

# 3D BGT: waarom, wat en

Er zijn veel thema's in de Omgevingswet die een 3D-component hebben. Er is dan ook een groeiende vraag om 3D geo-informatie in het DSO (Digitaal Stelsel Omgevingswet) te faciliteren. Een goede basis hiervoor is 3D BGT. IMGeo, het informatiemodel dat de inhoud van de Basisregistratie Grootschalige Topografie (BGT) vastlegt, is voorbereid op 3D en zou daarmee een basis kunnen zijn voor deze 3D informatiebehoefte. Hoe werkt de implementatie van 3D IMGeo in de huidige praktijk? Is de 2D BGT, nu deze bijna landsdekkend beschikbaar is, eenvoudig uit te breiden naar 3D? Zijn de 3D IMGeo specificaties eenduidig en geschikt voor 3D-toepassingen? En hoe kan een 3D-versie van de BGT worden geïmplementeerd inclusief beheer en ontsluiting?

**Door Jantien Stoter, Tom Commandeur en Hugo Ledoux**

Ten tijde dat het informatiemodel voor de BGT werd vastgesteld (2011), is besloten om IMGeo te integreren met de internationale 3D-standaard CityGML om voorbereid te zijn op 3D-ontwikkelingen in de toekomst. CityGML is een informatiemodel en uitwisselingsstandaard voor het modelleren van 3D-objecten in de fysieke leefomgeving zoals wegen, water, bruggen, vegetatie en gebouwen. Een belangrijk principe van CityGML is het detailniveau oftewel het Level of Detail (LoD). Afhankelijk van de toepassing worden objecten in 3D met minder of meer detail gemodelleerd (zie figuur 1). Neem bijvoorbeeld een gebouw. Op LoDo kan een gebouw worden gemodelleerd door middel van een 2.5D surface voor de footprint of dakgoot; op LoD1 door middel van een blokmodel; op LoD2 krijgt het blokmodel dakvormen; op LoD3 komt daar informatie over deuren, ramen, schoorstenen en dakkapellen bij en LoD4 modelleert ook de binnenkant van gebouwen.

Ook voor andere objecttypen modelleert CityGML verschillende detailniveaus. Dit principe van detailniveau afgestemd op gebruik van 3D-data is belangrijk voor de haalbaarheid en toepasbaarheid van 3D. Vaak wordt bij 3D gedacht aan een visualisatie die de werkelijkheid een-op-een presenteert. Dit schept verkeerde verwachtingen voor 3D: een fraaie visualisatie van de werkelijkheid met textuur en details als schoorstenen, dakkapellen en antennes vraagt veel (handmatig) werk. Zeker als dit model uit objecten dient te bestaan met semantiek (dat wil zeggen thematische informatie). Hierdoor lijkt 3D vaak onterecht duur en complex. Heel veel toepassingen zijn juist gebaat bij een veel minder gedetailleerde 3D modellering. In 2D vinden we het heel gewoon om, afhankelijk van de toepassing, data op hoger of lager detailniveau te modelleren. Maar in 3D schept een hoge

verwachting ten aanzien van de visualisatie een scheef beeld over de meerwaarde van 3D. Belangrijker dan een hoog detailniveau is dan ook kwaliteit van de data, dat wil zeggen actualiteit, correctheid, consistentie, aansluiting op de informatiebehoefte enzovoorts. Ook voor 3D IMGeo is dit belangrijk: in eerste instantie moet deze voldoen aan een 3D-databehoefte. Visualisatie is daarbij een van de vele toepassingen.

3D IMGeo kan via twee methoden worden gegenereerd: of als 3D worden ingewonnen (waarbij 2D BGT een afgeleide is van de 3D-basisdata) of semi-automatisch worden gegenereerd uit 2D BGT en puntenwolken met hoogte-informatie. Beide methoden zullen hieronder nader worden toegelicht.

