



Vlaanderen
is kwaliteitsvolle
omgeving

Jaarlijkse bodemafdekkingskaart Vlaanderen: toestand 2023

 Technisch rapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

vlaanderen.be/omgeving

JAARLIJKSE BODEMAFDEKKINGSKAART VLAANDEREN: TOESTAND 2023

Dit technisch rapport beschrijft de methode voor het opstellen van de jaarlijkse bodemafdekkingskaarten van Vlaanderen.

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever

Toon Denys, secretaris-generaal
Departement Omgeving
Koning Albert-II laan 15 bus 553, 1210 Brussel (postadres)
vlaanderen.be/omgeving

Een uitgave van het Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
vpo.omgeving@vlaanderen.be

Auteurs

Team Monitoring en Data-analyse, Departement Omgeving
Joris Pieters – Keyrus

Publicatiedatum

15 oktober 2025

Depotnummer

D/2025/3241/336

INHOUDSTAFEL

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Inleiding..... | 4 |
| 2 | Definitie..... | 4 |
| 3 | Basisdata..... | 6 |
| 3.1 | Administratieve bodemafdekking | 6 |
| 3.2 | Gemodelleerde bodemafdekking | 7 |
| 4 | Methode..... | 8 |
| 4.1 | Administratieve bodemafdekking | 8 |
| 4.1.1 | Water | 10 |
| 4.1.2 | Gebouwen | 10 |
| 4.1.3 | Wegen | 10 |
| 4.1.4 | Spoorwegen | 12 |
| 4.2 | Gemodelleerde bodemafdekking | 13 |
| 4.2.1 | Training | 13 |
| 4.2.2 | Modellering | 15 |
| 4.2.3 | Finale toekenning | 16 |
| 4.2.4 | Temporele continuïteit | 17 |
| 4.2.5 | Jaarlijkse bodemafdekkingskaart | 17 |
| 5 | Resultaten..... | 18 |
| 5.1 | Administratieve bodemafdekking | 18 |
| 5.1.1 | Wegenalgoritme | 18 |
| 5.1.2 | Wegsegmenten en spoorbundels | 19 |
| 5.2 | Gemodelleerde bodemafdekking | 21 |
| 5.2.1 | Havenmodel | 22 |
| 5.2.2 | Geblurde gebieden en strand en duinen | 22 |
| 5.3 | Jaarlijkse bodemafdekkingskaart | 23 |
| 6 | Visuele evaluatie..... | 23 |
| 6.1 | Niet-permanente overkappingen in landbouwgebied | 25 |
| 6.2 | Niet-gedetecteerde afdekking op bedrijventerreinen | 26 |
| 7 | Evolutie van de verharde oppervlakte..... | 26 |
| 8 | Conclusie..... | 28 |
| | Referenties..... | 29 |

1 INLEIDING

Vlaanderen is één van de meest verharde gebieden van Europa (European Environment Agency, 2020). Dit leidt onder meer tot een groter risico op overstromingen, minder waterinfiltratie, hitteproblemen in stads- en dorpskernen, minder CO₂-opslag door planten en de bodem, en een verlies aan biodiversiteit. Het duurzaam omgaan met de ruimte staat dan ook voorop om een gezonde leefomgeving te realiseren en de klimaatuitdagingen aan te gaan. Zo formuleert het Lokaal Energie- en Klimaatpact de doelstelling om 1 m² per Vlaming te ontharden vanaf 2021 t.e.m. 2030 (= 660 ha ontharding) (Agentschap Binnenlands Bestuur, 2021). Ontharding en het vermijden van bijkomende verharding vormen eveneens een belangrijk onderdeel in de conceptnota van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) (Departement Omgeving, 2025). De specifieke ambities zijn om tegen 2050 – met 2015 als referentiepunt – de verhardingsgraad a) in de bestemmingen landbouw, natuur en bos met 20% te verlagen en b) binnen de bestemmingen gedomineerd door ruimtebeslag terug te dringen tot het niveau van 2015. Ook de verharde oppervlakte van linten en verspreide bebouwing dient te stabiliseren of af te nemen.

