

## **Verstening: versnipperende factor in het Vlaamse landschap**

Annelies Haesevoets, Steven Meeus en Hubert Gulinck  
Afdeling Bos, Natuur en Landschap  
Departement Landbeheer  
K.U.Leuven

Deze studie werd uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieu Maatschappij in het kader van de Milieu- en Natuurrapportering als verdieping van het thema 'versnippering'.

# Inhoud

<b><u>INHOUD</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>1 INLEIDING</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2 VERSNIPPERING</u></b>	<b><u>6</u></b>
2.1 LANDSCHAPSINDICES	7
2.2 ANDERE INDICATOREN	16
2.3 LANDGEBRUIKSMATEN	19
2.4 CONCLUSIE	22
<b><u>3 THEMATISCHE UITDIEPING</u></b>	<b><u>22</u></b>
3.1 VERSTENING VAN GEWESTPLANZONES	23
3.1.1 LANDBOUWGBIEDEN	23
3.1.2 PARKGBIEDEN	24
3.1.3 NATUURGBIEDEN	25
3.1.4 BOSGBIEDEN	26
3.1.5 WOONUITBREIDINGSGBIEDEN	27
3.2 VERSTENING VAN HYDROLOGISCHE EENHEDEN	28
3.2.1 VLAAMS HYDROGRAFISCHE ATLAS	28
3.2.2 RISICOZONES OVERSTROMINGEN	30
3.2.3 AFSTROMING	32
3.3 VERSTENING VAN ECOLOGISCH WAARDEVOLLE GBIEDEN	33
3.3.1 ECOREGIO'S EN –DISTRICTEN	33
3.3.2 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART	35
3.3.3 HABITAT- EN VOGELRICHTLIJNGEBIEDEN	36
3.3.4 BOSREFERENTIELAAG	38
3.4 VERSNIPPERINGSINDICATOREN ALS VOORSPELLERS VAN DE PLANTENDIVERSITEIT	39
<b><u>4 ALGEMENE CONCLUSIE</u></b>	<b><u>45</u></b>
<b><u>DANKWOORD</u></b>	<b><u>46</u></b>
<b><u>5 REFERENTIES</u></b>	<b><u>46</u></b>
<b><u>6 BIJLAGEN</u></b>	<b><u>48</u></b>
6.1 BETEKENIS CODES VAN GEWESTPLAN	48
6.2 OVERZICHT VAN DE BIOTISCHE VARIABELEN	49

# 1 Inleiding

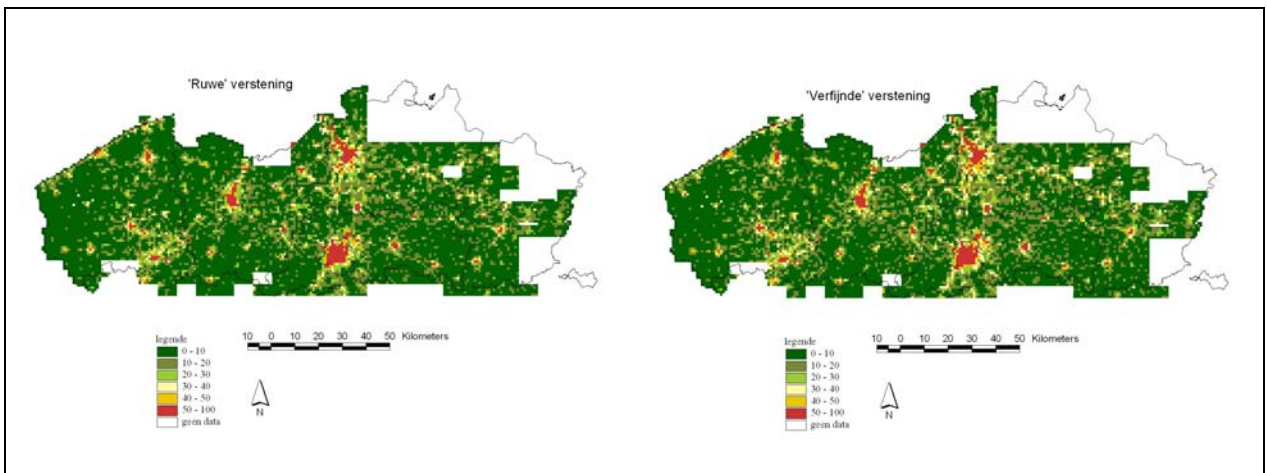
Verstedelijking is één van de belangrijkste factoren die de open ruimte versnipperd. Vooral lintbebouwing en verspreide bebouwing werken sterk versnipperend. Stedelijke functies en structuren dringen hierdoor diep de open ruimte binnen. De definiëring van de milieuvariabele ‘verstening’ verbetert de meetbaarheid van dit fysiek ruimtelijke fenomeen. Verstening is het type bodembedekking dat van antropogene oorsprong is en dat bestaat uit stenig, al dan niet (water)ondoorlatend materiaal of een aanverwant hard synthetisch materiaal gebruikt voor eender welke vorm van constructie en wordt weergegeven, gemeten en berekend als data met hoge resolutie en bijgevolg een hoge graad van detail (Meeus & Gulinck, 2004). Verstening is als concept dus een verfijning van verstedelijking of bebouwing: ook kleine structuren zijn hierbij belangrijk, zoals de oprit van een huis, het tuinhuisje of de betonnen sokkel onder een zendmast (MIRA, 2004).

In het project ‘Verstening: milieu-drukfactor in het gefragmenteerde Vlaamse Landschap’ (Meeus et al., 2005) werd een voor Vlaanderen gebiedsdekkende kaart van ‘verstening’ ontwikkeld. De ontwikkeling van deze kaart gebeurde in functie van het thema ‘versnippering’ in het kader van de Milieu- en Natuurrapportering door de Vlaamse Milieumaatschappij.

Eerst werd een ‘ruwe’ versteningskaart gecreëerd op basis van een digitale rasterversie van de topografische kaart (1/10000), speciaal voor dit onderzoek door het Nationaal Geografisch Instituut afgeleid van de vectorbestanden ‘Top10GIS’ (NGI, 2005). Op basis van steekproeven, geselecteerd volgens vooraf gespecificeerde klassen van graad van bebouwing (urbanisatie), werden lineaire verbanden bepaald tussen de ‘ruwe’ versteningskaart en de werkelijke verstening. Aan de hand van deze lineaire verbanden werd de ‘ruwe’ versteningskaart getransformeerd tot de ‘verfijnde’ versteningskaart. Beide kaarten in Figuur 1.1 presenteren het aantal vierkante meter verstening per vierkante kilometer.

Er is een significant verschil in oppervlakte ‘verstening’, indien deze gemeten wordt met de gegevens van deze versie van de topografische kaart of via veldwerk. Dit verschil is bovendien afhankelijk van de bebouwingsintensiteit. In de veronderstelling dat ‘verfijnde’ verstening de realiteit weergeeft, kan vastgesteld worden dat in kernstedelijk of dichtbebouwde gebieden de ‘ruwe’ versteningskaart de werkelijke verstening overschat. Een oorzaak is dat in de topografische kaart het complexe fijn verdeelde milieu van de kernstad niet nader wordt gespecificeerd naar o.m. binnentuinen, stadsgroen, enz. Voor het buitengebied en de randstad is het tegenovergestelde waar te nemen. Het buitengebied wordt onderschat en randstedelijke gebieden worden sterk onderschat. De verklaring hiervoor ligt waarschijnlijk in de aanwezigheid van opritten, tuinhuisjes, e.d. die niet in rekening gebracht zijn op de topografische kaart. Een synthese van verstening per gemeente en provincie is te zien in Figuur 1.2.

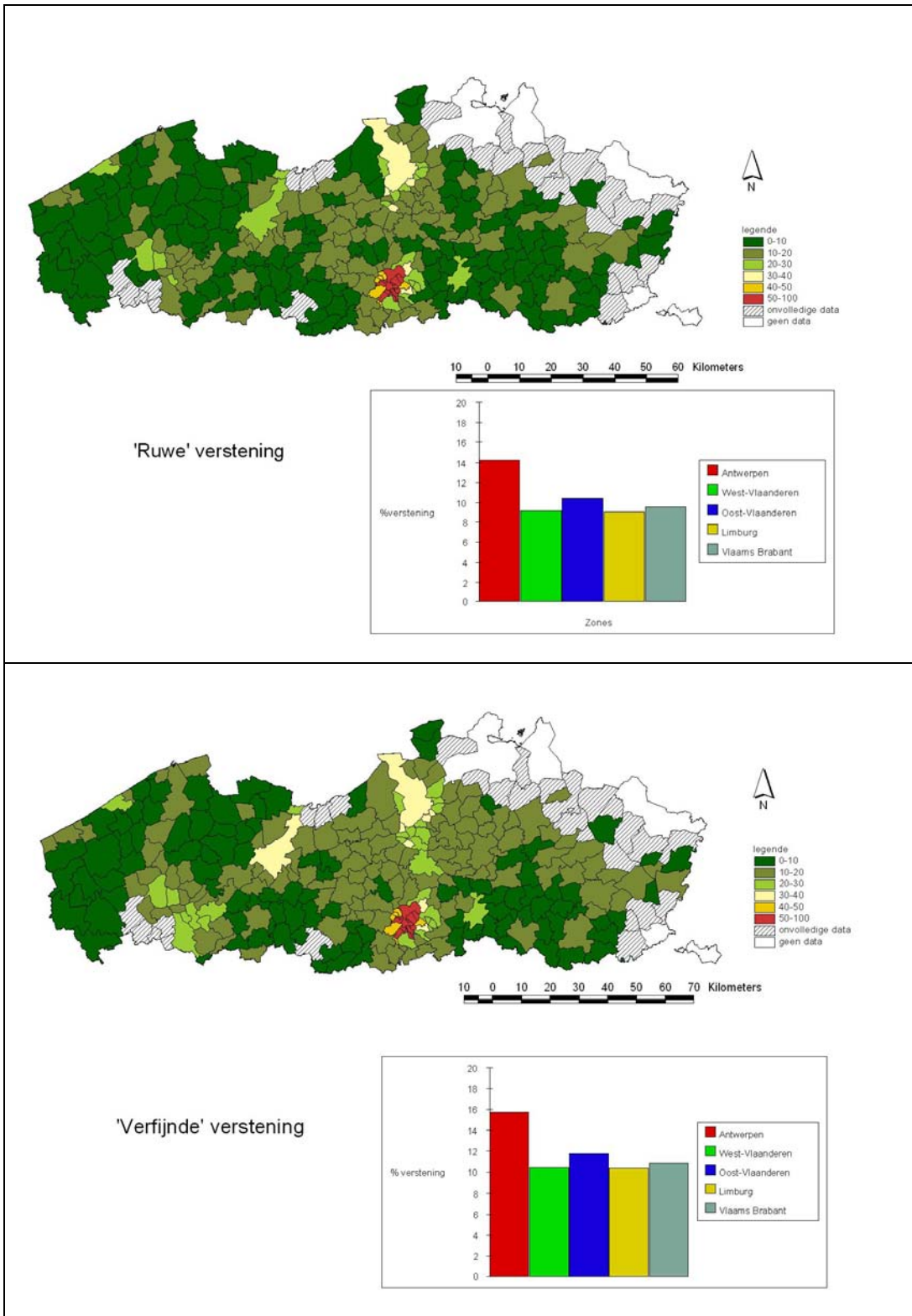
Toch is grootste verschil tussen het gemiddelde van de ‘ruwe’ en ‘verfijnde’ verstening, gemeten per km<sup>2</sup>-eenheid, in een gemeente niet meer dan 3%. Het volstaat dus om in toekomstig onderzoek te vertrekken van de ‘ruwe’ versteningskaart; de mogelijkheid van kleine afwijkingen van de werkelijkheid indachtig.



**Figuur 1.1. ‘Ruwe’ en ‘verfijnde’ versteningskaart voor Vlaanderen: procent verstening per km<sup>2</sup>- berekend op basis van verharde en versteende oppervlakken op de NGI topografische kaart van België, 1:10000.**

In de MIRA-T rapporten (Gulinck et al., 2003,2004) werd verstedelijking als versnipperaar van de open ruimte bestudeerd en werden de volgende versnipperingsindicatoren aangereikt: omtrek van groepen bebouwing, nabijheid van bebouwing, aantal fragmenten open ruimte en gemiddelde oppervlakte van deze fragmenten. Gebruik makende van de versteningskaart kunnen deze indicatoren herberekend worden voor heel Vlaanderen. In het MIRA achtergronddocument (2004) ‘Versnippering’ wordt ook de versnijdingsindex door verkeersinfrastructuur als indicator aangereikt. Gebruik makende van het databestand ‘StreetNet Connect’ (2000) is deze kaart geactualiseerd.

Versnippering kan beschouwd worden als een ‘autonoom’ milieuprobleem, maar kan ook beschouwd worden als een eigenschap die andere milieukeurmerken beïnvloedt, zoals hydrologie (verhoogde afvoer door de verharding van oppervlakken) en ecologie (thermische effecten, effecten op biodiversiteit, enz.). Een analyse van mogelijke toepassingen van de verstenings- en versnipperingsdata in het domein van de hydrologie en ecologie wordt verder in dit rapport aangegeven.



**Figuur 1.2. Gemiddelde 'ruwe' en gemiddelde 'verfijnde' verstening voor Vlaanderen: procent verstening per gemeente en provincie – berekend op basis van de 'ruwe' en 'verfijnde' versteningskaart voor Vlaanderen.**

## 2 Versnippering

Versnippering is een fenomeen van ruimtelijke structuurverandering en meer specifiek het proces van het opdelen van ruimtelijke gehelen in kleinere stukken in de loop van de tijd (MIRA, 2004). Het is impliciet dat de stukken enigszins uiteenlopend en gewoonlijk ongelijk verdeeld zijn (Rutledge, 2003).

Bebouwing is in Vlaanderen de voornaamste oorzaak van de recente versnippering van het buitengebied (Gulinck et al., 2004). Daarom wordt in dit rapport het buitengebied of de open ruimte als object van versnippering beschouwd. Om de milieudruk veroorzaakt door bebouwing te duiden werd de variabele ‘verstening’ gedefinieerd.

Gebruik makende van de in vorig onderzoek gecreëerde versteningskaarten (Meeus et al., 2005) kunnen een aantal landschapsmetrieken berekend worden voor heel Vlaanderen. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van de ArcView 3.2 extensie Patch Analyst 3.0 (Rempel & Carr, 2003). Deze extensie geeft de mogelijkheid om een hele reeks landschapsindices te berekenen per vierkante kilometer.

Algemene problemen bij het hanteren van deze indices zijn:

- a. hun gevoeligheid voor de resolutie van de geografische bestanden waarop ze toegepast worden (Baldwin et al., 2004; Benson & MacKenzie, 1995). Door de eliminatie van kleine objecten bij schaalverkleining kunnen de indices sterk beïnvloed worden (MIRA, 2004). Een wijziging in resolutie zal vooral effect hebben op de vormindices (Rutledge, 2003). Het is dus aan te raden om de indices bepaald bij verschillende ruimtelijke resolutie niet te vergelijken.
- b. verwarring tussen observatieschaal en analyseschaal (Li & Wu, 2004). De observatie schaal wordt bepaald door de karakteristieken van het bestudeerde systeem, de gestelde vragen en de beschikbare data. Eens de data verzameld is, is de observatieschaal een inherente eigenschap van de dataset. De analyseschaal echter wordt bepaald door de originele observatieschaal en de methode van datatransformatie. Bij het interpreteren van herschaalde data moet men zich bewust zijn dat de patronen die onthuld worden niet overeen kunnen komen met deze in het werkelijke landschap.
- c. hun gevoeligheid voor omvang van het studiegebied (Baldwin et al., 2004). Praktisch alle landschapsindices zijn gevoelig voor een toename van de omvang van het studiegebied. Voor de indices die in absolute waarden zijn weergegeven (aantal fragmenten, perimeter,...) is het te verwachten dat ze gevoelig zijn voor de omvang. Nochtans zijn de gerelateerde indices die gestandaardiseerd zijn door de oppervlakte ook gevoelig voor een toename in omvang.
- d. hun gevoeligheid voor de graad van detail waarmee kaartdata in verschillende klassen is verdeeld (Li & Wu, 2004). Een toename in het aantal klassen leidt gewoonlijk tot een toename in versnippering doordat er meer fragmenten gecreëerd worden (Rutledge, 2003), het landschap is echter noch structureel, noch ecologisch verandert (Li & Wu, 2004).
- e. de correlatie tussen versnipperingsindicatoren (Riitters et al., 1995).
- f. interpretatiemoeilijkheden tot echte indicatoren (Li & Wu, 2004); zo kan bijvoorbeeld een fractale index van een landschap een robuuste structuurmaat zijn, maar wat ze precies betekent in relatie tot milieufenomenen kan onduidelijk

zijn (MIRA, 2004). In de landschapsecologie is er een nood aan betere en meer effectieve indices, die de mogelijkheid bezitten om verschillende aspecten van het ruimtelijk patroon te vatten en gemakkelijk te interpreteren zijn.

Ondanks deze problemen kunnen deze indices, toegepast op concrete landschappen en milieus, geïnterpreteerd worden als echte versnipperingsindicatoren (MIRA, 2004).

Naast deze landschapsmetrieken bestaan er nog andere indicatoren die een idee geven van de versnippering van een bepaald gebied. Uit het brede aanbod aan landschapsindices en indicatoren is de volgende set geselecteerd:

**Tabel 2.1. Overzicht van versnipperingsindicatoren.**

Landschapsindices	Aantal fragmenten open ruimte per km <sup>2</sup>	#
	Gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km <sup>2</sup>	ha
	Totale perimeter van de open ruimte per km <sup>2</sup>	km
Andere indicatoren	Versnijding	km/km <sup>2</sup>
	Nabijheid	m
Landgebruiksmaat	Percentage verstening	%

## 2.1 LANDSCHAPSINDICES

De keuze voor de indices ‘aantal fragmenten open ruimte’, ‘gemiddelde grootte van de fragmenten open ruimte’ en ‘perimeter van de open ruimte’ vloeit voort uit de in de MIRA-T rapporten (2003,2004) berekende indices. Al deze indices zijn berekend op basis van de ‘niet-versteende’ oppervlakken op de topografische kaart van België, 1:10000 (NGI, 2005), die herschaald werd naar een ruimtelijke resolutie van 1 meter. De indices zijn dus berekend op het niveau van een klasse d.w.z. dat enkel rekening wordt gehouden met de fragmenten die tot die bepaalde klasse behoren; in dit geval de open ruimte. De open ruimte is in dit onderzoek gedefinieerd als alles wat niet versteend is.

### AANTAL FRAGMENTEN OPEN RUIMTE PER KM<sup>2</sup>

Het aantal fragmenten open ruimte kan gebruikt worden als een versnipperingsindex, waarbij een groter aantal fragmenten wijst op een grotere fragmentatie (Saura, 2004). Het aantal fragmenten is in theorie onbegrensd, maar in praktijk zal het aantal fragmenten beperkt zijn door de definitie van een fragment, de afmetingen en omvang van het studiegebied en de resolutie van de studie eenheid (Rutledge, 2003). Als referentieoppervlakte is in dit onderzoek gekozen voor een vierkante kilometer.

