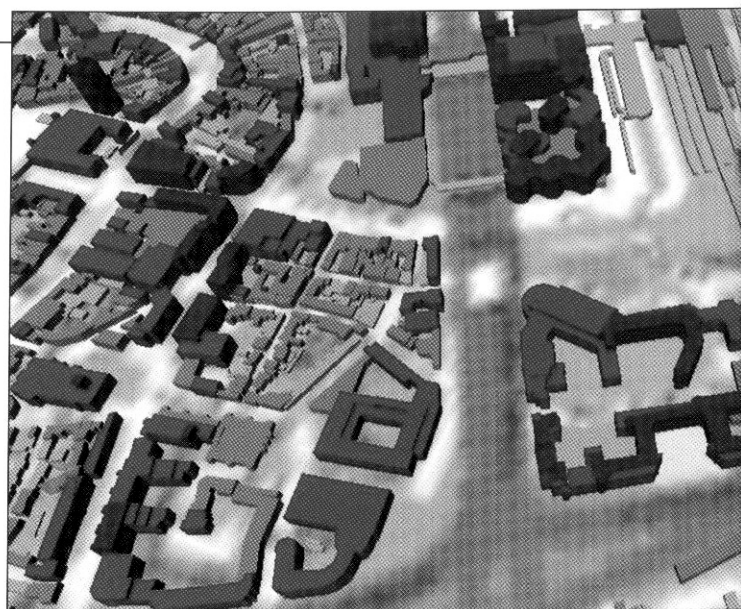


Hoewel de potentiële toepassingen legio zijn en ook de inwinning van 3D geo-informatie niet echt meer een knelpunt vormt, is het feitelijke gebruik van 3D GIS in de praktijk nog mager. Voornaamste redenen hiervoor zijn de beperkingen in de 'mainstream' pakketten, die tegenwoordig worden ingezet voor de verwerking van geo-informatie: de DBMS-, GIS- en CAD-pakketten. Er moet op dit vlak nog het nodige werk worden verricht, inclusief de ontwikkeling van de nodige standaarden.



Figuur 1: 'Proof of Concept' bepaling GSM-masten KPN-Telecom

3D GIS komt er wel, maar 't

W e kunnen de wereld om ons heen gerust als 'plat' beschouwen. Althans, zo leek dat tot voor kort binnen het proces van geo-informatieinwinning, -opslag, -verwerking, -verstreking en -presentatie. Als gevolg van de toenemende druk op de beperkte ruimte waarin we leven komt de derde dimensie echter steeds nadrukkelijker in beeld. Dit geldt niet alleen voor de inrichting van het land, maar ook voor toepassingen op het gebied van registratie, wetgeving en beleid. Maar wat is eigenlijk de huidige stand van zaken op het gebied van de diverse toepassingen van 3D GIS? Meer in het bijzonder: hoe staat het met de inwinning van 3D geodata, met beschikbare 3D geodatasets en met beschikbare tools en geo-DBMSs om deze data binnen het geo-informatieproces in te zetten?

Toepassingen

Dat wat men 3D GIS noemt, blijkt in de praktijk vaak om hoogtetoepassingen (waaronder ook visualisaties) te gaan. Dat 3D GIS wel degelijk een apart toepassingsdomein kent, blijkt uit de volgende inventarisatie, die zeker niet eindig is¹. De wetgeving is, zoals zo vaak bij geo-informatie activiteiten, een grote stimulator voor de ontwikkeling van nieuwe toepassingen. Voor de WOZ (Wet op de Onroerende-Zaakbelasting) is het noodzakelijk om voor een goede taxatie het volume van woningen te bepalen. Een eerste indicatie kan worden verkregen door het bebouwd grondoppervlak van

een perceel te vermenigvuldigen met de hoogte van het object. Uit het grote aantal bezwaarschriften blijkt dat dit maar al te vaak een te grove schatting is; het bepalen van de globale vorm van een woning is dan een betere optie.

