

In veel kadastrale registraties is het 2D perceel de basiseenheid voor de registratie van eigendom op vastgoed. Dit eigendom is in wezen een 3D eigendom omdat je als eigenaar ook de ruimte onder en boven het perceel mag gebruiken. Zolang er zich slechts één gebruiker op een perceel bevindt, is de huidige registratie met zijn 2D kaart geschikt om inzicht te verschaffen in de eigendomsgrenzen. Maar wat als er zich verschillende eigendommen boven en onder elkaar bevinden? De ultieme oplossing die werd aanbevolen in het 3D kadaster promotieonderzoek is om personen expliciet een recht op een object of een ruimte te geven, en dit ook als zodanig te registreren in een 3D registratie waarin volumepercelen worden ondersteund. Dit artikel illustreert de voordelen van zo'n volledig 3D kadaster, waarvoor in een aantal landen de eerste stappen al zijn gezet.

Volumepercelen in de kadastrale registratie¹⁾

Het vastleggen van 3D situaties in traditionele kadastrale registraties stuit over de gehele wereld op problemen. Op welke manier het 3D kadastrale vraagstuk wordt opgelost, is sterk afhankelijk van de heersende juridische doctrine en het kadastrale registratiesysteem in het betreffende land.

Zo is in Nederland zowel in kadastrale als in juridische zin, eigendom altijd sterk gerelateerd aan land (oppervlak). Het recht van eigendom rust op oppervlaktepercelen en dit eigendom is ongedefinieerd in de derde dimensie. Door middel van beperkte rechten (bijvoorbeeld opstalrecht, erfpacht) gevestigd op de oppervlaktepercelen kan aan derden het recht van gebruik op een bepaald volume binnen de perceelskolom worden gegeven. Er zijn echter ook landen, zoals in dit artikel zal worden beschreven, die reeds de mogelijkheid hebben om volumepercelen te vormen die niet langer gerelateerd zijn aan de oppervlaktepercelen.

In het 3D kadaster promotieonderzoek [Stoter, 2004] is een aantal conceptuele modellen ontwikkeld om tegemoet te komen aan de beperkingen van de huidige kadastrale registratie bij het registreren van 3D eigendommen. Het model dat de beste potenties liet zien voor de lange termijn was het 'volledige 3D kadaster'. Hierbij is de basis eenheid voor registratie niet langer een 2D perceel maar een 3D (volume) perceel. Om dit model te evalueren hebben we dit model vergeleken met kadastrale registraties in een aantal

prof.dr.ir. P.J.M. van Oosterom, hoogleraar GIS technologie, OTB, TU Delft, mr. H.D. Ploeger, universitair docent vastgoedrecht, OTB, TU Delft en dr. J.E. Stoter, Department of Geo-Information Processing, ITC

landen die al in staat zijn om volumeeigendommen te vestigen en volumepercelen te vormen: Noorwegen, Zweden, Queensland (Australië) en Brits Columbia (Canada).

Eerst zal het volledige 3D kadastermodel toegelicht worden. Vervolgens worden de volumepercelen zoals die reeds praktijk zijn in een aantal landen toegelicht, inclusief de voor- en nadelen van deze kadastrale registraties. Tenslotte passen we het door ons geïntroduceerde conceptuele model toe op een case-studie in Queensland, om te laten zien hoe ons model ook in meer geavanceerde kadastrale registratiedatabases de 3D registratie nog kan verbeteren.

1) Dit artikel is een bewerkte versie van het artikel "Een geavanceerd 3D kadaster model toegepast op volumepercelen", Jaarverslag 2003 Nederlandse Commissie voor Geodesie, Delft, 2004, p. 47-57

