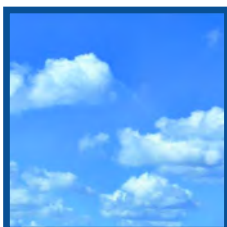


# Actualisatie MIRA Achtergronddocument Bodem

Thema Bodemaafdichting



Studie uitgevoerd in opdracht van  
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Onderzoeksrapport

MIRA/2011/04, januari 2011



**Ondersteunend Onderzoek**  
**Actualisatie MIRA Achtergronddocument**  
**Bodem – Thema Bodemafdichting**

**Eindrapport**

Annelies De Meyer, Diederik Tirry, Hubert Gulinck, Jos Van Orshoven

Spatial Applications Division Leuven &  
Departement Aard- en Omgevingswetenschappen  
K.U.Leuven

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,  
Milieurapport Vlaanderen**

MIRA/2011/04

Januari 2011  
met correctie in November 2011



**SPATIAL APPLICATIONS DIVISION**  
**K.U.LEUVEN**

Celestijnenlaan 200 E, BE-3001 LEUVEN  
TEL.: 32 16 32 97 32 FAX: 32 16 32 97 24  
URL: <http://www.sadl.kuleuven.be>

Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be).

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij  
Milieurapportering (MIRA)  
Van Benedenlaan 34  
2800 Mechelen  
tel. 015 45 14 61  
[mira@vmm.be](mailto:mira@vmm.be)

Wijze van citeren:

De Meyer, A., Tirry, D., Gulinck, H., Van Orshoven, J. (2011), Ondersteunend Onderzoek. Actualisatie MIRA Achtergronddocument Bodem. Thema Bodemafdicthting. Eindrapport. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2011/04, SADL & Departement Aard- en Omgevingswetenschappen, K.U.Leuven.

D/2011/6871/017  
ISBN 978-908040206-5  
NUR 973/943

## Woord vooraf

Het thema bodemafdichting is reeds gedurende vele jaren een onderdeel van het milieuraapport Vlaanderen. Het vindt zijn oorsprong in het onderzoek naar versnippering waar steeds opnieuw de subthematiek “verstedelijking” en vooral zijn component “bebouwing” naar voren trad als grootste factor van versnippering. Sinds 2002 is het begrip “verstening” dan ook geïntroduceerd als indicatie van de verharding van het oppervlak door urbanisatie (i.e. bebouwing, verkeersinfrastructuur en allerlei kleine artificiële objecten) (Gulinck et al., 2002). Sinds MIRA-T 2005 werd “afdichting” voor het eerst en in korte tekstvorm opgenomen onder het thema “bodem” (Gulinck et al., 2005). Hierbij treden ‘evolutie van bruto-bebouwing’ en ‘bodemafdichting’ op als indicatoren voor ‘bodemafdichting’.

Het doel van dit Ondersteunend Onderzoek is enerzijds een overzicht te geven van de terminologie die doorheen de jaren in de milieuraapporten gebruikt werd en anderzijds het actualiseren van de gegevens over bodemafdichting in Vlaanderen. De voormalige actualisatie dateert van 2004. De actualisatie omvat enerzijds het vervolledigen van de tijdsreeks wat betreft bruto-bebouwing (1990 – 1995 – 2000 – 2003 – 2009) en anderzijds het vervolledigen van de bodemafdichtingskaart (versie 2007) voor de ontbrekende kaartbladen in Antwerpen en Limburg.

De resultaten van dit onderzoek worden opgenomen in het hoofdstuk Bodemafdichting van het MIRA achtergronddocument Bodem.

## Inhoudstafel

<b>1.</b>	<b>Beschrijving van de verstoring</b> .....	<b>10</b>
1.1.	Inleiding.....	10
1.2.	Terminologie .....	10
1.3.	Mechanismen van bodemafdringing .....	13
1.4.	Gevolgen van bodemafdringing .....	13
1.5.	Beleid in Vlaanderen.....	14
<b>2.</b>	<b>Indicatoren</b> .....	<b>15</b>
2.1.	Evolutie van bebouwing .....	15
2.1.1.	Inleiding .....	15
2.1.2.	Methode.....	16
2.1.3.	Evolutie van bruto-bebouwing in Vlaanderen.....	17
2.1.4.	Evolutie van bruto-bebouwing per bodemtype.....	19
2.2.	Bodemafdringing .....	21
2.2.1.	Inleiding .....	21
2.2.2.	Analyse datasets .....	21
2.2.3.	Methode.....	22
2.2.4.	Bodemafdringing in Vlaanderen .....	24
2.2.5.	Bodemafdringing per bodemtype.....	26
<b>3.</b>	<b>Besluit</b> .....	<b>29</b>
	<b>Referenties</b> .....	<b>30</b>
	<b>Bijlage 1 Tabellen</b> .....	<b>31</b>

## Inhoudstafel figuren

Figuur 1 Conceptuele overgang van ‘verstedelijking’ tot ‘afdichting’ (naar Meeus et al., 2004) .....	11
Figuur 2 De 3 componenten van ‘schaal’ .....	13
Figuur 3 Evolutie van de bebouwde oppervlakte (km <sup>2</sup> ) in Vlaanderen op basis van de gegevens van de administratie van het Kadaster en FOD Economie (tabel 7 in bijlage 1) .....	15
Figuur 4 De 21 geselecteerde achtste kaartbladen .....	16
Figuur 5 Analyseschema. A: Voorbeeld van het hectarehok met ijle bebouwing uit een orthofoto (NGI, 1995), B: kilometerhok waarvoor de indicator wordt berekend, C: achtste-kaartblad met 80 kilometerhokken. ....	17
Figuur 6 Verloop van de bruto-bebouwing (1990 – 2009) in geselecteerde achtste kaartbladen (tabel 8 in bijlage 1) .....	18
Figuur 7 Toename brutobebouwing (%) per kaartblad gedurende de verschillende tijdsintervallen (tabel 9 in bijlage 1) .....	19
Figuur 8 Bruto toename bebouwing (in hectare) in de verschillende bodemtypes (2003 – 2009) (“antropogene” bodemtypes (antr) komen in deze analyse overeen met de historische plaggengronden) (tabel 10 in bijlage 1) .....	20
Figuur 9 Verhouding van de bruto toename bebouwing in een bepaald bodemtype tot de totale oppervlakte van dat bodemtype (2003-2009) (tabel 10 in bijlage 1) .....	20
Figuur 10 Ruwe bodemafdichtingskaart (oppervlaktepercentage per km <sup>2</sup> ) van Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest .....	22
Figuur 11 Lineaire relatie tussen bodemafdichting topografische landgebruikskaart en bodemafdichting op de orthofoto per klasse van bebouwingsintensiteit (links) en voor alle proefgebieden (rechts). (Volle lijn = lineair verband 2010, Stippellijn = lineair verband 2004 / 2007) ..	23
Figuur 12 Verfijnde bodemafdichtingskaart van Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest per km <sup>2</sup> .....	25
Figuur 13 Verfijnde bodemafdichtingskaart van Vlaanderen per gemeente .....	25
Figuur 14 Percentage bodemafdichting per bodemtype in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met de oppervlakte van het bodemtype (label) in km <sup>2</sup> (“antropogene” gronden komen in deze analyse overeen met de historische plaggengronden) (tabel 11 in bijlage 1) .....	27
Figuur 15 Percentage bodemafdichting per vochttype met de oppervlakte van de bodems in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk gewest (label) in km <sup>2</sup> van de niet-kunstmatige bodemtypes (tabel 12 in bijlage 1) .....	27

## Inhoudstafel tabellen

Tabel 1 Terminologie rond het thema 'Bodemafdicthting' .....	10
Tabel 2 De 21 geselecteerde achtste kaartbladen.....	16
Tabel 3 Opname- en publicatiegegevens van de gebruikte orthofoto's (2009). .....	17
Tabel 4 Overzicht gehanteerde datasets in de onderzoeksperiode 2005 - 2010 .....	24
Tabel 5 Bodemtype en vochttrap per bodemzone .....	26
Tabel 6 Samenvatting en vergelijking resultaten .....	29

## Bijlage

Tabel 7 Evolutie van de bebouwde oppervlakte (km <sup>2</sup> ) in Vlaanderen (figuur 3) .....	1
Tabel 8 Verloop van de brutobebouwing (1990 – 2009) in geselecteerde achtste kaartbladen (figuur 6) .....	2
Tabel 9 Toename brutobebouwing (%) per kaartblad gedurende de verschillende tijdsintervallen (figuur 7) .....	3
Tabel 10 Toename brutobebouwing (in hectare en %) in de verschillende bodemtypes aanwezig op de 21 achtste-kaartbladen (figuur 8 en 9) .....	4
Tabel 11 Percentage bodemafdicthting per bodemtype (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) met de oppervlakte van het bodemtype in km <sup>2</sup> (figuur 14) .....	5
Tabel 12 percentage bodemafdicthting per vochttype (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) (figuur 15) .....	5

## Samenvatting

*Bodemafdichting* is een fenomeen van verandering in de ruimte waarbij het bodemoppervlak wordt toegedekt met een of andere constructie van antropogene oorsprong, zoals gebouwen en wegen. De moeilijk omkeerbare afdichting van bodems heeft verschillende ongunstige gevolgen en dit niet alleen voor de locatie zelf, maar ook voor het omliggende terrein. Mogelijke gevolgen zijn overstromingen, watergebrek in diepere grondlagen, verlies van bodemfuncties en afname en fragmentatie van het landareaal. Om verdere afdichting te beheersen is inzicht noodzakelijk in de druk die de bodemafdichting uitoefent op het milieu. Om deze milieudruk te duiden, zijn sinds 2004 twee indicatoren gedefinieerd, namelijk 'evolutie van bebouwing' en 'bodemafdichting'.

De evolutie van de bebouwing is bepaald voor 21 achtste kaartbladen verspreid over Vlaanderen (i.e. 12 % van het Vlaamse grondgebied) op 5 tijdstippen (1990 – 1995 – 2000 – 2003 en 2009). Per kaartblad is de bruto-bebouwing berekend. De bruto-bebouwing is hierbij het aantal hectarehokken waarin minstens één element van bebouwing (met een huis als praktische eenheid van bebouwing) voorkomt per kaartblad. Deze tijdsreeks toont een gestage toename van de bruto-bebouwing in Vlaanderen in 2009 ten opzichte van 1990 (gemiddeld 3,2 %). De toename van de bebouwing gebeurt hoofdzakelijk nabij bestaande bebouwing waardoor de vochtige zand- en zandleembodems meestal als eerste worden ingepalmd bij de uitbreiding van het woongebied.

Om voor heel Vlaanderen de fractie van de verharde oppervlakte in te schatten, is een bodemafdichtingskaart opgemaakt. Deze bodemafdichtingskaart geeft voor de periode 2007 – 2009 de netto bodemafdichting (als oppervlaktepercentage) weer per km<sup>2</sup> waarbij bebouwing, steriele gronden, het wegennet en het spoorwegennet als verharding zijn beschouwd. Volgens deze kaart is 175 967 ha of 12,9 % van de Vlaamse bodem afgedicht (2007 – 2009). De bodemafdichtingskaart geeft aan dat in Vlaanderen, met name in de Westhoek, Zuid-Limburg en het Meetjesland, nog gebieden voorkomen met een laag afdichtingspercentage (minder dan 5 %). Hoge afdichtingspercentages (meer dan 20 %) worden vooral aangetroffen in de Vlaamse Ruit (Gent, Antwerpen, Leuven, Brussel), langs transportassen (vb. E17, E40, E314, E313, Albertkanaal, etc.) en langs de kustlijn. Ook uit de bodemafdichtingskaart blijkt dat de plaggenbodems het zwaarst worden getroffen door bodemafdichting. Leem- en kleibodems worden daarentegen meer gevrijwaard. Dit hebben ze vooral te danken aan hun hogere vruchtbaarheid, waardoor ze langer bewaard bleven onder landbouwgebruik. Ook op nattere bodemtypes is de bodemafdichting beperkt. De kans op overstroming in deze gebieden is immers groter.

## Summary

Soil sealing is a phenomenon of change in space where the surface is covered with some anthropogenic construction, for example buildings and roads. The irreversible sealing of soils has several unfavourable consequences for the location itself, and also for the surrounding area. Possible consequences are floods, water shortages in deeper soil layers, loss of soil functions and the decrease and fragmentation of land area. To control the process of soil sealing, insight in the environmental pressure induced by soil sealing is necessary. To identify the environmental pressure, two indicators are defined (since 2004), namely 'evolution of buildings' and 'soil sealing'.

The evolution of buildings is set for 21 map sheets spread randomly over Flanders (i.e. 12% of the Flemish region) at 5 points in time (1990 - 1995 - 2000 - 2003 and 2009). Per map sheet, the gross amount of buildings is determined. The gross amount of buildings represents the number of acres in which at least one building occurs (with the house as a practical unit buildings) per map sheet. The time series shows a steady increase in the gross amount of buildings in Flanders in 2009 compared to 1990 (average 3.2%). The increase is directed mainly to the soil types moist sand, sandy loam and dry anthropogenic sand. Due to their proximity to traditional settlements, these soil types are usually the first to be pocketed by the expansion of the residential area.

To estimate the fraction of the paved surface in Flanders, a map is created representing the net soil sealing (as a percentage of surface) per km<sup>2</sup>. Buildings, sterile land, the road network and rail network are considered as soil sealing. In total 175 967 ha or 12,9 % of Flanders is sealed (2007 – 2009). The map indicates that in a few areas in Flanders, low rates of soil sealing occur (< 5 %), particularly in Westhoek, the south of Limburg and Meetjesland. High sealing rates (> 20 %) are mainly found in the Flemish Diamond (Ghent, Antwerp, Leuven, Brussels), along transport routes (eg E17, E40, E314, E313, Albert Canal, etc.) and along the coastline. Also this map shows that the soil type that is most affected by soil sealing is the anthropogenic sand. Silty and clayey soils are, by contrast, more protected mainly due to their higher fertility that keeps these soils in agricultural use. Also on wet soiltypes, soil sealing is limited due to higher flood risks in these areas.

