

# GIS voor bodem en ondergrond

## Prof. Dr. M. Sintubin

Departement Geografie-Geologie,  
Katholieke Universiteit Leuven

## Prof. Dr. Ir. J. Van Orshoven

Departement Landbeheer en –economie,  
Katholieke Universiteit Leuven

## E. Verfaillie

Renard Centre of Marine Geology,  
Universiteit Gent

## Ir. J. Cobbaert

Technum NV

## W. Vanneuville

Waterbouwkundig Laboratorium

## SAMENVATTING

In de ingenieursgeologie vormen bodem en ondergrond het werkterrein. In dit artikel wordt de inzetbaarheid van een geografisch informatiesysteem, kortweg GIS, beschreven aan de hand van vier gevallenstudies: duurzaam landgebruik en –beheer; duurzaam gebruik en beheer van het continentaal plat; het voorontwerp van de Ring Antwerpen; en een risicoanalyse voor overstromingen. Deze praktijkvoorbeelden illustreren dat het gebruik van een GIS een meerwaarde kan opleveren bij de valorisatie van een geodata-set met het oog op het opmaken van betrouwbare modellen van bodem of ondergrond en diens parameters. Het artikel is een compilatie van een KVIV-studiedag in december 2006.

## INLEIDING

Een geografisch informatiesysteem, kortweg GIS, is een computersysteem ontworpen om ruimtelijke gegevens te beheren. Dergelijke systemen laten niet alleen toe ruimtelijke gegevens te organiseren en/of te visualiseren, maar ook deze gegevens te analyseren om vervolgens modellen op te bouwen. Het gebruik van GIS vormt dan ook een onmisbare ondersteuning bij het nemen van beslissingen op basis van ruimtelijk georganiseerde gegevensbestanden. Geotechnische studies en realisat



↑ **Figuur 1** Een voorbeeld van een SAR-toepassing (Synthetic Aperture Radar) voor de detectie van bodemdaling (rode bolletjes) in een deel van London ten gevolge van de aanleg van een nieuwe metrolijn (met toestemming van Vexcel Corporation, a Microsoft company [www.vexcel.com](http://www.vexcel.com))

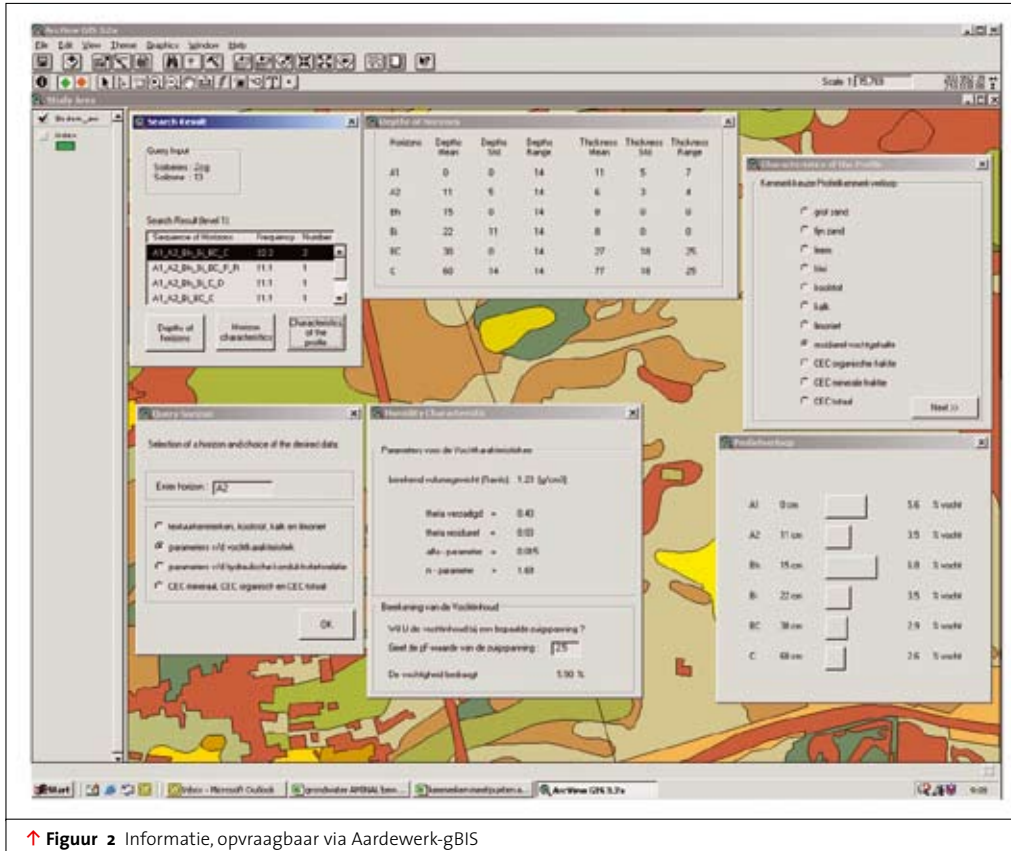
ties zijn onlosmakelijk verbonden met bodem en ondergrond en de ruimtelijke variatie van de fysische, chemische, hydrogeologische en andere eigenschappen. GIS is dan ook een instrument dat heel wat mogelijkheden biedt binnen de ingenieursgeologie, die tot op heden onvoldoende gekend zijn. In dit artikel wensen we aan de hand van een aantal praktijkvoorbeelden te illustreren wat de mogelijkheden zijn van GIS in het kader van werkzaamheden in studie bureaus en bedrijven die geconfronteerd worden met de ruimtelijke aspecten van de ondergrond. Deze compilatie is het resultaat van een studiedag “GIS & Ingenieursgeologie”, georganiseerd in december 2006 door het Genootschap Grondmechanica & Funderingstechniek van het Technologisch Instituut van de KVIV.