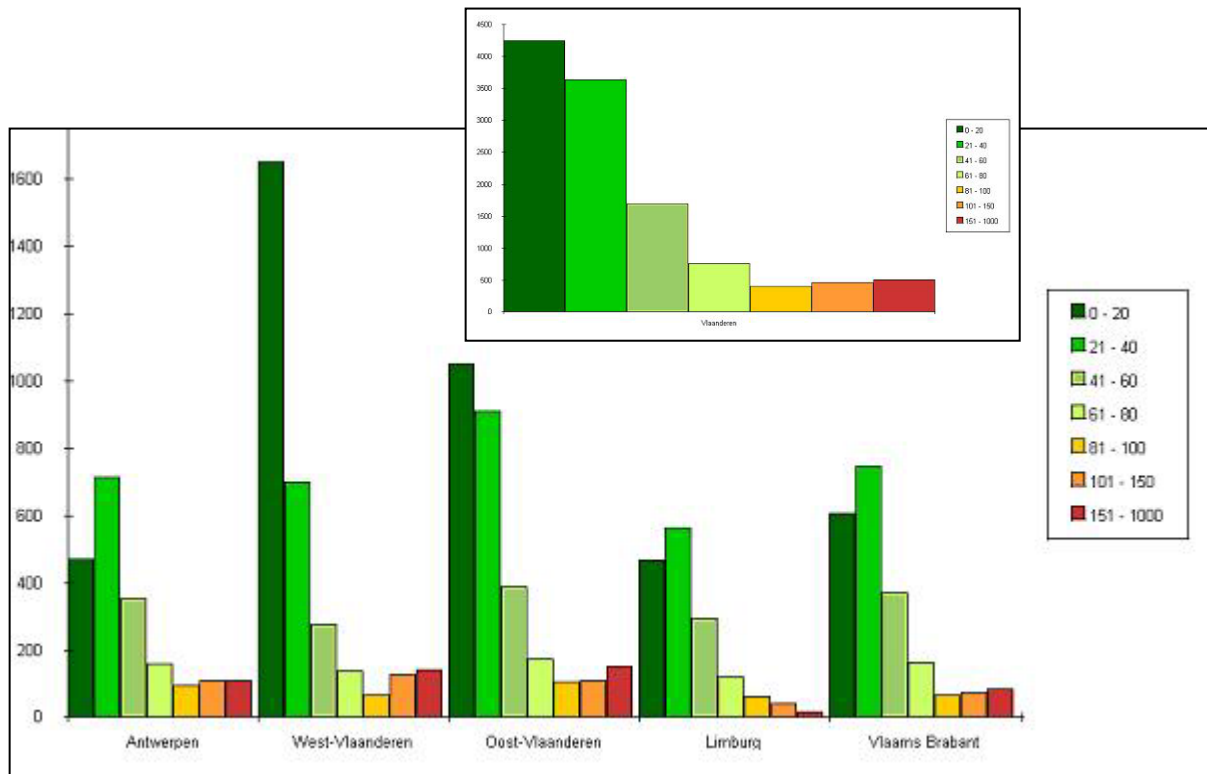
Een nadeel van deze index is zijn gevoeligheid voor de ruimtelijke resolutie (Saura, 2004; Baldwin et al., 2004). Het aantal fragmenten neemt af met toenemende pixelgrootte en vertoont daardoor een lagere graad van versnippering. Het aantal fragmenten wordt ook beïnvloed door de indeling in klassen (Baldwin et al., 2004). Een toename in aantal klassen, leidt tot een toename in het aantal fragmenten.

De berekening van het aantal fragmenten open ruimte per vierkante kilometer op basis van de ‘ruwe’ versteningskaart (Meeus et al., 2005) is weergegeven in Figuur 2.2.

Uit Figuur 2.2 blijkt dat het grootste aantal fragmenten open ruimte per vierkante kilometer te vinden is in de steden. In de Vlaamse Ruit loopt het aantal ook nog hoog op, net als in de streek tussen Kortrijk en Roeselare. Een klein aantal fragmenten is te vinden in de Westhoek, het Meetjesland en de Scheldepolders.

Dit resultaat kan tot verwarring leiden, want meer fragmenten open ruimte in de stad dan in het buitengebied kan paradoxaal lijken. Het is echter belangrijk om in het achterhoofd te houden dat niet enkel het aantal fragmenten open ruimte iets zegt over de toestand, maar dat dit geïnterpreteerd moet worden in combinatie met de oppervlakte van de fragmenten open ruimte.

De frequentieverdeling van het aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> in Vlaanderen (Figuur 2.1) toont dat het grootste aantal kilometer hokken, slechts 0 tot 20 fragmenten open ruimte bevatten. Dit wijst niet meteen op een sterk versnipperd Vlaams landschap, aangezien een groter aantal fragmenten meestal een sterkere versnippering betekent.



**Figuur 2.1. Histogrammen van het aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> in Vlaanderen en in elke provincie.**

Uit de histogrammen per provincie (Figuur 2.1) blijkt echter dat enkel in de provincies West-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen het grootste aantal kilometer hokken, slechts 0 tot 20 fragmenten open ruimte bevatten. In de provincies Antwerpen, Limburg en Vlaams-Brabant bevat het grootste aantal kilometer hokken 21 tot 40 fragmenten open ruimte. Een vergelijking van het aantal kilometerhokken dat meer dan 150 fragmenten open ruimte bevatten geeft aan dat deze het hoogst zijn in West- en Oost-Vlaanderen en het



laagst in Limburg. Uiteraard zitten in deze histogrammen de subregionale effecten – zo zijn de pieken in de klasse 0-20 te verklaren door de structuur van de Westhoek, de kustpolders en de Scheldepolders.

#### **GEMIDDELDE OPPERVLAKTE VAN DE FRAGMENTEN OPEN RUIMTE PER KM<sup>2</sup>**

Om de vorige index beter te kunnen interpreteren is het belangrijk om een idee te hebben van de grootte van de fragmenten open ruimte. De gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte levert deze informatie.

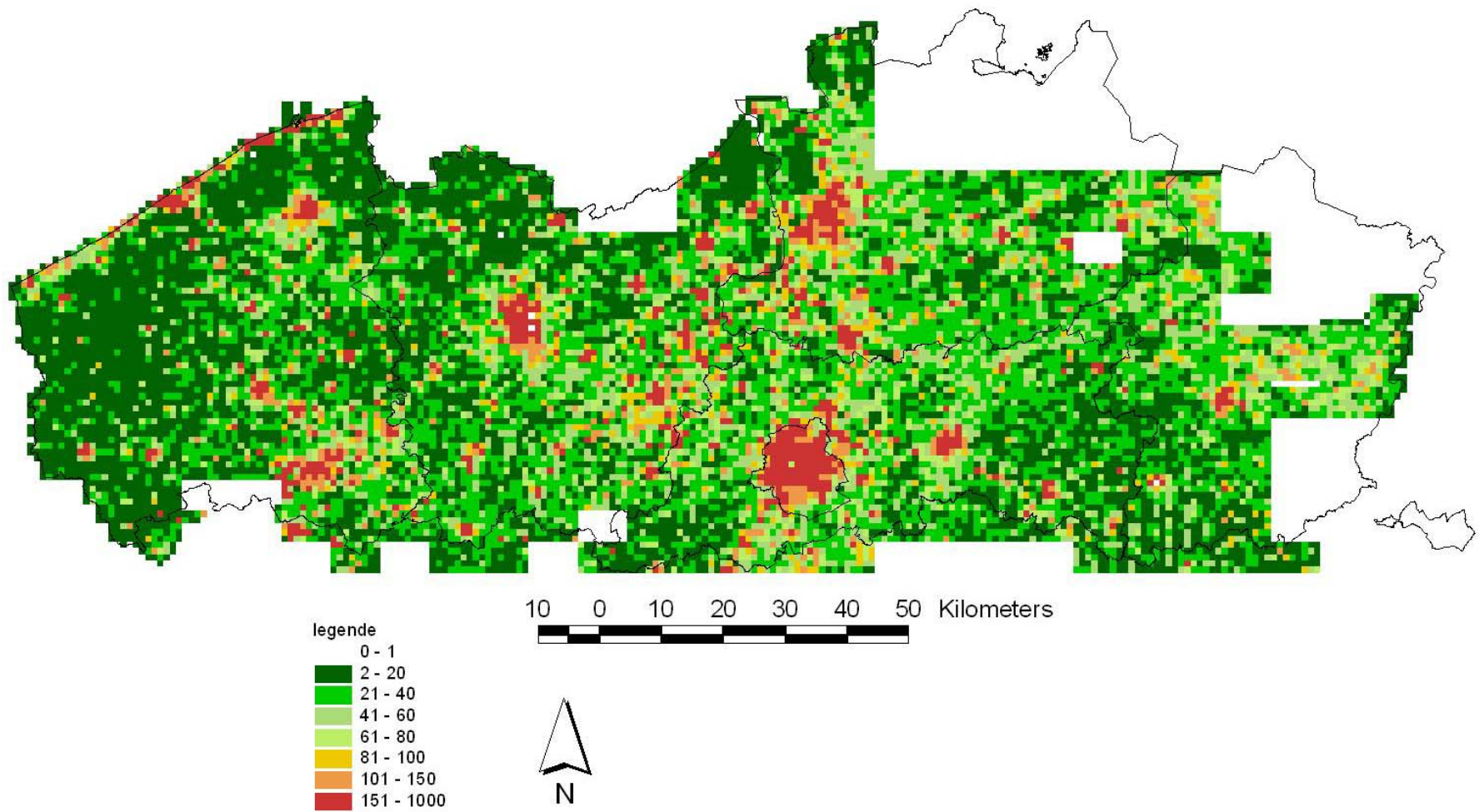
Deze index is gelijk aan de som van de oppervlakten van alle fragmenten open ruimte gedeeld door het aantal fragmenten open ruimte (McGarigal, 2000). Een lagere gemiddelde oppervlakte wijst op een grotere versnippering van de open ruimte (Saura, 2004). De gemiddelde oppervlakte wordt gelimiteerd door de resolutie van de data, de omvang van het studiegebied en de gemiddelde fragment grootte (McGarigal, 2000).

Net zoals het aantal fragmenten open ruimte is deze index gevoelig voor de ruimtelijke resolutie. De gemiddelde oppervlakte is geneigd om toe te nemen met de pixel grootte en vertoont dus een kleinere versnippering (Saura, 2004). Deze index is ook erg gevoelig voor het toevoegen of verwijderen van kleine fragmenten (Rutledge, 2003).

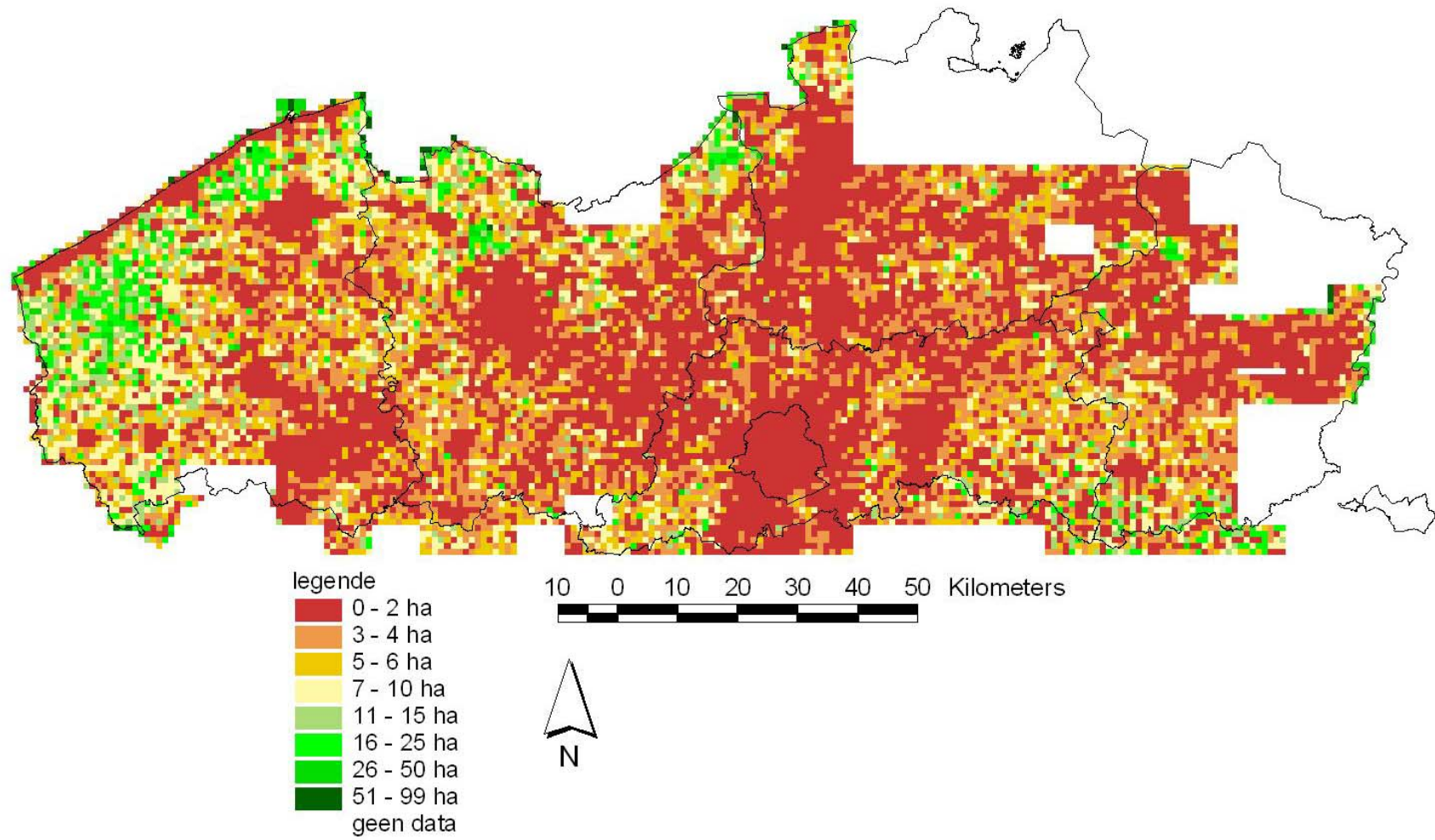
De berekening van de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per vierkante kilometer op basis van de ‘ruwe’ versteningskaart (Meeus et al., 2005) is weergegeven in Figuur 2.3.

De gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte is voor het grootste deel van Vlaanderen niet groter dan twee hectare (Figuur 2.4, Figuur 2.3). Enkel in de Westhoek, het Meetjesland en de Scheldepolders is de gemiddelde oppervlakte open ruimte nog meer dan 15 hectare (Figuur 2.3).

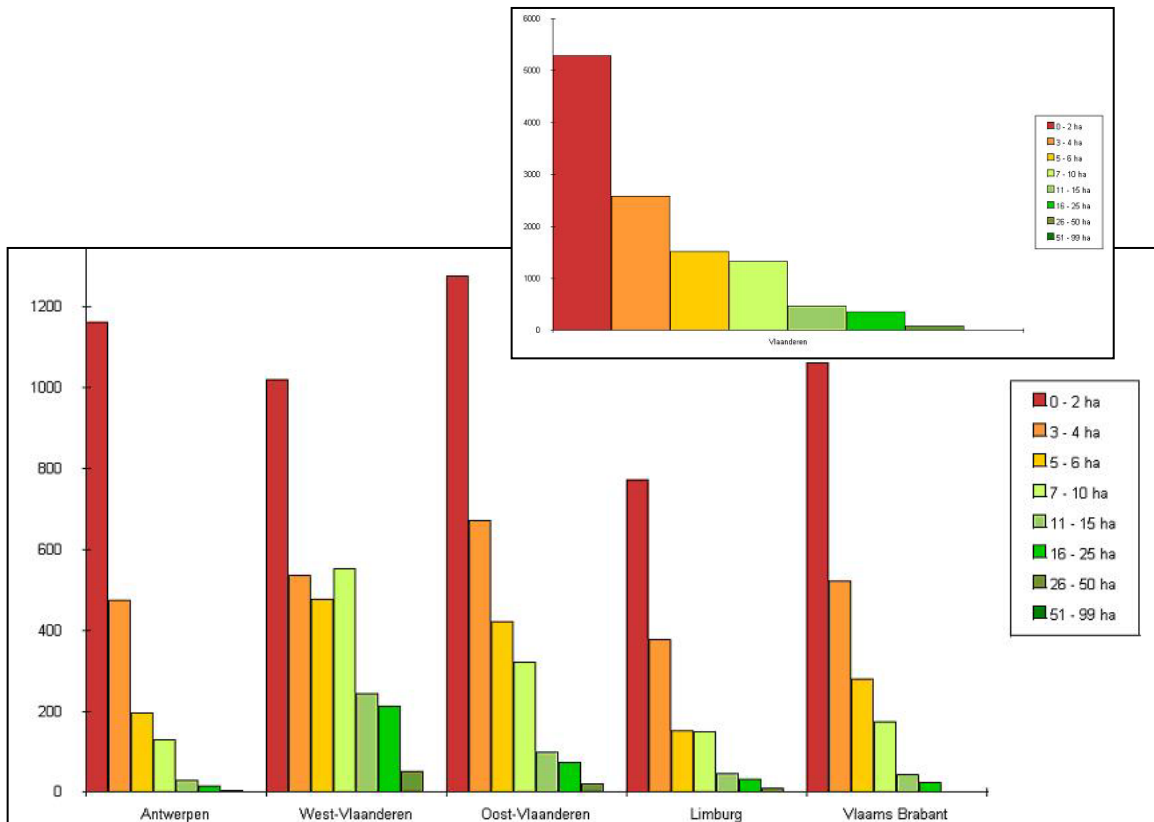
Een analyse van de histogrammen voor elke provincie (Figuur 2.4) laat zien dat in West-Vlaanderen veel kilometerhokken nog een hoge gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte hebben (Westhoek en Polders). Bij de andere provincies is voor de meeste kilometer hokken de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte kleiner dan vier hectare.



Figuur 2.2. Aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> in Vlaanderen.



Figuur 2.3. Gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> in Vlaanderen.



**Figuur 2.4. Histogrammen van de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> in Vlaanderen en in elke provincie.**

Zoals al aangegeven is het belangrijk om deze index te bestuderen samen met het aantal fragmenten open ruimte om uitspraken te kunnen doen over de versnippering van de open ruimte. In Figuur 2.5 is visueel weergegeven hoe deze twee indicatoren samen geïnterpreteerd kunnen worden tot een versnipperingsindicator.

Het aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> en de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> zijn beiden ingedeeld in drie groepen waardoor het sterkst de variatie van deze indices in Vlaanderen wordt weergegeven. Belangrijk is op te merken dat deze indeling niet uniek is. De groepen kregen een ander label. Deze keuze voor de labels was als volgt:

- Aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup>:
  - 0-50 = 1
  - 51-200 = 2
  - 201-980 = 3
- Gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup>:
  - 0-5 ha = 10
  - 6-20 ha = 20
  - 21-99 ha = 30

Als de som van de labels van deze twee kaarten werd gemaakt, kon nog steeds voor elk pixel aan de hand van de tientallen bepaald worden in welke groep van de 'gemiddelde oppervlakte van fragmenten open ruimte' het pixel ligt en aan de hand van de eenheden tot welke groep van het 'aantal fragmenten open ruimte' het pixel behoort.

De combinatie leverde vijf verschillende getallen op: 11, 12, 13, 21, 31. Deze werden geïnterpreteerd tot niveaus van weinig tot sterk versnipperd.

<i>label</i>	<i>Graad van versnippering</i>
31	Weinig versnipperd
21	
11	Matig versnipperd
12	
13	Sterk versnipperd

De weinig versnipperde gebieden worden gekenmerkt door een grote gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte ( $>21$  ha) en een klein aantal fragmenten ( $< 50$ ) open ruimte (pixels met label 31). Dit betekent dus enkele grote fragmenten die niet versnipperd zijn.

De sterk versnipperde gebieden echter worden gekenmerkt door een groot aantal fragmenten open ruimte ( $>201$ ) en een kleine gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte ( $< 5$  ha) (pixels met label 13). Deze kilometer hokken bevatten vele kleine stukjes open ruimte die sterk versnipperd zijn door verstening.

