpreteerd als het niet meer voldoet aan vastgestelde normen.

In het geval van correctief onderhoud wordt het object (of element van een object) gerepareerd of vervangen. Vervanging van een object hoeft niet noodzakelijkerwijs te betekenen dat dit door eenzelfde beheersobject moet plaatsvinden. De keuze voor het vervangen van een object door een totaal ander object kan verschillende oorzaken hebben:

- nieuwe functie-eisen van het watersysteem;
- beschikbaarheid van de vervangingsmaterialen.

Er zijn twee soorten preventief onderhoud: *gebruiksafhankelijk (time based of systematisch) onderhoud* en *toestandsafhankelijk (condition based) onderhoud*. Gebruiksafhankelijk preventief onderhoud wordt uitgevoerd in regelmatige perioden van tijd, gebruik en beheer. Dit type onderhoud wordt toegepast als het moment van falen min of meer bekend is. Bij deze vorm van onderhoud wordt (een onderdeel van) een object na een vast aantal gebruikseenheden gerepareerd, ongeacht de toestand. Een verdere indeling is mogelijk in:

- periodiek gebruiksafhankelijk preventief onderhoud, bijvoorbeeld het schilderen van de pijler van een brug eens in de vijf jaar;
- a-periodiek gebruiksafhankelijk preventief onderhoud, bijvoorbeeld het vervangen van een bepaald onderdeel na 10.000 draaiuren van een pomp.

Toestandsafhankelijk preventief onderhoud wordt uitgevoerd op tijdstippen gebaseerd op inspectie en monitoring van objecten. Dit type onderhoud kan worden toegepast als het fysieke verval kan worden waargenomen (gemeten) en heeft een stochastisch karakter. Alvorens over te gaan op onderhoud vindt eerst inspectie van de actuele situatie plaats. Gebaseerd op de resultaten van deze inspectie wordt vervolgens overgegaan tot het daadwerkelijk plegen van onderhoud of het vaststellen van een nieuwe datum voor de eerstvolgende inspectie.

Een verdere indeling is mogelijk:

- periodiek toestandsafhankelijk preventief onderhoud, bijvoorbeeld inspectie van (een onderdeel van) een beheersobject een keer per jaar;
- a-periodiek toestandsafhankelijk preventief onderhoud, bijvoorbeeld het aantal bedrijfseenheden (afgelegde aantal kilometers, aantal draaiuren) bepaald wanneer een inspectie plaatsvindt, of de tijdsduur van het volgende inspectie-interval hangt af van de laatste bevindingen en/of opgetreden maximale belastingen.

Bij civiel-technische kunstwerken is toestandsafhankelijk preventief onderhoud dominant [Van Noortwijk, 1996]. Dit betekent dat inspectie een zeer belangrijke rol speelt binnen de onderhoudsmethodiek. Na inspectie kunnen zich verschillende mogelijkheden voordoen:

- de conditie/kwaliteit is goed;
- de conditie/kwaliteit is matig, waarbij verschillende klassen kunnen worden onderscheiden, begrensd door kwaliteitsnormen;
- de conditie/kwaliteit is onvoldoende (voldoet niet).

In het eerste geval hoeft niets te worden gedaan. In het tweede geval moet selectief preventief onderhoud worden gepleegd afhankelijk van de klassenindeling en in het derde geval moet correctief onderhoud worden uitgevoerd (met vaak hogere kosten). Toestandsafhankelijk preventief onderhoud moet er voor zorgdragen dat het laatste geval niet optreedt.

Het beslissingscriterium om over te gaan op storingsafhankelijk correctief onderhoud, gebruiksaafhankelijk preventief onderhoud of toestandsafhankelijk preventief onderhoud is gebaseerd op enkele kenmerkende eigenschappen van een beheersobject. Als belangrijkste kenmerk kan worden genoemd het inzicht in falen van (een onderdeel van) een beheersobject. Daartoe dienen allereerst de mogelijke directe en indirecte faalkosten bepaald te worden. Wanneer de totale faalkosten voor een beheersobject klein zijn kan worden volstaan met storingsafhankelijk correctief onderhoud. Dit zal in de meeste gevallen de goedkoopste oplossing zijn.

Wanneer de kosten of risico van falen te groot zijn, kan gebruiksaafhankelijk preventief onderhoud voldoen. Wanneer het faaltijdstip niet met zekerheid te voorspellen is, kan aan de hand van de meetbaarheid van de faalconditie een laatste keuze worden gemaakt: toestandsafhankelijk preventief onderhoud. Wanneer voor een beheersobject geldt dat het een hoog faalrisico, een kleine zekerheid van het faaltijdstip en een kleine meetbaarheid van de conditie heeft dan dient in theorie het ontwerp van de constructie te worden herzien. Deze methodiek, waarbij het onderhoud gebaseerd op een (rationeel) beslissingscriterium wordt geclassificeerd wordt in figuur 4.1 beschreven.

In de industrie wordt ervan uitgegaan dat een element zich in twee toestanden kan bevinden: faaltoestand en de niet-falentoestand. In het waterbeheer gaat dit mate van verval echter niet op. De toestand van een object heeft een reeks van toestanden met in de tijd een toenemende [Van Noortwijk, 1996].



Figuur 4.1 beslissingsdiagram voor correctief en preventief onderhoud [Van Noordwijk, 1996]

Naast de hoofdclassificatie van het uit te voeren onderhoud, gebaseerd op het beslissingsdiagram van figuur 4.1, kunnen nog enkele classificaties worden gepresenteerd [Siefers, 1985; Pearce, 1992; Skutsch, 1993; Van de Looij, 1998b]. Deze classificaties zijn meer gebaseerd op de interne definitie van de uit te voeren onderhoudsactiviteiten:

- Vast (klein, dagelijks of routinematig) onderhoud behelst de elementaire onderhoudsactiviteiten aan kanalen en waterkeringen. Door dit type onderhoud kan de veroudering worden vertraagd en kan falen worden uitgesteld. Voorbeelden van dit onderhoud zijn het verwijderen van vuil, het maaien van de kanalen (zowel het natte profiel als de taluds, bermen en onderhoudspaden), het weghalen van begroeiingen in het water en het maaien en herstellen van de dijk- en waterkeringentaluds.
- Variabel (groot of speciaal) onderhoud bestaat uit maatregelen, waarbij de oorspronkelijke toestand van een beheersobject wordt hersteld door repareren, renoveren en/of vervangen. De oorspronkelijk door het beheersobject te vervullen functies veranderen dus niet. Voorbeelden hiervan zijn het baggeren/herprofilieren van dichtgeslibde kanalen, reparatie werkzaamheden aan kunstwerken en kanalen en het herstellen van afschuivingen van kanaal-, dijk- en waterkeringentaluds (nieuwe beschoeiingen). Dit type onderhoud kan bijvoorbeeld zijn geïnitieerd naar aanleiding van de voor waterkeringen uit te voeren periodieke veiligheidstoets.

#### 4.2.3 Classificatie onderhoudsactiviteiten

Bij het bespreken van de diverse onderhoudsmethoden en -technieken moet voor de duidelijkheid een onderscheid gemaakt worden tussen het onderhoudswerk aan kunstwerken, watergangen en waterkeringen. Traditioneel worden de onderhoudsmethoden en -technieken in vier groepen verdeeld, te weten:

- handmatig onderhoud;
- mechanisch onderhoud;
- chemisch onderhoud;
- biologisch onderhoud.

Voor een gedetailleerde behandeling van deze vier groepen wordt verwezen naar het rapport 'Systeemanalyse Gisratio' [Lameriks, 1995; Van de Looij, 1998b]. Welke methode gebruikt wordt, hangt af van vele factoren, zoals sociaal-economische omstandigheden, klimaat, dimensies van de te onderhouden elementen, de aanwezigheid van geschikte personen en machines, de vormgeving en het ontwerp van de te onderhouden elementen en verschillende fysische parameters (zoals grondsoorten, landgebruik, toegankelijkheid voor mechanische apparatuur en topografie).

#### 4.2.4 Planning onderhoudswerkzaamheden

Een aantal onderhoudswerkzaamheden kan goed in de tijd gepland worden. Het tijdstip van onderhoud is dan bekend zonder dat er geïnspecteerd is [Lameriks, 1995]. Dit is onder andere het gevolg van een jarenlange ervaring. Een voorbeeld hiervan is het maaionderhoud. Hiervoor zijn duidelijke regels gesteld voor de frequentie en tijdstip (jaargetijde). Er kunnen zich situaties voordoen waardoor toch aanpassingen aan de planning van deze onderhoudsvormen noodzakelijk zijn. Bijvoorbeeld: in een jaar met een extreem zachte winter kan het noodzakelijk zijn dat er in februari al gemaaid moet worden. Het normale tijdstip voor een eerste maaibeurt ligt echter in april.

Onderhoud kan lang niet altijd worden gepland zonder dat daar een inspectie aan vooraf gaat (toestandsafhankelijk preventief onderhoud). De specifieke onderhoudsvormen zijn afhankelijk van de fysieke toestand op een bepaald moment, daar komt bij dat een bepaalde toestand op een zeker tijdstip wel kan worden verwacht (stochastische verdeling). Dit soort onderhoud is in de praktijk moeilijk te plannen. Per onderhoudsvorm en inspectie dient voor elk beheersobject afzonderlijk de eerstvolgende activiteit qua soort en tijdstip te worden vastgelegd. In de meerjarenplanning kan alleen een schatting van frequenties worden gegeven en daarmee slechts een schatting van de te verwachten onderhoudskosten.

#### 4.2.5 Bepaling onderhoudsmethodiek

Onderhoud aan objecten in het waterbeheerssysteem wordt uitgevoerd om aan de specifieke functie van het betreffende beheersobject te voldoen. In tabel 4.1 wordt voor een aantal entiteiten aangegeven welke (primaire) functies deze vervullen [Van de Looij, 1998b].

Tabel 4.1: Functies per entiteit

Entiteit	Functies
Waterkering	Veiligheid Peilscheiding
Watergang	Irrigatie/beregening Aanvoer ten behoeve van doorspoelen Drainage/ontwatering Bluswater Zwemwater/recreatie Visserij Scheepvaart Perceelscheiding Peilbeheer Berging Aan- en afvoer materieel, materiaal, sediment
Kunstwerk	Scheepvaart Perceelafscheiding Peilbeheer Toegang percelen Watergeleiding Opzetten peilen In-/uitslaan water
Weg	Aan- en afvoer materieel, materiaal, sediment
Gebied	Landbouw Recreatie Landschap Natuur Drinkwater Aan- en afvoer materieel, materiaal, sediment

Het behoud van de gestelde functies per beheersobject vindt zijn weerslag in de eisen die aan het object worden gesteld en de randvoorwaarden en doelstellingen die gesteld worden aan de uit te voeren onderhoudswerkzaamheden. De eisen die aan een object worden gesteld liggen voor wat betreft de primaire functies (zoals veiligheid, peilscheiding, peilbeheer, scheepvaart, en dergelijke) vast in de 'Legger' [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1988; Wessel, 1993].

Om aan bepaalde eisen te kunnen voldoen dient regelmatig ingegrepen te worden. Bij het definiëren van onderhoudsvormen dient te worden vastgelegd waarvoor deze geschikt is zodat de juiste onderhoudsvorm kan worden ingezet voor het verbeteren van de juiste functie. Ingrijpen voor het verbeteren van de ene functie kan echter nadelig zijn voor een andere functie. Bij het formuleren van onderhoudsmethodieken dient rekening gehouden te worden met alle functies. Het voldoen aan alle functies is echter niet altijd mogelijk. Per te definiëren onderhoudsvorm moet voor ogen worden gehouden wat de gevolgen zijn voor de te onderhouden objecten en hun omgeving zodat per object een goede onderhoudsmethodiek kan worden geformuleerd.

Bij het bepalen van een onderhoudsmethodiek (voor bijvoorbeeld het lange termijn-onderhoudsplan) voor een specifiek beheersobject spelen verschillende factoren een rol [Van de Looij, 1998b; Giskes, 1999]:

- eigenschappen van beheersobject;
  - primaire functie-eisen;
  - weersomstandigheden;
  - kosten onderhoudsvormen;
  - kosten van falen;
  - lokale relaties binnen beheersobject (groeperen van onderhoudsactiviteiten aan een object);
  - grootte onderhoudswerk;
  - globale relaties met andere beheersobjecten (groeperen van objecten voor gelijktijdig onderhoud);
  - regelgeving (zoals bijvoorbeeld Keur, natuurbehoud, peilbeheer, grondwateronttrekking en dergelijke);
- beschikbare middelen (personeel, materieel, materiaal en gelden).

Per beheersobject kan aan de hand van bovenstaande factoren bepaald worden welke onderhoudsvormen geschikt (toelaatbaar) zijn. Vervolgens kan aan de hand van de beschikbare onderhoudsvormen een onderhoudsmethode worden gekozen of een nieuw onderhoudsmethode worden gedefinieerd (domeindefinitie). Bij het plannen van de daadwerkelijke werkzaamheden voor een periode kunnen onderhoudsvormen per object worden gekozen die zijn opgenomen in de onderhoudsmethode.

### 4.3 Plannen en begroten van onderhoud

#### 4.3.1 Rationele besliscriteria

Het is belangrijk te onderkennen dat volledige rationaliteit bij het beslissen een subjectief gegeven is [Van der Heijden, 1990] en in plan- en besluitvorming niet moet worden nagestreefd [Simon, 1960]. In de praktijk zijn de werkzaamheden in hoge mate bepaald door factoren als gewoonte, ervaring en intuïtie. Het voorgaande wordt ook wel aangeduid met het begrip 'extra-rationaliteit'. Een volledige rationalisatie bij beslissen is veelal niet mogelijk door een gebrek aan kennis, informatie, wilsovereenstemming en schaarste van middelen. Er zal daarom slechts sprake kunnen zijn van een beperkte rationaliteit [Van der Heijden, 1990].

Zoals eerder opgemerkt, is het plannen en budgetteren van het huidige onderhoud in het Nederlandse waterbeheer gebaseerd op bestaande onderhoudsplannen middels onderhoudsbestekken, bagger- en inspectieschema's. Gewoonte, ervaring en intuïtie domineren thans de systematiek in het te plegen onderhoudswerk bij de meeste waterschappen en hoogheemraadschappen. De 'rationele methode' inzake het onderhoud vergt een aanpak

waarbij het plannen en budgetteren gebaseerd moet zijn op een meetbare minimale ondergrens en de lokale ervaring en inzichten van het te onderhouden watersysteem. Het bereiken van deze ondergrens fungeert als een objectief beslissingscriterium, waarbij de afweging tot het wel of niet plegen van onderhoud centraal staat (If-Then-Else-logica). Op deze manier wordt het ingrijptijdstip meetbaar en gekwantificeerd aangegeven. Deze aanpak eist een actieve monitoring om te identificeren wanneer/hoe de actuele situatie verandert (verslechtert) en welke stappen (onderhoud) moeten worden geformuleerd. Hiervoor is een goed functionerend institutioneel kader nodig met een lange termijn-visie voor het integraal waterkwaliteits- en -kwantiteitsbeheer en de rationele keuze moet gebaseerd zijn op metingen en proeven in het te onderhouden systeem. Debietmetingen, het inmeten van profielen, metingen van waterstanden en visuele inspectie van de te onderhouden waterstaatkundige infrastructuur moeten als basis dienen voor de afweging tot het wel of niet plegen van onderhoud. De meetgegevens (of visuele inspecties) van de actuele toestand van het systeem moeten de input vormen van een rationele module/applicatie van het onderhoudsmodel waarbinnen de gegevens worden vergeleken met de minimale toestand (grenswaarde) en waarbij de verschillende onderhoudsstrategieën worden geformuleerd. Daarnaast kan ook de ouderdom en meetreeksen uit het verleden relevant zijn voor de beoordeling van de onderhoudstoestand. Tot slot, het rationaliseren van onderhoud biedt de mogelijkheid het te plegen onderhoud te modelleren middels een computertoepassing.

#### 4.3.2 Frequentie en tijdstip van onderhoud

De cruciale vraag betreffende het plannen van onderhoud is met welke frequentie een bepaalde onderhoudsvorm (verscheidene onderhoudsactiviteiten) moet worden uitgevoerd en in welke periode (tijdstip in het jaar). De frequentie is de meest kostenbepalende factor betreffende het onderhoud [Siefers, 1985]. In de literatuur komen verschillende frequentieclassificaties voor. Voor snoeien en maaien van taluds en oevers wordt bijvoorbeeld een frequentie van twee- tot viermaal per jaar aangehouden. Voor het baggeren van kanalen ligt deze frequentie veel lager (bijvoorbeeld eenmaal in de vijf jaar).

Het spreekt voor zich dat de frequentie van onderhoud sterk gerelateerd is aan de beschikbare tijd, kennis en financiën. In ontwikkelingslanden ligt de nadruk in zake het onderhoud overwegend op het correctief onderhoud, terwijl in Nederland standaard wordt gewerkt met een onderhoudsmodel gebaseerd op een preventieve aanpak. Het blijkt in praktijk een moeilijke aangelegenheid om te komen tot een rationele overweging betreffende het tijdstip van ingrijpen. De frequentie is voor een groot gedeelte gebaseerd op (eeuwenlange) ervaring en laat zich veelal moeilijk theoretisch afleiden. Optimalisatie kan worden bereikt door de frequentie van het onderhoud te baseren op een geaccepteerde mate van verlies aan functie, al dan niet gekwantificeerd gebaseerd op ervaring en velddata. Ook is het noodzakelijk dat er tussentijds wordt gemeten om te bepalen in hoeverre de kwaliteitsdaling is ingezet. Onderzoek op het gebied van optimalisatie van onderhoudsfrequenties is zeker nodig. Voor de variatie in onderhoudsfrequentie kan een aantal oorzaken worden aangegeven [Visser, 1996; Unie van Waterschappen, 1986]:

- variatie in de groeisnelheid van de vegetatie (zowel in tijd als van gebied tot gebied);
- verschillen in de functie (waterlopen met als primaire functie aanvoer vergen meer onderhoud dan waterlopen met als primaire functie afvoer) en belangrijkheid in watersysteem;
- verschillen in de afmetingen van de te beschouwen elementen;
- beperkingen ten aanzien van bereikbaarheid (het voorkomen van een onderhoudspad langs waterlopen/waterkeringen);
- het soort gebied (in veen-weidegebieden zijn bijvoorbeeld de onderhoudsfrequenties voor waterlopen als gevolg van het afkalven van oevers dikwijls relatief groot, in zeekelegebieden is als gevolg van zoute kwel de groeisnelheid van vegetatie relatief laag [CBS, 1980, CBS, 1985; Loorij, 1989a; Loorij, 1989b]);
- verschillen in weersomstandigheden.



Zodra de frequentie is bepaald, al dan niet gebaseerd op een rationele afweging, is het nodig het tijdstip van handelen te bepalen. Wanneer in het jaar (maand) moet het onderhoud plaatsvinden? In de literatuur worden de volgende factoren genoemd welke een rol kunnen spelen bij het definiëren van het geschikte moment van onderhoud [Jurriens, 1993a]:

- seizoeninvloeden (oogsttijd, zaaitijd, regentijd, verwachting hoge waterstanden);
- beschikbaarheid van middelen (arbeidskrachten, materieel);
- aanwezigheid van onderhoudspaden;
- klimatologische omstandigheden (groeisnelheid van vegetatie);
- situering in watersysteem (benedenstreams of bovenstreams).

Bij storingsafhankelijk correctief onderhoud ligt het onderhoudstijdstip kort na het faaltijdstip. Voor gebruiksafhankelijk preventief onderhoud kan redelijk nauwkeurig worden aangegeven voor welk tijdstip de activiteiten moeten zijn uitgevoerd (of zijn aangevangen). De zekerheid van het faaltijdstip zal nooit 100% zijn. Er kan dus een marge worden gegeven voor het ingrijpmoment. Voor de verschillende beheersobjecten in het watersysteem die van een gelijk type zijn, kan het ingrijpmoment enigszins verschillen. Door te spelen met de marges kan een onderhoudsplan worden opgesteld voor verschillende beheersobjecten die in eenzelfde procesgang kunnen worden onderhouden. Het uitvoeren van onderhoudsactiviteiten aan verschillende objecten in een procesgang kan door deling van vaste kosten (en/of kwantiteitskorting) leiden tot lagere totale kosten.

Bij toestandsafhankelijk preventief onderhoud moet de ingrijptoestand worden bepaald, zodanig dat voldoende veiligheid is ingebouwd tegen falen (aan de ingrijptoestanden worden kansverdelingen van falen gehangen). In deze gevallen kan dus eveneens gewerkt worden binnen zekere marges. Door te spelen met marges voor ingrijptijdstippen en ingrijptoestanden kunnen alternatieven worden vergeleken. In plaats van ingrijptoestanden kunnen klassen worden gedefinieerd. Elke klasse wordt begrensd door twee toestanden. Een mogelijke klasseverdeling kan overeenkomen met de in het rationele wegenbeheer gebruikte procedures [C.R.O.W., 1989c].

Voor het bepalen van het optimale moment van uitvoeren van onderhoudswerken kunnen verschillende modellen worden gebruikt. Het optimale ingrijptijdstip voor een object is het moment waarbij de som van het gekapitaliseerde risico en de gekapitaliseerde onderhoudskosten minimaal zijn. Het optimale onderhoudsplan is de verzameling ingrijptijdstippen waarbij de som van het gekapitaliseerde risico en de gekapitaliseerde onderhoudskosten minimaal zijn. Hierbij is het echter wel van belang dat de mate waarin alle te vervullen functies voldoen naar kosten en opbrengsten vertaald moet worden.

Een eerste vereenvoudiging is om in eerste instantie alleen op basis van de primair te vervullen functie een optimaal tijdstip van ingrijpen te bepalen. Het betreft hier veelal bestaande modellen die volledig causaal een verband aangeven tussen het functieverval en het verwachte tijdstip dat een grens wordt overschreden.

Door aan te sluiten op de Gegevensstandaard Water (GW'96) en de Stekkerdoos kan op uniforme wijze gekoppeld worden met modellen die zijn opgenomen in externe applicaties. Het is hiervoor wel noodzakelijk dat ook deze applicaties aan kunnen sluiten op de Stekkerdoos. Wanneer dit niet het geval is, kan als alternatief enkel een verwijzing naar de betreffende applicatie worden opgenomen. Door binnen een gestandaardiseerde omgeving verder te ontwikkelen bestaat tevens de mogelijkheid om op grond van de door deze omgeving ondersteunde formaten te communiceren met externe applicaties. Gegevensbestanden kunnen op deze manier relatief eenvoudig en veelal zonder informatieverlies worden uitgewisseld zodat gegevens niet dubbel hoeven te worden ingevoerd.

### 4.3.3 Modelleren prioriteiten

Door verschillende beperkingen (middelen, conflicterende belangen en functies) dienen keuzes wat betreft de uitvoeringstijdstippen van onderhoudswerkzaamheden gemaakt te worden. Aan de hand van een prioriteitenmodel kan een eerste volgorde en planning worden opgesteld [Van de Looij, 1998d].

Wanneer, ondanks een prioriteitenstelling, nog steeds overlap tussen onderhoudswerken bestaat kan door wegingsfactoren (multi-criteria-analyses) op objecten, functies en middelen worden bepaald wat de definitieve uitvoeringsvolgorde is. De grootste kosten en inspanningen van onderhoud aan een groep objecten moet liggen bij de objecten die ook de grootste prioriteit hebben. Wanneer de kosten van het onderhoud aan de objecten met een lage prioriteit te hoog zijn ten opzichte van de totale kosten dient alleen onderhoud te worden uitgevoerd aan de objecten met de hoogste prioriteit.

Een object kan verschillende functies vervullen. Bij het bepalen van een eerste prioriteitsvolgorde wordt alleen de primaire functie meegenomen (dit is in de meeste gevallen de functie welke in het gebruikte prioriteitenmodel de hoogste prioriteit heeft). Bij het bepalen van de optimale onderhoudsvorm dient echter naar alle functies gekeken te worden. Een onderhoudsvorm kan namelijk de belangen van andere functies schaden (zoals het uitvoeren van onderhoud met te zware machines tijdens het groeiseizoen).

### 4.3.4 Schade classificaties

Niet alle inspectiegegevens kunnen rechtstreeks in een cijfer worden uitgedrukt. Daarnaast kunnen visuele inspecties verschillend geïnterpreteerd worden. Bij het inspecteren kunnen hiertoe verschillende schadegroepen worden onderscheiden, zoals toegepast bij het rationele wegebeheer [C.R.O.W., 1989b; C.R.O.W., 1989c; Groot, 1996]. Voor het waterkeringen- en waterkwantiteitsbeheer is het onderscheid van schadegroepen nog niet eenduidig vastgelegd. Per functie van het beheersobject dienen deze bepaald te worden. Voor een waterkering is de belangrijkste functie veiligheid. Hiervoor bestaat wel een eenduidige toetsingsmethodiek waarbij verschillende faalmechanismen worden onderscheiden. Afhankelijk van de toestand van de waterkering dient een aantal van deze mechanismen gecontroleerd te worden op veiligheid. Met betrekking tot het onderhoud kan hiervoor eenzelfde systematiek gevolgd worden. Afhankelijk van de toestand kunnen schadegroepen per functie worden onderscheiden. De onderhoudstoestand van ieder geïnspecteerd beheersobject wordt vervolgens beoordeeld en vastgesteld door alle schadebeelden een cijfer te geven.

Bij het rationeel wegebeheer wordt de toestand per schadebeeld vastgelegd in een vijftal klassen (van goed tot overschrijden norm). Op het moment dat een object van klasse 5 is dient deze onmiddellijk gerepareerd te worden. Teneinde een globale indruk te verkrijgen van het gemiddelde onderhoudsniveau van het totale beheersysteem kan hiervan gebruik gemaakt worden van het zogenaamde Gemiddeld Gewogen Onderhoudsniveau (GGO). Dit houdt in dat verschillende weegfactoren aan de verschillende schadegroepen worden toegerekend en vervolgens het gemiddelde wordt berekend. Binnen het wegebeheer wordt de weegfactor afhankelijk gesteld van de gebruikscategorie (= de intensiteitsklasse) [C.R.O.W., 1989a].

Binnen het rationele wegebeheer wordt de weegfactor als constant beschouwd. Deze aanname is voor het waterkeringenbeheer een minder logische. De functie veiligheid zal hierbij zeer zwaar wegen, maar slechts tot het toestandsniveau dat door de wetgeving wordt bepaald. Daarnaast is de veiligheid van een waterkering net zo groot als die van de zwakste schakel daarin (per faalmechanisme of te verwachten omstandigheden)! Voor het waterkwantiteitsbeheer is de belangrijkste functie het peilbeheer en kan mogelijk wel een gemiddeld waarderingscijfer worden toegepast. De weegfactoren in het waterbeheer kunnen worden gekoppeld aan het afzonderlijke beheersobject en kunnen in eerste instantie op een prioriteitenmodel gebaseerd worden. Bij de invoering van klassen dient veel aandacht geschonken te worden aan de vertaling van de inspectiegegevens

naar de klasse-indeling. De klasse-indeling volgens het wegenbeheer is exact vastgelegd [C.R.O.W., 1989c] en dient te worden vertaald naar het waterbeheer, bijvoorbeeld:

<i>klasse 1: goed</i>	<i>voldoet volledig aan alle primaire en secundaire functies;</i>
<i>klasse 2: redelijk</i>	<i>voldoet aan primaire functies maar minder aan secundaire functies;</i>
<i>klasse 3: matig</i>	<i>voldoet nog net aan primaire functies maar niet aan secundaire functies;</i>
<i>klasse 4: slecht</i>	<i>voldoet niet aan primaire functie maar wel aan secundaire functies;</i>
<i>klasse 5: zeer slecht</i>	<i>voldoet niet aan (primaire en secundaire) functies.</i>

Op het moment dat een optimale onderhoudsstrategie automatisch moet worden bepaald, kan door een klassen-indeling en weegfactoren, worden aangegeven wat de huidige gemiddelde (gewogen) waarde van het watersysteem is en wat deze bij bepaalde onderhoudsplannen wordt.

#### 4.3.5 Rationeel budgetteren

Er bestaan verschillende methoden voor het budgetteren en begroten van onderhoud. De methoden kunnen zowel gedetailleerd als zeer grof zijn. Voor een goede onderbouwing van een begroting dient uitgegaan te worden van een gedetailleerde methode.

Bij het begroten van onderhoud in het waterbeheer (en in het bijzonder in het waterkeringenbeheer) wordt met name gebruik gemaakt van preventief onderhoud [Van Noortwijk, 1996]. Dit betekent dat er onderhouden wordt voordat het object faalt. Hierbij moet falen niet gezien worden als het bezwijken van een object maar als het overschrijden van een grenswaarde. Er zijn altijd factoren waardoor onderhoud buiten de planning om moet worden uitgevoerd. De mate waarin dit voorkomt binnen een beheersgebied is meestal wel (stochastisch) te voorspellen. Dit geldt echter niet voor de exacte locatie. De totaalkosten zijn derhalve wel aan te geven voor het totale beheersgebied maar niet voor een individueel beheersobject. De kosten hiervan kunnen wel onderbouwd worden door uit te gaan van enkele standaard beheersobjecten die onderhouden moeten worden. De totaalkosten van preventief onderhoud zijn met name afhankelijk van de frequentie van inspecteren en de directe kosten van de werkzaamheden. Deze directe kosten zijn afhankelijk van een aantal factoren [Van de Looij, 1999b]:

- hoeveelheid werk dat gelijktijdig kan worden uitgevoerd;
- benodigd personeel (en kwalificatie van dit personeel);
- benodigd materieel en gereedschap;
- te verwerken materialen (inclusief voorraadkosten).