Conceptueel model voor een volledig 3D Kadaster

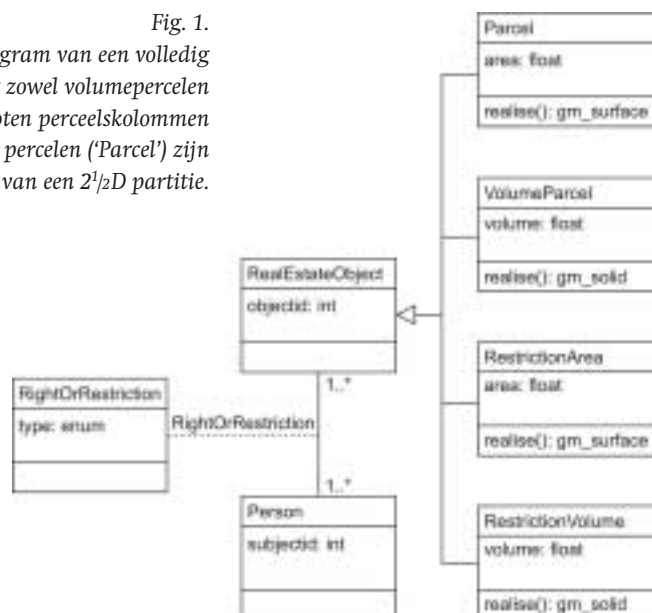
In een volledig 3D kadaster is de ruimte opgedeeld in 3D (volume) percelen. De wettelijke basis, vastgoedtransacties en de kadastrale registratie zullen de vestiging van 3D rechten die expliciet betrekking hebben op een volume mogelijk moeten maken. Vastgoedobjecten zijn expliciet gedefinieerd in 3D, en rechten en objectbelemmeringen hebben betrekking op volumes. In het volledige 3D kadaster hebben we twee alternatieven onderscheiden:

- Alternatief 1: combinatie van niet-gesloten perceelskolommen (zowel onder als boven), volumepercelen en restpercelen die overblijven nadat er een volumeperceel binnen de perceelskolom is gevestigd. De niet-gesloten perceelskolommen zijn in 2D afgebakend door traditionele perceelsgrenzen en zijn gelijk aan de traditionele 2D percelen met maar één gebruiker.
- Alternatief 2: slechts één type perceel wordt ondersteund: een perceel dat volledig gedefinieerd wordt in 3D. Men kan alleen rechten op een afgebakende ruimte krijgen en niet langer op een niet-gesloten perceelskolom (afgebakend door 2D perceelsgrenzen).

Omdat de 2D grenzen nog steeds in veel gevallen voldoen en omdat een conversie van de huidige kadastrale registratie naar een kadaster dat alleen maar afgesloten volumepercelen ondersteunt, veel complicaties zal opleveren (niet alleen in technische zin, maar ook in juridische zin) is besloten om in dit onderzoek verder te focussen op het eerste alternatief van een volledig 3D kadaster. In dit alternatief kunnen de situaties waarin 2D percelen nog steeds voldoen grotendeels onveranderd blijven. In de gevallen waar het wel nodig is, kan het 2D concept losgelaten worden. Dit biedt nieuwe mogelijkheden. Het kadastrale registratieobject krijgt namelijk een bredere betekenis. Het kan ook een beschrijving van een oppervlak of ruimte zijn dat niet noodzakelijkerwijs met een eigendomsbegrenzing samenvalt, bijvoorbeeld een bodemvervuilingszone. Het kadastrale registratieobject (RealEstateObject) kan in dit model een van de volgende zaken zijn (fig. 1):

- 'Parcel', een volledige perceelskolom (niet-gesloten) of een perceelskolom waar mogelijk een volumeperceel 'van afgetrokken' is;
- 'VolumeParcel', volledig begrensd in 3D;
- 'RestrictionAreas', een oppervlakte waarop een belemmering rust (alleen gedefinieerd in 2D);
- 'RestrictionVolumes', een volume waarop een belemmering rust (alleen gedefinieerd in 3D).

Fig. 1.
UML klasse diagram van een volledig 3D kadaster dat zowel volumepercelen als niet-gesloten perceelskolommen ondersteunt. De percelen ('Parcel') zijn onderdeel van een $2^{1/2}D$ partitie.



Om de percelen die gedefinieerd zijn met perceelsgrenzen op het oppervlak te kunnen combineren met volumepercelen, zullen de 2D percelen in $2^{1/2}D$ moeten worden gerepresenteerd. De volledige verzameling van $2^{1/2}D$ percelen vormt een partitie (niet overlappende opdeling van het domein). Dit is een belangrijk concept in de kadastrale registratie om inconsistenties te voorkomen. Een volumeperceel kan verschillende oppervlaktepercelen doorsnijden. Volumepercelen kunnen elkaar niet doorsnijden. RestrictionAreas kunnen daarentegen wel andere RestrictionAreas of percelen doorsnijden, bijvoorbeeld een bodembeschermingszone hoeft niet per se samen te vallen met een bosbeschermingszone. Om dezelfde reden kunnen RestrictionVolumes elkaar als ook volumepercelen doorsnijden.