Om de voortgang van ontharding en ook de bouwshift te monitoren is er nood aan jaarlijkse en fijnmazige bodemafdekkingskaarten van Vlaanderen (Taskforce Bouwshift, 2021). De Bodemafdekkingskaart (BAK) van Digitaal Vlaanderen (Van der Linden & Van Valckenborgh, 2024) wordt slechts om de drie jaar gemaakt en vertoonde tot de toestand van 2018 nog onnauwkeurigheden die haar minder geschikt maakten voor gedetailleerde, gebiedsgerichte en ruimtelijk expliciete analyses. Daarom ontwikkelde het Departement Omgeving in 2022 de jaarlijkse bodemafdekkingskaart (JaarBAK) (Cockx et al., 2022). Deze kaart combineert administratief gekende bodemafdekking uit het GRB met gemodelleerde bodemafdekking o.b.v. middenschalige winterlucht-opnames. Op deze manier werd verharding nauwkeuriger en frequenter gevat.

Zowel interne als externe analyses legden de afgelopen jaren enkele werkpunten bloot die aanpassingen aan de methode rechtvaardigden. Zo detecteerde het model gebruikt voor de JaarBAK minder afdekking op luchtfoto's voorbij zijn originele trainingsvenster van 2012 t.e.m. 2020 (dus vanaf toestand 2021). Ook werden relatief grote stukken verharde oppervlakte in de havens niet als dusdanig gedetecteerd. Daarnaast zorgde de inkanteling van het Wegenregister in het GRB voor meer geregistreerde wegen en een gewijzigde definitie van "verharde weg". Dit rapport is in de eerste plaats een technische beschrijving van de gebruikte methode voor de JaarBAK-kaarten, en van de aanpassingen aan deze methode vanaf JaarBAK 2023 (Tabel 1). In het laatste onderdeel worden de resultaten geëvalueerd en de evolutie van de verharde oppervlakte o.b.v. deze jaarlijkse bodemafdekkingskaarten besproken.

2 DEFINITIE

Het Witboek Beleidsplan Ruimte definieert 'bodemafdekking' als de oppervlakte waarvan de aard en/of toestand van het bodemoppervlak gewijzigd is door het aanbrengen van artificiële, (semi-) ondoorlaatbare materialen van gebouwen, wegen, parkings ..., waardoor essentiële ecosysteemfuncties van de bodem verloren gaan (Departement Ruimte Vlaanderen, 2017). Deze definitie is gebaseerd op die van de Europese Commissie voor 'soil sealing': "*the destruction or covering of soils by buildings, constructions and layers of completely or partly impermeable artificial material*

Conform de definitie hierboven werd voor de jaarlijkse bodemafdekkingskaart gekozen om het bedekken van de bodem met kunstmatige materialen als bodemafdekking te beschouwen. Hierbij werd geen rekening gehouden met de waterdoorlaatbaarheid van het materiaal. Deels doorlaatbare bedekkingen zoals grasdallen en spoorwegen werden beschouwd als verstoring van de natuurlijke toestand van de bodem en bijgevolg als afdekking. Ook groendaken werden gezien als 'afgedekt', temeer omdat deze deel uitmaken van een gebouw, dat per definitie als afdekking geldt. Kunstgras bedekt eveneens op kunstmatige wijze de bodem, maar vormde bij gebrek aan extra data een uitdaging om uit de gebruikte orthofoto's af te leiden. Omdat groene kunstgrasvelden met het blote oog nauwelijks te onderscheiden zijn van echte grasvelden, werd dit type afdekking niet steeds als 'afgedekt' gedetecteerd op de JaarBAK. Anderzijds maken deze kunstgrasvelden maar een kleine fractie uit van de totale bodemafdekking in Vlaanderen. Daarnaast werden bruggen over water als 'niet-afgedekt' beschouwd omdat de bodem hieronder geen hinder ondervindt van het materiaal. Ook begroeide onderdelen van weginfrastructuur, zoals middenbermen van autosnelwegen en rotondes, kregen extra aandacht om als 'niet-afgedekt' gedetecteerd te worden om overschattingen van de verharding te vermijden.