De directe totaalkosten aan een beheersobject kunnen worden teruggerekend naar de verschillende onderhouds-activiteiten. De productiviteit van de verschillende onderhoudsactiviteiten wordt doorgaans uitgedrukt in een eenheid van lengte (meter) of eenheid van hoeveelheid (kubieke meter) per eenheid van tijd (uur, dag). In het document 'Systeemanalyse Gisratio' [Van de Looij, 1998b] worden voor zowel handmatig als mechanisch onderhoud enkele markante cijfers gegeven.

Door het koppelen van een bepaalde eenheidsprijs aan de productiviteit kan het onderhoudswerk worden gekwantificeerd in kosten, tijdsduur en benodigd personeel, materieel en materiaal. In het algemeen bestaat de onderhoudsbegroting uit:

- kosten van baggeren/herprofilen schone bagger (klasse 1 en 2);
- kosten van baggeren/herprofilen vervuilde bagger (klasse 3 en 4);
- kosten van transport, schoonmaken en opslag vervuilde bagger;
- kosten van bestrijding overmatige vegetatie in watergangen en waterkeringen;
- kosten van onderhoud aan installaties, kunstwerken en in beheer zijnde gebouwen;
- transportkosten/afvoer sedimenten, maaisel, bagger enzovoort.

Voor het Grond-, Water- en Wegenbouw (GWW) kan het productieproces (nieuwbouw, onderhoud en sloop) gedetailleerd worden beschreven in bestekken. Dergelijke bestekken vervullen bij de totale uitvoering (van ontwerp tot oplevering) een centrale rol. Het vormt bij uitbesteding van werken een kader voor prijsvorming aan de kant van de opdrachtgever en een informatiemedium aan de kant van de aannemer. Door het C.R.O.W. is een standaard besteksystematiek opgesteld, de zogenaamde RAW-systematiek [C.R.O.W., 1995; C.R.O.W., 1996]. Hierin staat RAW voor Rationalisatie en Automatisering grond-, Water en wegenbouw. Een bestek volgens de RAW-systematiek bestaat uit drie delen:

- algemeen: een vaste indeling in 11 paragrafen, met gegevens die van belang zijn in de periode die vooraf gaat aan het verlenen van de opdracht zoals opdrachtgever, locatie en tijdsbepaling;
  - beschrijvingen: een beschrijving van de algemene gegevens (technische tekeningen, plattegronden, peilen, hoofdafmetingen) en een onderdeel nadere beschrijvingen welke een volledige en gedetailleerde beschrijving van het uit te voeren werk bevat (ontrafelt in afzonderlijke activiteiten met eenheden);
  - standaardbepalingen: de voor het werk geldende bepalingen, voorwaarden en afwijkende beschrijvingen.
- Door gebruikmaking van de RAW-systematiek wordt de basis gelegd voor een gedetailleerde informatie uitwisseling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer [Van de Looij, 1998b].

#### 4.3.6 Organisatie van onderhoudswerkzaamheden

Voor de uitvoer van onderhoudsactiviteiten moeten afwegingen gemaakt worden zoals: werk nu uitvoeren met extern personeel, of werk verspreid over periode uitvoeren met intern personeel. Eigen personeel is goedkoper dan extern personeel op het moment dat er voor het eigen personeel voor een bepaalde periode in het jaar werk is. Ook extern personeel heeft baat bij een spreiding van de werkzaamheden. In dat geval kunnen vaak kortingen worden bedongen bij bedrijven of kan gebruik worden gemaakt van uitzendbureaus. Sommige werkzaamheden vereisen naast personeel ook materieel. Hiervoor geldt hetzelfde als voor personeel. Voor sommige werkzaamheden kan personeel echter niet los gezien worden van het materieel (bestuurder van materieel). Voor de afweging intern versus extern dient dan ook de combinatie bekeken te worden. Gesteld kan worden dat hoe specifiek de arbeid is hoe groter de verschillen in kosten tussen extern en intern zullen zijn.

### 4.4 Systeemanalyse onderhoud

#### 4.4.1 Algemeen

In het eerste inventariserende onderzoek [Visser, 1996] is een aanzet gegeven tot een gestructureerde analyse welke als basis kan dienen voor een onderhoudsmodel. Het opzetten van een gestructureerd model voor onderhoud eist een gedegen systeemanalyse bestaande uit de volgende stappen:

- aangeven van de karakteristieken van het te onderhouden *watersysteem*;
- inventarisatie van de te onderhouden *elementen* (entiteiten/beheersobjecten) in het watersysteem;
- definiëren van de *primaire functies* van de individuele elementen (systeemfuncties);
- aangeven van de onderlinge *functionele relaties* tussen de elementen in het systeem;
- verkrijgen van inzicht in het proces van *functieverlies en verval* in de tijd (schade functies);
- verkrijgen van inzicht in mogelijke *onderhoudsmethodieken*;
- aangeven van *organisatorische relaties* tussen elementen in het systeem (projecten).

#### 4.4.2 Karakteristieken van het watersysteem

Bij het opstellen van een onderhoudsmodel is allereerst van belang dat een goed inzicht is verkregen in het te onderhouden watersysteem. Kennis van de doelstellingen van de aangelegde infrastructurele werken en kennis van de grenzen en karakteristieken van het gebied is gewenst. Er is een significant verschil tussen

watersystemen, ontworpen om water aan te voeren en te distribueren (irrigatiesystemen) en watersystemen, ontworpen om water af te voeren (drainagesystemen). In aride en semi-aride gebieden wordt een groot deel van het water, noodzakelijk voor de landbouw aangevoerd middels irrigatiesystemen. Naast de aanvoer van water, vindt er in deze gebieden ook afvoer plaats. Hetzij de afvoer van overtollig regenwater in de moessonperiode (tropische en subtropische zones), hetzij de afvoer van veelal zout drainage water afkomstig van de geïrrigeerde velden. In gematigde zones is de aanvoer van water in droge perioden van minder grote betekenis. Veelal is er sprake van een neerslagoverschot zodat het watersysteem primair is ontworpen op waterafvoer (drainagestelsels). Zeker voor het Nederlandse waterbeheer, met grote gebieden lager dan de gemiddelde zee- en rivierwaterstanden (poldergebieden), is goede afvoer van water een noodzaak.

De geografische tweedeling van Nederland in de 'laaggelegen' polderlandschappen en de 'hooggelegen' zandgronden vindt zijn weerslag in het waterbeheer. Naast een geografisch onderscheid, moet er ook een onderscheid gemaakt worden in de beschikbaarheid van water. Ondanks een neerslagoverschot, treden er in de zomermaanden regelmatig perioden op met watertekorten voor de landbouw. Grote wateroverschotten treden over het algemeen op aan het eind van de winter/begin van de lente.

Het Nederlandse waterbeheer wordt gekarakteriseerd door:

- het beschermen tegen hoogwater op de rivieren en van de Noordzee;
- het droogmalen van de laag gelegen gebieden en het verzorgen van goede drainage op de hoge zandgronden in perioden met een wateroverschot;
- het vasthouden van polderpeilen, het desgewenst inlaten van water in de lage gebieden en het stuwen van grondwaterpeilen op de hoge zandgronden in droge perioden;
- het aanvoeren van water ten behoeve van kwaliteitsbeheer (doorspoelen van zout en dergelijke).

De verschillen in waterbeheer tussen de waterschappen in de lage gebieden (veen-weidegebieden) en de hoge zandgronden vindt uiteraard ook zijn weerslag in de toegepaste manieren van onderhoud.

#### 4.4.3 Inventarisatie beheersobjecten

Zodra het te onderhouden systeem in kaart is gebracht en de systeemgrenzen bekend zijn, is het noodzakelijk een inventarisatie te plegen van alle te onderscheiden en te onderhouden elementen (entiteiten/beheersobjecten) in het systeem. Naast het inventariseren is het belangrijk per te onderscheiden element de minimale ontwerpparameters te vermelden (attributen), bijvoorbeeld de ontwerpparameters van de sloten en kanalen, de hellingen van taluds en de maatvoering van de kunstwerken. Deze gegevens zijn over het algemeen al opgeslagen in beheersystemen (zie hoofdstuk 3).

#### 4.4.4 Definitie functies per beheersobject

Opgemerkt kan worden dat onderhoud het elementaire functieverlies moet tegengaan of tenietdoen. Een beheersobject kan verschillende functies hebben. Met name de primaire functie is van belang omdat deze afhankelijk is van de uit te voeren taak/gestelde doelen. Primaire functies zijn over het algemeen het keren van water (veiligheid) en het instandhouden van waterpeilen (aan- of afvoer van water).

Waterkeringen dienen levensbedreigende situaties als gevolg van mogelijke inundaties door hoge waterstanden te voorkomen. Inundaties leiden verder tot schade aan onder andere infrastructuur en gewassen. De aanwezigheid van een voldoende gedimensioneerde waterkering kan daarnaast een gevoel van onveiligheid wegnemen. De dimensie van een dijk wordt daarvoor gebaseerd op een maatgevende hoogwaterstand die gekeerd moet kunnen worden (hoogte en stabiliteit).

Het instandhouden van waterpeilen in delen van de polders wordt verzorgd door tal van kleine en grote sluisen en stuwen. Gebrek aan onderhoud leidt tot kapotte of slecht functionerende kunstwerken en veroorzaakt

fluctuerende peilen in bepaalde peilvakken in de polder. Onderhoud moet zorgdragen voor het waarborgen van de stromingsfunctie van kanalen en sloten, het voorkomen van overschrijding van maximaal toelaatbare peilen en het zorgdragen voor een regelbaar peil. In het algemeen kan worden gesteld dat de primaire functies van drainagekanalen gericht zijn op kwalitatieve waterbeheersfuncties [Jurriëns, 1993a]:

- capaciteitsfunctie (afvoer en transport): hoofd- en secundaire drainagekanalen;
- peilbeheersfunctie, ter voorkoming van hoge waterstanden: secundaire drainagekanalen;
- peilbeheersfunctie, ter handhaving van minimale waterstanden: secundaire en tertiaire kanalen;
- bergingsfunctie: boezems, meren, plassen, grote kanalen.

Naast de strikte waterbeheersfuncties zijn er tal van andere functies toe te kennen aan het waterbeheerssysteem. Zeker de laatste jaren waarin de integrale kijk op het watersysteem meer de belangstelling geniet, moet met deze andere functies terdege rekening worden gehouden. De volgende indeling in functietoekenning aan kanalen kan worden gemaakt [Siefers, 1985]:

- waterbeheersfunctie (debieten, peilen, berging en keren van water);
- ecologische functie (natuurwaarden, ecosysteem);
- gebruikersfuncties (transport, natuurlijke omgeving, analyse, drinkwater, industrie, recreatie en visserij).

Het definiëren van de specifieke functie van het te onderhouden element in het watersysteem is van wezenlijk belang bij het beoordelen van het noodzakelijke onderhoud. Sommige van deze functies zijn conflicterend. Soms zijn waterbeheersactiviteiten ten behoeve van economische activiteiten tegenstrijdig met de eisen gesteld aan ecologische activiteiten. Ten aanzien van de landbouw, veiligheid, de drink- en industriewatervoorziening alsmede de waterlevering ten behoeve van beregening worden eisen aan de beschikbare hoeveelheid water gesteld. Al deze functies stellen hun specifieke, vaak conflicterende eisen aan het te plegen onderhoud (specifieke onderhoudsvormen, onderhoudsmethoden, doelstellingen, frequentie en tijdstip van onderhoud). Er is dus een afhankelijke relatie tussen de karakteristieke objectgeoriënteerde gegevens en de primaire functies van de individuele objecten.

Er kan een nader onderscheid worden gemaakt in primaire, secundaire en mogelijk zelfs tertiaire functies. Waar mogelijk dient de primaire functie van een object aangegeven te worden. Het specifiek aangeven van de functies van beheersobjecten biedt een aanknopingspunt met een eventueel te implementeren rationele systematiek. Voor de primaire functie kan een minimale ondergrens en een punt van ingrijpen worden gedefinieerd, waardoor rationeel (door inspectie en vergelijking) het moment van onderhoud kan worden gekwantificeerd. Een alternatieve aanpak is het toekennen van een bepaald gewicht (belang) aan een functie (aanpak middels een multi-criteria analyse). Dit kan van belang zijn op het moment dat objecten verschillende functies moeten vervullen en bepaalde onderhoudsactiviteiten strijdig zijn met bepaalde functies. Deze tegenstrijdige belangen kunnen tevens worden uitgedrukt in faalkosten. Het in kosten uitdrukken van bijvoorbeeld aangerichte milieuschade door bepaalde onderhoudshandelingen is echter niet overal even eenvoudig.

#### 4.4.5 Ingrijpmomenten

Bij het nemen van een beslissing om wel of niet over te gaan tot onderhoud kan gebruik gemaakt worden van rationele optimaliseringsroutines, ervaringscijfers ('default values') of het oordeel van de gebruiker (op gelegenheidsmomenten). Een organisatie wordt kwetsbaar wanneer beslissingen tot ingrijpen alleen op basis van een gebruikersoordeel worden genomen. Een organisatie is geheel afhankelijk van de personen met de betreffende materiekennis. Door de aanwezige kennis binnen een organisatie op een gestructureerde manier vast te leggen wordt deze afhankelijkheid minder. Belangrijke informatie die kan worden vastgelegd is:

- grenswaarden van toestanden van objecten;
- frequentie van onderhoudswerkzaamheden;
- geschikte perioden voor onderhoudswerkzaamheden;
- geschikte onderhoudsvormen met eigenschappen.

Met deze methodiek is een volledige onafhankelijkheid van materiedeskundigen niet of nauwelijks haalbaar. Er blijft enige kennis noodzakelijk om de vastgelegde informatie op een goede manier toe te passen.

Voor een aantal entiteiten in het waterbeheer bestaan modellen die aan de hand van meetgegevens optimale ingrijpmomenten kunnen definiëren [Van de Looij, 1998b]. Deze modellen beschrijven een functieverlies van de te onderhouden objecten. De verschillende processen die leiden tot verlies aan functionaliteit van de objecten in het te onderhouden watersysteem zijn als volgt onder te verdelen [Van de Looij, 1998b]:

- verzanding van watergangen door sedimentatie;
- overmatig planten- en algengroei in watergangen;
- uitstromend grondwater;
- stabiliteitsgevaar: afschuivingen van kanaaltaluds, oevers, dijken en kaden;
- erosie van kruin, taluds en bermen van dijken;
- uitschuring/erosie benedenstrooms van de kunstwerken;
- pipingverschijnselen;
- biologische- en chemische afbraak (verrotting, oxidatie) bijvoorbeeld bij hout, beton en staal;
- fysische belastingen op objecten;
- afzetting en verwijdering van vuil op waterkering;
- verstopping van kunstwerken door sedimentatie en accumulatie van begroeiing en drijfvuil;
- opdrijven van kunstwerken;
- mechanische slijtage;
- schade aan onderhoudspaden.

In het bijzonder voor waterlopen zijn hiervoor modellen ontwikkeld [Siefers, 1985; Kanters, 1990; Querner, 1993; Querner, 1995a; Querner, 1995b; Lameriks, 1995; Van Wijnen, 1997]. Voor waterkeringen zijn modellen ontwikkeld voor dijkvervorming [Kruse, 1998], voor frequentie van inspecteren en repareren van steenbekledingen [Vrijling, 1995] en het bepalen van het optimale moment voor het uitvoeren van groot onderhoud in de vorm van dijkverhoging [van Noordwijk, 1996; Speijker, 1996; Jorissen, 1998a; Jorissen, 1998b]. De inspanningen die gepleegd moeten worden voor het verzamelen van (actuele) gegevens voordat een model kan worden gebruikt zijn echter groot. De resultaten van sommige modellen geven in een aantal gevallen dezelfde uitkomst als wat op grond van ervaring al lange tijd plaatsvindt. Het is daarom niet verstandig om alle beslissingen volledig te rationaliseren. In een aantal gevallen levert een gebruik van ervaringscijfers eenzelfde resultaat. Daarnaast kan het gebruik en beheer van deze modules om zeer specifieke kennis vragen. Het integreren (en/of zelf bouwen) van deze routines in een centraal systeem wordt daarom ontraden. Wanneer het om een bepaalde reden toch wenselijk is om gebruik te maken van rationele, mathematische optimaliseroutines is het verstandiger om hiermee op dataniveau te koppelen, bijvoorbeeld via de Stekkerdoos Water (zie hoofdstuk 3).

Op het moment dat gebruik wordt gemaakt van 'default' waarden (op basis van ervaring of verkregen via rationele modellen) dienen deze waarden periodiek getoetst te worden. Door een verandering van de randvoorwaarden (zoals omgeving en eisen) kunnen de gebruikte waarden niet meer optimaal of geldig zijn. Wanneer dit zich voordoet wordt gewerkt met een schijnoptimalisatie. Een periodieke toetsing (bijvoorbeeld in een vijfjarige cyclus) en een toetsing op duidelijk aanwijsbare momenten dat randvoorwaarden veranderen, is derhalve noodzakelijk.

#### 4.4.6 Functionele relaties

Het is van belang enig inzicht te hebben in de onderlinge relaties en interacties tussen de verschillende te onderscheiden beheersobjecten. Vooral bij het plannen van onderhoud en het komen tot een rationele afweging waar met het onderhoud te beginnen, is het raadzaam gebruik te maken van een relatie-interactiediagram. Er kan voorts een onderscheid worden gemaakt tussen *lokale interactie*: handelingen aan een onderdeel van een beheersobject hebben invloed op het hele beheersobject en *globale interactie*: relaties tussen individuele beheersobjecten. Zo kan op een eenvoudige manier worden nagegaan welke elementen direct worden beïnvloed door onderhoudswerk aan een bepaald element in het watersysteem. Uit het diagram kunnen dan de gevolgen op een gestructureerde manier worden afgeleid.

##### *Voorbeeld lokale interactie:*

De verslechterde afvoer van een watergang kan veroorzaakt zijn door bijvoorbeeld begroeiing of sedimentatie. Door het baggeren van de watergang zal ook een gedeelte van de begroeiing verdwijnen.

##### *Voorbeeld globale interactie tussen objecten:*

Het onderhoudswerk aan een bepaalde duiker kan gevolgen hebben op de afvoer bovenstrooms en waterpeilen. De oorzaak voor verslechterde afvoer was misschien niet de begroeiing van het kanaal, maar de verstopte duiker.

Naast functionele relaties tussen beheersobjecten kunnen ook functionele relaties tussen onderhoudsvormen en beheersobjecten worden aangegeven. Bij het uitvoeren van onderhoudshandelingen aan een object kunnen eisen aan het object (lokale interactie) of aan de omgeving (globale interactie) worden gesteld.

##### *Voorbeeld lokale interactie tussen object en onderhoudsvorm:*

Op het moment dat onderhoud aan een onderdeel van de motor van een gemaal moet worden uitgevoerd, kunnen, zonder extra kosten van stilleggen, ook andere onderdelen preventief onderhouden worden.

##### *Voorbeeld globale interactie tussen objecten en onderhoudsvorm:*

Bij een bepaalde onderhoudsvorm aan een duiker worden eisen gesteld aan de waterstand in de aansluitende waterlopen. Andere duikers die op deze droog te malen delen van de watergang aansluiten, kunnen nu ook tegen relatief lage kosten worden onderhouden.

#### 4.4.7 Onderhoudsmethodieken beheersobjecten

Om een goed onderhoudsplan te definiëren voor een watersysteem is het noodzakelijk dat er voldoende inzicht is in de mogelijkheden van onderhoudsactiviteiten:

- kosten verbonden aan activiteiten (vaste kosten en variabele kosten);
- productiviteit (benodigde tijd per eenheid);
- benodigd personeel (kwalificatie van personeel);
- benodigd materieel en gereedschap;
- te verwerken materialen;
- randvoorwaarden omgeving (zoals diepgang water, aanwezigheid onderhoudspad, draagkracht bodem, regelgeving).

Daarnaast kunnen er interacties bestaan tussen verschillende onderhoudsactiviteiten in de tijd [Koning, 1989; Van der Neut, 1995]. Deze interacties kunnen betrekking hebben op activiteiten aan verschillende objecten (bijvoorbeeld binnen een project) op een tijdstip of tussen activiteiten aan een enkel object in een tijdsperiode (bijvoorbeeld de levenscyclus). Binnen een project is er veelal interactie tussen de verschillende opgenomen werkzaamheden. Sommige werkzaamheden kunnen pas starten als een andere gereed is. Voor het maken van een gedegen plan is het zoeken naar het kritische tijdspad zeer nuttig. Hierbij kan gebruik gemaakt worden van bestaande modellen zoals Gantt en PERT [Pintelon, 1997]. Binnen een onderhoudscyclus (de periode



tussen twee rehabilitatiemaatregelen) vinden verschillende soorten onderhoudsactiviteiten plaats. Door de grote variëteit aan mogelijke activiteiten en frequenties en de verschillen in eigenschappen van de beheersobjecten zal de methode (de onderhoudsstrategie) per beheersobject kunnen verschillen.

Wanneer inzicht bestaat in bovenstaande zaken kan een goede afweging gemaakt worden voor geschikte onderhoudsmethoden per beheersobject. Periodiek dienen de uitgevoerde onderhoudswerkzaamheden en frequentie geëvalueerd te worden. Op basis van de evaluatie kunnen aanbevelingen geformuleerd worden voor volgende periodes.

#### **4.4.8 Organisatorische relaties**

Objecten worden over het algemeen niet afzonderlijk (preventief) onderhouden maar worden gebundeld tot projecten of bestekken. De kosten verbonden aan het gezamenlijk uitvoeren van werken ligt over het algemeen lager dan het afzonderlijk uitvoeren van onderhoud aan objecten. Het optimale ingrijpmoment voor objecten zal sterk verschillen. Het definiëren van projecten aan de hand van enkel optimale ingrijpmomenten zal tot kleine projecten leiden en daarom tot relatief hoge kosten. Door marges te hanteren voor het ingrijpmoment in plaats van vaste waarden is de kans groter dat op een bepaald tijdstip verschillende objecten een onderhoudsbehoefte hebben. De projecten zullen hierdoor ook meer objecten bevatten. Dit leidt tot relatief lagere totaalkosten.

Op de onderscheiden objecten in het waterbeheerssysteem kunnen verschillende onderhoudshandelingen worden uitgevoerd. De onderhoudswerkzaamheden van de diverse sectoren zijn voor een groot deel verschillend. Op enkele punten zijn echter grote overeenkomsten. De belangrijkste overeenkomsten zijn:

- maaien steunbermen, wegbermen en kruin (waterkeringen en wegen);
- maaaien taluds (waterkeringen, waterbeheer en wegen);
- baggeren watergangen (waterkeringen, waterbeheer en wegen);
- onderhoud kunstwerken (waterkeringen, waterbeheer en wegen);
- onderhoud taluds/herstel profiel (waterkeringen, waterbeheer en wegen);
- schoon houden (waterkeringen, waterbeheer, wegen).

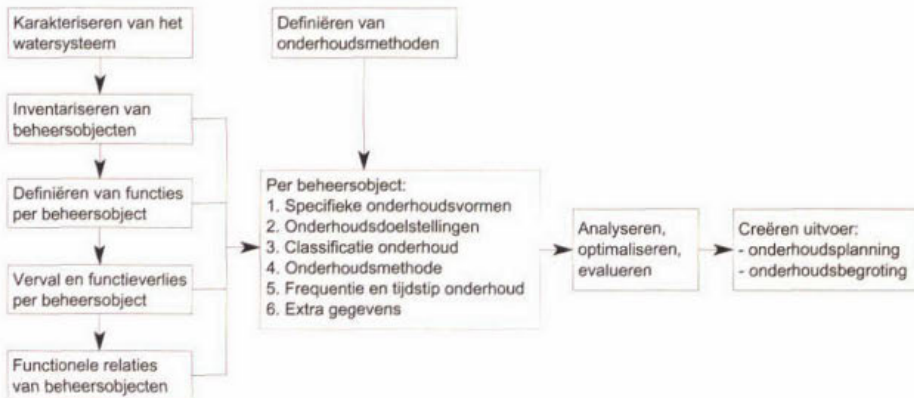
Er kunnen kostenvoordelen worden gehaald door in die gevallen waarbij zich grote overeenkomsten voordoen in onderhoud tussen de objecten uit de verschillende factoren deze toch gezamenlijk te bekijken.

#### **4.4.9 Samenvatting systeemanalyse**

Er ontstaat een gestructureerde onderhoudssystematiek, door voor elk gedefinieerd element (beheersobject) in het te onderhouden watersysteem de specifieke onderhoudsaspecten te analyseren:

- specifieke/mogelijke onderhoudsvormen;
- onderhoudsdoelstellingen;
- classificatie van het soort onderhoud;
- onderhoudsmethode;
- frequentie en tijdstip van onderhoudsvormen;
- extra gegevens (onderhoudsplichtige, onderhoudsproductiviteit, onderhoudskosten, de onderhoudscontrole, datum laatste onderhoud, eigen beheer/uitbesteding, regelgeving en andere administratieve/juridische gegevens en empirische onderhoudsregels).

De in voorgaande paragrafen beschreven systematiek (strategie) wordt in figuur 4.2 verduidelijkt.



Figuur 4.2 stroomschema plannen en begroten van onderhoud

## 4.5 Onderhoudssysteemmodellering in Gisratio

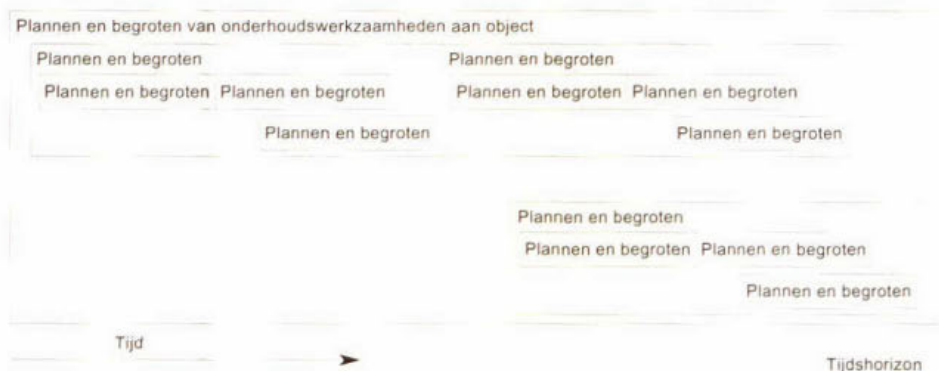
### 4.5.1 Algemeen

Om de verschillende gegevenssoorten en met hun onderlinge (functionele en organisatorische) relaties flexibel en gestructureerd te kunnen opslaan is het gebruik van een geografisch informatiesysteem een groot voordeel. Daar de huidige beheersystemen eveneens zijn gebaseerd op GIS is het voortbouwen hierop logisch. Bij de beheersystemen is de keuze voor GIS ingegeven door de geboden functionaliteit voor het op een eenvoudige wijze kunnen koppelen van administratieve data aan grafische data. Voor een geautomatiseerd informatiesysteem voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud geeft daarnaast de standaardfunctionaliteit voor het kunnen leggen van (een combinatie van) geografische (topologisch, netwerkanalyse, routing en dergelijke) en administratieve relaties tussen objecten een belangrijk voordeel. Dit wordt versterkt bij het gebruik gegevensstructuren uit op GIS gebaseerde beheersystemen.

De geografische analyses kunnen gecombineerd worden met administratieve analyses. De administratieve gegevensbeschrijving wordt opgeslagen in een relationele databasestructuur. Met behulp van SQL-statements of specifiek applicatiegebonden bevestigingsroutines kunnen selecties worden gemaakt op de administratieve kenmerken. Wanneer het GIS tevens over een programmeeromgeving beschikt, kunnen routines worden geschreven die een aantal analyses combineert en het resultaat opmaakt volgens een bepaald formaat.

### 4.5.2 Onderhoudsmodellen

Het plannen en begroten van onderhoudsactiviteiten kan gezien worden als een recursief proces. Als naar een te onderhouden object wordt gekeken zal allereerst een grove schatting gemaakt worden in de uit te voeren werkzaamheden. Gedurende de levensduur van het object zal op een aantal momenten in de tijd werkzaamheden worden uitgevoerd. Bij de eerste planning zal de beschrijving van deze werkzaamheden grof zijn. Vervolgens zal de planning nader gedetailleerd worden. De afzonderlijke werkzaamheden zullen apart bezien worden. Binnen de benoemde werkzaamheden kunnen afzonderlijke activiteiten worden onderkend. Het voorgaande is gemodelleerd weergegeven in figuur 4.3.



Figuur 4.3 recursiviteit in proces van plannen en begroten van onderhoud

Bij het beschrijven van onderhoud aan een object gedurende een lange periode (of totale levensduur) kunnen drie relevante detailniveaus worden onderscheiden:

- onderhoudsactiviteiten: de meest gedetailleerde manier van beschrijven van handelingen die worden uitgevoerd aan een enkel beheersobject;
- onderhoudsvormen: een verzameling van onderhoudsactiviteiten welke gelijktijdig of zeer kort na elkaar wordt uitgevoerd aan een enkel beheersobject;
- onderhoudsmethoden: een verzameling van mogelijke onderhoudsvormen welke gedurende een langere periode (enkele jaren tot totale levensduur) kunnen worden uitgevoerd aan een enkel beheersobject.

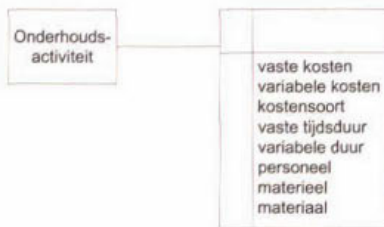


Figuur 4.4 modellering onderhoudssystematiek beheersobject

Bij het maken van een onderhoudsplan zal de meest gedetailleerde informatie over de werkzaamheden gebruikt worden, de onderhoudsactiviteiten. In het beginstadium van het planproces zal deze uitsplitsing van onderhoudsvormen in verschillende onderhoudsactiviteiten niet altijd gewenst zijn. De indeling wordt dan te gedetailleerd en vereist teveel invoer. In dat geval zal de relatie onderhoudsvorm naar onderhoudsactiviteit 1:1 zijn.