Om al deze objecten te kunnen registreren, moeten alle inschrijvingen gepaard gaan met een veldwerk dat duidelijk aangeeft op welke ruimte het betreffende RealEstateObject betrekking heeft. Deze 3D informatie kan vervolgens worden ingevoerd in het geografische gedeelte van de kadastrale registratie (LKI in Nederland met coördinaten in RD en NAP), welke een mix zal zijn van $2^{1/2}D$ en 3D objecten. Uiteindelijk zullen er regels vastgelegd moeten worden die het hele proces van 3D inwinning naar invoering van 2D, $2^{1/2}D$ en 3D objecten in de kadastrale registratie stroomlijnen.

3D Kadastrale registraties in het buitenland

In het buitenland zijn al enkele voorbeelden gevonden van de mogelijkheid om volumepercelen te vormen die niet lan-

ger gerelateerd zijn aan de oppervlaktepercelen: '3D construction property' in Noorwegen (vanaf 2006, [Onsrud, 2002]) en Zweden (vanaf 1 januari 2004, [Mattsson, 2003]), air-space parcels in Brits Columbia (mogelijk sinds eind jaren '90, [Gerremo et al, 2001]) en 'volumetric parcels' in Queensland (mogelijk sinds 1997). Deze oplossingen van volumepercelen zijn in de verschillende landen niet hetzelfde:

- De footprints van de volumepercelen moeten binnen één perceel liggen (Brits Columbia) of niet (Noorwegen, Zweden en Queensland).
- De volumepercelen moeten gerelateerd zijn aan gebouwde constructies, dat wil zeggen dat 'lege' percelen of percelen die groter zijn dan de constructie niet zijn toegestaan (Noorwegen en Zweden). In Queensland en Brits Columbia daarentegen kunnen volumepercelen worden ingeschreven die niet gerelateerd zijn aan of begrensd zijn door een constructie.
- De volumepercelen moeten nauwkeurig beschreven worden in 3D veldwerken (Brits Columbia en Queensland) of niet (Noorwegen en Zweden).

Case-studie uit Queensland

Om de mogelijkheden en beperkingen van deze oplossingen voor een 3D kadastrale registratie te laten zien, zal een case-studie uit Queensland worden beschreven waarbij volumepercelen zijn gevestigd. Het gaat om volumepercelen die zijn gevestigd voor het Gabba Cricket Stadion in Brisbane. Dit stadion overlapt twee straten: Vulture Street in het noorden en Stanley Street in het zuiden (fig. 2).

Voor het cricketstadion zijn drie volumepercelen gevestigd: voor de doorsnijding met Vulture Street een 'stratum' perceel 100 (dat voor 1997 gebruikt werd om een volumeperceel te vormen) en een 'volumetric' perceel 101, en voor de doorsnijding met Stanley Street een 'volumetric' perceel 103. De aktes waarin de betreffende percelen zijn gevestigd, bevatten zeer gedetailleerde 3D informatie zoals dat is voorgeschreven in de regelgeving [Queensland Government, 2003]: in het geval van een stratum perceel zijn dwarsdoorsneden verplicht en in het geval van volumetric percelen zijn 3D aanzichten verplicht (zie fig. 3 voor de percelen 101 en 103). De benodigde coördinaten zijn vastgelegd door middel van polaire coördinaten

Fig. 2. Overzicht van het Gabba Cricket Stadion (waar overigens ook Australian Football wordt gespeeld) dat zowel in het noorden als in het zuiden een straat overlapt.