De registratie van deze 3D gegevens bij het Kadaster zou aanleiding kunnen zijn om allerlei administratief vastgelegde beperkingen en verplichtingen op een meer geometrische wijze af te dwingen. Dit geldt met name voor die zaken die niet direct op de bebouwing zelf betrekking hebben, maar hiermee wel een relatie hebben. Denk daarbij aan contouren voor geluidhinder, stankoverlast en veiligheidsmarges. Deze invloed is op een veel betere wijze te berekenen als de bebouwing niet tot een 2D polygoon wordt teruggebracht, maar als een compleet 3D lichaam is gemodelleerd. De impact van nieuwe bebouwing en infrastructuur op de bestaande omgeving is eigenlijk alleen met 3D visualisaties in kaart te brengen en óók te berekenen als er bouwvolumes beschikbaar zijn. De telecomwereld moet bij plaatsing van antennes altijd een afweging maken tussen dekkingsgebied en kostenaspecten (zie figuur 1). Ook voor deze analyse is een goed 3D model van de omgeving noodzakelijk.

Iets verder van huis - in dit geval eronder of erboven - zijn de diepe ondergrond en het luchtruim hét domein van 3D GIS. Daar is inzicht nodig zonder echte waarneming, bijvoorbeeld in geval van gasvoorraden of zoutkoepels. Of er moet

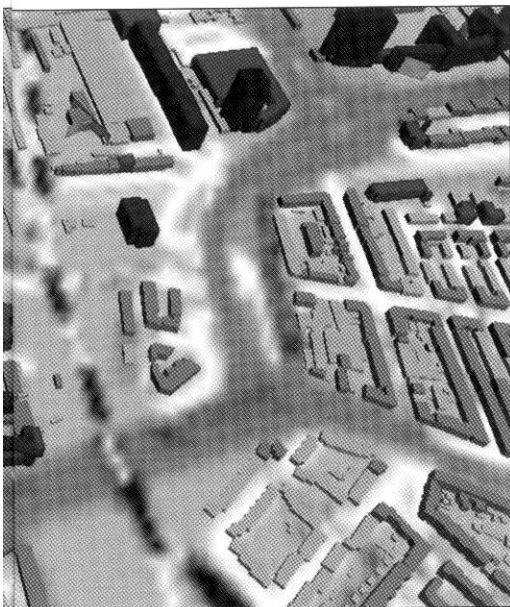
juist worden gezocht naar een beperking in tijd en ruimte, zoals bij de aanvliegrou-tes van vliegtuigen, die wel moeten uitkomen bij de start- én landingsbaan, maar die niet al te veel mensen mogen hinderen.

Een recent, steeds groter wordend probleem is het buiten de oevers treden van rivieren. Het zal duidelijk zijn dat voor de analyse van de gevolgen een goed hoogtemodel nodig is, naast specifieke analysesoftware voor water (over)stromingen. Delft Hydrolics (Waterloopkundig Laboratorium) verricht op dit moment - ondersteund door GIS - veel onderzoek naar overstromingsmodellen (zie bijvoorbeeld het onderzoek van Micha Werner, <http://www.wldelft.nl/rnd/proj/topic/eurotas/>).

Het is bij al deze voorbeelden niet gezegd dat alle gegevens, berekeningen en analyses in 3D uitgevoerd moeten worden; wel valt te constateren dat in het verleden juist door de beperking van 2D er maar al te vaak vereenvoudigde modellen en aannames zijn toegepast.

Inwinnen

Data-inwinning in 3D is niet het grootste struikelblok. De traditionele scheiding bij het inwinnen van geodata in een planimetrische component en de hoogte is voor een groot deel verdwenen. Bij grootschalige toepassingen ging men uit van een 2D objectruimte en alle landmeetkundige methoden waren daar ook op afgestemd door de afzonderlijke meting van een horizontale (driehoeks-



zal even duren

meting, kringnetten) en verticale component (waterpassing). Deze metingen waren ook ingebed in twee van elkaar losstaande referentiestelsels, het Rijksdriehoekstelsel (RD) en het Normaal Amsterdams Peil (NAP). Globale plaatsbepalingssystemen (GPS) met bijbehorende wereldwijde en Europese referentiesystemen (WGS84, ETRS) zijn hiervoor in de plaats gekomen. Coördinaattransformaties over en weer zijn mogelijk geworden door het inpassen van het RD-net binnen WGS84/ETRS en door zeer nauwkeurige zwaarte-krachtmetingen voor de geoïdebepaling van Nederland. Vrijwel alle huidige data-inwinningsmethoden doen hun metingen binnen WGS84/ETRS. Een mooi voorbeeld daarvan is laseraltimetrie vanuit een platform in een vliegtuig, waarvan de plaats en stand van het platform met behulp van GPS en een Inertial Naviga-

