

# Ruimtelijke sleutels voor een robuuster elektriciteitsnet in de Vlaamse context

Dieter Van den Saffele

Promotor: prof. Michiel Dehaene  
Begeleider: ir.-arch. Dieter Bruggeman

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van  
Master of Science in de stedenbouw en de ruimtelijke planning

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw  
Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur  
Academiejaar 2014-2015





# Ruimtelijke sleutels voor een robuuster elektriciteitsnet in de Vlaamse context

Dieter Van den Saffele

Promotor: prof. Michiel Dehaene  
Begeleider: ir.-arch. Dieter Bruggeman

Masterproef ingediend tot het behalen van de academische graad van  
Master of Science in de stedenbouw en de ruimtelijke planning

Vakgroep Architectuur en Stedenbouw  
Voorzitter: prof. dr. ir. Arnold Janssens  
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur  
Academiejaar 2014-2015





Toelating tot bruikleen:

De auteur geeft de toelating deze masterproef voor consultatie beschikbaar te stellen en delen van de masterproef te kopiëren voor persoonlijk gebruik. Elk ander gebruik valt onder de bepalingen van het auteursrecht, in het bijzonder met betrekking tot de verplichting de bron uitdrukkelijk te vermelden bij het aanhalen van resultaten uit deze masterproef.

10 augustus 2015



## Voorwoord

Voor deze thesis te beginnen wil ik graag nog een aantal mensen bedanken. Als eerste gaat mijn dank uit naar mijn promotor, professor Michiel Dehaene, en begeleider, de heer Dieter Bruggeman. Zij volgden doorheen het jaar de vorderingen van deze thesis op en wanneer ik vragen had, kon ik steeds bij hen terecht.

Ook mijn zus, Kelly, wil ik bedanken voor het nalezen van de thesis.

Tot slot wil ik ook mijn ouders bedanken dat ze mij de kans hebben gegeven om deze studies te doen. Doorheen mijn hele studentencarrière kon ik steeds op hen terugvallen en ze stonden altijd voor mij klaar.

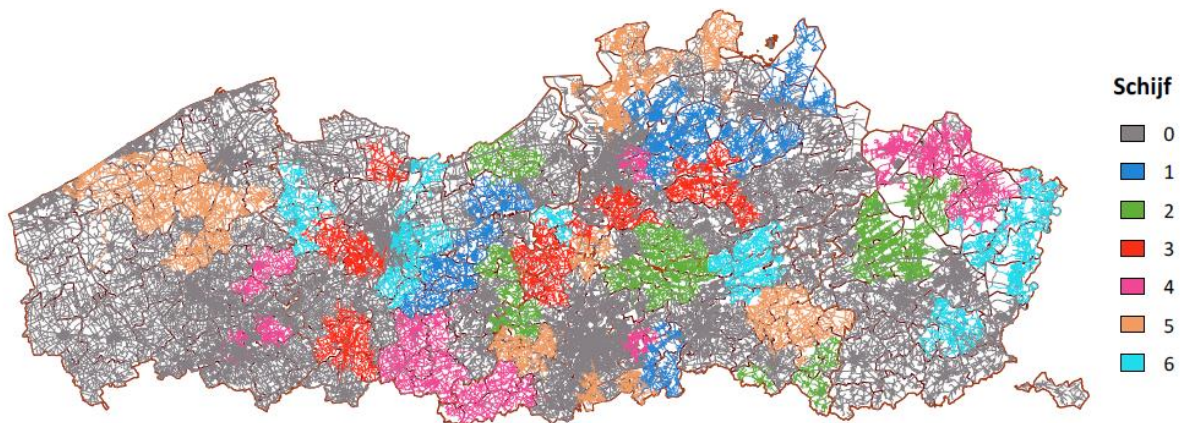




## Extended abstract - Nederlandstalige versie

In 2014 werden drie kerncentrales in België gesloten door technische problemen. Hierdoor kwam de elektriciteitsvoorziening in het gedrang en dit zou voornamelijk tijdens de piekmomenten in de winter een groot probleem kunnen zijn.

De federale regering en hoogspanningsnetbeheerder, Elia, stelden een plan op voor als er zich effectief een stroomtekort zou voordoen. Het zogenaamde 'afschakelplan' houdt in dat grote regio's zouden afgeschakeld worden van het net wanneer er niet voldoende elektriciteit kan geproduceerd worden. Dit zou enorme gevolgen hebben voor de verbruikers in een getroffen regio. Het afschakelplan riep veel vragen op en werd al snel een grote mediahype.