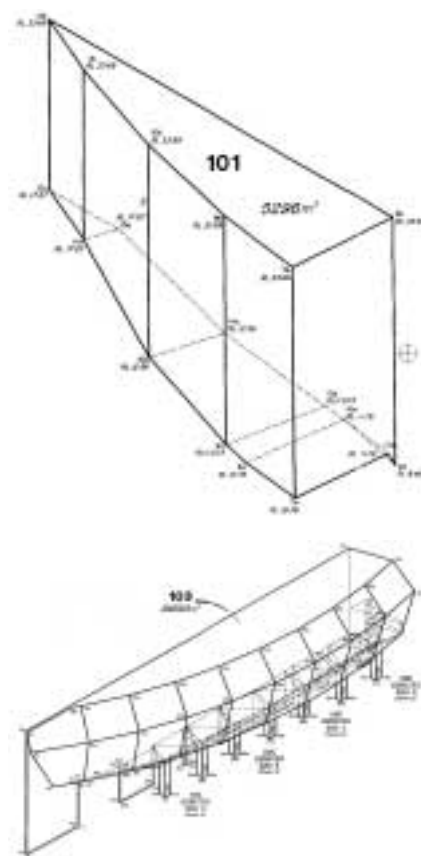
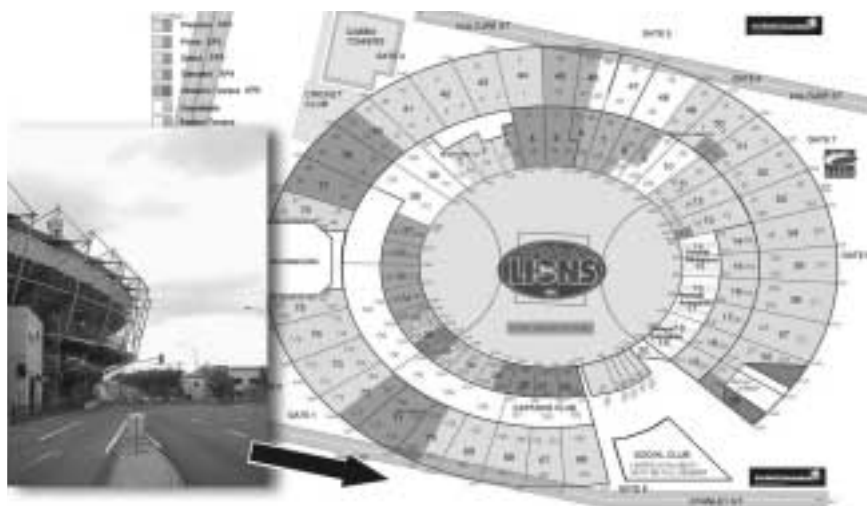


Fig. 3. Voorbeelden van 3D aanzichten die verplicht zijn in de aktes die een volume perceel vormen (perceel 101 (boven) en 103 (onder)).

en z-coördinaten gedefinieerd in het Australische hoogtenetwerk.

De footprints van de percelen worden ingevoerd in de kadastrale basiskaart. Deze basiskaart vormt een planaire partitie waar de footprints geen deel van uitmaken. Fig. 4 (linker gedeelte) laat de kadastrale basiskaart zien met de footprints van de volumepercelen (en de geometrie van erfdiensbaarheden) en fig. 4 (rechter gedeelte) laat de kadastrale basiskaart zien zonder de footprints van percelen 100, 101 en 103 (en ook zonder de geometrie van erfdiensbaarheden). Deze figuur laat duidelijk zien dat de footprints geen onderdeel uit maken van de planaire partitie van de kadastrale basiskaart. En ook dat een volumeperceel meerdere percelen kan doorsnijden. Bijvoorbeeld perceel 103 doorsnijdt twee percelen van de basiskaart.

Dit voorbeeld laat de potenties zien van kadastrale registraties in landen waar het al mogelijk is om volumepercelen te vormen. Op dit moment is de kadastrale kaart in Queensland (net als in de andere landen die volumepercelen inmiddels ondersteunen) echter nog 2D en kunnen de volumepercelen niet in 3D in de kadastrale registratiedatabase worden opgenomen. De volu-

