

VRIJE UNIVERSITEIT BRUSSEL  
DIENST STROMINGSMECHANICA

ODE-VLAANDEREN

# EEN WINDPLAN VOOR VLAANDEREN

---

EEN ONDERZOEK NAAR MOGELIJKE  
LOCATIES VOOR WINDTURBINES

(STUDIE UITGEVOERD MET STEUN VAN HET VLAAMS GEWEST,  
IWT)

SAMENVATTEND EINDRAPPORT

YVES CABOOTER  
LUC DEWILDE  
MIEKE LANGIE

<b>DEEL 1: RUIMTELIJKE ANALYSE</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 METHODE</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 DIGITALE INFORMATIELAGEN</b> .....	<b>4</b>
1.2.1 In aanmerking komende gebieden .....	4
1.2.2 Voorwaardelijke gebieden.....	4
1.2.3 Uit te sluiten gebieden: .....	4
<b>1.3 ZONERING VAN DE GEWESTPLANNEN</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4 VOGEL-EN HABITATRICHTLIJNEN</b> .....	<b>5</b>
1.4.1 De Vogelrichtlijn (VRL) .....	6
1.4.2 De habitat richtlijn.....	7
1.4.3 Natura 2000 .....	8
1.4.4 Rechtsgevolgen.....	8
<b>1.5 BESCHERMDE MOMUMENTEN EN LANDSCHAPPEN</b> .....	<b>9</b>
<b>1.6 BUFFERS</b> .....	<b>10</b>
1.6.1 Industriebuffers.....	10
1.6.2 Woonbuffers.....	11
1.6.3 Natuurbuffers.....	12
1.6.3 Vogelrichtlijngebiedbuffers.....	13
<b>1.7 LUCHTVAART</b> .....	<b>13</b>
<b>1.8 VLAAMS ECOLOGISCH NETWERK (VEN) EN INTEGRAAL VERWEVINGS- EN ONDERSTEUNEND NETWERK (IVON)</b> .....	<b>15</b>
<b>1.9 STILTEGEBIEDEN</b> .....	<b>16</b>
<b>1.10 OVERZICHT RUIMTELIJK POTENTIEEL</b> .....	<b>16</b>

<b>DEEL 2: HET WINDAANBOD</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 BESCHIKBARE DATA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.2 GEBRUIKTE SOFTWARE</b> .....	<b>17</b>
2.2.1 GIS .....	17
2.2.2 WAsP@.....	18
<b>2.3 METHODOLOGIE</b> .....	<b>18</b>
2.3.1 Orografische kaart .....	18
2.3.2 Ruwheidskaart .....	19
2.3.3 Obstakels .....	20
2.3.4 Meteo.....	20
<b>2.4 BEREKENING WINDPOTENTIEEL</b> .....	<b>22</b>
<b>2.5 OPPERVLAKTEBEREKENINGEN</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6 VALIDATIE</b> .....	<b>23</b>
2.6.1 Meetstations van het Koninklijk Meteorologisch Instituut.....	23
2.6.2 De westhinder.....	26
<b>2.7 Kostprijs in functie van het windaanbod</b> .....	<b>27</b>
2.7.1 Het windaanbod.....	27
2.7.2 De investeringskosten.....	27
2.7.3. Werkingskosten .....	27
2.7.4 Randvoorwaarden.....	27
<b>2.8 TOTALE ANALYSE</b> .....	<b>29</b>
<b>DEEL 3: BESLUITEN EN AANBEVELINGEN</b> .....	<b>34</b>
<b>3.1 Ruimtelijke analyse</b> .....	<b>34</b>
<b>3.2 Het windaanbod</b> .....	<b>34</b>
<b>3.3 De kostprijs van de geleverde energie</b> .....	<b>34</b>
<b>3.4 De overzichtskaarten</b> .....	<b>35</b>
<b>3.5 Een mogelijk scenario</b> .....	<b>35</b>
<b>3.6 Lijnopstellingen versus clusters</b> .....	<b>36</b>
<b>3.7 Grote parken versus kleinschalige projecten</b> .....	<b>36</b>

---

## **DEEL 1: RUIMTELIJKE ANALYSE**

---

### **1.1 METHODE**

Voor de ruimtelijke analyse van het grondgebied is het ten eerste belangrijk te achterhalen welke informatie nodig is en vervolgens ook welke informatie digitaal beschikbaar is. In het teken van dit project was het onmogelijk zelf te trachten ruimtelijke gegevens in kaart te brengen en vervolgens te digitaliseren, aangezien dit op zich al een werk van jaren is.

Er werd gekozen de ruimtelijke informatie te verwerken met behulp van een GIS (Geographical Information System) –pakket, meer bepaald met het gebruiksvriendelijke, maar beperkte software pakket ArcView.

Als kaartbasis werd gekozen voor de gewestplannen. Deze worden ook bij de overheden van de verschillende niveaus als basis gebruikt voor hun ruimtelijk beleid en zijn tevens gemakkelijk digitaal te verkrijgen.

Vervolgens werden de andere informatielagen die hoofdzakelijk exclusiezones bevatten, met behulp van GIS op de gewestplannen geïmplementeerd, zodat alle gegevens uiteindelijk op één kaart verzameld werden.

Het was dan mogelijk om verschillende bewerkingen en berekeningen uit te voeren met één of meerdere informatielagen samen. Nadat alle exclusiezones uitgesloten zijn, blijven nog een aantal gebieden over die in aanmerking komen voor de toepassing van windenergie.

De resultaten van deze analyse zijn te zien op de ruimtelijke kaarten en in de oppervlakteberekeningen die werden gedaan, waarin weergegeven wordt hoeveel ruimte er in Vlaanderen wel of niet beschikbaar is voor windenergie.

Na het verschijnen van de omzendbrief ‘Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines’ (EME/2000.01) werd de ruimtelijke analyse herwerkt. Het ging hier om de zonering van de gewestplannen en de buffering van bepaalde gebieden die hier en daar werden bijgewerkt.

### **1.2 DIGITALE INFORMATIELAGEN**

#### **1.2.1 IN AANMERKING KOMENDE GEBIEDEN**

1. Bepaalde bestemmingen van de gewestplannen
2. Buffers van 250 m rond industriegebieden en gelijkaardige bestemmingen
3. Lijninfrastructuren

#### **1.2.2 VOORWAARDELIJKE GEBIEDEN**

1. Bepaalde bestemmingen van de gewestplannen
2. Luchtverkeersgebieden en gevaarszones met luchtactiviteiten

#### **1.2.3 UIT TE SLUITEN GEBIEDEN:**

1. Bepaalde bestemmingen van de gewestplannen

2. Buffers van 250 m rond woonzones
3. Buffers van 250 m rond natuurgebieden en gelijkaardige bestemmingen
4. Vogel- en Habitatrictlijngebieden
5. Buffers van 500 m rond de vogelrichtlijngebieden
6. Beschermde monumenten en landschappen
7. Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) en Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk (IVON)
8. Stiltegebieden

### 1.3 ZONERING VAN DE GEWESTPLANNEN

De verschillende bestemmingen van de gewestplannen werden onderverdeeld in vier verschillende klassen, elk met een eigen prioriteit wat betreft de toepassing van windenergie.

- Klasse 0: gebieden die niet in aanmerking komen voor de toepassing van windenergie en dus worden uitgesloten (bvb. woongebieden, natuurgebieden)
- Klasse 1: gebieden die zeker in aanmerking komen voor de toepassing van windenergie, met hoogste prioriteit (bvb. industriegebieden, gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut)
- Klasse 2: gebieden die in aanmerking komen voor windenergie, maar waar toch eerder een beperking kan optreden (bvb. agrarische gebieden, recreatiegebieden)
- Klasse 3: gebieden waar de toepassing van windenergie eventueel kan, mits een goede afweging met de andere, belangrijkere functies van het gebied (bvb. landschappelijk waardevolle agrarische gebieden) ; bijvoorbeeld: het moet mogelijk zijn om windturbines in landschappelijk waardevol agrarisch gebied te plaatsen, indien dit bijvoorbeeld grenst aan een industrieterrein of langs een autosnelweg ligt (zie ook verder).

### 1.4 VOGEL-EN HABITATRICHTLIJNEN

Een belangrijke basis voor het gebiedsgerichte natuurbeleid in Vlaanderen ligt bij twee Europese richtlijnen, de Vogel- (1979) en de Habitatrictlijn (1992), en een aantal internationale verdragen, nl. de Conventie van Ramsar (1971) voor de bescherming van waterrijke gebieden van internationaal belang, de Conventie van Bern (1979) voor de instandhouding van natuurlijke habitats en species in Europa, de Conventie van Bonn (1979) voor de instandhouding van pleisterplaatsen voor migrerende soorten en het Verdrag van Rio voor Biodiversiteit (1992).

Hiervan zijn de twee richtlijnen meer bindend van karakter dan de internationale verdragen: richtlijnen dienen omgezet te worden in de nationale wetgeving, terwijl internationale verdragen algemene afspraken en intenties omvatten.

In het kader van deze richtlijnen hebben de Lidstaten van de Europese Unie zich verplicht tot het nemen van communautaire maatregelen voor de bescherming van de natuur, en een samenhangend ecologisch netwerk van natuurgebieden te vormen, Natura 2000 genaamd, vergelijkbaar met het Vlaams Ecologisch Netwerk (zie 1.1.8) maar dan op Europese schaal.

#### 1.4.1 DE VOGELRICHTLIJN (VRL)

In het kader van de VRL van 1979 werden op Europees niveau bindende afspraken gemaakt over de bescherming van vogels. De richtlijn werd van kracht in 1981.

De eigenlijke aanleiding was de nood aan bescherming van trekvogels. Trekvogels zijn een gemeenschappelijk erfgoed en een doeltreffende bescherming is een typisch grensoverschrijdend vraagstuk dat een gemeenschappelijke verantwoordelijkheid impliceert.

De VRL heeft tot doel de instandhouding van alle natuurlijk in het wild levende vogelsoorten op het Europees grondgebied te bevorderen en de gebieden waar ze broeden, pleisteren en overwinteren doeltreffend te beschermen. In het besef dat vogels vooral worden bedreigd door het verdwijnen of in kwaliteit achteruitgaan van hun leefgebieden, werden in de richtlijn belangrijke bepalingen opgenomen met betrekking tot de bescherming van deze leefgebieden. Elke Lidstaat is verplicht om alle maatregelen te nemen die nodig zijn om een voldoende gevarieerdheid aan leefgebieden voor vogels met een voldoende omvang te beschermen, in stand te houden of te herstellen en moet tevens rekening houden met volgende bepalingen:

- De aantallen en de variatie van de soorten vogels moeten in stand gehouden worden.
- Er mogen geen vogelsoorten verdwijnen of sterk in aantal afnemen.
- Er moeten voldoende broed-, pleister- en overwinteringsgebieden worden beschermd.
- Verslechtering van leefgebieden moet worden voorkomen.
- Er moet een algemene regeling voor de bescherming van de vogels worden ingevoerd, en een principieel verbod op handel worden ingesteld.
- Het wetenschappelijk onderzoek dient bevorderd.