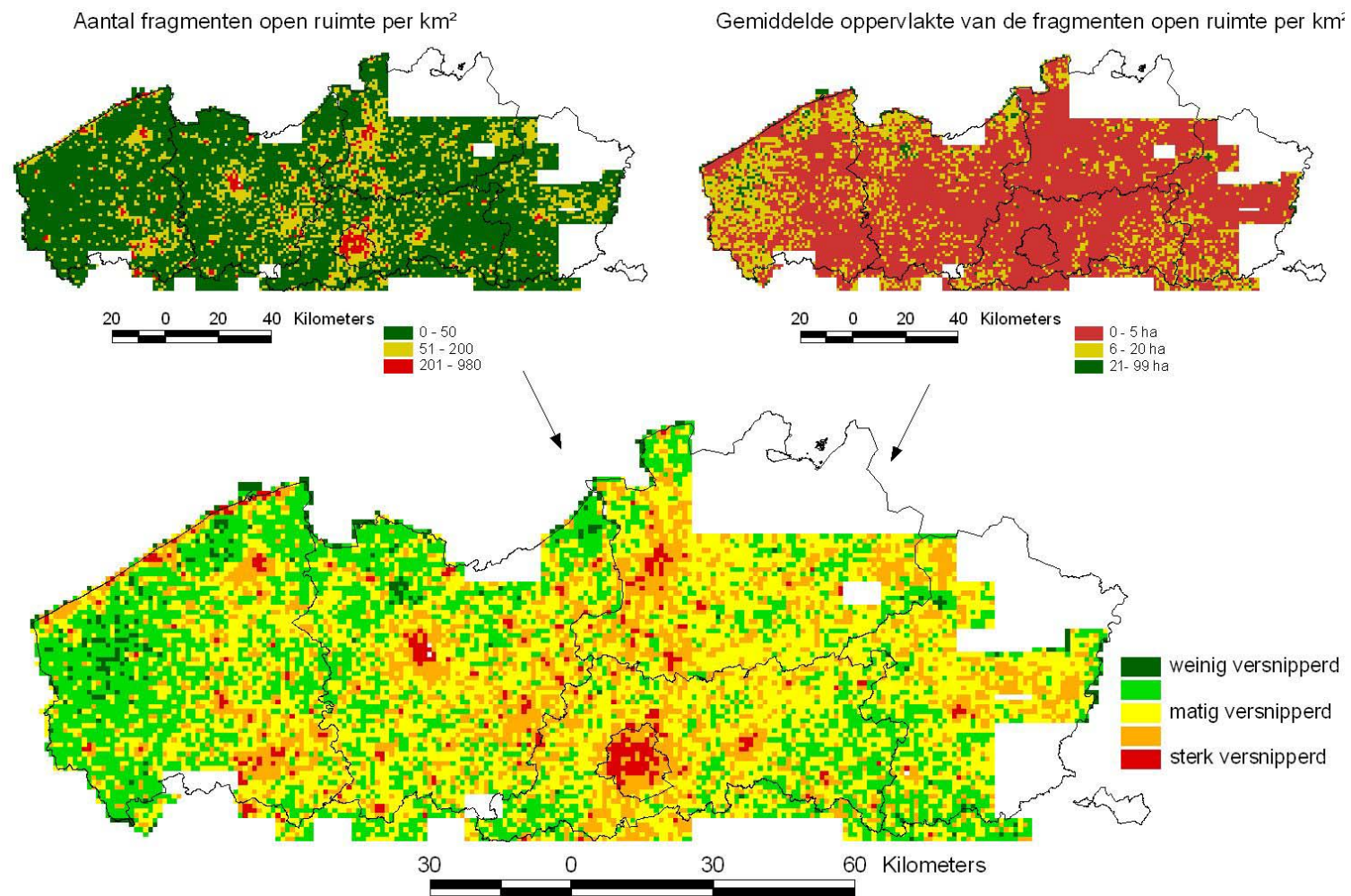
Deze combinatiekaart toont alweer aan dat de weinig versnipperde gebieden van Vlaanderen gelegen zijn in de Westhoek, het Meetjesland en de Scheldepolders; terwijl sterke versnippering vooral in steden voorkomt, maar ook in de Vlaamse ruit en in de regio tussen Roeselare en Kortrijk.

#### **TOTALE PERIMETER VAN DE OPEN RUIMTE PER KM<sup>2</sup>**

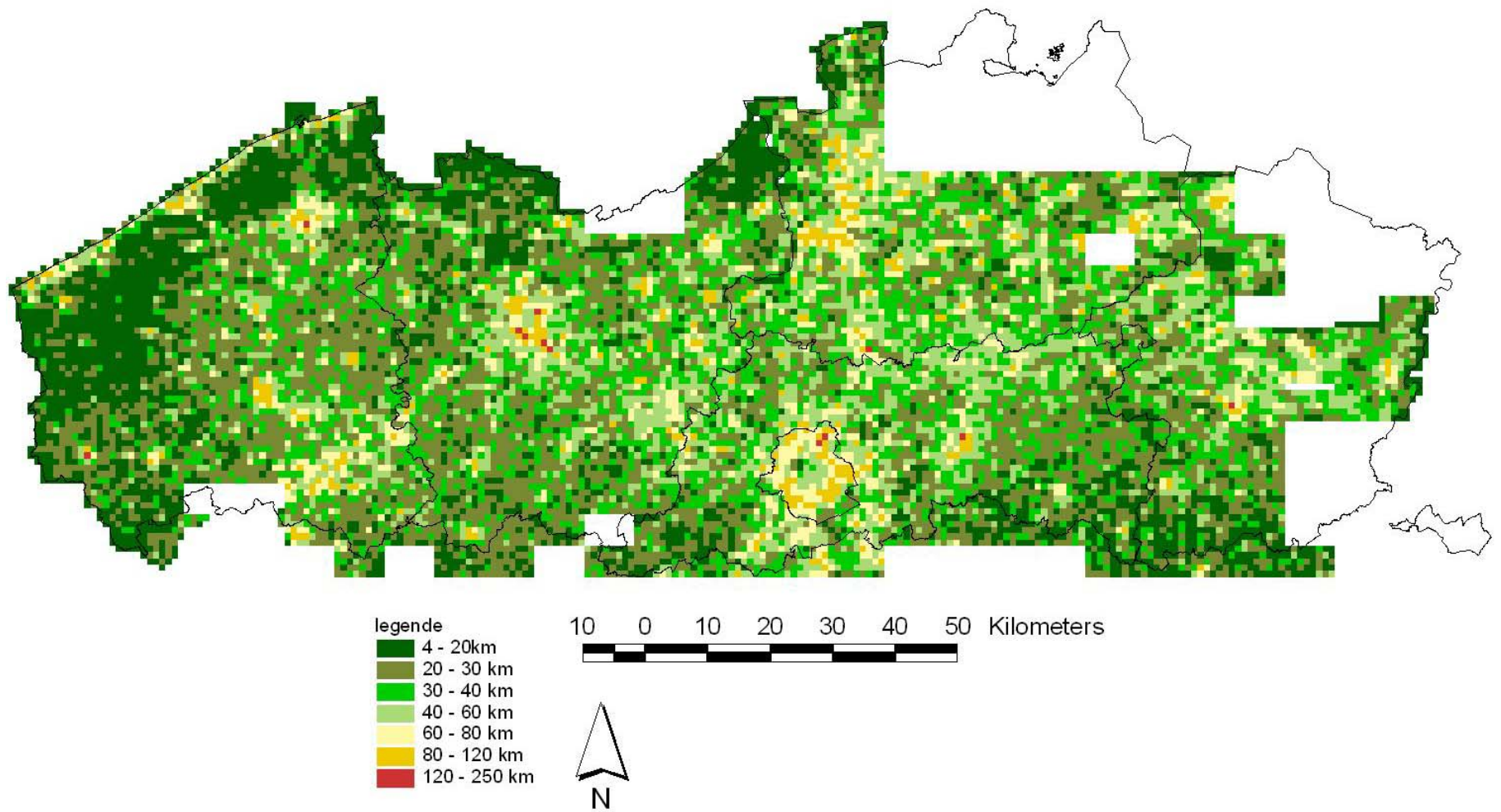
Het belang van deze index is dat het een maat is voor de wisselwerking tussen de verharde oppervlakken en de open ruimte. De perimeter is namelijk gedefinieerd als de lengte van elke zijde gedeeld door twee pixels van een verschillende klasse (Saura, 2004). De totale perimeter van de open ruimte beschrijft dus de hoeveelheid grens tussen de open ruimte en versteende oppervlakken. Samengevat een grotere perimeter betekent een sterker gefragmenteerd landschap.

Nadelig aan deze index is net zoals bij de vorige twee, de gevoeligheid voor de ruimtelijke resolutie. De totale perimeter zal afnemen met toenemende pixel grootte (Saura, 2004). Een meer gedetailleerde indeling in klassen leidt tot een grotere totale perimeter (Baldwin et al., 2004), terwijl het landschap toch hetzelfde is gebleven.

Het resultaat van de berekening van de totale perimeter van de open ruimte per km<sup>2</sup> is afgebeeld in Figuur 2.6. In de Westhoek, het Meetjesland en de Scheldepolders is de totale perimeter open ruimte het laagst. Hier zal de interactie van de open ruimte met de versteende omgeving het kleinst zijn. Opvallend is dat in de kernen van steden de perimeter kleiner is dan in de rand van de steden. Dit kan verklaard worden door de erg kleine oppervlakten open ruimte in de kern van de stad, terwijl de rand juist een wirwar is van grotere elementen open ruimte en verstening. De totale perimeter open ruimte wijst ook op sterke versnippering in de Vlaamse ruit en op de as tussen Roeselare en Kortrijk.



**Figuur 2.5. Combinatie van het aantal fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> en de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte per km<sup>2</sup> tot een indicator voor versnippering.**



Figuur 2.6. Totale perimeter van de open ruimte per km<sup>2</sup> voor Vlaanderen.

## 2.2 ANDERE INDICATOREN

De in dit onderdeel besproken indicatoren kunnen niet berekend worden door gebruik te maken van de ArcView 3.2 extensie Patch Analyst 3.0. Ze zeggen echter wel veel over de versnippering van het landschap door verstening en wegen.

### **VERSNIJDING**

De versnijdingsindex is een index die weergeeft in welke mate lineaire elementen (autowegen, treinsporen, hoogspanningskabels, waterwegen,...) het landschap doorsnijden en bijgevolg versnipperen (MIRA,2004). Deze index kan bepaald worden aan de hand van de lengte van de versnijdende elementen, genormaliseerd door een oppervlakte-eenheid.

Daar Vlaanderen het dichtste wegennet van de EU heeft, is in dit onderzoek de versnijding van het landschap door wegen bestudeerd. Streetnet Connect (Tele Atlas B.V., 2000) is een databank die informatie bevat over de ligging van de wegen in Vlaanderen. In het databestand worden opgenomen:

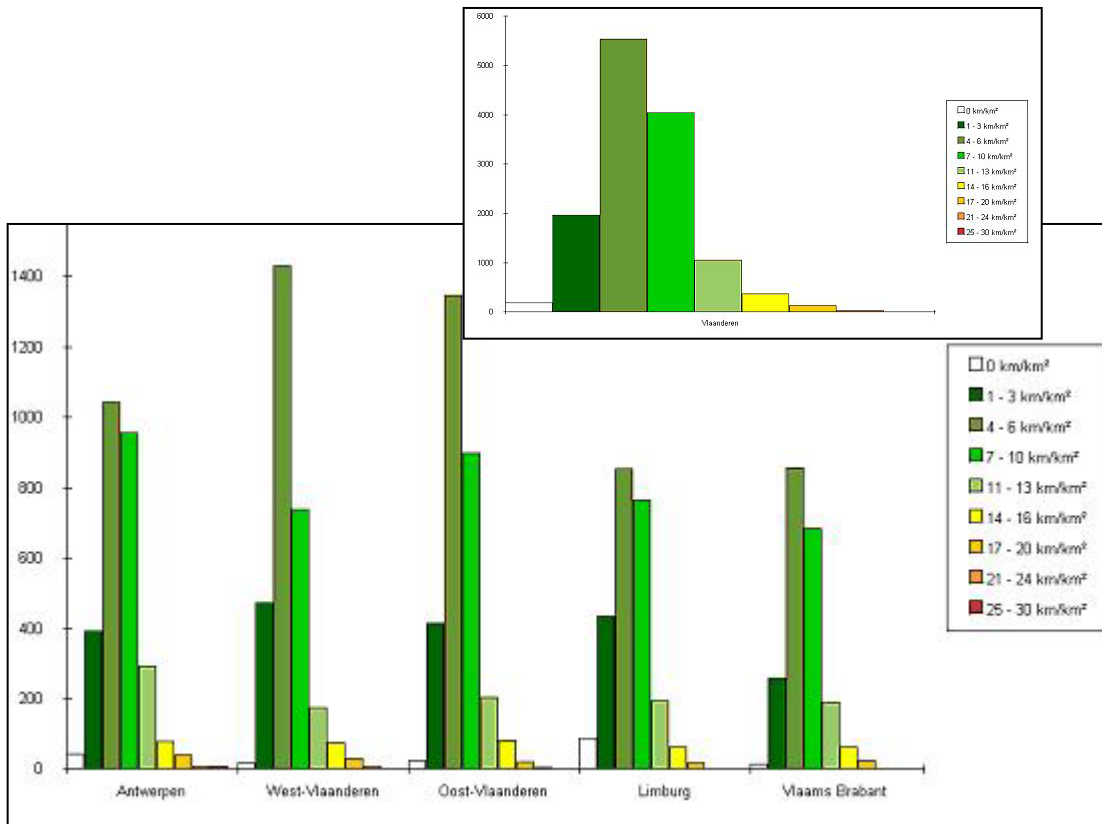
- alle wegen met straatnaam
- alle verharde wegen (i.e. asphalt, beton, klinkers, kasseien) zonder straatnaam, op voorwaarde dat de weg fysisch en openbaar toegankelijk is voor auto's.
- nieuwe wegen die nog in constructie zijn, maar waarvan het traject wel al duidelijk zichtbaar is

Fietspaden of voetpaden worden niet apart opgenomen tenzij deze paden een eigen naam hebben. De wegen worden op de kaart voorgesteld als lijnen en geven de middellijnen van de straten weer.

Op basis van dit streetnet bestand wordt in ArcView 3.2 het aantal km weg in een vierkante kilometer bepaald voor heel Vlaanderen (Figuur 2.8). Opvallend zijn de verbindinglijnen tussen de steden, waar de versnijding hoger is dan in de omgeving. De steden zelf zijn zoals verwacht ook sterk versneden door wegen. In Noord Limburg zijn er een groot aantal kilometerhokken waar geen wegen voor komen. Dit komt door de aanwezigheid van bossen en natuurgebieden, met als belangrijkste het Nationaal Park Hoge Kempen. Ook in het Meetjesland, de Westhoek en de Scheldepolders zijn er enkele straatloze kilometerhokken. Uit het histogram van de versnijdingindex voor Vlaanderen (Figuur 2.7) is af te leiden dat het grootste deel van Vlaanderen doorsneden wordt door 4 tot 10 kilometer weg per vierkante kilometer.

In de histogrammen van de provincies (Figuur 2.7) is het opvallend dat het aantal kilometerhokken dat geen wegen bevat vooral gelegen is in Limburg. In de provincie Antwerpen komt er een klein aantal kilometerhokken voor met meer dan 25 km weg in een vierkante kilometer. Dit is te verklaren door de sterke versnijding van het Antwerpse stadscentrum door wegen. Geen enkele andere Vlaamse stad is zo sterk versneden door wegen.



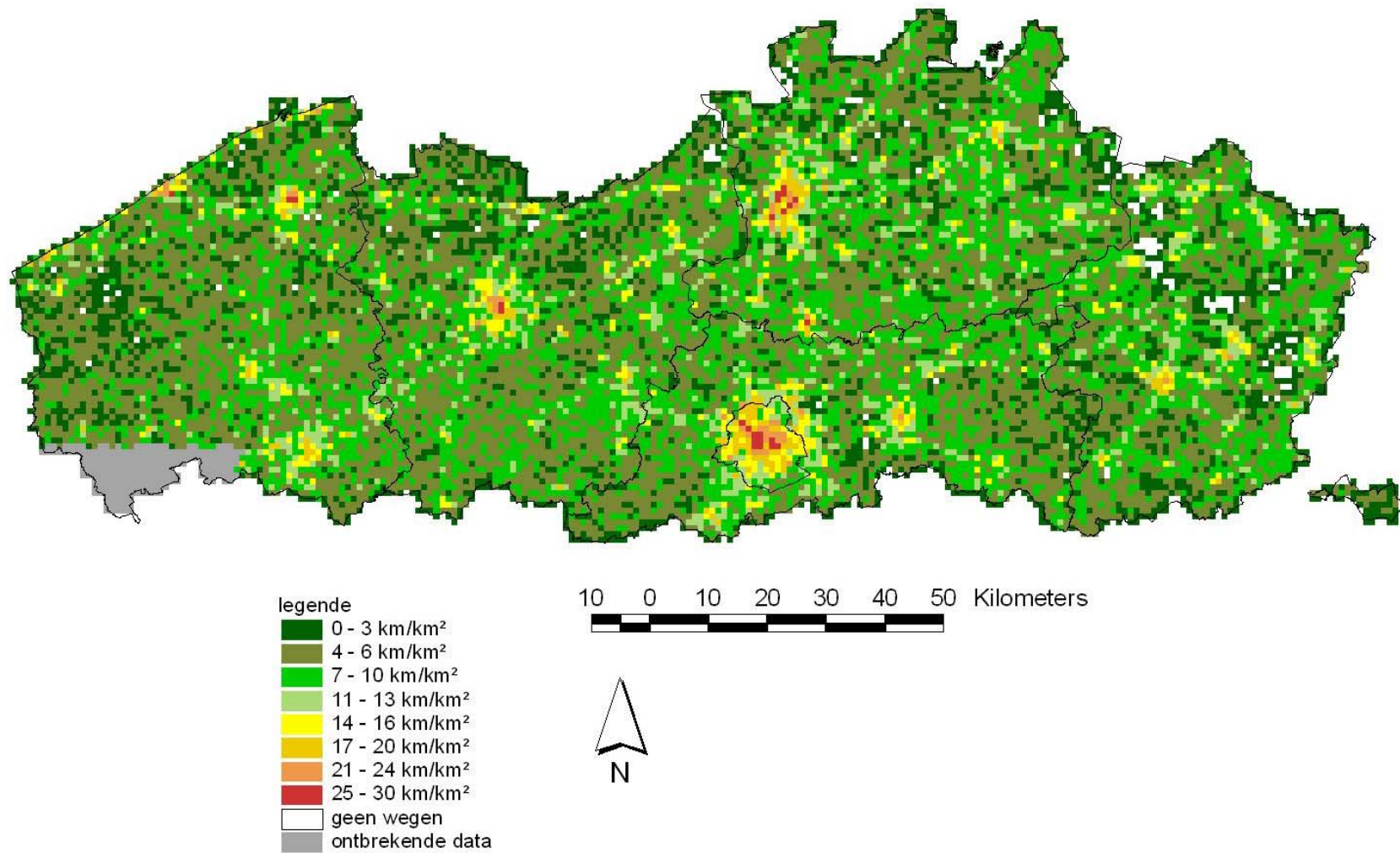


**Figuur 2.7. Histogrammen van de versnipdingsindex voor Vlaanderen en voor de verschillende provincies.**

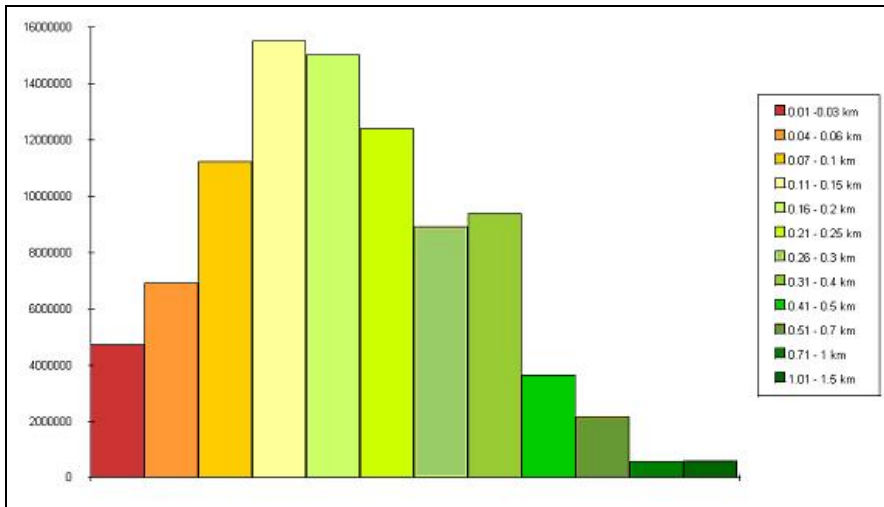
### NABIJHEID

Nabijheid is een radiocentrische index, die de structuur van het landschap meet als de gemiddelde afstanden tussen objecten en hun burens 360° rond gemeten (MIRA, 2004). Hiermee kan op gevoelige wijze structuren en sturctuurveranderingen, en dus ook versnippering, gemeten worden. In dit onderzoek wordt de structuur van de open ruimte en van het visuele landschap tussen elementen van verstedelijking bepaald.

Figuur 2.11 toont de gemiddelde afstand van elk pixel (10m x 10m) open ruimte tot verstering. Alweer springen de Westhoek, het Meetjesland, en de Scheldepolders in het oog. Hier is de afstand tot verstering vaak nog meer dan een halve kilometer. Uit het histogram voor Vlaanderen (Figuur 2.9) volgt duidelijk dat voor slechts een klein deel in Vlaanderen de afstand van de open ruimte tot verharding groter is dan een halve kilometer. Het grootste deel van de Vlaamse open ruimte zal gemiddeld op 100 à 200 meter van verstering liggen.



