

3D Omgevingsmodel Geluid landsdekkend beschikbaar via PDOK

Overheden moeten kunnen beoordelen of de geluidsbelasting op bijvoorbeeld een woonwijk binnen wettelijke limieten valt. Daarvoor moeten geluidsniveaus worden gesimuleerd. Het Kadaster, RIVM, RWS, IPO en TU Delft (3D Geoinformation) zijn in 2017 begonnen met een project om vanuit bestaande gegevens 3D-inputdata voor geluidsstudies te genereren, aansluitend op onze andere 3D-projecten (zoals bijvoorbeeld beschreven in de vorige Geo-Info). De algoritmes waren vorig jaar goed genoeg voor een landsdekkende uitrol. Sinds februari 2021 is dit 3D-omgevingsmodel voor Geluid als open data via PDOK beschikbaar.

**Door Jantien Stoter, Ravi Peters,
Balázs Dukai, Tony Baving, Iris
Reimerink en Rob van Loon**

De wereld is 3D en daarom wordt in veel simulaties al langer gebruikgemaakt van 3D-data over onze leefomgeving, zoals in de domeinen hydrologie, luchtkwaliteit en geluid. Maar met het volwassen worden van 3D-datatechnologieën is er meer mogelijk.

Geluidssimulaties voor geluidsstudies

Geluidssimulaties, waarbij geluidsbelasting op waarnemingspunten wordt berekend, maken deel uit van geluidsstudies. Deze geluidsstudies worden door overheden op allerlei niveaus uitgevoerd. Reproduceerbaarheid en betrouwbaarheid van de resultaten zijn voor deze studies belangrijk. Ook omdat het verifiëren van de resultaten op basis van metingen van het geluidsniveau van een specifieke geluidsbron lastig is. Wanneer je bijvoorbeeld het geluidsniveau van een snelweg meet, weet je niet precies hoeveel andere omgevingsgeluiden je mee meet. Daarnaast kun je de effecten van toekomstige situaties niet meten, zoals varianten van een spoortracé of het plaatsen van een geluidsscherm.

Rekenmethode RIVM

Voor de reproduceerbaarheid van de resultaten heeft het RIVM een standaard rekenmethode ontwikkeld voor geluidssimulatie. Voor geluid geproduceerd door verkeer, spoor en industrie is dit vastgelegd in Standaard Rekenmethode II (SRM II). Deze rekenmethode is geïmplementeerd in verschillende commerciële software. De rekenmethode bepaalt hoe de geluidsoverdracht tussen geluidsbron en waarnemingspunt berekend moet worden op basis van drie typen inputdata:

- 1) informatie over de geluidsbron, zoals de 3D-ligging van de weg en de verkeersintensiteit;
- 2) gegevens over de omgeving die de voortplanting van geluid beïnvloeden;
- 3) de ligging van waarneempunten.

Informatie over de bron is veelal aanwezig bij de organisatie waarbij de geluidsbron (weg, spoor) in beheer is. Maar het inwinnen en gereedmaken van de 3D-gegevens over de

omgeving zou via een generiek beschikbare dataset gerealiseerd kunnen worden. Deze informatie over de omgeving noemen we in de rest van dit artikel: 3D Omgevingsmodel Geluid. De inhoud leggen we later uit.

