

# GIS en het RIVM

*Bart Kusse*<sup>1</sup>

*Rob van de Velde*<sup>2</sup>

*Paul Padding*<sup>3</sup>

*Gerard Nienhuis*<sup>2</sup>

*Theo Thewessen*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies (LAE)

<sup>2</sup> Laboratorium voor Bodem en Grondwater onderzoek (LBG)

<sup>3</sup> Informatica Service Centrum (ISC)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Anthonie van Leeuwenhoeklaan 9

P.O.Box 1 3720 BA Bilthoven

## Introductie

Bij het RIVM is een aantal jaren geleden het Geografisch InformatieSysteem (GIS) Arc/Info geïntroduceerd. In eerste instantie werd de inzet hiervan voornamelijk gezien ten behoeve van de jaarlijks terugkerende Milieuverkenningen (MV), een van de hoofdactiviteiten van het RIVM op milieugebied. Spoedig bleek evenwel dat door het multifunctionele karakter van een GIS de inzet op een aantal terreinen tot de mogelijkheden behoorde. Sindsdien wordt niet alleen binnen de milieusector gebruik gemaakt van de schijnbaar onbeperkte mogelijkheden van een GIS, maar ook binnen de sector volksgezondheid ziet men de toegevoegde waarde van GIS.

Trefwoorden: beleidsondersteuning, milieu, volksgezondheid, GIS, toekomstverkenningen

## Het RIVM

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) te Bilthoven is het kennis- en expertisecentrum van de overheid, dat de informatie levert voor het gezondheids- en milieubeleid, mede ter ondersteuning van het staatstoezicht op de Volksgezondheid. Het groeiend besef van de ernstige gevaren die gezondheid en milieu bedreigen, leidde in de tachtiger jaren, en nog steeds, tot een vraag naar toekomstverkenningen. In 1988 publiceerde het RIVM het bekend geworden rapport 'Zorgen voor morgen' als grondslag voor het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP). In 1991 is het vervolg hierop uitgebracht (RIVM, 1991). Regelmatig zullen dergelijke RIVM-prognoses en beschrijvingen verschijnen, zowel met betrekking tot het milieu als de volksgezondheid, terreinen die meer en meer met elkaar verweven zijn geraakt.

Het RIVM dateert uit 1910 toen, ter ondersteuning van het staatstoezicht op de volksgezondheid, het Centraal Laboratorium voor de Volksgezondheid werd opgericht. In 1984 verkreeg het instituut zijn huidige omvang na een fusie tussen drie rijksinstellingen. Het beleidsvoorbereidende volksgezondheids- en milieuonderzoek zijn de twee kern aandachtsvelden van het RIVM. Hier is de organisatie ook op ingericht met zeven sectoren die op projectbasis nauw samenwerken. Op het gebied van het milieu zijn dit de sectoren 'Toekomst-

verkenningen' en 'Milieu-onderzoek'. De kerntaken van deze sectoren zijn:

- Toekomstverkenningen: verkenningen van te verwachten ontwikkelingen in de kwaliteit van milieu en volksgezondheid en onderzoek naar methoden en technieken voor de toekomstverkenningen;
- Milieu-onderzoek: het vaststellen van de huidige en het voorspellen van de toekomstige milieukwaliteit voor verschillende beleidsscenario's. Hiertoe heeft het RIVM, naast simulatiemodellen, een aantal meetnetten ter beschikking. In deze bijdrage wordt een indruk gegeven van de toepassingen van GIS op de hierboven geschetste terreinen.

## Introductie en implementatie van GIS

Medio 1987 is door een aantal laboratoria het initiatief genomen om te onderzoeken of het gebruik van een Geografisch Informatie Systeem (GIS) een bijdrage zou kunnen leveren aan een efficiënte productie van de toekomstverkenningen. Bij deze verkenningen is de interactie tussen de laboratoria, gegroepeerd rond de compartimenten lucht, bodem en water, noodzakelijk. Deels loopt deze interactie via model input en output; dit vereist de nodige afstemming, zowel inhoudelijk als op gegevensniveau. Hierbij komt tevens de wens dat het proces reproduceerbaar is: bij gelijk-

ke procedures en data moet dezelfde uitkomst gegenereerd worden.

De behoefte om de manipulatie van ruimtelijke gegevens uit de modelstructuur te lichten, tevens een mogelijkheid om de opslag van deze gegevens te organiseren en de consistentie ervan te waarborgen, en als 'smeer' middel om tot afstemming van de modellen te komen, heeft ertoe geleid dat in 1989 na ampele overwegingen een project is gestart om duidelijkheid over al deze facetten te krijgen: MILGIS. Het doel van MILGIS (Kusse & Padding, 1991) is het structureren en optimaliseren van de ruimtelijke informatievoorziening binnen het RIVM op het gebied van het milieu.