Kunstmatige materialen komen niet alleen voor aan het oppervlak, maar ook op andere dieptes in een bodembeschrijving (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006). Deze niet-oppervlakkige kunstmatige materialen werden niet meegenomen voor de JaarBAK. Daarnaast wordt vanuit een bodemkundig perspectief de sterke compactie van natuurlijke bodemmaterialen aan het oppervlak (bv. door landbouwactiviteiten) ook als 'soil sealing' beschouwd. Ook dit fenomeen werd hier niet in rekening gebracht.

3 BASISDATA

De jaarlijkse bodemafdekkingskaart voegt bodemafdekking afgeleid uit administratieve databronnen samen met de resultaten van modellering.

3.1 ADMINISTRATIEVE BODEMAFDEKKING

De "administratief gekende" bodemafdekking werd afgeleid uit het Grootschalig Referentiebestand of Basiskaart Vlaanderen (GRB), beheerd door Digitaal Vlaanderen, o.b.v. de toestand op 31 december van het jaar in kwestie¹. Verschillende (delen van) vectorlagen van het GRB werden geselecteerd om gebouwen, wegen, spoorwegen en water af te bakenen (Tabel 2).

Sinds juni 2023 is het Wegenregister ingekanteld in het GRB, waardoor Wegsegmenten de voormalige Wegverbindingen (Wvb) vervangen. Deze wijziging heeft een grote impact op het aantal geregistreerde kilometers en de attribuutinformatie. De Wegsegmenten bevatten zo'n 44.000 km extra wegen (+65%) t.o.v. de Wegverbindingen. De categorieën van de wegverharding zijn ook uitgebreid van 'verhard' in Wvb (ca. 61.700 km) naar 'vaste verharding', 'losse verharding' en 'zowel vaste als losse verharding'. Er werd gekozen om enkel Wegsegmenten met 'vaste verharding' (ca. 71.200 km) onder administratieve bodemafdekking onder te brengen. De wegen met 'losse' of 'zowel vaste als losse verharding' zijn vaak aardewegen en bospaden die minder eenduidig 'afgedekt' te noemen zijn. Bovendien is deze selectie ook consistent met de vorige o.b.v. 'verharde weg' in Wvb, aangezien het overgrote deel (85% van de lengte) van de Wegsegmenten

¹ Voor 2013 was dit 1 januari 2014, de oudst beschikbare GRB-toestand.

In specifieke gebieden was het aangewezen om de resultaten van de gemodelleerde bodemafdekking niet te gebruiken. Het gaat om de geblurde gebieden op de luchtfoto's enerzijds en (vanaf JaarBAK 2023) om stranden en duinen anderzijds. Voor sommige jaren detecteerde de modellering namelijk relatief veel onterechte afdekking in strand- en duingebied. Daarom werden de stranden en duinen geselecteerd³ in de Biologische Waarderingskaart (BWK) 2023, beheerd door het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Gevoelige sites zoals militaire domeinen en kerncentrales worden sinds 2016 geblurd op de luchtopnames. De bodemafdekking kan hier dan ook niet betrouwbaar gemodelleerd worden. Daarom werd in deze gebieden enkel de administratieve bodemafdekking weerhouden. De nucleaire sites Kerncentrale Doel, Belgoproces, Joint Research Centre en SCK CEN werden handmatig ingetekend. T.e.m. JaarBAK 2022 werden de resterende geblurde gebieden afgebakend o.b.v. categorie 1400 (= 'militaire gebieden') van de geodata achter de Ruimteboekhouding RSV van het Departement Omgeving. Omdat deze data niet voldoende overeenkwamen, werden de geblurde gebieden vanaf JaarBAK 2023 jaarlijks handmatig ingetekend. Hiervoor werd een kaart met de kleurvariantie afgeleid uit de luchtfoto van het jaar in kwestie. Plekken met weinig variantie kwamen in aanmerking als potentieel geblurd gebied.