## Begrippenlijst

- Versnippering: Kwalitatieve benadering van de versnijding van landschappen door infrastructuur en bebouwing en het verscherpen van contrasten tussen naburige eenheden van bodemgebruik.
- Verstedelijking: Geografisch of planologisch ruim begrip dat uitdrukking geeft aan de uitbreiding van het geheel van bouwsels van menselijke oorsprong dat volledig of gedeeltelijk bestaat uit stenig, hard materiaal (beton, baksteen, natuursteen, asfalt of andere niet-natuurlijke harde materialen) én met de functie wonen, industrie, transport, diensten, recreatie en handel.
- Bebouwing: De omzetting van niet-bebouwde in bebouwde ruimte (op kadastraal niveau).
- Verharding: Het wijzigen van de aard en/of toestand van het bodemoppervlak door compactie (i.e. verdichting) of door het aanbrengen van artificiële, (semi-) ondoorlaatbare materialen 'met de bedoeling de draagkracht te verhogen' (i.e. verstening).
- Verstening: Kwalitatieve benadering (versteend of niet versteend) op grote schaal (m<sup>2</sup>-niveau) voor de stenige verharding op het oppervlak, door urbanisatie en meer algemeen bebouwing en verkeersinfrastructuur en allerlei kleine artificiële objecten.
- Verdichting: Het samendrukken van de bodem door externe mechanische krachten met het verlies van de bodemstructuur en afname van waterdoorlaatbaarheid als gevolg.
- Afdichting: Kwantitatieve benadering van de fractie (0 – 100 %) van het bodemoppervlakte waarop een artificieel, waterondoorlatend oppervlak (vb. gebouwen, wegen en andere constructies van antropogene oorsprong) is aangebracht zodanig dat het water niet meer kan infiltreren, maar afstroomt via het verharde oppervlak.

# 1. Beschrijving van de verstoring

## 1.1. Inleiding

*Bodemafdichting* is een fenomeen van verandering in de ruimte waarbij het bodemoppervlak wordt toegedekt met een of andere constructie van antropogene oorsprong, zoals gebouwen en wegen. De moeilijk omkeerbare afdichting van bodems heeft verschillende ongunstige gevolgen en dit niet alleen voor de locatie zelf, maar ook voor het omliggende terrein. Mogelijke gevolgen zijn overstromingen, watergebrek in diepere grondlagen, verlies van bodemfuncties en toenemende fragmentatie van het landareaal. Beperking van verdere afdichting zou dus een belangrijke plaats moeten innemen binnen de ruimtelijke ordening. In het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) zijn hiervoor reeds een aantal trendbreuken in het beleid ingezet zoals het principe van de gedeconcentreerde bundeling en de 60- 40-verdeling.

## 1.2. Terminologie

De verscheidene termen die courant gebruikt worden binnen het thema 'Versnippering' (bv. verstedelijking, verharding, verstening, afdichting, afdekking, ...) hebben allemaal bepaalde eigenschappen gemeen, maar verschillen van elkaar door kleine nuances in de definitie. De definities geven allen informatie over de aard van bodembedekking en/of bodemgebruik, behandelen allen bodembedekking van menselijke oorsprong (antropogeen) dat bestaat uit harde en/of stenige materialen zoals beton, asfalt, (bak)steen of kunststoffen. Verschillen tussen de begrippen zijn hoofdzakelijk terug te brengen tot de benadering van de definitie die ofwel gericht is op de functie van de bodembedekking ofwel op de aard van bodembedekking ofwel op de impact van de bedekking. Belangrijke tekortkomingen in de bestaande terminologie is:

- de niet gekwantificeerde schaalafhankelijkheid van de bestaande begrippen waardoor ze geen minimale kaarteenheden of resolutie definiëren
- de lage resolutie waarop de begrippen anticiperen waardoor op het gewenste schaalniveau (hoge resolutie) vaak nog veel onduidelijkheden zijn. (Meeus et al., 2004)

Op basis van deze eigenschappen en tekortkomingen worden in onderstaande tabel de termen toegelicht welke sinds 1996 gehanteerd zijn in het achtergronddocument thema 'Versnippering'. De definities zijn afgeleid van voorgaande achtergronddocument en waar nodig aangepast aan de huidige perceptie.

Tabel 1 Terminologie rond het thema 'Bodemafdichting'

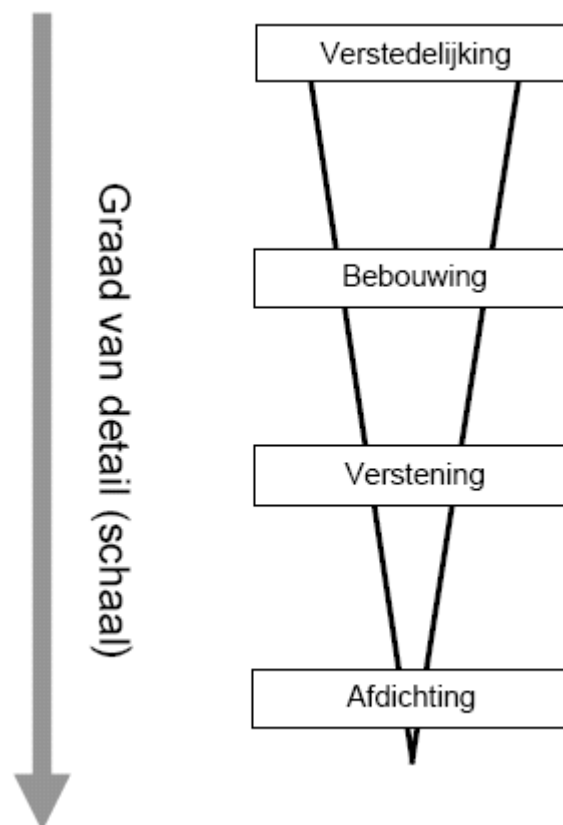
Term	Definitie	Opmerking
Versnippering	De versnijding van landschappen door infrastructuur en bebouwing en het verscherpen van contrasten tussen naburige eenheden van bodemgebruik.	Kwalitatief
Verstedelijking	De uitbreiding van het geheel van bouwsels van menselijke oorsprong dat volledig of gedeeltelijk bestaat uit stenig, hard materiaal (beton, baksteen, natuursteen, asfalt of andere niet-natuurlijke harde materialen) én met de functie wonen, industrie, transport, diensten, recreatie en handel.	Geografisch of planologisch, ruim begrip
Bebouwing	De omzetting van niet-bebouwde in bebouwde ruimte.	Kadastraal niveau
Verharding	Het wijzigen van de aard en/of toestand van het bodemoppervlak door compactie of door het aanbrengen van artificiële, (semi-) ondoorlaatbare materialen 'met de bedoeling de draagkracht te verhogen'.	Combinatie van verstening én verdichting

Term	Definitie	Opmerking
Verstening	Het aanbrengen van stenige verharding op het oppervlak, door urbanisatie en meer algemeen bebouwing en verkeersinfrastructuur en allerlei kleine artificiële objecten.	Kwalitatief (versteend of niet) Hoge resolutie (m <sup>2</sup> -niveau)
Verdichting	Het samendrukken van de bodem door externe mechanische krachten met het verlies van de bodemstructuur en afname van waterdoorlaatbaarheid als gevolg.	
Afdichting	Het aanbrengen van een artificieel, waterondoorlatend oppervlak op het bodemoppervlak (vb. gebouwen, wegen en andere constructies van antropogene oorsprong) zodanig dat het water niet meer kan infiltreren, maar afstroomt via het verharde oppervlak.	Kwantitatief Fractie die versteend én ondoorlatend is (0 – 100 %)

Sinds 2005 is de problematiek opgenomen in het achtergronddocument 'Bodem' onder het thema 'Afdichting'. Door in de MIRA-T rapporten gebruik te maken van de term 'Afdichting' richt het rapport de kijker op de kern van de problematiek en staat de impact van bebouwing, infrastructuur en andere constructies op de hydrologische cyclus en waterkwaliteit centraal.

Het eindverslag 'Verstening als milieuvariabele' (Meeus et al., 2004) toont aan dat 'verstedelijking' te grof is om de 'periurbane-zones' (met zowel verstedelijking als open ruimte) in Vlaanderen te beschrijven. Het begrip 'verstedelijking' omvat immers bebouwing, infrastructuurnetwerken, enz. en heeft bovendien een socio-culturele en socio-economische connotatie. Indien het schaalniveau nauwkeuriger wordt, bereikt men via 'bebouwing' de term 'verstening' of de versteende oppervlakken (figuur 1) (Meeus et al. 2004).

Figuur 1 Conceptuele overgang van 'verstedelijking' tot 'afdichting' (naar Meeus et al., 2004)



Hierbij is verstening het type bodembedekking dat van antropogene oorsprong is en bestaat uit stenig materiaal gebruikt voor eender welke vorm van constructie. Op het fijnste niveau beschouwd, kan dit materiaal gedeeltelijk waterdoorlatend zijn (bv. steenslag, doorgroeistenen etc.). Gedurende opeenvolgende jaren is 'verstening' gehanteerd als fysieke detaillering voor het begrip 'verstedelijking'. Thans gaat echter veel aandacht naar de impact van verstening op de hydrologische cyclus (o.a. toename afvoercoëfficiënt en versnelling van runoff) en de waterkwaliteit. Aangezien hierin de aard van het versteningsmateriaal een belangrijke rol speelt (o.a. afstroomcoëfficiënt, doorlaatbaarheid, etc.), zal het begrip 'verstening' binnen deze context niet meer specifiek genoeg zijn.

Het begrip 'afdichting' speelt in deze context een belangrijke rol aangezien in de definitie ondubbelzinnig de hydrologische impact van het oppervlak vervat zit. Dit maakt het mogelijk te spreken van een 'mate van afdichting'. In deze context kan 'afdichting' gezien worden als endmember van 'verstedelijking' (figuur 1).

Uit tabel 1 en figuur 1 blijkt dat doorheen de termen een schaal-gradiënt loopt. 'Schaal' bestaat in deze context uit 3 componenten die met elkaar interageren (figuur 2):

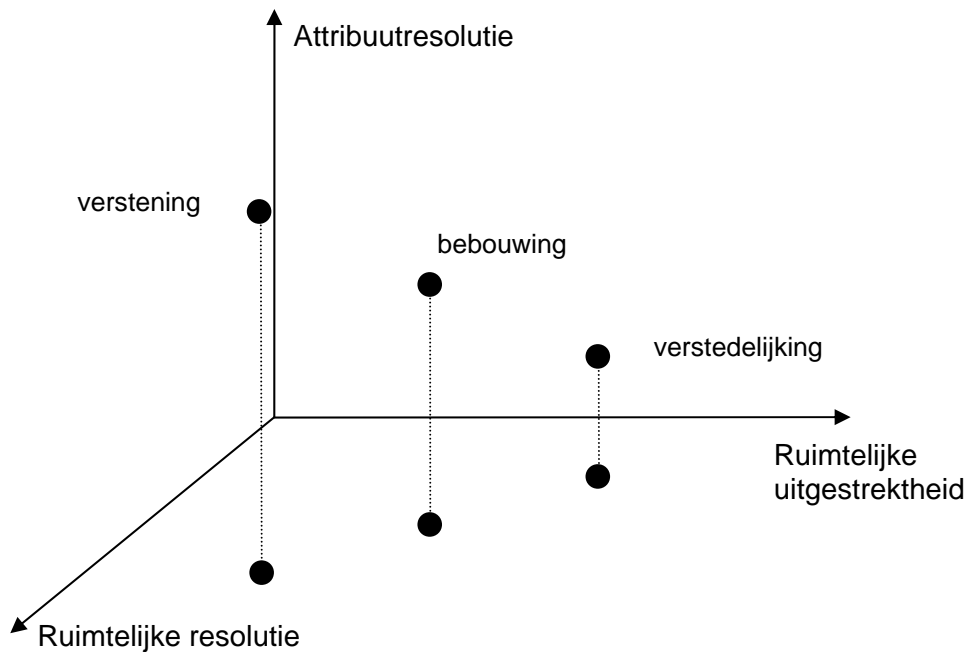
- Ruimtelijke uitgestrektheid: vb. niveau van perceel of niveau van Vlaanderen.
- Ruimtelijke resolutie: vb. op het niveau van Vlaanderen wordt hoofdzakelijk gewerkt op kleine schaal of lage resolutie. Op het niveau van percelen wordt meestal op grote schaal of hoge resolutie gewerkt.
- Attribuut resolutie: Op hoge resolutie worden andere attributen onderscheiden? (vb. aard van het stenige materiaal) dan op lage resolutie (vb. algemeen onderscheid bebouwing of infrastructuur).

De mate van ruimtelijke uitgestrektheid, ruimtelijke resolutie en attribuut resolutie is afhankelijk van term tot term. Bijvoorbeeld:

- De term 'verstedelijking' wordt gekenmerkt door een grote ruimtelijke uitgestrektheid (i.e. een groot gebied), een lage ruimtelijke resolutie (i.e. kleine schaal) en een lage attribuutresolutie (vb. onderscheid maken tussen bebouwing en infrastructuur);
- De term 'verstening' wordt gekenmerkt door een kleine ruimtelijke uitgestrektheid (i.e. slechts een klein gebied wordt in rekening gebracht), een hoge ruimtelijke resolutie (i.e. grote schaal) en een hoge attribuutresolutie (vb. classificatie op basis van de aard van het stenig materiaal).

De verschillende termen uit figuur 1 en tabel 1 kunnen binnen dit diagram gesitueerd worden, zoals voor enkele termen weergegeven in figuur 2.

Figuur 2 De 3 componenten van 'schaal'



### 1.3. Mechanismen van bodemafdicthing

In Vlaanderen, maar ook in vele regio's elders in de wereld, maken meerdere maatschappelijke sectoren aanspraak op de onbebouwde ruimte om te voldoen aan de groeiende noden voor infrastructuur gericht op wonen, werken, verplaatsen en recreëren. Inname van ruimte die momenteel gebruikt of beheerd wordt door en voor landbouw, bosbouw of natuur, leidt tot afdicthing en veelal tot vernietiging van de bodem.