Tevens dienen speciale beschermingsmaatregelen genomen te worden voor de leefgebieden van in Europese context zeldzame of bedreigde vogelsoorten en voor de broed-, rui-, overwinteringsgebieden en rustplaatsen van geregeld voorkomende trekvogels.

Hiervoor zijn de Lidstaten gebonden om naar aantal en oppervlakte de meest geschikte gebieden aan te wijzen als speciale beschermingszone (SBZ)<sup>1</sup>, de zogenaamde vogelrichtlijngebieden.

Bijzondere aandacht wordt besteed aan de bescherming van waterrijke gebieden en zeker aan deze met internationale betekenis in het kader van het Verdrag van Ramsar. Alle vier Ramsar-gebieden die in 1984 werden aangeduid in Vlaanderen maken deel uit van de ruimer afgebakende vogelrichtlijngebieden.

In Vlaanderen werden in 1988 23 vogelrichtlijngebieden afgebakend, samen 97.580 ha. Zeven gebieden zijn over hun totale oppervlakte beschermd (vogelrichtlijngebieden van klasse 1). In de andere gebieden (klasse 2) zijn enkel bepaalde biotopen zoals vennen en houtkanten beschermd. Voor de Europese wetgeving inzake vogelrichtlijngebieden gaat deze onderverdeling echter niet op en is telkens het volledige gebied beschermd (zoals klasse 1).

---

<sup>1</sup> Speciale Beschermingszone: een door de Lidstaten bij een wettelijk, bestuursrechtelijk en/of op een overeenkomst berustend besluit aangewezen gebied van communautair belang waarin de instandhoudingsmaatregelen worden toegepast die nodig zijn om de natuurlijke habitats en/of de populaties van de soorten waarvoor het gebied is aangewezen, in een gunstige staat van instandhouding te behouden of te herstellen.

Ook buiten deze beschermingszones dienen de Lidstaten ervoor te zorgen vervuiling en verslechtering van de leefgebieden van deze vogelsoorten te voorkomen.

De Vogelrichtlijn stelt beperkingen aan de jacht op vogels. Vogels mogen zeker niet bejaagd worden tijdens de verschillende fasen van de broedperiode en zolang de jonge vogels het nest niet hebben verlaten. Voor trekvogels houdt dit ook in dat ze niet mogen bejaagd worden tijdens de trek naar hun nestplaatsen.

De afbakening van deze Vogelrichtlijngebieden gebeurde enkel op basis van ornithologische criteria, vastgesteld door middel van wetenschappelijke vogeltellingen door het Instituut voor Natuurbehoud. Economische en recreatieve factoren hebben geen rol gespeeld bij deze afbakening. Belangrijke economische factoren kunnen echter wel een rol spelen bij de beoordeling van de ingrepen die men binnen een Vogelrichtlijngebied wil uitvoeren nadat het gebied is afgebakend. In dat geval moet rekening worden gehouden met compensatie.

Bij de afbakening van de Vogelrichtlijngebieden werd rekening gehouden met volgende criteria:

- Het aantal en de oppervlakte van de geschikte broed-, pleister- en overwinteringsgebieden die nodig zijn voor het overleven van bedreigde, kwetsbare en zeldzame soorten.
- Broed-, rui-, overwinteringsgebieden en rustplaatsen op de trekroutes van geregeld voorkomende trekvogels.
- Waterrijke gebieden van internationale betekenis.
- De verschillende Vogelrichtlijngebieden moeten een samenhangend geheel vormen dat het voortbestaan van zeldzame vogelsoorten garandeert.

Het aanduiden van een gebied als Vogelrichtlijngebied betekent niet dat er in het gebied helemaal niets meer mogelijk is. Nieuwe projecten in het kader van de volksgezondheid en publieke veiligheid of activiteiten met positieve gevolgen voor het milieu kunnen doorgaan – mits goedkeuring van de Europese Commissie.

Buiten deze 23 Vlaamse gebieden duidde de Waalse regering 13 gebieden aan wat het totaal aantal Belgische Speciale Beschermingszones onder de EU-Vogelrichtlijn op 36 brengt. Deze zones hebben een totale oppervlakte van 431.306 ha. De 15 Lid-Staten van de Europese Unie hebben meer dan 2.400 Speciale Beschermingszones voorgesteld met een totale oppervlakte van 16,2 miljoen ha.

#### 1.4.2 DE HABITAT RICHTLIJN

De HRL van 1992 is gericht op de instandhouding van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna, en van kracht geworden in 1994. Deze Richtlijn is complementair aan de Vogelrichtlijn in die zin dat de Habitatrictlijn zich richt op de bescherming van soorten en natuurlijke habitats met uitzondering van vogels en hun leefgebieden. Dit sluit echter niet uit dat bedoelde habitattypen en de leefgebieden voor vogels kunnen overlappen.

Ook de HRL gaat uit van de aanwijzing van speciale beschermingszones. De uiteindelijke doelstelling is een Europees netwerk van beschermde natuurgebieden te ontwikkelen. De procedure voor aanwijzing van gebieden is hier echter anders: de in aanmerking komende gebieden worden bij de EC aangemeld (nationale lijst), waarna door de EC in overleg met de Lidstaten een lijst van gebieden van communautair belang (communautaire lijst van ‘Sites of Community Importance’) opstelt. De gebieden die voor Vlaanderen op deze lijst voorkomen dienen dan definitief aangewezen te worden als speciale beschermingszone onder de Habitatrictlijn.

Het belangrijkste criterium voor de kwalificatie voor de Habitatrictlijn betreft de habitats en soorten van communautair belang, nl. de bedreigde/kwetsbare/zeldzame habitattypen en/of soorten aangemerkt als ‘prioritair’. Alle gebieden met prioritaire habitats en/of soorten moeten aangemeld worden onder de Habitatrictlijn en worden automatisch geselecteerd voor de communautaire lijst. Voor de niet-prioritaire habitats en/of soorten worden de beste gebieden aangemeld.

Vlaanderen heeft in 1996 na goedkeuring door de Vlaamse regering 40 gebieden met een oppervlakte van bijna 70.000 ha voorgesteld om de biodiversiteit aan flora en fauna te waarborgen. Ongeveer de helft van deze gebieden vertonen een overlapping met Vogelrichtlijngebieden.

De gebieden werden echter niet voldoende bevonden door de Europese Commissie, waardoor het proces van afbakening van habitatrictlijngebieden moet aangevuld worden en tot op heden nog niet is voltooid. Bijgevolg konden deze gebieden nog niet in het windplan worden opgenomen.

#### 1.4.3 NATURA 2000

De Vogelrichtlijngebieden en de uiteindelijk aangewezen Habitatrictlijngebieden vormen samen Natura 2000, een netwerk van beschermde gebieden over de hele Europese Unie. De ecologische samenhang van het netwerk zou verder moeten verzekerd worden door een adequaat beheer van verbindingengebieden – gelijkaardig met de opbouw van het Vlaams Ecologisch Netwerk (zie 1.1.8).

De beide richtlijnen vormen in feite de invulling van het Verdrag van Bern inzake het behoud van wilde dieren en planten. Met de instandhouding van de habitats en soorten van communautair belang wordt ook een bijdrage geleverd aan de invulling van het Verdrag van Ramsar, Bonn en Rio.

#### 1.4.4 RECHTSGEVOLGEN

De Richtlijnen stellen dat de Lidstaten passende maatregelen moeten treffen voor de bescherming, de instandhouding en het herstel van deze leefgebieden. Het gaat hier zowel om beheersmaatregelen als om beschermingsmaatregelen. Door passende maatregelen te treffen moeten Lidstaten ervoor zorgen dat de kwaliteit van de natuurlijke habitats en de leefgebieden van soorten in de SBZ’s niet verslechtert en er geen storende factoren optreden voor de soorten waarvoor de zones zijn aangewezen.

Mogelijke maatregelen om hieraan tegemoet te komen zijn:

- Beheersmaatregelen: zijn actieve maatregelen gericht op behoud, herstel en/of ontwikkeling van het gebied. Een beheersplan is hiervoor een geschikt middel. Het kan zowel gaan om een beheersplan voor het gebied als om integratie van het beheer van het gebied in andere plannen.

- Beschermingsmaatregelen betreffen de wijze van beoordelen van ingrepen in de gebieden. Het gaat hier om het beschermingsregime in de Habitatrictlijn aangegeven als een afwegingskader, een opeenvolging van stappen die in de besluitvorming zorgvuldig dienen gevolgd te worden bij de beoordeling of een voorgenomen ingreep al of niet grote gevolgen voor de natuurwaarden van het gebied kan hebben. Bij negatieve beoordeling en ontstentenis van alternatieve oplossingen, mag een ingreep slechts gerealiseerd worden om dwingende redenen van openbaar belang. Hierbij dienen de Lidstaten alle nodige compenserende maatregelen te nemen om te waarborgen dat de algehele samenhang van Natura 2000 in stand blijft.
- Aandacht voor de gebieden in plannen van ruimtelijke ordening.
- Beheersovereenkomsten waarmee het maatschappelijk draagvlak en samenwerking kan gestimuleerd worden.

De aanwijzing als SBZ brengt niet met zich mee dat menselijke activiteiten in een gebied nu moeten worden beëindigd of voorgenomen ontwikkelingen zonder meer tegen te houden zijn. De Habitatrictlijn biedt een afwegingskader voor de beoordeling van plannen en projecten die significante gevolgen kunnen hebben voor het gebied. Hierbij krijgen de natuurwaarden een veel belangrijkere rol dan voorheen het geval was. Menselijke activiteiten blijven mogelijk binnen de speciale beschermingszones zolang deze geen belangrijke effecten hebben voor de te beschermen natuurwaarden. De landgebruiken dienen compatibel te blijven met de doelstellingen van de richtlijnen, nl. voorkomen van de achteruitgang van de habitats of gevaar voor de soort(en) waarvoor het gebied werd aangewezen.

## **1.5 BESCHERMDE MOMUMENTEN EN LANDSCHAPPEN**

In Vlaanderen werd een inventaris gemaakt van te beschermen monumenten, landschappen, stads- en dorpsgezichten. Windturbines kunnen hier eventuele visuele hinder veroorzaken, waardoor ze in het windplan werden uitgesloten voor de toepassing van windenergie.

Er werd tot nu toe enkel een voorlopige versie bekomen van de beschermde monumenten en landschappen. Een definitieve, verbeterde versie zou er moeten komen in de loop van het jaar 2000. Het gaat hier om zones die het juridisch statuut van bescherming hebben gekregen.

Er zijn vijf verschillende zones te onderscheiden:

1. polygonen enkel met beschermde monumenten
2. polygonen enkel met beschermde landschappen
3. polygonen met beschermde landschappen en monumenten
4. polygonen met beschermde stads- en dorpsgezichten
5. polygonen met beschermde stads- en dorpsgezichten en beschermde monumenten

## 1.6 BUFFERS

### 1.6.1 INDUSTRIEBUFFERS

Rond de industriegebieden en andere gelijkaardige bestemmingen van de gewestplannen, met een minimum oppervlakte van 25.000 m, werd een positieve buffer gemaakt van 250 m.

