



Delft University of Technology

3D BAG - Geactualiseerd op basis van AHN4

Peters, R.Y.; Dukai, B.; Gao, W.; Stoter, J.E.

Publication date

2023

Document Version

Final published version

Published in

Geo-Info

Citation (APA)

Peters, R. Y., Dukai, B., Gao, W., & Stoter, J. E. (2023). 3D BAG - Geactualiseerd op basis van AHN4. *Geo-Info*, 2023(2), 30-35.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Green Open Access added to TU Delft Institutional Repository

'You share, we take care!' - Taverne project

<https://www.openaccess.nl/en/you-share-we-take-care>

Otherwise as indicated in the copyright section: the publisher is the copyright holder of this work and the author uses the Dutch legislation to make this work public.

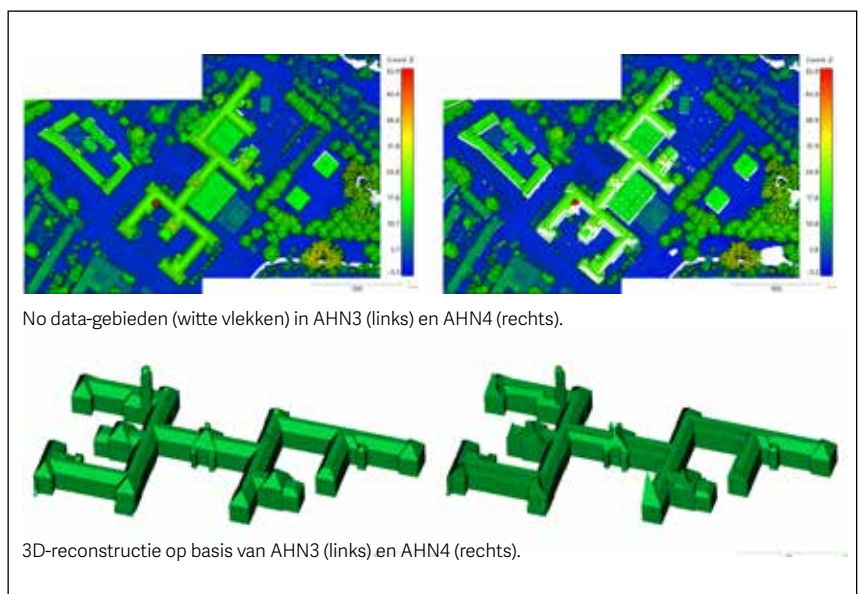
3D BAG - GEACTUALISEERD OP BASIS VAN AHN4

De 3D BAG bevat automatisch gereconstrueerde LoD2-modellen van alle panden in Nederland, en is voor het eerst gereconstrueerd in het voorjaar van 2021 op basis van AHN3.¹ Op basis van AHN4 is een nieuwe versie van de 3D BAG gereconstrueerd, in een samenwerking tussen 3DGI en de onderzoeksgroep 3D Geoinformation (TU Delft). AHN4 is niet alleen van hogere actualiteit, maar heeft ook andere kenmerken dan AHN3. Voor de geactualiseerde versie van 3D BAG hebben we daarom onderzocht hoe beide datasets optimaal gebruikt kunnen worden.