Versnipperde inwinning 3D-gegevens

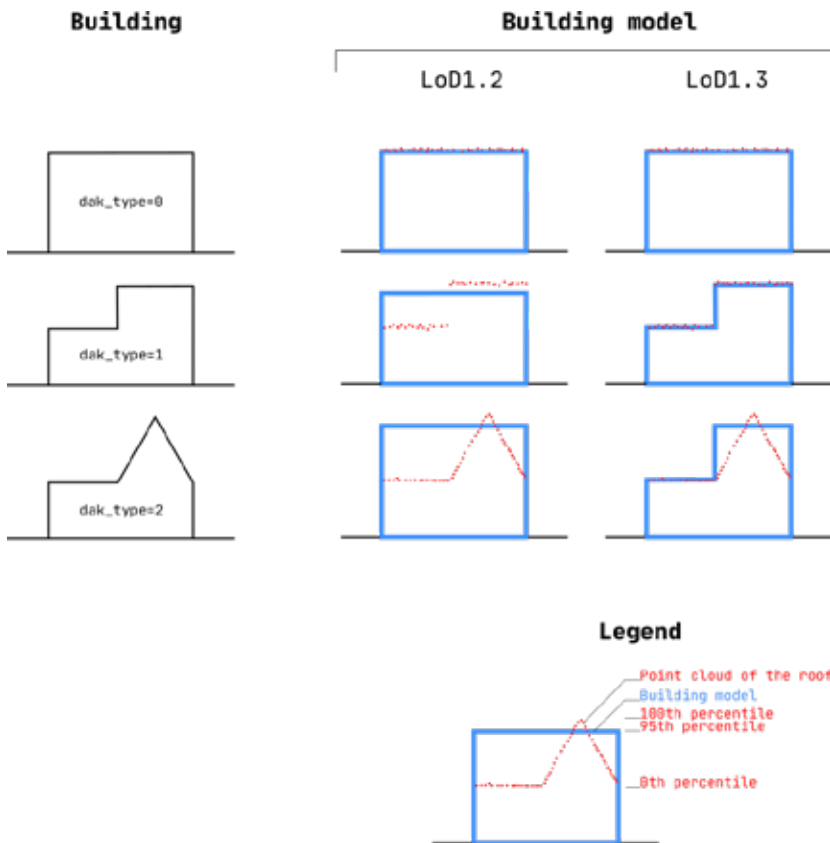
In huidige geluidsstudies worden 3D-gegevens bij iedere studie opnieuw ingewonnen en geprepareerd voor gebruik, zelfs als er overlap in het studiegebied is. Dat is niet efficiënt. Het is ook niet consistent wanneer er steeds een nieuw omgevingsmodel moet worden gemaakt, want bij ieder inwin- en beweringsproces worden er net iets andere keuzes gemaakt. Dit leidt tot verschillen die invloed kunnen hebben op de resultaten. Bovendien is er, door het nu deels handmatige proces, weinig ruimte voor innovaties zoals een verbetering van de rekenmethode nu er betere 3D-data beschikbaar zijn dan toen de rekenmethode werd vastgesteld.

Automatisch gegenereerde landsdekkende 3D-gegevens

Daarom zijn we in 2017 een project gestart als samenwerking tussen geluid-experts én data-experts om de 3D-omgevingsgegevens voor geluidssimulaties automatisch te genereren uit bestaande, landsdekkende gegevens. We hebben hierbij gebruikgemaakt van BAG, BGT en het AHN en voor de gebouwen ook van puntenwolken die zijn gegenereerd uit meer recente luchtfoto's. In een eerder artikel in Geo-Info in 2018 hebben we de details beschreven van onze reconstructiemethodes voor de verschillende lagen van het 3D Omgevingsmodel Geluid. Eind 2019 waren de resultaten goed genoeg voor een nationale uitrol. Hier hebben we in 2020 aan gewerkt. Dit heeft geleid tot de beschikbaarheid van deze gegevens op PDOK sinds februari 2021 (<https://www.pdok.nl/3d-input-data-voor-geluidssimulaties-versie-03.1>).

3D-modellen van gebouwen

Het 3D Omgevingsmodel Geluid bestaat uit drie lagen. De eerste laag wordt gevormd door blokmodellen van gebouwen, gegene-



Figuur 1. 3D-representatie van een gebouw op verschillende detailniveaus in 3D Omgevingsmodel Geluid. Voor het 3D Geluid model wordt, anders dan in dit figuur, het 70ste percentiel gebruikt als extrusiewaarde.

reerd uit BAG-panden en puntenwolken. Een eventuele hoogtesprong (groter dan 3 meter) wordt ook gemodelleerd, zoals bij een huis met aangebouwde schuur. Dit is de zogenaamde LoD1.3-representatie zoals beschreven in ons artikel over 3D BAG (door tudelft3d) in de vorige Geo-Info (2021), zie ook Figuur 1. Het modelleren van significante hoogtesprongen is belangrijk voor geluidssimulaties, omdat huizen werken als geluidsschermen. Als BAG-panden met een hoogtesprong als een blok worden gerepresenteerd met één hoogte (LoD1.2), wordt het geluidsafschermend effect voor deze panden op een verkeerde manier gesimuleerd. Bovendien kun je via de hoogtesprongen de geluidwaarden op elke verdieping van een gebouw berekenen. Modellen waarin schuine daken worden gemodelleerd (d.w.z. LoD2) zijn momenteel niet geschikt voor geluidssimulaties.