Figuur 2.8. Versnijdingsindex: totaal aantal kilometer weg per km<sup>2</sup> voor Vlaanderen – gebaseerd op streetnet



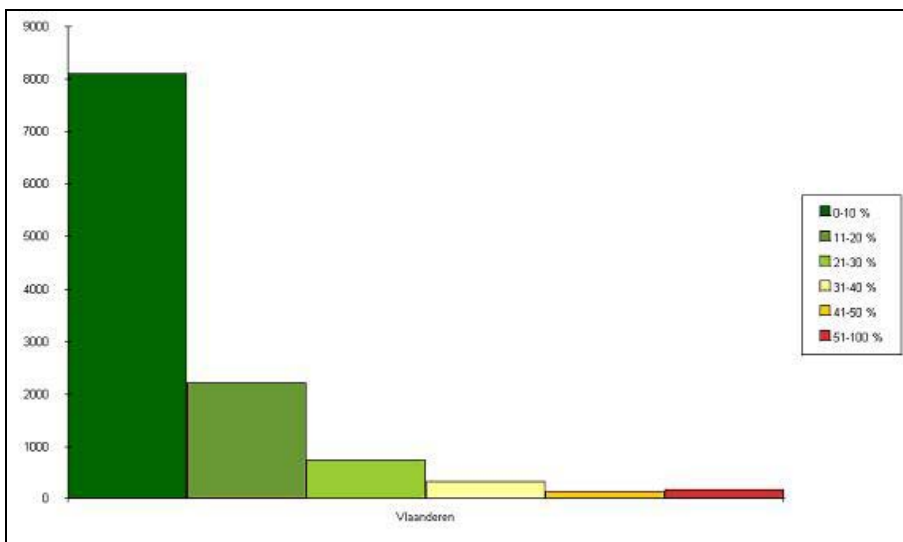
**Figuur 2.9. Histogram van de nabijheidsindex voor Vlaanderen.**

## 2.3 LANDGEBRUIKSMATEN

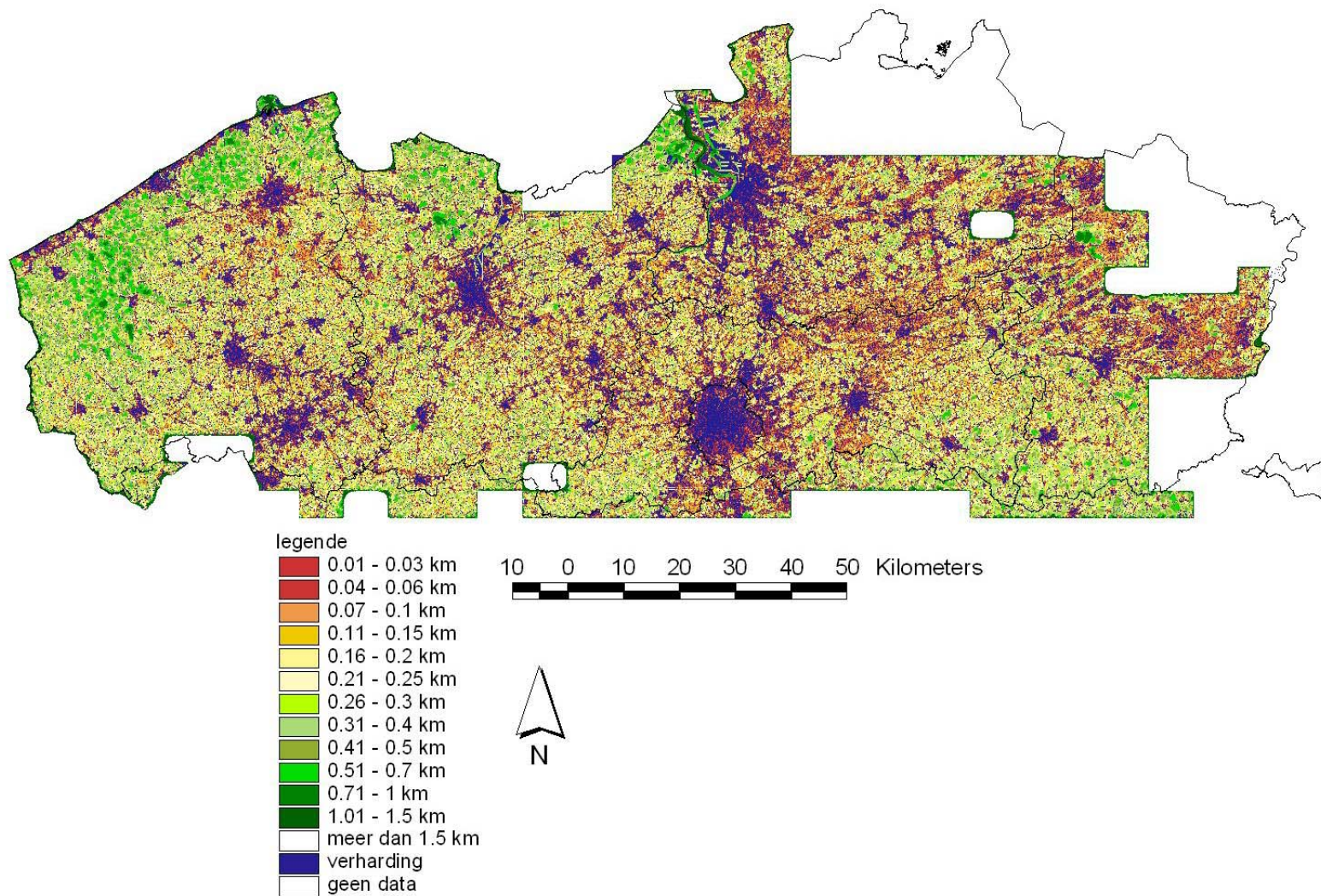
De inname en gebruik van het land voor verschillende doeleinden is een maat voor de toestand en de evolutie van het landschap. Het percentage verstening per km<sup>2</sup>, is een landgebruiksmaat die de versnippering van het landschap door verstening weergeeft.

### PERCENTAGE VERSTENING PER KM<sup>2</sup>

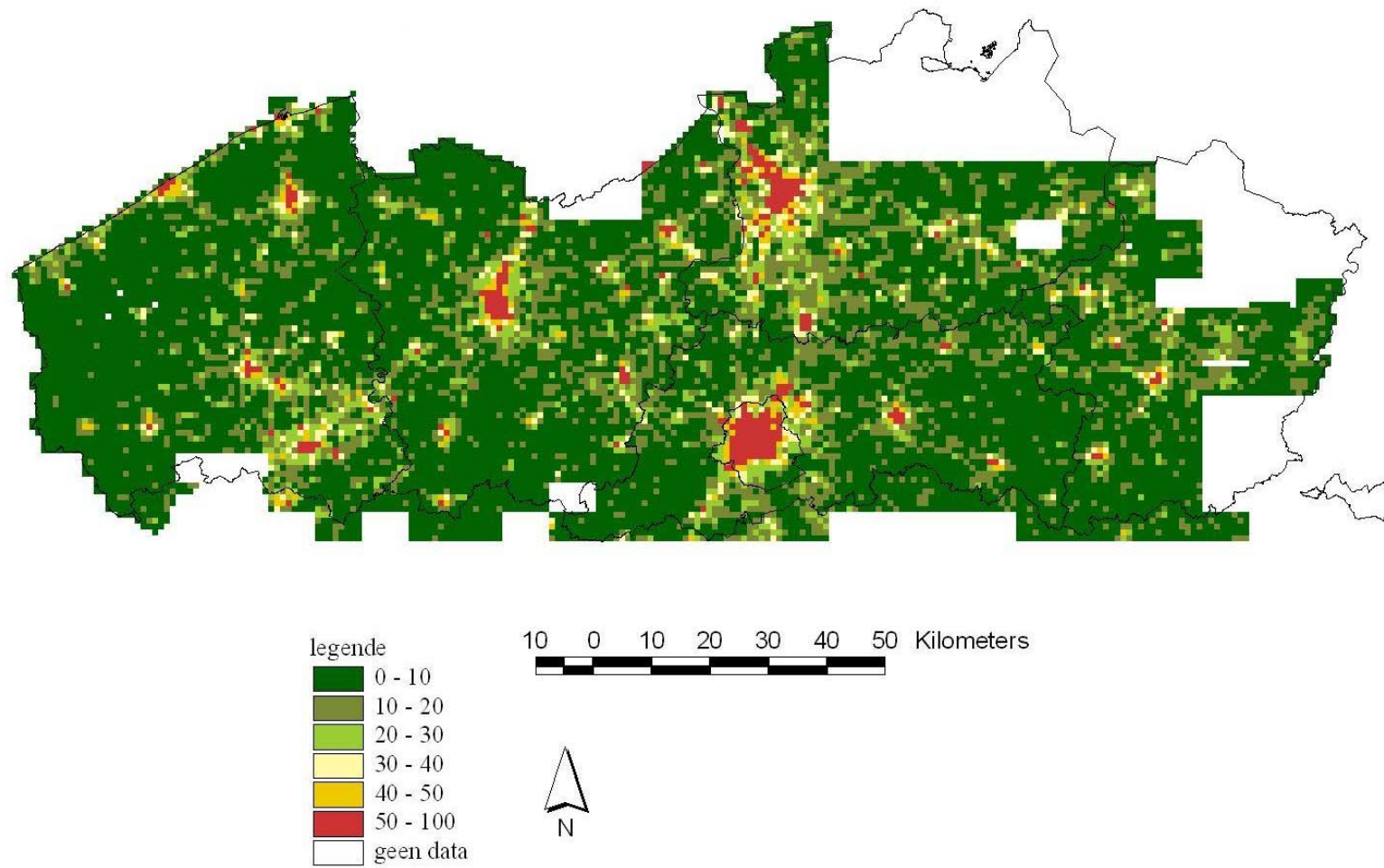
Hoe meer verstening er aanwezig is, hoe groter de kans dat dit gebied sterk versnipperd zal zijn. De in vorig onderzoek (Meeus et al., 2005) gecreëerde versteningskaart geeft het percentage verstening per vierkante kilometer weer (Figuur 2.12). Omdat besloten is dat de 'ruwe' versteningskaart voldoende nauwkeurig is wordt deze ook verder bestudeerd. Uit het histogram (Figuur 2.10) blijkt dat het percentage verstening in de meeste kilometerhokken lager ligt dan 10 procent.



**Figuur 2.10. Histogram van het percentage verstening in Vlaanderen.**



Figuur 2.11. Nabijheid: gemiddelde afstand tot verstening voor elk are-pixel.



**Figuur 2.12. Percentage verstening per km<sup>2</sup> - berekend op basis van de verharde en versteende oppervlakken op de topografische kaart van België 1:100000**

In de steden echter is het percentage verstening groter dan 50 procent en in de Vlaamse ruit en de streek tussen Kortrijk en Roeselare ligt het percentage verstening vaak hoger dan 20 procent.

## 2.4 CONCLUSIE

In dit onderzoek wordt verstening beschouwd als de versnipperaar van de open ruimte. Het is dus waarschijnlijk dat daar waar de verstening het grootst is, de versnippering ook groot zal zijn. Figuur 2.12 toont dat het percentage verstening groot is in de steden, maar ook in de Vlaamse ruit en de regio tussen Kortrijk en Roeselare. De versnipperingsindicatoren geven ook een sterke versnippering van deze regio's aan. De versnippering is echter nog verder merkbaar, hoewel iets minder sterk. Er zijn slechts enkele gebieden die erg weinig versnipperd zijn, namelijk de Westhoek, het Meetjesland en de Scheldepolders.

Uitspraken over de versnippering per provincie moeten genuanceerd worden omwille van het ontbreken van data (vooral in de provincies Antwerpen en Limburg), toch kunnen bepaalde tendensen aangegeven worden.

Uit Figuur 1.2 volgt dat het percentage verstening per vierkante kilometer het grootst is in de provincie Antwerpen, gevolgd door de provincie Oost-Vlaanderen. De provincies West-Vlaanderen en Limburg zijn het minst versteend. Uit de analyse van het aantal fragmenten open ruimte en de gemiddelde oppervlakte van de fragmenten open ruimte komt West-Vlaanderen er duidelijk als minst versnipperd uit. Voor Limburg echter is dit niet zo uitgesproken. De provincies Antwerpen en Vlaams-Brabant zijn sterk versnipperd, want het aantal fragmenten open ruimte is voor de meeste kilometerhokken groot, terwijl de oppervlakte van de fragmenten open ruimte klein is. In Figuur 2.7 is te zien dat Limburg het grootste aantal kilometerhokken heeft met 0 kilometer weg, terwijl de provincie Antwerpen het grootst aantal kilometerhokken heeft met meer dan 25 kilometer weg.

Het is duidelijk dat hoe meer verstening er voorkomt, hoe sterker de versnippering zal zijn. Maar zelfs buiten de sterk versteende gebieden is Vlaanderen nog versnipperd. De provincie West-Vlaanderen is het minst versnipperd, terwijl de provincie Antwerpen waarschijnlijk het sterkst versnipperd is, hoewel hier geen zekerheid over bestaat door de onvolledigheid van de versteningsdata.

### 3 Thematische uitdieping

Naast het bestuderen van verstening en het versnipperende effect ervan is nog een laatste doelstelling van dit onderzoek analyseren hoe de versteningsgegevens nog nuttige informatie kunnen leveren over thema's als ecologie en hydrologie.

#### 3.1 VERSTENING VAN GEWESTPLANZONES

De gewestplannen zijn opgesteld door de overheid in een eerste stap om de bodembestemming onder controle te houden. De gewestplannen zijn niet meteen een onderwerp dat thuis hoort in de thema's ecologie of hydrologie, maar de beslaglegging van verstening in bepaalde gewestplanzones zijn een signaal voor ongewenst bodemgebruik en versnippering van deze gebieden. De bestudeerde bestemmingszones zijn weergegeven in Tabel 3.1, samen met hun oppervlakte in Vlaanderen en het percentage dat ingenomen wordt door verstening. Een analyse van deze tabel toont dat vooral parkgebieden sterk ingenomen worden door verstening; dit is deels te verwachten omwille van versteende elementen eigen aan een park (vb. verharde paden, kiosken, ...). Het woonuitbreidingsgebied is al voor 11,5 procent ingepalmd door verstening. Belangrijk is op te merken dat omwille van de onvolledige versteningsdata nooit de volledige oppervlakte van de verschillende zones bestudeerd is.

**Tabel 3.1. Indeling in gebieden met bepaalde bodembestemming, de oppervlakte en het percentage verstening.**

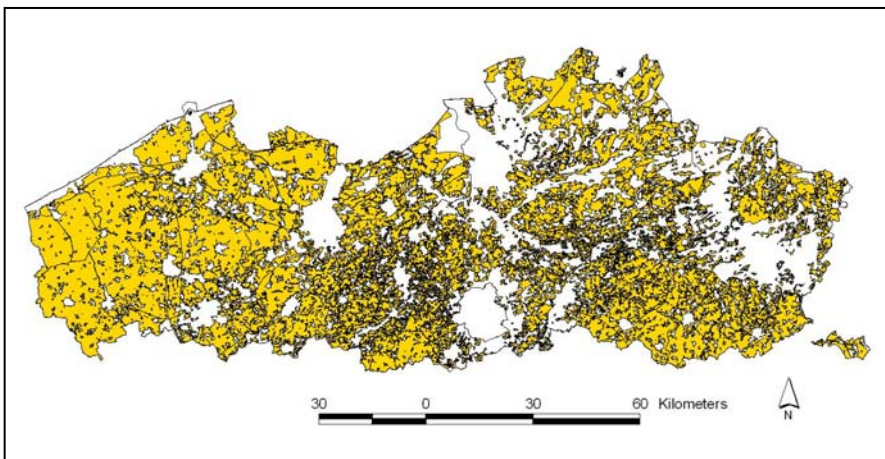
<i>Bodembestemming</i>	<i>Hoofdcode gewestplan<sup>1</sup></i>	<i>Oppervlakte(km<sup>2</sup>)</i>	<i>% verstening</i>
Landbouwgebied	0900, 0901, 0910, 0911, 0912, 0914, 0915, 0916, 0930, 0931	8036	4,21
Parkgebied	0500	236	9,28
Natuurgebied	0700, 0701, 0702, 0710, 0733, 0734, 0735	1197	4,33
Bosgebied	0800, 0810, 0880	434	4,73
Woonuitbreidingsgebied	0105	284	11,50

De inname door verstening van deze verschillende gebieden is ook nog eens bepaald per provincie.

##### 3.1.1 Landbouwgebieden

De oppervlakte bestemd voor landbouw is in Vlaanderen erg groot (bijna 60% van de totale oppervlakte). Figuur 3.1 toont dat West-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen het sterkst ingepalmd worden door landbouwgebied. Dit wordt bevestigd door de gegevens uit Tabel 3.2: percentage van totale oppervlakte bestemd voor landbouw in West-Vlaanderen is 76 procent en in Oost-Vlaanderen 63 procent. In de provincies Antwerpen en Limburg is de oppervlakte bestemd voor landbouw het kleinst.

<sup>1</sup> Bijlage 1: Betekenis van codes van gewestplan.



**Figuur 3.1. Landbouwgebieden – bepaald op basis van de vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen, 1:10000.**

De beslaglegging van verstening op landbouwgebied is het grootst in Antwerpen en het kleinst in Limburg. Belangrijk is wel om op te merken dat dit de twee provincies zijn waar maar een beperkte oppervlakte bestudeerd is. De in Figuur 1.2 aangegeven hoeveelheden verstening per provincie bewijzen dat deze tendens niet vreemd is, aangezien Antwerpen de meeste verstening bevat, terwijl Limburg maar weinig versteend is. Het percentage verstening in het West-Vlaamse landbouwgebied is vrij hoog als de lage verstening van deze provincie in rekening wordt gebracht. Dit kan verklaard worden door de intensieve veeteelt (veel stallen en bedrijfsgebouwen) die sterk aanwezig is in deze provincie. Ook de verspreide bebouwing en het minder voorkomen van woonkernen, zorgt voor een relatief hoge verstening van het landbouwgebied.

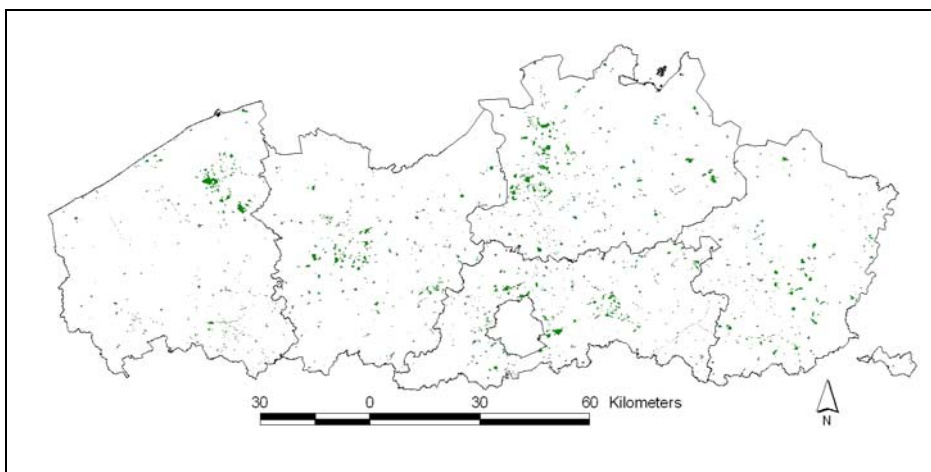
**Tabel 3.2. Analyse van verstening in gebieden bestemd voor landbouw.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	2392	75,75	100	4,17
Oost-Vlaanderen	1886	62,71	96	4,24
Antwerpen	1351	46,97	63	5,29
Vlaams-Brabant	1251	59,06	99	3,91
Limburg	1156	47,62	59	3,48
Vlaanderen	8036	58,45	87	4,21

### 3.1.2 Parkgebieden

Als Figuur 3.2 bestudeerd wordt, valt het op dat de meeste gebieden bestemd voor parken gelegen zijn rond of in de steden (Brugge, Antwerpen, Gent,...), maar ook verder verspreid in Vlaanderen. In de provincies Antwerpen en Vlaams-Brabant is de oppervlakte bestemd voor parkgebieden het grootst. In de andere provincies is deze voorbehouden oppervlakte kleiner en neemt dus ook een kleiner percentage van de totale oppervlakte in.





**Figuur 3.2. Parkgebieden – bepaald op basis van de vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen, 1:10000.**

Het percentage verstening in parkgebieden ligt over het algemeen hoog. De verklaring ligt – zoals reeds eerder vermeld – in de aanwezigheid van bepaalde parkeigen elementen die verhard zijn (vb. kiosken, verharde wandelpaden,...).