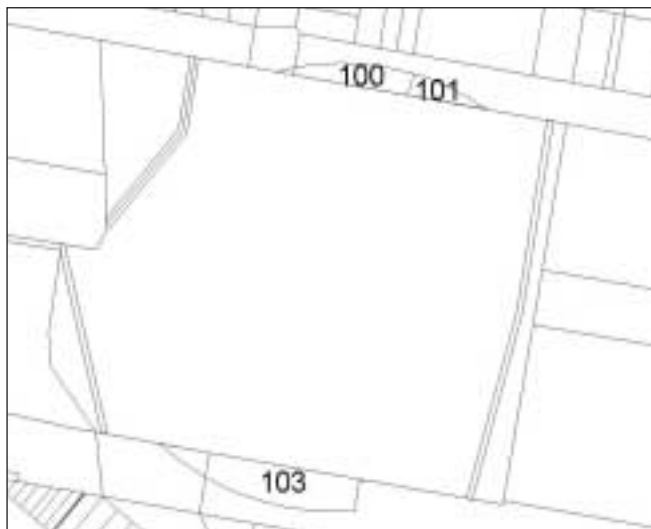


Fig. 4. Kadastrale kaart met (links) en zonder (rechts) footprints van de volumepercelen 100, 101 en 103 (en met en zonder de geometrie van erfdiensbaarheden).

mepercelen worden in de huidige registraties dus nog steeds geprojecteerd op een 2D kadastrale kaart. Hoe de 3D informatie die deel uitmaakt van 3D veldwerken en van tekeningen die aan de aktes worden toegevoegd kan worden gebruikt om een volledig 3D kadaster te bewerkstelligen, zal verderop in dit artikel worden getoond.

Huidige volumepercelen geschikt voor een volledig 3D kadaster?

In Noorwegen, Zweden, Queensland en Brits Columbia is het dus al mogelijk (of zal het spoedig mogelijk worden) om volumepercelen te vormen die niet langer gerelateerd zijn aan oppervlaktepercelen. Echter, geen van deze oplossingen biedt een complete oplossing voor een 3D kadastrale registratie. Eigenlijk is het 3D kadastrale probleem in deze landen alleen aangepakt op het juridische niveau. 3D situaties worden vastgelegd op afzonderlijke veldwerken en in geen van de gevallen wordt een digitale 3D beschrijving in vectorformaat van het volumeperceel opgeslagen in een kadastrale registratie-database (alleen maar gescande of analoge tekeningen). Daardoor kan de situatie niet interactief worden bekeken, wat erg verhelkend zou zijn in het geval van complexe volumepercelen zoals perceel 103 in fig. 3. Bovendien kan de geometrie van het volume perceel niet worden gecontroleerd (is het volume perceel gesloten?) en kunnen geen 3D analyses op het volumeperceel worden uitgevoerd (wat is het volume van het perceel?). De 3D geometrie kan niet worden toegevoegd aan de kadastrale

geografische dataset waardoor het nog steeds niet mogelijk is de situatie in 3D te visualiseren en bevragen in het kadaster. De technische aspecten van een 3D kadaster zijn in deze gevallen dus niet opgelost: hoe kun je volumepercelen in 3D opslaan, bevragen en visualiseren in combinatie met de 2D percelen en – zeer belangrijk – hoe voorkom je dat twee volumepercelen elkaar niet doorsnijden (de eis dat 2D percelen elkaar niet mogen doorsnijden is immers een belangrijke voorwaarde voor een consistente 2D kadastrale registratie). Om ons conceptuele model, dat wel tegemoet komt aan de technische aspecten van een 3D kadaster, te evalueren en om de potenties te laten zien van landen waarin het juridisch reeds mogelijk is volumepercelen te registreren, zal in de volgende sectie ons conceptuele model van een volledig 3D kadaster worden toegepast op de case-studie in Queensland.

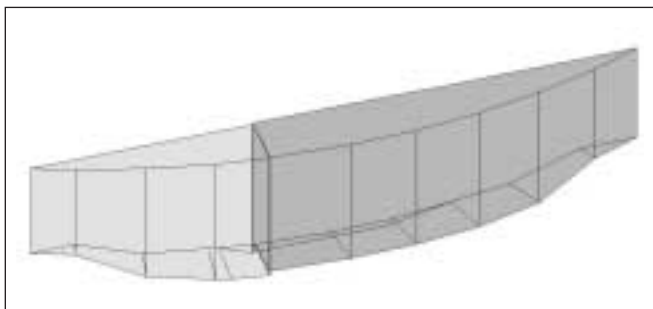
Geavanceerd 3D kadastermodel toegepast op volumepercelen