Bedoeling hiervan is om agrarische en gelijkwaardige bestemmingen (klassen 2 en 3,) die gelegen zijn binnen een straal van 250 m rond industriegebieden ook op te nemen als gebieden die zeker in aanmerking komen voor de toepassing van windenergie. Het maakt landschappelijk gezien namelijk praktisch geen verschil of de windturbines nu in het industriegebied staan of vlak ernaast. Bovendien kan het in veel gevallen uit veiligheidsoverwegingen en vanuit energetisch standpunt meer verantwoord zijn de turbines buiten het industriegebied te plaatsen.

Dezelfde landschappelijke redenering geldt ook voor de gebieden uit klassen 2 en 3 die gelegen zijn in de onmiddellijke omgeving van een autosnelweg, spoorweg, hoogspanningslijn of bepaalde waterwegen .

Volgende bestemmingen van de gewestplannen kregen een positieve buffer:

- Gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut (behalve indien cultureel- historische en/of esthetische waarde)
- Gemengd gemeenschapsvoorzienings- en dienstverleningsgebied (inrichtingen i.v.m. haven en scheepvaart)
- Dienstverleningsgebieden
- Gebieden hoofdzakelijk bestemd voor de vestiging van grootwinkelbedrijven
- Regionale gemengde zone voor diensten en handel
- Industriegebieden (behalve indien cultureel- historische en/of esthetische waarde)
- Milieubelastende industrieën
- Publieke bedrijvzones
- Regionaal bedrijventerrein met openbaar karakter
- Bijzondere industriegebieden (afvalverwerking)
- Industriegebied met bijzondere bestemming (testen van autovoertuigen)
- Gebied voor watergebonden bedrijven
- Transportzone
- Wetenschapspark
- Researchpark
- Businesspark
- Bedrijventerreinen, openbaar nut en groenzone (nvdr. Volgens de afdeling Ruimtelijke Planning is het aspect 'groenzone' hier niet echt uitgesproken)
- Reservegebieden voor industriële uitbreiding (industrieel + ambachtelijk)
- Reservegebieden voor industriële uitbreiding (industrieel + uitbreiding havenactiviteiten)

- Reservegebied voor regionaal bedrijventerrein met openbaar karakter
- Gebied voor uitbreiding van bestaande nijverheid
- Gebied voor uitbreiding en sanering van bestaande nijverheid
- Gebied voor uitbreiding van het naastliggend bedrijf
- Ambachtelijke bedrijven en KMO's
- Bedrijfsgebied met stedelijk karakter (kantoren, toonzalen; ondergeschikt woongelegenheid)
- Lokaal bedrijventerrein met openbaar karakter
- Gebied voor kleine niet-hinderlijke bedrijven en kantoren
- Zone voor opslagplaatsen
- Zone voor handelsvestigingen
- Reservegebieden voor ambachtelijke uitbreiding
- Reservegebieden voor ambachtelijke bedrijven en KMO's
- Ontginningsgebieden; grondkleur gemeenschapsvoorziening en openbaar nut
- Ontginningsgebieden; grondkleur industriegebied
- Ontginningsgebieden; grondkleur ambachtelijke bedrijven en KMO's
- Uitbreidingen van ontginningsgebieden; grondkleur gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut
- Uitbreidingen van ontginningsgebieden; grondkleur industriegebied
- Reservegebieden voor ontginning; grondkleur gemeenschapsvoorziening en openbaar nut
- Stortgebieden (huisafval en niet-giftige stoffen); grondkleur gemeenschaps-voorzieningen en openbaar nut
- Stortgebieden (huisafval en niet-giftige stoffen); grondkleur ambachtelijke bedrijven en KMO's
- Industrie-stortgebied (niet-giftige industriële afval)
- Stortgebied voor gepollueerde gronden
- Havenuitbreidingsgebied
- Gebieden voor de vestiging van kerninstallaties
- Project-dienstverlening-kerngebied
- Project-kerngebied

### 1.6.2 WOONBUFFERS

In woonzones en op plaatsen waar bewoonde huizen staan moet er rekening gehouden worden met eventuele geluidshinder en met slagschaduw die veroorzaakt wordt door de draaiende wieken.

Windturbines hebben twee mogelijke geluidsbronnen. Enerzijds is er het zoeven van de wieken en anderzijds het mechanisch geluid van tandwielkast of generator. Vroeger bij de eerste generatie windturbines, kon dit al eens storend zijn. De huidige generatie windturbines is zowel aërodynamisch als mechanisch zodanig ontworpen dat het lawaai minimaal blijft.

De Vlaamse Milieureglementering (VLAREM) voorziet een aantal geluidsnormen voor verschillende gebieden. In het staatsblad van 11/03/99 staat echter wel vermeld dat voor de rubriek 20.1.6 van Vlarem 1-bijlage 1, waarin ook windturbines werden ingedeeld, in geen geval de geluidsnormen van toepassing zijn. De geluidsemisiegrenswaarden voor inrichtingen die vallen onder de rubriek 20.1.6 van de Vlarem kunnen opgelegd worden in de milieuvergunning in functie van de omgevingsituatie.

De slagschaduw van een roterend blad op nabijgelegen woningen kan worden berekend voor alle zonnestanden. Indien nodig kan de windturbine stilgezet worden tijdens de uren en in het seizoen waarin de slagschaduw hinder geeft.

Om evenwel rekening te houden met eventuele visuele of geluidshinder werden in het windplan negatieve buffers van 250 m gemaakt rond de woonzones. Gebieden van klassen 1, 2 of 3 die in deze buffers vallen worden uitgesloten en gaan naar klasse 0. Een buffer van 250 m is echter een zeer ruime buffer en geldt ook voor zeer grote windturbines (vermogens van bvb. 1500 kW en meer). De voorgestelde buffers zijn geen absolute garantie. Een berekening van de geluidscontouren uitgaande van het bronvermogen van de turbine en een berekening van de slagschaduw kunnen over mogelijke hinder meer uitsluitsel geven.

Volgende bestemmingen van de gewestplannen kregen een negatieve woonbuffer:

- Woongebieden
- Woongebieden met cultureel- historische en/of esthetische waarde
- Woongebieden met landelijk karakter
- Woongebieden met landelijk karakter met cultureel- historische en/of esthetische waarde
- Woonparken
- Woonuitbreidingsgebieden
- Woonuitbreidingsgebieden met cultureel- historische en/of esthetische waarde
- Gemengde woon- en industriegebieden
- Pleisterplaatsen voor nomaden of woonwagenbewoners
- Gebieden voor service-residentie
- Reservegebieden voor woonwijken
- Woonreservegebieden
- Uitbreidingsgebieden voor stedelijke functies
- Woonaanrijdingsgebied

### 1.6.3 NATUURBUFFERS

Om eventuele verstoring te voorkomen worden natuurgebieden en gelijkaardige bestemmingen van de gewestplannen, met een minimum oppervlakte van 25.000 m<sup>2</sup>, voorzien van een negatieve buffer van 250 m. Gebieden van klassen 1, 2 of 3 die in deze buffers vallen worden uitgesloten en gaan naar klasse 0.

Volgende bestemmingen van de gewestplannen kregen een negatieve natuurbuffer:

- Groengebieden
- Groengebieden en cultureel- historische en/of esthetische waarde

- Groengebieden en landschappelijk waardevol
- Natuurgebieden
- Natuurgebieden en cultureel- historische en/of esthetische waarde
- Natuurgebieden en landschappelijk waardevol
- Natuurgebieden met wetenschappelijke waarde of natuurreservaten
- Natuurgebieden met wetenschappelijke waarde of natuurreservaten, en cultureel- historische en/of esthetische waarde
- Natuurgebieden met wetenschappelijke waarde of natuurreservaten en landschappelijk waardevol
- Zone voor natuurontwikkeling
- Natuurgebied met erfdiensbaarheid (t.a.v. transport- en pijpleidingen)
- Groengebied met vissershutten
- Groengebied met vissershutten en landschappelijk waardevol
- Bijzonder groengebied (cfr. Paardenfokkerij)
- Groengebieden met semi-residentiële functie
- Gebied voor natuureducatieve infrastructuur
- Museumcentrum in natuurgebied

### 1.6.3 VOGELRICHTLIJNGEBIEDBUFFERS

In navolging van het voorkomen van enige verstoring rond natuurgebieden door een buffering werden ook de vogelrichtlijnggebieden negatief gebufferd. Omdat vogels een kwetsbare groep zijn als het gaat om windturbines, werd hier een buffer van 500 m voorzien. Gebieden van klassen 1, 2 of 3 die in deze buffers vallen worden uitgesloten en gaan naar klasse 0.

## 1.7 LUCHTVAART

Voor het nagaan wanneer en waar een object een obstakel vormt voor de luchtvaart, kan gekeken worden naar de Circulaire GDF 03 van het Bestuur van de Luchtvaart. Hierin wordt het grondgebied opgedeeld in de volgende categorieën:

- Categorie A:
  - Vliegvelden en landingsplaatsen voor helikopters
  - Verkeersgebieden van een vliegveld (CTR)
  - Oefengebieden op lage hoogte

De overheid beslist hier wanneer een object een obstakel vormt. Het plaatsen van een obstakel toestaan is in veel gevallen moeilijk. Wanneer het wel kan blijft het probleem van de balisering (markering van het obstakel, zodat het duidelijk zichtbaar is voor de piloten). Er moet ook een onderscheid gemaakt worden tussen verkeerszones en oefenzones (zie verder).

- Categorie B:
  - Gebieden tot 120 m langs de autostrades (i.v.m. helikopters)

Mits het aanbrengen van balisering is hier eigenlijk geen probleem.

- Categorie C:
  - Rest van het Koninkrijk

Objecten van 150 m en hoger moeten steeds gebaliseerd worden.

Een kaart met daarop de structuur van het Belgisch luchtruim (zones die de grond raken tot 762 m hoogte) werd opgenomen in het windplan. Hierop zijn volgende zones (allen van categorie A) te onderscheiden:

- Luchtverkeersgebied (CTR): Hierbinnen zal steeds een evaluatie tegenover verschillende soorten procedures gebeuren zodat moeilijk op voorhand te zeggen is wanneer een obstakel aanvaardbaar is of niet.
- Tijdelijk gereserveerd verkeersgebied (TRA): idem
- Gevaarszone met luchtactiviteiten: Hierbinnen vinden activiteiten plaats (schietoefeningen of oefeningen met vliegtuigen) die hinder kunnen ondervinden van belangrijke obstakels. Ook hier kan enkel een evaluatie duidelijk maken of een obstakel aanvaardbaar is.
- Helicopter training area – laagvliegzone (HTA – LFA): Binnen deze zones is er principieel geen bezwaar tegen belangrijke obstakels zolang de concentratie ervan aanvaardbaar blijft en er bebakening wordt aangebracht.
- Bij een aantal vliegvelden is op de kaart geen verkeersgebied voorzien. Ook hier kunnen hoge obstakels natuurlijk evengoed een onaanvaardbare hinder betekenen, hoewel de zone die in acht zal genomen worden minder belangrijk zal zijn. Het zal vooral in de assen van de startbanen zijn dat de grootste beperkingen van kracht zijn.
- Op de kaart staan geen ULM velden. Er is ook geen rekening gehouden met aëromodelisme.