Gebouwmodellen net als in 3D Basisvoorziening

De gebouwmodellen zijn dezelfde als de gebouwmodellen die gegenereerd zijn voor de 3D Basisvoorziening (www.pdok.nl/3d-basisvoorziening). De reconstructiemethode hiervoor staat beschreven in ons artikel over

3D BAG in de vorige Geo-Info. Panden die nieuwer zijn dan de AHN3-puntenwolk zijn in hun geheel opgetrokken (als LoD1.2) op basis van puntenwolken gegenereerd uit (actuele) luchtfoto's. Deze puntenwolk is namelijk niet overal geschikt voor het algoritme om hoogtesprongen te genereren. Dit heeft onder andere te maken met de beperkte resolutie in gebieden waar niet te laag gevlogen mag worden, zoals rond Schiphol.

De 3D gebouwen-laag van het 3D Omgevingsmodel Geluid bestaat uit 2D-polygoon met hun extrusiewaarden. Dit is zoals de geluidssimulatie-software de data inleest. Een pand met hoogtesprongen bestaat daarbij uit meerdere 2D-polygoon die via het BAG-ID gekoppeld kunnen worden aan het oorspronkelijke BAG-pand. Omdat de data 2D zijn, is gekozen voor het GeoPackage-dataformaat (en niet voor een 3D-dataformaat).

Bepalen of kwaliteit voldoet voor geluidssimulatie

De kwaliteit van de gereconstrueerde modellen is grotendeels afhankelijk van de kwaliteit van de input-datasets. Deze kwaliteit bepaalt in welke mate het model geschikt is voor een geluidssimulatie. We drukken de kwaliteit uit

in verschillende parameters die we tijdens de reconstructie uitrekenen, zoals het aantal punten dat gebruikt is per model. Maar voor geluid-experts (die geen data-experts zijn) is het niet vanzelfsprekend hoe deze informatie zich vertaalt naar toepasbaarheid in een geluidssimulatie. Daarom hebben we specifiek voor geluidssimulaties een attribuut toegevoegd dat aangeeft in hoeverre kan worden gegarandeerd dat het model goed genoeg is voor geluidssimulaties.

Gehanteerde kwaliteitswaarden en kwaliteitskenmerken

De mate van toepasbaarheid van een 3D-gebouwmodel voor geluidssimulatie kent drie waarden:

1. het model is te gebruiken ('keep'). Dit geldt voor ongeveer 94% van de gebouwen.
2. het model is niet te gebruiken ('discard'). Dit geldt voor minder dan 1% van de gebouwen.
3. de kwaliteit moet worden gecontroleerd ('review'). Dit geldt voor ongeveer 5% van de gebouwen.

Het kwaliteitskenmerk wordt grotendeels bepaald aan de hand van twee criteria:



Figuur 2. Hoogtebeschrijving van terrein in het 3D Omgevingsmodel Geluid.

- actualiteit, met drie opties:
 - AHN is actueel en consistent met de BAG ('keep');
 - het BAG-pand is nieuwer dan de puntenwolk en kan dus geen hoogte krijgen ('discard');
 - het AHN en BAG zijn ongeveer van hetzelfde tijdstip, waardoor het niet zeker is of het gebouw er al stond op de inwendatum van het AHN ('review').
- puntdekking. Hierbij wordt voor ieder model het percentage van het oppervlakte berekend waarvoor hoogtepunten zijn gevonden. Een gebouw krijgt de waarde 'keep' als dit percentage groter is dan 50%. In alle andere gevallen krijgt het gebouwmodel de waarde 'review'.

Hoogtebeschrijving terrein

Voor de hoogtebeschrijving van het terrein is een Triangulated Irregular Network (TIN) gegenereerd op basis van alleen de maaiveldpunten uit het AHN₃ (zie Figuur 2). Hierbij zijn de hoogtes op de randen van tiles ('kaartbladen') naar elkaar toegerekend zodat er geen artefacten ontstaan door minieme hoogteverschillen. Daarnaast is er een filtering toegepast door middel van een simplificatie-algoritme. Op die manier worden gebieden met weinig hoogtevariatie gemodelleerd met minder driehoeken dan gebieden met veel hoogtevariatie. Het aantal driehoeken wordt hierdoor geminimaliseerd zonder een vooraf ingestelde maximale afwijking te overschrijden ten opzichte van de oorspronkelijke AHN₃-maaiveldpunten. Het accepteren van een grotere afwijking leidt daarbij tot een kleiner bestand met minder en

grotere driehoeken. De beschikbare bestanden zijn gegenereerd met een drempelwaarde van 0,3 m.