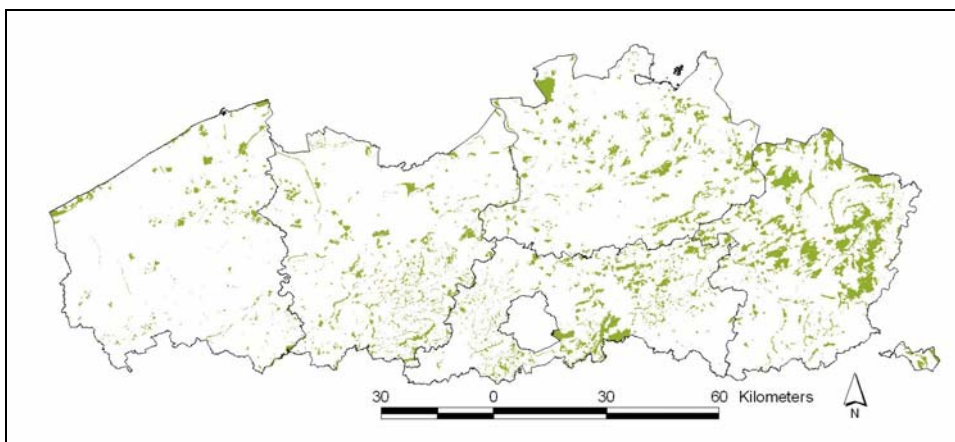
Een vergelijking van de provincies toont dat in Antwerpen de parkgebieden het sterkst ingepalmd zijn door verstening, terwijl dit in Limburg het minste is. Dit is gelijkaardig aan de inname van landbouwgebied door verstening en is te verklaren door de aanwezigheid van veel of weinig verstening.

**Tabel 3.3. Analyse van verstening in gebieden bestemd voor parken.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>%bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	45	1,42	100	9,70
Oost-Vlaanderen	44	1,47	98	9,19
Antwerpen	61	2,12	88	10,21
Vlaams-Brabant	52	2,44	100	8,92
Limburg	35	1,42	76	7,54
Vlaanderen	236	1,72	93	9,28

### 3.1.3 Natuurgebieden

De natuurgebieden zijn bestemd voor het behoud, de bescherming en het herstel van het natuurlijke milieu (K.B. 28/12/1972). Uit Figuur 3.3 blijkt dat in Limburg het grootste aantal gebieden bestemd voor natuur gelegen is, terwijl dit het kleinste is in West-Vlaanderen. Dit wordt bevestigd door Tabel 3.4. De oppervlakte van de gebieden bestemd voor natuur nemen toe van west naar oost.



**Figuur 3.3. Natuurgebieden – bepaald op basis van de vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen, 1:10000.**

Het percentage verstening gelegen in deze natuurgebieden is voor alle provincies gelegen rond 4,5 procent. De verstening in deze gebieden is waarschijnlijk afkomstig van jagers- en vissershutten en wegen.

**Tabel 3.4. Analyse van de verstening in gebieden bestemd voor de natuur.**

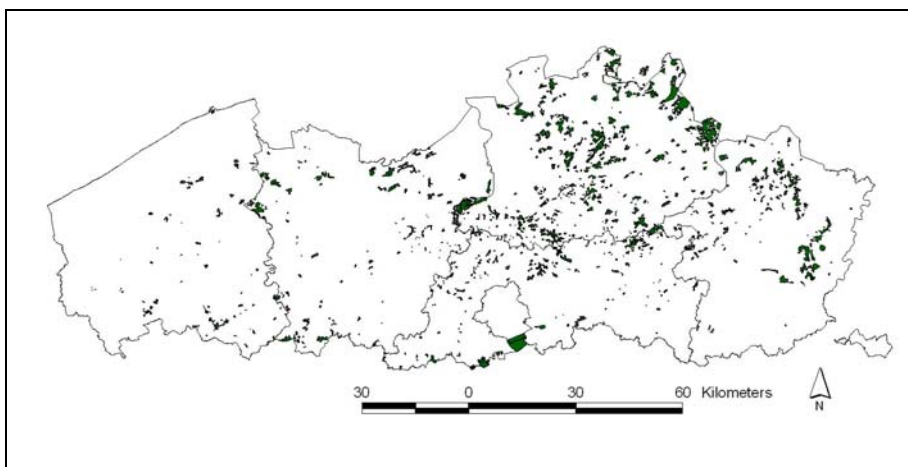
	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	115	3,64	100	4,98
Oost-Vlaanderen	199	6,53	95	4,03
Antwerpen	237	8,24	74	4,86
Vlaams-Brabant	220	10,37	100	4,11
Limburg	429	17,69	69	4,12
Vlaanderen	1197	8,71	83	4,33

#### 3.1.4 Bosgebieden

De gebieden bestemd voor bosbouw zijn het grootst in Antwerpen (Figuur 3.4). In West-Vlaanderen is de oppervlakte bestemd voor bos het laagste, slechts 0,53 procent van de totale oppervlakte van de provincie.

Belangrijk is op te merken dat deze data laag enkel aangeeft welke gebieden bestemd zijn voor het bosbedrijf en niet welke gebieden daadwerkelijk bebost zijn. Een analyse van de verstening aanwezig in de feitelijke bossen is terug te vinden in '3.3.4 Bosreferentielaag'.

Een analyse van de inname van bos door verstening toont dat de gebieden bestemd voor bos in West-Vlaanderen het sterkst versteend zijn. In Limburg ligt dit percentage ook erg hoog. In Vlaams-Brabant zal verstening het minste beslag leggen op gebieden bestemd voor bos.



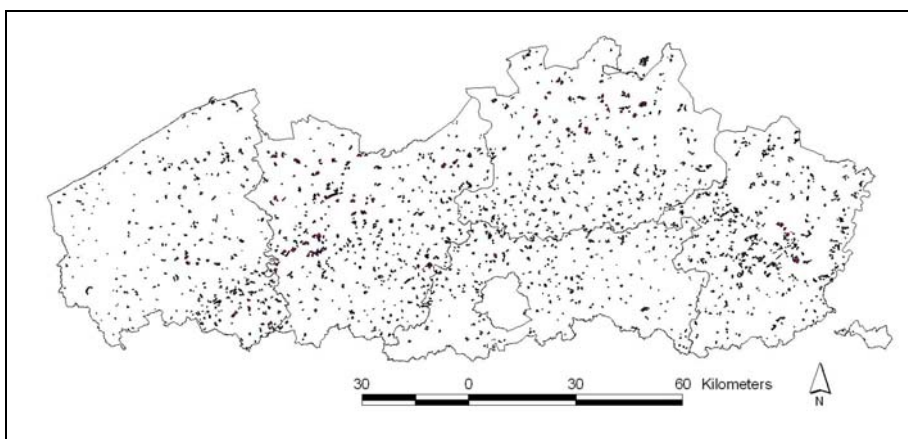
**Figuur 3.4. Bosgebieden – bepaald op basis van de vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen, 1:10000.**

**Tabel 3.5. Analyse van gebieden bestemd voor bosbouw.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	17	0,53	100	7,26
Oost-Vlaanderen	62	2,05	83	4,01
Antwerpen	222	7,73	55	4,79
Vlaams-Brabant	64	3,02	100	3,88
Limburg	70	2,87	67	5,63
Vlaanderen	434	3,16	69	4,73

### 3.1.5 Woonuitbreidingsgebieden

Op de kaart lijkt de verdeling van woonuitbreidingsgebieden ongeveer gelijk voor heel Vlaanderen. Tabel 3.6 toont echter dat Vlaams-Brabant en West-Vlaanderen de kleinste oppervlakken woonuitbreidingsgebied hebben, terwijl Oost-Vlaanderen de grootste oppervlakte bezit. Limburg beschikt echter procentueel t.o.v. totale oppervlakte over het meeste woonuitbreidingsgebied.



**Figuur 3.5. Woonuitbreidingsgebieden – bepaald op basis van de vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen, 1:10000.**

De woonuitbreidingsgebieden zijn al het meest ingepalmd door verstening in West-Vlaanderen en het minst in Limburg. Het woonuitbreidingsgebied in Antwerpen is ook al in sterke mate ingenomen, terwijl Oost-Vlaanderen en Vlaams-Brabant zich ergens tussenin bevinden.

**Tabel 3.6. Analyse van de verstening in gebieden bestemd voor woonuitbreiding.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	47	1,50	100	14,61
Oost-Vlaanderen	78	2,59	98	11,07
Antwerpen	62	2,16	74	12,51
Vlaams-Brabant	33	1,56	100	11,38
Limburg	63	2,60	75	8,20
Vlaanderen	284	2,06	88	11,50

### 3.2 VERSTENING VAN HYDROLOGISCHE EENHEDEN

Als hydrologische topics komen aan bod: de bepaling van het percentage verstening in de hydrografische bekkens en zones van de Vlaams Hydrografische Atlas (VHA), de relatie tussen verstening en waterkwaliteit, hoeveelheid verstening in de risicozones voor overstromingen en tot slot een ruwe schatting van de impact van verstening op afstroming.

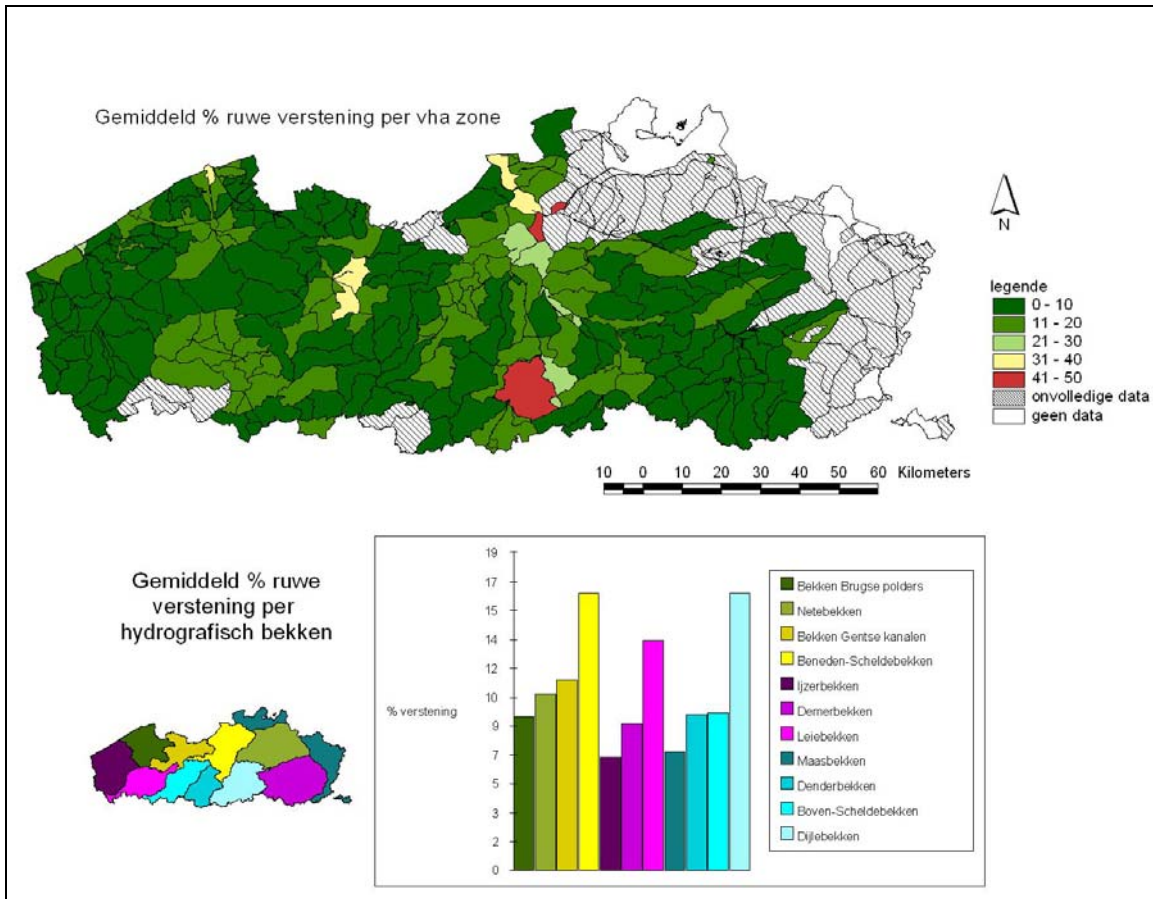
#### 3.2.1 Vlaams Hydrografische Atlas

De Vlaamse Hydrografische Atlas bevat diverse datasets rond het thema oppervlaktewater, gedigitaliseerd als lijnen (assen van waterlopen en waterwegen, omtrekken van stilstaande wateroppervlakken), vlakken (bekkengrenzen, VHA-zones, afbakening van oppervlaktewaterwingebieden, polders en wateringen) en punten (structuurkenmerken van een waterloop op een bepaald plaats, positie van limnigrafen), alsook aanverwante datasets opgeslagen als vlakken (kwestbaarheidkaart van het grondwater, mijnverzakkingsgebieden, beschermingszones rond grondwaterwinningen voor drinkwater, administratieve grenzen).

In Figuur 3.6 is het gemiddelde percentage (ruwe) verstening in de VHA-zones en in de hydrografische bekkens weergegeven.

#### HYDROGRAFISCHE BEKKENS

De meeste verstening komt voor in het Beneden-Scheldebekken en Dijlebekken. Dit zijn de bekkens waar Antwerpen, respectievelijk Brussel in gelegen zijn. Er is ook een hoog percentage verstening in het Leiebekken, te verklaren door de industriële as Roeselare-Kortrijk. Het laagste percentage verstening is terug te vinden in het Ijzer- en Maasbekken. Het bestrijdingsgebied van de versteningskaart in het Maasbekken is erg beperkt, waardoor uitspraken over verstening niet representatief zijn voor het hele bekken. Het lage percentage verstening in het Ijzerbekken was te verwachten, aangezien de streek sterk overheerst wordt door landbouw en de Westhoek - gelegen in dit bekken - één van de minst versteende en versnipperde gebieden in Vlaanderen is.

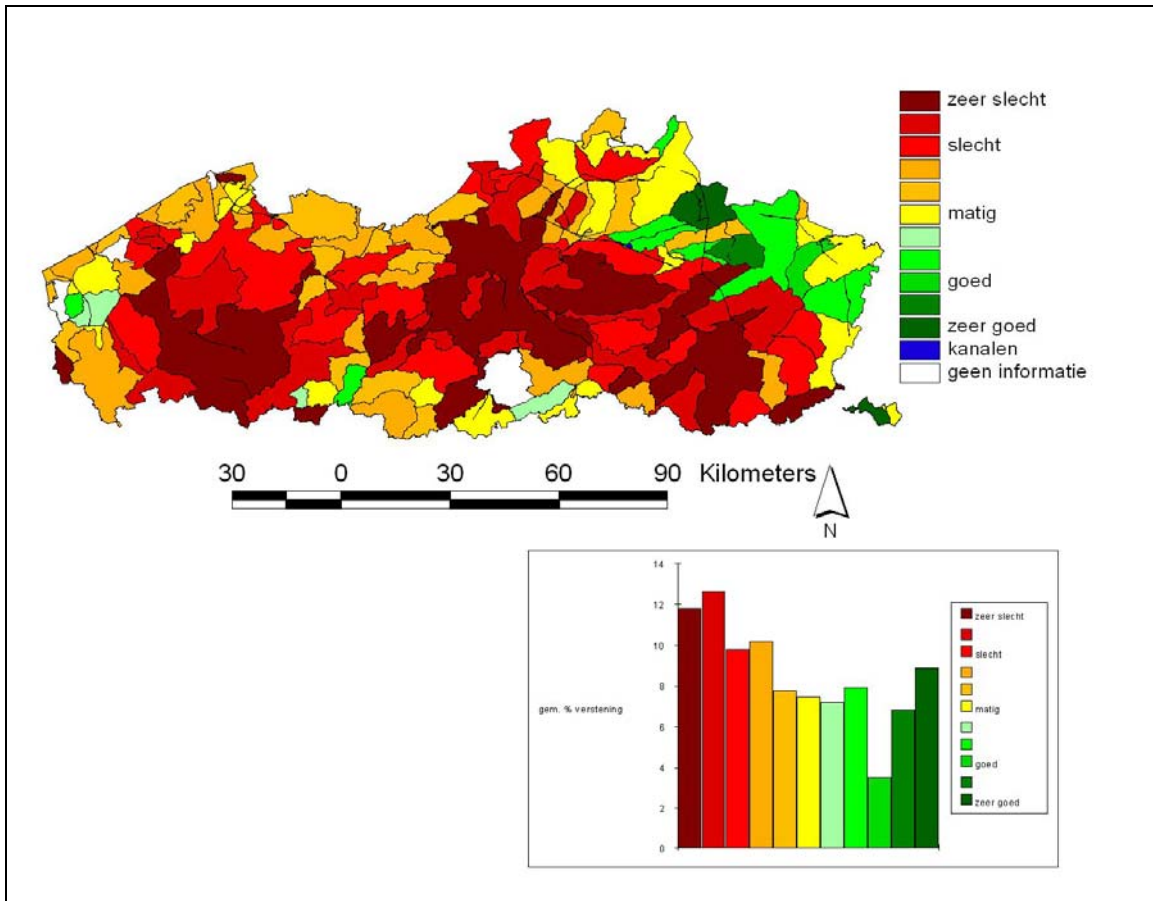


**Figuur 3.6. Gemiddelde ‘ruwe’ verstening voor Vlaanderen: procent verstening per VHA-zone en per hydrografisch bekken – bepaald op basis van de digitale vectoriële bestanden van de Vlaamse Hydrografische Atlas, 1/10000.**

### VHA-ZONES

In slechts zeven VHA-zones is het percentage verstening groter dan dertig (Figuur 3.6). Aan elke VHA-zone zijn een aantal attributen gekoppeld, waaronder een evaluatie van de waterkwaliteit. Een herindeling van deze VHA-zones naar deze evaluatie van de waterkwaliteit is weergegeven in Figuur 3.7.

Het gemiddelde percentage verstening in elk van deze waterkwaliteitszones is ook weergegeven in Figuur 3.7. Een analyse van deze figuur toont dat in de zones met een slechte waterkwaliteit het gemiddelde percentage verstening groot is. In de zones waar de waterkwaliteit zeer goed is, komt er gemiddeld ook nog vrij veel verstening voor. Het is echter belangrijk op te merken dat de hoeveelheid aan versteningsinformatie in de deze zones met goede waterkwaliteit erg beperkt is om representatieve uitspraken te doen. De algemene trend is dus dat gebieden met een betere waterkwaliteit minder versteend zijn.



**Figuur 3.7. Ligging waterkwaliteitszones en het gemiddelde percentage verstening in elk van deze zones.**

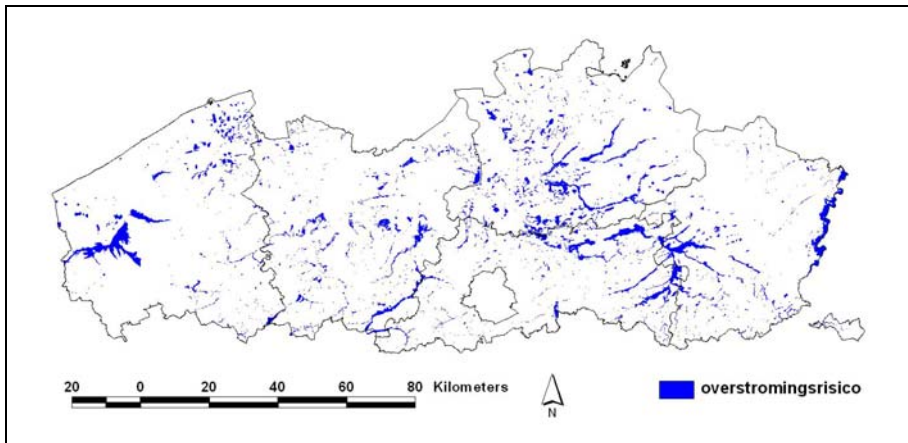
### 3.2.2 Risicozones overstromingen

Het Vlaamse Gewest beschikt over drie types van overstromingskaarten om risicozones af te bakenen: de van nature overstroombare gebieden (NOG), de recent overstroomde gebieden (ROG) en de gemodelleerde overstroomde gebieden (MOG) (AMINAL, afdeling water, 2003).