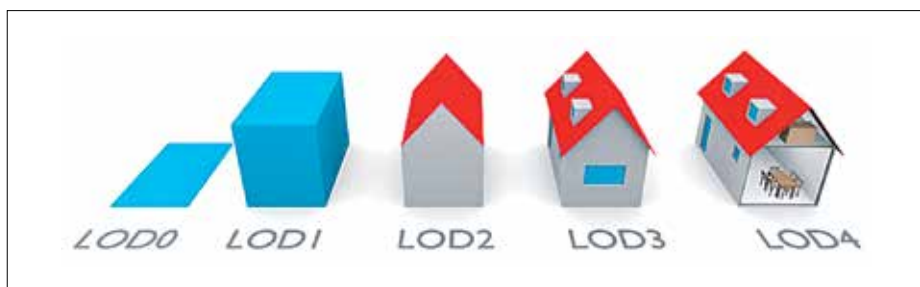
In dit artikel noemen we de 3D-versie van de BGT '3D BGT'. Formeel is dit niet correct: 3D zit in het optionele gedeelte van IMGeo. Maar omdat 2D BGT als basis wordt gebruikt voor de 3D-extensie, gebruiken we gemakshalve '3D BGT'.

## Optie 1: 3D als basis

Er zijn bronhouders die al jaren hun basisdata inwinnen in 3D. Provincie Noord-Brabant is zo'n bronhouder. Zij gebruikt deze 3D-data bijvoorbeeld in geluidstudies en in de aanbesteding van maaiwerk. Op dit moment is de landelijke voorziening nog geheel ingericht op 2D. Helaas geeft dit problemen voor bronhouders die hun basisdata in 3D modelleren. Dit wordt geïllustreerd in figuur 2 aan de hand van een fietstunnel in Oudenbosch.

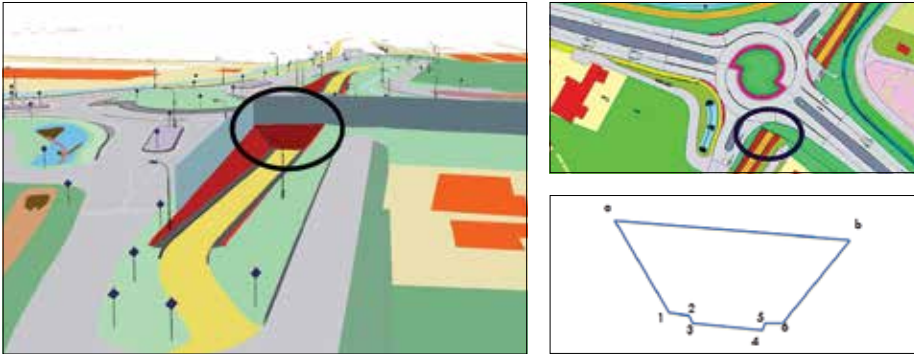
De schematische tekening met  $a$  en  $b$  en 1 t/m 6 is een dwarsdoorsnede van de situatie:  $a$  ligt boven op het maaiveld en gaat via de tunnelwand schuin omlaag, komt vervolgens een stoepje, een stoeprandje, een fietspad, een stoeprandje en een stoepje tegen en gaat vervolgens weer langs de tunnelwand schuin omhoog naar punt  $b$ .

In het bovenaanzicht grenzen de tunnelvlakken en het maaiveld aan elkaar en moeten deze een plenaire partitie vormen, zonder gaten en overlap. Vanuit de 2D plenaire partitie geredeneerd, is er één gedeelde grens die uit punten  $a, b$  enerzijds en 1 t/m 6 anderzijds bestaat. De 2D plenaire partitie van de BGT dwingt af dat alle punten in één gedeelde grens liggen (wat topologisch in 2D correct is):  $a, b$  en 1-6. In 3D is dat natuurlijk niet waar, daar liggen de punten



Figuur 1 - De detailniveaus voor gebouwen in CityGML. Bron: Filip Biljecki, 3D Geoinformation (TU Delft).

# hoe?



Figuur 2 - BGT situatie waarbij de huidige 2D-aanpak voor de BGT problemen geeft bij 3D-ingewonnen basisdata. Bron: Provincie Noord-Brabant.

1-6 alleen in de tunnelvlakken en is de grens van het maaiveld *a-b*. Maar zonder toevoeging van punten wordt er in de maaiveldcheck een fout geconstateerd, namelijk een overlap tussen twee buur-polygonen die niet dezelfde vertices delen. Dit kan alleen verholpen worden door de punten 1 t/m 6 ook toe te voegen aan de grens van het groene vlak tussen *a* en *b*.