Aanvankelijk hebben we geprobeerd om de manier van hoogtebeschrijving zoals een geluid-expert die toepast te automatiseren. Dit beschreven we in ons artikel in 2018. Door de computer-intensieve berekening van geluidssimulaties is de uitdaging om met zo min mogelijk 3D-lijnen zoveel mogelijk hoogtevariatie te representeren. De semi-automatische bewerking die daar nu voor wordt gehanteerd bleek erg moeilijk te automatiseren. Bovendien worden in de lijn-benadering in sommige gevallen relevante hoogtes genegeerd in de geluidssimulatie. We zijn daarom in de uiteindelijke implementatie van 3D-lijnen naar een TIN overgestapt. Het volledig automatisch genereren van een TIN is een beduidend robuuster proces waarbij tevens een hogere kwaliteit van het eindresultaat kan worden gegarandeerd. Het is dan ook relevant om te onderzoeken of de geluidssimulatie direct op een TIN kan worden gedaan. In een proof of concept hebben we in het kader van een studentenproject al laten zien dat een geluidsberekening (volgens CNOSSOS-EU-richtlijnen) inderdaad ook direct op een TIN zou kunnen worden uitgevoerd. Dit is een mogelijke toekomstige ontwikkeling.

Omdat een TIN (nog) niet direct ingelezen kan worden in de huidige geluidssimulatie-software, bieden we de TIN aan als een verzameling van 3D-lijnsegmenten (de driehoekszijden) in het GeoPackage-formaat.

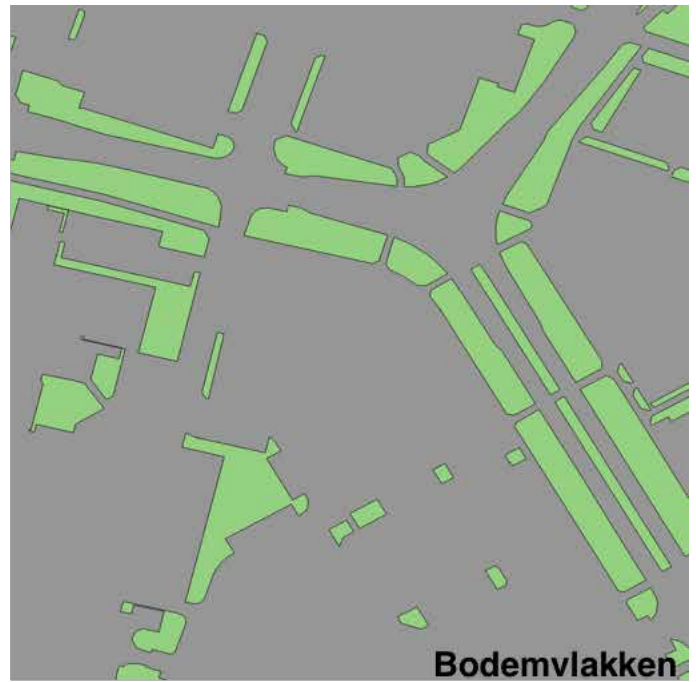
Bodemvlakken

Voor de modellering van akoestisch reflecterende en akoestisch absorberende oppervlakken is gebruikgemaakt van de geometrie en thematische informatie uit de BGT (de Basisregistratie Grootchalige Topografie). Alle vlakken op maaiveldniveau uit de BGT zijn daarbij omgezet in hetzij reflecterend (waarde 0), hetzij absorberend (waarde 1). Deze omzettingstabel hebben we in Geo-Info (2018) gepresenteerd. In dat artikel beschreven we ook de versimpeling die we toepassen om het aantal vertices drastisch te verminderen. De hoogte van bodemvlakken wordt via de hoogtelijnen in de geluidsberekeningen aan de bodemvlakken toegekend. Deze inputlaag is daarom ook 2D en beschikbaar in het GeoPackage-formaat, zie Figuur 3.

Van onderzoek naar landelijke uitrol

De uitrol van onderzoek naar een landelijke dataset op PDOK is een nauwe samenwerking geweest tussen 3D Geoinformation (tudelft3d), het Kadaster en het RIVM. De samenwerking was niet alleen gericht op de overdracht van

Het is essentieel met domein- en data-experts samen te werken om 3D-data aan te laten sluiten bij domeinwensen



Figuur 3. Bodemvlakken in het 3D Omgevingsmodel Geluid (rechts) gegenereerd uit BGT (links).

processen voor een eenmalige landsdekkende reconstructie, maar had ook de intentie om het product jaarlijks te updaten. We hebben daarom ook gekeken naar het beheren en continueren van het product om te kunnen garanderen dat dit ook volgend jaar weer ontsloten kan worden als open data. Een nauwe samenwerking met RIVM - en eerder met RWS - heeft deze stap van innovatie naar een gestandaardiseerde 3D-product mogelijk gemaakt.