De kosten welke verbonden zijn aan de onderhoudswerkzaamheden aan een object bestaan uit vaste kosten en variabele kosten. Een zelfde onderscheid kan gemaakt worden voor de tijdsduur. Per onderhoudsactiviteit kunnen voor deze gegevens op entiteitniveau eenheidscijfers worden opgesteld [Melles, 1997]. Naast eenheids-cijfers voor kosten en tijdsduur dienen ook gegevens over vereist personeel, materieel en te verwerken materialen te worden opgenomen. Eventueel kan bij aansluiting op de BBP-systematiek de kostensoort worden meegenomen.

Door de beslisser zullen per object de verschillende onderhoudsvormen in de tijd moeten worden aangegeven. Een onderhoudsvorm is opgebouwd uit een aantal activiteiten waaraan eigenschappen zijn gekoppeld (zie figuur 4.5).



Figuur 4.5 eigenschappen activiteit

Aan de hand van deze gegevens en de eigenschappen van het object (zoals lengte en oppervlakte) worden vervolgens automatisch de kosten, tijdsduur en inzet van personeel, materieel en materiaal bepaald. De totale kosten van een onderhoudsvorm ( $TKV$ ) kunnen als volgt worden weergegeven:

$$(4.1) \quad TKV = \sum_a (VK_a * E_a + FK_a)$$

Hierin worden de variabele eenheidskosten van een activiteit ( $a$ ) weergegeven met  $VK_a$ , de eigenschap welke van belang is voor de variabele activiteitskosten met  $E_a$  en de vaste kosten van een activiteit worden weergegeven met  $FK_a$ . Een soortgelijke functie kan voor de verwachte totale tijdsduur van een onderhoudsvorm ( $TTV$ ) gegeven worden:

$$(4.2) \quad TTV = \sum_a (VT_a * E_a + FT_a)$$

Hierin wordt de variabele eenheidstijdsduur van een activiteit ( $a$ ) weergegeven met  $VT_a$ , de eigenschap welke van belang is voor de variabele activiteitsduur met  $E_a$  en de vaste tijdsduur van een activiteit worden weergegeven met  $FT_a$ . Door de inzet van personeel en materieel in de tijd bij te houden kunnen hier optimalisaties uitgevoerd worden.

#### 4.5.3 Optimaliseren ingrijpmoment

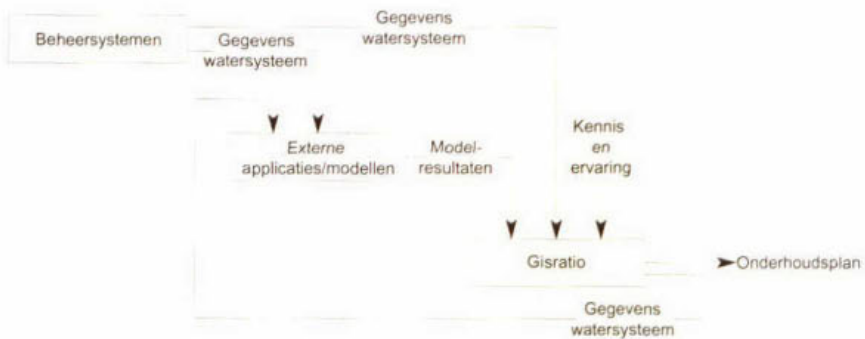
Voor het bepalen van het optimale moment van uitvoeren van onderhoudswerken kunnen verschillende modellen worden gebruikt. Op basis van de (primair) te vervullen functies, de faalkans en de daarbij behorende faalkosten kan een optimaal tijdstip van ingrijpen worden bepaald. Het betreft hier veelal modellen die volledig causaal een verband aangeven tussen het functieverval en het verwachte tijdstip dat een grens wordt overschreden. Daarnaast wordt veelvuldig gebruik gemaakt van de beschikbare kennis binnen de organisatie (jarenlange

ervaring). Deze methodiek is in een geautomatiseerde omgeving te vangen in empirische modellen. Deze empirische modellen kunnen, wanneer ze voldoende eenvoudig zijn, worden omgezet naar causale rekenregels.

Als regel zullen de voorgenomen activiteiten de beschikbare middelen overtreffen [Directoraat-Generaal Rijks-waterstaat, 1999]. Wanneer er sprake is van een beperking van middelen zullen prioriteiten gesteld moeten worden. Het stellen van deze prioriteiten kan handmatig of geautomatiseerd gebeuren. Bestaande applicaties (zoals BOPPER) kunnen helpen bij het bepalen van een eerste volgorde. Hierbij wordt uitgegaan van een referentiemodel waarin de volgorde van prioriteiten wordt aangegeven. Een mogelijke prioriteitsvolgorde wordt hieronder gegeven:

1. vast (dagelijks) onderhoud;
2. projecten in uitvoering;
3. functie waterkeren;
4. functie waterafvoer;
5. functie wateraanvoer;
6. functie transport hoofd-transportassen en hoofd-(vaar)wegen;
7. functie ecologie en waterkwaliteit;
8. functie transport overige (vaar)wegen;
9. functie natuur, landschap en recreatie;
10. overige functies.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van bestaande modellen dienen deze bij voorkeur niet in het BOS geïmplementeerd te worden. Door gebruik te maken van standaard uitwisselingsformaten en stekkers kan het beheer van deze modellen losgekoppeld blijven van het beheer van het BOS. Dit leidt tot lagere beheerskosten en betere resultaten doordat sneller gebruik kan worden gemaakt van de laatste ontwikkelingen.



Figuur 4.6 globale systeemstructuur Gisratio

#### 4.5.4 Groeperen werkzaamheden

Objecten worden veelal niet afzonderlijk onderhouden maar gegroepeerd binnen een project of bestek. Op het moment dat er overeenkomsten zijn in de uitvoer van werkzaamheden kan de beschikbare capaciteit beter worden benut waardoor schaalvoordelen worden behaald [Blommaert, 1991]. Naast een overeenkomst in benodigd personeel, materieel en materiaal is het van belang dat het optimale tijdstip van onderhoud voor de objecten enigszins overeenkomt. Daarnaast is de ligging van de objecten ten opzichte van elkaar (met betrekking tot routing) en de bereikbaarheid van elk object van belang.

Door de gegevens met betrekking tot de onderhoudsmethodiek op objectniveau op te slaan kunnen overeenkomsten tussen objecten worden bepaald. Wanneer de overeenkomsten bekend zijn kan handmatig of automatisch de projectomvang (welke objecten wel en welke objecten niet opnemen) worden bepaald.

Onderhoudskosten aan activiteiten kunnen worden verdeeld in vaste kosten en variabele kosten. De variabele kosten zijn afhankelijk van de omvang van het werk. Dit hoeft echter geen lineair verband te zijn. Eenheidskosten kunnen lager liggen bij grote hoeveelheden. In feite vindt dan een verrekening van de vaste kosten plaats in het eenheidscijfer van de variabele kosten.

Bij grotere projecten zijn sommige kosten niet of niet eenvoudig toe te rekenen aan specifiek te onderhouden objecten. Deze vaste projectkosten, zoals kosten organisatie (directie), bouwplaatskosten, winst, risico en dergelijke, zullen direct aan het project worden toegeschreven. Deze vaste kosten kunnen vervolgens naar verhouding worden teruggerekend naar de afzonderlijke onderhoudsvormen per beheersobject. De totale projectkosten (*TKP*) kunnen als volgt worden weergegeven:

$$(4.3) \quad TKP = \sum_a ((VK_a * \sum_x E_{a,x}) + FK_a) + FPK$$

Hierin worden de variabele eenheidskosten van een activiteit (*a*) weergegeven met  $VK_a$ , de eigenschappen van de objecten (*x*) welke van belang is voor de variabele activiteitskosten met  $E_{a,x}$ , de vaste kosten van een activiteit worden weergegeven met  $FK_a$  en de vaste projectkosten met  $FPK$ . De totale tijdstuur van een project (*TTP*) kan op een soortgelijke wijze worden weergegeven:

$$(4.4) \quad TTP = \sum_a ((VT_a * \sum_x E_{a,x}) + FT_a) + FTK$$

Hierin wordt de variabele eenheidstijdsduur van een activiteit (*a*) weergegeven met  $VT_a$ , de eigenschappen van de objecten (*x*) welke van belang is voor de variabele activiteitsduur met  $E_{a,x}$ , de vaste tijdsduur van een activiteit worden weergegeven met  $FT_a$  en de vaste projecttijd met  $FTK$ .

De inzet van personeel, materieel en de te verwerken materialen kan op een soortgelijke manier worden bepaald. Het voorgaande is tevens gemodelleerd in figuur 4.7.



Figuur 4.7 modelleren van projecten

## 4.6 Conclusies

De verschillen in waterbeheer tussen de waterschappen vindt zijn weerslag in de toegepaste manieren van onderhoud. Dit hoeft echter geen invloed te hebben op de structuur van een beslissingondersteunend systeem voor het plannen en begroten van onderhoud.

Er bestaat binnen het waterbeheer een aantal modellen dat aan de hand van meetgegevens de optimale ingrijpmomenten kan bepalen. Deze modellen zijn niet allemaal even nuttig. De inspanningen voor het verzamelen van de meetgegevens wegen niet altijd op tegen de verkregen resultaten daar deze vaak overeenkomt met wat men op grond van ervaring al weet. Het volledig rationaliseren van de onderhoudsbeslissingen moet dan ook niet worden nagestreefd.

Bij het modelleren van onderhoud van watersystemen kan een groot aantal relaties gelegd worden tussen de activiteiten en de objecten. Naast functionele relaties en geometrie spelen geografische relaties (ligging) een zeer belangrijke rol. Bij de ontwikkeling van een BOS voor het plannen en begroten van onderhoud is het verstandig om voort te bouwen op het gebruik van geografische informatiesystemen.

Bij het modelleren van onderhoud dient onderscheid gemaakt te worden in een drietal detailniveaus: onderhoudsmethoden, onderhoudsvormen en onderhoudsactiviteiten. De gedetailleerde informatie van de werkzaamheden wordt op het activiteitsniveau bijgehouden. De planning van de onderhoudswerkzaamheden hoeft niet op het laagste niveau plaats te vinden, maar kan op onderhoudsvormniveau geschieden.

Voor het bepalen van optimale ingrijpmomenten van objecten (en de bepaling van prioriteiten bij de uitvoer van werkzaamheden) bestaan verschillende modellen. Het is aan te raden om deze modellen niet te integreren in een eigen BOS maar te koppelen via standaard uitwisselingsformaten en stekkers. Onderzoek op het gebied van optimalisatie van onderhoudsfrequenties is zeker nodig.

De methodiek leent zich voor het gebruiken van 'default' waarden welke op basis van ervaring en via rationele modules kunnen worden bepaald. In deze werkwijze schuilt het gevaar van schijnveiligheid op het moment dat een verandering van randvoorwaarden niet wordt verwerkt. Het wordt derhalve aanbevolen om de 'default' waarden periodiek te toetsen.

## Hoofdstuk 5 Systeemontwerp

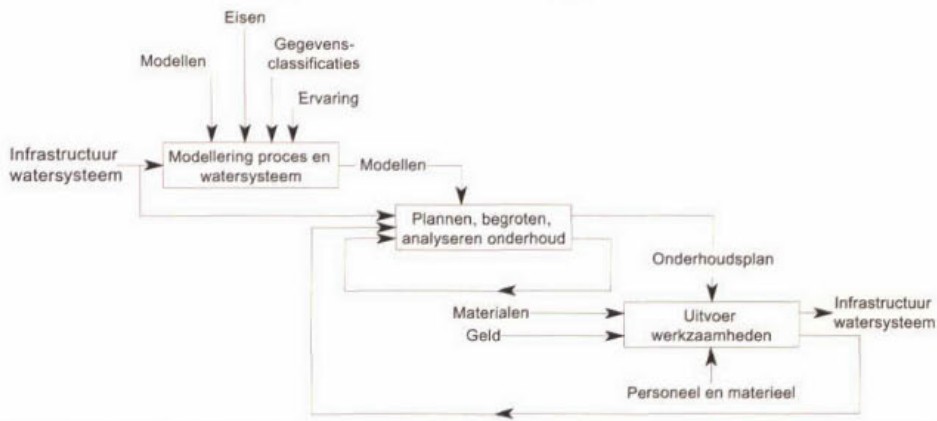
### 5.1 Algemeen

Binnen het waterbeheer kan een beslissingondersteunend systeem als hulpmiddel gebruikt worden voor het aanbieden van een strategie en het op een rationele manier plannen en begroten van onderhoud. Binnen een dergelijk systeem kan een systematische en uniforme structuur worden vastgelegd voor het plannen, begroten en evalueren van onderhoud in het waterbeheer. Hierdoor vermindert de onzekerheid en kunnen op een snelle en eenvoudige manier alternatieven worden doorgerekend.

Software van een BOS dient modulair te zijn opgebouwd [Makowski, 1994]. In de rapporten 'Gisratio Logisch Ontwerp [Van de Looij, 1998c]' en 'Beheerdershandleiding Gisratio' [Van de Looij, 1999c] wordt gesteld dat het verstandig is het te ontwikkelen BOS in de volgende onderdelen te splitsen:

- Invoer ten behoeve van beschrijving en modellering van het waterbeheersysteem (en omgeving). Deze invoer kan geschieden door externe beheersystemen en/of door een aparte module die tot de applicatie behoort. Met name de specifieke onderhoudsgegevens zullen door een speciale invoermodule moeten worden toegevoegd, daar deze gegevens veelal nog niet (kunnen) worden opgenomen in bestaande beheersystemen.
- Invoer modelleringstechnieken ten behoeve van functieverval en bepaling ingrijptijdstippen. Deze modellen kunnen van verschillende soorten zijn (lineair, dynamisch, empirisch, neurale netwerk). Er bestaat reeds een aantal van deze modellen waarmee gekoppeld kan worden.
- Invoer ten behoeve van modellering van de onderhoudsmethoden. Van onderhoudsmethoden kunnen beschrijvingen worden gegeven met betrekking tot frequentie (en ingrijpmomenten), benodigde middelen (tijdsduur en kosten personeel, materieel, materiaal) en randvoorwaarden (terreinomstandigheden).
- Planning onderhoudsactiviteiten (onderhoudsvormen). Aan de hand van beschikbare methodieken kunnen onderhoudsplannen en -begrotingen worden gegenereerd.
- Analyse-, optimalisatie- en evaluatiemodules. De ingevoerde gegevens kunnen worden geanalyseerd, geoptimaliseerd en geëvalueerd.
- Uitvoermodule (visualisatie). De aangemaakte onderhoudsplannen, begrotingen en evaluaties kunnen volgens specifieke formaten worden opgesteld en gevisualiseerd of als basis dienen voor het opstellen van totaalbegrotingen en totaalplannen.

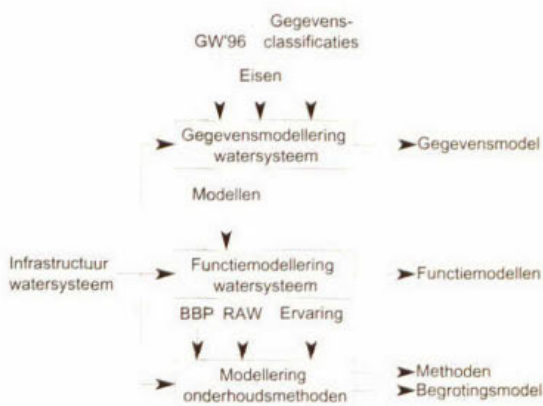
Het bovenstaande wordt in de figuren 5.1 tot en met 5.3 weergegeven.



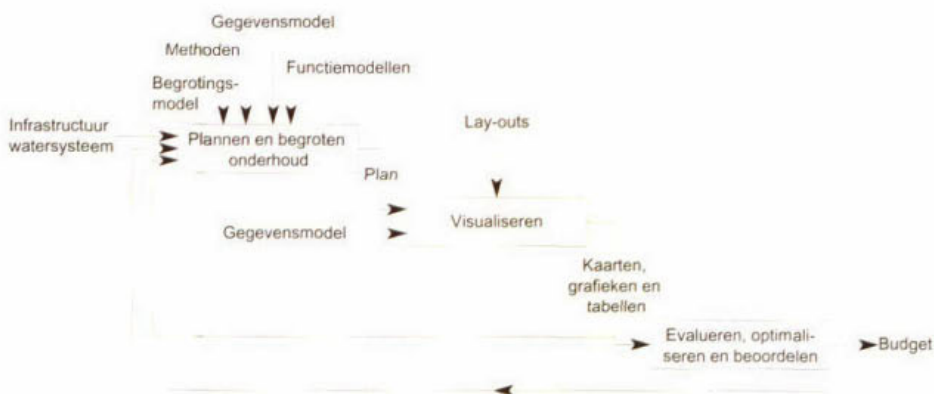
Figuur 5.1 systeemanalyse Gisratio



De verschillende onderdelen in figuur 5.1 kunnen verder worden gedetailleerd. In figuur 5.2 is dit gebeurd voor het onderdeel modellering en in figuur 5.3 voor plannen, begroten en analyseren.



Figuur 5.2 systeemanalyse beheer en onderhoud van watersystemen



Figuur 5.3 systeemanalyse plannen, begroten, analyseren van onderhoud

In het document 'Definitie van uitvoerproducten Gisratio' [Van de Looij, 1998d] wordt een gedetailleerde specificatie gegeven van de gewenste informatie en functionaliteit gegeven. In hoofdstuk 5.5 wordt hiervan een samenvatting gegeven.



grond van ruimtelijke en/of functionele eigenschappen. Hierbij wordt grafisch onderscheid gemaakt in punt-, lijn- en vlakelementen (afhankelijk van representatie op een detailniveau). Aan de grafische gegevens zijn administratieve kenmerken gekoppeld.

Binnen het geautomatiseerde (onderhouds-)beheer is het van belang dat verschillende objecten van verschillende entiteiten gegroepeerd kunnen worden tot een superentiteit. Deze methodiek wordt gebruikt om beheersgegevens en (onderhouds)kosten op een grovere manier te kunnen invoeren.

Binnen Gisratio wordt gebruik gemaakt van parent-child-relaties (superentiteit, entiteit en subentiteit), geografische relaties en administratieve relaties (relationele database). Het gebruik van parent-child-relaties kan als volgt worden geschematiseerd worden.



Figuur 5.5 databasestructuur beheersystemen GISWAK-GISWAB

Het gebruik van geografische relaties wordt geschematiseerd in het volgende figuur:



Figuur 5.6 entiteit-relatiediagram object en gebieden

De exacte invulling kan per organisatie verschillen en dient dus tot op zekere hoogte flexibel te zijn. Primair zullen vooral de volgende entiteiten worden opgenomen:

- oppervlaktewater (watergangen, hydrologische vakken, onderhoudsvakken);
- waterkeringen;
- kunstwerken (duikers, gemalen, profielverdediging, stuwen enzovoort).

Daarnaast kunnen enkele aanvullende gegevens van belang zijn die tot specifieke onderhoudshandelingen leiden of beperkend zijn, zoals:

- gebieden (natuurgebieden, keurbegrenzing, hydrologische gebieden);
- vastgoedelementen;
- kabels en leidingen.

Ten derde kunnen gegevens worden onderscheiden die ondersteunend kunnen werken, zoals:

- administratieve gebieden;
- kadastrale gegevens;
- verleende vergunningen;
- dwars- en lengteprofielen (en hoogtelijnen en -vlakken);
- meetlocaties en meetpunten.

### 5.3 Modelleren gegevensopslag onderhoudssystematiek

#### 5.3.1 Analyse onderhoudssystematiek

In de huidige beheersystemen worden alleen de eigenschappen van (geografisch) te onderscheiden objecten opgeslagen. Voor een applicatie voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud dienen tevens gegevens over de betreffende onderhoudssystematiek (de procesgegevens) te worden meegenomen.

Evenals bij de opslag van beheersgegevens kan voor de onderhoudssystematiek een boomstructuur gegeven worden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in:

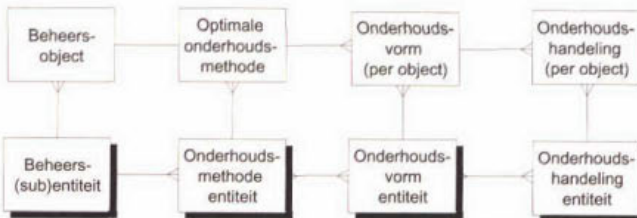
- onderhoudshandelingen;
- onderhoudsvormen;
- onderhoudsmethoden.

In dit onderscheid is de onderhoudshandeling de meest gedetailleerde beschrijving van onderhoudswerkzaamheden aan een object. Hierbij kan gedacht worden aan de beschrijving van werkzaamheden volgens de RAW-besteksystematiek. Wanneer een aantal onderhoudshandelingen aan een object een samenhang heeft (bijvoorbeeld binnen een procesgang) kunnen deze worden gezien als een onderhoudsvorm. Binnen het totale bestek kunnen echter verschillende objecten zijn opgenomen. Wanneer een lange termijn wordt beschouwd (bijvoorbeeld vijf jaar) dan zullen op een bepaald object verschillende onderhoudsvormen op diverse tijdstippen zijn uitgevoerd. Zo'n verzameling onderhoudsvormen wordt een onderhoudsmethode genoemd. Dit kan als volgt worden gemodelleerd:



Figuur 5.7 modelleren onderhoudssystematiek 1

Gelijksoortige objecten die overeenkomstige omstandigheden hebben, zullen veelal ook een overeenkomstige manier van onderhoud hebben. Afhankelijk van de mate van overeenkomst tussen eigenschappen en omstandigheden kunnen de exacte hoeveelheden, tijdstippen en frequenties verschillen. Daarnaast kan de daadwerkelijke onderhoudssystematiek qua structuur op onderhoudsvorm-, onderhoudsmethode- of onderhoudshandelningsniveau verschillen. Door overeenkomstige onderhoudsactiviteiten per niveau te groeperen in een database kan een doorzichtige structuur worden gecreëerd. Dit heeft als voordeel dat vraagstellingen op een eenvoudige manier binnen het informatiesysteem kunnen worden geïmplementeerd. De volgende structuur wordt voorgesteld:



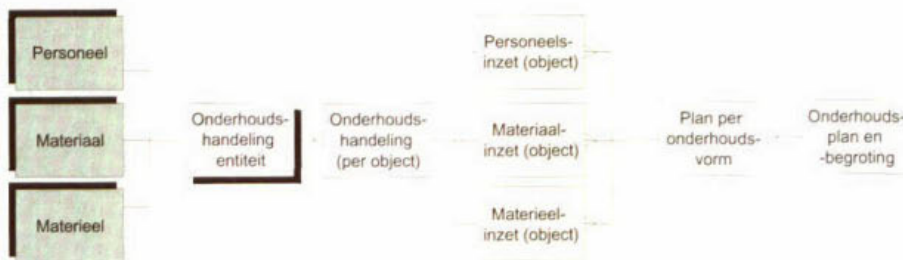
Figuur 5.8 modelleren onderhoudssystematiek 2

Op entiteitniveau bestaan  $n:n$  relaties tussen onderhoudsmethode en -vorm en tussen vorm en activiteit. Voor iedere te definiëren onderhoudsmethode wordt een database aangemaakt welke de opgenomen onderhoudsvormen bevat. Hetzelfde principe wordt ook toegepast voor de definitie van een onderhoudsvorm. Per onderhoudsvorm wordt in een aparte database aangegeven welke onderhoudshandelingen hiertoe behoren. Op vormniveau kunnen in deze database ook gegevens worden opgenomen over frequentie, tijdstip in jaar en toe te rekenen kostensoorten. Op het grootste detailniveau (handelingsniveau) kunnen eenheidscijfers van kosten en productiviteit, benodigd personeel en materieel, te verwerken materiaal en eventueel kostensoorten (hulpmiddelen voor financiële applicaties) gegeven worden.



Figuur 5.9 modellering boomstructuur onderhoudssystematiek

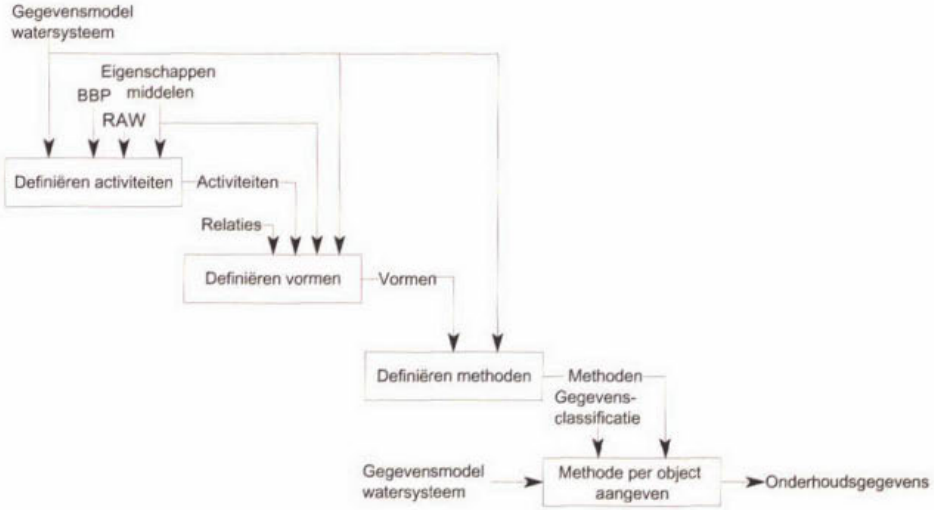
Voorgaande structuur heeft daarnaast als voordeel dat op entiteitniveau koppelingen naar gegevensbeschrijvingen kunnen worden gelegd. Dit kan een enorme winst opleveren met betrekking tot opslagcapaciteit. Een voorbeeld hiervan is de koppeling tussen de entiteit onderhoudshandeling en databases met daarin gegevens over benodigd personeel, benodigde materialen en benodigd materieel. Het vooronderzoek geeft als aanbeveling hierin een duidelijke scheiding aan te brengen. Deze aanpak geeft mogelijkheden voor het genereren van bestekken als uitvoer. De verschillende koppelingen kunnen als volgt worden gemodelleerd:



Figuur 5.10 detaillering modellering onderhoudssystematiek

Op het moment dat de eenheden per onderhoudshandeling aan een object bekend zijn, kan de inzet van personeel, materieel en materiaal eenvoudig worden bepaald. Vervolgens kunnen ook kosten en de benodigde tijdsduur worden bepaald. Voor het aansluiten op bijvoorbeeld een bepaalde begrotings-systematiek kunnen op het activiteitsniveau ook aanvullende gegevens worden opgenomen zoals

kostensoorten, plan- en kostenproducten. De methodiek voor het definiëren van de activiteiten, vormen en methoden wordt weergegeven in het figuur 5.11.



Figuur 5.11 analyse onderhoudsmethodiek

### 5.3.2 Aansluiting op plannings- en begrotingstechnieken

Wanneer moet worden aangesloten op bepaalde plannings- en begrotingstechnieken moet rekening gehouden worden met de definitie van de activiteiten, vormen en methoden.

Alhoewel het opstellen van bestekken vergelijkbaar is met het plannen en begroten van onderhoudswerkzaamheden, ligt het detailniveau van het bestek hoger dan die van de reguliere onderhoudsplanning [Sardjoe, 1999]. De oorzaak is voornamelijk gelegen in het verschil in tijdstip van opstellen. Een bestek wordt pas vlak voor de uitvoering opgesteld terwijl een planning reeds in een eerder stadium wordt gemaakt. De binnen een bestek te onderscheiden werkzaamheden kunnen wel als basis dienen voor het definiëren van de activiteiten. Door volledig aan te sluiten op een besteksystematiek ontstaan zeer gedetailleerde plannen die later eenvoudig kunnen worden omgezet naar een bestek.

In moderne begrotingstechnieken, zoals het BBP, worden kosten en opbrengsten toegeschreven naar geleverde output (producten en diensten). Er kunnen binnen het onderhoud verschillende soorten uitgaven worden onderscheiden. Elke uitgave is gekoppeld aan een geleverde prestatie. Dit betekent dat aan elke prestatie een of enkele soorten uitgaven zijn gekoppeld, de kostensoorten. Door de prestaties tot in detail uit te splitsen is het mogelijk om aan elke prestatie een enkele kostensoort te koppelen [Sardjoe, 1999]. Om hierop aan te kunnen sluiten dienen de activiteiten, zijnde het grootste detailniveau, dusdanig gedefinieerd te worden dat deze slechts een kostensoort bevat. Hier vloeit wel uit voort dat verschillende gelijksoortige activiteiten gedefinieerd kunnen worden met het enige verschil de toe te rekenen kostensoort. Voor het

groeperen van activiteiten tot projecten hoeft dit echter geen consequenties te hebben daar de gebruikte middelen overeenkomen (zie figuur 5.12).