Toename van bebouwing is een van de belangrijkste oorzaken van bodemafdicthing in Vlaanderen. Door de grote toegankelijkheid neemt de bebouwing het meest toe in de buurt van grote wegen, zoals in de stadsranden en in de bebouwde kernen van het buitengebied. Naast bebouwing, levert in Vlaanderen de transportinfrastructuur een belangrijke bijdrage aan de afdicthing van de bodem. De totale lengte van het Vlaamse wegennet bedraagt immers 73 701 ha (administratie voor wegen en verkeer, gegevens van 2006). Dit komt neer op circa 5,5 % van de totale oppervlakte van Vlaanderen.

### 1.4. Gevolgen van bodemafdicthing

Bodemafdicthing leidt vaak tot de vernietiging van de bodem, met als gevolg dat meerdere van de oorspronkelijke bodemfuncties te loor gaan. Het gaat om:

- het verlies van *productiecapaciteit* voor biomassa, zoals een verlies van voedsel-, vezel-, hout- en energieproductie.
- Vermindering van wateropslag in de bodem. Door de toename van de verharde oppervlakte en de gereduceerde infiltratiecapaciteit wordt het regenwater versneld afgevoerd via het verharde oppervlak. Het afstromende water krijgt niet de kans om langzaam in de grond te trekken, met een vergrote kans op overstromingen tot gevolg. In tegenstelling tot deze overstromingen leidt de gereduceerde infiltratiecapaciteit ook tot verdroging. Door de beperkte infiltratie en insijpeling daalt immers het grondwaterpeil.
- verlies van *reactorfunctionaliteit* nodig voor transformatie, filtering en opslag van chemicaliën (koolstof, stikstof, fosfor, organische en anorganische pollutanten, etc).
- verlies van functionaliteit als *biologische habitat en genetische opslagruimte*. Het verspreid voorkomen van deze waterdoorlaatbare elementen fragmenteert immers de open ruimte. Wegen vormen dodelijke vallen voor vele dieren, dammen onoverbrugbare barrières voor vissen

en de alsmaar grotere afstand tussen natuurgebieden leidt tot isolatie van soorten. De belangrijkste effecten van habitatfragmentatie zijn enerzijds de reductie van de oppervlakte van habitatfragmenten en anderzijds de toename van ruimtelijke isolatie (Verbeylen G. et al., 2003; Imre A.R, 2004; Merckx T. et al., 2003). De negatieve effecten van habitatversnippering op zoogdier-, vogel- en insectenpopulaties worden, op basis van empirisch onderzoek, in de literatuur grotendeels bevestigd (bijv. Pimm et al., 1988).

### **1.5. Beleid in Vlaanderen**

De beheersing van verdere afdichting is in grote mate een zaak van een goede ruimtelijke ordening. Met het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen (RSV) zijn een aantal trendbreuken in het beleid ingezet. De belangrijkste zijn:

- het principe van de gedeconcentreerde bundeling. Hierbij wordt gestreefd naar een selectieve concentratie van de groei van het wonen, het werken en de andere maatschappelijke functies in de stedelijke gebieden en in de kernen van het buitengebied. Men spreekt van gedeconcentreerde bundeling omdat er rekening wordt gehouden met het bestaande spreidingspatroon van functies in Vlaanderen (i.e. de bestaande deconcentratie) en met de dynamiek van de functies in Vlaanderen (RSV, 2004);
- de afbakening van het buitengebied;
- de 60- 40-verdeling. Die verdeling betekent dat bijkomende woongelegenheden voor 60 % moet worden geplaatst over de geheel of gedeeltelijk tot het stedelijke gebied behorende gemeenten en de overige 40 % in de kernen van de gemeenten van het buitengebied.

Zodoende resulteren al die principes van het RSV in theorie enerzijds in een relatieve vrijwaring van het buitengebied, maar anderzijds in een mogelijke verdere afdichting van de reeds bebouwde gebieden. Die verdere afdichting kan negatieve effecten hebben op het vlak van waterhuishouding en microklimaat. Om dat op te vangen is er de stedenbouwkundige verordening hemelwaterputten (1 oktober 2004), waarin minimale voorschriften zijn opgenomen voor lozing van niet-verontreinigd hemelwater van verharde oppervlakken. De toepassing van die verordening is niet voldoende om de problemen als gevolg van afdichting op te vangen. Het is eveneens van belang door allerlei maatregelen van voorzorg, herinrichting en aangepast beheer de niet-afgedichte oppervlakte van Vlaanderen te vrijwaren. Diverse beleidsvelden spelen daarin een rol: landbouw, platteland, milieu, natuur enz. Bovendien moet er meer directe beleidsaandacht gaan naar het verlies van waardevol bodempatrimonium als gevolg van afdichting, een aspect dat onvoldoende in rekening wordt gebracht.

## 2. Indicatoren

Om de milieudruk, veroorzaakt door afdichting van de bodem, te duiden zijn twee indicatoren gedefinieerd, namelijk de *evolutie van de bebouwing* en de *bodemafdichting*.

### 2.1. Evolutie van bebouwing

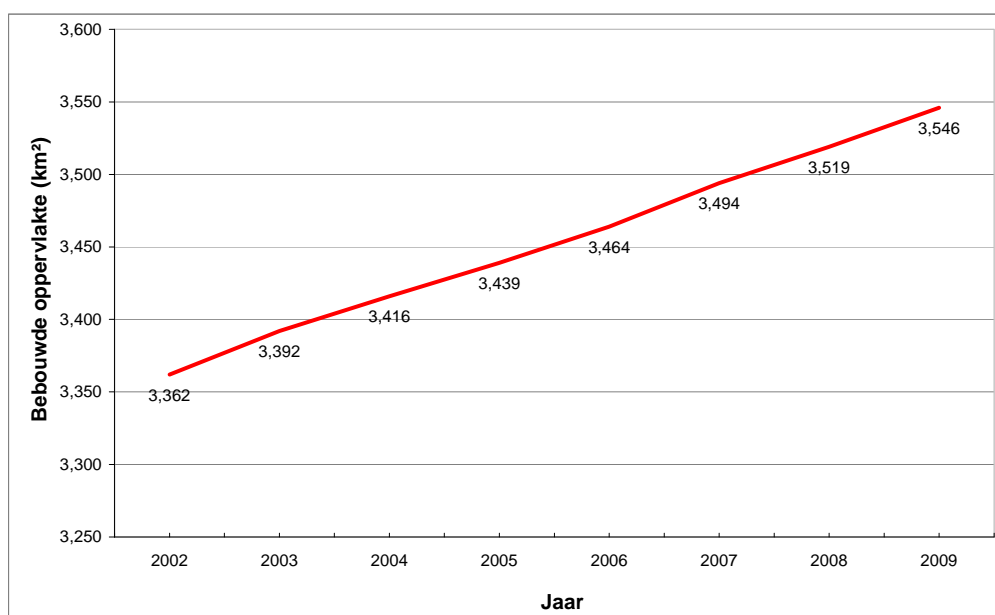
#### 2.1.1. Inleiding

Sinds het begin van de 21<sup>e</sup> eeuw is er een trend naar individualisering van woningen. Op de woningmarkt bestaat een groeiende vraag naar vrijstaande woningen. Deze tendens veroorzaakt een verschuiving van de woonfunctie van de stadskern naar de periferie. Lintbebouwing bestaat al lang en is wijdverspreid. Maar vooral na WOII heeft lintbebouwing de open ruimte snel en grondig aangetast. Distributieketens vestigen zich sinds midden van de jaren '80 langsheen de steenwegen en bedrijven vestigen zich dikwijls langsheen de belangrijke verkeersassen. Vroeger waren dit vooral het Albertkanaal of het Kanaal Gent-Terneuzen. Tegenwoordig zijn dit vooral de belangrijkste verbindingswegen en de onmiddellijke nabijheid van de op- en afritten omwille van de zichtlocaties, de 'just-in-time' productie of omwille van de combinatie van vervoer, opslag en distributie in hetzelfde bedrijf.

Uit de voorgaande MIRA-T rapporten blijkt dat er een tendens bestaat tot meer concentratie. Dit betekent dat nieuwe woningen eerder tegen bestaande gebouwengroepen worden aangebouwd dan geïsoleerd in de open ruimte. Om de evolutie van bebouwing in Vlaanderen na te gaan is voor 21 achtste-kaartbladen de bruto-bebouwing bepaald op 5 tijdstippen (1990-1995-2000-2003-**2009**). Deze tijdsreeks geeft een idee van de opmars van bebouwing in Vlaanderen.

Deze tijdsreeks wordt vergeleken met de opmars van bebouwing in Vlaanderen zoals bepaald op basis van de gegevens van de administratie van het Kadaster en FOD Economie. Volgens de administratie van het Kadaster en FOD Economie neemt de oppervlakte van de bebouwde percelen (in km<sup>2</sup>) in Vlaanderen gestaag toe (Figuur 3). Sinds 2003 is een bebouwingstoename van 1,14 % vastgesteld met in 2009 circa 26% van de Vlaamse kadastrale oppervlakte bebouwd (i.e. 3 546 km<sup>2</sup>). Hoewel een bebouwd perceel niet noodzakelijk voor 100 % volgebouwd of afgedicht is, geeft de kadastrale bebouwingsgraad reeds een goede indicatie van de afdichting in Vlaanderen.

*Figuur 3 Evolutie van de bebouwde oppervlakte (km<sup>2</sup>) in Vlaanderen op basis van de gegevens van de administratie van het Kadaster en FOD Economie (tabel 7 in bijlage 1)*

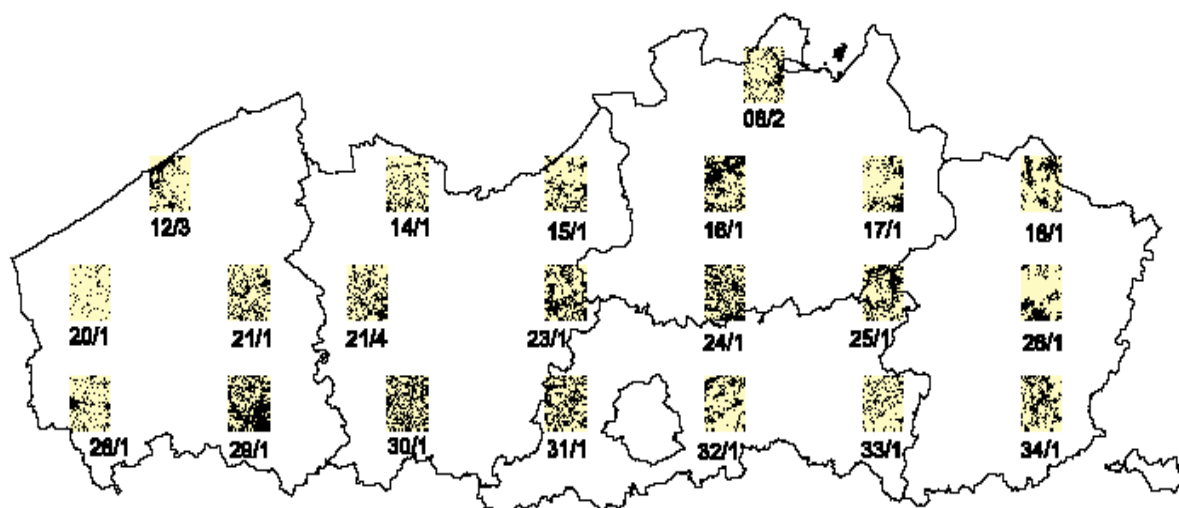


Bron: [http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/leefmilieu/geo/bebouwde\\_gronden/index.jsp](http://statbel.fgov.be/nl/statistieken/cijfers/leefmilieu/geo/bebouwde_gronden/index.jsp)

### 2.1.2. Methode

In 2004 is de evolutie van de bruto-bebouwing (1990-2003) bepaald voor 21 kaartbladen verspreid over Vlaanderen (Figuur 4 en tabel 2). De kaartbladen zijn zodanig gekozen dat alle provincies van Vlaanderen voorkomen én een goede steekproefverdeling wordt bekomen. Elk kaartblad is een achtste kaartblad van de topografische kaart zoals uitgegeven door het Nationaal Geografisch Instituut (NGI) en beslaat een oppervlakte van 80 km<sup>2</sup> (10 km noord-zuid en 8 km west-oost). De 21 achtste kaartbladen maken samen 12 % uit van de oppervlakte van Vlaanderen.

Figuur 4 De 21 geselecteerde achtste kaartbladen



Tabel 2 De 21 geselecteerde achtste kaartbladen

kaartblad*	naam	kaartblad*	naam
08/2	Hoogstraten	24/1	Putte
12/3	Bredene	25/1	Tessenderlo
14/1	Bassevelde	26/1	Helchteren
15/1	St.-Gillis-Waas	28/1	Poperinge
16/1	Schilde	29/1	Lendeledede
17/1	Mol	30/1	Zwalm
18/1	Hamont-Achel	31/1	Ternat
20/1	Zoutenaai	32/1	Bertem
21/1	Wingene	33/1	Zoutleeuw
21/4	Nevele	34/1	Bilzen
23/1	Baasrode		

\*Dit zijn de standaardcodes van het NGI: de eerste code is het kaartblad, de tweede code (1-8) verwijst naar de achtste-onderdelen van een kaartblad.