4 METHODE

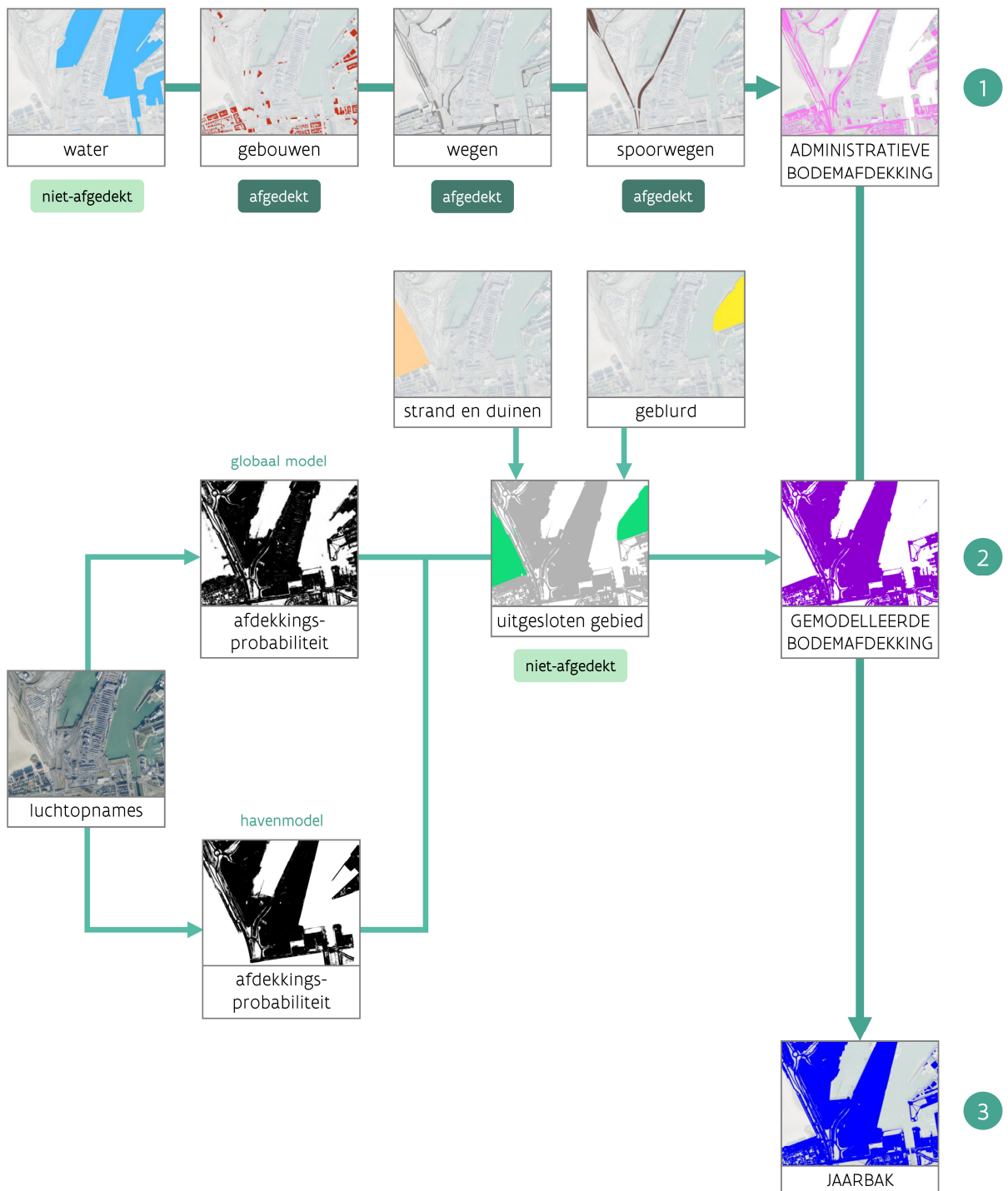
De bodemafdekking in Vlaanderen werd elk jaar afgeleid o.b.v. een hiërarchische beslissingsketen die elke pixel toewijst aan 'afgedekt' of 'niet-afgedekt' (Figuur 1). Om te beginnen werd informatie uit het GRB verzameld en verwerkt tot de administratieve bodemafdekking⁴. In een volgende stap werd de bodemafdekking gemodelleerd o.b.v. machine learning. Initieel werd een globaal model opgesteld voor heel Vlaanderen. Omdat dit model minder goed bleek te presteren in havengebied, werd een bijkomend model gedefinieerd om meer afdekking binnen de havens te detecteren in combinatie met het globaal model. Strand en duinen enerzijds en geblurde gebieden op de luchtfoto's anderzijds werden genegeerd bij het toepassen van de machinelearningmodellen. Ten slotte werd de informatie uit de voorgaande stappen gecombineerd tot een jaarlijkse bodemafdekkingskaart (JaarBAK).