## “GIS WERKT NIET MET KAARTJES, MAAR MET GEODATASETS”

Met dit citaat<sup>1</sup> kan onmiddellijk een misverstand uit de wereld geholpen worden over wat vaak gedacht wordt van een GIS. Een GIS is dus inderdaad niet zomaar een collectie van gedigi-

taliseerde topografische of thematische kaarten. Een GIS is een computersysteem dat het mogelijk maakt alle mogelijke vormen van informatie die in een geografisch referentiekader kan geplaatst worden, te registreren, op te slaan, te updaten, te manipuleren, te beheren, te raadplegen, te analyseren en te visualiseren. De kern van een GIS vormt dan ook de geodatabank, waarbij aan elk object ruimtelijke coördinaten gekoppeld zijn, alsook alle mogelijke attributen (fysische, chemische, socio-economische parameters). Vanuit deze databank kunnen dan inderdaad diverse kaarten geproduceerd worden om de verdeling van specifiek uitgekozen parameters of combinatie van parameters te visualiseren, maar kunnen ook statistische analyses uitgevoerd worden op het bestaande gegevensbestand. Nog belangrijker is dat het bestaande gegevensbestand kan worden aangewend in procesmodelleringen om uiteindelijk te komen tot scenario's met voorspellingswaarde met betrekking tot zowel fysische als socio-economische parameters. Klassieke GIS-toepassingen zijn ingeburgerd in geologische en geografische studies bij de verwerking van satellietbeelden, luchtfoto's en/of digitale hoogtemodellen, voor het in kaart brengen en visualiseren van geologische struc-

<sup>1</sup> Citaat J. Van Orshoven op studiedag.



↑ **Figuur 2** Informatie, opvraagbaar via Aardewerk-gBIS

turen, landschapselementen, maar ook voor het detecteren van bijvoorbeeld overstromingsgebieden, van vervuiling of veranderingen in vegetatiedek en landgebruik. De nieuwste ontwikkelingen in *remote sensing* zullen in de toekomst nog meer perspectieven bieden. Zo zal de beeldanalyse van hyperspectraalbeelden bijvoorbeeld steeds efficiëntere mineraalexploratie toelaten. Radarbeeldanalyse laat dan weer toe een steeds meer gedetailleerd beeld te krijgen van bijvoorbeeld kleine hoogteverschillen. Oppervlaktebewegingen door natuurlijke processen (bv. aardbevingen) of door menselijke activiteit (bv. mijnactiviteit, olie- en gasonttrekking, wateronttrekking, ondergrondse infrastructuurwerken (figuur 1)) kunnen zo in beeld gebracht worden.

Een GIS is voor het ogenblik een in essentie tweedimensionaal – planimetrisch – instrument om een vierdimensionale – ruimte en tijd – wereld voor te stellen en te bestuderen. Een uitdaging voor de toekomst is in de eerste plaats om van GIS een volwaardig driedimensionaal – volumetrisch – instrument te maken dat bovendien efficiënt kan omgaan met de tijdsgebonden dynamiek. Hierbij zal het slagen van de integratie van CAD en GIS een belangrijke stap vormen. Ook de voxel-gebaseerde computertomografie, ingeburgerd in de medi-

sche wereld, heeft zijn weg al gevonden in de aardwetenschappen, en zal in de toekomst zeker geïntegreerd worden in de volgende generatie GIS.