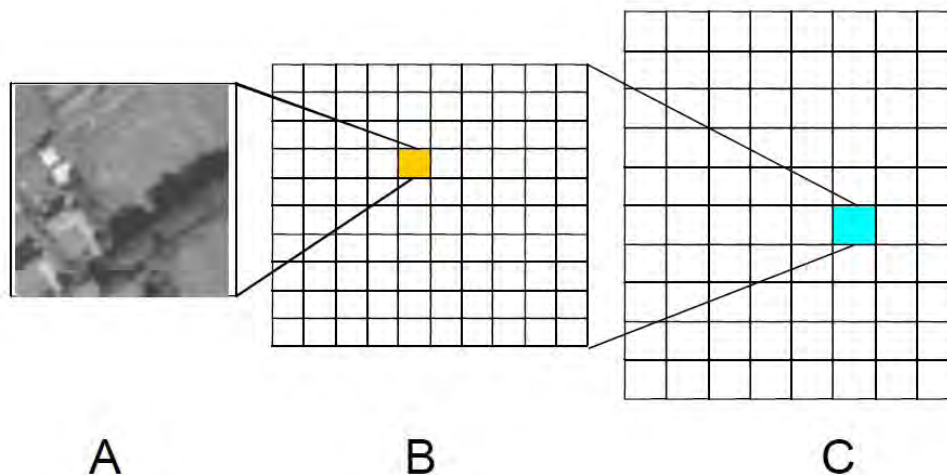
Bron: NGI-orthofotobestanden

Per kaartblad is de bruto-bebouwing berekend. De bruto-bebouwing is het aantal hectarehokken met minstens één element van bebouwing per oppervlakte-eenheid (achtste-kaartblad, vierkante kilometer, ...). Een huis is hierbij de praktisch eenheid van bebouwing. Dit betekent dat bebouwing en bebouwde structuren met de minimale oppervlakte van een huis (vb. huis, handels- en industriegebouwen, appartementen, ziekenhuizen, etc.) opgenomen zijn als bebouwde oppervlakte. Transportinfrastructuur is niet meegerekend aangezien het enkel gaat om de evolutie van bebouwing.

Op basis van de orthofoto's van Vlaanderen wordt voor ieder hectarehok (Figuur 5 A) de aan- of afwezigheid van bebouwing vastgesteld. Vervolgens wordt voor ieder kilometerhok de bruto-bebouwing berekend zijnde de som van het aantal hectarehokken met bebouwing binnen het

kilometerhok (Figuur 5 B). Tot slot wordt de bruto-bebouwing van het kaartblad bepaald zijnde de som van het aantal hectarehokken met bebouwing binnen het achtste-kaartblad (Figuur 5 C). Deze procedure is reeds uitgevoerd op basis van de orthofoto's van 1990, 1995, 2000, 2003 en 2009. Op deze manier was het mogelijk een evolutie in de tijd van de (bruto) bebouwing in Vlaanderen te benaderen.

*Figuur 5 Analyseschema. A Voorbeeld van het hectarehok met ijle bebouwing uit een orthofoto (NGI, 1995), B Kilometerhok waarvoor de indicator wordt berekend, C Achtste-kaartblad met 80 kilometerhokken*



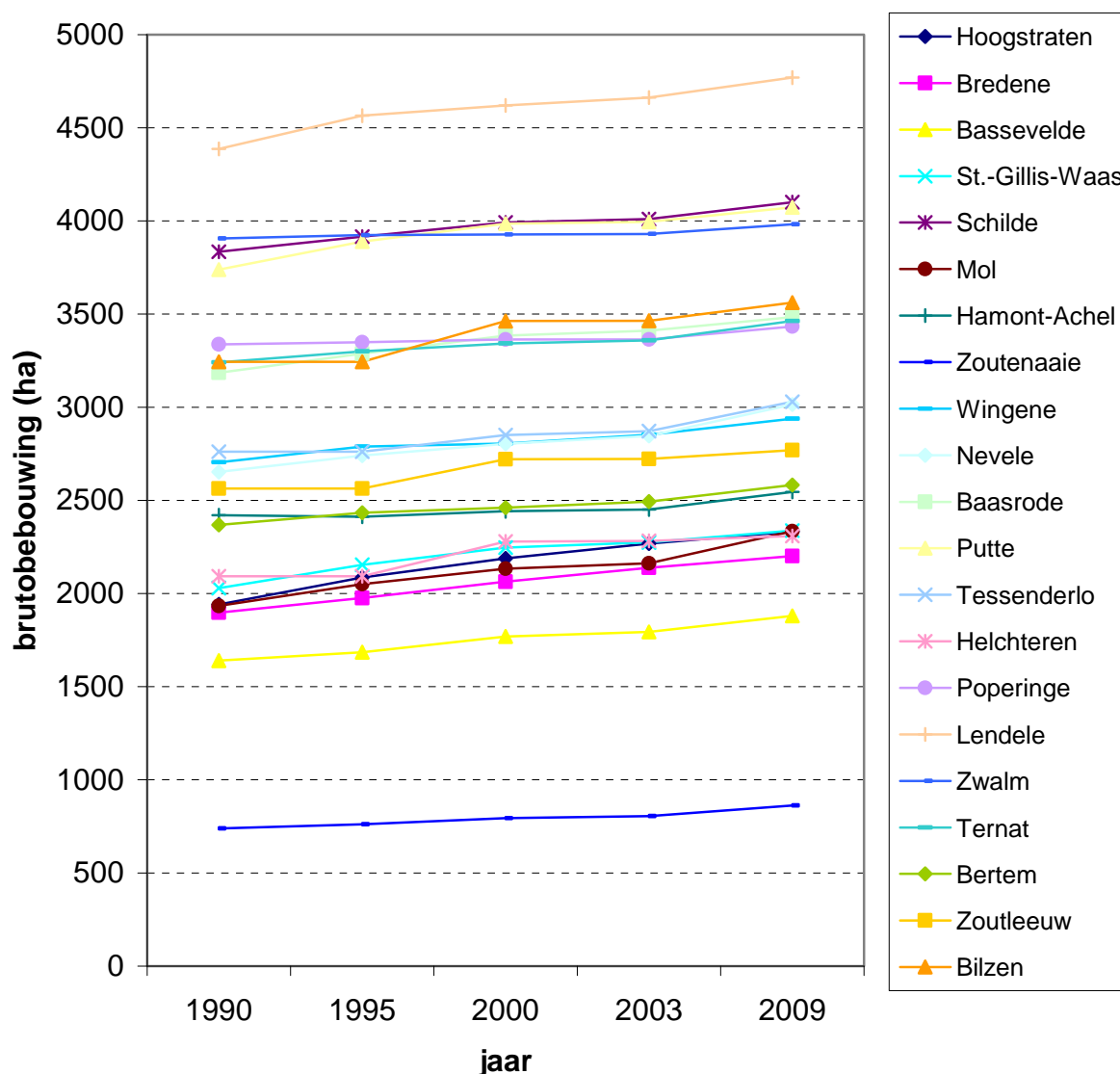
### 2.1.3. Evolutie van bruto-bebouwing in Vlaanderen

Op basis van de orthofoto's van 1990, 1995, 2000, 2003 en 2009 is een tijdsreeks van de bruto-bebouwing bepaald. Op deze manier is het mogelijk een evolutie van de (bruto) bebouwing in Vlaanderen te benaderen. Hierbij wordt wel opgemerkt dat voor de orthofoto's van 2009 enkel die hectarehokken zijn geëvalueerd die in 2003 als onbebouwd zijn aangeduid. Er wordt dus vanuit gegaan dat er enkel bebouwing bijkomt en geen bebouwing verdwijnt. De opname- en publicatiegegevens van de gebruikte orthofoto's (2009) zijn weergegeven in tabel 3.

*Tabel 3 Opname- en publicatiegegevens van de gebruikte orthofoto's (2009)*

Provincie	Opname	Publicatie
Oost-Vlaanderen	13 en 14 maart 2006	17 september 2007
Vlaams-Brabant	6, 8 en 16 april 2007	10 oktober 2008
Antwerpen	10 en 12 maart en 4 en 8 april 2007	7 november 2008
Limburg	10, 27 en 28 maart en 8 april 2007	16 oktober 2008
West-Vlaanderen	29 en 30 december 2008	24 juni 2009

Figuur 6 Verloop van de bruto-bebouwing (1990 – 2009) in geselecteerde achtste kaartbladen (tabel 8 in bijlage 1)



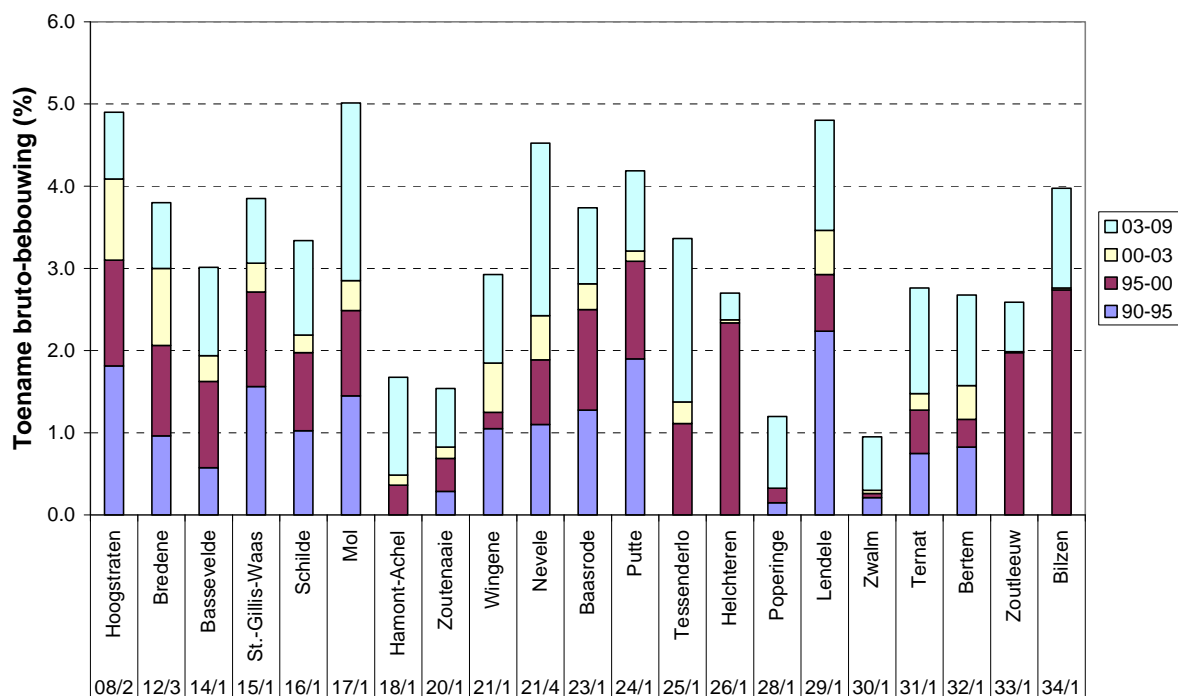
Bron: NGI orthofotobestanden ,eigen terreininventarisatie (1990 – 2003) en orthofoto's (2009)

Figuur 6 toont de evolutie van de bruto-bebouwing in Vlaanderen over de periode 1990 – 2009. Voor elk van de kaartbladen kan een gestage toename van de bruto-bebouwing vastgesteld worden ten opzichte van 1990 (gemiddeld 3,2 %). Ten opzichte van de voorgaande inventarisatie in 2003 is de bruto-bebouwing gemiddeld 1,1 % toegenomen, hetzij 0,22 % per jaar. Op basis van de orthofoto's van 2009 is gebleken dat 36,9 % van de 21 kaartbladen (bruto-) bebouwd is.

Het percentage bebouwing bepaald in deze tijdsreeks ligt hoger dan het bebouwingspercentage bepaald op basis van de gegevens van de administratie van het Kadaster en FOD Economie (i.e. circa 26 %) (Figuur 3). Dit kan verklaard worden doordat in de tijdsreeks de bebouwde oppervlakte is bepaald op basis van de bruto-bebouwing (i.e. op basis van de aan- of afwezigheid van bebouwing in een hectarehok). De bebouwde oppervlakte afgeleid door de administratie van het Kadaster en FOD Economie is bepaald op basis van de kadastrale percelen. Tevens is het bebouwingspercentage bepaald door de administratie van het Kadaster en FOD Economie afgeleid voor het hele Vlaamse grondgebied, terwijl het bebouwingspercentage uit de tijdsreeks is gebaseerd op 21 steekproeven. Het voordeel van de tijdsreeks uit dit rapport is dat een de evolutie van bebouwing in een specifiek gebied nauwgezet kan geobserveerd worden op basis van de recentste orthofoto's en dat een onderscheid kan gemaakt worden tussen de evolutie van bebouwing binnen de verschillende types gebieden (vb. landelijk, stedelijk, etc.).

De toename van bebouwing sinds 2003 bepaald op basis van de tijdsreeks (1,10 %) verschilt niet significant van de toename van bebouwing sinds 2003 bepaald op basis van de gegevens van de de administratie van het Kadaster en FOD Economie (1,14 %) . Deze gelijkenis bevestigt tevens dat de evolutie zoals beschreven in de tijdsreeks betrouwbaar is en representatief is voor Vlaanderen.