tion System worden vastgelegd en vandaar uit ook alle aangemeten punten op de grond. Voor de integratie en analyse met bestaande geoinformatie worden de coördinaten van de grondpunten getransformeerd naar RD en NAP. De omgekeerde weg kan natuurlijk ook; de bestaande geo-databases beschikbaar stellen binnen WGS84/ETRS. Dat schept zeer veel mogelijkheden voor real-time bewerkingen en analyses, zoals voor route-navigatie systemen (in 2D of 3D) die de positie van de auto relateert aan het binnen WGS84/ETRS beschikbare wegen-netwerk. Hierbij is de nauwkeurigheid

van 10 meter bij GPS-codeverwerking voldoende. De landmeetkundige faseverwerking van het GPS-sigitaal biedt centimeterprecisie. De apparatuur en de bijbehorende programmatuur wordt steeds eenvoudiger in het gebruik en ook goedkoper. Dit biedt organisaties de mogelijkheid de benodigde 3D informatie direct in het veld in te winnen. Daarnaast kan ook de standplaats van andere apparatuur voor het inwinnen van grote hoeveelheden 3D informatie op een eenvoudige wijze worden bepaald. Hierbij moet men denken aan de zogenaamde terrestische laser-scanning, waarbij de roterende scanner op een driepoot is geplaatst.

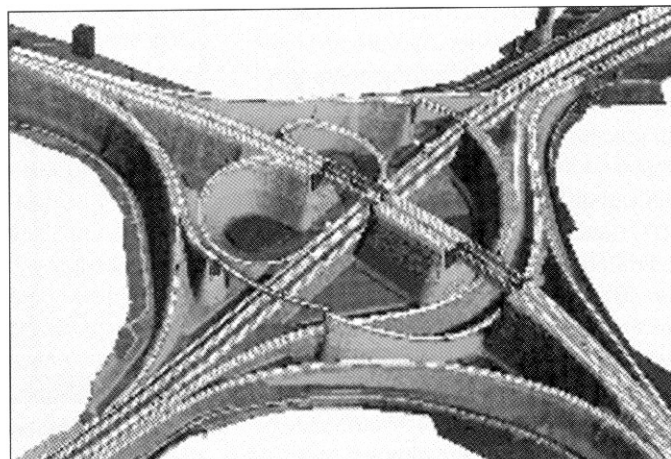
Beschikbare bestanden

Het wordt dus steeds eenvoudiger om 3D data in te winnen. Dat laat onverlet dat het nog wel een enorme klus is om alle

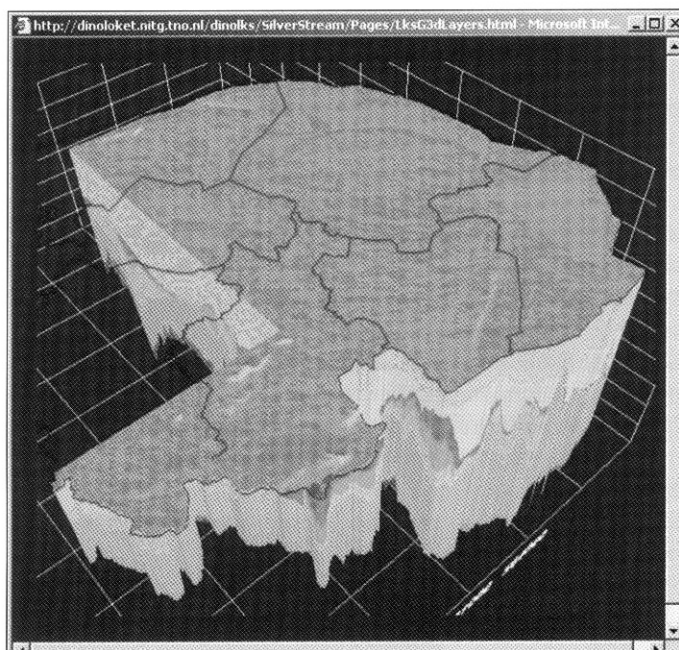
benodigde data voor een 3D GIS toepassing werkend bijeen te krijgen. Daarnaast zorgt de inwinning van 3D informatie over de ondergrond voor specifieke complicaties. Gelukkig is het mogelijk (aanvullend) gebruik te maken van 2.5D- en 3D geodatabronnen die door leveranciers worden aangeboden.

De Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat heeft bijvoorbeeld een belangrijke taak in de aanlevering van 2.5D informatie (hoogte-informatie van het maaiveld; zie www.geo-loket.nl). In samenwerking met de Topografische Dienst was zij verantwoordelijk voor de levering en bijhouding van de TOPhoogteMD. Dit is een landsdek-kend digitaal hoogtebestand, gebaseerd op veldmetingen die gemaakt zijn tussen 1950 en 1990. TOPhoogteMD bevat 3.8 miljoen hoogtepunten (t.o.v. NAP, afgerond op decimeters), overeenkomend met circa één punt per hectare. De TOPhoogteMD wordt niet meer geactualiseerd, omdat het momenteel vervangen wordt door het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN). Het AHN wordt ook onder auspiciën van de Meetkundige Dienst vervaardigd. In 1996 is begonnen met de inwinning van dit bestand door middel van laseraltimetrie. Naar verwachting is dit bestand eind 2002 voor heel Nederland beschikbaar. Volgens de website heeft het AHN een

Hoewel volgens de meeste folders de GIS-pakketten naadloos aansluiten op een geo-DBMS (Oracle spatial), valt dit in de praktijk behoorlijk tegen



Figuur 2: Het DTB van de Meetkundige Dienst (DTB nat links en DTB droog rechts)



Figuur 3: 3D Atlas van de Diepe Ondergrond (TNO-NITG)

minimale punt dichtheid van 1 punt per 16 m², met uitzondering van bosgebieden die een minimale punt dichtheid hebben van 1 punt per 36 m².

De hoogte van de punten wijkt gemiddeld 5 cm af van de werkelijke maaiveldhoogte (www.geo-loket.nl). De Meetkundige Dienst levert de volgende AHN-producten: het basisbestand, dat bestaat uit de originele laserpunten zoals deze zijn ingewonnen met laseraltimetrie (vegetatie en bebouwing zijn hieruit gefilterd) en gridbestanden (5x5 of 25x25 m) die zijn geïnterpoleerd op basis van de originele, gefilterde laserpunten.

Naast deze hoogtebestanden zijn ook 3D geodata bij derden beschikbaar. Zo onderhoudt de Meetkundige Dienst het DTB (Digitaal Topografisch Bestand; zie figuur 2). Het 'DTB droog' bevat digitale topografische informatie over wegen en het 'DTB nat' bevat digitale topografische informatie over de grote rivieren, kusten en oevers. De DTB's bevatten ook hoogte-informatie van het maaiveld en van bepaalde objecten. Het DTB-droog bestaat uit gemiddeld duizend metingen per hectare. De afstand tussen de in een lijn gemeten punten is niet groter dan 50 meter.

Eén van de kernactiviteiten van TNO-NITG (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen) is de kartering van de diepe ondergrond van Nederland. TNO-NITG houdt zich in dat kader bezig met de inwinning, het beheer en de levering van de '3D Atlas van de Diepe Ondergrond' (zie figuur 3). Daartoe is Nederland in vijftien kaartbladen opge-

deeld, waarvan er inmiddels acht zijn gepubliceerd. Daarnaast heeft TNO-NITG een (gratis) 3D data viewer ontwikkeld in Java om deze 3D informatie te kunnen bekijken. De data die bekeken kunnen worden zijn via het DINO-loket (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond) gratis te downloaden

(www.dinoloket.nitg.tno.nl). Voor de (al gepubliceerde) kaartbladen is de resolutie van de digitale grids 250 meter. In de digitale atlas zijn ook hoogtes van het maaiveld opgenomen.

Naast de hierboven beschikbare bestanden, is het wenselijk de huidige groot-schalige geo-bestanden in Nederland (Top10vector en de GBKN) uit te breiden met 3D informatie. De Topografische Dienst wil beginnen met een onderzoek om het Z-coördinaat in de geometrie van objecten op te nemen. Ook voor de GBKN worden onderzoeken gestart om te bezien of de vervaardiging van een 3D GBKN mogelijk is. Het objectgericht maken van beide bestanden moet daarvoor eerst voltooid worden. Het zal in ieder geval nog wel een aantal jaren duren, voordat de klant de 3D Top10vector of de 3D GBKN in gebruik kan nemen.