Vier praktijkvoorbeelden zullen de mogelijkheden van een GIS belichten. Twee voorbeelden tonen aan hoe een geïntegreerde geodataset een solide basis vormt voor een duurzaam landgebruik en -beheer ('Bodeminformatiesysteem') en een duurzaam beheer en gebruik van het continentaal plat (GIS@SEA). Een gevalstudie illustreert hoe GIS aangewend wordt in het voorontwerp van grote infrastructuurwerken (masterplan ring Antwerpen). Een laatste voorbeeld laat zien hoe GIS onontbeerlijk is bij risicoanalyses voor overstromingen.

#### DE BODEM IN DE COMPUTER ANNO 2006

(J. Van Orshoven, I. Librecht en A. Gobin)

Met het ter beschikking komen, in 2001, van de digitale bodemkaart voor Vlaanderen kreeg de uitdrukking '*Bodeminformatiesysteem als (middenschalig) beleidsinstrument*' een ruimtelijke invulling. De term 'Bodeminformatiesysteem', kortweg BIS, slaat hierbij op een gedistribueerde, deels geïntegreerde verzameling van geodatasets en geassocieerde gegevensbestanden

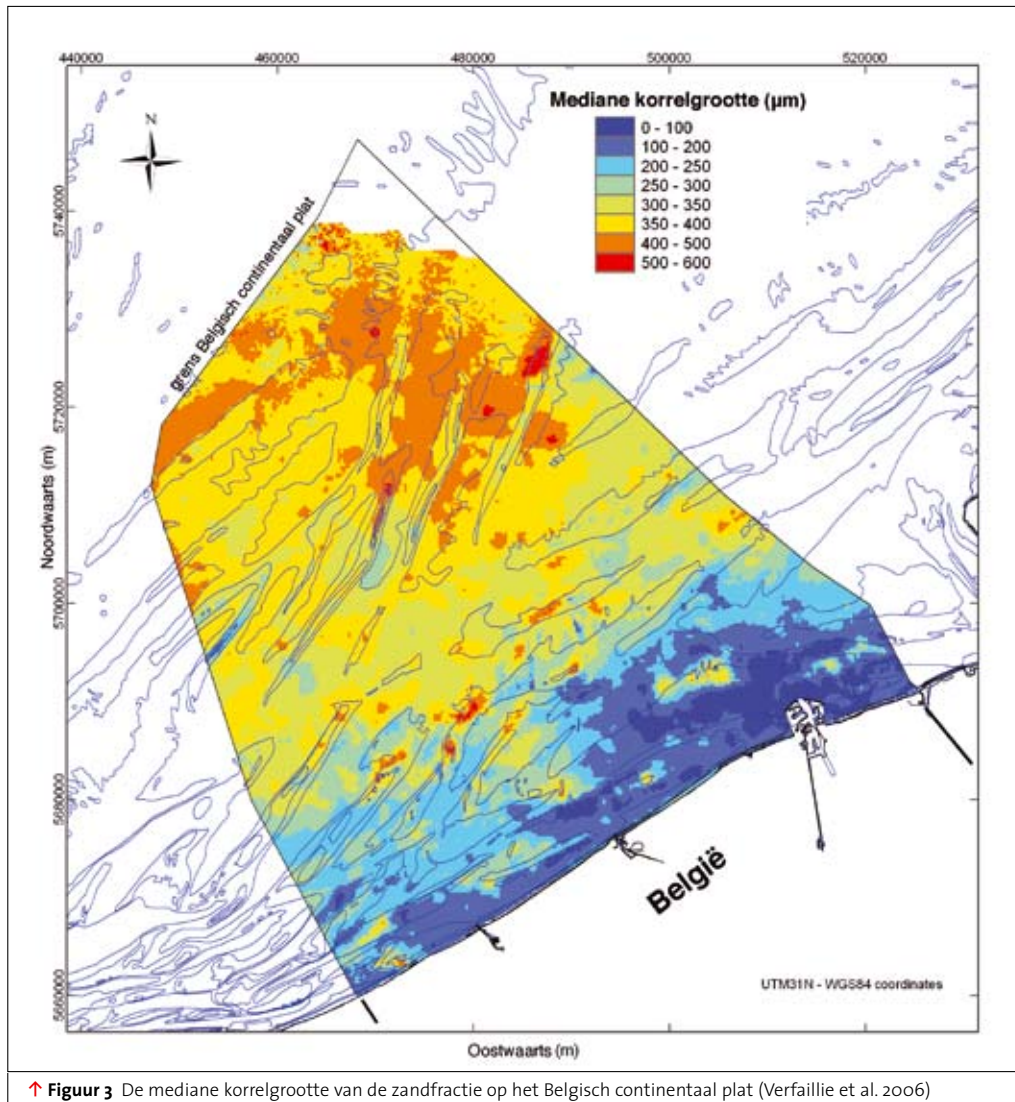
(Jones et al., 2005). Dankzij de GIS-technologie en bijkomende kennisregels, transferfuncties en -procedures en rekenmodellen, kunnen deze aangewend worden om antwoorden te bekommen op eenvoudige en complexe 'Wat indien?', 'Waar?', 'Wanneer?' en verwante vragen (figuur 2). Met het neologisme '*ingenieurspedologie*' bedoelen we zowel de kwantitatieve evaluatie van het fysische gedrag van landeenheden onder divers gebruik en beheer als de vaststelling van lokale en regionale effecten van dit gebruik en beheer. Het bodemkarteringsproject dat nagenoeg gebiedsdekkend werd uitgevoerd tussen 1947 en 1975 is de belangrijkste bron van georeferenciede, kwalitatieve en kwantitatieve gegevens over de Vlaamse en Belgische bodem.