*Het afschakelplan voor Vlaanderen en Brussel*

*6 schijven zouden kunnen afgeschakeld worden van het net (volgorde van 6 naar 1). Schijf 0 kan niet worden afgeschakeld.*

Dit plan laat zien dat het elektriciteitsnet niet robuust is en dat enkele kleine problemen met de kerncentrales al snel kunnen leiden tot grote gevolgen voor het land. De centrale onderzoeksvraag in deze thesis luidt dus ook als volgt:

*“Wat zijn ruimtelijke sleutels om een robuustere energievoorziening in de Vlaamse Nevelstad te kunnen concipiëren?”*

In de thesis worden drie strategieën voorgesteld die potentieel hebben voor een robuuster net.

De eerste strategie is decentrale energie, en meer specifiek wind- en zonne-energie. Deze energiebronnen kunnen overal in het territorium ingeplant worden omdat wind en zon overal aanwezig is. Dit zou kunnen leiden tot een meer lokale elektriciteitsproductie in plaats van centraal zoals dit het geval is voor het hedendaagse elektriciteitsnet. Merk op dat 'overal' in de ruimtelijk context van Vlaanderen moet geplaatst worden. De verspreide verstedelijking die in grote mate aanwezig is in deze regio vormt in veel gevallen een probleem bij de bouw van nieuwe windturbines.

De tweede strategie die voorgesteld wordt is het bufferen van elektriciteit. Het elektriciteitsnet moet op elk moment in evenwicht zijn. Dit betekent dat de productie op elk tijdstip gelijk moet zijn aan de consumptie van elektriciteit. Twee verschillende vormen van buffers worden beschreven in deze thesis: smart grids en de opslag van elektriciteit.

Een smart grid laat toe het elektriciteitsverbruik uit te stellen in de tijd (bijvoorbeeld: de vaatwasser niet nu gebruiken, maar vijf uur later). Op piekmomenten zou dit kunnen leiden tot een lager elektriciteitsverbruik wat uiteindelijk zou kunnen resulteren dat er helemaal geen stroomtekort is.

Opslag van elektriciteit is een andere manier van bufferen en, in deze thesis, werden twee verschillende vormen van elektriciteitsopslag beschreven: vehicle to grid (V2G) en batterijen. V2G houdt in dat elektriciteit wordt opgeslagen in de batterijen van elektrische voertuigen. In het geval van een elektriciteitstekort zou het mogelijk zijn om deze elektrische voertuigen te ontladen zodat het elektriciteitsnet in balans blijft. De andere manier, batterijen, zijn op dit moment nog volop in ontwikkeling en de toekomst moet uitwijzen of dit effectief een geschikte buffer is voor grote hoeveelheden elektriciteit. Elektriciteit kan ook opgeslagen worden door water te transporteren van een lager gelegen gebied naar een hoger gelegen gebied (waterkrachtcentrale), maar de topologische eigenschappen van de Vlaamse regio laten deze vorm van bufferen niet toe.

De derde en laatste strategie is een microgrid. Een microgrid is een kleiner elektriciteitsnet dat, bij een stroompanne, kan losgekoppeld worden van het groter elektriciteitsnet en autonoom kan functioneren. Drie bouwstenen zijn noodzakelijk voor een microgrid: consumenten, productie-eenheden en buffers. Bij een stroomtekort zou het dan mogelijk zijn dat een afgeschakelde schijf toch kan functioneren als een microgrid.

Het laatste deel van deze thesis is een conceptuele oefening op een Vlaamse regio, meer bepaald de regio Klein-Brabant (Bornem en Puurs). Er wordt onderzocht wat een microgrid precies kan betekenen in de Vlaamse context. Deze regio behoort tot schijf zes van het afschakelplan en zou bij een stroomtekort als eerste afgeschakeld worden.

De conceptuele oefening begint met een analyse van de impact van het afschakelplan op de regio. Deze regio bevat twee grote bedrijventerreinen die door het afschakelplan zwaar zouden getroffen worden. Het afschakelplan zou ook een enorme impact hebben op de infrastructuur en in het bijzonder op de spoorweg die dwars door het gebied loopt. Spooroverwegen worden bij een stroompanne automatisch gesloten waardoor deze regio letterlijk in twee zou gedeeld worden. Dit zou tot grote mobiliteitsproblemen leiden met verkeersopstoppingen tot gevolg.