#### 1. Overwegingen binnen verkeerszones

- Beïnvloedt het obstakel de vliegprocedures op instrumenten, nabij de vliegvelden, in de as van de startbanen tot een achttal km.
- De hoogte wordt berekend in referentie tot de hoogte van de startbaan. (Een obstakel op een heuvel zal minder hoog mogen zijn.)
- Is er hinder voor de vliegprocedures op zicht ?
- Evaluatie van de hindernis volgens Internationale burgernormen (ICAO) of NATO normen.
- Indien het obstakel toegelaten kan worden, hoe het baliseren ?

#### 2. Overwegingen binnen oefenzones

- Welke soort oefenzone – soort activiteiten (In de zones HTA en LFA moeten alle obstakels hoger dan 57 m gebaliseerd worden.)
- Is er (ernstige) hinder voor de activiteiten binnen de zone ?
- Hoe baliseren ?

#### 3. Balisering

- Volgens GDF 03
- Balisering overdag met kleur (rood/wit)
- Balisering bij nacht met rood licht
- Witte lichtflitsen worden aanvaard.

- Hoe een windmolen op een aanvaardbare manier baliseren ? De luchtvaart stelt dat het ideaal zou zijn als in de toppen van de wieken lichtjes zouden geplaatst zijn, die aanflitsen telkens als de wiek op het hoogste punt komt. Dit wordt internationaal nergens toegepast. Het volstaat in de buurlanden om de gondel te voorzien van een lichtbebakening.

#### 4. Werkmethode

Instellingen / diensten die windmolens wensen te plaatsen kunnen alvorens een officiële aanvraag in te dienen, de staf van de Luchtvaart om advies vragen over welke maximale hoogte aanvaardbaar is.

Officiële aanvragen dienen aan het Bestuur van de Luchtvaart gericht te worden (Belgocontrol) Wanneer de hindernis buiten de burger verkeersgebieden valt wordt het dossier automatisch doorgestuurd naar de staf van de Luchtvaart.

### **1.8 VLAAMS ECOLOGISCH NETWERK (VEN) EN INTEGRAAL VERWEVINGS- EN ONDERSTEUNEND NETWERK (IVON)**

Volgens het decreet op het natuurbehoud van 1997 moet binnen vijf jaar na de inwerkingtreding van het decreet een totale oppervlakte van 125.000 ha **Vlaams Ecologisch Netwerk** afgebakend worden.

Momenteel wordt hieraan gewerkt, officieel zijn de gegevens echter nog niet beschikbaar.

In het VEN zijn volgende delen te onderscheiden:

- GEN: Grote Eenheden Natuur (<50 % van de oppervlakte moet hoogwaardige natuur zijn);
- GENO: Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling (<50 % van de oppervlakte moet hoogwaardige natuur zijn, voor 95% zijn de consequenties echter gelijklopend met de GEN).

Verder zal ook een **Integraal Verwevings- en Ondersteunend Netwerk** afgebakend worden, hierin zijn te onderscheiden:

- NVWG-na: natuurverwevingsgebied in niet-agrarisch gebied
- NVWG-a: natuurverwevingsgebied in agrarisch gebied

De afbakening van het VEN en IVON bestaat niet onafhankelijk en wordt voor 100% bepaald door de gewestplannen. De GEN en GENO kunnen enkel afgebakend worden in de groengebieden van de gewestplannen, het IVON kan ook in landschappelijk waardevol agrarisch gebied komen.

Hierbij kan ook rekening gehouden worden met de 38.000 ha aan groengebieden die volgens het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen nog bijkomend moeten gecreëerd worden in de gewestplannen. Na de bestemmingswijziging van deze gebieden in groengebied, kunnen hierin dan GEN of GENO afgebakend worden. Later zal dit ook gelijktijdig met de bestemmingswijziging kunnen.

Het VEN en de **Gemeentelijke Natuurontwikkelingsplannen** (GNOP's) houden niet direkt rekening met elkaar, maar zullen uiteindelijk wel grotendeels overeenkomen.

## 1.9 STILTEGEBIEDEN

Momenteel is enkel een ruwe inventarisatie beschikbaar van potentiële stiltegebieden, samengevat in het rapport “Nauwkeurige begrenzing van potentiële stiltegebieden op basis van landschappelijk-ecologische kenmerken voor Vlaanderen” uit 1994. In een aantal gebieden werd een meer nauwkeurige inventarisatie uitgevoerd. Voor de opbouw van de stiltegebieden werd gebruikt gemaakt van de geluidskaart (berekeningen van geluidsniveaus (met daarin onder andere autosnelwegen, luchthavens,...) in 1994, te vinden in rapport MIRA 2) in overlay gebracht met de natuurgebieden. De stiltegebieden zijn niet digitaal beschikbaar en het gaat nog steeds enkel over een ruwe inventarisatie. Concrete plannen om deze gebieden verder uit te werken zijn er momenteel nog niet, ze worden (voorlopig) dan ook niet opgenomen in het windplan.

## 1.10 OVERZICHT RUIMTELIJK POTENTIEEL

Met behulp van het GIS-pakket ArcView werden de oppervlaktes berekend van de geschikte en ongeschikte gebieden voor windenergie in Vlaanderen. Het gaat hier enkel om een evaluatie op basis van de ruimtelijke gegevens. Er moet op gewezen worden dat de correctheid van de hierna volgende cijfers niet altijd even hoog is. Bij het uitvoeren van controles op de berekeningen, werd het geregeld duidelijk dat de cijfers niet altijd nauwkeurig waren, ze moeten dus gerelativeerd benaderd worden.

Verder is het, zoals reeds eerder vermeld, niet duidelijk hoeveel ruimte nog werkelijk bouwvrij en beschikbaar is in de berekende overblijvende oppervlaktes. Dit zal telkens per project en per locatie moeten geëvalueerd worden op het terrein. De hierna volgende getallen kunnen dus niet als absoluut realiseerbaar potentieel beschouwd worden, maar moeten eerder bekeken worden als richtwaarden. De oppervlaktes zijn berekend per provincie en voor de verschillende klassen.

**Tabel 9: Overzicht ruimtelijk potentieel (km<sup>2</sup>)**

	<b>West-Vlaanderen</b>	<b>Oost-Vlaanderen</b>	<b>Antwerpen</b>	<b>Vlaams-Brabant</b>	<b>Limburg</b>	<b>Totaal</b>
<b>Klasse 0</b>	1.473,30	2.016,11	2.048,05	1.586,20	1.895,12	9.018,76
<b>Klasse 1</b>	112,69	107,45	147,55	45,96	74,14	487,75
<b>Klasse 2</b>	692,93	502,48	389,32	291,42	238,23	2.114,35
<b>Klasse 3</b>	855,56	343,72	200,80	181,44	118,56	1.700,02
<b>Totaal</b>	3.134,48	2.969,76	2.785,72	2.105,02	2.325,90	13.320,88

**Tabel 10: Overzicht ruimtelijk potentieel (%)**

	<b>West-Vlaanderen</b>	<b>Oost-Vlaanderen</b>	<b>Antwerpen</b>	<b>Vlaams-Brabant</b>	<b>Limburg</b>	<b>Totaal</b>
<b>Klasse 0</b>	47,0	67,9	73,5	75,4	81,5	67,7
<b>Klasse 1</b>	3,6	3,6	5,3	2,2	3,2	3,7
<b>Klasse 2</b>	22,1	16,9	14,0	13,8	10,2	15,9
<b>Klasse 3</b>	27,3	11,6	7,2	8,6	5,1	12,8
<b>Totaal</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

---

## DEEL 2: HET WINDAANBOD

---

In dit deel wordt de gebruikte methodologie beschreven voor de berekening van het windaanbod in Vlaanderen.

### 2.1 BESCHIKBARE DATA

Bij het GIS-Vlaanderen werd relevante data bekomen nodig voor de berekening van het windaanbod in Vlaanderen. Het betreft :

- 1 DTM niveau II : Deze CD bevat 51 ASCII-files (rasterbestanden). Elke file bestaat uit records, waarbij elke record bestaat uit x, y en z coördinaten. De records zijn gelegen op een grid, met in x richting een spatie van ongeveer 39 m, in y richting ongeveer 30 m. Deze DTM bestanden worden aangewend voor het construeren van de hoogtelijnen over het ganse Vlaamse landsgedeelte.
- 2 Topografische kaarten : Deze 2 CD-Roms bevatten alle 228 stafkaarten van het NGI van het Vlaamse landsgedeelte. De schaal van deze kaarten in rasterformaat volgens het Lambert-72 projectie systeem bedraagt 1/10.000.
- 3 Kleurenorthofotokaarten : Een set van 23 CD-Roms die samen 684 kleurenorthofoto's bevatten. Deze foto's zijn luchtopnamen van 1988-1990 op vliegschaal 1/50.000. Het betreft de bedekking van Vlaanderen en Brussel, met uitzondering van een stuk in Limburg dat niet digitaal verkrijgbaar is. De kleurenorthofoto's zijn in rasterformaat, waardoor deze gebruikt kunnen worden als achtergrond voor bijvoorbeeld het visualiseren van vectorgegevens of bij schermdigitalisatie. De kleurenorthofoto's zijn ideale informatiebronnen over het werkelijk landgebruik. De orthografische kaarten werden enkel gebruikt ter verificatie van de werkelijke terreinruwheidskaarten.

### 2.2 GEBRUIKTE SOFTWARE

#### 2.2.1 GIS

Een degelijk GIS-pakket (Geographical Information System) is nodig voor de aanmaak van talrijke kaarten en het verwerken van diverse data.

Na lang overleg en na talrijke raadplegingen bij diverse specialisten (o.a. GIS-Vlaanderen, ANRE, Geografisch Instituut van de V.U.B.) is geopteerd voor het basispakket ArcView van ESRI-Belux.

Het basispakket ArcView wordt gebruikt voor de verwerking van vectorbestanden (lijnstructuren) van diverse data. Bovenop dit basispakket is een extensie geïmplementeerd, Spatial Analyst, voor de verwerking van rasterbestanden (ASCII-matrices), zoals daar bijvoorbeeld zijn de DTM.

Wanneer men met data van verschillende bronnen werkt en deze in de GIS-applicatie wenst te combineren, dient er steeds voor gezorgd te worden dat in een zelfde coördinatenstelsel gewerkt wordt (Lambert-72 projectie voor België). Daarom is nog een extensie aangeschaft, Image Analysis, voor de resampling en geo-reformatie van vectorbestanden. Tenslotte is een vierde extensie, Data Automation Kit, geïntegreerd voor de geo-reformatie van rasterbestanden.

### 2.2.2 WASP®

WASP® (Wind Atlas Analysis and Application Program) is een software pakket ontwikkeld door het Risø te Denemarken in 1989.

WASP® is een rekenmodel die toelaat om ruwe meetdata (windsnelheid en -richting) om te rekenen naar een zogenaamd algemeen regionaal windklimaat. Daartoe dienen de inputdata m.b.v. meteorologische modellen omgerekend te worden naar hogere hoogte. Deze modellen eisen naast de winddata verder nog input van de topografische gegevens, de ruweheidsgegevens en de posities van eventuele obstakels in de buurt van de meetmast.