### Het MILGIS-concept

In het MILGIS-concept worden een viertal GIS-platforms onderscheiden:

- 1 het centrale (MILGIS) platform, waar alle data zijn opgeslagen die van gemeenschappelijk belang (kunnen) zijn;
- 2 het LABGIS platform. Op laboratoriumniveau zijn specifieke data aanwezig, ofwel vergaard uit metingen, ofwel gegenereerd met behulp van modellen. Het beheer van deze gegevens ligt bij het laboratorium, waar ook de kennis van de materie aanwezig is.
- 3 het analytisch GIS-platform. De onderzoeker/beleidsvoorbereider heeft vaak de behoefte om een aantal varianten tegenover elkaar te zetten. Hij heeft hierbij middelen nodig die hem deze mogelijkheden bieden en waarbij de omgeving gebruikersvriendelijk is. Bovendien heeft hij de mogelijkheid om de voor hem belangrijke modellen te koppelen aan de gegevens;
- 4 en 'last but not least' het presentatieplatform. Hoewel op elk van de vernoemde platforms middelen aanwezig zijn waarmee grafische uitvoer gegenereerd kan worden, laat de kartografische (en soms de grafische) kwaliteit te wensen over. Voor dit doel is een speciale omgeving ingericht waarin het mogelijk is om de resultaten van elk van de andere platforms op te nemen en deze 'na te bewerken'. Ook is dit de plaats waar het definitieve kaart-

materiaal wordt vervaardigd, of overgebracht op andere media (bijv. dia's).

Dit concept is sedert 1989 leidraad geweest bij de ontwikkeling van GIS op het RIVM. Bij de meeste milieulaboratoria is het GIS inmiddels operationeel. Zo'n 25 werkplekken zijn ingericht met 'state of the art' technologie, pilotstudies zijn uitgevoerd en aan training en opleiding van medewerkers is veel aandacht besteed. Het GIS wordt momenteel ingezet in een aantal produktieprocessen. De GIS-technologie, en meer in het algemeen de toepassing van ruimtelijke analyse- en presentatietechnieken nemen een essentiële plaats in de ruimtelijke informatievoorziening van het RIVM.

### Fasering GIS implementatie

Bij de implementatie van GIS bij het RIVM zijn tot nog toe twee fasen doorlopen. In de eerste fase (technische implementatie) is een begin gemaakt met de opleidingen en is een basis gelegd voor een technische infrastructuur. In deze fase zijn de eerste proefprojecten uitgevoerd.

In de tweede fase is GIS ingezet bij de uitvoering van (grotere) 'echte' projecten. De kennis omtrent het uitvoeren van grootschalige GIS projecten in een praktijk situatie, alsmede het inzicht in de sterke en zwakke punten van het gebruik van GIS is in deze fase sterk toegenomen (zie: Thewessen, Van de Velde en Verlouw, 1992). De werkwijze kenmerkt zich door een sterke project-georiënteerdheid: projecten worden relatief geïsoleerd van elkaar uitgevoerd en beheerd. In deze fase ontstaan er duidelijke ideeën over hoe GIS uiteindelijk ook organisatorisch beter geïmplementeerd kan worden.

De derde en laatste fase moet de implementatie van GIS voltooien. In deze fase gaat, in tegenstelling tot in fase 2, de aandacht met name uit naar organisatorische aspecten. In plaats van een projectgerichte aanpak wordt de aanpak meer integraal. Aspecten als beheersbaarheid en kwaliteit spelen in deze fase een belangrijke rol. Dit is alleen mogelijk als er een stabiele structuur wordt gerealiseerd. In het eerste traject van deze fase speelt het ontwikkelen

van de structuur een hoofdrol. Daarna wordt integratie (bijvoorbeeld van modellen en data) alsmede het ontwikkelen van beleidsondersteunende systemen belangrijk. Op het moment bevindt zich de implementatie van GIS bij verschillende laboratoria in de overgang van fase twee naar fase drie. Een aantal andere maakt op dit moment de stap van fase een naar twee.

### Hoofdprocessen van de Geografische Informatievoorziening

In de ruimtelijke informatievoorziening kunnen drie hoofdprocessen worden onderscheiden (Thewessen & Van de Velde, 1993). Deze hoofdprocessen zijn gegevensmanagement, ruimtelijke analyse en presentatie.

Bij *gegevensmanagement* wordt onderscheid gemaakt tussen acquisitie, beheer en beschikbaarstelling. De uiteindelijke gegevensbronnen van de geo-informatievoorziening zijn enerzijds metingen (monitoring), waarbij het RIVM zelf data genereert, en anderzijds door acquisitie verkregen ruimtelijke gegevens van derden. Deze gegevens worden beheerd in een centrale database, vanwaar de gegevens ten behoeve van modelontwikkeling en modeltoepassingen worden verstrekt. Aan het beheer van meetgegevens worden andere eisen gesteld dan aan het beheer van externe basisgegevens

Uit de meet- en basisgegevens worden afgeleide datasets gegenereerd als de basisgegevens in hun oorspronkelijke vorm niet direct toepasbaar zijn. Daarnaast worden er ten behoeve van projecten projectdatabases gebouwd, uitgaande van basis- of afgeleide gegevens.

Bij *ruimtelijke analyse* wordt ten aanzien van de geo-informatievoorziening onderscheid gemaakt tussen modelontwikkeling en modeltoepassing. De *modelontwikkeling* is een kerntaak van het RIVM, waarmee de ontwikkeling (en toepassing) van modellen kan worden beschouwd als de motor van de (ruimtelijke) informatievoorziening. Omgekeerd betekent dit dat de ruimtelijke informatievoorziening zo moet worden ingericht dat de ontwikke-

ling (en toepassing) van modellen optimaal wordt ondersteund. Bij de *modeltoepassing* ligt het accent op het integreren van het model met landsdekkende ruimtelijke databestanden uit de centrale database. Dit kunnen basis- of afgeleide gegevens zijn. Het kunnen echter ook gegevens zijn die speciaal voor het model zijn 'geïntegreerd' uit verschillende bestanden uit de centrale database. Hierbij worden GIS-tools gebruikt door de modelontwikkelaar zelf, maar ook door inschakeling van GIS-deskundigen. Het model wordt dan als het ware gezamenlijk door de inhoudelijk deskundige en GIS-deskundige toegepast.