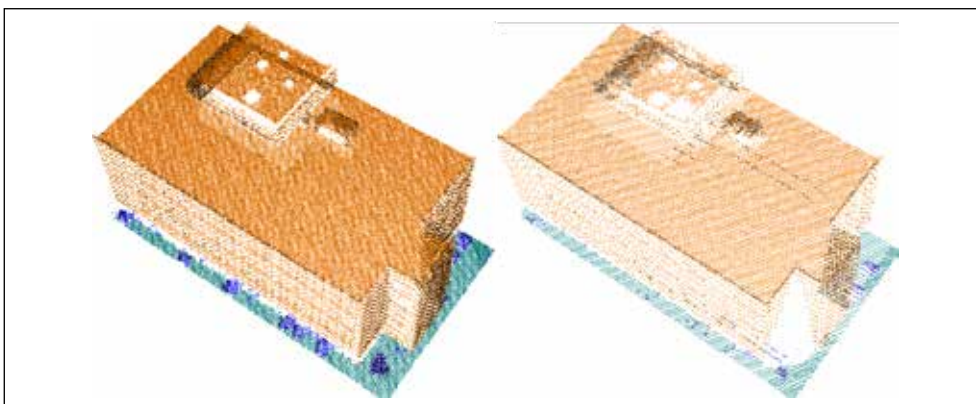
— DOOR RAVI PETERS, BALÁZS DUKAI, WEIXIAO GAO EN JANTJEN STOTER

Eerst hebben we gekeken naar de belangrijkste verschillen tussen AHN3 en AHN4, en wat de impact hiervan is op de 3D BAG. Dat hebben we gedaan met onder andere organisaties die gebruikmaken van de 3D BAG, zoals de gemeente Amsterdam (in het kader van Totaal Driedimensionaal, zie ook 3d.amsterdam.nl) en het RIVM (voor 3D Geluid NL, zie 3dgeluid.kadaster.nl/3dgeluid en Stoter et al²). De 3D BAG is op verschillende detailniveaus als open data beschikbaar (3dbag.nl) en wordt veelvuldig gedownload. Voorbeelden van het gebruik van 3D BAG-data zijn te vinden op bit.ly/3DBAGoverview.

Het eerste verschil dat opvalt tussen AHN3 en AHN4 is de hogere puntdichtheid van AHN4, zie figuur 1. Het AHN4



Figuur 2. No-data-gebieden (boven) en de impact op een gereconstrueerd 3D BAG-pand (onder).



Figuur 1. AHN4 (links) en AHN3 (rechts) voor een gebouw met een plat dak met meerdere verhogingen. Linksonder is nog een deel van de gevel te zien.

laat op sommige locaties ook meer *no data*-gebieden zien (figuur 2 boven). Dit komt waarschijnlijk doordat voor AHN3 meer vluchtlijnen zijn gemaakt om te kunnen voldoen aan de dichtheids-specificaties. Voor AHN4 was een verbeterde scanner beschikbaar, waarmee op grotere hoogte kon worden gevlogen bij gelijke puntdichtheid. Door de extra vluchtlijnen die ook dichter op elkaar liggen, is er minder occlusie in AHN3, vooral in stedelijk gebied. Grote *no data*-gebieden kunnen voor problemen zorgen bij de 3D-reconstructie (figuur 2 onder).



Figuur 3. De twee testdata-sets: duizend gebouwen in Amsterdam (links) en 280.000 willekeurig geselecteerde gebouwen (rechts).



**'HET EERSTE DAT OPVALT
BIJ HET VERGELIJKEN
VAN AHN3 EN AHN4 IS DE
PUNTDICHTHEID'**

De analyse naar de impact van mogelijke verschillen tussen AHN3 en AHN4 op 3D BAG is uitgevoerd voor twee testgebieden (figuur 3):

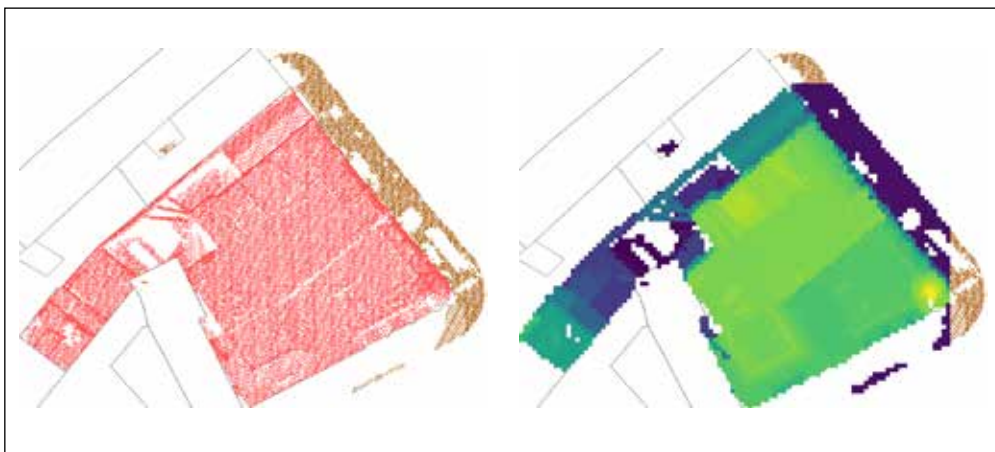
1. Duizend gebouwen in Amsterdam-Centrum (hierna AMS genoemd)
2. Vijf procent gebouwen die willekeurig zijn geselecteerd uit het beschikbare AHN4 ten tijde van het onderzoek (ongeveer 280.000 gebouwen)

De verschil-analyse is gedaan op zowel de puntenwolk die binnen een BAG-polygoon valt als op de uiteindelijk gereconstrueerde 3D BAG-modellen.