In het 3D kadasteronderzoek is het technisch kader voor de voorgestelde conceptuele modellen geïmplementeerd in prototypes. Het prototype van het volledige 3D kadaster is vervolgens toegepast op de case-studie van Queensland. Voor deze case-studie hebben we de 3D informatie die beschikbaar is in de 3D veldwerken voor de percelen 100 en 101 geconverteerd naar geometrische en topologische beschrijvingen, gedefinieerd binnen een globaal coördinatenstelsel, en deze ingevoerd in de ruimtelijke database. Daarvoor zijn de volgende stappen ondernomen:

1. De informatie op de veldwerken is vereffend en geconverteerd naar globale kaart coördinaten.
2. De faces zijn gereconstrueerd door middel van de referenties naar de nodes.
3. Deze ruimtelijke informatie is ingevoerd in de ruimtelijke database in zowel een topologische datastructuur als een geometrische datastructuur (een polyhedron primitieve zoals gedefinieerd in [Oosterom et al, 2003]).

Na deze stappen kunnen de volumepercelen worden gevisualiseerd en bevraagd in een geïntegreerde view, wat veel voordelen biedt boven de huidige registratie (fig. 5). Nu is het bijvoorbeeld mogelijk om te zien (of te berekenen) of twee volumepercelen elkaar doorsnijden. In het geval van de Queensland case-studie komen de twee aangrenzende

vlakken niet geheel overeen (fig. 5, rechts): deze raken elkaar wel maar het ene vlak loopt iets verder door. Dit zou op een fout (of op een minder gewenste situatie) kunnen duiden. Echter in dit geval zijn de volumepercelen wel correct. De twee percelen zijn op verschillende tijdstippen ingemeten en perceel 101 omvat meer ruimte rondom de constructie. Omdat in dit geval de metingen de ruimte definiëren in 3D en er geen fysieke objecten zijn die de grenzen van de volumepercelen aangeven, is de geometrie van de volumepercelen per definitie correct (indien er geen sprake is van doorsnijding).



Nu de volumepercelen in een geometrische beschrijving in het DBMS aanwezig zijn, kunnen de volumepercelen worden bevraagd met behulp van de 3D functies die als onderdeel van het 3D kadasteronderzoek zijn geïmplementeerd. De SQL die controleert of de twee volumepercelen elkaar 'intersecten' geeft de waarde '1' ('TRUE') terug, wat wellicht onverwacht is. Dit komt doordat deze functie ook bij het raken van twee polyhedra al de waarde 'TRUE' teruggeeft. Eigenlijk zou de prototype-implementatie van het polyhedron datatype moeten worden uitgebreid met een aantal extra functies, zoals 'touch', 'doorsnijding', 'contains', etc. (de bekende verzameling van topologische relatie functies).