Onder *presentatie* in de geo-informatievoorziening wordt verstaan het presenteren van ruimtelijke beelden in kaartvorm. In de eerste vorm hebben we te maken met gebiedsdekkende informatie, in het tweede geval betreft het voornamelijk het presenteren van punt-informatie. Voor beide vormen van presentatie wordt bij het LBG gebruik gemaakt van GIS hulpmiddelen. De functie van de presentatie is tweeledig. Enerzijds speelt het een grote rol bij het beoordelen van de modeltoepassingen, en draagt in deze vorm bij tot de calibratie en beoordeling van de modellen en/of de gegevens. We spreken hier van presentaties in de vorm van werkkaarten. Het snel en eenvoudig kunnen presenteren is bij deze toepassing een voorwaarde. Anderzijds worden na beoordeling van verschillende tussenresultaten de eindresultaten rechtstreeks digitaal uitgevoerd naar een kwalitatief hoogwaardig randapparaat ten behoeve van een eindrapport.

## Toepassingen van GIS bij het RIVM

De introductie van GIS heeft duidelijk zijn vruchten afgeworpen, getuige enkele projecten die hierna genoemd worden. Dat de opsomming niet uitputtend is moge duidelijk zijn, het is meer ter illustratie van de diversiteit in de toepassingsfeer.

### Kaartproductie ten behoeve van de Nationale Milieuverkenningen 1990-2010

Het doel van het project is geweest het produceren van kwalitatief hoogwaar-

dig kaartmateriaal met behulp van het GIS binnen een bepaalde termijn (RIVM, 1991). Afgeleide doelstellingen zijn:

- het definiëren van een RIVM-standaard voor de vormgeving van Nederland- en Europa-dekkende kaarten;
- het realiseren van de benodigde technische hulpmiddelen voor een efficiënte productie van thematische kaarten, zoals conversieroutines van en naar rekenmodellen, gegevensbewerkings-routines (classificatie, kleurtoekenning), uitvoerroutines naar diverse soorten randapparatuur en routines voor administratie en documentatie;
- het opleveren van een infrastructuur die op langere termijn bruikbaar blijft.

### De randvoorwaarden

Een eerste randvoorwaarde was de beperkte periode van circa drie maanden waarin de kaartproductie moest worden opgezet en de kaarten geproduceerd. Uit een eerste inventarisatie bleek dat de gegevens die in kaart moesten worden gebracht, afkomstig waren van ruim tien verschillende prognosemodellen, die operationeel zijn op verschillende hardware/software platformen. Een goede aansluiting tussen het centrale GIS-platform en deze verschillende software en hardware configuraties was een vereiste.

De inhoudelijke verantwoordelijkheid voor de in kaartvorm gepresenteerde onderzoeksresultaten lag bij ruim 20 auteurs. Deze situatie maakte het noodzakelijk om een uitgebreide administratie bij te houden over de status van de concept-kaarten door middel van een geautomatiseerd kaart 'log' systeem. Om de consistentie van het grote aantal databestanden die werden aangeleverd, te kunnen waarborgen, is gekozen voor één centrale database, en een standaard, gebruikersvriendelijke applicatie.

De beschikbaarheid van hardware, software en randapparatuur vormde uiteraard ook een randvoorwaarde. Voor dit project kon gebruik worden gemaakt van de GIS-configuratie die is opgesteld bij het LBG en een MacIntosh-configuratie met diverse Desk Top Publishing (DTP)-software

en het kartografische pakket Cart/O/Info. Voorts was de beschikking over de nodige randapparatuur voor het afdrucken van de kaarten.

### Productielijnen

Bij een eerste inventarisatie kwam naar voren dat er circa 60 kaarten in het boek opgenomen zouden worden, een aantal dat in de loop van het project groeide naar circa 100. De gevarieerdheid van het kaartmateriaal en de verschillen in de wijze waarop de achterliggende informatie beschikbaar was heeft het noodzakelijk gemaakt om ten minste 2 productielijnen op te zetten: in de eerste plaats met behulp van Arc/Info, en daarnaast met behulp van diverse software op de MacIntosh.

Arc/Info is ingezet voor alle kaarten, waarvan de achterliggende coördinaat- en attribuuatgegevens in digitale vorm beschikbaar en overdraagbaar waren. Circa 75% van de bij de inventarisatie betrokken thematische kaarten voldeed daar aan. Zonder verlies van informatie kan een digitale kaart die met Arc/Info is gemaakt langs automatische weg worden vertaald tot standaardinput voor het (kleuren-)drukproces (vierkleurenlitho's).