Met het algemeen windklimaat (windatlas) kan op een inverse manier een gemiddeld windklimaat berekend worden per richtingssector op een willekeurige andere locatie op willekeurige hoogte, op voorwaarde dat van deze nieuwe locatie de topografische gegevens, de ruweheden en de obstakels in de omgeving van deze nieuwe locatie gekend zijn.

Het WASP® programma is sinds zijn release een standaard geworden binnen de industrie voor windresource berekeningen en het voorspellen van de gemiddelde jaarlijkse productie van windturbines. WASP® wordt in meer dan 65 landen gebruikt.

WASP® heeft bewezen betrouwbaar te zijn voor niet al te complexe terreinen (cfr. Vlaanderen).

WASP® versie 4.1 is een DOS programma, waardoor de geheugenreservatie vrij beperkt is, te beperkt. Daarom is recent de laatste versie, WASP 6.0, aangeschaft, welke onder Windows 95/98/NT draait en bijgevolg gebruik kan maken van een groter beschikbaar geheugen.

## 2.3 METHODOLOGIE

### 2.3.1 OROGRAFISCHE KAART

De hoogtekartaat wordt geconstrueerd op basis van de DTM bestanden. Echter, het ASCII formaat van deze DTM files zijn niet het gewenste formaat van de WASP® map files: de grid spatie in x en y richting van de DTM bestanden zijn niet gelijk en niet constant, de x-as ligt niet horizontaal volgens de oostrichting, noch de y-as verticaal naar het noorden.

Daartoe is een Access database aangemaakt waarin de DTM bestanden één voor één worden getransformeerd naar het juiste formaat. Via een query en pivottabel worden de originele DTM bestanden getransformeerd naar een Excel tabel met regelmatig grid ( $\Delta x = \Delta y$ ) waarbij de x-as horizontaal in oostelijke richting en de y-as verticaal in noordelijke richting gelegen zijn.

Via het programma GRD2MAP van de WASP Utility disk wordt de corresponderende map file voor WASP® gevormd.

Het opmaken van de orografische kaart van Vlaanderen is opgesplitst in 51 deelbestanden conform de originele DTM bestanden, met een gemiddelde oppervlakte van ongeveer 500 km<sup>2</sup> per deelbestand. De verticale spacing van elk deelbestand is gerelateerd aan het totaal hoogteverschil over dit deelbestand. 28 deelbestanden zijn gevormd met een verticale spacing van 1.0 m; 20 deelbestanden met 2.5 m spacing; 2 met 5.0 m spacing; en 1 met een spacing van 10.0 m. Als referentieniveau voor de hoogtelijnen is het zelfde referentieniveau als voor de originele DTM bestanden gebruikt, t.z. het gemiddeld laagwaterniveau te Oostende. De WASP conforme hoogtelijnen zijn opgemaakt volgens de Lambert projectie methode.

### 2.3.2 RUWHEIDSKAART

Ruwheidskaarten voor de uiteindelijke berekeningen in WASP worden voor Vlaanderen gecreëerd vertrekkende van de ortho-fotokaarten.

Deze ortho-fotokaarten zijn echter rasterbestanden en bevatten dus geen enkele vectoriële informatie. Vandaar dat de digitalisatie van de ruwheidskaart op basis van deze orthofotokaarten voor Vlaanderen volledig manueel is gebeurd. Per kaartblad, ingedeeld volgens de originele ortho-fotokaarten, is een WASP® -compatibele ruwheidskaart gecreëerd.

Aan het definiëren van de juiste ruwheidslengte aan een gebied van een bepaald type werd een uitvoerige literatuurstudie gewijd. We vermelden hier onder andere de vakliteratuur van het RisO, de handleidingen WindPro en WASP®, papers en gesprekken naar aanleiding van de conferentie in Nice. De meeste informatie werd gehaald uit het boek “Windklimaat van Nederland” van J. Wieringha en P.J. Rijkooft, waarin uitvoerig over dit thema wordt uitgewijd. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de ruwheidsklassen die zijn gedefinieerd en aangewend voor de aanmaak van de ruwheidskaart van Vlaanderen en omstreken.

**Tabel 1 Gedefinieerde ruwheidsklassen**

Ruwheids-klasse	Ruwheids-lengte [m]	Beschrijving
1 zee	0.0002	Open zee of plas, met een vrije strijlengte van minstens 1 km.
2 glad	0.005	Landopp zonder merkbare obstakels of begroeiing, bijv strand, ijsvlakte, sneeuwlandschap zonder bomen
3 open	0.03	Vlak land met alleen oppervlakkige begroeiing (gras) en soms geringe obstakels, bijv. startbanen, weideland, braakliggend bouwland.
4 ruwweg open	0.1	Bouwland met regelmatig laag gewas, of weideland met sloten die minder dan 20 slootbreedten van elkaar liggen. Verspreide obstakels (lage heggen, enkelvoudige kale bomen, alleenstaande boerderijen) kunnen voorkomen op onderlinge afstanden van minstens 20x hun eigen hoogte.
5 ruw	0.25	Bouwland met afwisselend hoge en lage gewassen. Grote obstakels (rijen bomen, lage boomgaarden) met onderlinge afstanden van ong 15x hun hoogte. Wijngaarden, maïsvelden enz.
6 zeer ruw	0.5	Obstakelgroepen (grote boerenhofsteden, stukken bos)

		gescheiden door open ruimten van ong 10x de typische obstakelhoogte. Voorts verspreid struikgewas, jong dicht opeen gepland bos en boomgaardgebieden.
7 gesloten	1.0	Bodem regelmatig en volledig bedekt met vrij grote obstakels, met tussengelegen ruimten niet groter dan een paar obstakelhoogten, bijv grote bossen, laagbouw in dorpen en kleine steden
8 stadskern	2.0	Centrum van grote stad met afwisselend laag- en hoogbouw. Ook bossen met grote oude bomen en veel onregelmatige open plekken.

Voor onze aanpalende buurlanden en gewesten (Wallonië, Nederland en Duitsland) en de ontbrekende kaarten in Vlaanderen (kaartbladen 25, 26, 33, 34 in Limburg) is gebruik gemaakt van de CD-Rom “*De Benelux op meer dan 100 haarscherpe satellietbeelden*” van EOS magazine.

De Ruwheidskaart van het noorden van Frankrijk is gedigitaliseerd aan de hand van ingescande Michelin kaarten.

De individuele ruwheidskaarten van de afzonderlijke kaartbladen en regio’s is samengesteld tot één grote kaart die het volledige Vlaamse landsgedeelte bedekt met voldoende overlapping over de grenzen heen. Dit is nodig voor de berekeningen van het windaanbod en het juiste windsnelheidsprofiel.

### 2.3.3 OBSTAKELS

Voor het Windplan is het onmogelijk op elke site de obstakels van deze site in rekening te brengen. Obstakels worden dus bij de globale windaanbodberekeningen niet in rekening gebracht. De obstakels moeten echter wel in rekening worden gebracht bij het ontwikkelen van projecten binnen een zoekgebied.

### 2.3.4 METEO

Om tot een gedetailleerde windkaart van Vlaanderen te komen is het absoluut noodzakelijk om over voldoende betrouwbare en langdurige meetgegevens aangaande windsnelheid en windrichting te beschikken op zoveel mogelijk verschillende locaties. Deze meetgegevens dienen dan allereerst in de WAsP applicatie te worden ontkoppeld van hun terreïnvloeden (hoogtelijnen, ruwheid en obstakels) om verticaal geëxtrapoleerd te worden naar grotere hoogte. Deze zogenaamde “windatlas” kan dan gebruikt worden om een tweede (neerwaartse) extrapolatie uit te voeren naar een andere locatie via de WAsP code.

We beschikken over de windatlassen die in de Europese Wind Atlas staan vermeld. Voor België betreft dit vijf stations: Middelkerke, Melsbroek, Saint Hubert, Spa en Florennes. Op Vlaams grondgebied blijven daar dus nog twee van over. Uit de Europese Wind Atlas halen we tevens windatlassen van locaties in de buurlanden die niet al te ver van de grens gelegen zijn: Eindhoven (NL); Düsseldorf (D) en Cambrai (Fr).

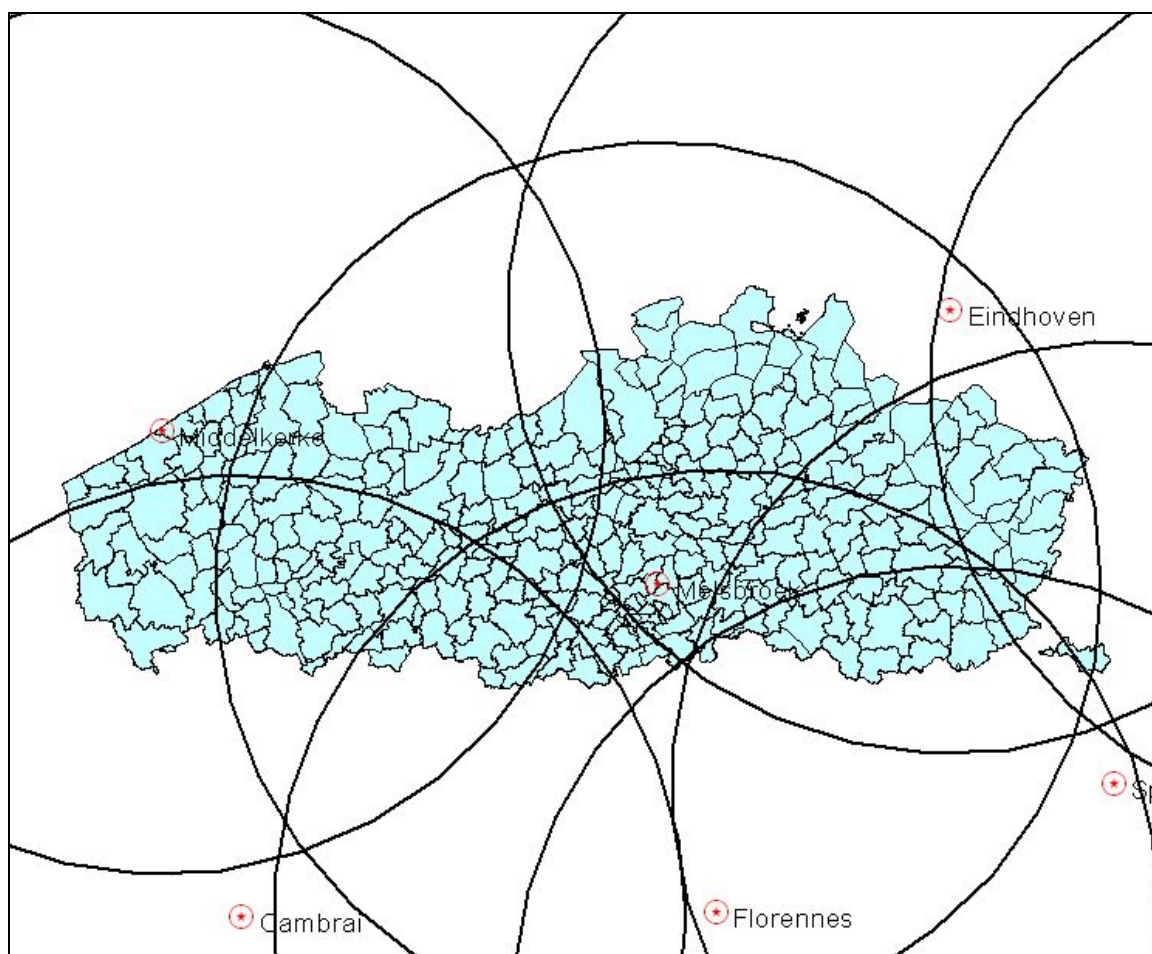
**Tabel 2 Geselecteerde windatlassen van de Europese Windatlas**