4.1 ADMINISTRATIEVE BODEMAFDEKKING

Gebouwen, wegen en spoorwegen die met zekerheid voor afdekking zorgen zitten met grote nauwkeurigheid en aan een hoge updatefrequentie in het GRB. Omgekeerd leveren gegevens uit het GRB over water ook informatie over vaststaande niet-afdekking. De water- en gebouwlagen uit het GRB konden rechtstreeks gebruikt worden. De wegen en spoorwegen vereisten daarentegen extra procedures om tot een bruikbare laag te komen. De uiteindelijk bekomen water-, gebouw-, weg- en spoorweglagen werden omgezet naar 1m-rastercellen. Deze administratieve afdekking en niet-afdekking kregen in de beslissingsketen voorrang op de gemodelleerde bodemafdekking (Figuur 1). Voor pixels die onder de administratieve bodemafdekking vielen werd de informatie uit de gemodelleerde bodemafdekking dus genegeerd.

³ Stranden en duinen in de BWK bevatten 'dd' of 'dl' als eerste twee letters voor EENH1, EENH2, EENH3 of EENH4 ('d' = duinen, slikken en schorren; 'l' = populierenaanplanten) en niet 'u' als eerste letter van EENH1, EENH2 of EENH3 ('u' = urbane gebieden).

⁴ Voor 2012 kon geen jaarlijkse bodemafdekkingskaart opgesteld worden omdat toen nog geen GRB beschikbaar was.



Figuur 1: Overzicht van de opeenvolgende stappen voor het opstellen van de jaarlijkse bodemafdekkingskaart (JaarBAK). De dikke pijlen geven de volgorde van de beslissingsketen aan om een pixel toe te wijzen aan 'afgedekt' of 'niet-afgedekt'.

4.2 GEMODELLEERDE BODEMAFDEKKING

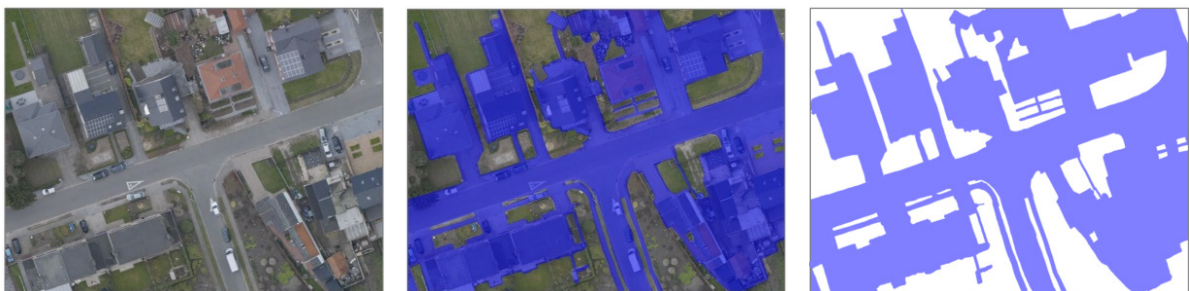
De GRB-lagen vatten in de eerste stap al een significant deel van de bodemafdekking in Vlaanderen. Andere belangrijke vormen van afdekking zoals parkings, private opritten en tuinterrassen zitten echter niet (afdoende) in administratieve databanken. Om die “resterende” bodemafdekking in Vlaanderen toch in rekening te brengen, werden twee machinelearning-modellen opgesteld via semantische segmentatie o.b.v. het U-Net-model⁵ (Ronneberger et al., 2015). Initieel werd één globaal model ontwikkeld voor heel Vlaanderen. Aangezien dit model relatief minder goed bleek te presteren in havengebied, werd een tweede model opgesteld dat zich vanaf JaarBAK 2023 specifiek op het havengebied richtte. De resultaten van dit model werden gecombineerd met die van het globaal model in de havens.

Om te beginnen werd trainingsmateriaal aangemaakt om de modellen afdekking te leren herkennen. Vervolgens werd op basis van de modelresultaten een gemodelleerde bodemafdeckingskaart opgesteld. Ten slotte werd ook nog een correctie doorgevoerd om een temporeel consistent resultaat te verzekeren.