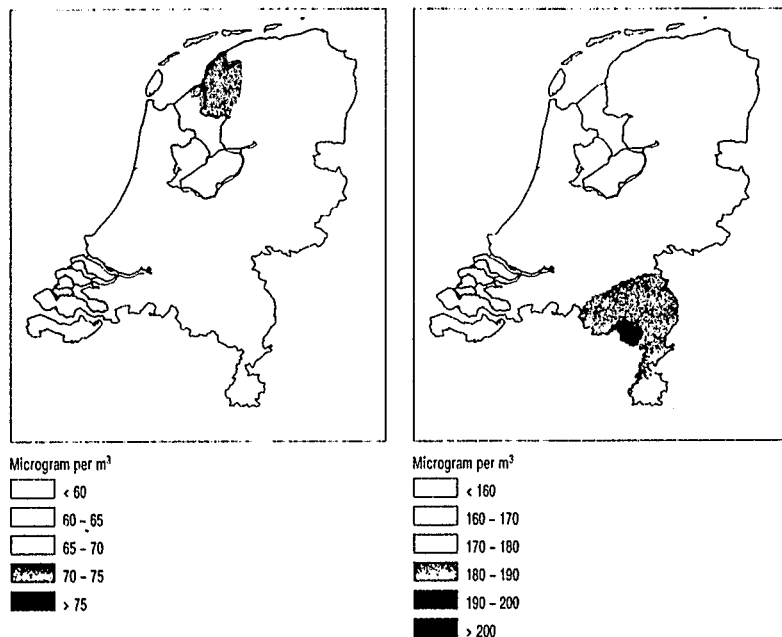
De MacIntosh is voornamelijk gebruikt om bestaande kaarten uit publikaties te scannen en geschikt te maken voor presentatie. Het gaat dan om thematische kaarten met een eenmalig karakter, dan wel om kaartmateriaal waarvan het algemeen nut voor het RIVM niet opweegt tegen de kosten van het digitaliseren. De uitvoer vanuit MacIntosh-applicaties kan via bestaande en bekende procedures worden verwerkt tot input voor het drukproces.

In figuur 1 wordt een indruk gegeven van het resultaat.

### Conclusies

Op een aantal onderdelen is vooruitgang geboekt bij het ontwikkelen van de infrastructuur voor hoogwaardige kartografische presentatie bij het RIVM. Dit geldt waarschijnlijk nog het meest voor de kennis die is opgedaan bij het organiseren van een complex informatievoorzieningsproject, de acceptatie van standaards voor kar-

Figuur 1 - Vorming van ozon in de troposfeer



Kaart 5.2.2: Gemiddelde en 98-percentielwaarden voor ozon ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Nederland gedurende de zomer van 1990 (RIVM, 1991). In Nederland worden de hoogste gemiddelde waarden waargenomen in het noorden en zuidwesten. De hoogste 98-percentielwaarden komen voor in zuidoost Brabant en noord en midden Limburg

tografische vormgeving binnen het instituut en de ontwikkelde standards zelf (kaart layouts; standaard kleurencirkel en 'kleurenconversietabel' zodat kleuren op het beeldscherm overeen komen met die op de plotters; conversietabellen voor kleur naar het Scitex systeem en voor grijs-tinten naar postscript printer.

Hoewel de tijdens het project ontwikkelde GIS-applicatie ook voor andere toepassingen bruikbaar is gebleken, is een brede toepassing van deze applicatie niet mogelijk. Al gauw voldoen de in de applicatie vastgelegde standards ten aanzien van layout en keuze van randapparatuur niet meer aan de wensen van de gebruikers. Ervaring leert dat elk project waarin geografische informatiesystemen worden toegepast om een eigen kaart-layout vraagt.

Tegenover het voordeel van een tamelijk gebruikersvriendelijke interface staat dat een (kleine) wijziging in de functionaliteit van de applicatie een aanzienlijke programmeerinspanning vraagt. Een ander aspect is de zeer snelle ontwikkeling van

de onderliggende standaardprogramma-tuur. Met de nieuwe versie van Arc/Info, die medio 1992 beschikbaar is gekomen, zullen een aantal onderdelen van de applicatie al weer 'verouderd' zijn. Dit geldt onder meer voor de aansturing van de randapparatuur en de interfacing naar de MacIntosh. Zonder dat kan worden gezegd dat hier sprake is van een typisch starre projectapplicatie, zal in de toekomst de ontwikkeling van zowel generieke als specifieke GIS-applicaties veel meer geënt moeten zijn op een bouwstenen-structuur, waarbij de bouwstenen een vaste structuur hebben, eenvoudig kunnen worden verwisseld door nieuwe en snel aan elkaar te monteren zijn. De grootste opgave daarbij is de definitie van de juiste bouwstenen.

#### GIS en het Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening

Ter onderbouwing van het Beleidsplan Drink- en Industriewatervoorziening is onderzoek uitgevoerd naar de ecologische effecten van ingrepen in het hydrologisch systeem als gevolg van wijziging

van de grondwaterwinning (Beugelink et al., 1992). Om die effecten te kunnen berekenen is het eco-hydrologisch effectvoorspellingsmodel DEMNAT-2 gemaakt. Hierbij zijn 5 instellingen betrokken geweest: het Centrum voor Milieukunde Leiden (CML), de Landbouw Universiteit Wageningen (LUW), het Rijksherbarium/Hortus Botanicus (RHHB), het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) en het RIVM. Bij de bouw en de toepassing van het model DEMNAT-2 is door het RIVM veelvuldig gebruik gemaakt van een GIS.

#### Toelichting Model DEMNAT-2

DEMNAT staat voor: 'Dosis Effect Model Natuur Terrestrisch'. Met dit model kunnen op landelijke schaal natuurwaardeveranderingen worden berekend van de natte en vochtige natuur in Nederland (Witte et al., 1992). Op basis van flora- en bodemgegevens is de huidige toestand van de natuur beschreven (dit wat betreft de natuur die gevoelig is voor wijzigingen in het grondwater- en oppervlaktewater-regime). Met de hydrologische modellen: Landelijk Grondwater Model (LGM) en DEMGEN wordt een hydrologische dosis berekend, die het gevolg is van ingrepen in de waterhuishouding (Pastoors, 1992; Pakes et al., 1992; Lieste & Verlouw, 1992). Met DEMNAT-2 wordt vervolgens berekend wat de effecten op de natuurwaarde zijn.