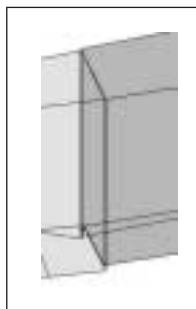


Fig. 5. Visualisatie van volumepercelen die zijn opgeslagen in het DBMS (links); het detail (rechts) laat zien dat de twee aangrenzende vlakken niet geheel op elkaar aansluiten.

```
/* validatie van volumepercelen */

select bid, validate_polyhedron(return_polyhedron(shape), 0.5)
validate from qld_3Dgeom;

BID  VALIDATE
-----
100  True
101  True

/* volume berekening van volumepercelen */

select bid, volume(return_polyhedron(shape)) volume
from qld_3Dgeom;

BID  VOLUME
-----
100  12725.1989
101  5329.18583

/* controle of twee volumepercelen elkaar intersecten
(1=TRUE and 0=FALSE) */

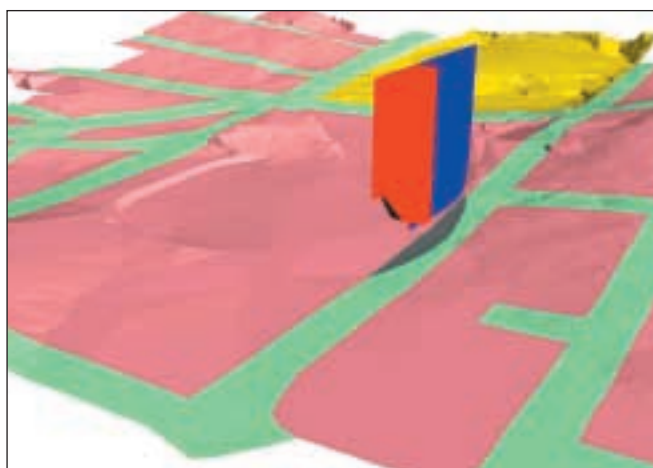
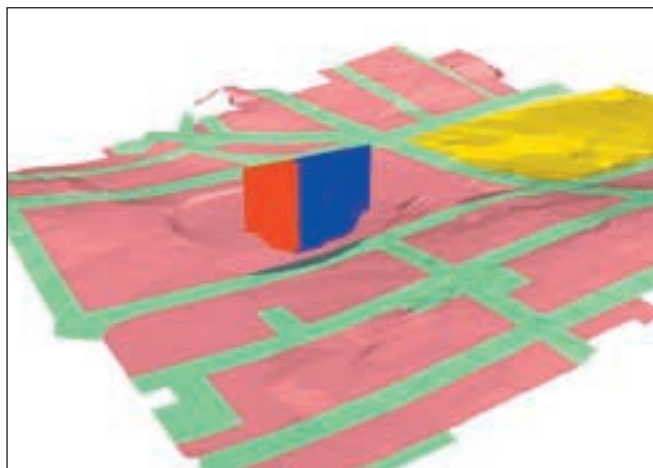
select intersection(
(select return_polyhedron(shape) from robject3dql where bid=100),
(select return_polyhedron(shape) from robject3dql where bid=101),
0.01) intersect from dual;

INTERSECT
-----
1
```

Om de 3D geometrie van volumepercelen zinvol te kunnen combineren met oppervlaktepercelen is een $2^{1/2}D$ hoogte-representatie van de percelen nodig. Daarom is een conformal TIN (Triangular Irregular Network) gegenereerd waarbij de partitie van de kadastrale basiskaart onderdeel uitmaakt van het TIN [Oosterom et al, 2004]. Fig. 6 laat het resultaat zien. Hier wordt duidelijk dat de volumepercelen zich duidelijk boven het oppervlak bevinden.

Conclusies

De experimenten met het prototype laten zien dat het eerste alternatief van het volledige 3D kadaster (een combinatie van niet-gesloten percelenkolommen, volumepercelen en restpercelen) goede mogelijkheden biedt om de werkelijke eigendomssituatie in 3D vast te leggen, te visualiseren, te bevragen en te analyseren. In dit prototype zijn de juridische, organisatorische (denk aan het werkproces en de richtlijnen voor veldwerken bij het maken van volumepercelen) en technische aspecten van een 3D kadaster op een fundamenteel niveau aangepakt en gecombineerd. De werkelijke eigendomssituatie wordt niet langer (alleen) geprojecteerd op het oppervlak maar personen kunnen op een logische manier een recht op een ruimte krijgen in plaats van deze personen een recht op de doorsneden percelen te geven. Bovendien wordt de ruimte van een eigendom nauwkeurig beschreven in een 3D veldwerk waardoor 3D eigendommen uniform worden vastgelegd. Daarnaast biedt het volledige 3D kadaster ook verbeteringen voor kadastrale registraties die al in staat zijn om volumepercelen te vormen, omdat in het voorgestelde prototype de 3D beschrijving van de volumepercelen in vectorformaat beschikbaar is en omdat deze 3D beschrijvingen worden geïntegreerd in de kadastrale registratie-database, waardoor 3D eigendomsgrenzen in de kadastrale registratie inzichtelijk kunnen worden gemaakt. Er zijn nog wel aspecten die nader onderzoek vergen, bijvoorbeeld hoe kunnen volumepercelen die gedefinieerd zijn door middel van een complexe geometrie, zoals getoond in fig. 7, worden gedefinieerd in het DBMS dat op dit moment alleen een polyhedron primitieve ondersteunt (slechts bestaande uit platte vlakken, waarbij gekromde vlak-