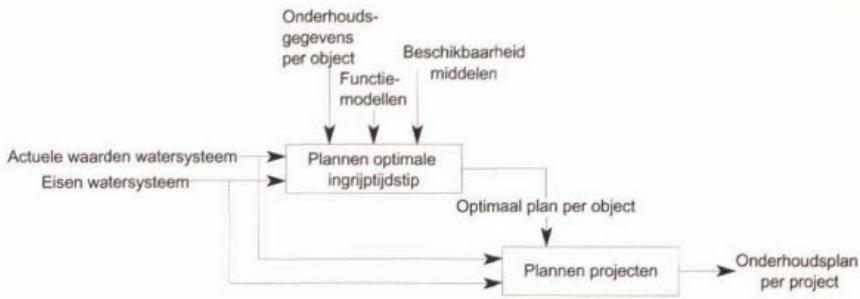
Figuur 5.12 systeemanalyse definiëren activiteiten

### 5.3.3 Modelleren ondersteunende gegevens

Ter ondersteuning van de gebruiker kunnen aan de hand van eigenschappen en omstandigheden automatisch selecties worden gemaakt van mogelijke onderhoudshandelingen, -vormen en -methodieken. Hiertoe kunnen allereerst op entiteitsniveau verzamelingen van mogelijkheden worden opgesteld. Daarnaast kunnen objecten die in eenzelfde periode een soortgelijk onderhoud behoeven, gegroepeerd worden tot projecten. Het uitvoeren van onderhoudswerken in projecten leidt veelal tot grote kostenbesparingen. Binnen een geautomatiseerd informatiesysteem kunnen zoekacties gedefinieerd worden naar uit te voeren onderhoudsactiviteiten die op bepaalde eigenschappen overeenkomsten vertonen. Deze overeenkomsten kunnen betrekking hebben op:

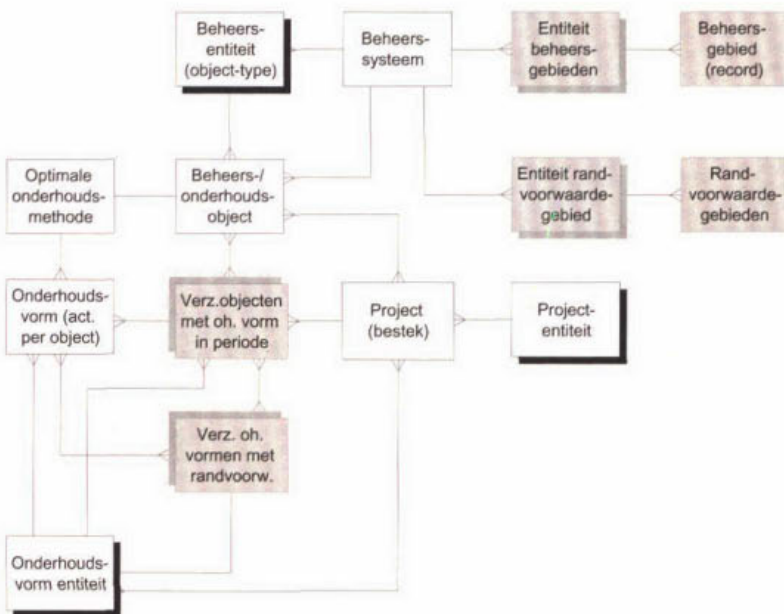
- soortgelijke functies (dezelfde entiteit);
- soortgelijke onderhoudshandelingen aan totaal verschillende objecten (van verschillende entiteiten);
- (optimale) tijdstippen dat het onderhoud moet worden uitgevoerd;
- randvoorwaarden en/of functies die door de omgeving worden gesteld aan de onderhoudsactiviteit;
- randvoorwaarden die door de onderhoudsactiviteit worden gesteld aan de omgeving.

Zo worden groepen van objecten gevormd die gelijktijdig onderhouden kunnen worden tegen veelal lagere kosten dan wanneer deze apart bekeken zouden worden. Deze objecten hoeven echter niet van dezelfde entiteit te zijn. Als voorbeeld kan de entiteit 'maaien grasmat' gegeven worden die van toepassing is op zowel de bekleding van de waterkering (talud en berm) als op de wegberm, talud van wegsloot en talud van watergangen. De werkwijze om tot projecten te komen, wordt in het figuur 5.13 gegeven.



Figuur 5.13 systeemstructuur Gisratio

In het volgende model worden relaties aangegeven tussen objecten (gelegen in gebieden), onderhoudsvormen, entiteiten en de verschillende te vormen groepen (projecten):

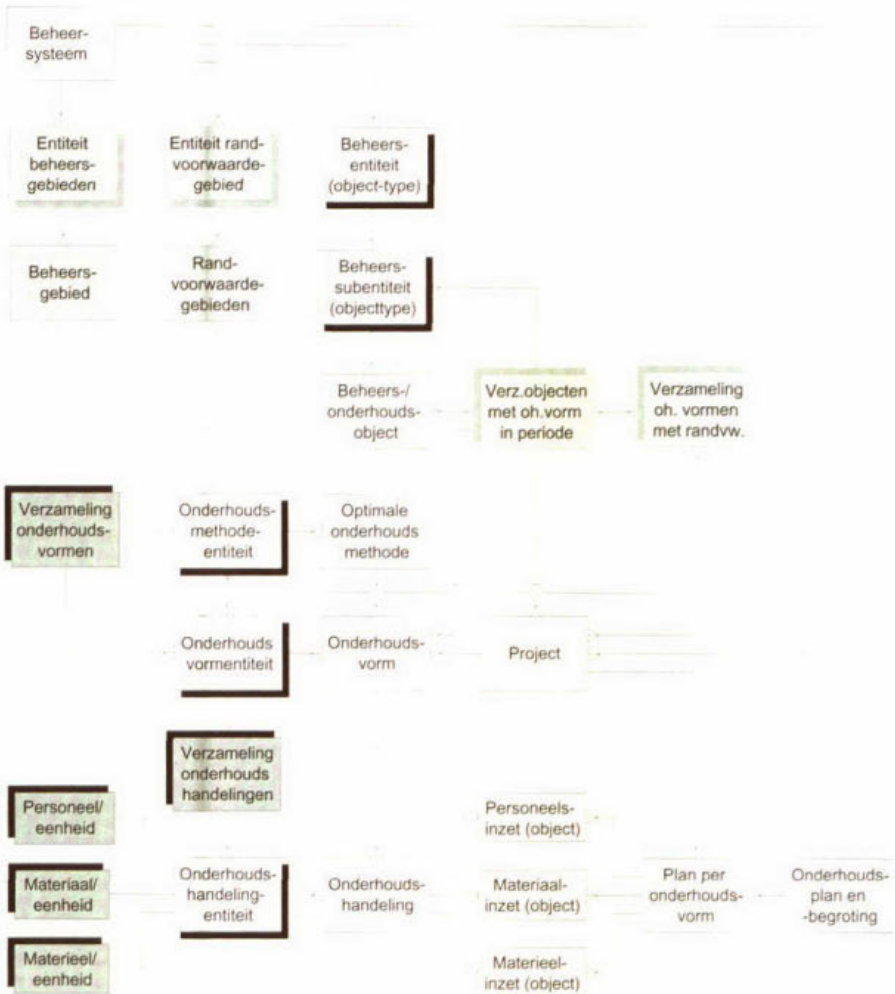


Figuur 5.14 detaillering modellering onderhoudssystematiek



## 5.4 Samenvatting systeemmodellering Gisratio

Alle voorgaande modellen kunnen in elkaar worden geschoven tot een enkel model (entiteit-relatiediagram) welke is weergegeven in figuur 5.15.



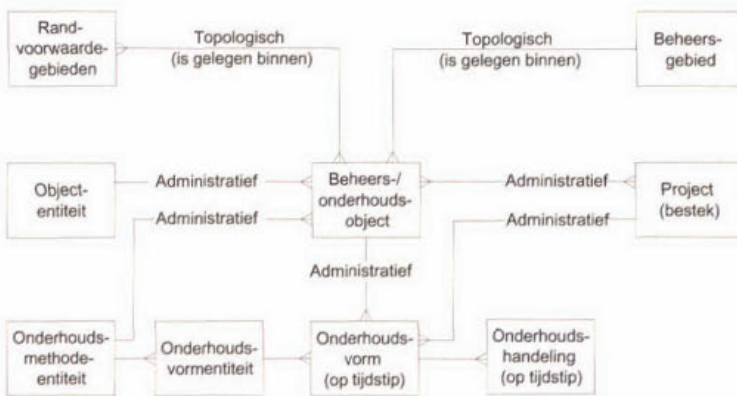
Figuur 5.15 modellering watersysteem

Uit de verschillende entiteit-relatiediagrammen is een databasestructuur voor de applicatie Gistratio gedestilleerd. Hierin zijn de entiteiten gezien als de verschillende databases. Door het gebruik van topologie en een relationele database structuur kan de informatie op een efficiënte en flexibele manier worden opgeslagen. De gegevens van een enkel object worden hierdoor in diverse databases (administratief en geografisch) opgeslagen. De verschillende gegevenssoorten zijn daarom op verschillende manieren met elkaar gekoppeld:

- topologische relaties (ligt in, ligt nabij, grenst aan, kruist met);
- administratieve relaties (door gebruik van sleutelvelden).

In het voorgaande figuur is niet duidelijk of een relatie geografisch of administratief wordt gelegd. Elke relatie is in principe administratief te leggen. Relaties tussen geografische objecten (vlakken, lijnen en punten) kunnen echter veel efficiënter via topologische relaties worden gelegd. Dit vereist het gebruik van een GIS.

Voor een willekeurig object zijn de verschillende soorten relaties tussen de gegevenssoorten in figuur 5.16 weergegeven.



Figuur 5.16 relaties gegevenssoorten met object

## 5.5 Specificaties functionaliteit Gistratio

In hoofdstuk 2 en het rapport 'Definitie van uitvoerproducten Gistratio' [Van de Looij, 1998d] is aangegeven dat er vier functionaliteitsniveaus voor de applicatie Gistratio worden onderscheiden. Het is van belang dat het totale proces binnen een enkel systeem kan worden ondergebracht waarbij de functionaliteitsverschillen tussen de verschillende gebruikers goed is afgeschermd. Binnen de applicatie Gistratio is een basismodule ontwikkeld met voor elk van de vier functionaliteitsniveaus een afzonderlijke module. Vanuit deze specifieke module wordt functionaliteit vrijgegeven. Het is afhankelijk van de organisatievorm van het waterschap hoe de verantwoordelijkheden over de werknemers zijn verdeeld. Dit heeft gevolgen voor de gewenste functionaliteit van de applicatie. Er zijn daarom vrijheidsgraden ingebouwd met betrekking tot de verantwoordelijkheden. Daarnaast bestaan per organisatie verschillende invullingen qua te onderscheiden outputproducten. Toch konden lay-outs van enkele standaardformulieren worden gegeven.

Een BOS voor algemeen bestuur en dagelijks bestuur (functionaliteitsniveau 1) vereist enkel functionaliteit voor globale visualisatie en zeer kleine analysemogelijkheden over de verschillende sectoren. Het bestuur neemt een beslissing over door hoger management aangeleverde alternatieven. Deze beslissingen hebben dus niet alleen betrekking op het onderhoud. De functionaliteit is daarom beperkt tot het aanleveren van informatie over het beleid inzake het onderhoud die vergeleken kan worden met het andere beleid. Deze informatie zal met name op papier (op standaardformulieren) worden uitgeleverd. Een deel van de functionaliteit is reeds opgenomen in bestaande administratieve informatiesystemen die in het kader van het BBP worden gebruikt.

Het gebruik van computers is binnen dit functionaliteitsniveau geen noodzaak en niet altijd een wens. Een groot aantal personen op dit organisatieniveau is zelfs nog volledig onbekend met de computer. Het ligt in de verwachting dat in de toekomst steeds meer personen op dit organisatieniveau het gebruik van de computer op prijs gaan stellen.

Binnen functionaliteitsniveau 2 dient informatie gevisualiseerd te worden die door andere niveaus (met name niveau 3) zijn aangemaakt. Het betreft hier met name de bestekken (projectplannen) van grotere werkzaamheden (baggeren, maaien, groot onderhoud kunstwerken) en totaaloverzichten. Het BOS bevat hulpmiddelen om de specifieke onderhoudsgegevens te integreren met de andere waterschapsinformatie (jaarbegroting waterschap, meerjarenbegroting waterschap).

De gegevensinvoer voor het BOS vindt plaats binnen functionaliteitsniveau 3. Het betreft zowel gegevens over het watersysteem als de planning en budgettering van onderhoudsactiviteiten. Binnen dit niveau is derhalve visualisatie met hoge mate van detail noodzakelijk naast uitgebreide analysemogelijkheden met veel vrijheden. Het kader genereert output voor zowel het hoger management (alternatieven, vergelijkingen, rekeningen) als de werkvloer (zeer gedetailleerde werkplanning).

Het is afhankelijk van de organisatievorm en organisatiestructuur van een waterschap hoe de verantwoordelijkheden over de werknemers zijn verdeeld. Dit noodzaakt tot flexibiliteit van de functionaliteit van de applicatie.

Het BOS voor de werkvloer dient enkel voor het visualiseren van de werkplannen die binnen niveau 3 (door het kader) zijn opgesteld. Het betreft hier zeer gedetailleerde informatie over de uit te voeren werkzaamheden (zoals activiteitenlijst en routing) en gegevens over de te onderhouden objecten zoals locatie, inspectiewaarden en gewenste waarden. De functionaliteit is daarom beperkt tot het visualiseren van thematische kaarten en tabellen.

Het uitvoerend personeel is veelal verantwoordelijk voor het inspecteren van de te onderhouden objecten. De inspectiegegevens dienen vervolgens in het BOS te worden ingevoerd. Dit kan via een omweg door het invullen van standaardformulieren (papier of digitaal) of rechtstreeks (penmap of notebook). Waar mogelijk dienen deze gegevens in de originele beheersystemen te worden ingevoerd (objectgegevens in beheersysteem en onderhoudsgegevens in Gisratio).

## 5.6 Conclusies

Bij de ontwikkeling van een BOS dient te worden uitgegaan van verschillende modules die los van elkaar gemodelleerd en gebouwd kunnen worden. Elke module kan daarbij weer bestaan uit kleinere modules. Op het kleinste detailniveau kunnen twee modules worden onderscheiden:

- modellering van proces en watersysteem;
- plannen, begroten en analyseren van onderhoudswerkzaamheden.

Bij het definiëren van een onderhoudsmodel kunnen een drietal detailniveaus worden onderscheiden: activiteiten, vormen en methoden. De specifieke gegevens over de werkzaamheden worden op activiteitsniveau (grootste detail) vastgelegd. Een vorm beschrijft de activiteiten die binnen een bestek aan een object worden uitgevoerd. Hierbij is het van belang dat aan alle eisen en randvoorwaarden van de definitie van de activiteiten wordt voldaan (zoals kostprijs, kostensoort, benodigd personeel enzovoort). De methode beschrijft de mogelijke vormen aan een object welke gedurende de levensduur kunnen en mogen worden uitgevoerd. Deze methodiek is zeer flexibel en geeft een gestructureerd model met een minimale invoer van gegevens over de werkzaamheden.

Bij het modelleren van het onderhoudsproces kan in de entiteit-relatiediagrammen onderscheid worden gemaakt in objectgegevens, entiteit-gegevens en verzamelingen. Een deel van de gegevens is niet noodzakelijk maar dient ter ondersteuning of als tussenresultaat van een bewerking of bevraging.

Het detailniveau van een bestek ligt hoger dan het gewenste detailniveau bij het plannen van de werkzaamheden. Door bij de definitie van de werkzaamheden in te springen op de structuur van het bestek kan deze op een later tijdstip eenvoudiger uit een planning gedestilleerd worden.

Door op activiteitsniveau aan te geven welke soort output hiermee gerealiseerd wordt, kan zonder veel inspanningen worden aangesloten op het BBP. Deze methodiek leidt tot een toename van het aantal activiteiten maar heeft geen invloed op de te definiëren projecten.

De modellering van de functies van een watersysteem wordt binnen Gisratio niet meegenomen. De output van deze systemen kan wel als input dienen van Gisratio.

Bij het definiëren van een databasestructuur is het verstandig en efficiënter om geografische relaties ook als zodanig op te slaan. Hiervoor is het gebruik van een GIS noodzakelijk.

De functionaliteit van Gisratio is in vier niveaus onder te verdelen. Het derde niveau (kader) neemt een sleutelpositie in aangaande de functionaliteit voor de invoer van de gegevens van het watersysteem, de onderhoudsmethodiek en de onderhoudsplannen. De overige functionaliteitsniveaus dienen met name voor het visualiseren van de door het kader ingevoerde data.



## Hoofdstuk 6 Toepassingen

### 6.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is het ontwerp van Gistratio beschreven. Hierbij zijn enkele voorbeelden gegeven die zich voor kunnen doen. De werkelijkheid is echter altijd anders. In dit hoofdstuk wordt daarom een beschrijving gegeven van een tweetal uitgevoerde testcases. De eerste testcase betreft het gebruik van de beheersapplicatie GISWAB bij Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. De tweede testcase beschrijft het gebruik van GISWAK en GISWAB binnen waterschap De Brielse Dijkkring en het gebruik van Gistratio voor het opstellen van onderhoudsplannen en -budgetten.

### 6.2 Gebruik van een geografisch legger-beheersysteem

#### 6.2.1 Algemeen

In het kader van het Integraal Waterbeheersplan Zuid-Holland Zuid [TAUW, 1992] is in 1996 een notitie model-legger waterkwantiteitsbeheer opgesteld [werkgroep IWBP, 1997]. In deze notitie is vastgelegd welke gegevens in de legger moeten worden opgenomen. Voor de vastlegging van deze gegevens is gebruik gemaakt van de applicatie GISWAB. Hierbij is een gefaseerde aanpak gevolgd. In de volgende paragrafen worden de bevindingen van de eerste fase van het totale project gegeven. De werkzaamheden van deze fase vonden plaats in 1997.

Het gebruik van GISWAB voor de vastlegging van leggergegevens bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden betrof de eerste toepassing van de applicatie in een bedrijfsmatig proces. Hiertoe werd een beperkte set entiteiten en de bijbehorende gegevenselementen ingevoerd in de applicatie voor een testgebied.

#### 6.2.2 Beschrijving testgebied

Het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden is een van de zes individuele waterschappen die de waterkeringen, de kwantitatieve waterhuishouding, de vaarwegen en de wegen buiten de bebouwde kom in het gebied in Zuid-Holland Zuid beheert. De kwalitatieve waterhuishouding wordt verzorgd door een zuiveringschap. Het beheersgebied van het hoogheemraadschap is gelegen tussen de Lek (in het noorden), de Noord (in het westen), de Merwede (in het zuiden) en de Diefdijk (in het westen).



Figuur 6.1 ligging testgebied in Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden

Voor de eerste toepassing van GISWAB is gekeken naar een van de 35 bemalingsgebieden in de afdeling Overwaard. Dit bemalingsgebied bestaat uit een vijftal peilgebieden:

- Middelbroek (900 ha.);
- Ameide en Tienhoven (700 ha.);
- Meerkerk Noord (50 ha.);
- Eendekooi de Zouwe (10 ha.);
- Hoenderwiel (4 ha.).



Figuur 6.2 detaillering testgebied

Het bemalingsgebied bevat 32 kunstwerken (2 stuwen, 14 duikers, 2 inlaatduikers, 9 bruggen en 1 gemaal) en 55 hoofdwatergangen met een totale lengte van 30 kilometer welke in het beheer zijn van het hoogheemraadschap. De bodemopbouw varieert van klei tot klei op veen. De gemiddelde maaiveldhoogte ligt tussen 0,5 en 1 meter beneden NAP.

### 6.2.3 Werkwijze

De applicatie GISWAB is gebaseerd op de software-pakketten AutoCAD, ArcCAD en ArcView [Van de Looij, 1996b]. AutoCAD is een uitgebreid tekenpakket [Autodesk, 1992]. ArcCAD is een binnen AutoCAD geïntegreerd GIS welke is gebaseerd op Arc/INFO [ESRI, 1995]. ArcView is een eenvoudige applicatie voor het visualiseren en analyseren van (geo)grafische informatie [ESRI, 1996].

Met het AutoCAD/ArcCAD-gedeelte wordt de geografische database van GISWAB opgebouwd en geactualiseerd. Het ArcView-gedeelte van GISWAB wordt gebruikt door de (beleidsmatig georiënteerde) eindgebruikers, om opgebouwde CAD-, raster- en GIS-bestanden te kunnen bekijken en analyseren. Ook kunnen vanuit ArcView koppelingen worden gerealiseerd naar databases in andere omgevingen (zoals het AS400-platform). De AutoCAD/ArcCAD-medewerker beheert de GIS-bestanden. De ArcView-gebruiker kan deze bestanden "slechts" raadplegen.

### 6.2.4 Gefaseerde implementatie

Voor de implementatie van GISWAB bij het hoogheemraadschap is gekozen voor een gefaseerde aanpak. Daaraan liggen de volgende beweegredenen ten grondslag [Tuinen, 1997]:

- Er moet nog ervaring worden opgedaan met het gebruik van GISWAB. Dit betreft zowel het invoeren en bewerken van gegevens door de medewerker die de GIS-bestanden beheert, als ook het bekijken en bevragen van GIS-bestanden (met ArcView) door de eindgebruikers.
- Voorkomen moet worden dat onnodig veel tijd besteed wordt aan het verzamelen en completeren van gegevens voor het gehele beheersgebied, terwijl de relevantie van die gegevens laag of nog onduidelijk is.
- Indien op betrekkelijk korte termijn enkele goed bruikbare GIS-bestanden met voor het operationele waterbeheer primaire entiteiten worden opgebouwd, kan daarvan een stimulans voor de verdere implementatie van GISWAB verwacht worden.

Op grond van de hiervoor genoemde beweegredenen is voor de implementatie van GISWAB gekozen voor een indeling in vijf fasen [Tuinen, 1998]. Daarbij wordt in de eerste fase van de implementatie een geselecteerde set entiteiten uit het GISWAB-datamodel ingevoerd voor een deel van het beheersgebied. Deze gegevens worden in de tweede fase beschikbaar gemaakt voor de eindgebruikers. In de derde fase van de implementatie wordt de invoer van de geselecteerde set entiteiten uitgebreid naar het gehele beheersgebied. In de vierde fase worden, in aanvulling op de geselecteerde set entiteiten en gegevens-elementen, overige entiteiten en gegevenselementen van het datamodel van GISWAB ingevoerd voor het gehele beheersgebied van het hoogheemraadschap. De laatste fase bestaat uit het actueel houden van de ingevoerde gegevens. De testcase heeft zich gericht op de eerste fase. Daarnaast is, in ArcView, het gebruik van de GISWAB-gegevens getest.

Bij de selectie van de in de eerste en tweede fase op te nemen set van entiteiten hebben de volgende criteria een rol gespeeld:

- voorkeur voor entiteiten die van primair belang zijn voor het operationele waterbeheer door het hoogheemraadschap. Hieronder vallen in ieder geval de leggergegevens;
- voorkeur voor entiteiten, die grafisch en/of administratief reeds digitaal beschikbaar zijn, waardoor de invoer in GISWAB sneller kan plaatsvinden.

Verder is gekeken naar de, in de vierde fase, in te voeren aanvullende entiteiten. Een uitgangspunt daarbij was dat niet alle entiteiten volgens het Datamodel GISWAB [Tuinen, 1995] voor het beheersgebied van het hoogheemraadschap noodzakelijkerwijs worden ingevuld. Wanneer de noodzaak ontbreekt om bepaalde entiteiten op te nemen en/of wanneer het verzamelen van de gegevens van bepaalde entiteiten een onevenredig grote inspanning vereist, worden deze entiteiten niet ingevuld.

Ten aanzien van de topografische ondergronden die gebruikt worden tijdens het werken met GISWAB worden de volgende voorstellen gedaan [Oomens, 1995]:

- de invoer van gegevens in GISWAB: TOP10-vector;
- het werken met de situatietekeningen van GISWAB: TOP10-vector;
- het werken met de overzichtstekening van GISWAB: Kleinschalige digitale kaart HHS.;
- het werken met IBM AS-400 applicaties als ORBIS-436, POST-400 en VERG-400: Digitale kadastrale kaart.

### 6.2.5 Datamodel

Tijdens de ontwikkeling van het pakket GISWAB zijn de op te nemen gegevens uitvoerig aan de orde geweest. Dit heeft geresulteerd in het datamodel GISWAB, waarin de door de waterschappen in Zuid-Holland Zuid gewenste entiteiten en bijbehorende gegevenselementen zijn opgenomen. Binnen dit uitgebreide datamodel is een groot aantal entiteiten en gegevenselementen opgenomen die niet voor elke organisatie even bruikbaar is.



Voor de eerste en tweede fase van de implementatie van GISWAB bij het hoogheemraadschap is een selectie gemaakt uit de in dit datamodel opgenomen entiteiten en gegevenselementen.

In tabel 6.1 worden de hoofd- en subentiteiten weergegeven die voor invoering in de eerste en tweede fase van de implementatie van GISWAB bij het hoogheemraadschap zijn geselecteerd. Hierbij is een onderverdeling gemaakt naar geografische presentatie (vlak, lijn, punt).

Tabel 6.1 (sub)entiteiten voor invoer in de eerste en tweede fase van de implementatie van GISWAB

Hoofdentiteiten		Subentiteiten
Vlakken	Hydrologisch gebied	Afvoergebied
		Peilgebied
	Administratief gebied	Beheersgebied waterschap
		Waterschapsafdeling
		Functietoekenningsgebied
		Peilafwijking
		Streekplangebied
Gemeentegrenzen		
Lijnen	Oppervlaktewater	-
	Hydrologisch vak	Afvoervak Aanvoervak
Punten	Kunstwerk	Gemaal
		Pomp
		Stuw
		(Overige in de legger op te nemen kunstwerken)
	Hoogtepunt	-
Peilschaal	-	

Van elk element worden administratieve kenmerken (attributen) gekoppeld aan de grafische representatie. Een uitwerking is te vinden in het document Implementatieplan GISWAB [Tuinen, 1997].

In de tweede fase zijn vervolgens de geselecteerde entiteiten voor het gehele beheersgebied van het hoogheemraadschap ingevoerd, komen in de derde fase van de implementatie aanvullende entiteiten in aanmerking voor invoer in GISWAB. Het betreft de volgende (sub)entiteiten:

Tabel 6.2: (sub)entiteiten voor eventuele invoer in de derde fase van de implementatie van GISWAB

Hoofdentiteiten	Subentiteiten	
Vlak	Afwateringseenheid	-
	Hydrologische gebied	5 subentiteiten (peilgebied, afvoergebied, aanvoergebied enzovoort)
	Administratief gebied	14 subentiteiten (gemeente, provincie, beheersgebied waterschap, afdelingen, districten enzovoort)
	Verhard gebied	-
	Rioolstelsel	-
	Rioolbemalingsgebied	-
Lijn	Hydrologisch vak	8 subentiteiten (afvoervak, aanvoervak, onderhoudsvak, oevervak, enzovoort)
	Profielverdediging	-
	Profielverdedigingstraject	-
	Baggertraject	-
	Doorspoeltraject	-
	Hoogtelijn	-
	Weg	-
	Plaats dwars- of lengteprofiel	-
Punt	Kunstwerk	15 subentiteiten (brug, duiker, gemaal, sluis, stuw, enzovoort)
	Overig vastgoed element	-
	Knooppunt	-
	Meetlocatie	-
	Meetpunt	-
	Rioolwaterzuiveringsinstallatie	-
	Rioleringselement	-

### 6.2.6 Personele en organisatorische aspecten

De invoer van het beheersysteem GISWAB heeft invloed op een belangrijk deel van de betreffende organisatie, met name op de sectie waterbeheer. Er kan daarbij onderscheid worden gemaakt in twee soorten gebruikers:

- de beheerders die gegevens invoeren en bijhouden in GISWAB (CAD/GIS-station);
- de gebruikers die gegevens enkel bekijken en analyseren (standaard systeemconfiguratie).

De daadwerkelijke (digitale) invoer van gegevens is een niet onaanzienlijke taak waarbij qua tijdsbesteding, afhankelijk van de grootte van het beheersgebied, moet worden gedacht aan minimaal een tot enkele maanden. Daarbij dient bedacht te worden dat (nog niet aanwezige) gegevens moeten worden verzameld of zelfs ingemeten. Nadat de gegevens voor de eerste maal zijn ingevoerd dienen deze vervolgens up to

date gehouden te worden (geactualiseerd). Ook hiervoor dient in de toekomst met een aanzienlijke tijdsbesteding rekening te worden gehouden.

Bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden wordt ernaar gestreefd dat slechts een persoon belast is met de invoer en bijhouding van de gegevens. In noodgevallen kan worden teruggevallen op reservecapaciteit (medewerker + GIS-station) in de tekenkamer. De betreffende personen dienen ervaring te hebben met het tekenpakket AutoCAD en enige kennis te bezitten van GIS (hierbij moet worden gedacht aan hbo-niveau of mbo met ruime ervaring). De applicatie GISWAB is echter zo gestructureerd dat er geen kennis aanwezig hoeft te zijn met betrekking tot de *commando's* en functies van ArcCAD. Enkel de onderliggende gedachte van geografische informatiesystemen moet bekend zijn. Om aangemaakte GISWAB-bestanden op een gebruikersvriendelijke manier beschikbaar te maken voor de eindgebruikers dient tevens kennis van ArcView aanwezig te zijn.

In totaal zullen acht personen gegevens in GISWAB willen bekijken en analyseren. Het gegevensgebruik uit het pakket GISWAB stelt enkele eisen aan de gebruiker. Het is van belang dat deze gebruiker ervaring heeft met het beheer en onderhoud van watersystemen (watergangen en kunstwerken). Verder wordt enige kennis van ArcView en de globale inhoud van, en gedachtegang achter de GW'96 als bekend verondersteld. De gebruikersvriendelijkheid voor de eindgebruiker is overigens met name afhankelijk van de manier waarop de GISWAB-bestanden voor ArcView beschikbaar worden gemaakt [Tuinen, 1998].

### **6.2.7 Toetsing methodieken**

De GISWAB-methodiek sluit met betrekking tot de grafische modellering, het tekenwerk, goed aan op de huidige methodiek. De huidige tekenmethodiek is echter niet altijd voor 100% over te nemen. Binnen GISWAB en GISWAK wordt van de tekenaar verwacht dat deze op een GIS-manier tekent. Dit betekent dat objecten als een geheel getekend moeten worden. In de praktijk bleek dat meer naar visuele output getekend werd. Deze werkwijze kan in principe worden doorgezet maar levert langere verwerkingstijden en grotere databases op en leidt tot onoverzichtelijke informatie.