#### Informatievoorziening

Voor het model DEMNAT-2 zijn bodem- en floragegegevens verzameld. Door middel van een aantal conversieslagen zijn hier Arc/Info bestanden van gemaakt. Bodemgegevens zijn afkomstig van bodemkaart die geproduceerd is in het project Landschapeologische Kartering Nederland (LKN) (Waal, 1992). Tevens is Arc/Info gebruikt voor het uitvoeren van overlays van een kilometergrid met de bodemkaart 1:250.000 om de gebruikte LKN-bodemkaart landsdekkend te krijgen (Nienhuis, 1992). De bodemgegevens beschrijven per vierkante kilometer de oppervlakte van 52 verschillende bodemtypen in combinatie met 6 grondwatertrap-klassen (Gt-klassen). De floragegegevens zijn verzameld in het florabestand Florbase (Groen et al., 1992), waarna de gegevens zijn om-

gezet naar 15 ecotoopgroepen van vochtige en natte standplaatsen. De mate van voorkomen (volledigheid) per ecotoopgroep is gebruikt om in DEMNAT berekeningen uit te voeren.

De hydrologische doses voor het model zijn aangeleverd per vierkante kilometer en Gt-klasse. Deze doses hebben betrekking op de veranderingen van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), het oppervlaktewaterpeil van klein oppervlaktewater, de kwel-intensiteit en het percentage systeemvreemd water. Het model berekent de verandering van natuurwaarde van de verschillende ecotoopgroepen per vierkante kilometer. De effectberekeningen zijn uitgevoerd met speciaal voor dit doel geschreven FORTRAN-programma's (Nienhuis et al., 1992). Nadere analyse van de rekenresultaten is uitgevoerd binnen Arc/Info. Hierbij is veelvuldig gebruik gemaakt van de GIS-applicatie 'DEMNET-menu'. Een aantal aspecten hiervan worden nader toegelicht.

### DEMNET-menu

Zowel voor de berekeningen met DEMNET als voor weergave en analyse van de resultaten is een applicatie ontwikkeld binnen Arc/Info. Door gebruik te maken van beschikbare utilities (AML's: ARC Macro Language) is een user-interface ontwikkeld waarmee de meest voorkomende stappen in het rekenproces kunnen worden uitgevoerd (Nienhuis, 1992).

Het rekenproces omvat voorbereiding en controle van data (grotendeels in Arc/Info), het uitvoeren van modelberekeningen (direct onder Unix) en het verwerken van rekenresultaten (wederom in Arc/Info). De user-interface stuurt de FORTRAN-programma's voor modelberekeningen en zorgt voor de vereenvoudiging van het kaartproductie-proces. Tevens zijn enkele veel gebruikte analyses in de interface ondergebracht (waaronder de correctie van gegevens, het uitvoeren van overlays en de sommatie van rekenresultaten). Zonder het gebruik van een GIS zou het niet mogelijk zijn geweest een dergelijke functionaliteit te bereiken. Het systeem zorgt ervoor dat een gebruiker niet met alle technische aspecten rekening

hoeft te houden, om toch berekeningen te kunnen uitvoeren. Ecologische kennis blijft uiteraard nodig voor het uitvoeren van zinvolle berekeningen.

Door gebruik van het 'meta-map'-concept kunnen kaarten worden bewaard (Thewissen et al., 1992). Van de kaarten wordt alleen de meta-informatie opgeslagen: welke gegevens op een bepaalde manier gekoppeld moeten worden om door Arc/Info en de 'meta-map'-programmatuur te worden omgezet in kaarten. Vanuit de user-interface is deze programmatuur aan te sturen, waardoor de gebruiker op basis van Arc/Info-files in staat is om kaarten te maken, op te slaan en te laten plotten of printen.

Een aspect van de user-interface die tot slot enige aandacht behoeft, is het bestandsbeheer. Bij modelbouw, calibratie en het gebruik van het model worden zeer veel tussen- en eindresultaten geproduceerd (dit loopt in de tientallen Mb per type berekening). Om een dergelijke gegevensstroom te kunnen beheersen is een systeem van 'datagroepen' opgezet. Binnen een groep kunnen berekeningen worden uitgevoerd die bij elkaar horen. Resultaten van berekeningen binnen een groep kunnen door de gebruiker worden voorzien van volgnummers. Een (door de applicatie gegenereerd) logboek zorgt voor documentatie van alle berekeningen, zodat aan de eisen van Good Laboratory Practice (GLP) kan worden voldaan (gegevens als: gebruiker, datagroup, type berekening, programma-versienummer, datum en dergelijke, worden in een logboek-file opgeslagen).

### Conclusie

Door de vruchtbare samenwerking van diverse instellingen is een GIS-georiënteerd eco-hydrologisch effectvoorspellingsmodel ontwikkeld en toegepast. Hierbij is tevens door het RIVM een geïntegreerde rekenomgeving gemaakt. Deze integratie tussen rekenmodel en Arc/Info heeft reeds eerder zeer grote voordelen gehad. Wederom heeft de methode zijn doel bewezen bij de verschillende fasen van de bouw en toepassing van het model DEMNET-2 (zie: Nienhuis, 1992).