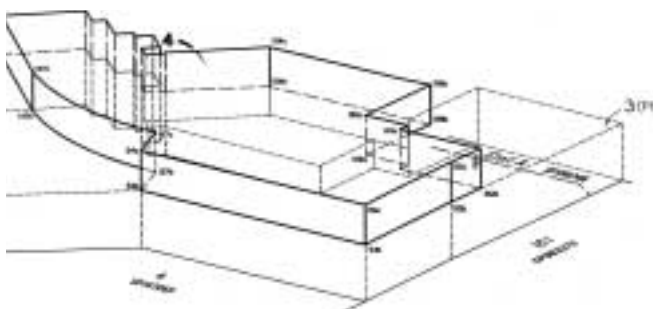


ken niet worden ondersteund)? Boven- dien is de reconstructie van faces am- bigu: in de 3D veldwerken (volgens de richtlijnen uit Queensland) worden al- leen punten en lijnen gespecificeerd, maar de faces zelf zijn niet expliciet opgenomen. In meer complexe geval- len zoals in fig. 3 (links) en in fig. 7 is het daardoor niet eenvoudig om (en zelfs niet altijd eenduidig hoe) de faces te reconstrueren.

Door middel van het door ons voorge- stelde en geïmplementeerde model zijn de belangrijkste randvoor- waarden ingevuld om een volledig 3D kadaster te vestigen binnen bestaande (of toekomstige) juridische, kadastrale en technische kaders. Er zijn echter nog verschillende technische beper-

Fig. 6.
Visualisatie van
volumepercelen
geïntegreerd
met de 2½D
kadastrale/hoogte
basiskaart.

Fig. 7.
Complex
volume perceel.



kingen weg te nemen voordat er commerciële tools be- schikbaar zijn die nodig zijn om het volledige 3D kadaster, operationeel binnen een geo-informatie infrastructuur, te kunnen ondersteunen. Daarnaast zullen ook nog de nodige juridische en kadastrale issues aangepakt moeten worden voordat fundamentele stappen gemaakt kunnen worden in de richting van het voorgestelde volledige 3D kadaster, in ieder geval in Nederland. ■

Literatuur

- Arens, C., J.E. Stoter, en P.J.M. van Oosterom, 2003, *Model- ling 3D spatial objects in a GeoDBMS using a 3D primitive*. In Proceedings AGILE 2003, Lyon, Frankrijk, april 2003.
- Gerremo, J. en J. Hansson, 1998, *Ownership of Real property in British Columbia, a legal study*, MSc Thesis, Royal Institute of Technology in Stockholm, Department of real Estate Planning and Land Law.
- Mattsson, H., 2003, *Towards Three Dimensional Properties in Sweden*, European Faculty of Land Use and Development, 32nd International Symposium, 24-25 okto- ber 2003, Strasbourg, Frankrijk.
- Onsrud, H., 2002, *Making laws for 3D cadastre in Norway*, FIG Congress, Washington, VS, april 2002.
- Oosterom, P.J.M. van, F. Penninga en J.E. Stoter, 2004, *Generalization of integrated terrain elevation and 2D object models*, SDH 2004, augustus 2004, Leicester, (Ver. Konink- rijk).
- Queensland Government, 2003, Registrar of Titles — *Directions for the Preparation of Plans*, Department of Natural Resources and Mines, version 3.3, 1 mei 2003.
- Stoter, J.E., 2004, *3D Cadastre*, Proefschrift TU Delft.

Samenvatting

Volumepercelen in de kadastrale registratie

De beste oplossing om 3D (eigendoms)rechten vast te leggen is om personen expliciet een recht op een object of een ruimte te geven, en dit ook als zodanig te registreren in een 3D registratie waarin volu- mepercelen worden ondersteund. Dit artikel illustreert aan de hand van een uitgebreide beschrijving van een voorbeeld de voordelen van zo'n volledig 3D kadaster, waarvoor de eerste stappen in een aantal landen al zijn gezet.

TREFWOORDEN

GIS-technologie Kadaster Onderzoek

Summary

Volume of land parcels in cadastral register

The best solution to record 3D (ownership) rights is to explicitly grant a legal right for an object or a space and to record this in a 3D register that supports voluminous parcels. By extensively escri- bing one example, this article illustrates the advantages of such an inclusive 3D cadastre. Some countries have already started imple- menting this.

KEYWORDS

GIS-technology Cadastre Research