Lambert x	Lambert y	z	Land	Meetstation	Bron	Meethoogte
169985	102528	280	België	Florennes	Europese Windatlas	6.40
156806	176656	36	België	Melsbroek	Europese Windatlas	10.70
44924	211090	4	België	Middelkerke	Europese Windatlas	12.70
223805	80757	556	België	Saint Hubert	Europese Windatlas	10.90
259775	131446	573	België	Spa	Europese Windatlas	10.90
318343	222040	37	Duitsland	Düsseldorf	Europese Windatlas	10.20
62932	101350	77	Frankrijk	Cambrai	Europese Windatlas	10.60
222774	238360	20	Nederland	Eindhoven	Europese Windatlas	10.00
			Nederland	Schiphol	Europese Windatlas	

De bedoeling is dat in elk te berekenen punt meer dan één windatlas wordt gebruikt. Voor elk punt worden de windatlassen van de bovenstaande tabel meegerekend die binnen een straal van 100 km van dit punt gelegen zijn. De meetstations die hieraan voldoen krijgen vervolgens een gewicht mee omgekeerd evenredig met hun afstand tot het te berekenen punt.

Op de volgende kaart zien we welke meetstations dan op welke plaats in rekening worden gebracht.

**Figuur 1 Selectie van de meetstations voor elk te berekenen rasterpunt**



We merken dat bijna gans het oppervlak van Vlaanderen op deze wijze door ten minste twee meetstations bedekt wordt. Enkel de kuststreek wordt door het meetstation Middelkerke omsloten.

In een later stadium zullen de resultaten van de berekeningen aan de hand van de bovenstaande meetstations worden getoetst worden aan andere winddata (zie verder).

## 2.4 BEREKENING WINDPOTENTIEEL

De berekeningen van de windkaart worden uitgevoerd op twee ashoogtes: 50 m en 75 m met behulp van WindPro. De berekeningen worden uitgevoerd op een regelmatig grid van 200 m bij 200 m.

Alle relevante data zijn berekend: windsnelheid en energiedichtheid, Weibull A en k factoren, specifieke energiedichtheid. De specifieke energiedichtheid geeft aan hoeveel energie per vierkante meter rotoroppervlakte kan gehaald worden op een bepaalde site. Dit cijfer zal later aangewend worden voor de economische analyse (zie verder).. De specifieke energiedichtheid wordt uitgedrukt in [kWh/m<sup>2</sup>/jr]. De specifieke energieopbrengst is berekend voor twee fictieve turbines: 600 kW en 1500 kW.

## 2.5 OPPERVLAKTEBEREKENINGEN

Per provincie is de totale oppervlakte berekend die tot een bepaalde energieklassen (specifieke energiedichtheid op 75 m ashoogte) hoort.

**Tabel 3 Totale oppervlakte per energieklassen per provincie**

Spec Energie-dichtheid [kWh/m <sup>2</sup> /jr]	WVL [km <sup>2</sup> ]	OVL [km <sup>2</sup> ]	BRA [km <sup>2</sup> ]	LIM [km <sup>2</sup> ]	ANT [km <sup>2</sup> ]
200	0.1	0.1	0.2	0.0	0.0
300	0.6	0.6	1.9	15.6	0.8
400	1.9	8.7	208.3	559.8	223.2
500	12.2	170.4	791.7	1318.7	1249.0
600	225.4	1255.1	867.2	407.9	883.3
700	505.9	1051.7	179.3	81.8	405.4
800	324.3	397.5	36.2	15.9	61.1
900	483.3	83.8	9.3	8.6	19.0
1000	536.3	12.6	10.6	14.1	23.7
1100	532.5	10.4	8.8	3.2	5.5
1200	398.0	10.0	4.5	1.4	1.9
1300	101.5	2.9	0.0	0.0	0.0
1400	23.3	3.0	0.0	0.0	0.0
1500	6.5	0.2	0.0	0.0	0.0
1600	5.0	0.1	0.0	0.0	0.0
<b>totale opp [km<sup>2</sup>]</b>	<b>3168</b>	<b>3008</b>	<b>2118</b>	<b>2427</b>	<b>2877</b>

## 2.6 VALIDATIE

De windkaarten op 50m en 75m zijn opgemaakt op basis van de meetstations van de Europese Windatlas en zijn gevalideerd met de meetstations van het KMI en de eigen meetstations, alsook aan de hand van gekende opbrengsten van reeds operationele windturbines.

### 2.6.1 MEETSTATIONS VAN HET KONINKLIJK METEOROLOGISCH INSTITUUT

Bij het KMI zijn alle beschikbare meetstations op het Vlaamse grondgebied opgevraagd. Van volgende meetstations zijn meer specifiek data ontvangen::

**Tabel 4 Beschikbare KMI data voor Vlaamse meteostations**

N° meetstation	Meetstation	Periode
400	Koksijde	85-96
407	Middelkerke	86-96
408	Oostende stak	86-96
428	Munte	85-96
431	Gent	85-96
447	Ukkel	85-96
450	Deume	85-96
451	Zaventem	85-96
458	Bevekom	85-96
470	Brustem	85-96
479	Kleine Brogel	85-96
481	Genk	85-96

Tevens is van de meetstations in het Waalse gewest data opgevraagd.

**Tabel 5 Beschikbare KMI data voor Waalse meteostations**

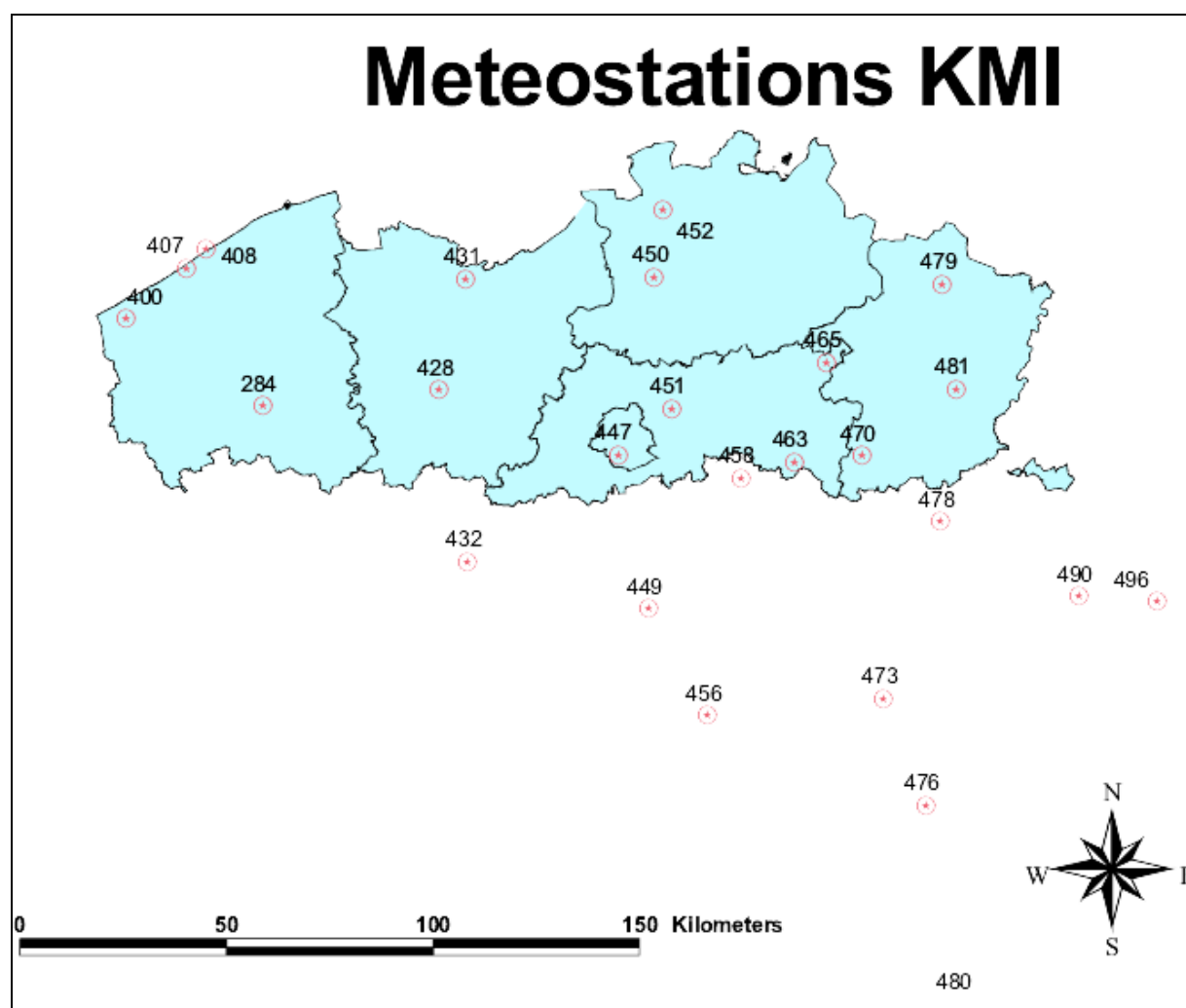
N° meetstation	Meetstation	Periode
432	Chièvres	85-96
449	Gosselies	85-96
456	Florennes	85-96
476	Saint-Hubert	85-96
478	Bierset	85-96
490	Spa	85-96
496	Elsenborn	85-96

Van volgende meetstations is geen data geleverd door het KMI.

**Tabel 6 Onbeschikbare KMI data**

N° meetstation	Meetstation	Periode
452	Brasschaat	
463	Goetsenhoven	
465	Schaffen	
473	Sinsin	
480	Virton	

**Figuur 2 Ligging van de meteostations van het KMI**



De data zijn in de vorm van een frequentietabel opgesteld en ons toegestuurd op papier. Elektronische data worden door het KMI enkel tegen betaling ter beschikking gesteld, wat niet binnen het budget van deze studie past. Het probleem van de frequentietabel op papier is de nauwkeurigheid: slechts 1 cijfer na de komma is niet voldoende om een nauwkeurige frequentietabel op te stellen. Meteen wordt duidelijk dat met deze frequentietabellen weinig kan aangevangen worden.

De door het KMI geregistreerde gemiddelde windsnelheid op meethoogte is nagerekend met de data van het Windplan. Volgende tabel illustreert het resultaat.