Voor een groot deel van de op te nemen grafische gegevens bestond reed gedigitaliseerd materiaal. Het betrof hier kaarten van watergangen, kunstwerken, meetpunten, beheersgebieden, vakken en dwars-profielen. Hier kon echter niet altijd gebruik van worden gemaakt. De ondergrond van deze kaarten kwam echter niet altijd overeen en was slechts in een beperkt aantal gevallen gebaseerd op de Top10-vector. De informatie die standaard in de TOP10-kaarten is opgenomen, is slechts beperkt bruikbaar voor gebruik als beheer- en leggerinformatie. Van de objecten welke in beheer zijn bij het waterschap is veelal onvoldoende informatie opgenomen. Het betreft met name het detailniveau dat onvoldoende is. Objecten worden wel aangegeven op kaarten maar de exacte ligging en geometrie is onvoldoende gedetailleerd weergegeven. Hiervoor zijn derhalve extra inspanningen vereist met betrekking tot inmeten en digitaliseren.

Met betrekking tot de administratieve modellering bestond tot op heden nauwelijks ervaring binnen de technische dienst. De administratieve gegevens die binnen de technische dienst werden bijgehouden hadden met name betrekking op de geometrie. Incidenteel werden aanvullende administratieve gegevens over het watersysteem opgeslagen in spreadsheets en kleine databases. Binnen de administratieve dienst worden enkel administratieve gegevens bijgehouden met betrekking tot heffingen, vergunningen, post en kadastrale gegevens.

Binnen GISWAB dient nu aanvullende administratieve data toegekend te worden aan grafische objecten. In een aantal gevallen dient eveneens gegevens over de geometrie als numerieke waarden aan het betreffende grafische object gekoppeld te worden.

De applicatie GISWAB gaat uit van een scheiding tussen beheerders en gebruikers. Bij het hoogheemraadschap blijkt deze scheiding inderdaad te bestaan. Een persoon is verantwoordelijk voor de invoer en bijhouding van de gegevens. De opslag vindt echter centraal op een server plaats. Dit maakt het mogelijk om de ingevoerde data vanaf elk station te benaderen mits daartoe de rechten aanwezig zijn. Binnen de ArcView omgeving kan nu elke gebruiker de data per coverage benaderen, visualiseren en analyseren. Als alternatief worden binnen de ArcView-omgeving verschillende projecten gedefinieerd welke door de overige gebruikers te openen zijn. Dit heeft de volgende voordelen:

- Eenmalige definitie door een deskundige levert tijdwinst op. Het aanmaken van een goede lay-out vereist de nodige inspanning en deskundigheid. De aangemaakte projecten kunnen door verschillende personen gebruikt worden.
- Gebruik van dezelfde lay-out door de hele organisatie is duidelijker en overzichtelijker. GISWAB bezit niet over de functionaliteit voor het op uniforme wijze definiëren van een lay-out binnen de ArcView-omgeving.
- Definitie door een persoon die gegevens invoert en opslaat levert gebruiksgemak op voor overige gebruikers. Door de grote hoeveelheid aan files en directory's op de server kan het overzicht zoekraken.

Voor het aanmaken van kaarten in ArcView wordt tevens gebruik gemaakt van informatie die niet rechtstreeks in GISWAB is ingevoerd zoals foto's, rastertekeningen en door derden aangemaakte coverages. Daarnaast wordt verwezen naar gegevens die buiten GISWAB zijn opgeslagen zoals bestekstekeningen, dwars- en lengteprofielen, brieven, vergunningen, dossiers en subject-gegevens. Deze verwijzing vindt plaats door het opnemen van respectievelijk het nummer van de betreffende tekening het betreffende brief- of dossiernummer.

Het actualiseren van de informatie in GISWAB gebeurt continu. Dit heeft geen invloed op de normale ArcView-gebruiker. Deze werkt altijd met de meest recente informatie. Een aandachtspunt is wel dat de informatie voor de ArcView-gebruiker beschermd is tegen schrijven. Dit kan zowel binnen ArcView (door afschermen van bepaalde functies) als op netwerk niveau (beperking van rechten) geregeld worden.

### 6.2.8 Toetsing applicatiefunctie

De applicatie GISWAB bestaat in feite alleen uit een module voor invoer en bijhouding. Voor het normale gebruik van de gegevens wordt volledig teruggevallen op de standaardfunctionaliteit van ArcView. Gedurende de testcase is alleen gekeken naar de functionaliteit van de module voor invoer en bijhouding.

Binnen GISWAB wordt onderscheid gemaakt in een drietal detailniveaus:

- overzichtskaart met schaal 1:50.000;
- situatietekeningen met schaal 1:10.000;
- dwars- en lengteprofielen met een schaal in het horizontale vlak van 1:1.000 en in de hoogte van 1:100.

Daarnaast wordt onderscheid gemaakt in gegevens voor de legger en het beheersregister. Deze gegevens zijn volledig van elkaar losgekoppeld. Er bestaat alleen een geografische link. Objecten worden dus twee keer getekend, respectievelijk het ontwerp (of vorm volgens eisen en normen) en de werkelijkheid.

De gebruiker start met het selecteren van het gewenste detailniveau en de gewenste kaart. Vervolgens wordt deze kaart opgehaald waarna gekozen kan worden voor de invoer van gegevens voor de legger of het beheersregister. De grafische en administratieve invoer is binnen GISWAB van elkaar losgekoppeld.

De grafische invoer sluit aan op de normale CAD-invoer. Er dient hierbij wel een vast patroon gevolgd te worden. Omdat in een GIS gewerkt wordt, dient aangegeven te worden welke entiteit bewerkt moet worden. Vervolgens kan volgens de vertrouwde CAD-methode gewerkt worden. Een groot aantal routines wordt

automatisch door GISWAB verzorgd zoals aanmaken van lagen, definiëren van thema's (het geografisch model) en de toekenning van kleuren, lijntypen en symbolen.

Bij het tekenproces is het van belang dat objecten als een geheel getekend worden. Daarnaast worden enkele beperkingen opgelegd aan de hoeveelheid lijnstukken waaruit een lijn kan bestaan en de hoeveelheid lijnen/vlakken/punten die binnen een entiteit kunnen worden gemodelleerd. Gedurende de toets bleken deze bewerkingen niet relevant.

De administratieve data wordt gekoppeld aan de grafisch gemodelleerde objecten. Een administratieve beschrijving van een object kan pas worden ingevoerd nadat het object geografisch is gemodelleerd en vervolgens geselecteerd. Bij de geografische modellering wordt automatisch de alfanumerieke database gedefinieerd. Bij de invoer van de alfanumerieke gegevenselementen kan gebruik gemaakt worden van, zelf of centraal te definiëren, domeinen. Daarnaast kan voor numerieke waarden een controle op het bereik plaatsvinden. De invoer van alfanumerieke gegevens wordt per entiteit uitgevoerd. Vervolgens kan de invoer plaats vinden per gegevenselement voor een afzonderlijk object of voor een selectie van objecten.

GISWAB wordt uitgeleverd met een uitgebreid datamodel dat gebaseerd is op de GW'96 en ondersteund wordt door een zestal waterschappen. Het gebruik van dit datamodel is niet verplicht. Binnen de applicatie is een module opgenomen voor het aanmaken en bijwerken van datamodellen. Hierin kunnen (sub-) entiteiten worden aangemaakt en kunnen wijzigingen plaatsvinden wat betreft visualisering (kleuren, symbolen en lijntypen), definities van lagen, thema's, gegevenselementen, domeinen en het bereik van numerieke waarden. Opgemerkt dient te worden dat voor het aanmaken en verwijderen van entiteiten de menustructuur handmatig moet worden aangepast. Hiervoor is kennis van de taal DCL (Dialog Control Language) noodzakelijk. Dit is binnen een organisatie echter een eenmalig proces wat binnen het implementatietraject zal plaatsvinden.

De gegevens welke binnen GISWAB worden ingevoerd en beheerd, zijn voor verscheidene doelen bruikbaar. Doordat het standaard datamodel gebaseerd is op de GW'96, behoort een eenvoudige uitwisseling van deze informatie tot de mogelijkheden. Omdat GISWAB is gebouwd binnen de AutoCAD-ArcCAD omgeving zijn de aangemaakte bestanden voor veel externe applicaties direct bruikbaar. Het tekeningformaat, DWG, en het opslagformaat van de geografische data, ArcINFO-coverage, zijn de facto standaarden in respectievelijk de CAD- en GIS-gemeenschap. Er bestaat nog geen stekker op basis van de Stekkerdoos voor GISWAB. Niet alle momenteel in gebruik zijnde modellen in het Nederlandse waterbeheer kunnen overweg met de binnen GISWAB gebruikte opslagformaten. Voor een aantal van deze modellen worden wel stekkers ontwikkeld op basis van de Stekkerdoos. De ontwikkeling van een stekker voor GISWAB wordt daarom aangeraden.

### 6.2.9 Beheer en onderhoud van de applicatie

Om de continuïteit van de applicatie GISWAB te garanderen, is het beheer en onderhoud ondergebracht bij een commercieel bureau, Ingenieursbureau BCC GIS bv, te Leerdam. Dit bureau draagt zorg voor de ondersteuning van de applicatie (in de vorm van een helpdesk) en aanpassingen aan de programmatuur (oplossen van kleine fouten). De deelnemende waterschappen betalen hier een vast bedrag per jaar voor. Daarnaast worden opleidingen aangeboden en kan het implementatietraject worden begeleid. Daarnaast is een tweetal overlegorganen opgericht:

- gebruikersoverleg;
- stuurgroep.

Het gebruikersoverleg bestaat uit de daadwerkelijke gebruikers van de applicatie GISWAB, de beheerders. Deze voeren periodiek overleg (elk kwartaal) over de opgedane ervaringen bij het gebruik. In dit overleg worden wensen geformuleerd aangaande aanpassingen van de functionaliteit van de applicatie.

De stuurgroep stuurt de ontwikkelingen van de applicatie GISWAB op hoofdlijnen. Elk deelnemend waterschap vaardigt een vertegenwoordiger af die zitting in deze stuurgroep neemt. De wensen die door het gebruikersoverleg worden aangegeven, worden in dit overleg beoordeeld op haalbaarheid. Afhankelijk van het beschikbare budget kan opdracht voor het realiseren van een of enkele wensen worden gegeven.

### 6.2.10 Conclusies

Door de grote hoeveelheid aan gegevens die verzameld en bijgehouden moet worden voor de verschillende processen die spelen binnen het waterbeheer, is het gebruik van een GIS een uitkomst. De applicatie GISWAB biedt de mogelijkheid de benodigde informatie op een gebruikersvriendelijke, snelle en uniforme manier in te voeren en bij te houden. Doordat voor het standaard datamodel is aangesloten op de GW'96 en de opslagformaten de facto standaarden zijn binnen de CAD- en GIS-gemeenschap is de uitwisseling van informatie veelal mogelijk. De ondersteuning van de Stekkerdoos Water is echter aan te bevelen voor een betere aansluiting op modellen in het Nederlandse waterbeheer.

GISWAB is gebouwd binnen de AutoCAD-ArcCAD omgeving. De programmatuur combineert op een gebruikersvriendelijke manier de verschillende CAD- en GIS-functies. Op het moment dat ruime CAD- en GIS-kennis binnen de organisatie aanwezig is, hoeft geen gebruik gemaakt te worden van de applicatie GISWAB. Grote voordelen van het gebruik van GISWAB zijn echter dat de applicatie het invoer- en bijhoudingsproces sneller en gebruikersvriendelijker maakt en dat het maken van fouten grotendeels wordt uitgesloten.

Een voordeel van het voortbouwen op een bestaande CAD- en/of GIS-applicatie is dat gebruik kan worden gemaakt van de standaard aanwezige functionaliteit. Dit maakt het tevens eenvoudiger om ander (geo)grafisch materiaal op te nemen in de eigen beheersinformatie.

De Giswa-systematiek sluit goed aan bij de huidige manier van grafisch modelleren van het watersysteem. Er is alleen globale kennis noodzakelijk van het GIS-concept. Dit beperkt de noodzaak tot opleidingen en de eisen die aan de gebruiker worden gesteld. Met betrekking tot de invoer van de alfanumerieke component bestond tot op heden nauwelijks ervaring binnen de technische dienst. De functionaliteit van GISWAB maakt het eenvoudig de administratieve gegevens in te voeren en te koppelen aan de geografische gegevens.

Binnen het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden blijkt een duidelijke scheiding te bestaan tussen de invoer en het beheer en het gebruik van de GISWAB-gegevens. Het continu up to date houden van de gegevens aan de invoerkant van het systeem is geen belemmering voor het normale gebruik.

De gegevens binnen GISWAB zijn voor meerder doelen bruikbaar. Niet alle applicaties en modellen kunnen echter overweg met de opslagstructuur van GISWAB. De ontwikkeling van een standaard stekker wordt daarom aangeraden.

Door het onderbrengen van het beheer en onderhoud bij een commercieel bureau is de continuïteit van de applicatie GISWAB beter gewaarborgd. Door de instelling van een gebruikersoverleg en een stuurgroep kunnen problemen samen worden opgelost, kunnen wensen uit de verschillende organisatie gefilterd worden en kan consensus worden bereikt met betrekking tot verdere ontwikkelingen.

## 6.3 Gebruik van Gisratio in een testgebied

### 6.3.1 Werkwijze

Binnen het Waterschap De Brielse Dijkkring is in 1998-1999 een uitgebreide testcase uitgevoerd om de methodiek en de functionaliteit van Gisratio te toetsen en de output verder te detailleren. Voor een testgebied voor het waterkwantiteitsbeheer is een vergelijking gemaakt tussen de huidige methode van plannen en begroten en de mogelijkheden van Gisratio hiertoe. Binnen het testgebied is voor het beheer en onderhoud een beperkt aantal entiteiten beschouwd, te weten:

- hoofdwatervangingsgebieden;
- kunstwerken.

Daarnaast zijn ter ondersteuning gegevens van de volgende entiteiten meegenomen:

- afvoergebieden;
- districten;
- peilgebieden;
- peilafwijkingen;
- peilschalen;
- gemeentegrenzen.

Naast de invoer van de geografische en alfanumerieke objectgegevens in Gisratio (binnenhalen GISWAB-gegevens) dienen tevens gegevens te worden opgenomen van de te volgen onderhoudsstrategieën. Met behulp van de ingevoerde gegevens kunnen onderhoudsplannen en -begrotingen worden opgesteld en geanalyseerd. Daarnaast kan output worden gegenereerd.

### 6.3.2 Beschrijving testgebied

Het waterschap De Brielse Dijkkring maakt, evenals het in hoofdstuk 6.2 besproken Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, deel uit van het samenwerkingsverband van de waterschappen in Zuid-Holland Zuid. Het waterschap beheert de waterkeringen, de kwantitatieve waterhuishouding, de vaarwegen en de wegen buiten de bebouwde kom in het gebied onder de Maas in Zuid-Holland. Tot de taak van het waterschap behoort mede de zorg voor de toevoer van water voor de gemeente Rotterdam en het Hoogheemraadschap van Delfland.

Verreweg het grootste deel van het beheersgebied van het waterschap bestaat uit het eiland Voorne-Putten. Dit gebied wordt begrensd door het Oostvoornse meer in het noordwesten, het Hartelkanaal in het noorden, de Oude Maas in het noordoosten, de Spui in het zuidoosten, het Haringvliet in het zuidwesten en de Noordzee in het westen. Het beheersgebied van het waterschap heeft een oppervlakte van ruim 20.000 ha. (met 160.000 inwoners) en bestaat voornamelijk uit agrarisch gebied.

Het waterhuishoudkundig systeem bestaat uit verschillende samenhangende systemen. De belangrijkste hierin zijn:

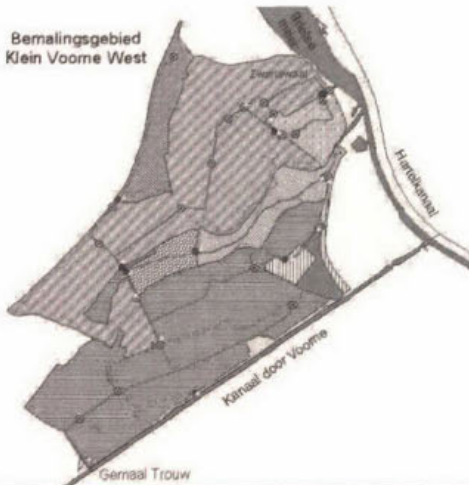
- het waterkeringsysteem voor het keren van het water in de boezem, de kanalen, de rivieren en de Noordzee;
- het waterafvoersysteem voor de afvoer van hemelwater;
- het wateraanvoersysteem voor de levering van water (binnen en buiten het beheersgebied) ten behoeve van de gewassen in de land- en tuinbouw, het doorspoelen ter bestrijding van verzilting en industrie.

Aan de hand van de verschillende functies is hiertoe een aantal systemen binnen het beheersgebied gedefinieerd. De complexiteit van deze systemen is groot en wordt steeds groter door de toenemende invloed van verschillende belangenorganisaties.



Figuur 6.3 beheersgebied Waterschap De Brielse Dijkkring

Als testgebied voor de eerste toepassing van Gistratio is een van de vier grotere bemalingsgebieden genomen, te weten Klein-Voorne West. Dit bemalingsgebied heeft een oppervlakte van 900 ha. en loost via het gemaal Trouw (capaciteit 90 m<sup>3</sup>) op het Kanaal door Voorne. Het gebied bevat zes peilgebieden met een schouwpeil variërend van -2.5 N.A.P. en -1.30 N.A.P.



Figuur 6.4 detaillering testgebied Gistratio



### 6.3.3 Organisatiestructuur

Om de taken als waterschap te volbrengen heeft De Brielse Dijkkring een interne organisatiestructuur die overeenkomt met een procesgerichte structuur (zie hoofdstuk 2). De organisatie bestaat uit een administratieve en een technische dienst. De technische dienst is onderverdeeld in drie afdelingen:

- bedrijfsbureau;
- afdeling onderhoud;
- technische administratie.

Voor het beheer en onderhoud zijn de eerste twee afdelingen van belang. Het bedrijfsbureau is verantwoordelijk voor de invoer en bijhouding van de geografische gegevens. De afdeling onderhoud plant en begroot de werkzaamheden en voert deze voor een deel in eigen beheer uit. Er is een verdere onderscheid in onderafdelingen naar functie en beheersgebied:

- waterkeringen en boezembeheer (een hoofdopzichter, drie kantonniers en vier sluismeesters);
- waterbeheersing (een hoofdwerktuigbouwkundige en drie werktuigbouwkundigen);
- wegen en waterlopen beheersgebied Putten (een hoofdopzichter, een hoofdkantonnier en acht kantonniers);
- wegen en waterlopen beheersgebied Voorne (een hoofdopzichter, een hoofdkantonnier en negen kantonniers).

Het gebruik van de applicatie Gisratio heeft zich in deze test met name gericht op het derde en meest gedetailleerde functionaliteitsniveau: de hoofdopzichters, hoofdkantonniers en kantonniers. Deze personen dienen direct of indirect zorg te dragen voor de invoer van de gegevens (objectgegevens en onderhoudsplannen).

### 6.3.4 Onderhoudsmethodieken

Het onderhoud van waterkeringen, watergangen en kunstwerken is een van de belangrijkste taken van het waterschap. Van de boezemwateren en de hoofdwatergangen wordt het natte profiel grotendeels in eigen beheer onderhouden met maaiveegboten. Baggerwerkzaamheden worden, bij gebleken noodzaak, uitgevoerd door aannemers. Het onderhoud aan boezemkaden, oevers en oevervoorzieningen wordt voor slechts een deel in eigen beheer uitgevoerd (maaien van riet, herstellen van de grindoever). De taluds van de hoofdwatergangen worden door aannemers vanaf de kant (machinaal) onderhouden. Dijk- en wegsloten worden krachtens de keur van het waterschap door de ingelanden uitgevoerd. Voor het onderhoud aan de kunstwerken kan een tweedeling worden aangegeven. De belangrijkste kunstwerken (poldergemalen) worden jaarlijks geïnspecteerd door een technisch adviesbureau. Hiertoe wordt elk jaar een nieuw onderhoudscontract opgesteld. De kleinere gemalen, pompen, vijzels en dergelijke worden jaarlijks geïnspecteerd door het eigen personeel waarbij ook kleine reparaties worden uitgevoerd.

Naast het aanleggen en verbeteren van de watersystemen, is het instandhouden van deze systemen van groot belang. Dit gebeurt op verschillende manieren. Er kunnen bijvoorbeeld nieuwe kunstwerken of watergangen aangelegd of oude kunstwerken of watergangen aangepast worden of er kan een nieuwe technologie op een kunstwerk toegepast worden. Maar het grootste gedeelte bestaat uit (on)geplande onderhoudswerkzaamheden aan de kunstwerken en watergangen. Aan de hand van ervaring en onderzoeken wordt ernaar gestreefd zoveel mogelijk van deze werkzaamheden te reguleren, omdat deze beter te plannen en dus ook te begroten zijn. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- baggeren van watergangen (eenmaal per zeven jaar);
- verwijderen van riet en vellen (gemiddeld circa tweemaal per jaar);
- maaien en schoonhouden van baggerdepots (circa eenmaal per twee jaar);
- schoonhouden van kunstwerken (circa eenmaal per maand);
- inspectiewerkzaamheden en metingen (afhankelijk van het object).

Lang niet alle onderhoudswerkzaamheden zijn regulier uit te voeren omdat deze afhankelijk zijn van niet-voorspelbare factoren (bijvoorbeeld het weer en ongelukken). Om deze werkzaamheden in de begroting op te nemen, worden aan de hand van de staat van het kunstwerk en de werkzaamheden van de afgelopen jaren, schattingen gemaakt. In verband met het opstellen van bestekken, wordt getracht dezelfde werkzaamheden zoveel mogelijk tegelijk uit te voeren. Het uitvoerend personeel inspecteert hiervoor regelmatig de kunstwerken en waterlopen in het beheersgebied. Deze inspecties vinden ook plaats op weg naar andere werkzaamheden plaats wanneer deze toch op de route liggen. Enkele voorbeelden van irreguliere werkzaamheden zijn:

- herstellen van taluds;
- reparaties aan kunstwerken;
- omgaan met calamiteiten.

In het inventarisatierapport [Sardjoe, 1999a] en het eindrapport van de testcase [Sardjoe, 1999b] zijn deze onderhoudswerkzaamheden en de invulling ervan gedetailleerder beschreven. Globaal kan gezegd worden, dat de uitvoering en planning hiervan gerealiseerd wordt door een samenwerking van de interne afdelingen onderhoud, het bedrijfsbureau en lokale aannemers.

Binnen het waterschap wordt elk jaar een onderhoudsplan door de budgethouders opgesteld. In dit plan wordt aan de hand van ervaringscijfers geschat, hoeveel geld per object per werkzaamheid uitgegeven wordt. Hierbij moet wel vermeld worden, dat niet iedere budgethouder dezelfde methode hanteert. Binnen Gisratio wordt gebruik gemaakt van eenheidscijfers. Deze methodiek wordt echter niet volledig door elke budgethouder gevolgd. De verwerking naar de kostensoorten/werkplanproducten is echter wel eenduidig.

Het voordeel van de Gisratio-methodiek is dat met behulp van een computerprogramma de eenheidscijfers gemakkelijk te dupliceren zijn naar bijvoorbeeld andere (in dat opzicht) gelijke watergangen. Het achteraf afleiden van de kentallen wordt hierdoor reëler. Deze kentallen worden weer gebruikt voor vergelijkingen met derden. Hierdoor kunnen deze vergelijkingen beter uitgevoerd worden. Een nadeel van het gebruik van eenheidscijfers is dat deze moeilijk vast te stellen zijn omdat de kosten voor een werkzaamheid per eenheid kunnen verschillen. Vooral het opstellen van eenheidscijfers voor de irreguliere werkzaamheden brengt problemen met zich mee. Omdat de baten van deze eenheidscijfers-methodiek opwegen tegen de lasten, wordt deze methodiek vanuit het BBP (en dus ook binnen Gisratio) gestimuleerd. In tabel 6.3 zijn voor een aantal werkzaamheden enkele eenheidscijfers voor kosten en middeleninzet gegeven.

Tabel 6.3: voorbeelden van eenheidscijfers voor kosten en middeleninzet per activiteit

Activiteit	Vaste kosten	Variabele kosten	Vaste tijdsduur	Variabele tijdsduur
Plaatsen beschoeiing	f 20,-	f 80,- / m <sup>1</sup>	40 min.	5 min. / m <sup>1</sup>
Doorspoelen duiker	f 65,-	f 0,-	60 min.	0 min.
Schoonhouden duikrooster	f 25,-	f 0,-	15 min.	0 min.
Maaien veegboot	f 30,-	f 2,- / m <sup>1</sup>	30 min.	5 min. / m <sup>1</sup>
Maaien baggerdepot	f 15,-	f 1,- / m <sup>2</sup>	15 min.	0,1 min. / m <sup>2</sup>
Baggeren hoofdwatergang	f 45,-	f 2,- / m <sup>1</sup>	30 min.	10 min. / m <sup>1</sup>
Verwijderen vuil	f 15,-	f 2,- / m <sup>1</sup>	15 min.	2 min. / m <sup>1</sup>

### 6.3.5 Plannings- en begrotingsmethodieken

Omdat waterschappen van het principe uitgaan dat inkomsten gemeten worden aan de uitgave, is het noodzakelijk begrotingen op te stellen. Aan de hand van de geplande uitgaven worden omslag en subsidies bepaald. Hiervoor zijn in de loop der tijd verschillende soorten begrotingen toegepast. Momenteel wordt gebruik gemaakt van het BBP. In de praktijk komt het BBP er globaal op neer dat er een hiërarchische opdeling is gedefinieerd, waarin de begroting en de controle achteraf structureel samengevoegd wordt van het laagste niveau (werkvloer) naar het beheersniveau (managers) naar het beleidsniveau (bestuurders). De sturing wordt in de tegengestelde richting gerealiseerd. Op werkplanniveau worden achteraf de rekeningen aan de begroting gekoppeld en vergeleken. Deze vergelijkingen worden in management-rapportages (MaRaps) en jaarverslagen gerapporteerd.

Verder wordt bij het waterschap tevens gebruik gemaakt van de RAW-besteksystematiek. Voor werken die worden uitbesteed aan aannemers worden bestekken volgens deze methodiek opgesteld. Omdat de werkzaamheden van jaar tot jaar veel op elkaar lijken, wordt bij het opstellen van bestekken veelal gebruik gemaakt van bestaande bestekken die op basis van indexcijfers voor de eenheidscijfers worden aangepast.

### 6.3.6 Implementatie

Met betrekking tot de invoer van gegevens kan een onderscheid gemaakt worden in:

- geografische objectgegevens;
- alfanumerieke objectgegevens;
- entiteitgegevens van objecten;
- entiteitgegevens van onderhoudsstrategieën;
- planningsgegevens onderhoud.

#### Geografische objectgegevens

Binnen het waterschap De Brielse Dijkkring wordt voor de invoer en bijhouding van de legger- en beheersregistergegevens gebruik gemaakt van GISWAB en GISWAK (volgens de standaard datamodellen van GISWAB en GISWAK). Deze invoer wordt uitgevoerd door het bedrijfsbureau en bevond zich gedurende de testcase nog in het beginstadium. Een groot aantal kaarten is digitaal als CAD-tekening (AutoCAD) aanwezig. De ondergrond en het detailniveau van de kaarten is echter niet uniform. Slechts een beperkt gebied (testgebied) is geografisch gemodelleerd (in GISWAB). Hierbij is als ondergrond gebruik gemaakt van de Grootschalige BasisKaart Nederland (GBKN). Deze ondergrondkaarten hebben een karteerschaal van 1:1.000 maar worden binnen het waterschap gepresenteerd op een schaal van 1:10.000. De coördinaten zijn gebaseerd op het Rijksdriehoek-stelsel.

Voor zover de noodzakelijke geografische gegevens nog niet digitaal aanwezig waren, zijn deze binnen GISWAB ingevoerd. Gisratio beschikt alleen over de standaard functionaliteit van ArcView voor het modelleren van grafische gegevens. Deze functionaliteit is lang niet zo krachtig en gebruikersvriendelijk als die van GISWAB. Het gebruik van GISWAB-gegevens binnen Gisratio is probleemloos verlopen. Er hoefde hierbij geen conversie plaats te vinden. De GISWAB-gegevens zijn opgeslagen als ArcINFO-coverages. Dit formaat wordt standaard ondersteund binnen ArcView. Binnen de test is daarbij ook succesvol gebruik gemaakt van bestanden volgens het Shape-formaat, DWG-formaat (opslagformaat van AutoCAD) en verschillende rasterformaten (gif, jpg en bmp).

De geografische gegevens dienen regelmatig geactualiseerd te worden (buiten Gisratio). Door de structuur van de applicatie kunnen de oude gegevens worden overschreven door de nieuwe gegevens of hoeft alleen de verwijzing naar de laatste update te worden aangepast. Door deze manier van werken zijn de personele

consequenties met betrekking tot het gebruik van geografische gegevens bij een gebruik van Gisratio minimaal.

### Alfanumerieke objectgegevens

Een deel van de alfanumerieke leggergegevens was bij het begin van de test reeds in GISWAB-bestanden (PC ArcINFO coverages, shape files en dBase IV bestanden) beschikbaar. De voor Gisratio noodzakelijke gegevens welke reeds in het GISWAB-datamodel zijn opgenomen zijn vervolgens binnen deze laatste applicatie ingevoerd (zoals de onderhoudsplichtige en het aantal te onderhouden deelobjecten) of geautomatiseerd bepaald (zoals lengte, breedte en oppervlakte). Gegevens wat betreft onderhoudsmethodieken zijn echter niet of nauwelijks opgenomen in het GISWAB-datamodel. Zonder aanpassing van dit model is het invoeren van deze gegevens binnen GISWAB niet mogelijk. Het betreft zowel gegevens over de eigenschappen van de objecten (alfanumerieke beschrijving van geometrie) als gegevens over beperkingen (wetgeving, aanwezigheid onderhoudspad en dergelijke) en de te volgen onderhoudsstrategie (methode).