Uitblijvende doorbraak

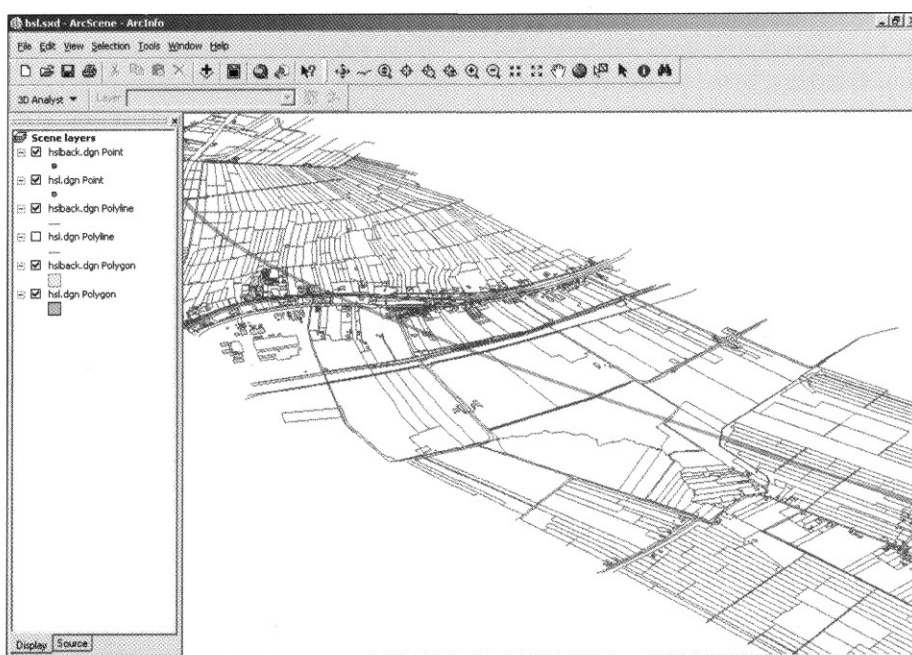
Over het algemeen wordt een GIS gezien als een systeem voor het inwinnen, opslaan, bewerken en presenteren van geo-informatie. Voor een 3D GIS geldt natuurlijk hetzelfde. Welnu, het inwinnen van 3D data is, zoals betoogd, niet echt een probleem meer - hoewel het voor

bestaande datasets nog een flinke conversieslag oplevert. Maar ondanks een scala aan zinvolle toepassingsopties, wordt 3D geo-informatie niet op omvangrijke schaal gebruikt; het blijft tot nu toe beperkt tot een aantal vrij specialistische toepassingen. Hiervoor wordt dan vaak specifieke of eigen software ingezet. Dit is wellicht een belangrijk deel van de verklaring voor het uitblijven van een doorbraak van 3D GIS.

Opslag en bewerken van geo-informatie zijn taken die voor een groot deel bij DBMS-software thuishoren; bewerken en visualiseren horen traditioneel bij GIS-software, hoewel in geval van 3D informatie er ook aan bestaande CAD-software kan worden gedacht.

We beginnen met het nader bekijken van de eerste softwarecomponent, het DBMS of beter het geo-DBMS, want deze moet in staat zijn om geo-informatie op een geïntegreerde wijze op te slaan met de overige (administratieve) gegevens. Een aantal in de geo-informatiepraktijk gebruikte DBMS's zijn geanalyseerd op hun 3D eigenschappen. Allereerst, de Ingres DBMS, zoals bij het Kadaster in gebruik voor het opslaan van de kadastrale kaart en de GBKN.