VERSCHILLEN AHN3 EN AHN4: PUNTENWOLK PER BAG-PAND

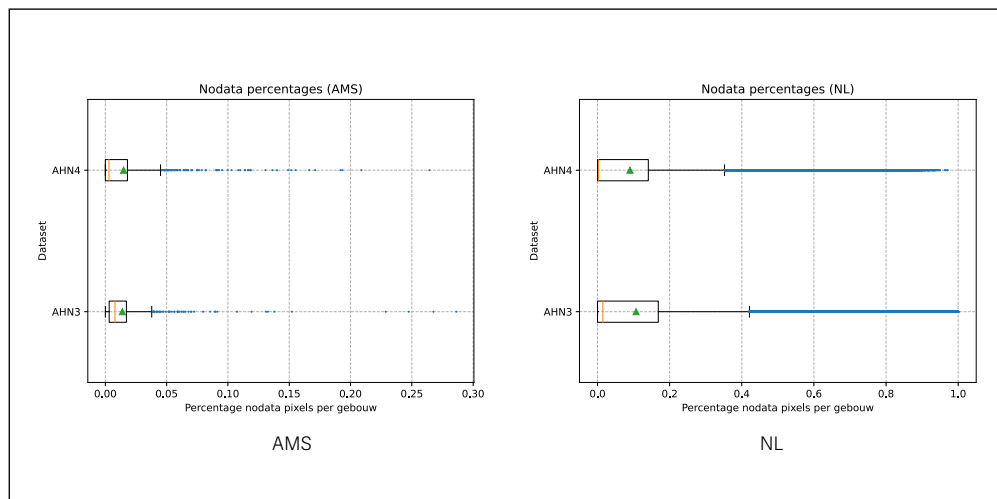
Om de verschillen tussen de AHN3- en AHN4-puntenwolk per BAG-pand te analyseren, zijn de hoogtepunten die binnen gebouwen vallen verrasterd

met een celgrootte van 0,5 m (figuur 4). Voor iedere pixel zijn een aantal waarden berekend, zoals het aantal punten in de pixel en de maximale hoogte. Op basis van deze pixelwaarden zijn per gebouw een aantal statistieken bepaald, zoals het aantal pixels zonder punten (*no data*-pixels). In de onderstaande plots zijn deze gebouwstatistieken samengevat, waarbij ieder gebouw één datapunt is.

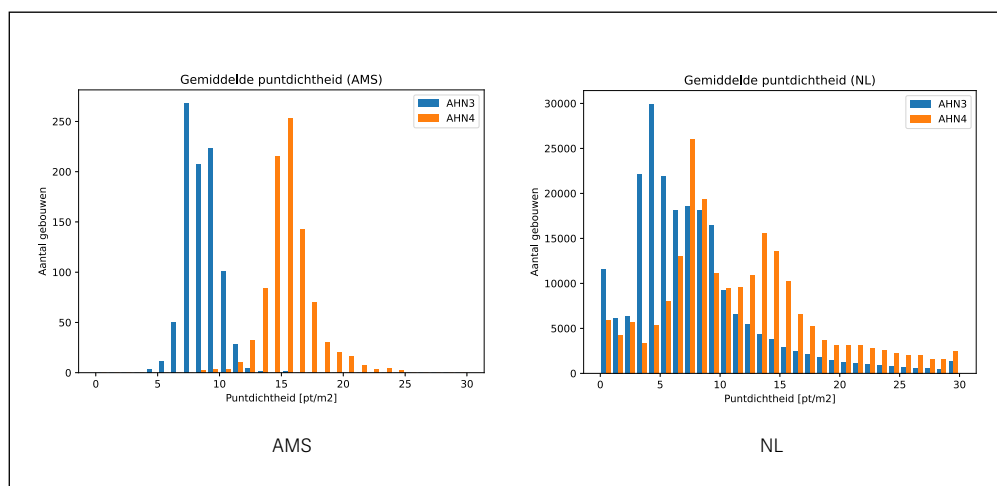


Figuur 4. Puntenwolk (links, ingekleurd op classificatie) verrasterd naar 0,5 m raster (rechts, ingekleurd op hoogte).