Binnen Gisratio is een zeer gebruikersvriendelijke module aanwezig voor het invoeren van alfanumerieke gegevens (voor zowel de object- en onderhoudsdata als overige gegevens). De mogelijkheden en flexibiliteit zijn groter dan die binnen GISWAB. Gedurende de testcase was nog geen stekker in Gisratio geïmplementeerd. Over het functioneren van een dergelijke methodiek kunnen derhalve nog geen conclusies worden getrokken.

Per te onderhouden object is voor gebruik binnen Gisratio slechts een beperkt aantal gegevens noodzakelijk. In tabel 6.4 zijn de binnen de testcase noodzakelijke gegevenselementen per entiteit opgenomen. Voor een aantal onderhoudswerkzaamheden worden beperkingen gesteld aan het object. Deze beperkende gegevenselementen zijn eveneens opgenomen. De noodzakelijke en beperkende gegevenselementen zijn afhankelijk van de definitie van de werkzaamheden. Afhankelijk van de gewenste nauwkeurigheid en het detailniveau kunnen meer gegevenselementen noodzakelijk zijn (zoals grondsoorten en conditie grasmat).

Tabel 6.4: voor Gisratio noodzakelijke gegevenselementen van objecten binnen testcase

Entiteiten	Noodzakelijke gegevenselementen	Beperkende gegevenselementen
Profielverdediging	Identificatie Oppervlakte	Breedte
Watergang	Identificatie Lengte	Breedte Diepte
Kunstwerk	Identificatie Aantal elementen	Soort kunstwerk
Baggerdepot	Identificatie Oppervlakte	

Binnen de testcase waren voor het maken van een begroting en planning per object maximaal drie gegevenselementen noodzakelijk. Deze gegevenselementen waren allemaal reeds aanwezig en ingevuld (of automatisch bepaald) in het legger- beheersysteem. Hiervoor hoefden dus geen extra inspanningen gepleegd te worden.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van alfanumerieke gegevens uit beheersystemen worden deze volledig gescheiden van de overige aanvullende gegevens van Gisratio. Deze methodiek heeft als voordeel dat bij een update van de beheersinformatie deze zonder problemen kan worden vervangen binnen Gisratio en er dus geen gegevensverlies plaatsvindt. De consequenties voor de personeelsinzet (voor gegevensinvoer) kunnen hierdoor ook minimaal blijven.

### **Entiteitgegevens van objecten**

Binnen deze testcase is voor de objectgegevens uitgegaan van hetzelfde datamodel als het standaard datamodel van GISWAB. De invoer van deze entiteitgegevens was betrekkelijk eenvoudig te realiseren. Er is gebruik gemaakt van een automatische module die de GISWAB-definities kan inlezen en converteren naar Gisratio-definities. Het betrof hier de definities van de te onderscheiden entiteiten (naamgeving, type geografische modellering, legenda, detailniveau, gegevenselementen en domeinen).

De definitie van de entiteiten is een eenmalig proces wat tijdens de implementatiefase wordt uitgevoerd. Het is aan te bevelen hierbij aan te sluiten op een bestaand datamodel of gegevensclassificatie (zoals het GISWAB-datamodel en de GW'96 binnen de testcase). Het op elkaar afstemmen van legenda's (kleuren, lijntypen, symbolen en dergelijke) voor de afzonderlijke entiteiten is bijvoorbeeld een langdurig proces van trial-and-error. Hierbij kan echter wel gebruik worden gemaakt van de reeds jarenlange ervaringen bij het gebruik van geografische beheersystemen en CAD-applicaties. Binnen de testcase is hiervoor gebruik gemaakt van de resultaten van het gebruikersoverleg Giswa.

Door de eenduidige definitie van de objecten ontstonden uniforme kaarten. Deze uniformiteit geeft duidelijkheid voor alle gebruikers binnen de organisatie. Door de definities in breder verband vast te leggen, bijvoorbeeld in gebruikersgroepen, ontstaan minder interpretatieproblemen bij de externe uitwisseling van kaarten.

### **Entiteitgegevens onderhoudsstrategie**

Aan elk te onderhouden object is een onderhoudsmethode gekoppeld. De definitie van deze methoden is op zich eenvoudig maar kan complex worden als aangesloten moet worden op een bepaalde begrotingsmethodiek (zoals het BBP) of planningsmethodiek (zoals de RAW-besteksystematiek). Het systeem is zo opgezet, dat een gebruiker ervoor kan kiezen om de eigen planningsmethodiek te hanteren. Binnen de testcase is een planningsmethodiek opgesteld die aansluit op de huidige praktijk, het BBP en in iets mindere mate de RAW. Om dit te bewerkstelligen zijn continu veranderingen aan de applicatie en het datamodel aangebracht.

Voor het definiëren van de onderhoudsmethoden dient op het laagste detailniveau begonnen te worden. Hiertoe zijn allereerst de te onderscheiden onderhoudsactiviteiten gedefinieerd. Het is hierbij noodzakelijk dat er enig inzicht bestaat in het voorkomen van bepaalde soorten objecten met ieder hun specifieke onderhoudseisen. Daarnaast dient er inzicht te zijn in de verschillende onderhoudstechnieken. Omdat ook moest worden aangesloten op het BBP en de RAW is de structuur bestudeerd. Voor de gedefinieerde onderhoudsactiviteit zijn de volgende gegevens bepaald en vastgelegd (zie figuur 6.5):

- naamgeving;
- variabele tijdsbesteding per eenheid;
- attribuut ten behoeve van eenheid van tijdsbesteding;
- vaste tijdsbesteding;
- variabele kosten per eenheid;
- attribuut ten behoeve van eenheid van kosten;
- vaste kosten;

- kostensoort;
- benodigd personeel;
- benodigd materieel;
- te verwerken materialen.

**Gistratio Add/Edit Maintenance Activity**

Name:

Alias:

Variable Time:  min/m (var. time-unit)

Fixed Time:  min

Unit item (time):

Time Table:

Variable Cost:  euro/m (var. cost-unit)

Fixed Cost:  euro

Unit item (cost):

Cost Table:

Cost sort:

Personnel table:

Equipment tab:

Materials table:

Comments:

Figuur 6.5 dialoogvenster voor het definiëren van een onderhoudsactiviteit in Gistratio

Daarnaast kan aanvullende informatie als commentaar worden opgenomen. De invoer van de variabele tijdsbesteding en de variabele kosten per eenheid is niet gebonden aan een vaste waarde. Er kan tevens gebruik gemaakt worden van een glijdende schaal zodat de eenheidscijfers voor kosten en tijdsbesteding afhankelijk worden van de benutting van de beschikbare capaciteit.

Bij het definiëren van de activiteiten is de mate van het gewenste detail belangrijk. Deze is in principe vrij. Binnen deze testcase is voor het grofst mogelijke detailniveau gekozen wat nog aansluit op het BBP. Dit betekent dat activiteiten dusdanig zijn gedefinieerd dat ze naar een enkele kostensoort worden toegeschreven. Waar mogelijk is bij de definitie aangesloten op het RAW. Over het algemeen vereist de RAW-systematiek echter een nog groter detailniveau wanneer op volgnummer (grootste detailniveau van RAW-systematiek) moet worden aangesloten. De DEF1-codes kunnen dan uit de objectgegevens worden afgeleid. Een aansluiting op de subcategorie is wel mogelijk maar levert nauwelijks extra informatie.

De activiteiten aan een object welke binnen een bestek worden uitgevoerd, zijn vervolgens gegroepeerd tot onderhoudsvormen. De naamgeving van deze onderhoudsvormen dient zorgvuldig te geschieden. Er

kunnen onderhoudsvormen ontstaan die voor een groot deel met elkaar overeenkomen maar slechts afwijken op bijvoorbeeld de kostensoort, een prijs die afhankelijk is van een tijdstip in het jaar enzovoort. In de naamgeving zijn deze verschillen duidelijk gemaakt.

De onderhoudsvormen die aan een object kunnen worden uitgevoerd, zijn vervolgens gegroepeerd tot onderhoudsmethoden. Ook hier dient de naamgeving zorgvuldig te geschieden. Het is van belang dat er genoeg inzicht bestaat in de diversiteit van de voorkomende objecten. Beperkingen in het gebruik van onderhoudsvormen is daarom geregeld in de definitie van de onderhoudsmethoden. Aan elk object is een enkele onderhoudsmethode gekoppeld.

Het afstemmen van de huidige methodiek, de opgelegde methodieken (zoals BBP en RAW) en de mogelijkheden van Gisratio is niet eenvoudig. Het definiëren van de activiteiten, vormen en methoden voor de watergangen en kunstwerken in het testgebied heeft in totaal twee maanden in beslag genomen. Het betrof een leerproces waarin een aantal malen een verkeerde oplossingsrichting is gekozen. De implementatietijd zal voor een nieuwe testcase aanzienlijk korter kunnen zijn wanneer wordt voortgebouwd op het huidige model.

### Planningsgegevens onderhoud

Na de invoer van de gegevens van de te beheren objecten en de mogelijke onderhoudsstrategieën zijn, is begonnen worden met de daadwerkelijke planning van de uit te voeren werkzaamheden. De werkzaamheden zijn per object en per onderhoudsvorm gepland. Het was hierbij mogelijk om een groep objecten te selecteren en hiervoor gelijktijdig de gegevens in te voeren en/of te bewerken. Per selectie zijn de volgende gegevens aangegeven:

- onderhoudsvorm;
- startdatum (standaard is huidige datum) en eventueel een starttijdstip (standaard is 08:00 uur).

Vervolgens zijn per object de volgende gegevens automatisch bepaald:

- duur van de werkzaamheden;
- einddatum inclusief eindtijdstip;
- kosten van werkzaamheden aan object.

Figuur 6.6 geeft een voorbeeld van een dialoogvenster voor de invoer van de betreffende gegevens.

**Gisratio Add/Edit Maintenance Form**

Name Form: Baggerplan HBBK | Internal MS Project ID: 96

Cost: 229.792 euro | Calculate Cost | Internal Task ID: 0

Duration: 3.16 days | Calculate Duration | Internal Task.UniqueID: 0

Start Date: Mon 11 Jan 1999 | Time: 08:00 | Object ID: 01-02-02-03

Finish Date: Fri 15 Jan 1999 | Time: 17:00 | Internal Gisratio Form ID: 1

Quality: Good | Status: Being executed |  Edit Current Form | VB Access

Project: Bepplan en IWBP |  Add Form | MS Project

Object_id	Entiteit	Dh_vorm	Soort_ch	Opmer
01-02-02-03	B:150	Baggerplan HBBK		
01-02-02-03	B:150	Baggeren HBBK		

Buttons: Open Task Table, Show Task Table, Show Forms Table, Edit Form Definition, Delete current form, Synchronize, OK, Save, Cancel, Help

Figuur 6.6 dialoogvenster voor het plannen van een onderhoudsvorm in Gisratio

Op het moment dat gegevens voor een groep objecten werden ingevuld, geschiedde dit door de werkzaamheden toe te kennen aan een bestek of project. Zo'n bestek kon nieuw worden gedefinieerd of geselecteerd aan de hand van bepaalde kenmerken (de status van het bestek, de datums van de reeds opgenomen werkzaamheden en het voorkomen van objecten van een entiteit of in een gebied). Wanneer volgens deze systematiek gewerkt wordt, worden bij het plannen van de werkzaamheden eveneens automatisch de volgende gegevens bepaald:

- totale duur van alle werkzaamheden binnen het bestek;
- einddatum van het totaal aan werkzaamheden binnen het bestek;
- totale kosten bestek;
- totale kosten per kostensoort per bestek.

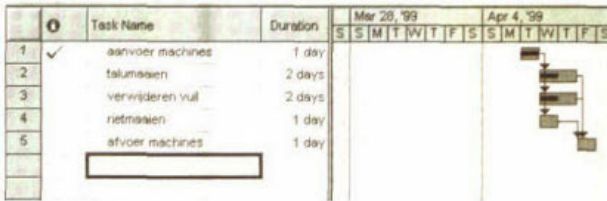
Figuur 6.7 geeft een dialoogvenster voor het gelijktijdig plannen van onderhoud aan verschillende objecten.

Mile	Projectid	Objectid	Object_id
c:\programs\gisrat	7	01-02-D501	01-02-D501
c:\programs\gisrat	7	01-02-D502	01-02-D502
c:\programs\gisrat	7	01-02-D505	01-02-D505
c:\programs\gisrat	7	01-02-D506	01-02-D506

Figuur 6.7 dialoogvenster voor het plannen en bewerken van onderhoudsvormen voor projecten

Overige gegevens over de onderhoudswerkzaamheden hoeven niet te worden opgeslagen. Deze gegevens zijn te bepalen aan de hand van de definitie van de onderhoudsvorm en de daarin opgenomen onderhoudsactiviteiten. Het inzien, invoeren en wijzigen van gegevens per bestek sluit goed aan op de huidige manier van werken. Activiteiten worden binnen een bestek uitbesteed en/of uitgevoerd. Wanneer een groot aantal werkzaamheden binnen een project wordt uitgevoerd, ontstaat de behoefte om deze werkzaamheden op elkaar af te stemmen. Hiertoe is een dynamische koppeling naar het workflow-applicatie MS-Project ingebouwd. Aan de hand van een kritisch-pad-analyse (met behulp onder andere Gantt, PERT) zijn plannings geoptimaliseerd.





Figuur 6.8 Gistratio-gegevens visualiseren en optimaliseren in MS-Project

Wanneer werkzaamheden zijn uitgevoerd kan hier eveneens informatie van worden opgenomen. Hier bestaat de mogelijkheid om dit per object of voor een totaal bestek te doen. Het invoeren van deze informatie per bestek sluit aan bij de huidige methodiek. Alleen het eindresultaat (totaalkosten, totale duur, einddatum) en niet de afzonderlijke werkzaamheden worden beoordeeld. De per bestek ingevoerde gegevens worden automatisch terug gerekend naar de activiteiten per object (kosten en tijdsduur) en de kosten per kostensoort. Hiervoor wordt dezelfde verhouding (in kosten en tijd) aangehouden als bij de geplande activiteiten. Dit biedt mogelijkheden tot het gedetailleerd analyseren van de onderhoudsactiviteiten en kostensoorten.

Het gebruik van Gistratio maakt het in vergelijking tot het verleden veel eenvoudiger om een onderhoudsplan op te stellen. Kennis van de materie blijft echter noodzakelijk. Het doorrekenen van alternatieven is echter veel eenvoudiger en sneller geworden. Het is nu beter mogelijk om overzicht te krijgen in het totale onderhoudsproces in een relatief groot beheersgebied.

### Externe optimalisatieroutines

Binnen Gistratio zijn geen modellen geïmplementeerd die de gevolgen van een onderhoudsplan op het functioneren van een watersysteem kunnen doorrekenen. De applicatie biedt enkel de mogelijkheden om op een eenvoudige manier (alternatieve) onderhoudsplannen op te stellen en deze op kosten en middeleninzet te beoordelen. De mate waarin een opgesteld plan aan de verschillende gestelde functies voldoet is binnen de testcase overgelaten aan de deskundigheid van de gebruiker. Voor bepaalde onderdelen van een totaalplan kan het echter verstandig zijn om deze op bepaalde punten (zoals veiligheid, capaciteit en natuurwaarde) door te rekenen in externe applicaties/modellen. De binnen deze applicaties noodzakelijke gegevens kunnen eventueel door Gistratio worden aangeleverd (rechtstreeks of via een conversieformaat).

### 6.3.7 Analyseren gegevens

Na invoeren van gegevens over geplande werkzaamheden kan de automatisch gegenereerde data (kosten, tijdsduur) geanalyseerd worden. Door handmatig de invoergegevens te veranderen kunnen alternatieve onderhoudsplannen worden opgesteld. Momenteel wordt bij het plannen van de onderhoudswerkzaamheden volledig vertrouwd op de kennis van de gebruiker en biedt Gistratio alleen ondersteuning.

Op het moment dat gegevens zijn ingevoerd over geplande en in werkelijkheid uitgevoerde werkzaamheden kunnen evaluaties worden gemaakt. Hierbij wordt overwegend gebruik gemaakt van de standaardfunctionaliteit van ArcView voor het maken van thematische kaarten en grafieken. De evaluaties kunnen leiden tot het bijstellen van de toekomstige onderhoudsplannen. De figuren 6.9 en 6.10 geven een tweetal grafieken waarin de totale onderhoudskosten worden geanalyseerd.



Figuur 6.9 grafiek van door Gisratio gegenereerde gegevens

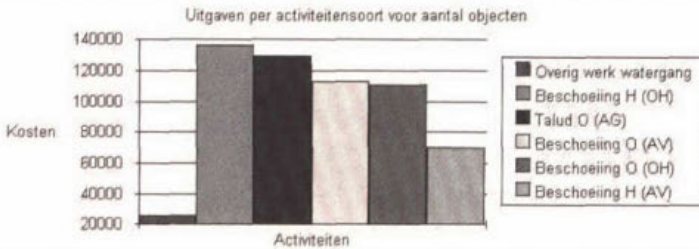


Figuur 6.10 grafiek van door Gisratio gegenereerde gegevens

Verder kunnen de geplande en werkelijke uitgaven ook verder worden gespecificeerd naar:

- te onderhouden object;
- soort onderhoudswerkzaamheden;
- gereed komen in de tijd;
- kostensoort.

In figuur 6.11 worden de uitgaven voor een bepaalde periode voor een aantal objecten gepresenteerd.



Figuur 6.11 grafiek van uitgaven per activiteitensort voor een aantal objecten

Momenteel bezit Gisratio nog niet over de functionaliteit die automatisch aangeeft wanneer teveel van de beschikbare middelen wordt gevraagd. In figuur 6.11 wordt de personeelsinzet voor een bepaalde periode geanalyseerd. Hieruit blijkt dat voor een specifiek type personeel (maaiploeg I) meer vraag is dan aanbod (13,14, 26, 27 en 28 april). In een andere periode blijkt dat een deel van het eigen personeel (maaiploeg II)

niet wordt ingezet. Verder is de inzet van extern personeel niet geheel gelijkmatig. Door de onderhouds-planning op een paar punten aan te passen kan de personeelsinzet worden geoptimaliseerd wat tot lagere kosten leidt. Voor de inzet van materieel kan een soortgelijke analyse worden gemaakt.



Figuur 6.12 uit Gistratio-gegevens gegenereerde grafiek voor visualiseren inzet middelen

### 6.3.8 Definiëren van uitvoer

Binnen Gistratio is een aantal functies geïmplementeerd die specifieke output kan genereren. Deze output speelt een belangrijke rol bij het overdragen van informatie. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in output op het scherm en een papieren output. Met name voor het creëren van schermoutput is aanvullende functionaliteit gedefinieerd in de vorm van uniforme kaarten, tabellen en grafieken. Met behulp van standaard ArcView-functionaliteit is hiervan op een eenvoudige manier papieren output te genereren. Daarnaast is functionaliteit aanwezig voor het genereren van formulieren en het leggen van koppelingen naar MS-Project en MS-Excel. Deze functionaliteit is niet voor elke gebruiker gelijk. Per gebruikersniveau zijn verschillende functies aanwezig. Een groot deel van deze output-functies heeft betrekking op de in het kader van het BBP uit te wisselen informatie, zoals:

- onderhoudsplan naar kostenproduct (groep kostensoorten) per werkplanproduct;
- onderhoudsplan per beheersproduct;
- onderhoudsplan per beleidsproduct.

Daarnaast kunnen de volgende overzichten worden gegenereerd:

- activiteiten en onderhoudsvormen per object voor een bepaalde periode (afzonderlijk en gegroepeerd);
- activiteiten per gebied.

Daar er nog nauwelijks ervaringen waren op het gebied van het BBP en er nog geen gebruik werd gemaakt van standaardformulieren is hiertoe binnen deze testcase een voorstel gedaan en geïmplementeerd. De eerste ervaringen hiermee zijn positief ontvangen. In figuur 6.13 is een voorbeeld gegeven van een formulier/dialog waarin voor een werkplanproduct (onderhoud watergangen) de uitgaven en prestaties per kostenproduct zijn gegeven.

Plan-year: 1999 Control date: 7 December

Comments:  
Gisratio BBP output

Workplanproduct: Onderhoud watergangen

Managementplanproduct: Onderhoud waterlopen

Policyplanproduct: Beheer en onderhoud waterlopen en kunstwerken

Maintenance data:

Kostensoorten	Planning begroting	Planning uitvoeri
Aankoop verbruiksmaterialen;111	77174.100	16373.460
Onderhoud overige sloten;111	5879.034	3186.670
Onderhoud hoofdwatergangen;111	329834.100	5158.890
Onderhoud hoofdwatergangen;112	5916.306	6373.340
Skulptpost;111		21428.290
total of Wesklijke uitvoering		71117.04

Figuur 6.13 door Gisratio gegenereerd BBP-formulier

### 6.3.9 Beheer en onderhoud van de applicatie Gisratio

Gedurende de testcase is het belang van een goede ondersteuning naar voren gekomen. Het betreft hier algemene opleidingen (GIS), advies bij de implementatie en het delen van ervaringen bij het daadwerkelijk plannen en begroten van de werkzaamheden. Daarnaast zullen door het gebruik van de applicatie vragen naar aanvullende functionaliteit ontstaan.

Voor het verkrijgen van continuïteit voor de applicatie Gisratio is het beheer en onderhoud ondergebracht bij een commercieel bureau. Het betreft hetzelfde bureau als waar de applicaties GISWAB en GISWAK zijn ondergebracht, te weten Ingenieursbureau BCC GIS bv, te Leerdam. Met dit bureau is een overeenkomst gesloten voor het aanbieden van ondersteuning en het aanpassen van de programmatuur. Deze overeenkomst is in grote lijnen gelijk aan die van GISWAK en GISWAB. Het eigendom van de applicatie blijft liggen bij STOWA.

De verdere ontwikkeling en het gebruik van het pakket Gisratio zal worden begeleid door een stuurgroep. Deze stuurgroep bestaat uit vertegenwoordigers van de deelnemende waterschappen en districtskantoren van Rijkswaterstaat. Daarnaast zal een gebruikersgroepoverleg worden ingesteld.

### 6.3.10 Conclusies

Gisratio biedt de mogelijkheid om op een gebruikersvriendelijke en gestructureerde manier onderhoudsplannen aan te maken en hiervoor automatisch de benodigde middelen (geld, personeel, materieel en materialen) te bepalen. Hierbij kan op een flexibele manier gebruik gemaakt worden van bestaande gegevensbestanden.

Voor de gegevensinvoer wordt met betrekking tot de geografische gegevens ervan uitgegaan dat deze volledig door externe applicaties wordt verzorgd. Het gebruik van GISWAB voor deze invoer is eenvoudig gebleken. Op het moment dat een vectorgeoriënteerd opslagformaat voor de geografische informatie wordt gebruikt, welke ondersteund wordt door ArcView, zal ook niet tot problemen leiden.

Een groot deel van de benodigde gegevens kan worden opgenomen in bestaande beheersystemen. Wanneer dit ook daadwerkelijk het geval is, zullen de benodigde inspanningen voor de invoer van Gisratio niet groot zijn. Gedurende het implementatietraject dient een gedegen onderzoek gedaan te worden naar de gewenste plannings- en begrotingsmethodiek. Dit is een eenmalig proces dat de nodige tijd kost.

Gedurende de eerste fase van het onderzoek is een plannings- en begrotingsmethodiek opgesteld die zowel aansluit op de huidige methodiek (ervaringscijfers en BBP) als op de mogelijkheden van de applicatie. Hoewel het systeem zo is opgezet dat elke organisatie voor een eigen methodiek kan kiezen, wordt aangeraden om de binnen dit onderzoek opgestelde methodieken te gebruiken. Het voordeel hiervan is dat de initialisatie en implementatieperiode geminimaliseerd kan worden. Een groot bijkomend voordeel is dat op deze manier gekomen kan worden tot een uniforme manier van plannen, begroten en budgetteren binnen de hele Nederlandse waterschapswereld. Doordat de outputproducten op het hoogste detailniveau binnen het BBP landelijk niet uniform zijn gedefinieerd is het overnemen van gedefinieerde activiteiten, vormen en methoden door een willekeurig waterschap niet zondermeer mogelijk. Dit geldt echter wel voor de gevolgde methodiek.

Door binnen Gisratio aan te sluiten op de BBP-systematiek is de onderhoudsplanning zonder veel aanpassingen direct bruikbaar binnen andere afdelingen. Dit geldt met name voor de financiële administratie die de onderhoudsbegroting en -uitgaven moet verwerken in de algemene meerjarenramingen, budgetten, jaarverslagen en beheer- en beleidsplannen.

De Gisratio-systematiek biedt, in vergelijking met het verleden, veel meer informatie over en een veel betere onderbouwing van de onderhoudscijfers. Hiertoe dienen gedurende de implementatiefase wel de nodige inspanningen geleverd te worden. Deze inspanningen betalen zich ruim terug gedurende het plan- en evaluatieproces. De onderbouwing van de planningsdata verschaft enerzijds meer inzicht en duidelijkheid, maar roepen anderzijds ook negatieve reacties op bij de planners, omdat zij een deel van hun vrijheid moeten inleveren.

Het gebruik van Gisratio geeft een keur aan mogelijkheden voor het visualiseren en analyseren van informatie welke van belang is voor het plannen en budgetteren van onderhoudsactiviteiten van watersystemen. De applicatie kan informatie genereren die aansluit op de huidige output. Daarnaast kan ook meer gedetailleerde informatie worden gepresenteerd. De mate van detail is zeer flexibel en afhankelijk van gemaakte keuzes gedurende de initialisatie- en invoerfase.

Gedurende de testcase was er enige weerstand met betrekking tot een mogelijke algehele invoer in de toekomst. Doordat wordt aangesloten op de huidige methodiek is deze weerstand voor een groot deel weggenomen. Daarnaast wordt de functionaliteit gegeven om op een eenvoudige manier aan te sluiten op het sinds kort in gang gezette beleids- en beheerproces. Door eveneens aan te sluiten op de RAW-systematiek is een overgang van BBP-begroting naar bestek eenvoudiger te realiseren.



## Hoofdstuk 7 Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Algemeen

Dit proefschrift geeft een aantal belangrijke ontwikkelingen op het gebied van het rationeel beheer en onderhoud in het waterbeheer. Met name de automatiseringstechnische aspecten hebben hierbij veel aandacht gekregen. Dit heeft geresulteerd in een gedetailleerd model dat geïmplementeerd is in een applicatie. In dit hoofdstuk worden bij wijze van afsluiting de belangrijkste elementen en constateringingen uit de voorgaande hoofdstukken samengevat. Vervolgens wordt nog een aantal aanbevelingen gedaan.

### 7.2 Conclusies

Voor een goed beheer en onderhoud van watersystemen is een goed functionerend kader nodig. In Nederland bestaat hiervoor reeds een grondige ervaring in verschillende organisaties. Binnen deze organisaties vinden veel informatiestromen plaats tussen verschillende onderscheiden organisatie-niveaus. Daarnaast vindt ook interbestuurlijke gegevensuitwisseling tussen organisaties binnen de sector water plaats. Een goed informatiebeheer is hierbij noodzakelijk.

Bij het plannen en begroten van onderhoud spelen geometrie en ligging van de beheerobjecten een belangrijke rol. Het gebruik van een GIS biedt de functionaliteit om deze en andere van belang zijnde gegevens op een overzichtelijke en gebruikersvriendelijke manier op te slaan en te analyseren.

Bij de ontwikkeling van een applicatie voor het Nederlandse waterbeheer is het verstandig om aan te sluiten op de GW'96. Dit vereenvoudigt de uitwisseling van informatie. Daarnaast wordt aangeraden aan te sluiten op standaard uitwisselingsformaten zoals de Stekkerdoos Water, DCOM, CORBA en OpenGIS. Met name het gebruik van wereldwijde standaarden dient aanbeveling.

Er bestaan grote verschillen in de onderhoudstechnieken in het waterbeheer. Een model en applicatie voor het plannen en begroten van onderhoud dienen dermate flexibel te zijn dat deze ongeacht de verschillen uniform toepasbaar zijn. Het optimaliseren van ingrijpmomenten en het doorrekenen van consequenties van onderhoudsbeslissingen dient los gezien te worden van een applicatie voor het plannen en begroten van onderhoud. Omdat reeds een groot aantal van dergelijke modellen bestaat en om in de toekomst hier flexibel mee om te kunnen gaan, is het verstandig alleen een link naar deze modellen te leggen en deze niet zelf te ontwikkelen of te integreren. Hierbij kan mogelijk gebruik gemaakt worden van standaard stekkers (Stekkerdoos Water) of interfaces (DCOM en CORBA). Het volledig rationaliseren van het beslisproces met behulp van modellen moet niet worden nagestreefd daar de uitkomsten van een groot aantal modellen overeenkomt met wat op grond van jarenlange ervaring reeds plaatsvindt.

Ondanks de verschillen in de organisaties in het waterbeheer kan voor een algemeen toepasbare applicatie voor het beheer en onderhoud onderscheid gemaakt worden in vier functionaliteitsniveaus:

- algemeen en dagelijks bestuur;
- hoger management;
- kader (budgetverantwoordelijke);
- werkvloer.

Met name het kader zal gebruik maken van de functionaliteit van een dergelijke applicatie. Door de functionaliteit van de verschillende niveaus te integreren in een applicatie kan de interne uitwisseling van



informatie vereenvoudigd worden. Daarnaast is het eenvoudiger inzicht te houden in het totale proces en dit proces beter te beheren.