Het is duidelijk dat het afschakelplan geen gewenste oplossing is voor een elektriciteitstekort. Om deze reden werd een microgrid geconceptualiseerd in deze regio. Er is een grote aanwezigheid van elektriciteitsconsumenten in deze regio dus de eerste bouwsteen van een microgrid is geen probleem. Productie-eenheden, de tweede bouwsteen, is op dit moment slechts in kleine mate aanwezig in deze regio. In de thesis werden potentiële inplantingslocaties voor windturbines en zonnepanelen bepaald. Tot slot werden buffermogelijkheden onderzocht om op elk moment een gebalanceerd elektriciteitsnet te behouden.

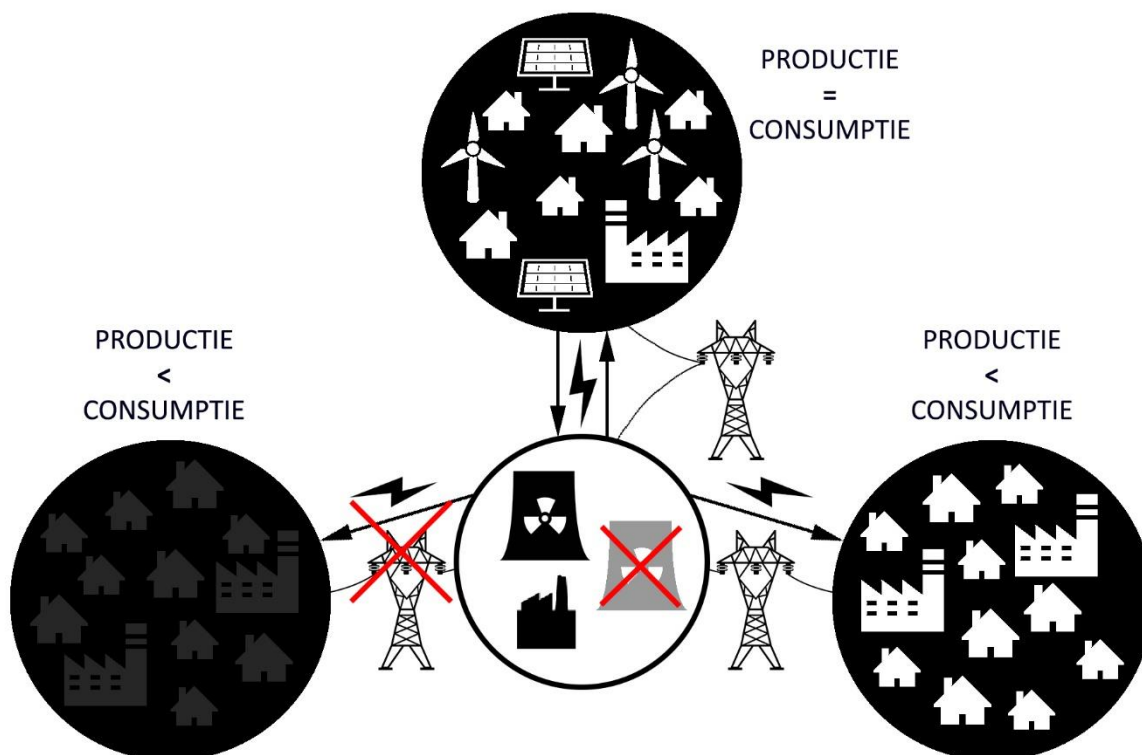
Het laatste deel van de conceptuele oefening is een rekenoefening die onderzoekt of er voldoende kan geproduceerd worden om de verbruikte elektriciteit op te vangen en hoe buffers moeten ingezet worden. Door de grote aanwezigheid van de industriële sector in de regio is het niet mogelijk om voldoende elektriciteit te produceren door middel van wind- en zonne-energie. Een scenario waarbij de industriële verbruikers buiten beschouwing werden gelaten, gaf meer hoopgevende resultaten en

in de meeste gevallen was het mogelijk om voldoende te produceren. Indien dit niet het geval was dan kunnen buffers ingezet worden om het net te balanceren.

Hoe kan deze lokale afstemming tussen productie en consumptie dan leiden tot een robuuster elektriciteitsnet? Het antwoord op deze vraag ligt bij het afschakelplan zelf.

In een regio die afgeschakeld wordt, zullen de verbruikers én de productie-eenheden afgekoppeld worden. Wanneer over een elektriciteitstekort gesproken wordt, is het niet de bedoeling dat productie-eenheden ook afgekoppeld worden. Regio's die evenveel elektriciteit produceren als ze verbruiken hoeven in principe ook niet afgeschakeld te worden want dit zou geen effect hebben op het probleem van een elektriciteitstekort.