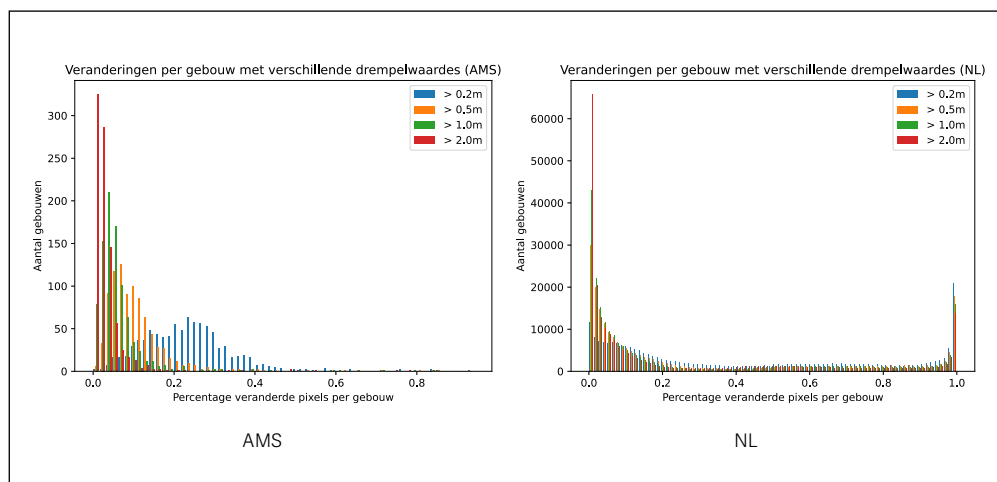
Eerst hebben we de *no data*-gebieden per BAG-pand bepaald, door het percentage van een BAG-polygoon te bepalen dat geen AHN-punten bevat, zie figuur 5. Deze analyse laat zien dat in beide datasets de mediaan (oranje streep) in AHN4 lager is dan in AHN3. Dit betekent dat er in AHN4 voor het grootste gedeelte van de BAG-panden minder *no data*-pixels zijn dan in AHN3. Het aantal eerdergenoemde *no data*-gebieden in AHN4 lijkt dus mee te vallen. In de AMS-data is de gemiddelde *no data*-fractie wel hoger dan in AHN4 (groene driehoek). In dit gebied zijn



Figuur 5. Fractie no data-pixels per BAG-pand.



Figuur 6. Gemiddelde puntichtheid per BAG-pand.



Figuur 7. Hoogteverschillen tussen AHN3 en AHN4 per ongewijzigd BAG-pand.

er dus meer gebouwen met relatief grote *no data*-gebieden dan in AHN3. Naast de hierboven genoemde reden (occlusie omdat er hoger gevlogen is), zien we specifiek in Amsterdam en omgeving *no data*-gebieden bij zwarte oppervlakten. Waarschijnlijk zijn die een gevolg van verschillen in acquisitieparameters. Voor de NL-data presteert AHN4 iets beter dan AHN3 voor wat betreft *no data*/occlusie.

De gemiddelde puntichtheid per gebouw (figuur 6) is voor beide gebieden hoger in AHN4 dan in AHN3. Bovendien zijn er twee pieken in de puntichtheid in AHN4 in de NL-data. Dat is te verklaren doordat boven de Randstad op een tweemaal hogere puntichtheid is gevlogen dan boven de rest van Nederland.

'VOOR DE NL-DATA PRESTEERT AHN4 IETS BETER DAN AHN3 VOOR WAT BETREFT NO DATA/OCCLUSIE'

We hebben ook gekeken naar pixels met een groot hoogteverschil tussen AHN3 en AHN4, op basis van de maximale hoogte per pixel. Waarbij per gebouw het aantal pixels met een significant hoogteverschil is geteld voor verschillende grenswaarden (figuur 7). Dit geeft de fractie van het BAG-polygoon met een significante hoogteverandering. De maximale hoogte per pixel geeft bij deze analyse een betrouwbaarder beeld dan bijvoorbeeld de mediaan, omdat er ook rastercellen zijn die gevelpunten bevatten. In de NL-data is er een duidelijk verschil tussen gebouwen die niet tot nauwelijks (<0.2 of 20% van het BAG-polygoon) of juist veel (>0.9 of >90% van het BAG-polygoon) zijn gewijzigd. Dit zou overeen moeten komen met BAG-mutaties. Helaas kunnen we dit niet checken, omdat niet alle mutaties in de BAG-data samen-vallen met veranderingen in de werke-

lijkheid. In het AMS-gebied zijn naar verhouding weinig wijzigingen zichtbaar.