De stand van de ingenieurspedologie anno 2006, het concept 'Bodeminformatiesysteem' en het belang van de beschikbaarheid van ruimtelijk expliciete en kwaliteitsvolle bodeminformatie werden geïllustreerd aan de hand van het oplossingstraject van vier ingenieurspedologische vragen:

- (1) Waar liggen de van nature overstrombare gebieden? (Van Orshoven, J. 2001);
- (2) Welke is de verdeling in ruimte en diepte van de voorraden aan organische en inorganische koolstof in de bodem en hoe zijn deze geëvolueerd in de tijd? (bv. Lettens et al. 2005);
- (3) Welke nitraatverliezen kunnen verwacht worden op welke percelen bij gegeven bemestingsbeperkingen? (Van Orshoven et al. 2002);
- (4) Hoe zou de waterafvoer uit en de koolstofopslag in een stroombekken reageren op uiteenlopende, maar simultane milieubeheerpraktijken van de ruimtelijk verspreide landbouwbedrijven? (Van Orshoven, J. 2005).

De verwachting is dat de bodemkaart en de geassocieerde bodemgegevens een centrale rol zullen blijven spelen bij de ruimtelijke modellering van lokale en omgevingseffecten van beleidsmaatregelen en beheerspraktijken in het (semi-)rurale gebied. Hiervoor is verdere actualisatie en integratie van de beschikbare (geo)datasets en de geassocieerde transferprocedures en rekenmodellen in een gedistribueerd bodeminformatiesysteem dat zelf compatibel is met andere referentie- en thematische GIS, waaronder (hydro-)geologische, noodzakelijk. Dit is precies wat de recent door de EU goedgekeurde INSPIRE-richtlijn beoogt: stimuleren dat nationale en regionale topografische en thematische geografische informatiesyste-





↑ **Figuur 3** De mediane korrelgrootte van de zandfractie op het Belgisch continentaal plat (Verfaillie et al. 2006)

men als een grensoverschrijdend geheel kunnen gebruikt worden met minimale gebruiksbeperkingen van technische en organisatorische aard. INSPIRE staat voor 'INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe.

#### GIS@SEA, HET FYSISCH GEORIËNTEERDE ZEE-BODEM-GIS TER ONDERSTEUNING VAN STUDIES EN MILIEUTOEPASSINGEN

(E. Verfaillie, K. Schelfaut en V. Van Lancker)

GIS@SEA is een geografisch informatiesysteem, opgebouwd uit geodatasets of datalagen met betrekking tot de fysische aard van de zeebodem. De belangrijkste kaartcompilatie is verwezenlijkt tijdens het Federaal Wetenschapsbeleid strategisch onderzoeksproject *Marebasse* ("Management, REsearch and Budgeting of Aggregates in Shelf Seas related to End-users") (2002-2006) (<http://users.ugent.be/~vvanlanck/Marebasse/archive.htm>) en gevalideerd en verfijnd tijdens het InterregIIIb project *MESH*

('Mapping European Seabed Habitats') (2003-2007).