De uitdaging is dus om op lokaal niveau de productie zo goed mogelijk af te stemmen op de consumptie. Wanneer dan beslist wordt om een regio af te schakelen, zal de voorkeur gaan naar gebieden waar de consumptie veel groter is dan de productie zodat dit stroomtekort ook effectief kan weggewerkt worden.



*De productie en consumptie van elektriciteit afstemmen op lokaal niveau resulteert in een kleinere kans op afschakeling in het geval van een stroomtekort*

Het 'lokaal' niveau, zoals hier gepresenteerd wordt, heeft betrekking op de schaal van het hoogspanningsnet. Het afschakelplan schakelt gebruikers af door hoogspanningscabines uit te schakelen. Hierdoor worden grote regio's zonder elektriciteit gezet. Afschakeling kan echter nog meer lokaal gebeuren wanneer de technologie dit toelaat. In plaats van grote regio's af te schakelen zou het mogelijk zijn om af te schakelen op de schaal van een individueel huis. De impact van het afschakelplan zou hierdoor sterk verminderen en de zwaar getroffen verbruikers (zoals infrastructuur of industrie) zouden toch voorzien kunnen worden van elektriciteit. Maar zelfs op een meer lokale schaal zouden

het ook de gebruikers zijn die (veel) meer verbruiken dan dat ze produceren die afgeschakeld zullen worden in het geval van een stroomtekort.

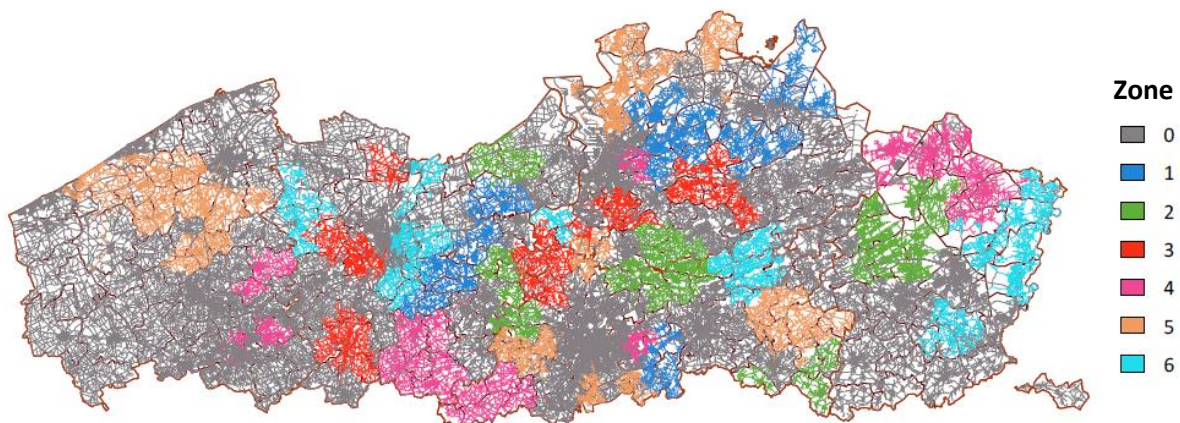
Deze thesis werd geschreven in de periode september 2014 tot augustus 2015. In deze periode is echter weinig vooruitgang geboekt wat betreft het energiebeleid. Het langer openhouden van de kerncentrales blijkt prioriteit te hebben voor de federale regering, maar is dit niet gewoon uitstel van executie? Een nieuwe winter komt eraan en alternatieven zijn nog niet voorhanden. Bovendien zijn er nog steeds problemen met verschillende kerncentrales en is bij Doel 1 de wettelijke sluitingstijd al verlopen.

Lokaal elektriciteit produceren wordt in deze thesis gepresenteerd als een sleutel om niet afgeschakeld te worden. Als het beleid tekortschiet is het misschien een taak voor de bedrijven, de zwaarst getroffen, en particulieren om lokaal te investeren in duurzame energie. Het is alleszins een mogelijke denkpiste in de richting van een duurzaam en robuust elektriciteitssysteem.

## Extended abstract - English version

In 2014, three nuclear power plants in Belgium were shut down due to technical issues. Because of this, there was a risk that the electricity supply might not be sufficient to meet the consumption of the users of the electricity grid in Belgium. Especially during peak moments in winter periods this might have been a huge problem.