- De NOG-kaart wordt niet gebruikt om risicozones af te bakenen, vermits deze kaart niet noodzakelijk iets zegt over het actuele overstromingsrisico, maar eerder een indicatie is waar overstromingen in een bodemkundig - historisch perspectief kunnen voorkomen.
- De ROG2003-kaart is een weergave van de gekende overstromingen die zich hebben voorgedaan in de periode 1988-2003. Deze kaart is een degelijke indicatie van de omvang van de overstromingsproblematiek in een bepaalde zone. Er kan echter niets over retourperiodes afgeleid worden.
- Tot slot is er nog de MOG-kaart. Deze vertrekt vanuit overstromingsgebieden die via modelleringstudies werden afgebakend. In deze kaarten zijn er wel gegevens over retourperiodes opgenomen.

De afdeling water van AMINAL publiceerde een kaart met risicozones, door het combineren van de ROG2003-kaart en de MOG-kaart. De bij de combinatie gebruikte MOG-kaart bevat alle gesimuleerde herhalingsperioden.

Deze kaart met risicozones (Figuur 3.8) kan gecombineerd worden met de versteningskaart om zo het percentage verharding in deze risicogebieden vast te stellen. Deze informatie geeft een signaal over de hoeveelheid verharding – en de hiermee in relatie staande bebouwing – die bedreigd wordt door overstromingen.



**Figuur 3.8. Overzicht risicozones overstromingen in Vlaanderen.**

In Tabel 3.7 is te zien dat de provincie Antwerpen de grootste oppervlakte aan risicogebieden voor overstromingen bevat, gevolgd door de provincie West-Vlaanderen. Limburg bevat de laagste oppervlakte aan risicogebieden.

Het percentage verstening in risicozones voor overstromingen is het hoogst in Antwerpen, te verklaren door de grote oppervlakte van risicozones en de grote oppervlakte versteend (Figuur 1.2). West-Vlaanderen als tweede in rij voor de grootste oppervlakte waar een risico op overstromingen is, zal toch weinig bedreigd worden door dit risico; aangezien West-Vlaanderen na Limburg het minst versteend is. Het percentage verstening in de risicozones is dan ook klein, slechts 2,83% (Tabel 3.7). Oost-Vlaanderen heeft ook nog een hoog percentage verstening in de risicozones voor overstromingen. De oppervlakte van deze risicozones is nochtans niet zo groot, de oppervlakte verstening is echter het tweedehoogst na Antwerpen.

Opmerkelijk is dat de provincies met een grotere oppervlakte versteend (Figuur 1.2), ook een hoger percentage verstening hebben in de risicozones voor overstromingen.

**Tabel 3.7. Analyse verstening in risicozones voor overstromingen.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	150	1,50	100	2,83
Oost-Vlaanderen	131	2,59	95	6,22
Antwerpen	178	2,16	89	7,36
Vlaams-Brabant	135	1,56	99	5,47
Limburg	126	2,60	78	5,37
Vlaanderen	720	2,06	92	5,45

### 3.2.3 Afstroming

De oorzaak van overstromingen wordt tegenwoordig toegeschreven aan de toename van versteende oppervlakken. De afstroming van neerslag van deze versteende oppervlakken is groter dan van onverharde oppervlakken. In het MIRA Achtergronddocument (2004) ‘Verstoring van de waterhuishouding’ wordt een techniek aangereikt om een schatting te maken van impact van verstening op de afstroming.

Volgens deze techniek is het relevanter om de hydrologische invloed van de drukindicator verharde oppervlakte te kwantificeren door de toename van het aandeel verharde oppervlakte t.o.v. de totaal afstromende oppervlakte te bekijken. Hoge piekafvoeren, die aanleiding geven tot overstroming zijn immers samengesteld uit zowel afstroming van verharde als niet verharde gebieden. Een veronderstelling die gemaakt wordt is dat de jaargemiddelde afstromingspercentages 80% bedragen voor verharde oppervlakten en 35% voor onverharde oppervlakten. Deze percentages moeten vermenigvuldigd worden met de oppervlaktes verhard en onverhard gebied om een afstroming per eenheid neerslag voor verhard en onverhard gebied te bekomen. In Tabel 3.8 wordt dit stedelijke afstroming, respectievelijk landelijke afstroming genoemd. De jaargemiddelde afstroming per eenheid neerslag, geldig voor het ganse Vlaamse Gewest, is dan de som van deze stedelijke en landelijke afstroming.

In hetzelfde MIRA Achtergronddocument baseerde men zich op de gegevens van het kadaster om een idee te vormen over de oppervlakte die verhard is. De versteningskaarten (Meeus et al., 2005) kunnen ook gebruikt worden om de oppervlakte verhard te bepalen. Een vergelijking van de jaargemiddelde afstroming per eenheid neerslag is mogelijk. De versteende oppervlakte is op de versteningskaarten veel lager dan de versteende oppervlakte bepaald uit het kadaster. De onbebouwde oppervlakken verschillen echter niet zo sterk. Een sterk verschil is er echter in de oppervlakte zonder data, deze is op de versteningskaarten heel wat groter. Maar zelfs als het verschil in oppervlakte zonder data wordt afgetrokken van de versteende oppervlakte van het kadaster zal deze nog steeds hoger liggen dan bij de versteningskaarten (nl. 1480 km<sup>2</sup>). Een grotere verharde oppervlakte betekent een grotere stedelijke afstroming, waardoor de jaarlijkse afstroming ook hoger zal zijn.

De verhouding stedelijke afstroming op landelijke afstroming toont dat de afstroming van verharde oppervlakken volgens het kadaster de helft is van de afstroming van onverharde oppervlakken en dit terwijl de verharde oppervlakte slechts een 22 procent bedraagt in verhouding met de onverharde oppervlakken. Deze verhouding tussen stedelijke en landelijke afstroming is kleiner voor de versteningskaarten.

Het verschil in jaarlijkse afstroming tussen de ‘ruwe’ en ‘verfijnde’ versteningskaart is klein. Wat nogmaals bevestigt dat de topografische kaart een goede benadering is voor de werkelijkheid.



**Tabel 3.8. De afstroming is bepaald als product van de aangenomen afstromingspercentages (80% voor verharde en 35% voor onverharde oppervlakken) met de respectievelijke oppervlakken verhard en onverhard.**

	<i>Kadaster (2001)</i>	<i>'ruwe' verstening</i>	<i>'verfijnde' verstening</i>
Opp onbebouwd (km <sup>2</sup> )	10344	10596	10436
Opp bebouwd (km <sup>2</sup> )	2244	1228	1388
Opp zonder data (km <sup>2</sup> )	934	1698	1698
Totale opp Vlaamse Gewest (km <sup>2</sup> )	13522	13522	13522
Landelijke afstroming	3620	3709	3653
Stedelijke afstroming	1795	982	1110
Jaarlijkse afstroming	5416	4691	4763
Sted afstr/land afstr	0.50	0,26	0,30

### 3.3 VERSTENING VAN ECOLOGISCH WAARDEVOLLE GEBIEDEN

De gevolgen van versnippering op de natuur en de invloed op verlies of verandering van de biodiversiteit is de meest gekende vorm van versnippering. In dit onderdeel zal de hoeveelheid verstening (een maat voor de versnippering) in verschillende ecologisch waardevolle gebieden bepaald worden.

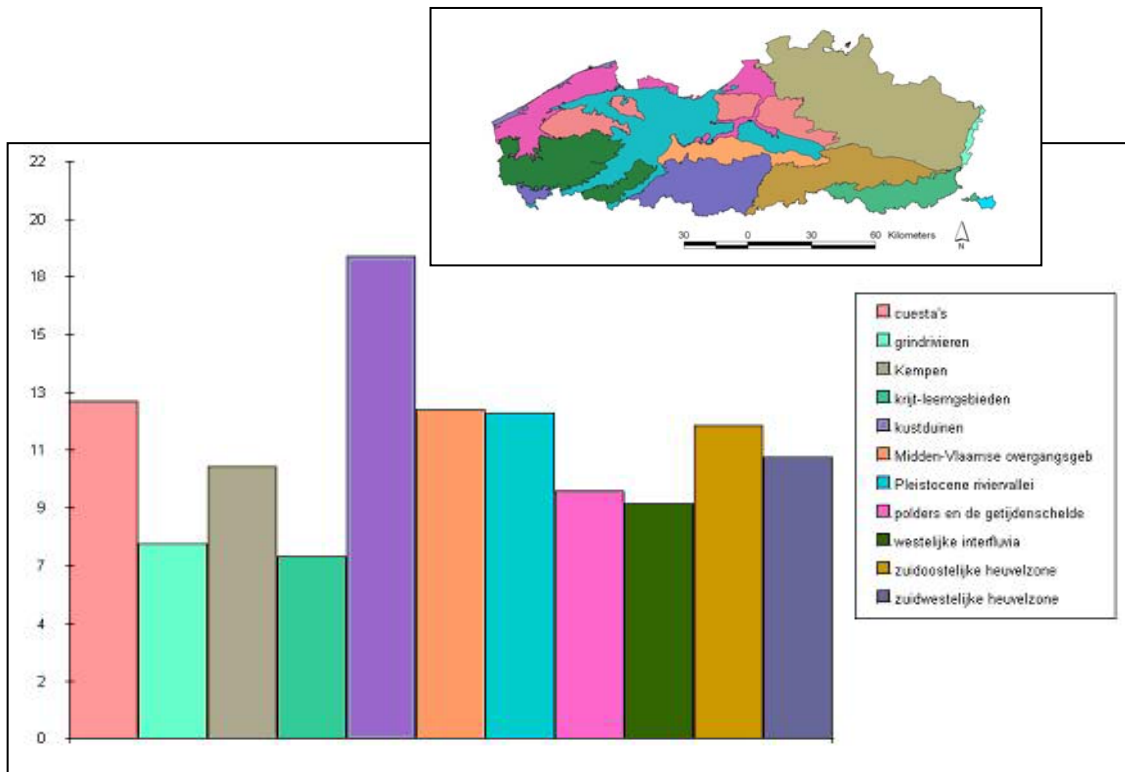
#### 3.3.1 *Ecoregio's en -districten*

De afbakening van de ecodistricten is gebaseerd op volgende abiotische componenten: klimatologie, geologie, reliëf, geomorfologie, grondwater, oppervlaktewater en bodem (Sevenant et al., 2002). Deze ecodistricten werden op een hoger niveau samengevoegd in ecoregio's, voornamelijk op basis van hun gelijkenis qua geologie en geomorfologie. Deze vernieuwde ecologische indeling van Vlaanderen vormt het referentiekader waarbinnen heel wat gebiedsgericht ecologisch onderzoek geplaatst wordt. Het is ook een uitbreiding van het instrumentarium voor een gebiedsgericht milieu- en natuurbeleid.

Omdat dit het referentiekader is voor zoveel studies verbonden met milieu en natuur, is het interessant om al een idee te hebben van de verstening in deze gebieden. Daarom is het percentage verstening in elk van deze ecoregio's en ecodistricten berekend.

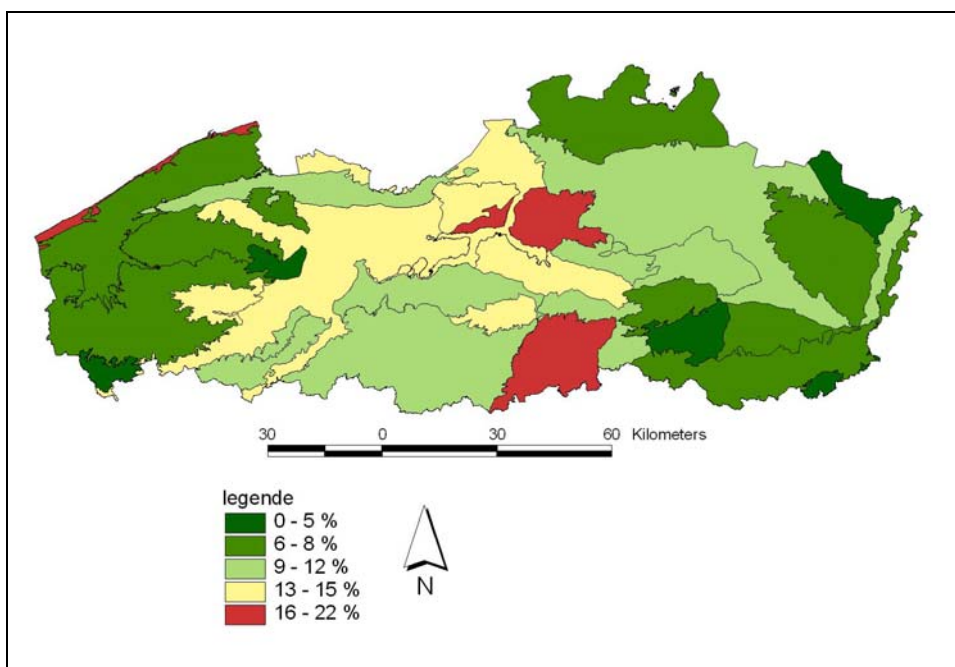
De meeste verstening is terug te vinden in de ecoregio van de Kustduinen (Figuur 3.9). De verklaring hiervoor ligt in onze volgebouwde kustlijn. Het minste verstening is terug te vinden in de ecoregio's van de Grindrivieren en Krijt-Leemgebieden. Door het ontbreken van versteningsdata in deze regio's kan dit resultaat een vertekend beeld geven van de werkelijkheid. Na de Kustduinen bevatten vooral de Cuesta's, het Midden-Vlaamse overgangsgebied, de Pleistocene riviervalleien en de Zuidoostelijke heuvelzone nog vrij veel verstening.

Nog even opmerken dat de verstening maar in 11 van 12 ecoregio's is bepaald. Dit komt door het ontbreken van versteningsdata in de ecoregio van de Krijtgebieden, gelegen in het oostelijk deel van Voeren.



**Figuur 3.9. Percentage verstening in 11 van 12 verschillende ecoregio's.**

Het percentage verstening in de verschillende ecodistricten is weergegeven in Figuur 3.10. Het Kustduinendistrict, Zandlemig Booms Cuestadistrict en Brabants Lemig Heuveldistrict zijn het sterkst versteend. Het percentage verstening is ook nog hoog in de districten gelegen in de ecoregio van de Pleistocene riviervalleien.



**Figuur 3.10. Percentage verstening in de 36 verschillende ecodistricten.**

### 3.3.2 Biologische waarderingskaart

De Biologische Waarderingskaart vormt een tweede referentiekader voor iedereen die betrokken is bij natuurbehoud, ruimtelijke planning, milieueffectrapportering, landschapszorg, e.d. De biologische waarderingskaart is een uniforme inventarisatie en evaluatie van het Vlaamse Gewest en een landschapsecologische analyse van het gebied (Instituut voor Natuurbehoud, 2001).

De evaluatie van de inventarisatie in groepen van biologisch zeer waardevol, waardevol tot minder waardevol is vooral interessant. Het doel is om te onderzoeken of er in biologisch minder waardevolle gebieden procentueel meer verstening aanwezig is dan in biologisch zeer waardevolle gebieden. Daarom wordt het percentage verstening in elk van deze evaluatiezones bepaald.

De indeling in waarderingsklasse is als volgt:

m = biologisch minder waardevol

mw = complex van biologisch minder waardevolle en waardevolle elementen

mwz = complex van biologisch minder waardevolle, waardevolle en zeer waardevolle elementen

mz = complex van biologisch minder waardevolle en zeer waardevolle elementen

w = biologisch waardevol

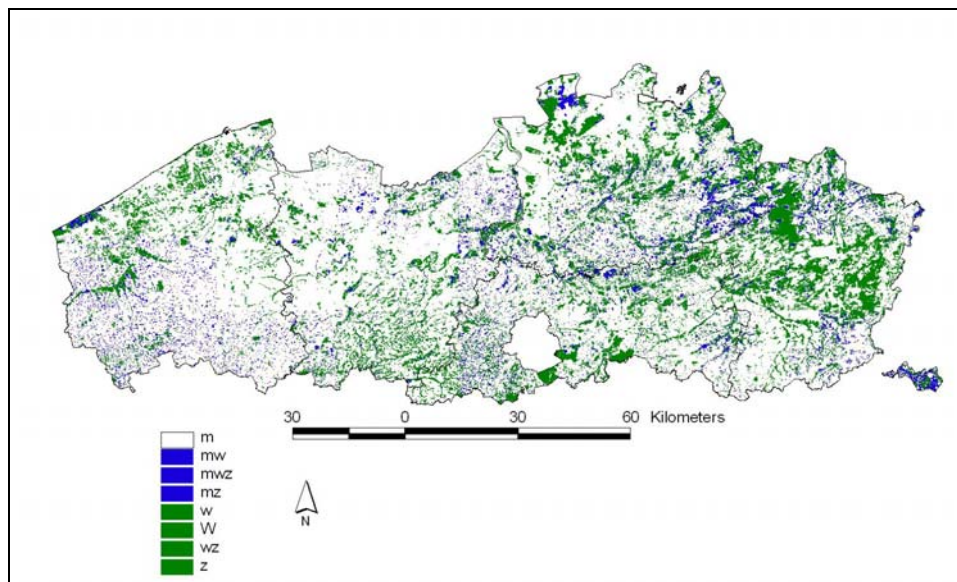
wz = complex van biologisch waardevolle en zeer waardevolle elementen

z = biologisch zeer waardevol

Deze werden gehergroepeerd in drie grotere klassen:

- biologisch minder waardevol: m
- biologisch deels waardevol: mw, mwz, mz
- biologisch heel waardevol: w, z, wz

Het is deze drie grotere groepen dat het percentage verstening zal berekend worden, voor heel Vlaanderen en per provincie (Tabel 3.9, Tabel 3.10, Tabel 3.11).



Figuur 3.11. De evaluatie van de biologische waarderingskaart.

Uit onderstaande tabellen kan het volgende geconcludeerd worden:

- de biologisch meest waardevolle provincie is Limburg, terwijl West-Vlaanderen en Oost-Vlaanderen het minst waardevol zijn.
- Het percentage verstening is het grootst in biologisch minder waardevol gebied (12,39%) en is veel lager in biologisch deels waardevol (4,46%) en biologisch heel waardevol (4,29%) gebied.

**Tabel 3.9. Analyse van de verstening in biologisch minder waardevol gebied.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	2579	81,68	100	10,21
Oost-Vlaanderen	2458	81,72	97	11,71
Antwerpen	1985	69,02	69	18,90
Vlaams-Brabant	1554	73,34	100	11,81
Limburg	1536	63,26	65	11,58
Vlaanderen	10112	73,54	88	12,39

**Tabel 3.10. Analyse van de verstening in biologisch deels waardevol gebied.**

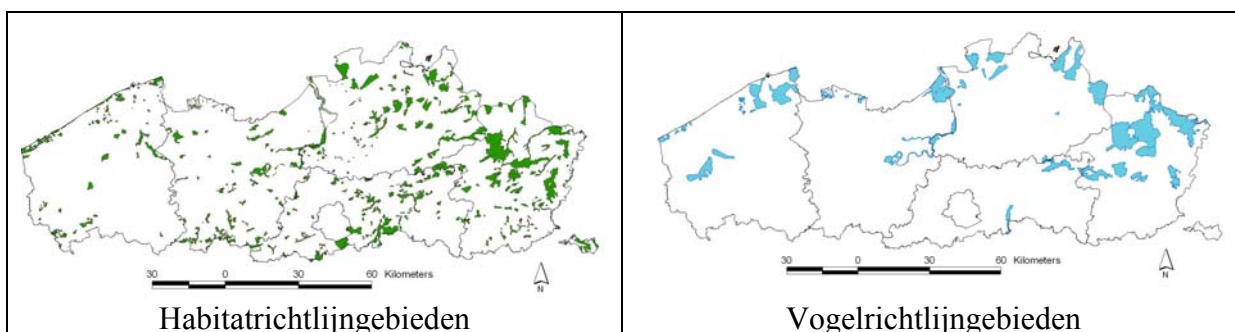
	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	187	5,91	100	5,51
Oost-Vlaanderen	122	4,07	92	3,91
Antwerpen	231	8,01	83	4,30
Vlaams-Brabant	124	5,83	100	3,82
Limburg	153	6,28	35	4,02
Vlaanderen	816	5,93	82	4,46

**Tabel 3.11. Analyse van de verstening in biologisch heel waardevol gebied.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	394	12,47	100	3,77
Oost-Vlaanderen	427	14,21	94	3,96
Antwerpen	660	22,96	70	4,65
Vlaams-Brabant	441	20,84	99	3,87
Limburg	739	30,45	73	4,94
Vlaanderen	2662	19,36	84	4,29

### 3.3.3 Habitat- en vogelrichtlijngebieden

In Figuur 3.12 zijn de speciale beschermingszones in Vlaanderen in uitvoering van de Europese richtlijn 92/43/EEG (habitatrichtlijn) en 79/409/EEG (vogelrichtlijn) weergegeven.