Een belangrijke stap voor 3D BGT-ontwikkelingen is dat bronhouders die in 3D inwinnen beter worden gefaciliteerd. Het simpelweg weglaten van een z-coördinaat en deze later weer toevoegen waarbij ook nog eens de aansluiting op 2D BGT-data van buur-bronhouders wordt behouden, is onmogelijk. Dat betekent op dit moment meerwerk voor BGT-bronhouders die hun basisdata in 3D beheeren. Om gebruik te maken van de meerwaarde van 3D zou het andersom moeten zijn: de 3D BGT-bronhouders zouden een voorbeeld moeten zijn voor hoe 3D zou kunnen worden geïmplementeerd in de landelijke voorziening. Terwijl het inwinnen van 3D basisdata nu juist wordt afgestraft.

## Optie 2: Automatisch genereren van 3D IMGeo data

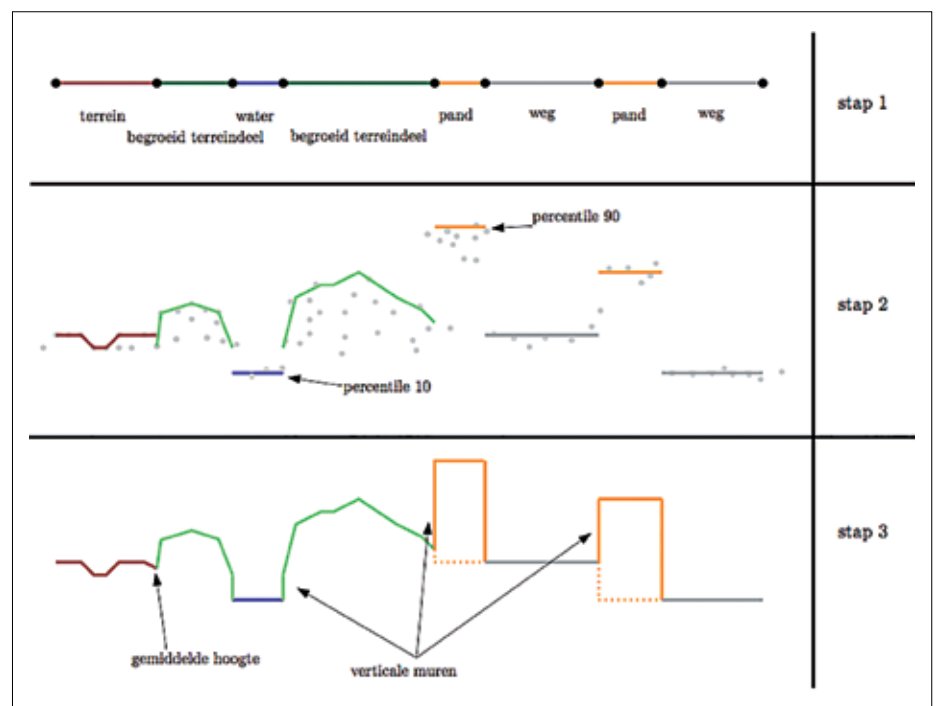
Het automatisch genereren van 3D IMGeo data uit de 2D BGT is sinds kort ook mogelijk. In samenwerking met onder andere Kadaster hebben we in Delft open source software ontwikkeld die 2D GIS datasets omzet naar 3D door elke polygoon te verheffen naar 3D: 3dfier (2017). We maken hier deels gebruik van principes die eerder door Universiteit Twente zijn ontwikkeld. De software haalt de hoogte uit een puntenwolk en gebruikt de semantiek van elke polygoon om daadwerkelijk naar 3D te komen: water polygonen worden weergegeven als horizon-

tale polygonen, gebouwen als LoD1 blokken, wegen als egale oppervlakken, enzovoorts. Van elke polygoon wordt een TIN gereconstrueerd. Deze TINs worden samengebracht zodat er één sluitend digital surface model (DSM) ontstaat. De reconstructie van 3D BGT met deze tool werkt als volgt. Alle polygonen die tezamen het maaiveld vormen worden geselecteerd. Voor de BGT zijn dat:

- Wegdeel
- Ondersteunend wegdeel
- Onbegroeid terreindeel

- Begroeid terreindeel
- Waterdeel
- Ondersteunend waterdeel
- Pand
- Overig bouwwerk
- Kunstwerkdeel
- Scheiding