4.2.1 Training

Initieel werd voor het globaal model op de beschikbare orthofoto's tussen 2012 en 2020 de bodemafdekking handmatig gelabeld. Omdat dit model slechter leek te presteren op luchtfoto's buiten dit tijdsvenster (dus vanaf 2021), werd aanvullend bijgetraind op luchtfoto's van 2021 t.e.m. 2023. Daarnaast werd voor het havenmodel apart trainingsmateriaal gelabeld op luchtfoto's van 2023 in de vier zeehavens van Vlaanderen (Antwerpen, Gent, Oostende en Zeebrugge).

Voor het globaal model werden gebieden van telkens 1024 x 768 pixels willekeurig uit de orthofoto's geknipt. Een beoordelaar duidde vervolgens op deze gebieden de afgedekte zones (de *ground truth*) aan op een tablet met speciaal hiervoor ontwikkelde software (Figuur 6). In totaal werden 1.387 afbeeldingen⁶ van telkens 4,92 ha gelabeld, wat overeenkomt met een totale gelabelde oppervlakte van zo'n 6.825 ha. Na enkele eerste tests werd extra gelabeld materiaal selectief toegevoegd voor die situaties waar het model minder nauwkeurig presteerde. Voor het havenmodel werd 2.005 ha gelabeld.



te labelen afbeelding

weergave tijdens het labelen

labelresultaat

Figuur 6: Voorbeeld van de labeling.

⁵ Dit convolutioneel neurale netwerk werd oorspronkelijk ontwikkeld voor biomedische doeleinden, maar kent ondertussen ook toepassingen op andere types beeldmateriaal.

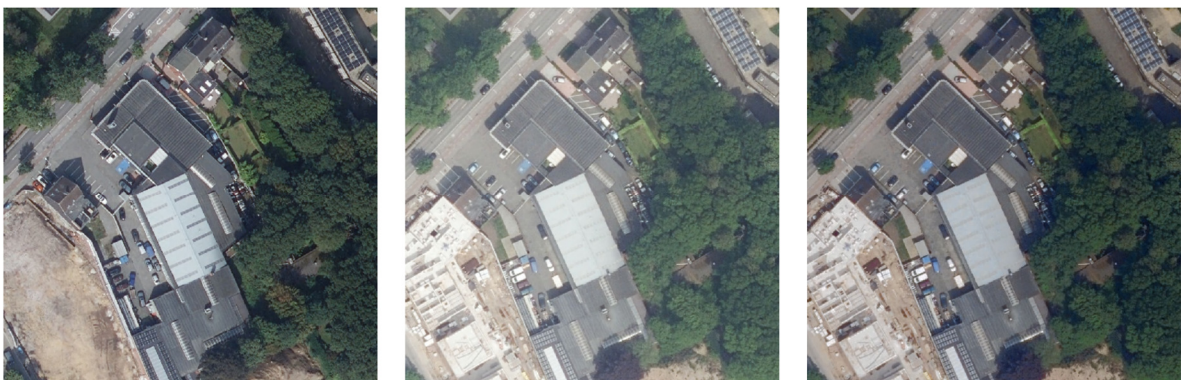
⁶ 1.007 afbeeldingen voor de periode 2012–2020 en 380 voor de periode 2021–2023.

4.2.2 Modelling

Het globale en het havenmodel werden toegepast op de relevante kaartbladen van de luchtopnames van Vlaanderen. De orthofoto's van 2024 hadden op sommige plaatsen een duidelijk andere kleurenverdeling dan vorige jaren, waardoor de modellering hier beduidend slechter presteerde ('model drift'). Daarom werden deze luchtopnames "gecorrigeerd" via een principale componentenanalyse (PCA), waarbij de orthofoto's van 2023 als referentie dienden (Figuur 8). Hiervoor werden voor 5% willekeurige pixels 1.000 kwantielen berekend per RGB-kanaal. Na de PCA-correctie bleef de model drift voor 2024 eerder beperkt. Ze kan mogelijk nog een effect hebben op de resultaten van JaarBAK 2024, die op het moment van schrijven slechts in een voorlopige versie beschikbaar was.