### GIS aspecten van het RIM<sup>+</sup>

In Knol, Laan & Bruinsma (1992) is uitgebreid ingegaan op het Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne: RIM<sup>+</sup>. Daarom beperken we ons hier tot het kort aangeven van de functionaliteit ervan. Het RIM<sup>+</sup> heeft tot doel een bijdrage te leveren om de informatievoorziening van het LAE verder te structureren. Het taakveld van het LAE betreft de diagnose en prognose op het gebied van afvalstoffen en emissies. Vanuit deze invalshoek wordt een bijdrage geleverd onder meer aan de Milieuverkenningen. Hierbij worden grote hoeveelheden gegevens verwerkt. Om tegemoet te komen aan de kwaliteit van deze rapportage (en consistente, kwalitatief goede rapportage in het algemeen), is in 1991 geadviseerd om een centrale database te bouwen met hier omheen een samenhangend geheel van modellen en informatiesystemen. Het resultaat is een informatiesysteem waarin de kerngegevens van het laboratorium worden opgeslagen en waarop de diverse modellen kunnen ingrijpen. Modellen die gebruikt worden om de diagnose- en prognosefunctie van het lab te ondersteunen. Ten behoeve van de diagnose wordt de milieubelasting voor een basisjaar berekend. Het prognosegedeelte berekent de ontwikkeling van bepaalde milieubelastingen in de tijd. Deze berekeningen worden niet alleen voor Nederland uitgevoerd, maar ook voor Europese gegevens en ook mondiaal. Deze ruimtelijke spreiding maakt het gebruik van een GIS noodzakelijk voor het uitvoeren van specifiek ruimtelijke analyses en ook een stuk presentatie van zowel de input als het resultaat. Een punt van aandacht hierbij is de koppeling tussen de centrale database en het GIS. Deze database is ontwikkeld onder het Database Management Systeem (DBMS) Ingres en bevat de attribuuagegevens behorende bij de lokatiegegevens die in Arc/Info zijn opgeslagen.

Voor Europa is een module ontwikkeld waarbij sterk wordt geleund op de ruimtelijke analysetechnieken van een GIS. Het betreft hier de combinatie van emissiegegevens van verschillende ruimtelijke niveaus voor de EG (de Corinair-data) met niet-EG gegevens die op een andere ruimtelijke schaal worden aangeleverd (TNO-

gegevens van het LOTOS-project). Het doel van deze combinatie is te komen tot een dekkend beeld voor Europa wat betreft emissies. Op deze manier wordt een basisjaar vastgelegd op grond waarvan prognoses kunnen worden gemaakt voor de ontwikkeling van de emissies.

De Corinair-data worden aangeleverd op het administratieve niveau waarvoor de informatie geldt of beschikbaar is. Dit kan zijn een gemeente, provincie of andere indeling. De LOTOS-data daarentegen zijn geaggregeerd op een grid van  $1^{\circ} \times 2^{\circ}$ . Naast deze vlakgegevens zijn ook puntgegevens voorhanden. Voor beide typen gegevens geldt dat ze voor een aantal stoffen ( $SO_2$ ,  $NO_x$ , VOC) en een aantal zogenaamde procesgroepen (verkeer, huishoudens, centrales e.d.) bekend zijn. Door de verschillende ruimtelijke niveaus met elkaar te combineren, blijft een kleinste niveau over. (Interessant aspect is tevens dat de LOTOS-data dienen als aanvulling op het EG-gedeelte, dus daar waar Corinair informatie bekend is, geldt dit gegeven boven de LOTOS-informatie). Voor het kleinste niveau wordt vastgesteld wat het aandeel is in de totale emissie van een regio (land, provincie of anders) waartoe dit niveau behoort. Voor het basisjaar 1985 is op deze wijze vastgesteld wat het aandeel van de kleinste regio in de totale emissie van een land. Op deze wijze is ook vastgesteld wat het aandeel van de puntbronnen is in de to-

tale emissie is van een land. Het resultaat van de GIS-analyse is een aantal 'tabellen' met factoren voor een bepaalde stof en een bepaalde procesgroep voor een bepaalde regio. Hiermee wordt dus het basisjaar vastgelegd, maar dit maakt het tevens mogelijk om, uitgaande van dit basisjaar en gegeven bijvoorbeeld de landelijke cijfers van emissies, een schatting te maken van de regionale verdeling van deze emissies.

De laatste stap is dat de gegevens worden gesommeerd naar een grid van  $1^{\circ} \times 0.5^{\circ}$  wat de input is voor een transport model voor het luchtcompartiment, wat bij het Laboratorium voor Lucht Onderzoek (LLO) is ontwikkeld. Hiermee wordt vervolgens een concentratie- en depositieberekening uitgevoerd gegeven een aantal meteorologische parameters. Vervolgens kunnen prognoses worden gemaakt over de ontwikkeling van de milieukwaliteit in de Europese context.

Zoals gezegd zijn er ook GIS-ontwikkelingen op nationaal en mondiaal niveau, maar deze zijn nog in ontwikkeling en beperken zich voorlopig tot het presenteren en verdelen van de berekende cijfers op grond van zogenaamde thema's (landbouw, bevolking etc). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de voor de milieuverkenningen '91 ontwikkelde presentatietools.