VERSCHILLEN AHN3-AHN4 VOOR GERECONSTRUEERDE 3D BAG-MODELLEN

Voor deze analyse is eerst het aantal gedetecteerde dakvlakken per BAG-pand in beide datasets vergeleken (figuur 8). In beide studiegebieden zijn meer gebouwen in AHN3 met één dakvlak dan in AHN4, en meer gebouwen in AHN4 met meerdere dakvlakken dan in AHN3. Door de hogere punt dichtheid in AHN4 kunnen meer vlakken worden gedetecteerd, resulterend in meer dakvlakken per BAG-pand, en meer gedetailleerde modellen zoals de inclusie van dakkapellen. Eventueel

'ER KOMT EEN API BESCHIKBAAR VOOR 3D BAG'

kunnen de reconstructieparameters hierop worden aangepast, afhankelijk van de wensen. Bijvoorbeeld door het minimumaantal punten voor het detecteren van dakvlakken hoger in te stellen.

Een mogelijk hoogteverschil tussen AHN3 en AHN4 voor niet-gewijzigde gebouwen is bepaald op basis van de hoogtepunten op platte daken, en alleen

voor de NL-data. De (vermoedelijk) gewijzigde gebouwen – met voor minimaal 80 procent van het oppervlak een hoogteverschil van meer dan 50 cm – zijn hierbij buiten beschouwing gelaten. Omdat er weinig gebouwen zijn met slechts één plat dakvlak, is de analyse apart uitgevoerd voor gebouwen met meerdere platte dakvlakken. Deze analyse (figuur 9) laat zien dat de hoogteverschillen kleiner dan 0,1 m zijn, zowel voor de gebouwen met één, als voor de gebouwen met meerdere dakvlakken. Er zijn dus geen noemenswaardige hoogteverschillen voor ongewijzigde BAG-panden.

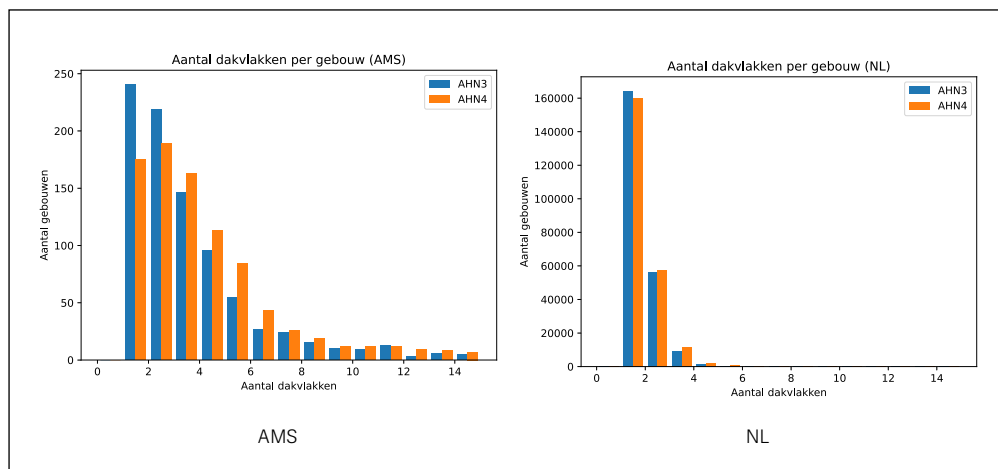
UPDATE OPTIES 3D BAG

Uit bovenstaande blijkt dat het niet altijd het beste resultaat oplevert om voor de actualisatie van 3D BAG simpelweg de AHN4 in plaats van de AHN3 te gebruiken, zoals bij BAG-panden met grote no data-gebieden, met name aanwezig in de Randstad. We hebben daarom experimenten gedaan om de voor- en nadelen te vergelijken van de verschillende opties om de 3D BAG te actualiseren.