De Spatial Object Library (SOL) van Ingres is tot 2D beperkt en kent geen 3D typen. De situatie bij drie andere DBMS's die geschikt zijn voor geo-informatie (te weten Oracle Spatial, IBM Informix Dynamic Server (IDS) Spatial DataBlade en IBM DB2 Spatial Extender), is iets beter. Het is wel mogelijk om 3D typen te



Figuur 4: 3D geodata in ArcScene (de HSL-boortunnel in het Groene Hart, gecombineerd met kadastrale percelen)

representeren, bijvoorbeeld een punt (0D), polyline (1D) of polygon (2D) in een 3D ruimte, waarbij bij elke X en Y ook een Z hoort. Echter, de geometrische functies, zoals oppervlakte- en afstands-berekening, werken puur in 2D. Daarnaast bieden geen van de DBMSsen 3D datatypen voor representatie van echte volume-objecten (polyhedron, bol, blok, cilinder, et cetera).

Men kan zich overigens afvragen wat de definitie van een 3D polygoon nu precies is, als niet alle punten exact in één plat vlak liggen (in de 3D ruimte). Zonder antwoord op deze vraag is ook het antwoord op de eerdere vragen moeilijk te geven. Alle hier genoemde DBMSsen zijn uitgebreidbare relationele systemen (of object georiënteerde systemen) en men kan zelf het DBMS uitbreiden met nieuwe 3D typen. De ontwikkeling van een complete eigen set 3D datatypen en -operatoren is een enorme klus en bevordert de standaardisatie ook niet. Een alternatieve oplossing is de opname van hoogte als administratief attribuut bij een 2D geometrie. Dit heeft echter de nodige nadelen, zoals dat de hoogte niet wordt meegenomen met de 2D geometrische operatoren. Een belangrijke belemmering is het feit dat een aantal jaren geleden de 2D geometrische datatypen en -operatoren op SQL niveau zijn gestandaardiseerd (door de OpenGIS Simple Feature Specification en ISO SQL/MM), maar dat een dergelijke standaard voor 3D geometrische datatypen nog niet bestaat.

Veel organisaties zijn druk doende (geweest) om, in het kader van structureel gebruik van geo-informatie binnen de bedrijfsprocessen, af te stappen van de file-gebaseerde (project)aankpak en over te gaan naar een DBMS-gebaseerde aankpak (organisatie brede informatie huishouding). Hoewel volgens de meeste folders van de GIS-leveranciers hun GIS-pakket naadloos aansluit op een geo-DBMS, bijvoorbeeld Oracle Spatial, valt dit in de praktijk behoorlijk tegen.

Zo wordt de gebruiker vaak in een specifiek datamodel gedwongen of moeten er minimaal extra tabellen en/of attributen worden toegevoegd aan het bestaande model. De gebruiker moet beide systemen behoorlijk goed doorgronden met als gevolg dat opslag in een DBMS toch wat ingewikkelder is dan in het eigen fileformaat van het GIS-pakket. Maar in de loop van de tijd zal dit met steeds meer GIS-pakketten steeds beter gaan. Zoals eerder aangegeven bieden de DBMSsen nog weinig op het gebied van

eenvoudige 3D analyse, zoals afstand- en oppervlakteberekening, laat staan dat ze iets bieden op het vlak van de wat meer geavanceerde analyses (zichtberekeningen, volumeberekeningen, 3D buffers, et cetera). Hiervoor moet de gebruiker zijn hoop vestigen op de GIS-pakketten of de CAD-pakketten. Deze laatste gaan traditioneel al meer met 3D informatie om, maar zijn minder gewend om met enorme hoeveelheden geo-gerelateerde gegevens (in een DBMS) om te gaan.