Enerzijds zijn er thematische datalagen die het volledige Belgisch continentaal plat bedekken, met name een geologische kaart van het Paleogeensubstraat, een digitaal terreinmodel van de diepte van de zeebodem, een morfologische kaart van de hoogte van duinstructuren, de mediane korrelgrootte van het zand, het silt-klei percentage, het voorkomen van grind en grof zand en modelresultaten van hydrodynamische en sedimenttransport berekeningen. Anderzijds is in het Marebasse-project tevens gedetailleerd kaartmateriaal geproduceerd met als basis hoge resolutie dieptemodellen van de zeebodem. De zones die voor het gebiedspecifieke onderzoek werden geselecteerd, waren van belang in de context van een duurzaam beheer van de exclusief economische zone. De geïntegreerde ruimtelijke analyse van deze datasets heeft verschillende studies ondersteund, waaronder mariene ruimtelijke planning, mariene habitat- en landschapscar-

tering en het opstellen van biologische waarde- en kaarten. Toepassingen die relevant zijn voor ondermeer aggregaatextractie, baggeren en dumpen en de inplanting van windmolens in zee werden geïllustreerd. Een synthese wordt gegeven in het finale Marebasse-rapport (Van Lancker et al. 2006).

Op *figuur 3* (Verfaillie et al. 2006) wordt de mediane korrelgrootte van de zandfractie voorgesteld. Deze data laag kan bijvoorbeeld gebruikt worden om de geschikte kwaliteit te bepalen voor de extractie van zand voor commerciële en kustverdedigingsdoelinden. In combinatie met andere datalagen, zoals patronen van erosie-sedimentatie op lange termijn en de asymmetrie van bodemvormen kan een multi-criteria 'resource' analyse uitgevoerd worden om een duurzame exploitatie op lange termijn te garanderen (Van Lancker et al. ingediend).

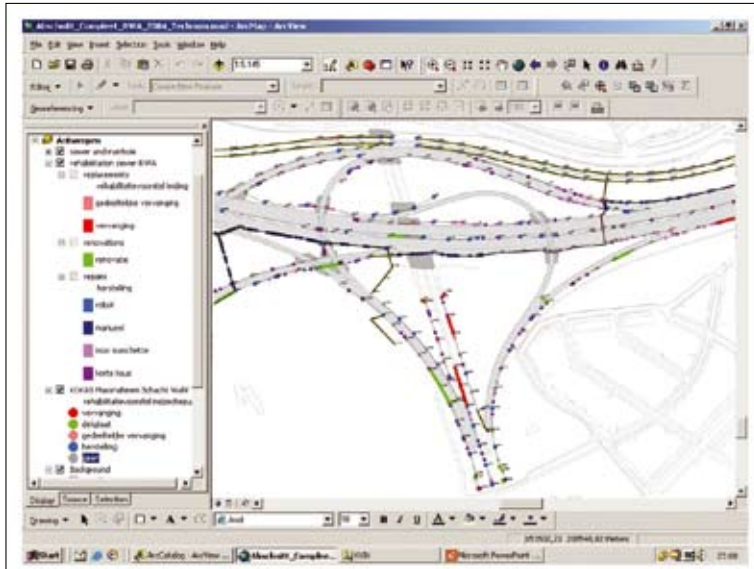
#### GEBRUIK VAN GIS VOOR DE OPMAAK VAN HET MASTERPLAN VOOR DE RIOLERINGSREHABILITATIE VAN DE RING R1 ROND ANTWERPEN

(J. Cobbaert & K.-J. Sympher)

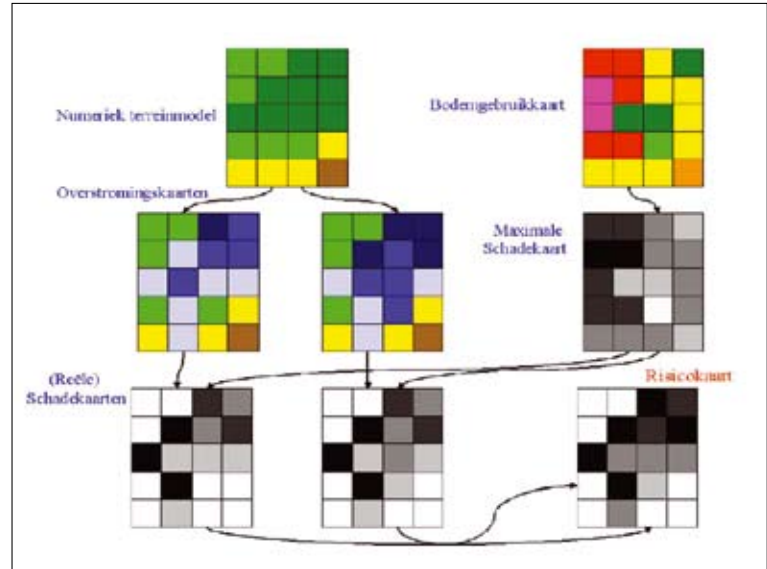
De Antwerpse afdeling van het Agentschap Infrastructuur, de vroegere Administratie Wegen en Verkeer, stelde Technum aan voor het structureel onderhoud van de autosnelweg R1 rond de stad Antwerpen. Voor dit grote project werkte Technum samen met het OCW (Belgische Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw) en met Dr.-Ing. Pecher and Partner. Het masterplan voor de rioolsanering werd opgesteld als wezenlijk onderdeel van het project.