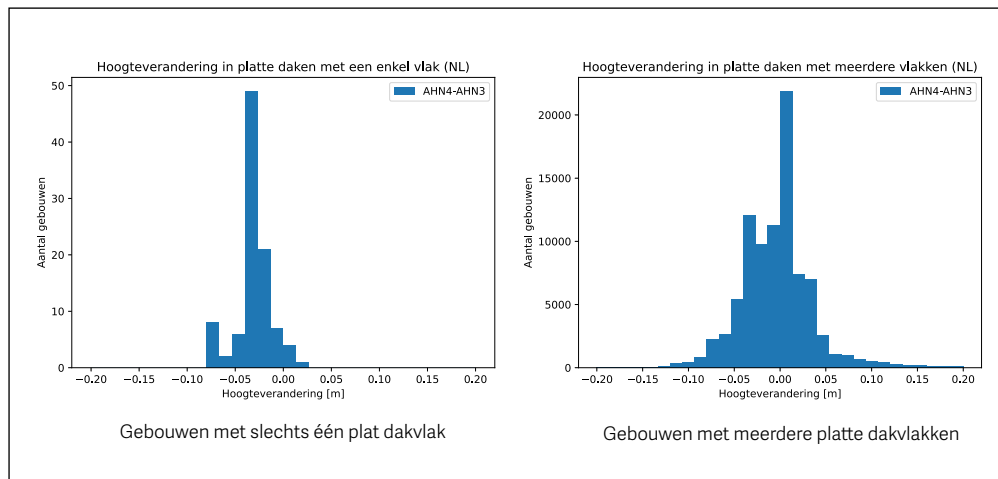
Optie 1: kies voor niet-gewijzigde gebouwen de puntenwolk met de hoogste dekking.

In deze optie wordt eerst bepaald of de AHN4-puntenwolk voldoende dekking heeft, enerzijds door te tellen hoeveel pixels in het BAG-polygoon voldoende punten hebben, en anderzijds door te kijken naar de grootste no data-cirkel die in het BAG-polygoon past (figuur 10). Deze cirkel wordt berekend aan de hand van de projectie van de AHN-punten naar het x-y-vlak. Indien de AHN4-dekking onvoldoende is en het gebouw niet tussentijds is gewijzigd, wordt AHN3 gebruikt (figuur 11).

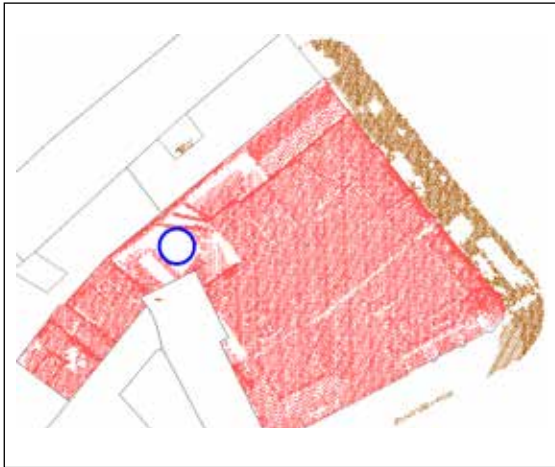
Deze methode is relatief simpel en werkt het beste als AHN4 meestal de beste dekking heeft, zodat AHN3 voor de uitzonderingen kan worden gebruikt. Of een gebouw is veranderd, wordt bepaald door een verschildetectie tussen



Figuur 8. Aantal gedetecteerde dakvlakken.



Figuur 9. Hoogteverschil AHN3 en AHN4 voor niet-gewijzigde BAG-panden.



Figuur 10. Voorbeeld *no data*-cirkel (de grootste cirkel binnen een BAG-polygoon die geen AHN-punten bevat).

beide puntenwolken (zoals in figuur 7). Als de dekking in beide datasets onvoldoende is, is er nog steeds een probleem.