Figuur 7 Toename brutobebouwing (%) per kaartblad gedurende de verschillende tijdsintervallen (tabel 9 in bijlage 1)



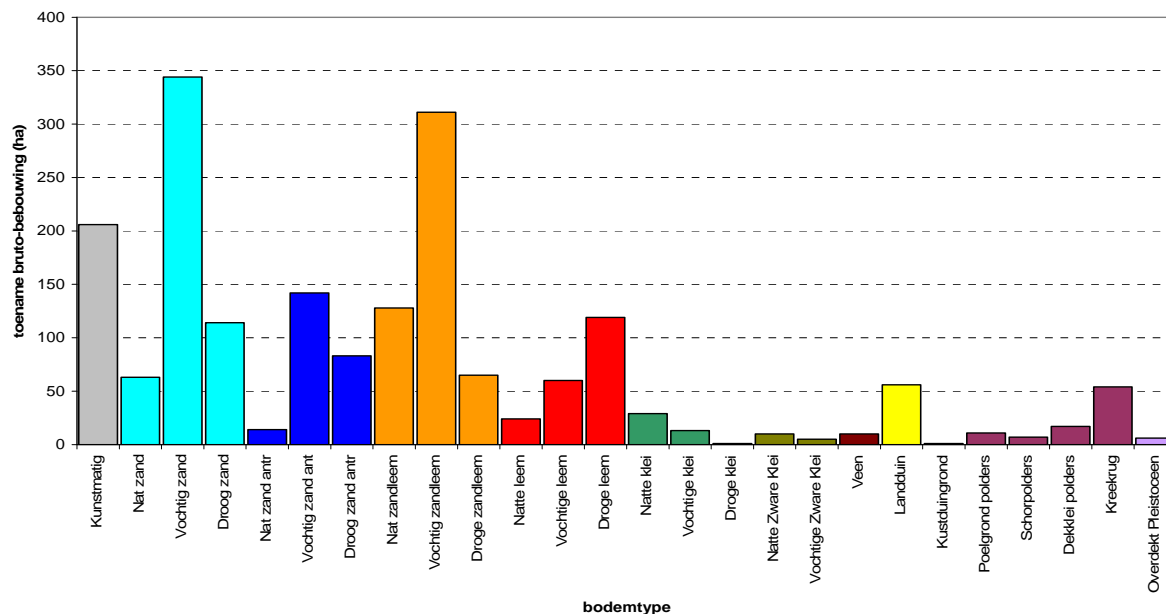
Uit figuren 6 en 7 blijkt dat de kaartbladen Hamont-Achel (1,6 ha/km<sup>2</sup>), Zwalm (0,9 ha/km<sup>2</sup>), Zoutenaai (1,5 ha/km<sup>2</sup>) en Poperinge (1,2 ha/km<sup>2</sup>), als typische landelijke gebieden, een lage absolute groei kennen (sinds 1990). Ondanks de ligging tussen Brussel en Leuven vertoont het kaartblad Bertem een vrij lage bebouwingsgroei (2,7 ha/km<sup>2</sup>). Mol en Hoogstraten, gebieden met een lage uitgangssituatie qua bewoningsdichtheid zijn de sterkste groeiers in absolute cijfers (respectievelijk 5,0 ha/km<sup>2</sup> en 4,9 ha/km<sup>2</sup>) ten opzichte van 1990. De overige kaartbladen kennen een absolute groei van circa 3 à 4 ha/km<sup>2</sup>.

Ten opzichte van 2003 is er is geringe afname van de groeisnelheid in 2 van de kaartbladen (8/2 – Hoogstraten en 12/3 – Bredene). In beide gebieden is sinds de start van de tijdsreeks (1990) een dalende trend in de groeisnelheid te onderscheiden. In de overige gebieden is de groeisnelheid licht toegenomen ten opzichte van 2003. De kaartbladen met de kleinste aangroei van bebouwing (sinds 2003) zijn Helchteren (26/1), Zoutleeuw (33/1) en Zwalm (30/1). Nevele (21/4), Tessenderlo (25/1) en Mol (17/1) kenden de sterkste toename sinds 2003. De totale toename in bruto-bebouwing is vergelijkbaar met de totale toename in de voorgaande periodes 1990 – 1995, 1995 – 2000 en 2000 – 2003.

#### 2.1.4. Evolutie van bruto-bebouwing per bodemtype

Deze toename van de bruto-bebouwing neemt bepaalde bodemtypes in die afgedicht worden en hun oorspronkelijke functie verliezen. Figuur 8 geeft een overzicht van het aantal hectaren van een bepaald bodemtype die ingepalmd worden door de toenemende (bruto-) bebouwing en dit voor de steekproef van 21 achtste kaartbladen.

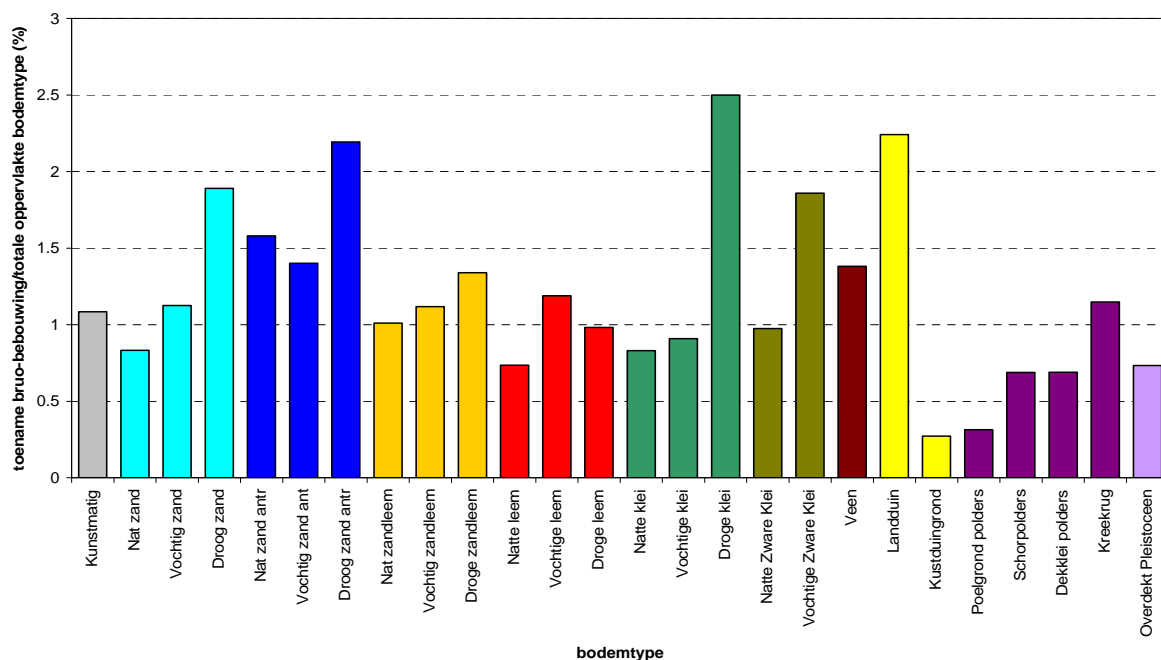
Figuur 8 Bruto toename bebouwing (in hectare) in de verschillende bodemtypes (2003 – 2009) (“antropogene” bodemtypes (antr) komen in deze analyse overeen met de historische plaggengronden) (tabel 10 in bijlage 1)



Bron: K.U. Leuven op basis van NGI - topografische kaart en digitale bodemkaart Vlaanderen (versie 2001)

Uit figuur 8 blijkt dat net als in 2003 de vochtige zandgronden het sterkst ingepland worden, gevolgd door vochtig zandleem en vochtig zand antropogeen. De toename van bruto-bebouwing, zoals weergegeven in bovenstaande grafiek, houdt echter geen rekening met het feit dat bepaalde bodemtypes niet ingepland worden omdat ze praktisch niet voorkomen. Daarom is in figuur 9 de verhouding van de bruto toename bebouwing in een bepaald bodemtype en de totale oppervlakte van dat bodemtype in de steekproef bepaald.

Figuur 9 Verhouding van de bruto toename bebouwing in een bepaald bodemtype tot de totale oppervlakte van dat bodemtype (2003-2009) (tabel 10 in bijlage 1)



Bron: K.U. Leuven op basis van NGI - topografische kaart en digitale bodemkaart Vlaanderen (versie 2001)

In dit geval staan vooral de kleigronden (droge klei en vochtige zware klei) en landduinen onder druk. Dit is met name te verklaren door de beperkte oppervlakte die deze bodemtypes innemen binnen de achtste kaartbladen waardoor de minste toename van verharding meteen zal leiden tot hoge percentages van bodemafdichting. Ook naar de droge zandgronden en plaggenbodems gaat hoofdzakelijk de voorkeur om te bebouwen. Door hun ligging rond traditionele nederzettingen, worden deze gronden immers meestal het eerste ingepalmd bij uitbreiding van het woongebied. Opvallend is dat hoofdzakelijk de droge gronden worden ingenomen door bebouwing. De kans op wateroverlast is op deze droge gronden immers kleiner omdat ze doorgaans wat hoger gelegen zijn dan de natte bodems.

## **2.2. Bodemafdichting**

### **2.2.1. Inleiding**

Een belangrijke fractie van de bebouwde oppervlakte in Vlaanderen is hermetisch afgedicht. Om deze oppervlakte in te schatten is in 2004 een bodemafdichtingskaart (toen versteningskaart genoemd) opgemaakt op basis van de digitale rasterversie van de 1/10.000 topografische kaart van het NGI (Top10vGIS).

Een eerste versie van de bodemafdichtingskaart van Vlaanderen is voorgesteld in het rapport MIRA-T 2005. Sindsdien is de versie uitgebreid, maar de bedekking was nog niet volledig. In 2005 en 2007 zijn gedetailleerde veldopnames uitgevoerd van de verharding (gebouwen, opritten, etc.) wat toeliet de (netto) bodemafdichting correct in te schatten. Deze 'verfijnde' bodemafdichtingskaart geeft de netto bodemafdichting (als oppervlaktepercentage) weer per km<sup>2</sup> en dit voor het hele Vlaamse grondgebied.

### **2.2.2. Analyse datasets**

Tot nog toe is de topografische kaart (1:10.000) gehanteerd als basis voor de ontwikkeling van de (ruwe) bodemafdichtingskaart van Vlaanderen. Aangevuld met gegevens van terreinmetingen en orthofoto's is een kaart gecreëerd die de graad van bodemafdichting per eenheid van oppervlakte weergeeft. De eenheid van oppervlakte (pixelgrootte) is hierbij afhankelijk van technische specificaties en beperkingen en de gewenste nauwkeurigheid (Meeus, 2004). De resolutie van de gehanteerde orthofoto's of topografische kaarten laat het echter niet toe om kleinere versteende elementen (vb. opritten, fiets- en wandelpaden, tuinbouwsels, fundamenteeringen van pylonen, straatmeubilair, enz.) te identificeren. Daarom focuste het onderzoek naar 'bodemafdichting' tot dusver op bebouwing en infrastructuur.

Gedetailleerde informatie met betrekking tot bodemafdichting is echter noodzakelijk ter voorspelling van gevolgen van bodemafdichting op de waterkwaliteit en als input voor talrijke hydrologische modellen voor de voorspelling van de waterafvoer (Dougherty et al., 2004). Chormanski et al. (2008) hebben aangetoond dat met multi-spectrale classificatie van hoge resolutie satellietbeelden (bv. Ikonos, Quickbird 2 sensor) de ruimtelijke distributie van afgedichte oppervlakken vrij accuraat kan gekarteerd worden. Dergelijke gedetailleerde informatie is één van de belangrijkste factoren in de schatting van piekafvoer en leidt tot betere schattingen dan expertenkennis in de vorm van gemiddelde fractie afdichting voor verschillende landgebruiktypen (Chormanski et al, 2008; Verbeeck et al., in press).

De objectgerichte beeldclassificatie toegepast op hoge resolutie satellietbeelden blijkt een aanzienlijk potentieel te hebben voor de extractie en classificatie van afgedichte oppervlakken in stedelijke gebieden (Van de Voorde et al., 2003). Met behulp van de objectgerichte beeldclassificatie kan de omvang, de locatie en de verandering van afgedichte oppervlakken met hoge resolutie bepaald worden voor grote gebieden waar intensieve terreininventarisatie niet meer mogelijk is (Verbeeck et al., in press). Deze beeldclassificatie is gebaseerd op de segmentatie van het beeld in multi-pixel objecten op basis van de spectrale heterogeniteit / homogeniteit van de omliggende pixels. Na de segmentatie worden de objecten geclassificeerd op basis van de spectrale informatie, maar ook op basis van vorm, textuur en andere a priori kennis over de te extraheren objecten. Met deze techniek slaagt men erin op een vrij accurate wijze de kleine tot grote afdichtende elementen te extraheren en te classificeren.

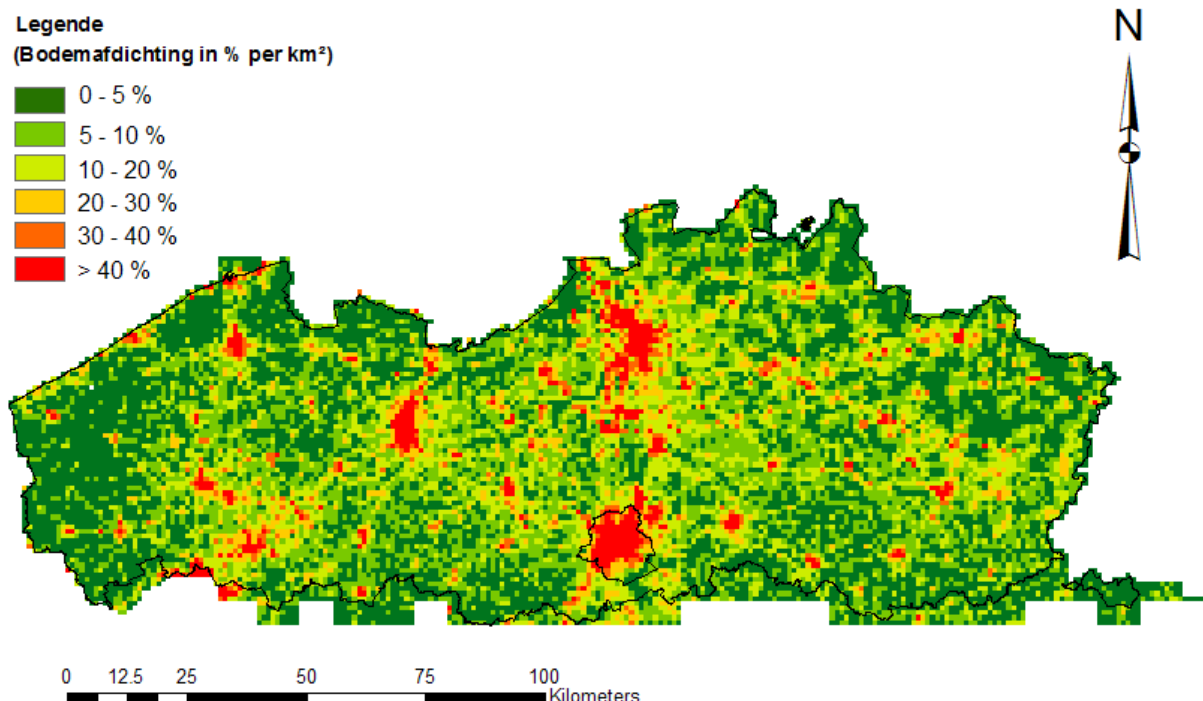
Hoewel veelbelovend, is deze methode nog niet met voldoende succes toegepast voor Vlaanderen. Tevens dient nog steeds rekening gehouden te worden met de beperkingen van satellietbeelden zoals de afhankelijkheid van atmosferische factoren, het weer en van tijdsfactoren. Om deze beïnvloedende factoren te minimaliseren, dienen tal van 'verbeteringen' (pre-processing) uitgevoerd te worden welke arbeidsintensief en kostelijk zijn. Dit, net als de opname zelf, zorgt er voor dat satellietbeelden tot nog toe dure databronnen zijn en juist daarom niet op ieder gewenst moment beschikbaar. Er wordt daarom verdergewerkt met een de topografische kaart van het NGI die de meest recente kartografische informatie van bodemafdicthting bevat (diverse klassen als wegen en gebouwen).