Omdat de ring gedeeltelijk onder grondwater-niveau is gelegen, is een stelsel van 55 km drainageleidingen aanwezig. Hiernaast wordt de oppervlakkige afwatering door een stelsel van 80 km rioleringsleidingen verzekerd. De rioleringsleidingen worden door middel van een 1.500-tal inspectieputten met elkaar verbonden. Door de aanwezigheid van 5 pompstations wordt de afvoer naar de Schelde en het Lobroekdok verzekerd.

Het structureel onderhoud van de ring rond Antwerpen (R1) diende binnen een kort tijdsbestek te worden uitgevoerd. Uiterst belangrijk daarbij was de verkeersverstoring op deze Europese autosnelweg tot een minimum te beperken. Om het masterplan voor de rioolrehabilitatie op te stellen, werd het stelsel topografisch opgemeten en werden de schadepbeelden in de afwateringsleidingen met behulp van camera-



↑ **Figuur 4** Een voorbeeld van de keuze van rehabilitatie-alternatieven voor een deel van de rioleringen van de ring R1 van Antwerpen



↑ **Figuur 5** Het afleidingschema voor het maken van de risicokaarten

inspectie vastgelegd. Deze gegevens werden systematisch verwerkt volgens een welbepaalde methodologie en procedure. Voor de verwerking van de aanzienlijke hoeveelheid aan gegevens over boven- en voornamelijk ondergronds ruimtegebruik was een GIS-omgeving noodzakelijk. Lokale randvoorwaarden zoals de nabijheid van verhardingen, bruggen, portieken, verlichting en nutsleidingen werden in rekening gebracht ter bepaling van de kostprijs van de nodige ingrepen. Hierbij werd bovendien rekening gehouden met de ligging van de leidingen ten opzichte van de grondwatertafel. Voor elk beschadigd leidingdeel werden verschillende rehabilitatie alternatieven (plaatselijke herstellingen, aanbrengen van korte kousen, installatie van inox-manchettes, gedeeltelijke vervangingen, renovaties door middel van ter plaatse uitgeharde buizen of wikkelbuizen, volledige vervanging) onderzocht (figuur 4). Het beslissingsproces voor de keuze van structurele oplossingen in overeenstemming met de Europese norm EN 752-5 werd aangevuld met een kostenvergelijkinganalyse. De verwachte restlevensduur van een leidingdeel was hierbij een significante parameter. Het duidelijk omliggende werkstroomschema maakte het mogelijk ten volle rekening te houden met de specifieke voorwaarden en omstandigheden van het project. De transparante procedure van het beslissingsondersteuningsysteem ••kokas• (Pecher and Partner, Water and Environmental Engineering Consultancy Ltd.) stelde de planners in staat om alle technische en economische aspecten van de rioolrehabilitatie te behandelen, ondanks de zware tijdsdruk. Hierdoor werd het voorgestelde masterplan

moeiteloos aanvaard door alle nauw bij het R1-project betrokken medewerkers. Het project heeft het Agentschap Infrastructuur een waardevol onderhoudsschema opgeleverd.