Gebruikersfeedback en doorontwikkeling

De verschillende keuzes voor het genereren van de data zijn gemaakt door data- en geluid-experts. Deze keuzes zullen op basis van feedback door gebruikers nader worden bekeken voor de volgende versie die jaarlijks zal worden gegenereerd. Daarnaast zijn er plannen voor doorontwikkeling. Ten eerste zullen de gegevens regelmatig moeten worden geactualiseerd. Dit kan worden gedaan op basis van AHN4 die op korte termijn beschikbaar zal komen. Daarbij zullen we ook kijken naar een mogelijke combinatie van AHN en (de actuelere) puntenwolk gegenereerd uit luchtfoto's, zoals het Kadaster jaarlijks genereert. Denk hierbij ook aan extra innovatiemogelijkheden die het beeldmateriaal vanaf 2021 gaat bieden vanwege de verbeterde specificaties van 75 cm-resolutie en 80% overlap. Hierdoor zullen de actuele puntenwolken van betere kwaliteit zijn. Voor alle lagen geldt dat versies uit het verleden beschikbaar dienen te blijven omdat moet kunnen worden teruggehaald met

welke 3D-data een bepaalde geluidsstudie is uitgevoerd. Dus voor alle lagen zullen we kijken hoe dit versiebeheer kan worden ingericht.

Naast het slim omgaan met wijzigingen, geldt voor alle lagen ook de wens voor nog meer uitdunning. Voor iedere laag afzonderlijk zal worden gekeken op welke manier de uitdunning nog verder kan worden geoptimaliseerd door het behoud van significante details en het verwijderen van details die er niet toe doen in een geluidssimulatie.

Een ontwikkeling voor de langere termijn, waar momenteel in een afstudeeronderzoek naar wordt gekeken, is het integreren van alle lagen in het TIN. Op dit moment worden de drie lagen afzonderlijk van elkaar gegenereerd omdat de beschikbare geluidssoftware dat op die manier vraagt. Een geluidsberekening die direct op een semantisch TIN kan worden uitgevoerd, maakt het mogelijk om gebruik te maken van een TIN met de informatie over de bodemvlakken en gebouwen geïntegreerd in het terrein. Hierdoor kunnen de inputdata nog beter worden geoptimaliseerd op de uiteindelijke berekening en vice versa: kan de berekening worden geoptimaliseerd op basis van de inputdata.

Over de auteurs:

Jantien Stoter, 3D Geoinformation, TU Delft, tevens werkzaam bij het Kadaster, j.e.stoter@tudelft.nl

Ravi Peters, 3D Geoinformation, TU Delft, tevens werkzaam bij de start-up 3DGI, ry.peters@tudelft.nl

Balázs Dukai, 3D Geoinformation, TU Delft, tevens werkzaam bij de start-up 3DGI, b.dukai@tudelft.nl

Tony Baving, Kadaster, tony.baving@kadaster.nl

Iris Reimerink, Kadaster, iris.reimerink@kadaster.nl

Rob van Loon, RIVM, rob.van.loon@rivm.nl

Lesson learned

Dit project heeft ons wederom geleerd hoe essentieel het is om met domein- en data-experts samen te werken zodat gegenereerde 3D-data aansluiten bij domeinwensen in plaats van uitsluitend te focussen op meer detail en grotere nauwkeurigheden in 3D-modellen. Deze samenwerking maakte het mogelijk om algoritmes te ontwikkelen voorbij pilots en proefgebieden en om deze innovaties verder te brengen tot een daadwerkelijk data-product. Vanuit deze samenwerking zullen we werken aan verbeteringen voor toekomstige versies van het 3D Omgevingsmodel Geluid waarbij de uitgaging blijft om de balans te zoeken naar het juiste detailniveau.

Referenties

- Ravi Peters, Tom Commandeur, Balázs Dukai en Jantien Stoter. 3D-inputgegevens voor geluidssimulaties gegenereerd uit bestaande landsdekkende datasets. *Geo-Info* 6, 2018, pp. 8–12.
- Ravi Peters, Balázs Dukai, Stelios Vitalis, Jordi van Liempt, Jantien Stoter, LoD2 voor alle 10 miljoen BAG-panden in Nederland, *Geo-Info* 1, 2021, pp. 8–12