**Tabel 7 Afwijking van de berekende gemiddelde windsnelheid t.o.v. de door het KMI geregistreeerde gemiddelde windsnelheid**

N°	Meetstation	Afwijking van berekende gem windsnelheid t.o.v. geregistreeerde gem windsnelheid
400	Koksijde	-10.07%
407	Middelkerke	-3.89%
408	Oostende Stak	-3.13%
428	Munte	1.30%
431	Gent	-6.49%
447	Ukkel	9.80%
450	Deurne	-17.95%
451	Zaventem	-8.15%
452	Braschaat	NA
458	Bevekom	-9.77%
463	Goetsenhoven	NA
465	Schaffen	NA
470	Brustem/St Truiden	-21.40%
479	Kleine Brogel	-1.47%
481	Genk	-9.36%

De gemiddelde absolute afwijking bedraagt 10.3%, het totaal gemiddelde bedraagt -8.2%. De berekende windsnelheid a.h.v. de data van het Windplan is m.a.w. lager dan hetgeen het KMI registreert.

Na verder onderzoek van de meetstations van het KMI, dienen de meetstations Genk (481) en Gent (Zelzate) (431) te verworpen worden daar de anemometers van deze stations gestoord opgesteld staan (Ford fabriek, resp. Sidmar). Ook de meetstations van Ukkel (447), Kleine Brogel (479) en Munte (418) dienen om dezelfde reden verworpen te worden. Het nieuwe resultaat is een afwijking van -13.23%.

Volgende besluiten kunnen na deze verificatiestudie genomen worden:

- 1 De door het KMI afgeleverde frequentietabellen zijn niet voldoende gedetailleerd om nauwkeurige berekeningen mee uit te voeren.
- 2 De metingen van het KMI gebeuren op te lage hoogte (gem 10 m) om voorspelling mee uit te voeren naar grotere hoogte
- 3 De ruwheidskaart van Vlaanderen is de laatste 20 jaar enorm veranderd door het volbouwen van het Vlaamse landschap. Hierdoor kunnen metingen van meer dan 10 jaar geleden niet meer nagecheckt worden m.b.v. berekeningen.

## 2.6.2 DE WESTHINDER<sup>2</sup>

Van de Westhinder beschikt de V.U.B. over offshore-data over de periode 1994-1999. Met deze data is een windatlas geconstrueerd. Berekeningen zijn uitgevoerd om deze windatlas te toetsen aan de berekeningen bekomen met windatlas Middelkerke.

**Tabel 8 Resultaten van de metingen op de Westhinder**

<b>Locatie</b>	Westhinder
<b>Coördinaten (Lambert)</b>	(15753,232169)
<b>Meetperiode</b>	30/3/94 tot 31/12/99
<b>Meethoogte (m)</b>	25
<b>Aantal metingen</b>	280910
<b>Beschikbaarheid</b>	
<b>Gemeten gemiddelde windsnelheid (m/s)</b>	8.45
<b>Weibull A</b>	9.56
<b>Weibull k</b>	2.16
<b>Gemiddelde energiedichtheid (W/m<sup>2</sup>)</b>	658

Met de geregistreerde data van de Westhinder is een windatlas gemaakt. Met deze windatlas wordt op de locatie van meteostation Middelkerke een aantal controleberekeningen gedaan. Er wordt op de locatie van het meetstation met windatlas Westhinder en windatlas Middelkerke gerekend op verschillende hoogtes (12.7, 50 en 75 m) en de resultaten worden vergeleken.

Het resultaat is vrij goed. Wanneer we de windatlas van de Westhinder gebruiken om meetstation Middelkerke te voorspellen bemerken we een afwijking op lage hoogte maar op grotere hoogte (50 en 75m) daalt de afwijking tot minder dan 1.2% voor de gem. snelheid en tot 3.5% voor de energiedichtheid. In absolute waarden betekent dit voor de gemiddelde windsnelheid een afwijking van iets minder dan 0.1 m/s en voor de energiedichtheid een afwijking van minder dan 15 W/m<sup>2</sup>. Westhinder bekomt iets hogere resultaten dan Middelkerke.

Tenslotte gebruiken we de windatlas van de Westhinder en die van Middelkerke van de Europese Windatlas om op een aantal willekeurige punten controleberekeningen uit te voeren. De conclusie hiervan is dat de windatlas van Westhinder steeds hetzelfde windprofiel geeft als windatlas van Middelkerke. De absolute fout bedraagt 0.1 à 0.3 m/s. Westhinder voorspelt steeds een iets hogere windsnelheid dan Middelkerke. Van Middelkerke is gekend dat deze de gemiddelde windsnelheid laag inschat !

Algemene conclusie: Westhinder is een betrouwbare windatlas om berekeningen mee uit te voeren.

---

<sup>2</sup> Data afkomstig van het meetnet voor de Vlaamse kust

## 2.7 KOSTPRIJS IN FUNCTIE VAN HET WINDAANBOD

De kostprijs van de geleverde energie is afhankelijk van volgende factoren:

- Het windaanbod op de locatie;
- De investeringskosten: projectvoorbereiding, machine, fundering, netaansluiting, installatiekosten, ontmantelingskosten;
- De werkingskosten: verzekeringen, grondrechten, onderhoud.

### 2.7.1 HET WINDAANBOD

Voor de kostprijsanalyse werd uitgegaan van de specifieke energie kaart voor Vlaanderen. Deze specifieke energiekartaart werd opgemaakt voor een 1500 kW machine. De kostprijskaart werd bijgevolg berekend voor dezelfde turbine en op basis van de specifieke energiekartaart

### 2.7.2 DE INVESTERINGSKOSTEN

Voor het bepalen van de investeringskosten werd uitgegaan van een aantal gekende projecten in het binnen en buitenland.

De kosten van de investering werden omgerekend naar kostprijs per vierkante meter rotoroppervlak. Volgende elementen zijn hier in meegerekend:

- Kostprijs van de turbine;
- Kostprijs van de fundering;
- Kostprijs oprichting en transport;
- Kostprijs van de netaansluiting (de netaansluiting bedraagt 10% van machine en funderingskost).

De kostprijs per vierkante meter rotoroppervlakte werd bepaald voor twee turbinegroottes namelijk 600 en 1800 kW.

- Voor een 600 kW bedraagt de gemiddelde investeringskost 16500 BEF/m<sup>2</sup>.
- Voor een 1500 kW bedraagt de gemiddelde investeringskost 19000 BEF/m<sup>2</sup>.

### 2.7.3 WERKINGSKOSTEN

De werkingskosten worden onderverdeeld in onderhoudskosten en diverse kosten zoals grondrechten en verzekeringen.

In onderstaande tabel worden de bedragen voor de twee turbinetypes weergegeven.

Turbinetype	600 kW	1500 kW
Onderhoud in % van de initiële investering:jaar	2%	2%
Verhoging van 10 % per jaar na 10 jaar werking		
Grondrechten en andere kosten	500000	1000000

### 2.7.4 RANDVOORWAARDEN

De kostprijsberekening werd uitgevoerd voor een volgende randvoorwaarden:

- Levensduur van de turbine 20 jaar
- Intrestvoet 6 %
- Duur van de lening 15 jaar

De resultaten van de berekening voor 75 m en voor de 1500 kW turbine worden weergegeven in de overzichtskaart. De kostprijs varieert van 1.82 Bf/kWh voor gebieden met een specifieke energie van 1200 kWh/m<sup>2</sup>/jr. tot 3.60 Bf/kWh voor gebieden met een specifieke energie van 600 kWh/m<sup>2</sup>/jr. Er mag uitgegaan worden van de veronderstelling dat in de huidige situatie geen windturbines worden geplaatst in gebieden met een nog lagere opbrengst.

## 2.8 TOTALE ANALYSE

Door de technische kaarten in overlay te brengen met de ruimtelijke kaarten wordt duidelijk welke gebieden zowel technisch als planologisch geschikt zijn. In de hierna volgende tabellen is per provincie en per klasse volgens de zonerings van de gewestplannen, de beschikbare oppervlakte behorende tot een bepaalde energieklassse [kWh/m<sup>2</sup>/jr] weergegeven, voor 75 m ashoogte.

In de tabellen is tevens een kolom bijgevoegd met een overéénkomend aantal vollasturen per energieklassse volgens de basisregel dat het geïnstalleerd vermogen van een windturbine gemiddeld 400 W/m<sup>2</sup> rotoroppervlak bedraagt.

**Tabel 9 Beschikbare oppervlakte in West-Vlaanderen per klasse**

SpecE [kWh/m <sup>2</sup> /jr]	Vollasturen [uur]	Klasse 1 [km <sup>2</sup> ]	Klasse 2 [km <sup>2</sup> ]	Klasse 3 [km <sup>2</sup> ]
0	0	0.0	0.0	0.0
100	250	0.0	0.0	0.0
200	500	0.0	0.0	0.0
300	750	0.0	0.0	0.0
400	1000	0.0	0.0	0.0
500	1250	0.0	0.2	0.0
600	1500	0.3	0.4	0.4
700	1750	15.5	42.3	19.2
800	2000	19.5	123.4	52.4
900	2250	10.7	93.3	56.6
1000	2500	19.7	130.4	128.1
1100	2750	13.0	135.9	149.4
1200	3000	10.3	112.8	215.4
1300	3250	18.2	41.1	221.0
1400	3500	4.3	12.3	13.7
1500	3750	1.1	0.9	0.1
1600	4000	0.0	0.0	0.0
1700	4250	0.2	0.0	0.0
1800	4500	0.0	0.0	0.0
1900	4750	0.0	0.0	0.0
2000	5000	0.0	0.0	0.0
<b>Totaal</b>		<b>113</b>	<b>693</b>	<b>856</b>

**Tabel 10 Beschikbare oppervlakte in Oost-Vlaanderen per klasse**

<b>SpecE [kWh/m<sup>2</sup>/jr]</b>	<b>Vollasturen [uur]</b>	<b>Klasse 1 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 2 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 3 [km<sup>2</sup>]</b>
0	0	0.0	0.0	0.0
100	250	0.0	0.0	0.0
200	500	0.0	0.0	0.0
300	750	0.0	0.0	0.0
400	1000	0.0	0.0	0.0
500	1250	0.2	0.0	0.1
600	1500	6.0	1.8	4.5
700	1750	42.9	152.9	121.9
800	2000	49.6	250.7	139.8
900	2250	6.3	81.4	65.4
1000	2500	1.4	13.7	12.7
1100	2750	0.3	0.6	1.9
1200	3000	0.4	0.2	0.8
1300	3250	0.2	1.0	0.9
1400	3500	0.1	0.1	0.0
1500	3750	0.0	0.0	0.0
1600	4000	0.0	0.0	0.0
1700	4250	0.0	0.0	0.0
1800	4500	0.0	0.0	0.0
1900	4750	0.0	0.0	0.0
2000	5000	0.0	0.0	0.0
<b>Totaal</b>		<b>107</b>	<b>502</b>	<b>348</b>