#### GIS EN WATER: DE GEVOLGEN VAN OVERSTROMINGEN

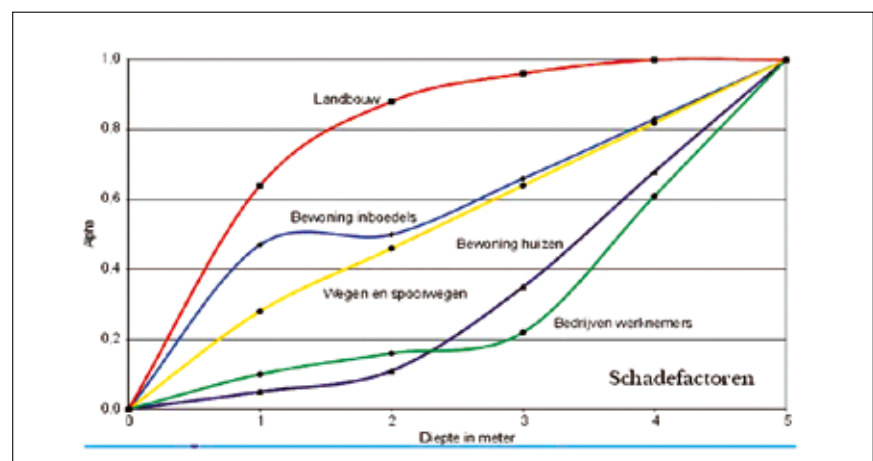
(W. Vanneville & F. Mostaert)

Overstromingen zijn er in het verleden altijd geweest en zullen zich in de toekomst steeds blijven voordoen. Hoe uitgebreid de infrastructuur ook is langsheen waterlopen, er kan altijd een situatie optreden waarbij water buiten de oevers treedt en gebieden onder water zet die dit in normale omstandigheden niet zijn. De uitdaging is dus om overstromingen daar te

laten plaatsvinden waar ze de minste schade veroorzaken.

Het Waterbouwkundig Laboratorium werkt daarom sinds 2002 aan een risicomethodologie. Voor risico bestaan vele definities. Voor overstromingen wordt gebruik gemaakt van de definitie zoals ze door o.a. de UNESCO naar voor gebracht wordt (Coste 2001): "Risico is de doorsnede van een onzekerheid en een gevoeligheid. Risico = kans x gevolg". In praktijk wordt in Vlaanderen voor wateroverlast gebruik gemaakt van een reeks overstromingskaarten, gaande van relatief frequent voorkomend tot zeer uitzonderlijk en worden deze gecombineerd met de inschatting van hun respectievelijke schade.

Omwille van de rekentijd wordt risico bij overstromingen berekend in een raster GIS-omge-



↑ **Figuur 6** Fractie van de maximale schade bij overstroming aan verschillende socio-economische elementen in functie van de maximale waterdiepte

ving met gridcellen van 5 bij 5 meter (figuur 5). De data zijn zeer divers: van overstromingskaarten (waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid) tot bodemgebruikskarten, bevolkingsgegevens en financiële data. Al deze data hebben verschillende tijdruimtelijke schalen waardoor combineren met omzichtigheid dient te gebeuren. Uit bodemgebruikskarten wordt het algemene bodemgebruik afgeleid. Er zijn echter objecten die een duidelijk verschillende schade oplopen dan hun omgeving die niet uit deze gegevens afgeleid kunnen worden.

Het gaat om lijnvormige elementen (bv. wegen, spoorwegen) en heel wat discrete elementen in het landschap (bv. energiecentrales, ziekenhuizen, metro-ingangen). Deze worden afzonderlijk toegevoegd aan de basislagen. Voor al deze objecten wordt een maximale schade bepaald. De schade die optreedt bij een bepaalde gebeurtenis wordt uitgedrukt als een fractie van deze maximale schade, meestal in functie van de waterdiepte (figuur 6).

De risicoberekeningen zijn modulair opgebouwd en geïmplementeerd, zodat ze gebruikt kunnen worden o.a. als input voor (maatschappelijke) kosten-batenanalyses zoals de herziening van het sigmaplan. Ondertussen wordt verder gewerkt aan de methodologie waarbij de belangrijkste uitbreiding het verbeterd inschatten van het risico ten gevolge van geotechnisch falen van waterkeringen is. En het bestaande rekenschema wordt ook in een gebruiksvriendelijk instrument gegoten om de inzetbaarheid van de methode te bevorderen.

#### CONCLUSIES

Met deze praktijkvoorbeelden hebben we trachten aan te tonen dat GIS heel wat perspectieven biedt voor het beheer en de exploitatie van gegevens over bodem en ondergrond. De geodatabanken zorgen ervoor dat alle bestaande gegevens met betrekking tot de bodem en ondergrond optimaal kunnen worden aangewend door een zo ruim mogelijke groep van gebruikers. Dit is bijvoorbeeld de doelstelling van de Databank Ondergrond Vlaanderen, namelijk het verzamelen, interpreteren en het maximaal toegankelijk stellen van gegevens over de Vlaamse bodem en ondergrond. Deze gegevens kunnen aangewend worden bij voorontwerpstudies, haalbaarheidstudies, of remediëringen bij crisissituaties. Maar uit de praktijkvoorbeelden blijkt ook dat GIS een belangrijk instrument vormt in beleidsondersteuning, in voorontwerpen en bij investeringsbeslissingen.