### 2.2.3. Methode

De digitale rasterversie van de landgebruikslaag van Top10vGIS (pixelgrootte 0,6 m bij 0,6 m) is herschaald naar een raster met pixelgrootte 1 m bij 1 m. Dit raster is geherclassificeerd waarbij de gebieden uit de klassen 'gebouw', 'steriele grond' (harde topografie zoals bruggen, viaducten, hoogspanningslijnen, etc.), 'wegennet' en 'spoorwegennet' de gebieden met een afgedichte bodem zijn en de overige klassen gebieden met een niet-afgedichte bodem. Deze herclassificatie geeft als resultaat een raster met een celgrootte van 1m x 1m waarin de cellen met afgedichte bodem een attribuutwaarde 1 en de cellen met niet-afgedichte bodem een attribuutwaarde 0 hebben. Deze cellen zijn vervolgens geaggregeerd naar kilometerhokken (1 km x 1 km) waarbij de hoeveelheid bodemafdicthting van deze kilometerhokken gelijk is aan het aantal m<sup>2</sup> afgedichte bodem in het kilometerhok. Na omzetting naar 'oppervlaktepercentage bodemafdicthting' wordt de 'ruwe' bodemafdicthtingkaart bekomen (figuur 10).

Er wordt hier gesproken van een 'ruwe' bodemafdicthtingkaart aangezien er wordt verondersteld dat met de landgebruikkaart van het NGI systematisch een onderschatting wordt bekomen van de werkelijke bodemafdicthting aangezien opritten, tuinhuisjes, etc. op de topografische landgebruikkaart van het NGI vaak niet als verharding worden opgetekend.

*Figuur 10 Ruwe bodemafdicthtingkaart (oppervlaktepercentage per km<sup>2</sup>) van Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*



Om met deze onderschatting rekening te houden zijn in 2004 en 2007 op basis van terreininformatie lineaire verbanden bepaald tussen de geherclassificeerde topografische kaart en de werkelijke bodemafdicthting die op het terrein is waargenomen.

In 2004 zijn voor drie klassen van bebouwingsintensiteit, de volgende relaties bepaald tussen de bodemafdicthting van de topografische kaart (TOPO) en in werkelijkheid (VELD):

- Klasse 1:  $0\% \leq \text{graad bodemafdicthting} \leq 10\%$ : **VELD(k1) = 0,112 + 1,215 TOPO(k1)**
- Klasse 2:  $10\% \leq \text{graad bodemafdicthting} \leq 20\%$ : **VELD(k2) = 1,096 + 1,015 TOPO(k2)**
- Klasse 3:  $\text{graad bodemafdicthting} > 20\%$ : **VELD(k3) = 4,830 + 0,931 TOPO(k3)**

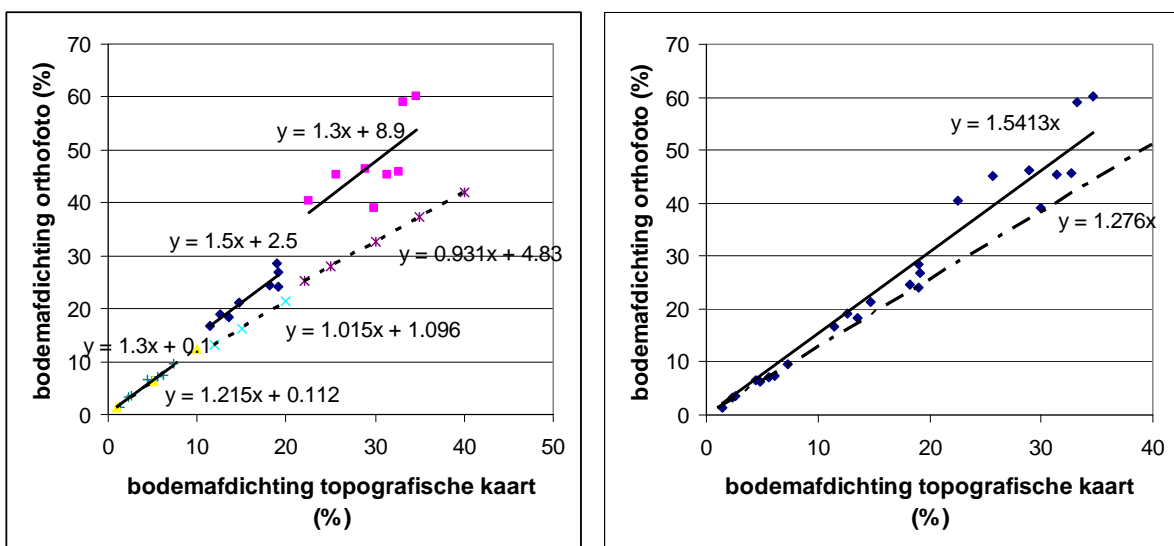
Om tot een accurater beeld te komen van de werkelijke bodemafdicthting in Vlaanderen is in 2007 een uitgebreide dataverzameling gebeurd. Hieruit blijkt dat er geen duidelijk onderscheid meer terug te vinden is tussen de verschillende klassen van bebouwingsintensiteit. De relatie **VELD = 1.276 TOPO** werd in 2007 gebruikt om de ruwe bodemafdicthtingskaart te verfijnen.

In 2007 ontbraken in de bodemafdicthtingskaart van Vlaanderen nog 8 kaartbladen, ondermeer in het noord-oosten van de provincie Antwerpen en in het zuiden van de provincie Limburg. Om na te gaan of deze verbanden ook gelden voor de ontbrekende topokaartbladen, zijn voor iedere klasse van bebouwingsintensiteit 2 proefgebieden geselecteerd van ieder 4 km<sup>2</sup>. Deze proefgebieden zijn zodanig geselecteerd dat ieder toegevoegd kaartblad in de evaluatie is opgenomen en de graad van bodemafdicthting de hele range omvat. Binnen deze proefgebieden is de verharding gedigitaliseerd op basis van de orthofoto's van 2009. Voor deze proefgebieden is het verband tussen de bodemafdicthting op de topografische kaart en de bodemafdicthting zoals weergegeven op de orthofoto weergegeven in figuur 11 (volle lijn). Voor de drie klassen van bebouwingsintensiteit zijn de volgende regressieverbanden bekomen:

- Klasse 1:  $0\% \leq \text{graad bodemafdicthting} \leq 10\%$ : **VELD(k1) = 0,1 + 1,3 TOPO(k1)**
- Klasse 2:  $10\% \leq \text{graad bodemafdicthting} \leq 20\%$ : **VELD(k2) = 2,5 + 1,5 TOPO(k2)**
- Klasse 3:  $\text{graad bodemafdicthting} > 20\%$ : **VELD(k3) = 8,9 + 1,3 TOPO(k3)**

Wanneer geen onderscheid wordt gemaakt tussen de verschillende klassen (cf. 2007) is het lineaire verband tussen de werkelijke bodemafdicthting in Vlaanderen en de bodemafdicthting bepaald op basis van de topokaart **VELD = 1,5413 TOPO**. Om vergelijking met de gegevens uit 2004 en 2007 mogelijk te maken zijn de lineaire verbanden uit de voorgaande onderzoeken tevens weergegeven in onderstaande grafiek (stippellijn).

Figuur 11 Lineaire relatie tussen bodemafdicthting topografische landgebruikskaart en bodemafdicthting op de orthofoto per klasse van bebouwingsintensiteit (links) en voor alle proefgebieden (rechts). (Volle lijn = lineair verband 2010, Stippellijn = lineair verband 2004 / 2007)



Uit bovenstaande figuur blijkt dat naarmate de bebouwingsintensiteit toeneemt de ‘werkelijke’ bodemafdichting op basis van de orthofoto’s systematisch hoger is dan wordt geschat door de lineaire verbanden in 2004 en 2007. Dit kan verklaard worden door het feit dat de aard van het materiaal van opritten, parkeerterreinen etc. moeilijk te bepalen is op basis van orthofoto’s. Bij de digitalisatie zijn opritten, parkeerterreinen, etc. dan ook steeds opgenomen als bodemafdichting. In de praktijk is dit natuurlijk niet steeds het geval. Gedurende de veldopmetingen in 2004 en 2007 was het wel mogelijk een onderscheid te maken tussen de verschillende materialen.

Bij een lage bouwintensiteit (klasse < 10 %) sluiten de lineaire verbanden zeer goed bij elkaar aan. Tevens sluit het bekomen lineair verband goed aan bij het lineair verband dat in 2007 is bekomen. Hierdoor is de correctheid van de afgeleide regressievergelijkingen in 2004 en 2007 bevestigd en is toepassing op de ontbrekende kaartbladen mogelijk. Omwille van het uitgebreidere en gedetailleerdere onderzoek in 2007 kan aangenomen worden dat de resultaten van het onderzoek in 2007 betrouwbaarder zijn dan deze van 2004. Daarom is voor de verfijning van de ruwe bodemafdichtingskaart gebruik gemaakt van de lineaire regressie zoals afgeleid in 2007.

Figuur 11 geeft aan dat de afwijking tussen de bodemafdichting van de topokaart en de bodemafdichting van de orthofoto proportioneel toeneemt met de graad van bodemafdichting. Dit betekent dat naarmate de verstedelijking toeneemt de onderschatting op basis van de topografische kaart over het algemeen absoluut groter wordt. Dit is onder meer te verklaren doordat in stedelijke gebieden meer opritten, parkeerterrein, e.a. voorkomen dan in landelijke gebieden.

De lineaire relatie tussen de ruwe en de verfijnde bodemafdichtingsdata is niet uitsluitend een weergave van fouten door gebruik van de topografische landgebruikskaart als databron, maar bevat ook een tijdscomponent. Deze tijdscomponent is een gevolg van het verschil in opnametijdstip tussen beide datasets (Top10vGIS en veldopnamen/opnametijdstip orthofoto’s). Een overzicht is opgenomen in tabel 4. De tijdscomponent komt overeen met de nieuw bijgekomen bebouwing tussen beide opnametijdstippen. Dit vormt op zich geen probleem. Het is immers de bedoeling om via de veldinventarisaties en de orthofoto’s de informatie uit de topokaart te verfijnen en te actualiseren om zo de huidige toestand van bodemafdichting gebiedsdekkend weer te geven. Hier hoort dan ook nieuwbouw bij.

*Tabel 4 Overzicht gehanteerde datasets in de onderzoeksperiode 2005 - 2010*

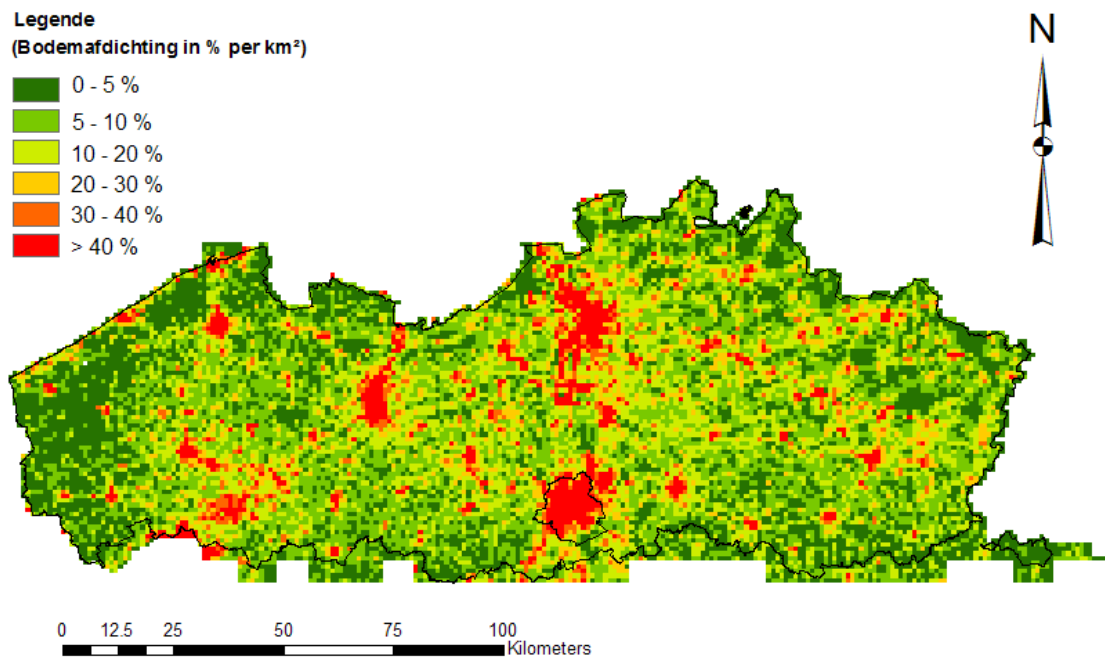
Onderzoek	Versie Top10vGIS	Veldopname / orthofoto
2005	2005	Veldopname 2004
2007	2005	Veldopname 2007
2010 (ontbrekende kaartbladen)	2009	Orthofoto’s 2009 (Tabel 3)

#### 2.2.4. Bodemafdichting in Vlaanderen

In 2007 ontbraken in de bodemafdichtingskaart van Vlaanderen nog enkele kaartbladen, ondermeer in het noord-oosten van de provincie Antwerpen en in het zuiden van de provincie Limburg. In dit rapport is de bodemafdichtingskaart aangevuld met de ontbrekende kaartbladen aangezien sinds het voorjaar van 2009 de database Top10vGIS volledig is. De volledige, verfijnde bodemafdichtingskaart is weergegeven in figuur 12. Deze verfijnde bodemafdichtingskaart is enerzijds gebaseerd op digitale gerasteriseerde versie van LANDUSE laag van Top10vGIS uit 2005 aangevuld met de kaartbladen uit 2009.