Voor deze polygonen worden de hoogtepunten geselecteerd die binnen de polygoon vallen. Vanwege een mogelijke mismatch tussen de hoogtepunten en de polygonen gebeurt dat met een buffer van bijvoorbeeld één meter (door de gebruiker zelf te bepalen). Vervolgens worden voor iedere vertex van de polygoon z-waarden toegekend die statistisch berekend zijn aan de hand van de geselecteerde hoogtepunten. Voor de klassen 'vegetatie' en 'terrein' worden er ook hoogtepunten toegevoegd binnen de polygonen. Vervolgens worden er verticale muren gereconstrueerd voor gebouwen (panden in de BGT) en ook op locaties waarbij het hoogteverval tussen twee buurpolygonen hoger dan een gesteld maximum is, bijvoorbeeld bij rivierkades. Daarnaast worden grenzen van aanliggende polygonen naar elkaar toegerekend.



Figuur 3 - Het opbouwen van 3D-data met 3dfier: hoogtepunten worden per 2D-vlak geselecteerd en op basis van klasse-specifieke regels en buurvlakken opgetrokken tot 3D.

Het resultaat is een digitaal oppervlaktemodel (DSM) met voor ieder oorspronkelijk 2D BGT-vlak een verzameling driehoeken die gecombineerd geen overlap of gaten bevatten en waarbij de gebouwen zijn geïntegreerd in het oppervlak. Dit oppervlak kan worden gebruikt als input in bijvoorbeeld simulatiesoftware voor geluid, luchtkwaliteit of overstromingen. 3dfier werkt met een input file waarin je input parameters kunt aangeven zoals de topografische klassen die in je bestand staan (2D input data kan ook een andere bron zijn dan 2D BGT) en verschillende hoogte-reconstructie parameters per klasse. De output van 3dfier is een valide 3D-model dat in verschillende dataformaten weggeschreven kan worden, waaronder 3D-data gestructureerd volgens IMGeo 2.1.1. Omdat IMGeo is gedefinieerd als een Application Domain Extension van CityGML, is deze output data tevens valide CityGML.

De software is open source en daardoor voor iedereen beschikbaar. Momenteel onderzoeken we hoe de op deze manier gegenereerde 3D-data kan worden gebruikt bij het simuleren van het verloop van een ontsnapte gifwolk in

een samenwerking met de gemeente Amsterdam. Hiervoor wordt het 3D-model 'getrahedraliseerd' waarbij de waterdichtheid van het model een belangrijke vereiste is. Dit is ook nodig bij andere simulaties zoals geluid en wind.

### Landsdekkend en geschikt voor gebruik

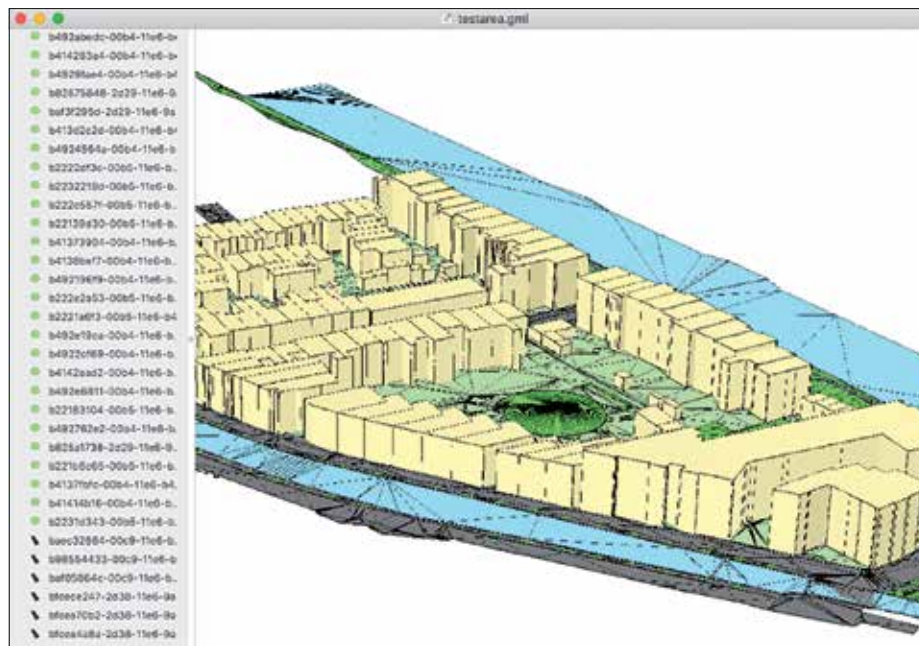
Het Kadaster is bezig om de 3dfier-tool in te zetten in een productiestraat voor landsdekkende 3D BGT-data. Dat gebeurt in een samenwerking met 3D Geoinformation (TU Delft), Cyclomedia en Esri (Kadaster, 2017). In deze samenwerking is 3dfier doorontwikkeld tot een solide tool voor de reconstructie van 3D-data. De 3dfier is inmiddels ook succesvol toegepast in landen als Italië, Griekenland en Duitsland.