The federal government of Belgium and the electricity transmission system operator, Elia, came up with a plan in case of electricity shortage. The so called 'outage plan' (afschakelplan) implied that, in case of electricity shortage, certain regions in Belgium would be disconnected from the electricity grid. This would lead to enormous problems for the consumers in that region. A lot of questions were raised about the plan, and soon it became a huge media hype.



*Outage plan for Flanders and Brussels*

*Six zones could be disconnected from the electricity grid (zone 6 first, zone 1 last). Zone 0 cannot be disconnected.*

This plan clarifies that the electricity grid is not robust and that a few little problems in some nuclear power plants can lead to major problems for the entire country. Therefore, the research question in this thesis is as following:

*“What are spatial solutions to conceive a more robust electricity supply in the dispersed region of Flanders?”*

In the thesis, three strategies are proposed that show potential for a more robust grid.

The first strategy is decentralized energy, and more specific wind- and solar power. These energy sources can be planted everywhere in the country because wind and solar radiation can be found everywhere. This could lead to a more local electricity production instead of central, which is the case for the electricity grid today. Note that 'everywhere' needs to be put into the spatial context of Flanders. The urban sprawl, which is highly present in this region, reacts as a drawback for the construction of new wind turbines.

The second strategy that is proposed in the thesis is buffering of electricity. The electricity grid needs to be balanced at every moment. This means that the production has to match the consumption of electricity at any time. Two different forms of buffering are described in the thesis: smart grids and electricity storage.

A smart grid allows shifting the use of electricity in time (for example: using the dishwasher not right now, but in five hours). At peak moments this could lead to a lower electricity usage which could eventually result that there is no shortage problem at all.

Electricity storage is another way of buffering and, in this thesis, two different forms of electricity storage are described: vehicle to grid (V2G) and batteries. V2G implies the storage of electricity in the batteries of electrical vehicles. In case of electricity shortage it would be possible to discharge electrical vehicles to maintain balance on the grid. The other form, batteries, are still in development at this moment and the future will tell if this could be a suitable buffer for huge amounts of electricity. Electricity can also be stored by transporting water to a higher area (hydroelectric power station), but the topological characteristics of the Flemish region do not allow this kind of buffering.

The third and last strategy is a microgrid. A microgrid is a smaller electricity grid that, in case of power failure, can be disconnected from the big electricity grid and function autonomously. Three major components are necessary to create a microgrid: consumers, production units and buffers. This would imply that when certain regions would be disconnected due to an electricity shortage, they could still function as a microgrid.

In the last part of the thesis, an exercise is done on a Flemish region (the cities Bornem and Puurs) to conceptualize a microgrid in the context of Flanders. The region is located in zone six of the outage plan and will be the first to get disconnected in case of an electricity shortage.

The conceptual exercise begins with an analysis of the impact of the outage plan on this region. The region contains two big industrial sites which would be highly impacted in case of a disconnection. The outage plan also has a huge impact on the infrastructure and especially on the railway that runs straight through the region. Railroad crossings would automatically be closed in case of a power failure and this would literally divide the region in two parts. This would lead to serious problems for the mobility in the region with traffic jams as a result.