#### URL's:

- GIS Vlaanderen: [www.gisvlaanderen.be](http://www.gisvlaanderen.be)
- Databank Ondergrond Vlaanderen: [dov.vlaanderen.be](http://dov.vlaanderen.be)
- Spatial Application Division Leuven, K.U.Leuven Research & Development: [www.sadl.kuleuven.be](http://www.sadl.kuleuven.be)
- Renard Centre of Marine Geology: [www.rcmg.ugent.be](http://www.rcmg.ugent.be)
- Technum NV: [www.technum.be](http://www.technum.be)
- Waterbouwkundig Laboratorium: [watlab.lin.vlaanderen.be](http://watlab.lin.vlaanderen.be)

#### REFERENTIES

##### De bodem in de computer anno 2006

- [1] Jones, R.J.A., Hiederer, R., Rusco, E. & Montanarella, L. 2005. Estimating organic carbon in the soils of Europe for policy support. *European Journal of Soil Science*, 56 (5), 655-671.
- [2] Lettens, S., Van Orshoven, J. Van Wesemael, B., Muys, B. & Perrin, D. 2005. Soil organic carbon changes in organic carbon for landscape units of Belgium between 1960 and 2000 with reference to 1990. *Global Change Biology*, 11, 2128-2140.
- [3] Van Orshoven, J. 2001. Van nature overstroombare en recent overstroomde gebieden in Vlaanderen. Proceedings van de studiedag 'Ruimte voor Water, de beste verzekering tegen wateroverlast', Brussel, 15 mei 2001.
- [4] Van Orshoven, J. 2005. Possibilities and limitations of the SWA-Tool for the assessment of the impact of farming practices. Scientific Report. Joint Research Centre of the European Commission, Institute for Environment and Sustainability, Ispra, Italy.
- [5] Van Orshoven, J., Oorts, K., Librecht, I., Rombaux, S. & Feyen, J. 2002. Richtwaarde voor de residuele nitraatstikstof in de bodem: modelaanpak, -resultaten en ruimtelijke differentiatie. Voordracht K VIV studie- en vervolmakingsdag "Stikstofproblematiek in de landbouw: evaluatie, maatregelen, consequenties", Meise, 17 oktober 2002, 59-87.

#### GIS@SEA

- [1] Van Lancker V., Deleu S., Bellec V., Du Four I., Verfaillie E., Schelfaut K., Fettweis M., Van Den Eynde D., Francken F., Monbaliu J., Giardino A., Portilla J., Lanckneus J., Moerkerke G. & Degraer S. 2006. Management, research and budgeting of aggregates in

shelf seas related to end-users (MAREBAS-SE). Final Scientific Report. Belgian Science Policy, SPSP II North Sea.

- [2] Van Lancker, V.R.M., Bonne, W., Garel, E., Degrendele, K., Roche, M., Van den Eynde, D., Bellec, V., Briere, C. & Collins, M.B., ingediend. Recommendations for a sustainable exploitation of tidal sandbanks. In: Bonne, W., Collins, M.B., Van Lancker, V., Uriarte, A. (eds.). *European marine sand & gravel resources. Special Volume Journal of Coastal Research*.
- [3] Verfaillie, E., Van Meirvenne, M. & Van Lancker, V., 2006. Multivariate geostatistics for the predictive modelling of the surficial sand distribution in shelf seas, *Continental Shelf Research*, 26 (19), 2454-2468.

#### GIS en water

- [1] Coste, L. 2001. Sur plusieurs définitions de risque, et leurs conséquences en matière de prévision, prédiction et prévention, *La Houille Blanche*, 100 (2), 16-22.
- [2] Penning-Rowsell E., Johnson C., Tunstall S., Tapsell S., Morris J., Chatterton J., Coker A. & Green C. 2003. The benefits of flood and coastal defence: techniques and data for 2003. Flood Hazard Research Centre, Middlesex University.
- [3] Gilard O. 1998. Les bases techniques de la méthode Inondabilité. Cemagref Editions, Cachan Cedex.
- [4] Vanneuville W., De Maeyer Ph., Maeghe K. & Mostaert F. 2003. Model the effects of a flood in the Dender catchment, based on a risk methodology. *Bulletin of the Society of Cartography*, 37(2), 59-64.

Reacties op dit artikel kunnen tot 1 juli 2007 naar de uitgever worden gestuurd