Om een hogere actualiteit te verkrijgen voor de hoogtepunten dan het AHN, experimenteert het Kadaster met hoogtepunten automatisch gegenereerd uit luchtfoto's met een verschillende langsoverlap (60% en 80%). Ook test het Kadaster beschikbare software op de mogelijkheid om LoD2 modellen automatisch te reconstrueren uit 2D BAG geometrie en hoogtepunten. Cyclomedia ontwikkelt in dit project

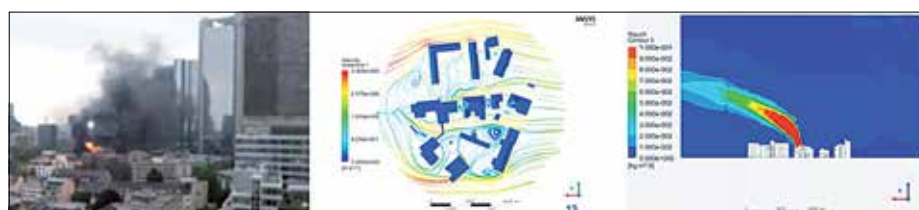
een methode om 3D-gebouwen te voorzien van textuur en Esri en Kadaster werken aan de *fit-for-purpose* ontsluiting van de 3D-basisdata. Het doel van deze samenwerking is om de uitdagingen voor beheer en gebruik van een landsdekkende 3D-referentieset in beeld te brengen en om te laten zien hoe een 3D-omgeving als ondersteuningsinstrument voor de Omgevingswet eruit zou kunnen zien. Het landsdekkend genereren van puntenwolken uit luchtfoto's en deze als basis gebruiken voor het genereren van een landsdekkende 3D BGT met behulp van 3dfier is hier een van de uitdagingen. Maar net zo belangrijk is de aansluiting op de 3D-informatiebehoefte vanuit de (Omgevingswet) praktijk. Daarom wordt parallel gekeken naar hoe de gegenereerde 3D-informatie zo nauw mogelijk aansluit op 3D-informatiebehoeften in de praktijk in een samenwerking met een aantal gemeenten.

### Bruikbaarheid van 3D BGT

3D BGT-data zal, net zoals in 2D, een 3D-basis moeten bieden voor een veelheid aan toepassingen. 3D is daarmee niet een doel op zich maar een hulpmiddel om toepassingen die 3D-data nodig hebben mogelijk te maken. Het kan heel goed zijn dat verschillende 3D-toepassingen (geluid, water, luchtkwaliteit, zicht) net iets andere 3D-data nodig hebben. Maar door deze toepassingen op dezelfde 3D basis te baseren, wordt consistentie, transparantie en efficiëntie gewaarborgd. Geluid is hier een veelgebruikt voorbeeld. In het kader van de Wet milieubeheer en de Wet geluidhinder (beide straks onderdeel van de nieuwe Omgevingswet) dienen overheden op verschillende niveaus (gemeenten, provincies, RWS, ProRail) continu geluidstudies uit te voeren. Ook worden vele geluidstudies uitgevoerd voor bouwplannen van projectontwikkelaars. In deze studies wordt geluidbelasting bepaald via simulatie van geluid op basis van informatie over de 3D-ligging van geluidbron enerzijds en de 3D-ligging van relevante omgevingsobjecten en terrein anderzijds (voor geluidabsorptie en weerkaatsing), zie figuur 6.