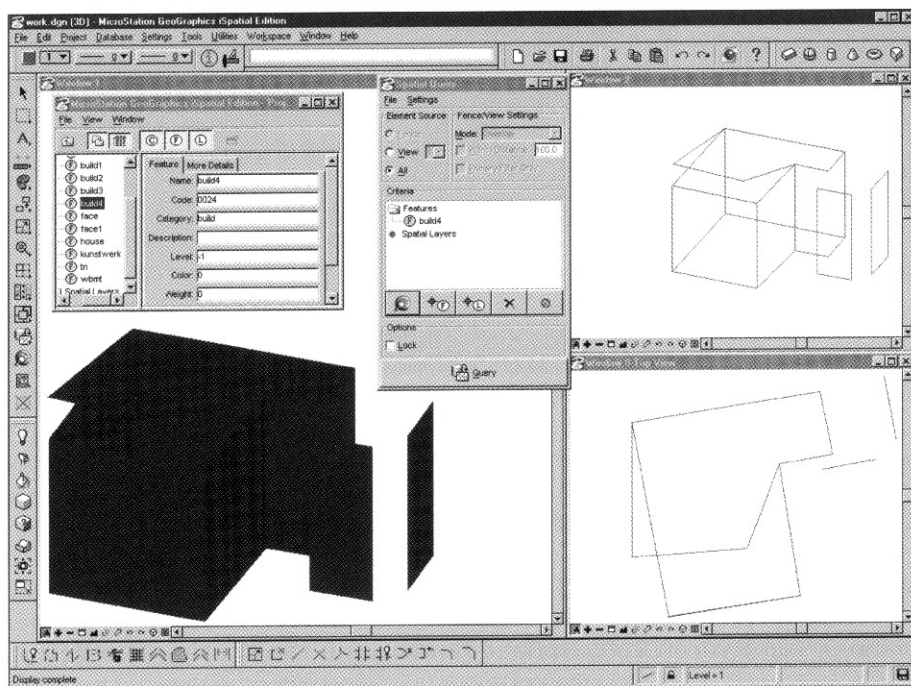
Naast de analyse-mogelijkheden bieden de GIS- en CAD-pakketten ook 3D visualisatiemogelijkheden. Van de GIS-pakketten is ESRI's ArcScene bekeken. De hele ArcGIS familie kan via ArcSDE, en sinds kort ook via een 'direct connect, geo-informatie in Oracle Spatial opslaan en bevroegen. Volgens de documentatie kan hierbij de Z-coördinaat worden opgenomen in het geometrietype (punten, lijnen, polygoon).

Een experiment wees echter uit dat de Z-coördinaten van 3D objecten die via een 'direct connect' worden opgeslagen, niet worden herkend en de 3D objecten daardoor alleen in 2D kunnen worden afgebeeld. Met ArcScene is het mogelijk om 2.5D thema's te representeren (op elke X, Y locatie een Z waarde), te analyseren en te visualiseren (zie figuur 4). De analyse is echter beperkt, net als de 3D editmogelijkheden, en de visualisatie is niet 'onderdompelend', zoals bij VR-systemen. Maar voor een redelijk aantal toepassingen komt hier al wel een eerste 3D visualisatiefunctie beschikbaar. De meeste andere bekende GIS-pakketten doen het hier niet veel beter.

Daarom dan nu de aandacht gericht op CAD-pakketten, die veel in gebruik zijn bij organisaties die omgaan met geo-informatie bij het ontwerp, de realisatie en het beheer van gebouwen en kunstwerken (tunnels, viaducten, et cetera.). Hiervoor is het Bentley pakket MicroStation Geographics bekeken. Dit biedt rede-

lijke, toch ook weer niet al te eenvoudige, mogelijkheden om met Oracle Spatial om te gaan (zie figuur 5).

In dit geval worden de Z waarden wel in de desbetreffende geodatatypen in het DBMS opgeslagen (punten, lijnen en polygoon in 2D en 3D). De 3D editmogelijkheden zijn, zoals van een CAD-pakket verwacht mag worden, zeer behoorlijk. Belangrijke beperking hierbij is dat (3D) topologie niet echt wordt



Figuur 5: Geodata opgeslagen in het geo-DBMS visualiseren en wijzigen in MicroStation

ondersteund voor interactief editen. De visualisatiemogelijkheden zijn goed, inclusief shading en hidden-surface removal, zoals dat ook weer van een CAD pakket verwacht mag worden. De analyse-mogelijkheden zijn echter beperkt. Ook hier kan redelijkerwijs worden aangenomen dat MicroStation representatief is voor de mogelijkheden in andere CAD-pakketten.

Kortom, hoewel de 3D component steeds belangrijker wordt, zijn er nog veel hindernissen om 3D GIS breed toe te passen. In een vervolgartikel (najaar 2002) zal dieper op het onderzoek worden ingegaan dat nodig is om de in deze bijdrage beschreven knelpunten op te lossen.

PETER VAN OOSTEROM, JANTJEN STOTER,
EDUARD VERBREE EN SYKA ZLATANOVA
AFDELING GEODESIE, SECTIE GIS TECHNOLOGIE, TU DELFT

¹ Mocht er in dit overzicht de 3D GIS toepassing ontbreken die het gehele geo-informatieproces behelzen, dan vernemen de auteurs dat graag.