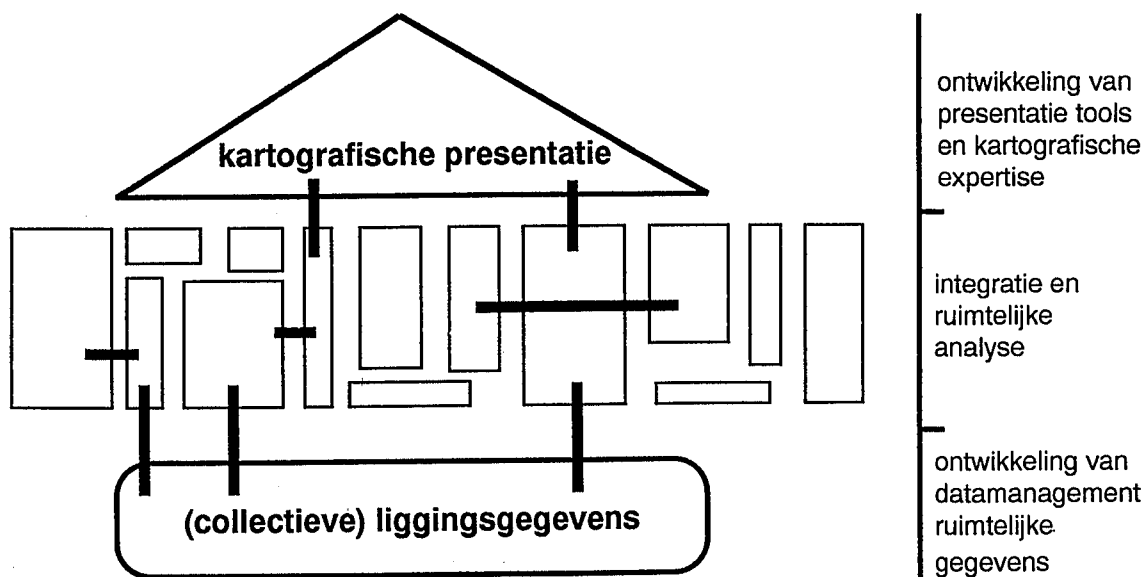
## Toekomstbeeld GIS-RIVM

Langzamerhand is een nieuw concept voor MILGIS ontstaan tegen de achtergrond van opgedane ervaringen, organisatorische veranderingen, en ontwikkelingen in de markt. Dit nieuwe concept heeft de naam 'GIS-huis' gekregen (figuur 2). Het GIShuis bestaat uit drie lagen. Het fundament wordt gevormd door het gegevensmanagement van ruimtelijke gegevens. Op de zolder van het huis worden de kartografische presentatiestandaards ontwikkeld en beschikbaar gesteld. Tussen het fundament en de zolder vindt de data-integratie en de ruimtelijke analyse plaats. Dit concept is van toepassing op elk individueel laboratorium. Een centraal GIS-huis zorgt voor de noodzakelijke standaarden en algemene voorzieningen (data, expertise).

### De toekomstige structuur

Bij de uitwerking van het bovenstaande concept kunnen een tweetal theoretische structuurmodellen als uitgangspunt dienen voor de structurering van de geo-informatievoorziening bij een laboratorium, en mogelijk het RIVM. Het eerste model, het verticale model, is sterk procesgericht, waarbij de informatievoorziening ten aanzien van de ontwikkeling van modellen, maar vooral de toepassing van modellen in zelfstandig opererend informa-

Figuur 2 - GIS-huis



tiesysteem wordt uitgevoerd. In dit systeem zijn alle aspecten, van gegevensmanagement, via analyse tot en met presentatie in één informatiesysteem vervat.

Het tweede structuurmodel gaat uit van een 'horizontale' organisatie van de informatievoorziening. Hierbij worden de aspecten gegevensmanagement, analyse (modelontwikkeling, modeltoepassing) en presentatie als separate 'kernactiviteiten' gezien. Er wordt niet gemikt op het ontwikkelen van 'verticaal georiënteerde' informatiesystemen, echter op het ontwikkelen van een organisatie-brede centrale infrastructuur ten aanzien van gegevensmanagement en de presentatie. Te ontwikkelen informatiesystemen, bijvoorbeeld ten behoeve van een modeltoepassing, vinden plaats binnen de analyselaag, hierbij gebruik makend van de centrale infrastructuur aan de bovenzijde en onderzijde. In deze vorm worden slechts bouwstenen aangedragen voor de activiteit modelontwikkeling, modeltoepassing, zonder strikte voorwaarden te stellen hoe de informatievoorziening hierbinnen zou moeten plaatsvinden. Zo is het bijvoorbeeld mogelijk om zeer snel prototypen van modellen te bouwen en te testen. Daarnaast is het mogelijk binnen dezelfde structuur grotere systemen te ontwikkelen (ten behoeve van modeltoepassing) op basis van een uitgebreide systeemanalyse. Het model heeft zodoende een duidelijk open karakter.

Bij het LBG is gekozen voor een horizontale structuur. In dit structuurmodel wordt het gegevensmanagement en de presentatie centraal gecoördineerd en vormen het fundament voor een flexibele, snel op het milieuonderzoek en milieubeleid in te spelen analyse.

Ten aanzien van het *gegevensmanagement* betekent dit een centrale database op lab-niveau, centrale data-acquisitie, en een optimale ontsluiting van de gegevens. Metagegevens spelen hierbij een zeer belangrijke rol. De activiteiten *modelontwikkeling en modeltoepassing* (analyse) worden niet geformaliseerd vanuit het standpunt van de ruimtelijke informatievoorziening. Het centraal gedefinieerde gegevensmanagement en presentatie onder-

steunen de analyse-activiteiten. Afstemming tussen verschillende modeltoepassingen kan zo plaatsvinden door middel van de gegevens. Tevens zal ernaar gestreefd worden onderzoekers zelfstandig gebruik te laten maken van GIS op hun eigen werkplek. Hiervoor zal een eenvoudig PC-georiënteerd GIS worden geïntroduceerd en zullen zeer gericht opleidingen verzorgd worden waarbij de nadruk zal liggen op analyse.