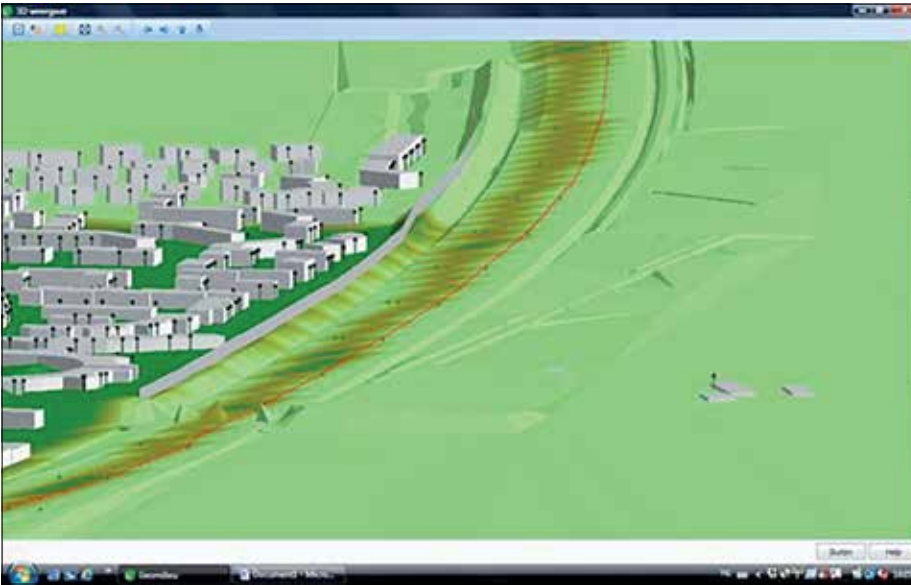


Figuur 4 - 3D output van 3dfier: DSM met voor ieder oorspronkelijk 2D BGT-vlak een verzameling driehoeken die gecombineerd geen overlap of gaten bevatten.



Figuur 5 - Simulatie van de gang van een ontsnapte gifwolk op basis van een 3D-model. Bron: CADFEM.de.

Bestaande regelgeving voor geluid schrijft rekenregels voor hoe geluidsbelasting aan de hand van 3D-inputdata moet worden berekend op 3D-observatiepunten. Maar de 3D-inputdata zelf is niet gestandaardiseerd. Dat wil zeggen dat iedere geluidstudie opnieuw 3D-data opbouwt die telkens weer net iets anders is. Het gevolg is dat, ondanks de gestandaardiseerde rekenregels, uitkomsten van geluidstudies niet eenduidig te vergelijken zijn. Dit is onwenselijk vanuit het oogpunt van bestendigheid.



Figuur 6 - 3D-inputdata voor geluidsimulaties. Bron: Provincie Noord-Brabant.

Bovendien wordt de benodigde 3D-data per project (dat wil zeggen per geluidstudie) opgebouwd. Deze eenmaal ingewonnen 3D-informatie wordt niet hergebruikt terwijl er overlap is tussen de afzonderlijke geluidstudies van bijvoorbeeld gemeenten, provincies, RWS en ProRail. Het kost dus steeds opnieuw geld om voor iedere studie de benodigde 3D-informatie te genereren, terwijl deze misschien deels al aanwezig is. Met een 3dfier-aanpak zou 3D-informatie over geluidbronnen en omgeving zoals nodig in wettelijk voorgeschreven geluidstudies automatisch en op dezelfde wijze kunnen worden gegenereerd voor heel Nederland uit actuele open data: BAG, BGT en hoogte-informatie (AHN of op andere wijze gegenereerde hoogtepunten). Momenteel onderzoeken we deze mogelijkheid met geluidspecialisten in een samenwerking met Rijkswaterstaat. Het 3D-geluidsmodel is een van de vele toepassingen van 3D-basisdata (oftewel 3D BGT). Door de concrete testcase van geluid geeft deze case inzichten en ervaringen voor betere en efficiëntere implementatie van DSO middels een 3D-basisdata voorziening ook voor andere milieuaspecten, zoals luchtkwaliteit. Ook dit wordt momenteel onderzocht. Dit soort concrete onderzoeken met nauwe betrokkenheid van gebruikers, kunnen helpen om meer inzicht te geven in wat 3D nu precies kan betekenen voor de Omgevingswet en hoe.