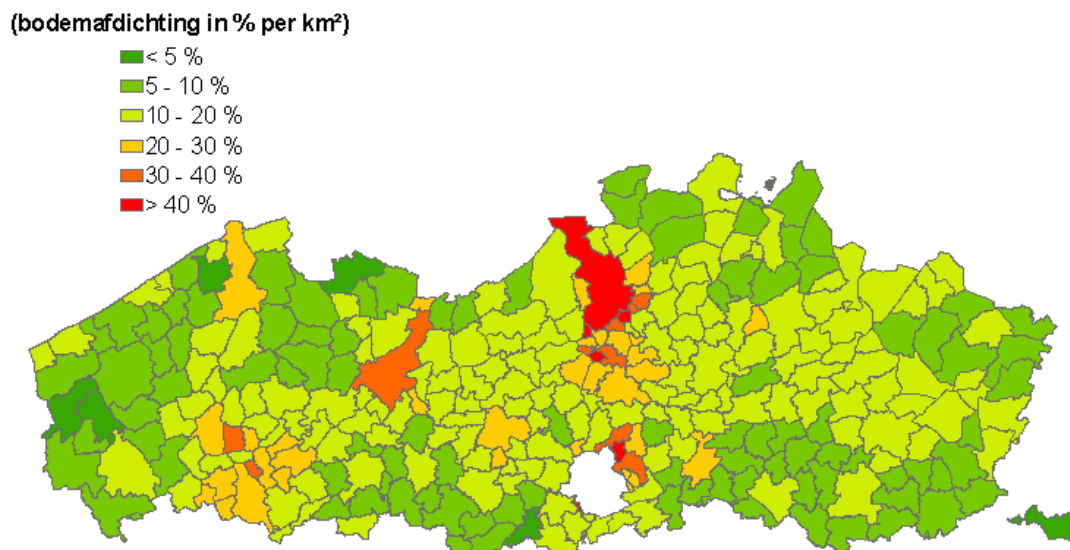
Volgens de nieuwe versie van de bodemafdichtingskaart (2005 – 2009) is 175 967 ha of 12,9 % van de Vlaamse bodem afdicht. Dit percentage is lager dan het afdichtingspercentage bekomen in 2007 aangezien de afdichting binnen de ontbrekende kaartbladen (aangevuld in dit onderzoek) relatief beperkt is. Op de verfijnde bodemafdichtingskaart kunnen duidelijk de steden Antwerpen, Brussel en Gent onderscheiden worden. Ook de snelwegen E313 (Antwerpen – Hasselt), E314 (Brussel – Hasselt), E34 (Antwerpen – Eindhoven), E17 (Kortrijk, Deerlijk, Waregem) zijn opvallend aanwezig. Ook op de as Brussel – Antwerpen is de hoge graad van afdichting duidelijk.

*Figuur 12 Verfijnde bodemafdichtingskaart van Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest per km<sup>2</sup>*



Figuur 13 geeft de gemiddelde bodemafdichting weer per gemeente. Deze figuur geeft aan dat in Vlaanderen nog een aantal regio's bestaan met gemeenten waar het afdichtingspercentage lager is dan 10 %. Deze gemeenten situeren zich hoofdzakelijk in de Westhoek, Zuid-Limburg en het Meetjesland. De meeste gemeenten gelegen in de Vlaamse Ruit (Gent, Antwerpen, Leuven, Brussel) zijn meer dan 10 % afgedicht. Ook de compacte agglomeraties van Antwerpen en Gent vallen op. Langs de transportassen E17 (Kortrijk, Deerlijk, Waregem), de verbindingsweg N36 (Ingelmunster, Izegem, Roeselare) en de as Brussel-Antwerpen is een hoge graad van afdichting te vinden. Ook langs de kustlijn vinden we relatief hogere percentages bodemafdichting terug, zeker in vergelijking met de nabijgelegen Westhoek waar vooral het Heuvelland en de Ijzervlakte worden gekenmerkt door lage percentages aan bodemafdichting. Het volbouwen van de kustlijn heeft hier vooral te maken met toeristische en recreatieve ontwikkelingen. In Limburg zijn de bodems van de gemeenten gelegen langs het Albertkanaal, de E313 en de E314 sterker afgedicht dan de overige gemeenten.

*Figuur 13 Verfijnde bodemafdichtingskaart van Vlaanderen per gemeente*



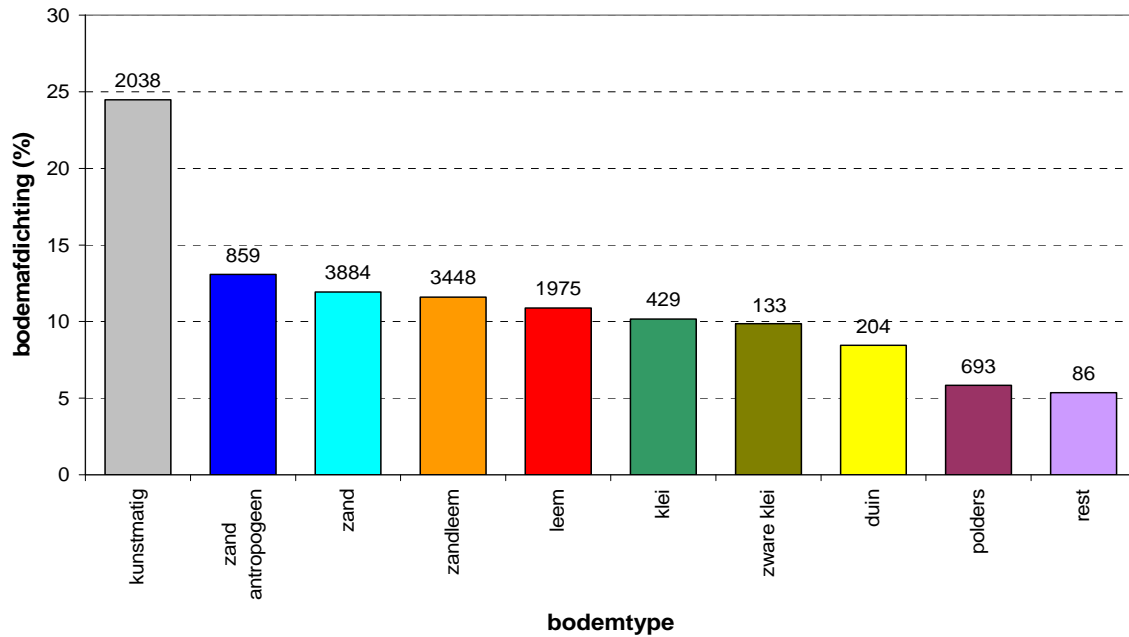
### 2.2.5. Bodemafdichting per bodemtype

Om een idee te krijgen welke type bodems het meest getroffen worden door waterondoorlatende constructies is de verfijnde bodemafdichtingskaart gecombineerd met de bodemkaart van België (vectorformaat, 1/20 000) (Figuur 14). Deze analyse kan ook een rol spelen binnen hydrologische modellen of erosiemodellen. De bodems zijn naar textuur en vochttrap (droog, vochtig en nat) geaggregeerd tot verschillende types (Tabel 55). Zo wordt per klasse, zowel volgens bodemtype als volgens vochttrap, een gemiddeld percentage bodemafdichting bekomen. De bodems die niet bij een bepaald bodemtype geplaatst konden worden, zijn ondergeplaatst in de restcategorie.

*Tabel 5 Bodemtype en vochttrap per bodemzone*

<b>Bodemzone</b>	<b>Bodemtype</b>	<b>Vochttrap</b>
Kunstmatig	kunstmatig	geen
Nat zand	zand	nat
Vochtig zand	zand	vochtig
Droog zand	zand	droog
Zand-complex	zand	droog
Nat zand antr	plaggen	nat
Vochtig zand ant	plaggen	vochtig
Droog zand antr	plaggen	droog
Nat zandleem	zandleem	nat
Vochtig zandleem	zandleem	vochtig
Droge zandleem	zandleem	droog
Droge leem	leem	droog
Natte leem	leem	nat
Vochtige leem	leem	vochtig
Leem-complexen	leem	niet gekend
Natte klei	klei	nat
Vochtige klei	klei	vochtig
Droge klei	klei	Droog
Klei-complexen	klei	niet gekend
Natte Zware Klei	klei	nat
Vochtige Zware Klei	klei	vochtig
ZwKlei-complex	klei	niet gekend
Veen	rest	nat
Landduin	duin	droog
Hoge kustduin	duin	droog
Kustduingrond	duin	droog
Moeren	polder	nat
Geulpolders	polder	nat
Poelgrond polders	polder	nat
Schorpolders	polder	nat
Dekklei polders	polder	nat
Kreekrug	polder	nat
Overdekt Pleistoceen	polder	nat
Mergel	rest	niet gekend
Bronnen	rest	nat

Figuur 14 Percentage bodemafdicthting per bodemtype in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest met de oppervlakte van het bodemtype (label) in km<sup>2</sup> ("antropogene" gronden komen in deze analyse overeen met de historische plaggengronden) (tabel 11 in bijlage 1)

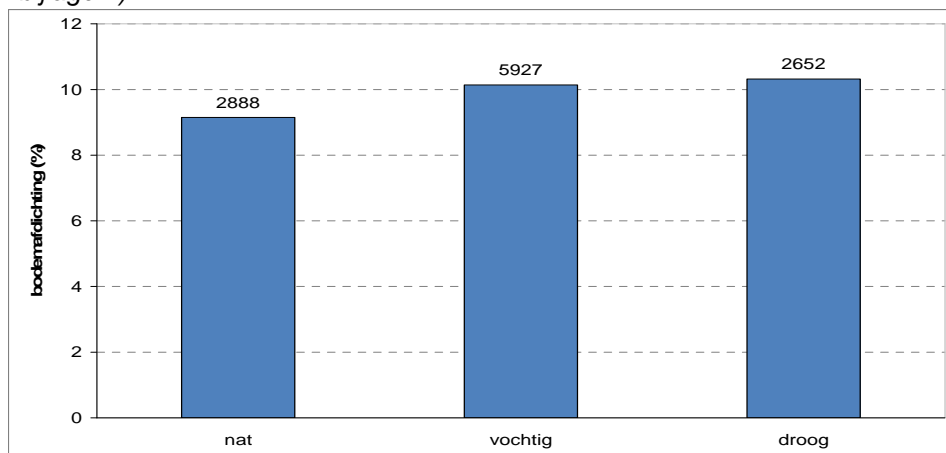


Bron: NGI – topografische kaart en digitale bodemkaart van Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest (versie 2001)

De kunstmatige gronden zijn deze die ten tijde van de bodemkaart overwegend bebouwd waren, afgegraven, opgehoogd of op een andere manier zwaar verstoord. Dit bodemtype is uiteraard het meest versteend (24 %), maar globaal voor toch net niet meer dan een vierde van hun oppervlakte. De bodemafdicthting van de antropogene zandgronden (droog, vochtig en nat), beter gekend als de plaggengronden (i.e. voornamelijk zandgronden met verhoogd gehalte aan organische stof na eeuwenlange intensieve aanvoer van organisch materiaal), is groot (13 %). Door hun ligging rond de traditionele nederzettingen werden ze het eerst ingepalmd door uitbreiding van het woongebied. De sterke bodemafdicthting van de kustduinen is te duiden door het volbouwen van de kustlijn.

Opvallend is ook dat leem- en kleibodems relatief minder afgedicht zijn dan zand en zandleem bodems. Dit hebben ze vooral te danken aan hun hogere vruchtbaarheid, waardoor ze langer bewaard bleven onder landbouwgebruik.

Figuur 15 Percentage bodemafdicthting per vochttype met de oppervlakte van de bodems in Vlaanderen en het Brussels Hoofdstedelijk gewest (label) in km<sup>2</sup> van de niet-kunstmatige bodemtypes (tabel 12 in bijlage 1)



Bron: NGI - topografische kaart en digitale bodemkaart Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest (versie 2001)

Figuur 15 geeft het percentage bodemafdicthting weer per type vochtgehalte. In deze analyse zijn de antropogene (i.e. kunstmatige) bodemtypes en de leem- en kleicomplexen niet opgenomen aangezien voor deze bodemtypes het vochtgehalte niet expliciet uitgesproken is of niet gekend is. De analyse van de sequentie nat – vochtig – droog toont dat de droge (10,3 %) en vochtige (10,1 %) bodems gemiddeld sterker afgedicht zijn dan de natte bodems (9,2 %) (Figuur 15). De kans op wateroverlast is op de natte bodems immers aanzienlijk groter omdat ze doorgaans in lagere gebieden gelegen zijn. Het verschil in bodemafdicthting tussen de droge en de vochtige bodems is verwaarloosbaar.

Natuurlijk zijn in de evolutie van bodemafdicthting niet enkel het bodemtype en het vochtgehalte bepalende factoren. Ook sociale, economische, geschiedkundige, milieukundige, ... factoren kunnen immers een belangrijke rol spelen.