Elk van de 418 kaartbladen per jaar bestaat uit 32.000 x 20.000 pixels. Deze beelden werden gesplitst in deelgebieden van 512 x 512 pixels (zie hierboven) voor een optimale prestatie. Bij het samenvoegen van de modelresultaten kunnen evenwel ongewenste patronen verschijnen vanwege onnauwkeurigheden in de voorspellingen aan de randen van de afbeeldingen. Daarom werden de voorspellingen nog eens herhaald op een *offset*-versie van het kaartblad, waarbij het opknippen gebeurde na een horizontale en verticale verschuiving van 256 pixels. Dit leverde in totaal 5.040 afbeeldingen van 512 x 512 pixels op per kaartblad (2.520 zonder en 2.520 met offset). Voor elke pixel werd het gemiddelde van de voorspelling met en zonder offset berekend voor een betrouwbaarder resultaat met minder artefacten.

De bekomen probabiliteitskaart voor zowel het globaal als het havenmodel werd vervolgens omgezet in een binaire kaart. Hiervoor werden de pixels met waarden onder 50% als 'niet-afgedekt' geïdentificeerd en deze met waarden van minstens 50% als 'afgedekt'. Dit bleek de geschikte drempel om 'afgedekt' t.o.v. 'niet-afgedekt' nauwkeurig te onderscheiden. Een drempel van 43% leverde slechts een kleine, verwaarloosbare verbetering van de nauwkeurigheid op o.b.v. de testset (Figuur 9), zodat gekozen werd voor 50%. Deze binaire kaart werd omgezet naar een resolutie van 1 m voor een snellere verwerking in de volgende stappen.



orthofoto 2023

originele orthofoto 2024
(met lagere kleurverzadiging)

gecorrigeerde orthofoto 2024

Figuur 8: Correctie van de luchtopnames van 2024 via principale componentenanalyse.

5.3 JAARLIJKSE BODEMAFDEKKINGSKAART

Na het doorlopen van de beslissingsketen om aan elke pixel een waarde toe te kennen o.b.v. de administratieve en gemodelleerde bodemafdekking werd een jaarlijkse bodemafdekkingskaart bekomen voor elk beschikbaar jaar (Figuur 15). Voor JaarBAK 2023 vulde de administratieve bodemafdekking 8,4% van de oppervlakte van Vlaanderen in als ‘afgedekt’, waarvan twee derde o.b.v. de gebouwen (Figuur 16). De modellering detecteerde 7,3% van de oppervlakte als ‘afgedekt’.

Op basis van de testset behaalt de JaarBAK een nauwkeurigheid van 97,8%. Deze waarde is waarschijnlijk een onderschatting, aangezien het gelabeld materiaal kleine fouten kan bevatten. De grootste verschillen t.o.v. de ground truth bevinden zich aan de randen van bodemafdekking, bv. een weg die net iets smaller of breder gelabeld is dan wat uiteindelijk op de bodemafdekkingskaart te zien is.

Ook de 5m-versie van de JaarBAK werd geëvalueerd op basis van dezelfde, naar 5 m geaggregeerde testset. De afdekkingspercentages van deze datasets werden omgezet naar een binaire waarde ($< 50\%$ = ‘niet-afgedekt’; $\geq 50\%$ = ‘afgedekt’). De 5m-versie van de jaarlijkse bodemafdekkingskaart behaalt een nauwkeurigheid van 98,0%.

Alle jaarlijkse bodemafdekkingskaarten zijn publiek beschikbaar op Geopunt. Ze worden aangeboden op de 1m- en 5m-resoluties als online raadpleegbare kaart en downloadpakket voor eigen analyses. Elk jaar wordt een nieuwe versie van de JaarBAK gepubliceerd.

6 VISUELE EVALUATIE

Zoals hierboven aangegeven behaalt de jaarlijkse bodemafdekkingskaart een hoge nauwkeurigheid op basis van de testset. Naast het berekenen van een globaal cijfer werden de resultaten van de JaarBAK ook visueel geëvalueerd. De grootste verdienste van de JaarBAK is dat zij zaken oppikt die niet (voldoende) in het GRB zitten, maar een significant aandeel vormen van de reële afdekking, zoals terrassen en opritten van huizen, samen met parkings en verharde pleinen. Sportvelden met gravel of blauw kunstgras herkent de modellering ook vlot als ‘afgedekt’. Dankzij het gebruikte wegevalgoritme zijn niet-afgedekte stukken op (grote) wegen terecht ‘niet-afgedekt’.