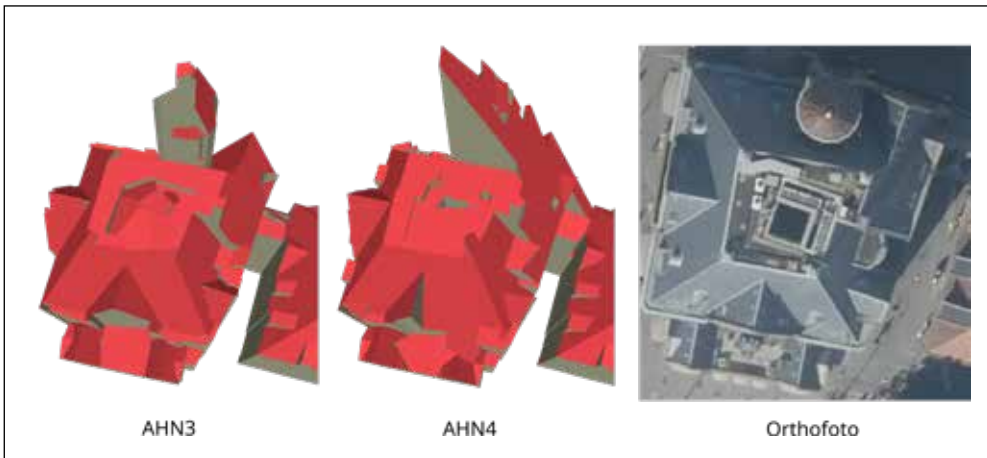
Optie 2: voeg beide puntenwolken samen.

Met deze optie worden beide puntenwolken over elkaar heen gelegd, en daarna als input voor de 3D-reconstructie gebruikt. Voor een aantal zeldzame gevallen zoals in figuur 12, geeft dit een significant beter resultaat dan optie 1. Maar als de puntenwolken niet perfect op elkaar passen, kan dit tot extra ruis en

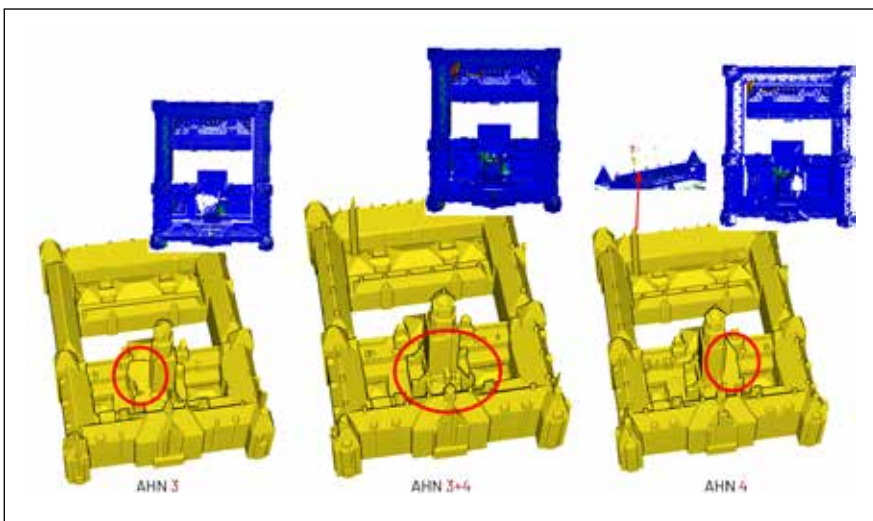
artefacten leiden. Bovendien leidt het hogere aantal punten tot een aanzienlijk langere verwerkingstijd, zonder dat dit voor de meeste gebouwen tot een verbetering leidt. Ook wordt de ruis uit beide puntenwolken gecombineerd (zoals de 'toren' linksboven in het gebouw in figuur 12 als gevolg van ruis in AHN4).

Optie 3: deep learning om gaten te vullen.

We hebben ook het interpoleren van *no data*-gebieden met behulp van *deep learning* (DL) onderzocht. Met DL is het mogelijk om veelvoorkomende vorm-eigenschappen van gebouwen te leren uit de verrasterde puntenwolk (symmetrie, scherpe randen, et cetera). Dit zou in theorie veel betere resultaten kunnen geven dan simpele interpolatiemethodes zoals *inverse distance weighting*, ook voor erg grote *no data*-gebieden. Helaas zijn de eerste resultaten nog niet goed genoeg om de *no data*-gebieden in AHN4 aan te vullen voor 3D BAG-reconstructie. Hiervoor zijn veel meer trainingsdata nodig. Daarnaast moeten er ook goede resultaten komen voor meer complexe dakvormen, en voor gebouwen die aanzienlijke *no data*-gebieden kennen. Tot nu toe hebben we alleen goede resultaten voor eenvoudige gebouwen, en voor gebouwen die slechts voor een klein deel punten missen.



Figuur 11. Een voorbeeld waarin de AHN3-dekking beter is dan de AHN4-dekking.