### 3. Besluit

In dit achtergronddocument is de mate van bodemafdichting op verscheidene manieren afgeleid. De resultaten zijn weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Samenvatting en vergelijking resultaten

Methode	Schaal	Databron	Categorie	Niveau	Resultaat
Kadaster	Kadastrale percelen	Kadaster & FOD Economie	Bebouwing	Vlaanderen	26 % bebouwd 1,14 % toename
Bruto-bebouwing	Hectarehok	Orthofoto 2009	Bebouwing	21 kaartbladen	36,9 % bebouwd 1,10 % toename
Bodemafdichting	m <sup>2</sup>	NGI 2007 – 2009	Bebouwing, infrastructuur, steriele gronden	Vlaanderen	12,9 % afgedicht

Het percentage bruto-bebouwing (36,9 %) ligt hoger dan het bebouwingspercentage bepaald op basis van de gegevens van de administratie van het Kadaster en FOD Economie (i.e. circa 26 %). Dit kan verklaard worden doordat in het eerste geval de bebouwde oppervlakte is bepaald op basis van de bruto-bebouwing (i.e. op basis van de aan- of afwezigheid van bebouwing in een hectarehok). De bebouwde oppervlakte afgeleid door de administratie van het Kadaster en FOD Economie is bepaald op basis van de kadastrale percelen. Beide methodes houden er dus geen rekening mee dat het hele kadastrale perceel of het hele hectarehok niet noodzakelijk volledig volgebouwd is. De werkelijk bodemafdichting door bebouwing is slechts een fractie van het voorspelde percentage. Tevens is het bebouwingspercentage bepaald door de administratie van het Kadaster en FOD Economie afgeleid voor het hele Vlaamse grondgebied, terwijl het bebouwingspercentage uit de tijdsreeks is gebaseerd op 21 steekproeven. Deze indicatoren geven derhalve een nogal grove indicatie van de bebouwing in Vlaanderen. Wel geven deze indicatoren een goede indicatie van de tendensen in de evolutie van bebouwing (beide ca 1,1 %). Het voordeel van de tijdsreeks op basis van de bruto-bebouwing is dat de evolutie van bebouwing in een specifiek gebied nauwgezet kan geobserveerd worden op basis van de recentste orthofoto's en dat een onderscheid kan gemaakt worden tussen de evolutie van bebouwing binnen de verschillende types gebieden (vb. landelijk, stedelijk, etc.).

De bodemafdichting weergegeven in de verfijnde bodemafdichtingskaart geeft een afdichtingspercentage weer van 12,9 %. Naast bebouwing zijn hier ook steriele gronden, het wegennet en het spoorwegennet gedefinieerd als afdichtende structuren. De hoge resolutie basisgegevens (herschaling Top10vGIS tot pixelgrootte van 1 m<sup>2</sup>) maken het mogelijk een vrij nauwkeurig beeld te vormen van de bodemafdichting in Vlaanderen. Wel moet er steeds mee rekening gehouden worden dat op de topografische landgebruikskaart van het NGI geen kleine verhardende structuren zoals tuinhuisjes, opritten, etc. zijn opgenomen. Dit leidt tot een onderschatting. Daarom is op basis van veldmetingen of orthofoto's een lineaire regressie afgeleid die is gehanteerd om de 'werkelijke' bodemafdichting te bepalen (i.e. verfijnde bodemafdichtingskaart).

## Referenties

- Chormanski, J., Van de Voorde, T., De Roeck, T., Batelaan, O., Canters, F., 2008. Improving distributed runoff prediction in urbanized catchments with remote sensing based estimates of impervious surface cover, *Sensors* 8: 910-932.
- Dougherty, M., Dymond, R.L., Goetz, S.J., Jantz, C.A., Goulet, N., 2004. Evaluation of Impervious Surface Estimates in a Rapidly Urbanizing Watershed. *Photogrammetry and Remote Sensing* 70 (11): 1275–1284.
- Gulinck, H., Derveaux, L., Haesevoets, A., Debelder J., Stalpaert, L. 2002. Versnippering. Hoofdstuk 2.10 MITA-T 2002.
- Gulinck, H., Meeus, S., Bervoets, K., Bastiaens, L., Corens, P., Stalpaert, L., 2003. Versnippering. Hoofdstuk 2.10. MIRA-T 2003. 12 p.
- Gulinck, H., Meeus, S., Bomans, K., Dewaelheyns, V., Hermans, S., 2007. Milieurapport Vlaanderen MIRA Achtergronddocument Thema Versnippering. Afdeling Bos, Natuur en Landschap; Departement Aard- en omgevingswetenschappen, K.U.Leuven met medewerking van Steenberghen, T. en Wijnants, J., SADL.
- Imre A.R. & Bogaert J., 2004. The fractal dimension as a measure of the quality of habitats. *Acta Biotheoretica* 52: 41-56.
- Meeus, S., Haesevoets, A., Gulinck, H. 2005. Verstening: Milieu-drukfactor in het gefragmenteerde Vlaamse landschap. LBNL & VMM
- Meeus, S., Gulinck, H. 2004. Verstening als milieuvariabele. Eindverslag O&O Versnippering en Verstening 2003-2004. LBNL & VMM.
- Merckx T., Van Dyck H., Karlsson B. & Leimar O., 2003. The evolution of movements and behaviour at boundaries in different landscapes: a common arena experiment with butterflies. *Proceedings of the Royal Society of London series B-biological sciences* 270: 1815-1821.
- Pimm, S., Jones, H. & J. Diamond., 1988. On the risk of extinction. *American Naturalist* 132: 757-785. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2004. Ruimtelijke Structuurplan Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap Departement Leefmilieu en Infrastructuur Administratie Ruimtelijke Ordening, Huisvesting, Monumenten en Landschappen Afdeling Ruimtelijke planning.
- Van den Bulck, S., Van Dyck, E., De Naeyer, F., Maebe, P., Gregoir, T., Goffings, M., Lambié, B., Vandendriessche, H., Gulinck, H., Heremans, S., Dewaelheyns, V., Meeus, S., Bomans, K., Stalpaert, L., 2007. Bodem. Verontrenging en afdichting bedreigen de bodem. MIRA-T Focusrapport 2007.
- Van de Voorde, T., De Genst, W., Canters, F., Stephenne, N., Wolff E., Binard, M., 2003. Extraction of Land Use/Land Cover – related information from very high resolution data in urban and suburban areas. In: R. Goossens, Editor, *Remote Sensing in Transition*, 23 Proceedings of the 23rd Symposium of the European Association of Remote Sensing Laboratories, 02-05 June 2003, Ghent, Belgium, Millpress, Rotterdam.
- Van Steertegem, M., Bossuyt, M., Brouwers, J., De Geest, C., Maene, S., Maes, F., Opdebeeck, S., Overloop, S., Peeters, B., Van Hooste, H., Vancraeynest, L., Vander Putten, E., 2009. Milieurapport Vlaanderen 2009 – Milieuverkenning 2030. VMM.
- Verbeeck, K., Hermy, M., Van Orshoven, J., (in press). Measuring extent, location and change of imperviousness in urban domestic gardens in collective housing projects. *Landscape and Urban Planning*.
- Verbeylen G., De Bruyn L., Adriaensen F. & Matthysen E., 2003. Does matrix resistance influence Red squirrel (*Sciurus vulgaris* L. 1758) distribution in an urban landscape? *Landscape Ecology* 18: 791-805.

## **Bijlage 1 Tabellen**

Tabel 7 Evolutie van de bebouwde oppervlakte (km<sup>2</sup>) in Vlaanderen (figuur 3)

Oppervlakte in km <sup>2</sup>	Vlaanderen							
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Totale oppervlakte	13,522	13,522	13,522	13,522	13,522	13,522	13,522	13,522
Bebouwde gronden en aanverwante terreinen (a)	<b>3,362</b>	<b>3,392</b>	<b>3,416</b>	<b>3,439</b>	<b>3,464</b>	<b>3,494</b>	<b>3,519</b>	<b>3,546</b>
Woongebied	1,424	1,444	1,460	1,476	1,494	1,512	1,531	1,549
Steengroeven, putten, mijnen en dergelijke	14	14	14	14	14	14	14	15
Andere nijverheidsgebouwen en -terreinen	357	359	363	365	366	370	373	377
Handelsgebouwen en -terreinen	90	90	91	91	91	91	91	91
Openbare gebouwen en terreinen	122	123	123	124	125	126	126	126
Terreinen voor gemengd gebruik	63	63	63	63	65	65	65	65
Terreinen voor vervoer en telecommunicatie	1,036	1,041	1,044	1,047	1,050	1,052	1052	1054
Terreinen voor technische voorzieningen	16	17	17	17	17	18	19	19
Recreatiegebied en andere open ruimte	239	240	241	242	242	246	248	250
Onbebouwde oppervlakte	<b>10,160</b>	<b>10,130</b>	<b>10,106</b>	<b>10,083</b>	<b>10,058</b>	<b>10,028</b>	<b>10,003</b>	<b>9,976</b>

Tabel 8 Verloop van de brutobebouwing (1990 – 2009) in geselecteerde achtste kaartbladen (figuur 6)

Kaartblad	Plaats	Brutobebouwing (ha)				
		1990	1995	2000	2003	2009
08/2	Hoogstraten	1941	2086	2189	2268	2333
12/3	Bredene	1898	1975	2063	2138	2202
14/1	Bassevelde	1639	1685	1769	1794	1880
15/1	St.-Gillis-Waas	2029	2154	2246	2274	2337
16/1	Schildes	3834	3916	3992	4009	4101
17/1	Mol	1934	2050	2133	2162	2335
18/1	Hamont-Achel	2420	2412	2441	2451	2546
20/1	Zoutenaai	739	762	794	805	862
21/1	Wingene	2705	2789	2805	2853	2939
21/4	Nevele	2652	2740	2803	2846	3014
23/1	Baasrode	3185	3287	3385	3410	3484
24/1	Putte	3738	3890	3985	3995	4073
25/1	Tessenderlo	2761	2761	2850	2871	3030
26/1	Helchteren	2092	2092	2279	2282	2308
28/1	Poperinge	3337	3349	3363	3363	3433
29/1	Lendele	4386	4565	4620	4663	4770
30/1	Zwalm	3906	3923	3927	3930	3982
31/1	Ternat	3241	3301	3343	3359	3462
32/1	Bertem	2368	2434	2461	2494	2582
33/1	Zoutleeuw	2563	2563	2721	2722	2770
34/1	Bilzen	3244	3244	3463	3465	3562
	Gemiddelde	2703	2761	2840	2865	2953

Tabel 9 Toename brutobebouwing (%) per kaartblad gedurende de verschillende tijdsintervallen (figuur 7)

Kaartblad	Plaats	Toename brutobebouwing (%)				
		90-95	95-00	00-03	03-09	totaal
08/2	Hoogstraten	1.8	1.3	1.0	0.8	4.9
12/3	Bredene	1.0	1.1	0.9	0.8	3.8
14/1	Bassevelde	0.6	1.1	0.3	1.1	3.0
15/1	St.-Gillis-Waas	1.6	1.2	0.4	0.8	3.9
16/1	Schilde	1.0	0.9	0.2	1.2	3.3
17/1	Mol	1.5	1.0	0.4	2.2	5.0
18/1	Hamont-Achel	-0.1	0.4	0.1	1.2	1.6
20/1	Zoutenaai	0.3	0.4	0.1	0.7	1.5
21/1	Wingene	1.1	0.2	0.6	1.1	2.9
21/4	Nevele	1.1	0.8	0.5	2.1	4.5
23/1	Baasrode	1.3	1.2	0.3	0.9	3.7
24/1	Putte	1.9	1.2	0.1	1.0	4.2
25/1	Tessenderlo	-	1.1	0.3	2.0	3.4
26/1	Helchteren	-	2.3	0.0	0.3	2.7
28/1	Poperinge	0.1	0.2	0.0	0.9	1.2
29/1	Lendele	2.2	0.7	0.5	1.3	4.8
30/1	Zwalm	0.2	0.0	0.0	0.6	0.9
31/1	Ternat	0.8	0.5	0.2	1.3	2.8
32/1	Bertem	0.8	0.3	0.4	1.1	2.7
33/1	Zoutleeuw	-	2.0	0.0	0.6	2.6
34/1	Bilzen	-	2.7	0.0	1.2	4.0
	Gemiddelde	1.0044	0.9845	0.3	1.1	3.2

Tabel 10 Toename brutobebouwing (in hectare en %) in de verschillende bodemtypes aanwezig op de 21 achtste-kaartbladen (figuur 8 en 9)

Bodemtype	Totale oppervlakte bodemtype (ha)	Toename brutobebouwing	
		ha	%
Antropogeen	19003	206	1.084
Nat zand	7573	63	0.832
Vochtig zand	30586	344	1.125
Droog zand	6031	114	1.890
Nat zand antr	886	14	1.580
Vochtig zand ant	10128	142	1.402
Droog zand antr	3785	83	2.193
Nat zandleem	12671	128	1.010
Vochtig zandleem	27844	311	1.117
Droge zandleem	4855	65	1.339
Natte leem	3261	24	0.736
Vochtige leem	5049	60	1.188
Droge leem	12125	119	0.981
Natte klei	3496	29	0.830
Vochtige klei	1432	13	0.908
Droge klei	40	1	2.500
Natte Zware Klei	1026	10	0.975
Vochtige Zware Klei	269	5	1.859
Veen	724	10	1.381
Landduin	2499	56	2.241
Kustduingrond	368	1	0.272
Poelgrond polders	3516	11	0.313
Schorpolders	1017	7	0.688
Dekklei polders	2465	17	0.690
Kreekrug	4702	54	1.148
Overdekt Pleistoceen	818	6	0.733

Tabel 11 Percentage bodemafdicthing per bodemtype (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) met de oppervlakte van het bodemtype in km<sup>2</sup> (figuur 14)

<b>Bodemtype</b>	<b>Totale oppervlakte in Vlaanderen km<sup>2</sup></b>	<b>Oppervlakte bodemafdicthing km<sup>2</sup></b>	<b>Bodemafdicthing %</b>
kunstmatig	2038	498.837184	24.4768
plaggenbodems	859	112.346326	13.07873411
zand	3884	383.222082	9.866685942
zandleem	3448	350.3135072	10.1599045
leem	1975	166.8760981	8.449422689
klei	562	62.1199515	11.05337215
duin	204	24.335968	11.92939608
polders	693	37.1372523	5.358910866
rest	86	5.0159253	5.832471279

Tabel 12 percentage bodemafdicthing per vochttype (Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest) (figuur 15)

<b>vochtgehalte</b>	<b>Totale oppervlakte in Vlaanderen km<sup>2</sup></b>	<b>Oppervlakte bodemafdicthing km<sup>2</sup></b>	<b>Bodemafdicthing %</b>
nat	2888	264.2396	9.149570274
vochtig	5927	600.9544	10.13926713
droog	2652	273.7042	10.32066995