De testcase GISWAB heeft aangetoond dat deze applicatie zeer nuttig is voor het invoeren en up to date houden van geografische gegevens in het waterbeheer. Door de flexibiliteit in de te gebruiken data-modellen kan op een eenvoudige manier worden ingesprongen op toekomstige ontwikkelingen.

De testcase Gistratio heeft duidelijk gemaakt dat het een flexibele applicatie betreft waarmee op een relatief eenvoudige manier alternatieve onderhoudsplannen opgesteld kunnen worden. Met Gistratio kunnen goed onderbouwde onderhoudsplannen worden opgesteld. Een goede materiekkennis van de gebruiker is hiervoor echter onmisbaar. In vergelijking met het verleden wordt veel meer (detail)informatie gegeven over de onderhoudsplannen. Er wordt veel functionaliteit gegeven voor het visualiseren en analyseren van deze plannen. Daarnaast is een aantal modules aanwezig die automatisch output kan genereren. De interne complexiteit van de applicatie blijft voor de gebruiker verborgen achter een grafische gebruikersinterface. Alle noodzakelijke functies zijn verborgen achter knoppen en dialoogvensters. Dit maakt de applicatie vriendelijk in gebruik.

De applicatie Gistratio is volledig geïntegreerd in ArcView. Naast de geprogrammeerde Gistratio-functionaliteit is tevens de standaard ArcView-functionaliteit beschikbaar. Daarnaast zijn er koppelingen gelegd naar MS-Access, MS-Project en MS-Excel. De koppelingen naar deze applicaties bieden een aanvulling op de functionaliteit maar zijn niet noodzakelijk voor het opstellen van onderhoudsplannen en -begrotingen.

De implementatie van Gistratio en de mentale omslag naar het gebruik van een nieuw planningsysteem zullen de nodige inspanningen kosten. Door de tijdwinst die vervolgens behaald kan worden bij het plannen, begroten en evalueren van de onderhoudsbeslissingen zal de totale tijdsbesteding lager zijn dan in de huidige situatie. Het implementatietraject kan bekort worden door gebruik te maken van informatie in bestaande beheerssystemen en door aan te sluiten op het ontwikkelde begrotingsmodel. Door de geboden functionaliteit wordt de kwaliteit van de plannen verbeterd. Omdat tevens aangesloten wordt op de huidige manier van werken met ervaringscijfers wordt weinig weerstand verwacht bij de overgang naar een nieuw systeem.

Door de geboden functionaliteit wordt het inzicht in het totale proces verbeterd waardoor de kwaliteit van de plannen kan worden verhoogd. Dit kan vervolgens leiden tot lagere onderhoudskosten.

In de testcase Gistratio is een onderhoudsmodel ontwikkeld welke goed op de huidige manier van werken en de BBP-systematiek aansluit. Deze methodiek is eenvoudig verder te detailleren zodat aansluiting op de RAW-systematiek mogelijk wordt. Een dergelijk detail wordt momenteel nog niet gewenst. Bij het implementeren van Gistratio bij een organisatie dient voldoende aandacht besteed te worden aan de definitie van de onderhoudsactiviteiten, -vormen en -methoden. Doordat de BBP-systematiek landelijk niet uniform is gedefinieerd bij de waterschappen is het niet zonder meer mogelijk de definities van de testcase over te nemen.

Door de implementatie van verscheidene methodieken (zoals BBP en RAW) is de onderhoudsplanning breder toepasbaar. De onderhoudsinformatie is zonder veel aanpassingen direct bruikbaar binnen andere afdelingen. Dit vermindert het gegevensverlies, levert tijdwinst op en leidt tot een betere sturing van het totale proces.

Hoewel er grote verschillen bestaan tussen de organisaties wat betreft werkwijze, is toch een aantal generieke formulieren ontworpen. Op deze formulieren kan uitgebreide samenvattende informatie aangaande de onderhoudsplannen worden aangegeven. Deze formulieren kunnen binnen Gisratio worden aangemaakt. Daarnaast is standaard functionaliteit aanwezig voor het op eenvoudige wijze definiëren en genereren van specifieke uitvoer (kaarten, tabellen en grafieken) naar behoefte van de specifieke eindgebruiker.

Tot slot kan geconcludeerd worden dat aan de doelstellingen, gesteld in het begin van het onderzoek, is voldaan.

### 7.3 Aanbevelingen

Met betrekking tot een te volgen begrotingsmethodiek voor het beheer en onderhoud in de waterschaps-wereld dient een verdere uniformering nagestreefd te worden. Een landelijke invoering van het BBP kan hiervoor een begin vormen. Op het hoogste detailniveau bestaat hier echter nog geen uniformiteit. Een goede vergelijking tussen organisaties onderling is op die grond nog zeer moeilijk. Het belang van een uniforme toepassing van het BBP is groot en dient (ook voor toepassingen buiten het beheer en onderhoud) te worden nagestreefd.

Gedurende dit onderzoek is een eerste versie van de applicatie Gisratio ontwikkeld. In deze applicatie is aangesloten op de huidige methodiek welke sterk gebaseerd is op ervaring. Er bestaan nog weinig wetenschappelijke theorieën aangaande het gedrag en de levensduur van watersystemen. Er is een duidelijke behoefte geconstateerd om voor waterlopen, waterkeringen en kunstwerken (zoals duikers, stuwen en dergelijke) een goed hanteerbare en breed gedragen methodiek te ontwikkelen (voor het bepalen van de mate van noodzaak tot onderhoud) overeenkomstig de methodiek die wordt toegepast binnen het rationeel wegenbeheer. Deze methodieken kunnen dan aan Gisratio worden gekoppeld.

Aangaande de uit te voeren onderhoudstechnieken is niet altijd duidelijk wat de gevolgen zijn voor het te onderhouden object wat betreft kwaliteit en de restlevensduur. Hierover bestaat wel kennis maar deze is lokaal gestructureerd. Het ontginnen van deze kennis en deze vervolgens implementeren in een model verhoogt de continuïteit van het onderhoudsproces. Resultaten van zo'n model kunnen in andere applicaties op diverse aspecten (veiligheid, capaciteit en dergelijke) worden doorgerekend. Een aansluiting op deze modellen is via stekkers mogelijk. Per koppeling dienen echter wel de benodigde invoer en uitvoer gespecificeerd te worden.

Een steeds groter deel van de werkzaamheden wordt niet meer in eigen beheer uitgevoerd maar wordt uitbesteed. Hiervoor dienen als gevolg van Europese wetgeving bestekken te worden opgesteld. De benodigde structuur hiervoor is voor een groot deel reeds binnen Gisratio aanwezig. De definities van de onderhoudsmethoden dienen hiervoor echter tot in detail te worden gespecificeerd. Daarnaast kan eventueel een bestekgenerator worden geïmplementeerd. De inspectie en een deel van de werkzaamheden zullen veelal in eigen beheer uitgevoerd blijven worden. Voor de verschillende werkzaamheden kan met behulp van een GIS een routing worden gegenereerd. De mogelijkheden hiertoe zijn reeds aanwezig maar kunnen binnen Gisratio verder worden geautomatiseerd.

Er bestaat nog onvoldoende inzicht in de gevolgen voor de onderhoudsmethodieken (kosten en opbrengsten) met betrekking tot de tegenstrijdige functies van een watersysteem. Een uitbreiding van

Gisratio op het gebied van het meten van effectiviteit van onderhoudsmethoden op functies kan in deze leemte voorzien.

Het plannen en begroten van onderhoud van het watersysteem dient goed beschreven te worden. Daarnaast dient ook de invulling van het plannen en begroten zelf in detail te worden uitgewerkt. Wanneer gebruik wordt gemaakt van 'default'-waarden dienen deze periodiek getoetst te worden. Deze werkzaamheden dienen goed beschreven en uitgevoerd te worden om de kwaliteit van de onderhouds-plannen en -begrotingen te waarborgen.

Het is van groot belang dat de opgedane ervaringen van elke individuele organisatie beschikbaar komt voor de collega-organisaties. Door de beheersorganisatie dienen hiertoe de ervaringen verzameld te worden. Informatie over beheersobjecten (levensduur), onderhoudsmethodieken en -technieken (frequentie, eenheidscijfers, middeleninzet) kunnen bijvoorbeeld in een database worden ondergebracht welke door elke organisatie (via het internet) is te benaderen.

Het onderhoudsaspect moet al in het ontwerpstadium worden meegenomen. Door bij het dimensioneren en de materiaalkeuze reeds rekening te houden met toekomstige onderhoudsactiviteiten (inspectie, reparatie en vervanging) kunnen de totale kosten (aanleg en beheer) op de lange termijn worden verlaagd.

Onderhoudswerkzaamheden hebben invloed op de omgeving en de bevolking. Informatie over de werkzaamheden kan beschikbaar worden gemaakt voor een groot publiek door deze te publiceren op het internet. Hierbij is te denken aan overzichtskaarten waarop per tijdperiode de werkzaamheden worden aangegeven. Tevens kan de reden tot onderhoud en de gevolgen (zoals verkeershinder) voor de omgeving worden aangegeven. Hiermee wordt begrip onder de bevolking gekweekt voor de ondervonden hinder.

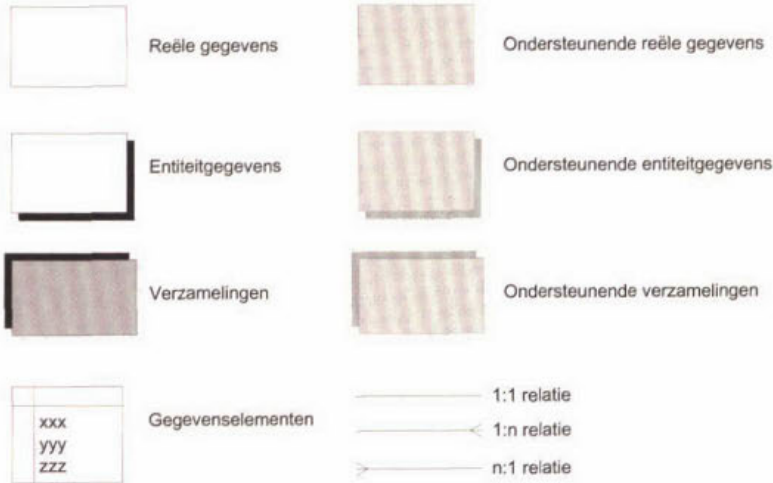
De binnen dit onderzoek ontwikkelde applicatie Gisratio is geïntegreerd binnen een GIS-framework (ArcView). Door de functionaliteit van Gisratio volledig los te koppelen van het GIS en als losse componenten aan te bieden kan een grotere markt worden bediend. Deze componenten dienen te worden gebaseerd op wereldwijde standaards zoals DCOM en CORBA. Hierdoor wordt tevens de schaalbaarheid en beheersbaarheid van de applicatie vergroot.

Er is een ontwikkeling gaande waarin de gegevensinvoer plaatsvindt daar waar deze verzameld wordt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zogenaamde pen-computers. Door een kleine aanpassing en uitbreiding van Gisratio kunnen inspectiegegevens in het veld ingevoerd worden. Op kantoor hoeft dan enkel een link gelegd te worden naar de centrale database voor het actualiseren van de gegevens.

De huidige testcases hebben zich beperkt tot het onderhoud aan waterkeringen, watergangen en kleine kunstwerken. Een uitbreiding naar andere beheersobjecten (in stedelijk waterbeheer, utiliteitsbouw) behoort tot de mogelijkheden. Verder is het onderzoeksterrein beperkt gebleven tot de Nederlandse situatie. In het buitenland gelden mogelijk andere voorwaarden die een aanpassing van de programmatuur en methodiek noodzakelijk maken. Gisratio kan hiertoe worden aangepast en uitgebreid.

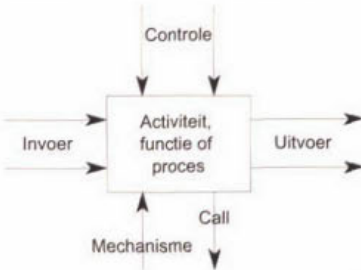
## Legenda's

In de voorgaande hoofdstukken is een groot aantal figuren opgenomen. Voor de entiteit-relatie-diagrammen wordt de legenda hieronder weergegeven:



Legenda entiteit-relatie-diagrammen

Verder zijn verschillende processen en functies volgens de IDEF<sub>0</sub>-methode geanalyseerd. Een legenda voor deze IDEF<sub>0</sub>-modellen is hieronder weergegeven:



Legenda IDEF<sub>0</sub>-methode [Beheshti, 1999]



## Definities en afkortingen

- Adventusstelsel  
Verzameling van de producten GW'96, Logisch gegevens model Adventus-plus, TMA, Stekkerdoos Water, CIW-gegevensstandaard
- ArcCAD  
GIS dat geïmplementeerd is in AutoCAD
- ArcView  
Eenvoudig GIS
- Attribuut, item  
Gegevenselement
- AutoCAD  
Een veel gebruikte tekenapplicatie
- Bedrijfsmodel  
Begrotingssystematiek welke uitgaat van een dubbele boekhouding
- Beheerplan  
Plannen gemaakt op managersniveau
- Beheersobject  
Te onderhouden reële geografische eenheid (watergang, waterkering of kunstwerk)
- Beheersproduct  
Outputproduct van BBP-begroting welke is samengesteld uit kostenproducten per werkplan-product
- Beheerregister  
Verzameling van praktische objectdata
- Beleidsproduct  
Outputproduct van BBP begroting welke is samengesteld uit kostenproducten per beheerproduct
- Bestek  
Gegroepeerde werkzaamheden aan een of enkele objecten welke gezamenlijk worden uitgevoerd
- BBP  
Beleids- en beheerproces
- BOS  
Beslissingondersteunend systeem
- Budgethouder  
De verantwoordelijke voor de begroting van een werkplanproduct, welke door het waterschap aan de hand van de BBP-systematiek is gedefinieerd.
- CAD  
Computerondersteunend ontwerpen
- CIW-gegevensstandaard  
Een subset uit de gegevensstandaard Water bestaande uit die gegevens die nodig zijn voor de gegevensuitwisseling tussen waterschappen en andere partijen binnen de sector Water, zoals provincies en Rijkswaterstaat [Davids, 1999]
- CORBA  
Common Object Request Broker Architecture van de Object Management Group (OMG)
- Coverage  
Geografisch model van een entiteit voor een beperkt beheersgebied
- DBMS  
Databasemanagementsysteem

- DCOM  
Distributed Common Object Model van Microsoft
- DGP  
Distributed Computing Platforms
- DDE  
Dynamic Data Exchange, methodiek voor het integreren van applicaties op het Windows platform van Microsoft
- Domein  
Mogelijke waarden van een attribuut
- DSS  
Decision Support System, beslissingondersteunend systeem
- Eenheidscijfers  
Ervaringscijfers gedeeld per eenheid
- Entiteit  
Object-klasse
- Erd  
Entiteit relatie diagram
- Ervaringscijfers  
Het rekenkundig gemiddelde van de in de loop der jaren toegepaste werkzaamheden
- ESRI  
Leverancier van geografische informatiesystemen waaronder ArcCAD, ArcView en ArcINFO
- Gegevensclassificatie  
Standaard voor het modelleren en representeren van gegevens
- GGO  
Gemiddeld gewogen onderhoudsniveau
- GIS  
Geografisch informatiesysteem
- Gisratio  
Geografisch informatiesysteem voor het rationeel plannen en begroten van onderhoud in het waterbeheer
- Giswa  
Geografische informatiesystemen voor het waterkeringenbeheer en waterbeheer
- GISWAB  
Geografisch informatiesysteem voor het waterbeheer
- GISWAK  
Geografisch informatiesysteem voor het waterkeringenbeheer
- GPS  
Global Positioning System
- GW'96, Gegevensstandaard Water  
Een gestandaardiseerde beschrijving van objecten (entiteiten, attributen en domeinen) die beheerd worden door waterschappen en nodig zijn voor hun taakuitoefening
- GWW  
Grond, weg en wegen
- Intwis  
Integraal waterschap informatiesysteem
- IWBP  
Integraal waterbeheersplan

- Kameralistisch stelsel  
Eenvoudige begrotingssystematiek, te vergelijken met een kasboek, dat tot eind jaren '70 binnen de waterschappen in gebruik was
- Kostensoort  
Onderverdeling van kosten voor werkplanproducten
- Kostenproduct  
Verzameling kostensoorten binnen een outputproduct
- Legger  
Verzameling van theoretische objectdata
- Logisch gegevensmodel Adventus-plus  
Een beschrijving van de relaties tussen de objecten (entiteiten) en een clustering naar aanleiding van de processen die nodig zijn voor de taakuitvoering van waterschappen. Het betreft hier processen ten behoeve van waterbeheer (kwantiteit en kwaliteit) zuiveringsbeheer, waterkeringen, vaarwegen, wegen, vergunningverlening, grondwaterbeheer en heffingen
- NEN  
Nederlandse Norm van het Nederlands Normalisatie Instituut
- NEN 1878  
Standaard uitwisselingsformaat
- NEN 3610  
Classificatie vastgoed
- ODBC  
Open Database Connectivity
- OGC  
Het OpenGIS Consortium, samenwerkingsverband tussen organisatie en leveranciers
- OMG  
Object Management Group, groep welke CORBA promoot
- Onderhoudsactiviteit  
Meest gedetailleerde omschrijving van onderhoudswerkzaamheden aan een object
- Onderhoudsmethode  
Alle werkzaamheden aan beheersobject gedurende de levensduur
- Onderhoudsvorm  
Werkzaamheden aan een beheersobject binnen een project/bestek
- OOP  
Object Oriented Programming, object georiënteerd programmeren
- OpenGIS  
Leveranciersafhankelijke open structuur voor de uitwisseling van GIS-functionaliteit
- Parent-child-relatie  
Term uit object-georiënteerd programmeren waarmee overerving van gegevens van een klasse op een subklasse wordt aangegeven
- Productbegroting  
Begrotingssystematiek op basis van een output-gerichte aanpak die uitgaat van een viertal begrotingen
- Project  
Gegroepeerde werkzaamheden aan een aantal objecten die gezamenlijk worden uitbesteed en/of uitgevoerd
- RAW  
Rationalisatie en Automatisering grond-, Water- en wegenbouw



Stekkerdoos Water

Een set van routines die aangewend kan worden om gegevensuitwisseling te kunnen plegen.

STO-organisatiemodel

Model waarin een organisatie is uitgesplitst in drie beslisniveaus: strategisch, tactisch en operationeel

STOWA

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

SQL

Standard Query Language, standaard vraagtaal voor databases

TAC

Technische adviescommissie

TMA

Technisch model Adventus, het TMA concretiseert een aantal beslissingen die nodig is om vanuit het logische Adventus model te komen tot de realisatie van een basisregistratie (een feitelijk lege tabellenstructuur) en is nodig om informatiesystemen te ontwikkelen

Werkplanproduct

Meest gedetailleerde outputproduct in BBP-begroting

## Literatuur

1. Alter, S., 1976, Interactive computer systems for managers, Sloan Management Review, Cambridge
2. Alter, S., 1980, Decision Support Systems, Addison-Wesley, Reading
3. Andrus, R.R., 1971, Approaches to information evaluation, MSU Business Topics
4. Ariëns, E.E., Van Noortwijk, J.M., 1998, Nieuwe Beheer- en onderhoudsfilosofie Rijkswaterstaat, multi-funcionele benadering als uitgangspunt, Land + Water nr 38, VNU, Business Publications, Amsterdam
5. ASCE, 1991, Management Operation and Maintenance of irrigation and drainage systems, ASCE, New York
6. Association Française de Normalisation, 1992, ICID-paper No. 40, AFNOR NF50-010, ICID, New Delhi
7. Autodesk, 1994, AutoCAD, the most powerful AutoCAD ever, customization guide, Autodesk, San Rafael
8. Barlow, R.E., Proschan, R., 1965, Mathematical Theory of Reliability, John Wiley & Sons, New York
9. Barlow, R.E., Proschan, R., 1981, Statistical Theory of Reliability and Life Testing, Silver Spring
10. Battjes, J.A., Booij, N., Hooimeijer, M.A., Modelvorming, TU Delft, Delft
11. Beheshti, M.R., Roozmond, D.A., 1998, Handleiding CTif5940, vakgerichte oefening toegepaste informatica, TU Delft, Delft
12. Beheshi, M.R., 1999, Handboek systematisch ontwerpen in de Civiele Techniek en Bouwkunde, DUP, Delft
13. Blommaert, A.A.M., Blommaert, J.M.J., Wytzes, H.C., 1991, Bedrijfseconomische analyses, Stenferf Kroese uitgevers, Leiden
14. Bouwhuis, B., 1999, Internet, het walhalla voor integratie, Computable 8 oktober 1999, VNU, Amsterdam
15. Braybrooke, D. Lindblom, C.E., 1963, A strategy of decision, Free press, New York
16. Brussaard, B.K., 1977, Organisatie van de Informatievoorziening, TU Delft, Delft
17. Cato, W.W., Mobley, R.K., 1999, Computer-managed maintenance systems in process plants, Gulf Publishing Company, Houston
18. CBS, 1980, Onderhoud watergangen in 1980, CBS, Heerlen
19. CBS, 1988, Onderhoud van watergangen in 1985, Staatsuitgeverij, Den Haag
20. CBS, 1995, Statistisch jaarboek 1995, CBS, Heerlen
21. CMG, 1999, Component Based Development (CBD), ICT-structuren, net zo flexibel als de organisatie zelf, CMG, Eindhoven
22. Colenbrander, H.J., e.a., 1989, Water in the Netherlands, CHO/TNO, Den Haag
23. C.R.O.W., 1989a, Rationeel wegbeheer: Toelichting op de handleiding, nr 20a, C.R.O.W., Ede
24. C.R.O.W., 1989b, Rationeel wegbeheer: Handleiding, nr 20b, C.R.O.W., Ede
25. C.R.O.W., 1989c, Rationeel wegbeheer: Handleiding en schadecatalogus visuele inspectie, nr 20c, C.R.O.W., Ede
26. C.R.O.W., 1995, Bestekken in Grond-, Water- en Wegenbouw, C.R.O.W., Ede
27. C.R.O.W., 1996, Handleiding RAW-systematiek, C.R.O.W., Ede
28. Cser, J.A., Roozmond, D.A., 1991, Modelvorming, systeemanalyse en simulatietechnieken, TU Delft, Delft
29. Cser, J.A., Roozmond, D.A., van Stijn, T.L., 1994, Wiskundige modelvorming en simulatie, TU Delft, Delft
30. CUR, 1990, Methodiek voor de periodieke veiligheidsbeoordeling van waterkeringen (concept), CUR, Gouda

31. CUR, 1994, *Natuurvriendelijke oevers*, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Gouda
32. Cyert, R.M., March, J.G., 1992, *A behavioral theory of the firm*, Prentice-Hall, New Jersey
33. Van Dale, *Groot Woordenboek der Nederlandse Taal*, twaalfde, herziene druk, drie delen, Utrecht
34. Davids, O., e.a., 1999, *Adventus nieuwsbrief*, nr 1, Vertis, Veendam
35. Davis, G.B., Olson, M.H., 1985, *Management informatiesystemen*, Academic Service, Schoonhoven
36. Dijk, H., 1995, *Eindrapport Adventus*, Unie van Waterschappen, Den Haag
37. Douma, F. A., 1997, *Stekkerdoos water, functioneel ontwerp*, Waterloopkundig Laboratorium, Delft
38. Drost, T., Sjoukes, K.J., 1994, *Onderhoudsplan voor waterlopen op ecologische grondslag*, Het Waterschap nr 21, Unie van Waterschappen, Den Haag
39. Duffuaa, S.O., Raouf, A., Campbell, J.D., 1999, *Planning and control of maintenance systems*, John Wiley & Sons, inc., New York
40. Dutton, J., Webster, A., 1988, *Patterns of interest around issues: the role of uncertainty and feasibility*, *Academy of management journal*, nr 3
41. Engering, F.P.H. e.a., 1998, *Informatie en communicatietechnologie (STAN-S-28.022)*, LWI, Gouda
42. Esmeijer G., Meeuwesen, M., 1985, *Ontwikkelen van technische informatiesystemen met SDM en SDW*, Cap Gemini Publishing, Rijswijk
43. Esprit II, 1991, *Impact, Integrated modelling of products and processes using advanced computer technologies*, Tapir publishers, Trondheim
44. ESRI, 1995, *ArcCAD, GIS by ESRI User's guide*, ESRI, Redlands
45. ESRI, 1996, *ArcView GIS, the Geographic Information System for Everyone*, ESRI, Redlands
46. Faludi, A., 1987, *A decision centred view of environmental planning*, Pergamon press, New York
47. Gijssbers, P.J.A., Van Beek, E., 1998, *How to incorporate different models of various stakeholders in a joint developed DSS*, in *Hydroinformatics '98*, Balkema, Rotterdam
48. Giskes B., 1999, *Mogelijkheid uitbesteding langjarig onderhoud aan het snelwegennet*, TU Delft, Delft
49. Goodwin, P., Wright, G., 1998, *Decision Analysis for management judgment*, John Wiley & Sons, Chichester
50. Gossain, S., 1998, *Object Modeling and Design Strategies*, Cambridge university press, New York
51. Goucher G., Mathews J, 1996, *NASA tech brief Common Data Format*, National Space Science Data Center, NASA, Houston
52. Greveling, N.J.M., 1988, *Referentie-informatiemodellen; een overzicht*, *Informatie* nr 4, Studiecentrum voor administratieve automatisering, Amsterdam
53. Groot, P.J.M., Aalpol, B.E.C., 1996, *Wegenbeheer en onderhoudsbehoefte*, Economisch instituut voor bouwnijverheid, Amsterdam
54. De Groot, W.T., 1986, *Planvorming en planbeoordeling*, in *Basisboek milieukunde*, Boom, Meppel
55. Hall, R.H., 1982, *Organizations: Structure and Process*, third edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs
56. Van der Heijden, R, Pols, A., Voogd, H., 1990, *Planningsmethoden en technieken*, TU Delft, Delft
57. Henning, M., Vinoski, S., 1999, *Advanced CORBA programming with C++*, Addison-Wesley, Reading
58. Hillier, F.S., Lieberman, G.J., 1995, *Introduction to operations research*, McGraw-Hill, Singapore
59. Hink, R.L., Woods, D.L., 1987, *How humans process uncertain knowledge: an introduction for knowledge engineers*, *The AI magazine*
60. Hogeweg, M., 1995, *Gegevensmodel Adventus*, Unie van waterschappen, Den Haag

61. Hogeweg, M., 1997, Stekkerdoos Water, inventarisatie reikwijdte uitwisselingsformaten, HKV, Lelystad
62. Huisman, P., 1996, Hoe betalen we de waterrekening?, RIZA, Lelystad
63. Huisman, P., et al, 1998, Water in the Netherlands, NHV, Delft
64. ICID, 1989, Maintenance of irrigation systems, ICID, New Delhi
65. Ijpelaar, D.P.N.M., 1993, Beslissingsondersteuning bij het bepalen van een informatiestrategie, Moret Erns & Young Management Consultants, Utrecht
66. IWBP-werkgroep model-legger waterkwantiteitsbeheer, 1997, Notitie model-legger waterkwantiteitsbeheer, IWBP, Gorinchem
67. Johanss, R.D., 1995, Management concepts for decision support systems, TU Delft, Delft
68. Johnston, W.R., Robertson, J.B., 1982, Management, Operation and Maintenance of irrigation and drainage systems, ASCE, New York
69. Jorissen R.E., Van Noortwijk J.M., 1998a, Instrumenten voor optimaal beheer van waterkeringen (I), Het Waterschap nr 1, Unie van Waterschappen, Den Haag
70. Jorissen R.E., Van Noortwijk J.M., 1998b, Instrumenten voor optimaal beheer van waterkeringen (II), Het Waterschap nr 2, Unie van Waterschappen, Den Haag
71. Jurriëns, M., 1993a, Maintenance, technical maintenance, planning and organization, ILRI, Wageningen
72. Jurriëns, M., Jain, K.P., 1993b, Maintenance of irrigation and drainage systems, ICID, New Delhi
73. Jurriëns, M., 1995, Maintenance, lecture notes land reclamation, ILRI, Wageningen
74. Johanss R., 1995, Management concepts for a Decision Support System, TU Delft, Delft
75. Kanters, D., 1990, Naar een rationeel onderhoud van hoofdwatergangen, Waterschapsbelangen nr 6, Unie van Waterschappen, Den Haag
76. Kelly, A., 1984, Maintenance Planning and Control, Butterworths & Co, Londen
77. Kloosterboer, A., 1996, GIS, het primaire proces, Automatisering bij de Waterschappen, Roccade Civility, Veldhoven
78. Koning, P.C., 1989, Kosten van wegverhardingen, VBW asfalt, Breukelen
79. Kruse, H.M.G., 1998, Deformation of a river dyke on soft soil, Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht
80. Lameriks, M.J.A., 1995, Tussenrapport analysefase, deelstudie Gisratio, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
81. Lameriks, M.J.A., 1996a, Tussenrapport specificatiefase, Onderhoudsmodellen, deelstudie Gisratio, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
82. Lameriks, M.J.A., 1996b, Eindrapport deelstudie Gisratio, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
83. Lobbrecht, A.H., 1997, Dynamic Water-System Control, Balkema, Rotterdam
84. Van de Looij, M.P.A.M., 1993, Eindrapport fase 1, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
85. Van de Looij, M.P.A.M., 1994, Datamodel en functionaliteit GISWAK, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
86. Van de Looij, M.P.A.M., 1996a, Datamodel GISWAB, een geografische uitwerking, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
87. Van de Looij, M.P.A.M., 1996b, Gebruikershandleiding GISWAB, een geografische uitwerking, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
88. Van de Looij, M.P.A.M., 1996c, Onderzoeksvorstel, TU Delft, Delft
89. Van de Looij, M.P.A.M., Visser, S.J., Brouwer, R., 1998a, Onderhoudsbegrotingsystemen in het Nederlandse Waterbeheer, Hageman Verpakkers bv, Zoetermeer