**Figuur 3.12. Habitat- en vogelrichtlijngebieden in het Vlaamse Gewest.**

In deze richtlijngebieden mag de oppervlakte en kwaliteit van de verschillende habitats niet achteruit gaan en moet de verstoring van soorten door lawaai en licht worden tegengegaan. De verstoring door lawaai en licht wordt vaak veroorzaakt door aan versterking verbonden elementen. Voorbeelden zijn auto's op de wegen, de wegverlichting, de verlichting van een fabriek en serres, etc. Het is daarom beter om zo weinig mogelijk versterking in deze gebieden te hebben. Vandaar een analyse van het percentage versterking in deze gebieden voor heel Vlaanderen en per provincie.

De oppervlakte van de habitat- en vogelrichtlijngebieden is het grootst in de provincie Limburg. De provincie West-Vlaanderen heeft de kleinste oppervlakte habitatrichtlijngebieden, terwijl Vlaams-Brabant de kleinste oppervlakte vogelrichtlijngebieden heeft.

**Tabel 3.12. Analyse van de versterking in de habitatrichtlijngebieden**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van de totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% versterking</i>
West-Vlaanderen	99	3,14	100	3,47
Oost-Vlaanderen	142	4,71	93	2,75
Antwerpen	251	8,71	60	3,29
Vlaams-Brabant	169	7,96	99	2,70
Limburg	355	14,62	64	3,10
Vlaanderen	1015	7,38	77	3,04

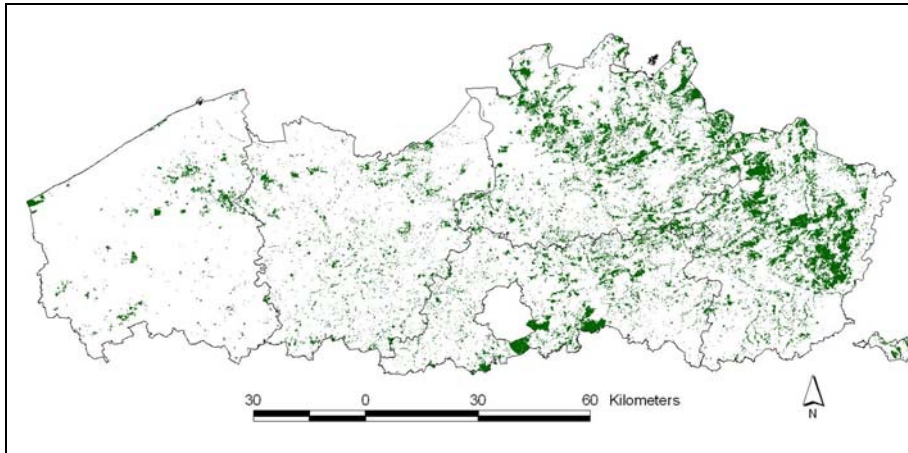
In de habitatrichtlijngebieden is het percentage versterking voor elke provincie ongeveer drie. Het percentage versterking in de vogelrichtlijngebieden is echter het grootst in de provincie Oost-Vlaanderen. Te verklaren door de kleine oppervlakte vogelrichtlijngebied en de toch vrij hoge graad van versterking. Het laagste versterkingspercentage in de vogelrichtlijngebieden vinden we terug in West-Vlaanderen.

**Tabel 3.13. Analyse van de versterking in vogelrichtlijngebieden.**

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van de totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% versterking</i>
West-Vlaanderen	178	5,65	100	2,90
Oost-Vlaanderen	102	3,37	100	6,17
Antwerpen	213	7,41	34	3,46
Vlaams-Brabant	42	1,96	100	4,40
Limburg	442	18,20	50	5,33
Vlaanderen	976	7,10	63	4,48

### 3.3.4 Bosreferentielaag

De bosreferentielaag bestaat uit digitale geografische bestanden die de basisgegevens van de Vlaamse bossen, toestand 2000, weergeven. De meeste van deze bossen voldoen aan de definitie van bos in art. 3 van het Bosdecreet, waaraan nog een aantal minimumvoorwaarden zijn opgelegd.



Figuur 3.13. Vlaamse bossen, toestand 2000 (OC GIS-Vlaanderen, 2001).

Tabel 3.14 toont aan dat Limburg de grootste oppervlakte bossen bevat, gevolgd door de provincie Antwerpen. West-Vlaanderen beschikt over de kleinste oppervlakte bossen. Procentueel gezien is Vlaams-Brabant nog voor een groot deel ingenomen door bossen. Het kleinste percentage bos t.o.v. de totale oppervlakte is terug te vinden in West-Vlaanderen, gevolgd door Oost-Vlaanderen.

Tabel 3.14. Analyse van de verstening in de Vlaamse bossen.

	<i>Oppervlakte (km<sup>2</sup>)</i>	<i>% van de totale oppervlakte</i>	<i>% bestudeerd</i>	<i>% verstening</i>
West-Vlaanderen	82	2,61	100	3,58
Oost-Vlaanderen	168	5,60	90	2,55
Antwerpen	489	17,00	65	3,68
Vlaams-Brabant	261	12,32	100	2,82
Limburg	523	21,54	71	3,95
Vlaanderen	1524	11,08	78	3,42

Het percentage verstening dat in bossen voorkomt is ongeveer 3,5 procent. In Limburg is het grootste percentage verstening terug te vinden, gevolgd door Antwerpen. De versteningsinformatie voor deze twee provincies is echter niet volledig (65%, 71%). In West-Vlaanderen is het percentage verstening dat voorkomt in bossen 3,58 procent. Dit vrij hoge percentage kan verklaard worden door de slechts beperkte oppervlakte aan bos, waardoor de kleinste inname van bos door verstening, meteen een grote impact zal hebben. Oost-Vlaanderen en Vlaams-Brabant scoren het best wat betreft het percentage verstening, respectievelijk slechts 2,55% en 2,82%. Toch zijn dit nog steeds hoge percentages verstening die aanwezig zijn in bosgebieden.

### 3.4 VERSNIPPERINGSINDICATOREN ALS VOORSPELLERS VAN DE PLANTENDIVERSITEIT

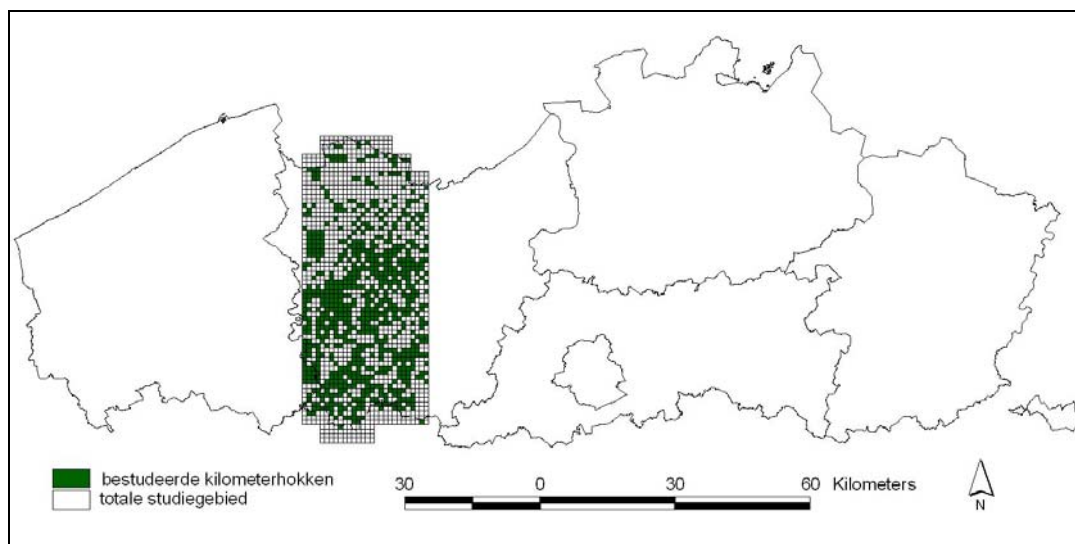
Het doel van dit onderdeel is om de relatie tussen de versnippering van het landschap en het voorkomen van bepaalde plantensoorten en de totale soortenrijkdom te bepalen. De methodiek is gebaseerd op het eindwerk van Katrien Piessens (2001): 'Relatie tussen landschapscomplexiteit en plantendiversiteit', dat later is gepubliceerd (Honnay et al., 2003).

Als studiegebied werd hetzelfde noord-zuid transect in de provincie Oost-Vlaanderen gekozen (Figuur 3.14). De keuze wordt verantwoord door de zeer goede inventarisatie wat planten betreft, het brede gamma aan landgebruikstypes (grote stedelijke centra, belangrijke industriegebieden, heel landelijke gebieden met veel graslanden en akkers) en de ligging in verschillende ecoregio's (polder en getijdeschelde, pleistocene riviervalleien, zuidwestelijke heuvelzone). Het studiegebied is weergegeven in kilometerhokken, zoals door FLO.WER gebruikt bij de flora-kartering.

#### BIOTISCHE VARIABELEN

De floragegevens werden gehaald uit de Floradatabank (Van Landuyt et al., 2000). De Floradatabank bevat verspreidingsgegevens en soortspecifieke kenmerken van de wilde planten in Vlaanderen. De verspreidingsgegevens worden via verschillende bronnen verzameld: via systematische inventarisatie met streeplijsten, uit literatuur- of herbariumgegevens en losse aantekeningen. De verspreidingsgegevens worden geïnventariseerd volgens uurhokken (4 bij 4 km), die nog eens worden onderverdeeld in vierkanten van 1 bij 1 km de zogenaamde kwartierhokken. Het is vooral met deze kwartierhokken dat in praktijk gewerkt wordt.

De variabelen gebruikt om de eigenschappen van de flora in het gebied weer te geven, zijn te zien in Tabel 3.15. Een verklaring van deze variabelen is te vinden in bijlage 2.



**Figuur 3.14. Situering van het studiegebied.**

**Tabel 3.15. Overzicht van de gebruikte biotische variabelen.**

<b>Soortenrijkdom</b>	Aantal
<b>Indigeniteit</b>	Neofyt Inheems
<b>Bedreigingstoestand</b>	Niet bedreigd Uitgestorven Bedreigd Sterk bedreigd Zeer sterk bedreigd Potentieel bedreigd
<b>Ellenbergindicatorwaarden</b>	Aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden voor zuurtegraad Aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden voor zoutgehalte Aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden voor temperatuur

Uit het totale studiegebied zijn 745 kilometerhokken bestudeerd (Figuur 3.14). De reden is dat deze kilometerhokken beter geïnventariseerd zijn. De minder goed geïnventariseerde kilometerhokken worden niet bestudeerd omdat ze de resultaten kunnen vertekenen.

#### **VERSNIPPERINGSINDICATOREN**

De versnippering van de open ruimte door verstening is reeds bepaald door verschillende versnipperingsindicatoren. Een overzicht is terug te vinden in Tabel 2.1. Op de indicator 'nabijheid' na wordt voor al deze indicatoren de relatie bepaald met de biotische variabelen.

#### **CORRELATIES TUSSEN DE BIOTISCHE VARIABELEN EN DE VERSCHILLENDE VERSNIPPERINGSINDICATOREN**

Voor het bepalen van de correlatie tussen de biotische variabelen en de verschillende versnipperingsindicatoren wordt gebruik gemaakt van de niet-parametrische Spearman Rank Correlaties, omdat dan geen rekening dient gehouden te worden met het feit of al deze variabelen al dan niet normaal verdeeld zijn. De Kolmogorov-Smirnov-test in SPSS 10.0 geeft namelijk aan dat alle biotische variabelen en versnipperingsindicatoren niet normaal verdeeld zijn.

#### **SOORTENRIJKDOM**

Uit Tabel 3.16 is af te leiden dat het aantal soorten positief gecorreleerd is met het aantal fragmenten open ruimte en de perimeter van de open ruimte en negatief met de gemiddelde fragment grootte van de open ruimte. Dit wil dus zeggen dat hoe meer de open ruimte versnipperd is, hoe meer soorten er in voor zullen komen.

Het aantal soorten is ook positief gecorreleerd met het percentage verstening en de versnijding door wegen (%weg).

De versnippering van de open ruimte leidt tot meer diversiteit in het landschap wat een positieve invloed kan hebben op het aantal soorten.



**Tabel 3.16. Spearman rang correlaties tussen de verschillende versnipperingsindicatoren en de soortenrijkdom, het aantal inheemse soorten, het aantal neofyten en het aantal soorten voor de verschillende bedreigingsklassen per kilometerhok (N=745). (Verklaring variabelen: zie bijlage 2)**

	Aant frag OR	Perim OR	GFG OR	% Verst	Versn
<b>Aantal</b>	0,156 **	0,155 **	-0,158 **	0,116 **	0,076 *
<b>Neofyt</b>	0,205 **	0,194 **	-0,206 **	0,179 **	0,125 **
<b>Inheems</b>	0,143 **	0,141 **	-0,145 **	0,105 **	0,065
<b>NB</b>	0,153 **	0,153 **	-0,156 **	0,119 **	0,076 *
<b>+</b>	0,009	0,013	-0,008	0,013	-0,02
<b>B</b>	-0,004	-0,018	0,005	-0,035	-0,009
<b>B!</b>	0,084 *	0,08 *	-0,082 *	0,095 **	0,006
<b>B!!</b>	0,033	0,046	-0,03	0,026	0,009
<b>P</b>	0,055	0,047	-0,048	0,018	-0,003

\*\* Correlation is significant at the 0,01 level

\* Correlation is significant at the 0,05 level

De positieve relatie tussen het percentage verstening en de soortenrijkdom is niet onverwacht. In Centraal Europa hebben Kowarik (1990,1995) en Pysek (1993) reeds ontdekt dat de plantendiversiteit in stedelijk en randstedelijke gebieden veel hoger ligt dan in de daar rond liggende landelijke gebieden. De verklaring ligt in het feit dat in stedelijke milieus er betere immigratie mogelijkheden zijn door antropochorie en omdat er meer verschillende habitats aanwezig zijn (Kowarik, 1995).

De positieve relatie met het aantal wegen is te verklaren door het feit dat de wegen een goede manier vormen voor zaden om zich langs te verspreiden (antropochorie). Verder zijn de wegen een vorm van versnippering en creëren ze op die manier diversiteit, wat de soortenrijkdom ten goede komt.

## INDIGENITEIT

De relatie tussen versnippering en het aantal inheemse soorten is positief. Dit geldt ook voor de relatie met het aantal neofyten. De correlatie van versnippering met deze laatste is echter het sterkst. Verder is er ook een positieve relatie tussen het percentage verstening en de inheemse soorten, als ook de neofyten. Weer zal de correlatie met neofyten groter zijn. Als de versnijding door wegen bestudeerd wordt, zal er enkel een positieve relatie zijn met het aantal neofyten en is er geen verband met de inheemse soorten.

Het feit dat de correlatie tussen het percentage verstening en neofyten het sterkst is, bevestigt de hypothese dat neofyten meer in stedelijke milieus voorkomen. De verklaring hiervoor is (Kowarik, 1995):

- de aanwezigheid van specifieke stedelijke niches: deze niches creëren de mogelijkheid voor neofyten om zich te vestigen. De stad als warmte eiland zal soorten aantrekken uit warmere streken die zich hier dan toch kunnen vestigen.
- Het hoge niveau van verstoring in stedelijk milieu: deze verstoring bevoordeelt de ontwikkeling van neofyten doordat de competitie met inheemse soorten vermindert is, waardoor deze open ruimtes ontstaan.
- De kleinere isolatie van zaadbronnen: zaden worden makkelijker binnengebracht in steden.

## BEDREIGINGSTOESTAND

In Tabel 3.16 is te zien dat er enkel significante correlaties te vinden zijn tussen de versnipperingsindicatoren en de niet bedreigde en sterk bedreigde soorten. Zowel de niet bedreigde als sterk bedreigde soorten zijn positief gecorreleerd met de versnippering, als ook met het percentage verstening. Enkel niet bedreigde soorten zijn positief gecorreleerd met de versnijding door wegen. Op te merken is het feit dat de correlatie tussen niet bedreigde soorten en versnippering groter is dan bij sterk bedreigde soorten.

De correlaties voor niet bedreigde soorten zijn sterk gelijkend op deze voor totaal aantal soorten en verklaringen moeten dan ook in dezelfde lijn gezocht worden.

Het feit dat versnippering en het percentage verstening positief gecorreleerd is met het aantal sterk bedreigde soorten is een meer verrassende uitkomst. Verklaringen kunnen zijn (Honnay et al., 2003):

- In een stedelijk en randstedelijk milieu worden meer verschillende landgebruiken aangetroffen, waardoor er een groot aantal niches beschikbaar is.
- Het, in deze gebieden nog aanwezige, landbouwland is veel minder intensief beheerd. Er zijn hagen aanwezig en er worden minder pesticiden gebruikt wat een positief effect zal hebben op de aanwezigheid van bedreigde soorten.
- Veel bedreigde soorten zijn geassocieerd met oude muren die vlugger zullen voorkomen in stedelijk milieu.

## ZUURTEGRAAD

Uit Tabel 3.17 is af te leiden dat de versnippering van de open ruimte – bepaald door het aantal fragmenten open ruimte en de perimeter en de gemiddelde fragment grootte van deze fragmenten – positief gecorreleerd is met het aantal soorten en dit voor soorten die zuurminnend zijn tot basisch.

Het percentage verstening is positief gecorreleerd met het aantal soorten van basische bodems. Deze correlatie daalt voor het aantal soorten van neutrale bodems en verdwijnt voor zure bodems.

De versnijding door wegen is positief gecorreleerd met het aantal zuurminnende en zuurindifferenten soorten.

Conclusie is dat versnippering van de open ruimte geen onderscheidende factor is voor soorten die al dan niet zuurminnend zijn.

In tegenstelling tot wat men zou verwachten heeft verzuring in steden geen invloed op de flora. Het is zelfs zo dat het percentage verstening sterker gecorreleerd is met het aantal soorten van basische gronden en niet met het aantal soorten van zure gronden.

Verklaring is dat de stedelijke activiteiten op zich aanleiding geven tot verzuring, maar deze effecten zijn niet echt merkbaar in de stad zelf. De verzuring heeft slechts een onrechtstreeks effect op de bodem in tegenstelling tot in bossen. Een andere factor is dat in steden, ondanks de verzurende activiteiten, er ook veel kalkrijke bodems voorkomen. Steden worden vaak gekenmerkt door bodems die aangerijkt zijn met kalkrijk puin.

**Tabel 3.17. Spearman rang correlaties van de verschillende versnipperingsindicatoren met het aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden van zuurtegraad voor de bestudeerde kilometerhokken (N=745). (Verklaring variabelen: zie bijlage2).**

	Aant frag OR	Perim OR	GFG OR	% Verst	Versn
zuur 1	0,094 *	0,049	-0,086 *	0,01	0,022
zuur 2	0,139 **	0,143 **	-0,127 **	0,055	0,093 *
zuur 3	0,09 *	0,09 *	-0,083 *	0,023	0,044
zuur 4	0,099 **	0,112 **	-0,097 **	0,072 *	0,051
zuur 5	0,11 **	0,12 **	-0,109 **	0,077 *	0,048
zuur 6	0,064	0,075 *	-0,065	0,051	0,014
zuur 7	0,117 **	0,122 **	-0,122 **	0,1 **	0,064
zuur 8	0,058	0,078 *	-0,066	0,083 *	0,024
zuur 9	0,204 **	0,191 **	-0,205 **	0,166 **	0,124 **
zuur	0,124 **	0,126 **	-0,114 **	0,044	0,076 *
neutraal	0,101 **	0,115 **	-0,1 **	0,078 *	0,042
basisch	0,106 **	0,113 **	-0,112 **	0,099 **	0,055
zuur X	0,194 **	0,184 **	-0,194 **	0,138 **	0,096 **

\*\* Correlation is significant at the 0,01 level

\* Correlation is significant at the 0,05 level

Verkeer is een activiteit die leidt tot verzurende luchtverontreiniging. De verontreinigende componenten ondergaan allerlei reacties in de atmosfeer en het is pas als deze via neerslag op de bodem terecht komen, dat zij invloed hebben op planten. Hoe groter de hoeveelheid wegen, hoe groter de kans op aanwezigheid van verontreinigende componenten, hoe groter de kans op verzuring van de bodem en het voorkomen van zuurminnende soorten of soorten die ongevoelig zijn voor de zuurtegraad.