Voor andere zaken is de classificatie in de JaarBAK evenwel onterecht. Zo was het voor een beoordelaar, en bijgevolg ook voor het model, heel moeilijk om groene kunstgrasvelden te onderscheiden van sportvelden met echt gras. Bij gebrek aan bijkomende data, zoals een tijdsreeks van gedetailleerde kunstgrasveldpolygoonen, konden groene kunstgrasvelden onterecht als ‘niet-afgedekt’ voorkomen. Ook worden al dan niet tijdelijke serreoverspanningen van tuin- of landbouwvelden doorgaans aangeduid als ‘afgedekt’, wat waarschijnlijk eerder niet gewenst is (zie 6.1). Vlakke industrieterreinen, eventueel bedekt met zand of andere materialen, worden daarnaast soms onterecht als ‘niet-afgedekt’ aangeduid door het model. Dit probleem speelt dankzij het havenmodel minder in de zeehavens vanaf JaarBAK 2023, maar komt in de rest van Vlaanderen nog voor (zie 6.2).

REFERENTIES

- Abadi, M., Agarwal, A., Barham, P., Brevdo, E., & Chen, Z. (2015). *TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Distributed Systems*.
- Agentschap Binnenlands Bestuur. (2021). *Op naar een lokaal energie en klimaatpact 2.0 tussen de Vlaamse Regering en de Vlaamse lokale besturen*.
https://www.lokaalklimaatpact.be/_gatsby/file/871d6ba2c7a8a280f873204d9f807acf/LEKP_2_0.pdf
- Cockx, K., Pieters, J., Willems, P., & Vanacker, S. (2022). *Jaarlijkse bodemafdekkingskaart Vlaanderen: Technisch rapport*. Vlaams Planbureau voor Omgeving.
<https://archieff.onderzoek.omgeving.vlaanderen.be/Onderzoek-3331558>
- Departement Omgeving. (2025). *Krachtlijnen voor het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen* (p. 120).
<https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/77488>
- Departement Ruimte Vlaanderen. (2017). *Witboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen*.
- European Environment Agency. (2020). *Percentage soil sealing by country*.
<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/percentage-sealing-by-country-1>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Guidelines for Soil Description: Fourth Edition*.
- Jones, A., Panagos, P., Barcelo, S., Bouraoui, F., Bosco, C., Dewitte, O., Gardi, C., Erhard, M., Hervas, J., Hiederer, R., Jeffery, S., Lükewille, A., Marmo, L., Montanarella, L., Olazabal, C., Petersen, J.-E., Penizek, V., Strassburger, G., Toth, G., ... Yigini, Y. (2012). *The State of Soil in Europe—A contribution of the JRC to the European Environment Agency’s Environment State and Outlook Report—SOER 2010*. Publications Office of the European Union.
- Poelmans, L., Janssen, L., & Hamsch, L. (2023). *Landgebruik en ruimtebeslag in Vlaanderen, toestand 2022* (uitgevoerd in opdracht van het Vlaams Planbureau voor Omgeving, p. 105). Departement Omgeving. [https://www.friscris.be/nl/publications/landgebruik-en-ruimtebeslag-in-vlaanderen-toestand-2022\(ab4c67af-a12e-4acf-9346-39df99589565\).html](https://www.friscris.be/nl/publications/landgebruik-en-ruimtebeslag-in-vlaanderen-toestand-2022(ab4c67af-a12e-4acf-9346-39df99589565).html)
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. In N. Navab, J. Hornegger, W. M. Wells, & A. F. Frangi (Red.), *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015* (pp. 234-241). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Taskforce Bouwshift. (2021). *Eindrapport Taskforce Bouwshift*.
<https://omgeving.vlaanderen.be/nl/rapport-van-de-taskforce-bouwshift-beschikbaar>
- Van der Linden, S., & Van Valckenborgh, J. (2024). *Bodembedekkingskaart Vlaanderen 2021* (p. 26).
https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1715692926/rEODASBodembedekking2021_hlclcm.pdf