90. Van de Looij, M.P.A.M., Visser, S.J., Brouwer, R., 1998b, *Systeemanalyse Gisratio*, Hageman Verpakkers bv, Zoetermeer
91. Van de Looij, M.P.A.M., Brouwer, R., 1998c, *Logisch ontwerp Gisratio*, Hageman Verpakkers bv, Zoetermeer
92. Van de Looij, M.P.A.M., Brouwer, R., Van der Veer, P., 1998d, *Definitie van uitvoerproducten Gisratio*, Hageman Verpakkers bv, Zoetermeer
93. Van de Looij, M.P.A.M., Brouwer, R., 1998e, *Rationele budgettering en planning van onderhoud in het waterbeheer*, Het Waterschap nr 5, Unie van Waterschappen, Den Haag
94. Van de Looij, M.P.A.M., Hof, A., Brouwer, R., 1998f, *Decision support system for maintenance of water systems*, Hydroinformatics '98 pp 315..317, Balkema, Rotterdam
95. Van de Looij, M.P.A.M., 1999a, *Voortgangsrapportage*, TU Delft, Delft
96. Van de Looij, M.P.A.M., 1999b, *Technisch ontwerp Gisratio*, TU Delft, Delft
97. Van de Looij, M.P.A.M., 1999c, *Beheerdershandleiding Gisratio*, TU Delft, Delft
98. Van de Looij, M.P.A.M., 1999d, *Gebruikershandleiding Gisratio*, TU Delft, Delft
99. Looijen, M., 1990, *Het functiegebied Beheer, nieuwe taken en verantwoordelijkheden*, Informatie, themanummer, Studiecentrum voor administratieve automatisering, Amsterdam
100. Looijen, M., 1995, *Beheer van informatiesystemen*, Kluwer, Deventer
101. Looij, T.P.J., 1989a, *Onderhoud van watergangen in 1985 (1)*, Waterschapsbelangen nr 1, Unie van Waterschappen, Den Haag
102. Looij, T.P.J., 1989b, *Onderhoudskosten van watergangen in 1985 (2)*, Waterschapsbelangen nr 4, Unie van Waterschappen, Den Haag
103. Looij, T.P.J., 1989c, *Initiatieven voor een natuur- en milieuvriendelijker onderhoud*, Waterschapsbelangen nr 6, Unie van Waterschappen, Den Haag
104. Lorentz, R., 1994, *Recursive Algorithms*, Ablex Publishing corporation, Norwood
105. LWI, 1995, *Generiek Decision Support System*, LWI, Gouda
106. LWI, 1998, internet, [www.lwi.nl](http://www.lwi.nl), LWI, Gouda
107. LWI, 1999, *VISI*, Eindrapport onderzoeksfase, Land Water Milieu Informatietechnologie, Gouda
108. Makowski M, 1994, *Design and implementation of Model-Based Decision Support Systems*, WP-94-86, International Institute for applied system analyses, Laxenburg
109. March, J.G., Simon, H.A., 1958, *Organizations*, Wiley, New York
110. McCall, J.J., 1965, *Maintenance policies for stochastically failing equipment: a survey*, Management Science nr 11, Operations Research Society of America, Baltimore
111. Meinsma, R.R., 1997, *Decision Support in Business Environments*, Delft
112. Melles, B., 1997, *Projectmanagement bij uitvoerende bouwbedrijven*, TU Delft, Delft
113. Menschaar, J.B., 1999, *OpenGis in waterbeheer*, IT-Works, Delft
114. Miles, S.B., Carlton, L.H., 1999, *Applications and issues of GIS as Tool for Civil Engineering Modeling*, Journal of computing in Civil Engineering nr 3, ASCE, New York
115. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1988, *concept wet op de waterkering*, Staatsuitgeverij, Den Haag
116. Mintzberg, 1979, *The structuring of organizations*, Prentice Hall, Englewood Cliffs
117. Mintzberg, 1980, *The nature of managerial work*, Harper & Row, New York
118. Van der Neut, D., 1995, *Plan van aanpak integraal waterbeheer in de Hoekse Waard*, AIDEnvironment, Amsterdam
119. Mott MacDonald, 1997, *Maintenance of Water Management Systems for Irrigation in Pakistan*, IIMI, Lahore
120. Mostert, E., 1995, *Commissions for environmental impact assessment*, Delft University Press, Delft

121. Nijburg, C., Englenburg, M.A.L., Sjoukes, K.J., 1996, Onderhoud op maat, gedifferentieerd onderhoud in beeld gebracht, 96-27, STOWA, Utrecht
122. Nijburg, C., Friedrich, J.C., Sjoukes, K.J., 1998, Gedifferentieerd onderhoud van watergangen, handleiding voor het opstellen van een strategisch plan, 98-27, STOWA, Utrecht
123. Van Noortwijk, 1996, Optimal maintenance decisions for hydraulic structures under isotropic deterioration, TU Delft, Delft
124. Oomens, P., 1995, Geschiktheid van diverse digitale kaartbestanden als ondergrond voor GISWAB, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
125. Ottoman, G.R., Nixon, W.B., Lofgren, S.T., 1999, Budgeting for facility maintenance and repair, Journal of management in engineering, nr 4, ASCE, New York
126. Pearce, G., 1992, Iprid and the iprid network, Grid issue 1, FAO, Rome
127. Pintelon, L., Gelders, L., Van Puyvelde, F., 1997, Maintenance Management, Acco, Leuven
128. Procensus, 2000, Eerst zien dan geloven...., een onderzoek naar de draagkracht van de Stekkerdoos Water, STOWA, Utrecht
129. Querner, E.P., 1993, Aquatic weed control within an integrated water management framework, report 67, DLO-Staring Centrum, Wageningen
130. Querner, E.P., 1995a, Vaststelling maaionderhoud in waterlopen, Het Waterschap nr 4, Unie van Waterschappen, Den Haag
131. Querner, E.P., 1995b, De stromingsweerstand en de berekening van de afvoer in begroeide waterlopen, Het Waterschap nr 9, Unie van Waterschappen, Den Haag
132. Querner, E.P., 1996, Hydrologisch model voor vaststellen en evalueren maaionderhoud, Het Waterschap nr 18, Unie van Waterschappen, Den Haag
133. Ravi, 1993, Terreinmodel Vastgoed, Ravi, Apeldoorn
134. Ravi, 1995a, Standaardisatie van Geoinformatie, Ravi, Apeldoorn
135. Ravi, 1995b, Europese standaardisatie met betrekking tot geoinformatie, Ravi, Apeldoorn
136. Ravi, 1995c, Praktijkrichtlijn NEN3610/NEN1878, Ravi, Apeldoorn
137. Reuling, A., 1987, Data-verzameling en data-analyse, Uitgeverij Nelissen, Baarn
138. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 1996, Programma van Eisen BOPPER versie 4.0, Rijkswaterstaat, Delft
139. Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, 1999, Een nieuwe visie op beheren, Beheerplan Nat Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 's-Gravenhage
140. Rijkswaterstaat, 1994, Jaarbericht 1994, Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage
141. Ritsema, I.L., e.a., 1996, Informatie en Communicatietechnologie (PD1), LWI, Gouda
142. Rock-Evans, R., 1998, DCOM explained, Digital press, Boston
143. Van Rooij, P., 1997, Interactieve planvorming voor het waterbeheer, STOWA, Utrecht
144. Sardjoe, R.B., 1999a, Gisratio in de praktijk, Inventarisatierapport, Waterschap De Brielse Dijkkring, Brielle
145. Sardjoe, R.B., 1999b, Gisratio in de praktijk, Eindrapport, Waterschap De Brielse Dijkkring, Brielle
146. Benjamin, W.E., 1999, A pseudo-recursive SAS-macro, in Observations, SAS Institute inc., Cary
147. Da Silva Lobo R.J., Cammeraat, J.P., 1996, Adventus en de Waterschapslegodoos, Het Waterschap nr 13, Unie van Waterschappen, Den Haag
148. Sagordoy, J.A., Bottrall, A., Uittenbogaard, G.O., 1986 Organization, operation and maintenance of irrigation schemes, FAO, Rome
149. Schlickman, T.W., 1992, Improving the effectiveness of decision-making using a distributed decision support system, Delft University of Technology, Delft
150. Van Schaik, F.D.J., 1988, Effectiveness of Decision Support Systems, Delft University Press, Delft

151. Schultz, E., 1992, Waterbeheersing van de Nederlandse droogmakerijen, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Directie Flevoland, Lelystad
152. Sena, J.A., Olson, D.H., 1996, Decision support for the administrative man: a prototype DSS case, *European journal of information systems*, nr 5
153. Siefers H.J., 1985, Frequentie van onderhoud van waterlopen en peilbeheersing, *Waterschapsbelangen*, nr 21, Unie van Waterschappen, Den Haag
154. Simon, H.A., 1957, A behavioral model of rational choice, in *Models of man*, John Wiley & Sons, New York
155. Simon, H.A., 1960, *The New Science of Management Decision*, Harper & Row publishers, New York
156. Skutsch, J., 1993, *Research and development for irrigation and drainage maintenance*, Grid Issue 3, FAO
157. Smith, A.A., Hinton, E., Lewis, R.W., 1983, *Civil Engineering Systems, Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Chichester
158. Sol, H.G., 1982, *Simulation in information systems development*, University of Groningen, Groningen
159. Speijker, L.J.P., Van Noortwijk, J.M., Kok, M., Cooke, R.M., 1996, *Optimal Maintenance Decisions for Dykes (concept)*, geaccepteerd in *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, 2000, Cambridge University Press, New York
160. Steels, L., 1992, *Kennissystemen*, Addison Wesley, Amsterdam
161. Steenis, H., 1999, *Woordenboek informatie en telecommunicatie*, Sybex, Soest
162. STOWA, 1996, *Stekkerdoos Water, Definitie standaarduitwisselingsformaat*, report 96/04, Hageman Verpakkers bv, Zoetermeer
163. Taw Infra Consult BV, 1992, *Integraal waterbeheersplan Zuid-Holland Zuid*, Deventer
164. TAW, 1985, *Leidraad voor het ontwerpen van rivierdijken*, Staatsuitgeverij, Den Haag
165. TAW, 1993, *Water tegen de dijk*, TAW, Den Haag
166. Tolman, F.P., 1997a, *Informatie- en kennistechnologie in het bouwproces CTif4270*, TU Delft, Delft
167. Tolman, F.P., 1997b, *Bouwinformatica in ontwerp en constructie CTif4260*, TU Delft, Delft
168. Tweede kamer der Staten-Generaal, 1970, *Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren*, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Den Haag
169. Tweede kamer der Staten-Generaal, 1992, *Waterschapswet*, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Den Haag
170. Tweede kamer der Staten-Generaal, 1996, *Wet op de waterkering*, Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Den Haag
171. Van Tuinen, E., 1995, *Datamodel GISWAB*, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
172. Van Tuinen, E., 1997, *Implementatieplan GISWAB*, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
173. Van Tuinen, E., 1998, *Implementatieplan GISWAB*, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
174. Unie van Waterschappen, 1986, *Methoden en kosten van het onderhoud van waterlopen*, Unie van Waterschappen, Den Haag
175. Unie van Waterschappen, 1991, *Uniemodel-legger/technische beheersregister ten behoeve van primaire waterkeringen*, Unie van Waterschappen, Den Haag
176. Unie van Waterschappen, 1994a, *Jaarverslag 1994*, Unie van Waterschappen, Den Haag

177. Unie van Waterschappen, 1994b, Gegevensbeschrijving waterkwantiteit, Unie van Waterschappen, Den Haag
178. Unie van Waterschappen, 1995, Handleiding Gegevensstandaard Unie van Waterschappen, Unie van Waterschappen, Den Haag
179. Unie van Waterschappen, 1997, Het Beleids- en beheerproces bij Waterschappen, Unie van Waterschappen, Den Haag
180. Unie van Waterschappen, 1998, Waterschapsalmanak 1998/1999, Unie van Waterschappen, Den Haag
181. Vckovski, A., 1998, Interoperable and distributed processing in GIS, Taylor and Francis, Londen
182. Van de Ven, G.P., 1993, Man-made lowlands, ICID, Uitgeverij Matrijs, Utrecht
183. Van de Ven, F., e.a., 1999, Een standaard raamwerk voor modellen, Het Waterschap 99 nr 18, Unie van Waterschappen, Den Haag
184. Verdier, J., Millo, J., 1992, ICID paper no. 40., Maintenance of irrigation systems, ICID, New Delhi
185. Verhallen, J.M., Huisman, P., Korver, L., 1997, Integraal Waterbeheer, RIZA, Lelystad
186. Vertis, 1997, Technische Werking Waterschap Legodoos, Vertis, Veendam
187. Visser, S.J., Van de Looij, M.P.A.M., 1996, onderhoud-begrotingssystemen in het Nederlandse waterbeheer, TU Delft, Delft
188. Visser, S.J., Van de Looij, M.P.A.M., 1997, Maintenance within the Dutch Water Management Sector, TU Delft, Delft
189. Vonk, Z.C., e.a., 1993, De Kaarten van tafel, Unie van Waterschappen, Den Haag
190. Vonk, Z.C., Van de Looij, M.P.A.M., 1996, GIS bij waterschappen, Het waterschap nr 5, Unie van Waterschappen, Den Haag
191. Vrijling, J.K., Leeuwenstein, W., Kuiper, H., 1995, The maintenance of hydraulic rock structures, in River, coastal and shoreline protection: erosion control using riprap and armourstone, John Wiley & Sons
192. Van Waes, B.P.J., 1998, Vergelijking prestaties en kentallen BBP-Gisratio, Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Gorinchem
193. Van Waijen, E.G., e.a., 1997, Using a hydro-dynamic flow model to plan maintenance activities and improve irrigation water distribution: application to the Fordwah distributary in Punjab Pakistan, Irrigation and Drainage Systems, nr 11, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
194. Wessel, J., 1993, Waterrecht, dictaat aa4, TU Delft, Delft
195. Wijers, G.M., 1991, Modelling support in information systems development, Thesis publisers, Amsterdam
196. Wilkinson, C., 1999, Rethinking GIS, ArcUSER, september 1999, ESRI, Redlands
197. Wilson, B., 1984, Systems: Concepts, methodologies and applications, John Wiley, Chicester
198. Zachary, W., 1986, A cognitively based functional taxonomy of decision support techniques, Human computer interaction, nr 2





## Summary

### Background

In water management the maintenance of water systems (embankments, structures, canal systems etc.) is indispensable for the maintenance of its original functions. Degradation and decay are affecting natural resources as well as the artificial environment. The actual condition of each component has to meet the functional requirements. By means of maintenance the specific functions and objectives of the constructed environment are kept within predetermined limits. Without proper maintenance the functioning of the system will be impeded. Therefore, the actual condition of the water system has to be monitored continuously if insight is to be gained into the amount of maintenance that is necessary.

Controlling the operation and maintenance of a water system requires an effective organization, knowledge of the characteristics of the water system, characteristics of the applicable maintenance activities and rational insight into the expenditures related to these activities. When investigating the process of optimizing maintenance, the main questions which have to be answered are: to what extent is the functioning of the elements affected by maintenance and how can the time, money and effort spent on this be optimized.

The total annual budget for maintenance financed by the different organizations in the Dutch water management sector is about \$ 500 million. The research showed that much more money is needed for maintenance and recovery in other countries. At present, experience and proven methods dominate the decision making where maintenance work is concerned. Up until now present maintenance methodology has met all the maintenance requirements, but those responsible for this process have a need for a more rational method of planning and budgeting maintenance works. This rational method could then be used as a tool to compare maintenance activities and costs in different but comparable locations, to compare alternative maintenance programs and to give a solid base for the decisions on the maintenance program to be executed. The main object of the present research was to develop a model for the rational planning and the budgeting of maintenance of water systems which could be implemented in an automated information system. This model is to be named 'Gisratio'. During the research the importance of monitoring the actual progress and expenditures was added as an additional objective.

### Organization of maintenance

The complex water-management situation of the Netherlands, with its polders, large drainage systems, embankments and coastal expanses necessitates a proper institutionalized organization designed to take care of the daily operation and maintenance of its water management infrastructure. Although water boards have been taking care of the Dutch water systems for centuries, the watermanagement agencies have become aware of the fact that the maintenance of the water system needs more attention. The importance of maintenance is therefore a subject which is becoming more and more recognized.

The Dutch 'Water Boards' are not organized uniformly. But in each separate Water Board several organizational levels can be distinguished. Maintenance information is transported between these levels. The exact number of levels differs from organization to organization. This research showed that four major user levels in the organization can be distinguished that are important and present in all Water Boards, these are:

- user level 1: administrators;
- user level 2: higher executives (managing director, sector heads);
- user level 3: lower executives (heads of areas and/or sections);
- user level 4: the staff who are carrying out the work (workmen).

The Dutch water boards are currently introducing a new method for budgeting expenditures, the Policy Management Process. This method puts responsibilities low in the organizations. The lower executives are responsible for a budget. The higher executives and administrators only manage the main features.

### **Characteristics of the water system**

Much information has to be collected before any calculations on planning and budgeting for maintenance can be made. Because of Dutch legislation (such as legislation on safety testing) a lot of data have already been collected for automatically executing calculation the factors of safety and performance of the various objects and of the total system. These existing data are immediately available for the planning and budgeting of maintenance. The data collected have been stored in several application systems. Most of the applications are based on geographic information systems because the information needed consists of graphic and alphanumeric data. Two applications for water quantity management and management of embankments (GISWAB and GISWAK) have been developed as part of this research.

### **Standardization of information**

In water management a lot of information is being exchanged between persons and organizations. Part of this information exchange is made by computer applications. In this case two types of information exchange can be distinguished:

- exchange of data (geographical and alphanumeric);
- exchange of functionality.

The information collected is stored in several kinds of databases. Integrating these databases presents a number of complex problems, such as how to name the variables and objects, how to classify the objects and how to determine the dimensions of the variables. For this reason standardization of the description of this information is very useful. The easiest solution is to agree upon a dictionary (vocabulary) describing the essential terminology. It was for this reason that the Union of Dutch Polder boards set up a data dictionary on water system information. The dictionary gives a classification of all the objects used for surface water modeling and their attributes. Along with the classification project in the Netherlands, STOWA, a foundation for applied research in watermanagement, also defined a digital exchange format. This standardization process gives many possibilities for exchanging information between several applications. The use of de facto standards (such as Shape, ArcINFO coverage, AutoCAD DWG etc.) and standard interfaces (such as ODBC, SQL etc.) can also be workable.

Models are essential in water management and often are encapsulated in computer applications. Integrating these systems on a functional level gives more possibilities and fewer disadvantages than data exchange. Problems can arise when models have to be linked and no standard structure is available. Such a structure must be widely accepted, flexible, open and modular [Van de Ven, 1999]. Important developments are OpenGIS, Java/CORBA and DCOM.

### **Modeling maintenance**

After identifying and collecting the characteristics of the water system and the available maintenance methods, the remaining problem is to describe how the maintenance proceeds in practice. For this purpose two large questionnaires were distributed among the Dutch Water Boards. For each objectclass a maintenance model has to be developed. In general, three maintenance models have been identified:

- corrective maintenance (an object will be maintained when it has failed);
- time-based preventive maintenance (an object will be maintained after a certain period of time);
- condition-based preventive maintenance (maintenance will be carried out at the times determined by the inspecting or monitoring of an object's condition).

Not every model is suitable for each object class. Failure-based corrective maintenance can be chosen best if the costs arising from failure (an object does not meet the requirements set) are low. Time-based preventive maintenance is suitable if the times of failure are predictable. If the deterioration level can be inspected or monitored, one could rely on condition-based preventive maintenance. If none of the conditions above are valid, the object should be redesigned.

A rational maintenance model should be based on a quantified measurable minimum level which defines the moment of action (condition or time). With several types of objects there are existing models which can, for example, predict conditions in time. Using such existing models and standard conversion formats might be useful. This is possible by using the standard conversion formats. Unfortunately not all types of objects can be modeled in a rational way. With some types of objects there is still a lack of knowledge about the loss of quality of (parts of) elements or there is no uniform measurement program to quantify the deterioration level or the unit costs related to maintenance. In such cases empirically determined maintenance decisions can be used. As part of this research much information has been collected on how and when objects are maintained, and how this can be modeled.

Grouping maintenance objects is another important facet of maintenance decision rationalizing. In general, it is cheaper to jointly maintain several objects at the same time than to maintain them separately in a short space of time. Geographical relations (routing) and alphanumeric values (condition and decay in time of the objects) are therefore of great concern.

It is not always possible to maintain an object at the time the intervention level is reached. The condition of other nearby objects (within the maintenance group), other objectives (such as nature conservation; e.g. it is not permitted to maintain a slope during breeding season) or legislation (it is not permitted to maintain an embankment in winter when river water levels are high) must be accounted for in the decision-making process.

The progress of the maintenance work and the deployment of resources have to be monitored continuously. The current expenditures and achievements have to be visualized at any moment in time. This information must be put in standardized output formats (graphs, tables, forms, maps). The level of detail for this output varies per user level.

### **System design**

A decision support system (Gisratio) has been developed for the rational planning and budgeting of water system maintenance activities. This flexible DSS consist of four different modules (one module for each of the four user levels) which are all part of one system and using the same database. Beneath the surface of the userinterface of the DSS, the four modules are working together. Specific models will not be integrated into the system. The DSS will link to these models (if necessary) using standard exchange formats (such as the Dutch water management information exchange protocol called 'Stekkerdoos').

The users in the first level (administration) will not generate output by themselves but will only use output generated by other levels. The functionality of this part of the DSS can therefore be limited to the visualizing and generation of standard maps (of the whole conservancy area), long-term cost estimates,

long-term plans and different kinds of graphs (costs, staffing). The administration will set the objectives and targets for the whole organization. Regarding maintenance, the administration will make decisions between alternative maintenance plans drawn up by the organization. The budgets belonging to the plans will then be allocated. It is not necessary for a member of the board to actually sit behind the DSS. In most cases an employee from another user level will generate paper products which will be used by the board. This user level is therefore optional for the DSS.

The second level users (managing directors) require little more detailed information about the water system and about alternative plans. They also need to have functions to analyze data (to compare costs, budgets, accomplished goals/targets etc.) and generate specific output. This information not only applies to maintenance data but to all other watermanagement data as well. The managing directors and sector/section chiefs are responsible for the integration of maintenance data with all other watermanagement information in the organization. Integration options should therefore be available. The managers will use information which is generated by the board (budgets and targets) and the lower executives (plans and estimates) to draw up the long-term maintenance plans and estimates for the boards and the more detailed budgets and targets (per area, per object type etc.) for the lower executives.

Four types of output must be generated: maps, graphs, tables (cost estimates) and time schedules (bar-diagrams). Most of the output has a standard format and contents, which is why tools are available to make it easy to visualize and generate this output. Besides generating standard maps, graphs, estimates and time schedules it is also possible to generate user-specified output products.

The third user level constitutes by far the most important module in the DSS. The users at this level (lower executives such as district managers) actually draw up the (short-term) maintenance plans, the time schedules, bills of quantities and the cost estimates. These users want more detailed information (according to area, activity, teams of workers etc.) and certain functions for analyzing data (query, graphs, overlays etc.) and generate specific output. These possibilities including large flexibility have been implemented in the BOS.

The district managers will get a yearly budget and a number of targets to achieve and are responsible for that. At present proven methods are being used to achieve these targets. No alternative plans are being drawn up because it is hard and time-consuming to oversee the consequences (cost estimates and targets) of a new plan. The users of this level are also responsible for collecting and taking care of the input of the characteristics of the water system. The current characteristics of the water system, the amount of money and time spent on it and the cost estimates of new maintenance are reported to the higher executives. The maintenance work to be carried out by the workmen is described in time schedules and maps. A bill of quantities will be generated (by external applications) for maintenance work that is to be contracted out.

The field executives who actually carry out the work (fourth user level) will only have access to information products which have been generated by others (a.o., the district head). They need information about the work to execute (job schedule), where they have to be (map), the working order, starting point (routing) and the materials needed (rolling stock). So, for this part of the DSS functionality is limited to the visualization of standard maps and schedules. In some organizations this part will not even be necessary.

**Test cases**

Two test cases were carried out to test the methodology and functionality of the applications developed. In the first test case the application GISWAB was tested at the Dutch water board 'Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden'. All data necessary for the integral water management plan (IWBP) were entered into the application. The second test case was carried out at the Dutch water board 'De Brielse Dijkkring'. The current maintenance plans were investigated. Furthermore the RAW- and BBP-systematics were analyzed. A maintenance method was set up which fits the current maintenance, RAW- and BBP-systematics. The methodology was implemented in Gisratio. Afterwards a maintenance plan was set up for a small area in the water board. The developed maintenance methodology will be used as the default values for future implementations.

**Conclusions and recommendations**

The test cases have demonstrated that the use of an automated method of planning and budgeting maintenance is beneficial. Generating alternative maintenance plans is easy and links up with budgeting methods being used. Initial investments have to be made in the setup of the databases, but the use of the method will result in better plans and lower maintenance costs. Once the database is filled, the preparation of (alternative) maintenance plans and budgets will be much less time-consuming than methods currently in use.

The application developed is flexible and therefore suitable for all kinds of organizations in water management. Further research and application development is still necessary.

Furthermore, the uses of rational modules for several object classes have to be developed and/or linked to Gisratio.



## Bijlage 1 Samenstelling stuurgroep

ir. L. van Asperen	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
prof.ir. R. Brouwer	TU Delft, sectie Land- en waterbeheer (voorzitter)
ing. A. de Koning	Waterschap IJsselmonde
ing. C. Langelaan	Unie van Waterschappen
prof.dr.ir. P. van der Veer	TU Delft, sectie Civieltechnische Informatica
ir. Z. Vonk	Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
ir. L. Wentholt	STOWA
ir. C. van Westen	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde





## Bijlage 2 Samenstelling technische adviescommissie

drs. M. Van den Brink	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde
J. Brinkman	Waterschap Regge en Dinkel
prof.ir. R. Brouwer	TU Delft, sectie Land- en waterbeheer (voorzitter)
ing. S. Dob	Waterschap De Brielse Dijkkring
ing. J. Heijs	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
ing. E. Kramer	Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
ing. E. Steenbergen	Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden
ing. C. Stoutjesdijk	Waterschap Goeree-Overflakkee
ing. B. Vonk	Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde



## Bijlage 3 Separaat uitgebrachte documenten

Onderhoudsbegrotingssystemen in het Nederlandse waterbeheer

Van de Looij, M.P.A.M., Visser, S.J., Brouwer, R.

STOWA publicatie 98/08 (ISBN 90.5773.020.0)

Hageman Verpakkers BV Zoetermeer

Systeemanalyse Gisratio

Van de Looij, M.P.A.M., Visser, S.J., Brouwer, R.

STOWA publicatie 98/09 (ISBN 90.5772.02.9)

Hageman Verpakkers BV Zoetermeer

Logisch ontwerp Gisratio

Van de Looij, M.P.A.M., Van der Veer, P., Brouwer, R.

STOWA publicatie 98/11 (ISBN 90.5772.023.5)

Hageman Verpakkers BV Zoetermeer

Definitie van uitvoerproducten

Van de Looij, M.P.A.M., Visser, S.J., Brouwer, R.

STOWA publicatie 98/10 (ISBN 90.5772.022.7)

Hageman Verpakkers BV Zoetermeer

Technisch ontwerp Gisratio

Van de Looij, M.P.A.M.

Intern rapport TU Delft

Beheerdershandleiding Gisratio

Van de Looij, M.P.A.M.

intern rapport TU Delft

Gebruikershandleiding Gisratio

Van de Looij, M.P.A.M.

Ingenieursbureau BCC GIS bv Leerdam



## Curriculum Vitae

René van de Looij is geboren in Oirschot op 27 oktober 1969. In juni 1988 behaalde hij het examen Atheneum-B aan het Jacob-Rouland Lyceum te Boxtel.

In september 1988 begon hij zijn studie Civiele Techniek aan de Technische Universiteit Delft. Hij specialiseerde zich hierbij in Civiele Bedrijfskunde en Civieltechnische Informatica. Zijn afstudeerwerk bestond uit de ontwikkeling van een geografisch informatiesysteem voor het waterkeringenbeheer. Dit onderzoek is uitgevoerd bij het Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden. Het ingenieursdiploma werd in augustus 1994 verkregen. Tevens werd een aanvullend examen in utiliteitsbouw behaald.

Van augustus 1994 tot en met juni 1996 heeft de auteur gewerkt voor een zestal waterschappen in Zuid-Holland Zuid (Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, Hoogheemraadschap van de Krimpenerwaard, Waterschap De Brielse Dijkkring, Waterschap De Grootte Waard, Waterschap Goeree Overflakke en Waterschap IJsselmonde).

In december 1994 werd begonnen met het promotieonderzoek Gisratio bij de sectie Land- en waterbeheer van de faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen van de Technische Universiteit Delft. Tot juli 1996 werd het onderzoek parallel uitgevoerd met de werkzaamheden voor de waterschappen in Zuid-Holland Zuid. Vanaf juli 1996 tot en met december 1999 werd het onderzoek voltijds uitgevoerd aan de Technische Universiteit Delft. De voltooiing van het onderzoek vond plaats bij CMG te Eindhoven. Het resultaat van dit onderzoek is gevat in onderliggende dissertatie.

De auteur is vanaf 1995 tevens werkzaam als gastdocent grafische gegevensverwerking bij de sectie Civieltechnische Informatica.

Sinds januari 2000 is de auteur werkzaam bij CMG Eindhoven B.V., postbus 7089, 5605 JB Eindhoven, e-mail: rene.van.de.looij@cmg.nl

ISBN: 90-407-2057-6

Delft University Press