**Tabel 11 Beschikbare oppervlakte in Antwerpen per klasse**

<b>SpecE [kWh/m<sup>2</sup>/jr]</b>	<b>Vollasturen [uur]</b>	<b>Klasse 1 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 2 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 3 [km<sup>2</sup>]</b>
0	0	0.0	0.0	0.0
100	250	0.0	0.0	0.0
200	500	0.0	0.0	0.0
300	750	0.0	0.0	0.0
400	1000	0.0	0.1	0.0
500	1250	8.2	18.2	11.7
600	1500	51.8	147.9	63.3
700	1750	42.1	124.7	64.4
800	2000	40.0	78.4	52.9
900	2250	4.4	14.7	5.8
1000	2500	1.5	1.2	1.0
1100	2750	0.4	3.9	0.7
1200	3000	0.1	0.2	0.3
1300	3250	0.0	0.2	0.5
1400	3500	0.0	0.0	0.0
1500	3750	0.0	0.0	0.0
1600	4000	0.0	0.0	0.0
1700	4250	0.0	0.0	0.0
1800	4500	0.0	0.0	0.0
1900	4750	0.0	0.0	0.0
2000	5000	0.0	0.0	0.0
<b>Totaal</b>		<b>148</b>	<b>389</b>	<b>201</b>

**Tabel 12 Beschikbare oppervlakte in Vlaams-Brabant per klasse**

<b>SpecE [kWh/m<sup>2</sup>/jr]</b>	<b>Vollasturen [uur]</b>	<b>Klasse 1 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 2 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 3 [km<sup>2</sup>]</b>
0	0	0.0	0.0	0.0
100	250	0.0	0.0	0.0
200	500	0.0	0.0	0.0
300	750	0.1	0.0	0.0
400	1000	0.1	0.0	0.0
500	1250	3.4	5.4	29.6
600	1500	20.9	53.9	41.7
700	1750	19.3	171.4	83.5
800	2000	1.0	51.6	21.8
900	2250	0.3	7.2	3.4
1000	2500	0.1	0.5	0.5
1100	2750	0.2	0.4	0.2
1200	3000	0.1	0.3	0.0
1300	3250	0.0	0.0	0.0
1400	3500	0.0	0.0	0.0
1500	3750	0.0	0.0	0.0
1600	4000	0.0	0.0	0.0
1700	4250	0.0	0.0	0.0
1800	4500	0.0	0.0	0.0
1900	4750	0.0	0.0	0.0
2000	5000	0.0	0.0	0.0
<b>Totaal</b>		<b>46</b>	<b>291</b>	<b>181</b>

**Tabel 13 Beschikbare oppervlakte in Limburg per klasse**

<b>SpecE [kWh/m<sup>2</sup>/jr]</b>	<b>Vollasturen [uur]</b>	<b>Klasse 1 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 2 [km<sup>2</sup>]</b>	<b>Klasse 3 [km<sup>2</sup>]</b>
0	0	0.0	0.0	0.0
100	250	0.0	0.0	0.0
200	500	0.0	0.0	0.0
300	750	0.0	0.0	0.0
400	1000	0.1	0.1	0.3
500	1250	26.1	15.8	15.9
600	1500	38.8	109.7	68.1
700	1750	7.8	87.7	23.8
800	2000	0.8	23.0	6.2
900	2250	0.4	0.2	1.9
1000	2500	0.0	0.1	0.2
1100	2750	0.1	0.9	1.8
1200	3000	0.1	0.4	0.2
1300	3250	0.0	0.1	0.1
1400	3500	0.0	0.0	0.0
1500	3750	0.0	0.0	0.0
1600	4000	0.0	0.0	0.0
1700	4250	0.0	0.0	0.0
1800	4500	0.0	0.0	0.0
1900	4750	0.0	0.0	0.0
2000	5000	0.0	0.0	0.0
<b>Totaal</b>		<b>74</b>	<b>238</b>	<b>119</b>

---

## **DEEL 3: BESLUITEN EN AANBEVELINGEN**

---

### **3.1 RUIMTELIJKE ANALYSE**

Op basis van de beschikbare ruimtelijke informatie werd een analyse van het grondgebied uitgevoerd. Het grondgebied werd verdeeld in vier klassen. Klasse 0 kan worden beschouwd als zijnde harde uitsluitingen. De oppervlakte van Klasse 0 bedraagt 67.7% van het totale Vlaamse grondgebied. Dit aandeel kan nog groter worden door locale beperkingen, alleenstaande huizen, enz. 3.7% van de oppervlakte van Vlaanderen valt onder klasse 1, de gebieden die vanuit het bestaande wettelijk kader het gemakkelijkst kunnen vergund worden. Deze klasse bevat vooral industrie gebieden en zones voor openbaar nut. Klasse 2 heeft een aandeel van 15.9% van het Vlaamse grondgebied, klasse 2 bevat voornamelijk landbouwgebieden die omwille van het open karakter zeer goed geschikt zijn. Landschappelijk waardevol agrarisch gebied valt onder klasse 3 die 12.8% van de oppervlakte vertegenwoordigt. In West-Vlaanderen neemt deze klasse 27% van de provincie in beslag.

### **3.2 HET WINDAANBOD**

Uitgaande van de referentiestations in de Europese windatlas, eigen metingen en productieopbrengsten van windmolens of windparken werd het windaanbod in Vlaanderen berekend. De windsnelheden en voorkomingsfrequentie werden omgerekend naar de specifieke energie of de opbrengst per vierkante meter rotoroppervlakte voor een bepaalde locatie.

### **3.3 DE KOSTPRIJS VAN DE GELEVERDE ENERGIE**

De belangrijkste factor voor de kostprijsberekening is de windsnelheid en dus opbrengst op de locatie. De specifieke energie wordt dus als basis gebruikt voor de kostprijsberekening. De kosten worden voornamelijk bepaald door investeringskosten (16500 Bf/m<sup>2</sup> tot 19000 Bf/m<sup>2</sup> per vierkante meter rotoroppervlak), onderhoudskosten (2% per jaar van de initiële investering voor de eerste 10 jaar en stijgend met 10% vanaf het elfde jaar) en diversen zoals opstelrechten en verzekeringen (500000 Bf/jr voor een 600kW en 1000000 Bf/jr voor een 1500kW). Op basis van deze gegevens en een levensduur van 20 jaar van de turbine en een interestvoet van 6% werd een kostprijs berekend voor de geleverde energie en dit voor het volledige grondgebied.

Afhankelijk van de locatie varieert de kostprijs van 1.82 Bf/kWh voor gebieden met een specifieke energie van 1200 kWh/m<sup>2</sup>/jr tot 3.60 Bf/kWh voor gebieden met een specifieke energie van 600 kWh/m<sup>2</sup>/jr.

### 3.4 DE OVERZICHTSKAARTEN

Voor de vijf Vlaamse provincies werd een combinatie gemaakt van windaanbod en ruimtelijke kaarten. Deze analyse resulteert per provincie in drie kaarten volgens de drie klassen 1, 2 en 3. De zones worden echter ingekleurd volgens hun specifieke energie op de locatie. Voor de verschillende ruimtelijke klassen werd de bijbehorende oppervlakte berekend onderverdeeld volgens de specifieke energie van de locatie. Deze oefening werd gemaakt voor een specifieke energie op een ashoogte van 75m.

### 3.5 EEN MOGELIJK SCENARIO

Algemeen mag aangenomen worden, rekening houdend met de noodzakelijke tussenafstanden tussen de turbines, dat per km<sup>2</sup> grondoppervlakte ongeveer 8 MW aan windvermogen kan worden geïnstalleerd. Met dit cijfer werd een voorzichtig scenario uitgewerkt gebaseerd op volgende veronderstellingen.

- 5% van de oppervlakte in klasse 1 kan worden ingevuld voor de toepassing van windenergie
- 3% van de oppervlakte in klasse 2 kan worden ingevuld voor de toepassing van windenergie
- 1% van de oppervlakte in klasse 3 kan worden ingevuld voor de toepassing van windenergie

Een belangrijke opmerking hierbij dat deze oppervlakte perfect kan gecombineerd worden met andere functies zoals landbouw, opslagruimte, parking enz. Het werkelijk landgebruik per turbine is beperkt tot de funderingssokkel en de eventuele toegangswegen voor plaatsing en oprichting en bedraagt ongeveer 0.5% van deze oppervlakte.

De uitwerking ervan wordt weergegeven in onderstaande tabel 14

**Tabel 14: verdeling van de geleverde energie per provincie**

		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Totaal
		5%	3%	1%	
WVL	km	5.65	20.79	8.56	35
	MW	45.2	166.32	68.48	280
	MWh/jr	114290	419934	192818	<b>727042</b>
OVL	km	5.35	15.06	3.48	23.89
	MW	42.8	120.48	27.84	191.12
	MWh/jr	81690	238782	55140	<b>375612</b>
ANT	km	7.4	11.67	2.01	21.08
	MW	59.2	93.36	16.08	168.64
	MWh/jr	102670	160266	27846	<b>290782</b>
BRA	km	2.3	8.73	1.81	12.84
	MW	18.4	69.84	14.48	102.72
	MWh/jr	29330	122448	23898	<b>175676</b>
LIM	km	3.7	7.14	1.19	12.03
	MW	29.6	57.12	9.52	96.24
	MWh/jr	43060	93258	14962	<b>151280</b>

Op basis van dit scenario kan een opbrengst gerealiseerd worden van 1720 392 MWh of 5-6% van de elektriciteitsbehoefte in Vlaanderen. Een groot aandeel van deze productie wordt gerealiseerd in de provincies West-Vlaanderen. (42%) en Oost-Vlaanderen (42%). Voor West-Vlaanderen betekent dit ongeveer 180 turbines uit de 1500kW klasse.

### **3.6 LIJNOPSTELLINGEN VERSUS CLUSTERS**

Vanuit ruimtelijke ordening wordt aangedrongen op lijnopstellingen langs bestaande lineaire structuren, liefst met gelijke geometrische tussenafstanden. Lijnopstellingen lenen zich uiteraard bijzonder goed tot het afbakenen van gebieden en het accentueren van lineaire kenmerken. Ook andere factoren spelen echter een cruciale rol bij het inplanten van turbines. De noodzakelijke afstanden tot bewoning omwille van geluid en slagschaduw kan geometrische afwijkingen noodzakelijk maken. In Landbouwgebieden is het belangrijk rekening te houden met perceelsgrenzen, aanwezige toegangswegen en solitaire woningen binnen het landbouwgebied. Dit maakt het in veel gevallen noodzakelijk dat clusteropstellingen beter aangepast zijn aan de lokale situatie. Het is ook aan te bevelen dat geïsoleerde woningen van derden niet omgeven worden door windturbines. De uiteindelijke layout van het windpark moet vooral worden bepaald in functie van het respecteren van de woonkwaliteit in het betrokken gebied.

### **3.7 GROTE PARKEN VERSUS KLEINSCHALIGE PROJECTEN**

De open ruimte in Vlaanderen is beperkt en zelfs in de buitengebieden vinden we veel woningen. Dit maakt de realisatie van grote parken (>20MW) in Vlaanderen zeer moeilijk. Een beperkt aantal mogelijkheden kunnen gevonden worden in grootschalige industrieterreinen of havengebieden. Het belang van kleinere projecten mag echter niet uit het oog verloren worden. Het ruimtegebruik is meestal beperkt omdat ze ontwikkeld kunnen worden gebruik makend van lokale opportuniteiten. Belangrijker dan de schaal van het project is het informeren van belanghebbenden en het creëren van een maatschappelijk draagvlak, alleen dan kan windenergie zich voluit ontwikkelen in Vlaanderen.