De activiteit *presentatie* zal centraal ondersteund worden. Hiertoe zullen kartografische standaards, layouts, software en randapparatuur op eenvoudige wijze centraal beschikbaar worden stellen ten behoeve van modeltoepassing en modelontwikkeling.

In dit horizontale model spelen de data een zeer belangrijke rol: gegevens vormen binnen dit model het integratiekader en de ruggegraat van het onderzoek. Afstemming van onderzoek is veelal op gegeveniveau geregeld (Thewessen & Van de Velde, 1993).

### Na structuur: Integratie

De aldus gerealiseerde structuur kan daarna worden gebruikt als vertrekpunt voor een groei van functionaliteit van de informatiesystemen naar een verdergaande integratie. Daarbij verwachten we dat er langs een drietal lijnen ontwikkelingen plaatsvinden: De ontwikkeling van op productie gerichte informatiesystemen ten behoeve van de Milieuverkenningen en de Milieubalans; de ontwikkeling van beslissingsondersteunende informatiesystemen en de ontwikkeling van multimedia informatiesystemen (gebruikersvriendelijke visualisatie en presentatie).

### **Conclusies**

In een snel tempo hebben de ontwikkelingen op GIS-gebied zich bij het RIVM voltrokken: van een eerste pilotproject in 1989 tot en met een compleet ingericht productieplatform voor het verzorgen van het kaartmateriaal voor de toekomstverkenningen. De penetratie bij andere laboratoria heeft echter geleidelijker plaatsgevonden dan was gehoopt. Er blijken altijd

weer specifieke wensen te zijn en, bijna vanzelfsprekend, een afwijkende hard- en software omgeving. En een zeer belangrijke factor is de organisatie, als die nog niet rijp is voor de implementatie, moet hier veel tijd in gestoken worden.

Al met al lijkt het een succes-story, maar de medewerkers van de laboratoria die voor de opbouw en exploitatie zorgdragen, weten dat slechts in de nieuwste release van de GIS-software de huidige 'bugs' zijn verholpen.

### **Literatuur**

- BEUGELINK, G.P., F.A.M. CLAESSEN & J.H.C. MÜLSCHLEGEL (1992)  
Effecten op natuur van grondwaterwinning ten behoeve van beleidsplan drink- en industriewaterwinning en MER.  
Rapport no. 714305010, RIVM, Bilthoven;  
Rapport no. 92-059, RIZA, Lelystad.
- GROEN, C.L.G., M. GORREE, R. VAN DER MEIJDEN, R. HUELE & M. VAN 'T ZELFDE (1992)  
FLORBASE: een bestand van de Nederlandse flora, periode 1975 - 1990.  
Rapport no. 91, CML, Leiden.
- KNOL, O.M., W.P.M. LAAN & P.H. BRUINSMA (1992)  
Het RIM<sup>+</sup>, een reken- en informatiesysteem op het RIVM.  
Agro-Informatica 5(5): 7-13
- KUSSE, B. & P. PADDING (1990)  
The Environmental Geographical Information System of The Netherlands.  
RIVM.
- LIESTE, R. & J.G.W. VERLOUW (1992)  
Het gebruik van een Geografisch Informatie Systeem ten behoeve van het Landelijk Grondwater Model.  
Rapport no. 714305003, RIVM, Bilthoven.
- NIENHUIS, J.G., J.B.S. GAN, R. LIESTE (1992)  
Het ecohydrologisch voorspellingsmodel DEMNAT-2; technische modelbeschrijving.  
Rapport no. 714305008, RIVM, Bilthoven.
- NIENHUIS, J.G. (1992)  
Het gebruik van een Geografisch Informatie Systeem ten behoeve van het ecohydrologisch voorspellingsmodel DEMNAT-2.

- Rapport no. 714305006, RIVM, Bilthoven.
- PAKES, U., R.H. VAN WAVEREN, F.A.M.  
CLAESSEN (1992)  
Berekening invloed systeemvreemd water met DEMGEN.  
Rapport 92-117X, RIZA, Lelystad.
- PASTOORS, M.J.H. (1992)  
Landelijk Grondwater Model: conceptuele modelbeschrijving.  
Rapport no. 714305004, RIVM, Bilthoven.
- RIVM (1991)  
Nationale Milieuverkenning 1990-2010.  
Samsom H.D. Tjeenk Willink, 550 pp.
- THEWESSEN, T., R.J. VAN DE VELDE,  
J.G.W. VERLOUW (1992)  
European Groundwater Threats Analysed with GIS.
- In: GIS Europe. vol.1, nr.3.
- THEWESSEN, T. & R.J. VAN DE VELDE (1993)  
Van GIS projecten naar structuur en integratie.  
RIVM rapport (in prep), Bilthoven.
- WAAL, R.W. DE (1992)  
Bodemgeneralisatie ten behoeve van de landschapecologische kartering Nederland (LKN).  
STIBOKA, Wageningen.
- WITTE, J.P.M., C.L.G. GROEN, J.G.  
NIENHUIS (1992)  
Het ecohydrologisch voorspellingsmodel DEMNAT-2; conceptuele modelbeschrijving.  
Rapport no. 89, CML, Leiden; Rapport no. 714305007, RIVM, Bilthoven.