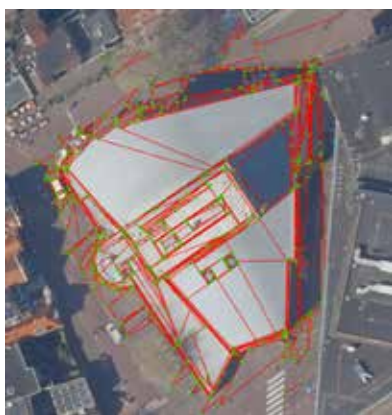
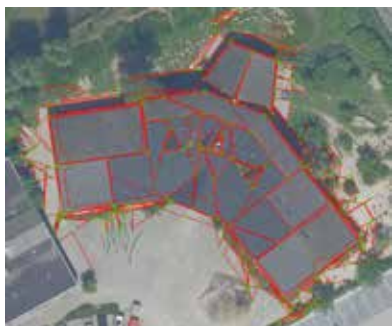


Figuur 12. 3D-reconstructie van het Paleis op de Dam, op basis van de combinatie AHN3 en AHN4 lost occlusies op in AHN3 (links van de toren) en in AHN4 (rechts van de toren).

3D BAG: NIEUWE VERSIE

Op basis van deze evaluatie bleek de eerste optie de meest pragmatische voor landsdekkende implementatie. Deze methode hebben we daarom gebruikt voor de nieuwe release van de 3D BAG, (beschikbaar via 3dbag.nl). De AHN4-puntenwolk wordt gebruikt, tenzij de dekkingsgraad niet voldoende is én het gebouw niet veranderd is. In die uitzonderingsgevallen wordt AHN3 gebruikt.

Naast de actualisatie zijn er ook andere verbeteringen doorgevoerd, bijvoorbeeld in situaties met overlappende BAG-panden. Daarnaast zitten er minder



Figuur 13. 3D BAG-pand (rechts), gereconstrueerd op basis van gedetecteerde daklijnen uit true-ortho luchtfoto (links) en puntenwolken uit luchtfoto's.

geometrische fouten in de gereconstrueerde gebouwen. De volledige lijst veranderingen van de nieuwe release staat op docs.3dbag.nl.

TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN

Naast DL-mogelijkheden, onderzoeken we momenteel (onder andere in samenwerking met het Kadaster) het gebruik van (puntenwolken gegenereerd uit) luchtfoto's, omdat luchtfoto's vaker worden ingewonnen dan LiDAR-puntenwolken. Het direct detecteren van daklijnen uit authentieke orthofoto's is daarbij een cruciale stap. De eerste resultaten van ons onderzoek hiernaar zijn veelbelovend, zie figuur 13, ook voor uitbreiding naar grotere gebieden. Daarnaast komt er een API beschikbaar voor de 3D BAG, en doen we onderzoek naar het verrijken van de 3D BAG, zoals het onderscheid maken tussen binnen- en buitenmuren, en het berekenen van

de oppervlakten hiervan (in een project met Rijksdienst voor Ondernemend Nederland), het toevoegen van verdiepinginformatie, en het toevoegen van ramen en deuren gedetecteerd in oblique luchtfoto's. 🌐

Referentie

[1] R. Peters, B. Dukai, S. Vitalis, J. Liempt, J. Stoter. 2021, LoD2 voor alle 10 miljoen BAG-panden in Nederland, Geo-Info 1, pp. 8–12.

[2] J. Stoter, R. Peters, B. Dukai, T. Baving, I. Reimerink, R. van Loon, 2021, 3D omgevingsmodel geluid landsdekkend beschikbaar via PDOK. Geo-Info 2, 2021.



RAVI PETERS

ravi.peters@3dgi.nl



BALÁZS DUKAI

balazs.dukai@3dgi.nl



WEIXIAO GAO

werkt bij 3D Geoinformation, TU Delft.
w.gao-1@tudelft.nl



JANTIEN STOTER

werkt bij 3D Geoinformation, TU Delft. Ze is ook werkzaam bij het Kadaster en Geonovum.
j.e.stoter@tudelft.nl

Het 3D BAG-project wordt gesubsidieerd door de European Research Council (ERC) onder het Horizon Europe Research & Innovation Programme (grant agreement no. 101068452 3DBAG: detailed 3D Building models Automatically Generated for very large areas).