### Beheer en ontsluiting

Technisch is het dus mogelijk om 3D BGT op te bouwen uit beschikbare data sets (of varianten daarvan afhankelijk van de toepassing). Maar om 3D BGT daadwerkelijk als basis te kunnen laten dienen voor 3D-toepassingen,

is het eenmaal opbouwen van een 3D BGT voor heel Nederland niet voldoende. Voor bestendig gebruik spelen zaken zoals actualiteit, beheer en ontsluiting. Voor wat betreft de ontsluiting wordt er in samenwerking met Geonovum (PDOK Advies) gekeken naar de mogelijkheden om 3D-informatie te ontsluiten via PDOK. PDOK heeft met het DTB (Digitaal Terrein Bestand) van Rijkswaterstaat reeds ervaring met het opslaan en ontsluiten van 3D-geometrieën. Door middel van een proof-of-concept zal worden gekeken naar de implicaties om 3D BGT aan te bieden vanuit PDOK. Tijdens dit proces wordt er ook gekeken naar 3D-webservices en viewers zodat 3D-modellen ook op andere manieren kunnen worden aangeboden dan alleen bestanden (dat wil zeggen in een 3D-viewingomgeving). Voor actualiteit en beheer dienen andere vragen te worden geadresseerd:

- Wat is er voor nodig om de ontwikkelde methode voor (toepassingsafhankelijke) 3D-datareconstructie in de praktijk neer te zetten als generieke voorziening?
- Is het wenselijk alleen de methode beschikbaar te stellen? Of kunnen gebruikers een gebied aanwijzen waarna het 3D-model dat ze nodig hebben wordt geleverd?
- Wat is de status van de methode en de gegenereerde data? Kunnen overheden bijvoorbeeld aangeven dat deze 3D data bij voorkeur moet worden gebruikt bij omgevingsstudies?
- Wie is een mogelijke beheerder van de 3D datavoorziening?
- Wie is de mogelijke beheerder van de methode en is dus verantwoordelijk voor bijvoorbeeld doorontwikkeling op basis van toekomstige wensen?

Een belangrijke vraag is ook: hoe verhoudt de gegenereerde data zich tot de BGT? De BGT kent immers een strikt wettelijk kader met een verantwoordelijkheid bij de bronhouders. Blijft het 3D-basisbestand dat automatisch kan worden gegenereerd een apart product of kan het gebruikt worden als initiële vulling voor een 3D BGT waarbij wel alle zaken geregeld zijn zoals voor de 2D BGT (inclusief updates)? Een andere vraag die hier speelt is de specificaties voor de 3D-geometrie. Die zijn nu het resultaat van de keuzes die worden gemaakt in het reconstructieproces. Maar het uiteindelijke gebruik moet bepalen of dit bruikbaar is en of er voor verschillende toepassingen (zoals geluid) verschillende specificaties en verschillende 3D-representaties van een object moeten komen.

Uiteindelijk is een 3D BGT die als zodanig wordt ingewonnen en bijgehouden en waaruit 2D, indien nodig, wordt afgeleid de stip op de (verre?) horizon, om de groeiende vraag naar bestendige 3D geo-informatie in het DSO te faciliteren. Sommige bronhouders laten zien dat - met het op orde hebben van informatie stromen - een 3D BGT net zo te realiseren is als een 2D BGT. Voor andere bronhouders is een fundamentele 3D-aanpak nog een behoorlijke investering. Het starten met een automatisch gegenereerd bestand dat uniform is voor heel Nederland en dat aansluit op de informatiebehoefte van specifieke toepassingen binnen de Omgevingswet-praktijk is daarbij een mooie eerste stap.

### Bronnen

- Kadaster, 2017, Samenwerkingsproject Nederland in 3D, [arcgis/2crWDgu](https://arcgis.com/arcgis/2crWDgu)
- 3dfier, 2017, Open source code voor reconstructie 3D topografie, [github.com/tudelft3d/3dfier](https://github.com/tudelft3d/3dfier)



Jantien Stoter is werkzaam bij 3D Geoinformation-TU Delft, Kadaster en Geonovum. Ze is bereikbaar via [j.e.stoter@tudelft.nl](mailto:j.e.stoter@tudelft.nl).



Tom Commandeur is werkzaam bij 3D Geoinformation-TU Delft en Kadaster. Hij is bereikbaar via [t.j.f.commandeur@tudelft.nl](mailto:t.j.f.commandeur@tudelft.nl).



Hugo Ledoux is werkzaam bij 3D Geoinformation-TU Delft. Hij is bereikbaar via [h.ledoux@tudelft.nl](mailto:h.ledoux@tudelft.nl).