### ZOUTGEHALTE

Het aantal soorten dat geen zout verdraagt (zout0) is positief gecorreleerd met de versnippering van de open ruimte en het percentage verstening. Hetzelfde geldt voor soorten die weinig zout verdragen.

Het aantal soorten dat veel zout verdraagt (zout7,9) is echter negatief gecorreleerd met de versnippering van de open ruimte en het percentage verstening.

De versnijding door wegen (%weg) is positief gecorreleerd met het aantal soorten dat maar weinig zout verdraagt en negatief met het aantal soorten dat veel zout verdraagt (zout7,9). Als gekeken wordt naar de combinatievariabelen (zout min, zout gemid, zout max) dan is er een positieve correlatie tussen het percentage wegen en de soorten die weinig tot gemiddelde hoeveelheden zout verdragen en is er geen correlatie met soorten die geen zout verdragen en soorten die veel zout verdragen.

Het voorkomen van halofielen langs wegen wordt in tegenstelling tot de studie van Katrien, hier wel deels bevestigd. Er is een positieve correlatie tussen het percentage wegen (versnijding) en het aantal soorten dat kleine hoeveelheden zout verdraagt. Er is echter geen relatie tussen het percentage wegen en soorten die geen zout verdragen. Er is ook wel geen relatie tussen het percentage weg en het aantal soorten dat veel zout verdraagt. Dus er kan gesteld worden dat er door de aanwezigheid van wegen, soorten zullen voorkomen die een kleine tot gemiddelde hoeveelheid zout verdragen.

**Tabel 3.18. Spearman rang correlaties tussen de verschillende versnipperingsindicatoren en het aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden voor zoutgehalte voor de bestudeerde kilometerhokken (N=745). (Verklaring variabelen: zie bijlage 2).**

	Aant frag OR	Perim OR	GFG OR	% Verst	Versn
<b>zout 0</b>	0,141 **	0,144 **	-0,142 **	0,105 **	0,068
<b>zout 1</b>	0,204 **	0,193 **	-0,203 **	0,16 **	0,102 **
<b>zout 2</b>	0,124 **	0,096 **	-0,121 **	0,091 *	0,055
<b>zout 3</b>	0,063	0,036	-0,058	0,025	0,007
<b>zout 4</b>	0,139 **	0,169 **	-0,133 **	0,11 **	0,114 **
<b>zout 5</b>	-0,074 *	-0,089 *	0,076 *	-0,094 **	-0,082 *
<b>zout 6</b>	0,076 *	0,05	-0,076 *	0,059	0,029
<b>zout 7</b>	-0,07	-0,097 **	0,075 *	-0,119 **	-0,096 **
<b>zout 8</b>	-0,036	-0,049	0,04	-0,072 *	-0,063
<b>zout 9</b>	-0,074 *	-0,08 *	0,077 *	-0,088 *	-0,099 **
<b>zout min</b>	0,152 **	0,152 **	-0,153 **	0,114 **	0,075 *
<b>zout gemid</b>	0,135 **	0,16 **	-0,129 **	0,103 **	0,102 **
<b>zout max</b>	0,064	0,03	-0,063	0,034	0,007

\*\* Correlation is significant at the 0,01 level

\* Correlation is significant at the 0,05 level

Versnippering van de open ruimte en het percentage verstening zijn positief gecorreleerd met het aantal soorten dat geen zout verdraagt als ook met het aantal soorten dat een minimale tot gemiddelde hoeveelheid zout verdraagt. Deze versnipperingsindicatoren vormen dus geen onderscheidende factor voor soorten die zoutminnend zijn of niet. De negatieve correlatie met halofielen is twijfelachtig omwille van het bestaan van slechts een klein aantal kilometerhokken waarin deze soorten voorkomen.

#### TEMPERATUUR

Versnippering van de open ruimte is positief gecorreleerd met het aantal soorten van de matig warme tot warme gebieden (temp5-7). Er is een positieve relatie tussen het percentage verstening en het aantal soorten van de matig warme tot extreem warme gebieden (temp6-9). De correlatie tussen de versnijding door wegen en de soorten van de matig warme tot extreem warme streken is positief (temp6-8).

Vooraf de positieve correlatie tussen het percentage verstening en het aantal soorten van de matig warme tot extreem warme streken is interessant. Dit bevestigt de bewering dat verstedelijkte gebieden warmte eilanden zijn. De versnippering van de open ruimte leidt tot diversiteit en er is een positieve correlatie met het aantal soorten van de matig warme tot warme gebieden. Dit kon ook geconcludeerd worden uit de studie van Katrien.

**Tabel 3.19. Spearman rang correlaties tussen de verschillende versnipperingsindicatoren en het aantal soorten voor de verschillende Ellenbergwaarden voor temperatuur voor de bestudeerde kilometerhokken (N=745). (Verklaring variabelen: zie bijlage2)**

	Aant frag OR	Perim OR	GFG OR	% Verst	Versn
temp 2	0,036	0,015	-0,036	0,02	0,031
temp 3	0,047	0,047	-0,048	0,054	0,022
temp 4	-0,005	0,006	0,003	0,008	-0,048
temp 5	0,082 *	0,094 *	-0,085 *	0,071	0,046
temp 6	0,209 **	0,2 **	-0,211 **	0,162 **	0,109 **
temp 7	0,21 **	0,191 **	-0,213 **	0,166 **	0,126 **
temp 8	0,051	0,101 **	-0,057	0,102 **	0,096 **
temp 9	0,122 **	0,111 **	-0,119 **	0,091 *	0,037
temp X	0,041	0,06	-0,043	0,037	-0,001

\*\* Correlation is significant at the 0,01 level

\* Correlation is significant at the 0,05 level

## 4 Algemene conclusie

De versteende en niet versteende oppervlakken op de topografische kaart (1/10000), speciaal voor dit onderzoek door het Nationaal Geografisch Instituut afgeleid van de vectorbestanden 'Top10GIS' (NGI, 2005) vormden de basis voor het creëren van de 'ruwe' versteningskaart (Meeus et al., 2005). Ze zijn ook een goed uitgangspunt om de versnippering van de open ruimte door verstening te bepalen. De landschapsindices 'aantal fragmenten open ruimte', 'gemiddelde grootte van de fragmenten open ruimte' en 'perimeter van de open ruimte' werden berekend op basis van deze geherclassificeerde topografische kaart. Ook de nabijheid van verstening in elk punt van de open ruimte kon berekend worden. Deze nieuwe informatie over de versnippering van de open ruimte kon gebruikt worden om relaties te leggen met de plantendiversiteit. In een sterk versnipperde open ruimte blijken meer soorten voor te komen, dan in een weinig versnipperde open ruimte; waarschijnlijk door de sterke diversiteit in het landschap.

Uit de combinatie van de versteningsdata en het gewestplan kon bepaald worden hoeveel verstening er aanwezig is in gebieden bestemd voor woonuitbreiding, parken, natuur, bos en landbouw. Vooral de parkgebieden bleken sterk ingepalmd te zijn door verstening, maar ook het aansnijden van de woonuitbreidingsgebieden is een niet te onderschatten factor.

De versteningsdata verfijnen de versnipperingsanalyse van de open ruimte in Vlaanderen. De impact van deze verstening en versnippering op andere milieudomeinen als hydrologie en ecologie werd ook ingeleid. Opvallend was de toch steeds aanwezige verstening in gebieden waar deze best niet voorkwam vb. bosgebieden, risicozones voor overstromingen, etc. De hoeveelheid verstening blijkt ook negatief gecorreleerd met de waterkwaliteit.

Het gegenereerde versteningsbestand kan in toekomstig onderzoek ingezet worden tot een ruimtelijke verfijning van de informatie over hinderfactoren, door te vertrekken van een differentiatie van de versteningskaart naar (potentiële) bronnen van hinder.

## Dankwoord

Een woord van dank aan het Nationaal Geografisch Instituut voor het willen creëren van een digitale rasterversie van de LANDUSE laag van Top10GIS. Ook dank aan de Vlaamse Milieu Maatschappij om ons de kans te geven dit onderzoek uit te voeren. Tot slot ook dank aan Katrien Piessens voor de ondersteuning en leveren van data voor de analyse van versnipperingsindicatoren als voorspellers van de plantendiversiteit (3.4).

## 5 Referenties

- AMINAL afdeling water, 2003. Begeleidende nota risicozones overstromingen. ([http://www.mina.be/water\\_publicaties\\_overstromingskaarten.html](http://www.mina.be/water_publicaties_overstromingskaarten.html))
- Baldwin D.J.B., Weaver K., Schnekenburger F., Perera A.H., 2004. Sensitivity of landscape pattern indices to input data characteristics on real landscapes: implications for their use in natural disturbance emulation. *Landscape Ecology* 19: 255-271.
- Benson B.J., MacKenzie M.D., 1995. Effects of sensor spatial resolution on landscape structure parameters. *Landscape Ecology*, Vol. 10 No. 2: 113-120
- Cosyns E., Leten M., Hermy M., Triest L., 1994. Een statistiek van de wilde flora van Vlaanderen. Vrije Universiteit Brussel, Brussel.
- Ellenberg H., 1979. Ziegerwerte von Gefässpflanzen Mitteleuropas. *Scripta Geobotanica* 9, 1-122
- Gulinck H., Meeus S., Stalpaert L., 2003. MIRA-T-rapport. Hoofdstuk 2.10 "Versnippering". Lannoo Campus.
- Gulinck H., Meeus S., Stalpaert L., 2004. MIRA-T-rapport. Hoofdstuk 2.16 "Versnippering". Lannoo Campus.
- Honnay O., Piessens K., Van Landuyt W., Hermy M. en Gulinck H., 2003. Satellite based land use and landscape complexity indices as predictors for regional plant species diversity. *Landscape and Urban Planning* 63, 241-250
- Koninklijk Besluit van 28 december 1972 betreffende de inrichting en de toepassing van de ontwerp-gewestplannen en gewestplannen. <http://www2.vlaanderen.be/ned/sites/ruimtelijk/Nwetgeving/uitvoeringsbesluiten/kbgewestplan.html>
- Kowarik I., 1990. Some responses of flora and vegetation to urbanization in Central Europe. *Urban ecology*, pp 45-74
- Kowarik I., 1995. On the role of alien species in urban flora and vegetation. *Plant invasions – General aspects and special problems*, pp. 85-103
- Li H., Wu J., 2004. Use and misuse of landscape indices. *Landscape Ecology* 19: 389-399.
- McGarigal, 2000. *Fragstats Arc: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure: manual*. <http://www.innovativegis.com/products/fragstatsarc/manual/index.html>
- Meeus S., Gulinck H., 2004. Verstening als milieuvariabele (eindverslag O&O Versnippering en Verstening 2003-2004). K.U.Leuven, Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap en VMM.
- Meeus S., Haesevoets A. en Gulinck H., 2005. Verstening: milieu-drukfactor in het gefragmenteerde Vlaamse landschap (eindverslag O&O Versnippering en Verstening 2004-2005). K.U.Leuven, Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap en VMM.
- MIRA, 2004. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2004, Versnippering, Gulinck H., Meeus S. en Stalpaert L., Vlaamse Milieumaatschappij, <http://www.milieurapport.be>
- MIRA, 2004. Milieu- en natuurrapport Vlaanderen, Achtergronddocument 2004, Verstoring van de waterhuishouding, Van Damme M., Defloor W., De Rouck K., Leemans J., Lermytte J., Taverniers E., Uitdewilligen D., Van Daele T., Vandeveld D., Van Eerdenbrugh K., Vanneuville W., Verlé W., Degans H., Vlaamse Milieumaatschappij, <http://www.milieurapport.be>
- Pysek P., 1993. Factors affecting the diversity of flora and vegetation in central European settlements. *Vegetation* 106: 89-100

Riitters K.H., O'Neill R.V., Hunsaker C.T., Wickham J.D., Yankee D.H., Timmins S.P., Jones K.B., Jackson B.L., 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology*, Vol. 10 No. 1: 23-39.

Rutledge D., 2003. Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process? *DOC Science Internal Series 98*. Department of Conservation, Wellington. 27p.

Saura S., 2004. Effects of remote sensor spatial resolution and data aggregation on selected fragmentation indices. *Landscape Ecology* 19: 197-209.

Sevenant M., Menschaert J., Couvreur M., Ronse A., Heyn M., Janssen J., Antrop M., Geypens M., Hermy M. & De Blust G. (2002). Ecodistricten: Ruimtelijke eenheden voor gebiedsgericht milieubeleid in Vlaanderen. Studieopdracht in het kader van actie 134 van het Vlaams Milieubeleidsplan 1997-2001. In opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu, Natuur, Land- en Waterbeheer.

Van Landuyt W., Heylen O., Vanhecke L., Van den Bremt P., Baeté H., 2000. Verspreiding en evolutie van de botanische kwaliteit van ecotopen: gemeten aan de hand van combinaties van indicatorsoorten uit Florabank. Rapport Vlina project 96/02. Flo.Wer vzw., Instituut voor Natuurbehoud, Nationale plantentuin van België en Universiteit Gent.

Digitale gerasteriseerde versie van LANDUSE laag van Top10GIS (Topografische kaart 1/10.000, vector formaat), 2005, opgemaakt door N.G.I.

Digitaal vectorieel bestand van risicozones voor overstromingen, toestand 04/05/2005, op schaal 1/10.000, opgemaakt door AMINAL, afdeling water.

[http://www.mina.be/water\\_publicaties\\_overstromingskaarten.html](http://www.mina.be/water_publicaties_overstromingskaarten.html)

Digitale vectoriële bestanden van de Vlaamse Hydrografische Atlas, toestand 13/06/2000, op schaal 1/10.000, opgemaakt door MVG, LIN, AMINAL, afdeling water.

Digitale vectoriële versie van de 25 geactualiseerde gewestplannen van Vlaanderen, toestand 01/04/2001, op schaal 1/10.000, opgemaakt door MVG, LIN, AROHM, afdeling ruimtelijke planning.

Digitale versie van de Bosreferentielaag, MVG, LIN, AMINAL, afdeling Bos & Groen, uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen).

Digitale versie van de Habitat- en Vogelrichtlijngebieden, MVG, LIN, AMINAL Natuur, toestand 04/05/2001 en 17/07/2000 (OC GIS-Vlaanderen).

Instituut voor Natuurbehoud, 2001. Biologische waarderingskaart van het Vlaamse Gewest. Digitaal bestand van de geïntegreerde versie van de recentst beschikbare karteringen (56% BWK, versie 2 en 44% BWK, versie 1). Brussel.

StreetNet Connect voor ARC/INFO, 2000, Tele Atlas B.V.

Rempel R.S., Carr. A.P., 2003. Patch Analyst extension for ArcView: version 3.

<http://flash.lakeheadu.ca/~rrempe/patch/index.html>.

## 6 Bijlagen

### 6.1 BETEKENIS CODES VAN GEWESTPLAN

<i>Code</i>	<i>Titel</i>
0110	Woonuitbreidingsgebieden
0500	Parkgebieden
0700	Groengebieden
0701	Natuurgebieden
0702	Natuurgebieden met wetenschappelijke waarde of natuureservaten
0710	Zone voor natuurontwikkeling
0733	Groengebied met vissershutten
0734	Bijzonder groengebied (cfr paardefokkerij)
0735	Groengebieden met semi-residentiële functie
0800	Bosgebieden
0810	Bosgebieden met ecologisch belang
0880	Uitbreidingsgebied voor bos
0900	Agrarische gebieden
0901	Landschappelijk waardevolle agrarische gebieden
0910	Agrarische gebieden met ecologisch belang
0911	Valleigebieden (of 'agrarische gebieden met landschappelijke waarde')
0912	Agrarisch gebied met landschappelijke (of 'bijzondere') waarde (vallei- of brongebieden)
0914	Landbouwgebied met culturele, historische en/of esthetische waarde
0915	Agrarisch gebied met polderkarakter
0916	Bouwvrij agrarisch gebied
0930	Serregebieden
0931	Kleintuingebied



## 6.2 OVERZICHT VAN DE BIOTISCHE VARIABELEN

### SOORTENRIJKDOM

- **Aantal:** totaal aantal soorten. Hierbij werden enkel die soorten meegerekend die tot op soortsniveau gedetermineerd zijn. Cultivars werden niet mee in rekening gebracht.

### INDIGENITEIT

- **Neofyt:** aantal neofyten. Neofyten zijn plantensoorten die ingevoerd werden na 1500 en nadien spontaan verwilderd zijn.
- **Inheems:** aantal inheemse soorten.

### BEDREIGINGSTOESTAND (Cosyns et al., 1994)

- **Niet bedreigd (NB):** aantal niet bedreigde soorten.
- **Uitgestorven (+):** aantal uitgestorven soorten. Dit zijn soorten die in Vlaanderen niet meer gevonden werden in de periode 1972-1992.
- **Bedreigd (B):** aantal bedreigde soorten. Hiertoe behoren de soorten die in Vlaanderen sterk achteruitgaan en in één van de volgende 2 categorieën dreigen terecht te komen.
- **Sterk bedreigd (B!):** aantal sterk bedreigde soorten. Dit zijn soorten die in hun voorkomen in Vlaanderen sterk bedreigd zijn. Hun toekomstverwachting<sup>2</sup> bedraagt 1.
- **Zeer sterk bedreigd (B!!):** aantal zeer sterk bedreigde soorten. Dit zijn soorten die in hun voorkomen in Vlaanderen zeer sterk bedreigd zijn en waarvan de toekomstverwachting 0 bedraagt.
- **Potentieel bedreigd:** aantal potentieel bedreigde soorten. Het gaat hier om soorten die niet direct met verdwijning bedreigd worden of als kwetsbaar kunnen beschouwd worden, maar die het potentieel zijn. Hun toekomstverwachting bedraagt 3 of 4.

---

<sup>2</sup> De toekomstverwachting werd bepaald aan de hand van de criteria zeldzaamheid en mate van achteruitgang. Ze werd berekend door het verschil na te gaan tussen de uurhokfrequentie voor en na 1972 (Cosyns et al., 1994)

## ELLENBERGINDICATORWAARDEN (Ellenberg, 1979)

### ZUURTEGRAAD

- **zuur1:** aantal soorten kenmerkend voor sterk zure bodems
- **zuur2:** aantal soorten kenmerkend voor sterk zure tot zure bodems
- **zuur3:** aantal soorten kenmerkend voor zure bodems
- **zuur4:** aantal soorten kenmerkend voor zure tot matig zure bodems
- **zuur5:** aantal soorten kenmerkend voor matig zure bodems
- **zuur6:** aantal soorten kenmerkend voor matig zure tot zwak zure-zwak basische bodems
- **zuur7:** aantal soorten kenmerkend voor zwak zure tot zwak basische bodems
- **zuur8:** aantal soorten kenmerkend voor basische bodems, meestal op kalk
- **zuur9:** aantal soorten kenmerkend voor sterk basische of kalkrijke bodems
- **zuur:** aantal soorten uit de categorieën zuur1, zuur2 en zuur3
- **neutraal:** aantal soorten uit de categorieën zuur4, zuur5 en zuur6
- **basisch:** aantal soorten uit de categorieën zuur7, zuur8 en zuur9
- **zuurX:** aantal zuurindifferenten soorten

### ZOUTGEHALTE

- **zout0:** aantal soorten dat geen zout verdraagt
- **zout1:** aantal zoutverdragende soorten
- **zout2:** aantal oligohaliene soorten
- **zout3:** aantal beta-mesohaliene soorten
- **zout4:** aantal alfa/beta-mesohaliene soorten
- **zout5:** aantal alfa-mesohaliene soorten
- **zout6:** aantal alfa-mesohaliene tot polyhaliene soorten
- **zout7:** aantal polyhaliene soorten
- **zout8:** aantal euhaliene soorten
- **zout9:** aantal euhaliene tot hyperhaliene soorten
- **zoutmin:** aantal soorten uit de categorieën zout0, zout1 en zout2
- **zoutgemid:** aantal soorten uit de categorieën zout3, zout4 en zout5
- **zoutmax:** aantal soorten uit de categorieën zout6, zout7, zout8 en zout9

### TEMPERATUUR

- **temp1:** aantal koude-planten
- **temp2:** aantal koude-planten/ planten uit de koele gebieden
- **temp3:** aantal planten van koele gebieden
- **temp4:** aantal planten van koele tot matig warme gebieden
- **temp5:** aantal planten van matig warme gebieden
- **temp6:** aantal planten van matig warme tot warme gebieden
- **temp7:** aantal planten van warme gebieden
- **temp8:** aantal planten van warme tot extreem warme gebieden
- **temp9:** aantal planten van extreem warme gebieden
- **tempX:** aantal temperatuurindifferenten soorten