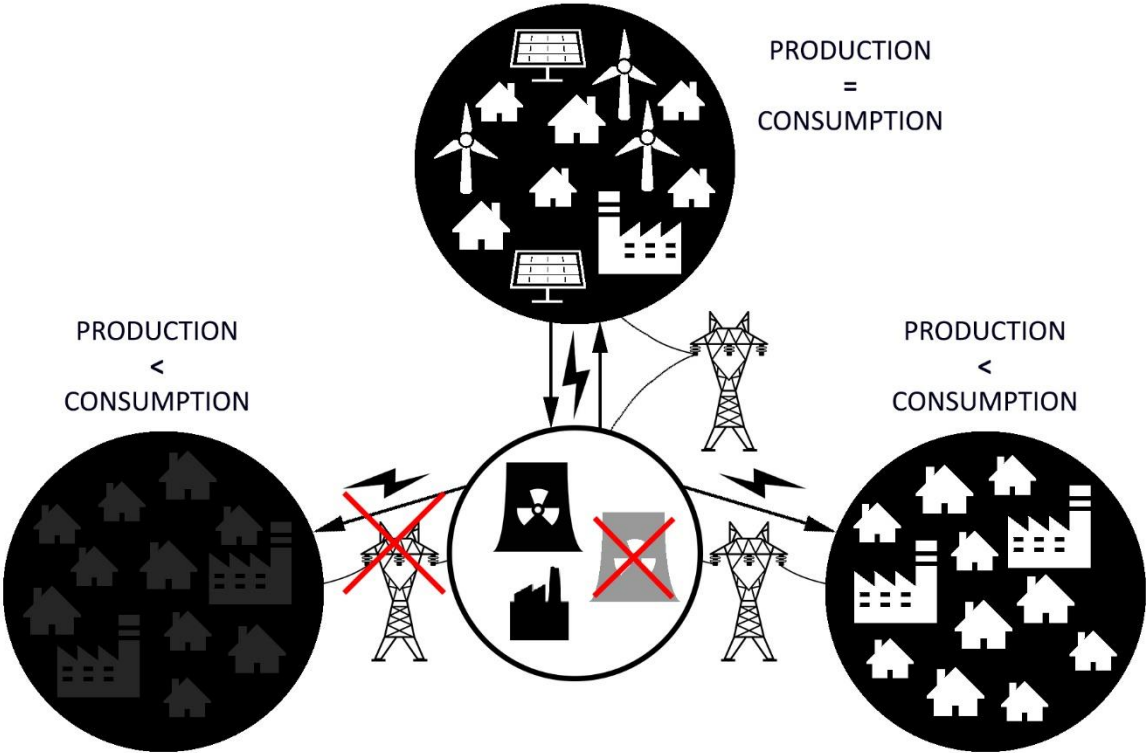
The outage plan is clearly not the preferred solution for an electricity shortage. Therefore, a microgrid was conceptualized on this region. There is a huge presence of consumers in the region, so the first component of a microgrid is not a problem. Production units, the next component, are only present to a limited extent in this region. In the thesis, a study is done to determine potential locations for wind turbines and solar panels. And finally buffering potentials are described to maintain a balanced grid at any moment in time.

The final part of the conceptual exercise calculates if the production can meet the consumption in this region at any time, and if not, how buffers need to be used. Due to the major presence of the industrial sector in this region it was not possible to produce a sufficient amount of electricity with wind- and solar power. A scenario where the industrial consumers were disregarded gave more promising results and in most cases it was possible for the production to meet the consumption. If this was not the case, buffers can be used to balance the grid.

How can this local match between production and consumption lead to a more robust electricity grid? The answer to this question can be found in the outage plan itself.

A region that will be disconnected, disconnects both the consumers and the production units. In the context of electricity shortage it is important that production units stay connected to the grid. Regions that produce more or less the same amount of electricity that they consume, don't need to be disconnected because this would have no effect on the electricity shortage problem.

The challenge is matching the production and consumption of electricity on a local level as much as possible. In case of electricity shortage, regions with a much higher production than consumption will be disconnected in the first place.



*Matching the production and consumption of electricity on a local level results in less risk of disconnection in case of an electricity shortage*

The 'local' level, presented here, refers to the scale of the high voltage grid. The outage plan disconnects users by switching of high voltage cabins resulting the disconnection of big regions. However, disconnection could also be done more local when the technology allows this. Instead of disconnecting huge regions, it would be possible to disconnect on the scale of a single house. The impact of disconnection could also be highly reduced and high-impacted consumers (like infrastructure or industry) could be preserved. But even on a more local level it will be the users who consume (a lot) more than they produce who will be disconnected from the grid.

This thesis was written from September 2014 until August 2015. The energy policy in Belgium has made little progress during that period and focused mainly on extending the lifetime of nuclear power plants. Winter is coming and some nuclear power plants are still not operational and there are no sufficient alternatives available.

The thesis presents the production of electricity on a local level as a solution to stay connected to the grid. When the energy policy fails, it is maybe a task for companies, the most affected, or individuals to invest in renewable energy on a local level. It might be a way to a green and robust electricity system.





## Inhoud

Voorwoord .....	vii
Extended abstract - Nederlandstalige versie .....	ix
Extended abstract - English version .....	xiii
Inhoud .....	xvii
Lijst van figuren en tabellen .....	xxi

### DEEL I. INLEIDING

Hoofdstuk 1: Inleiding.....	3
1.1. Elektriciteit: vanzelfsprekend, of toch niet?.....	3
1.2. Probleemstelling.....	3
1.3. Onderzoeksvragen.....	4
1.4. Opbouw van de thesis.....	4

### DEEL II. VAN ENERGIECRISIS NAAR TOEKOMSTVISIE

Hoofdstuk 2: Het afschakelplan, van een koninklijk besluit naar een dreigende black-out .....	9
2.1. Inleiding.....	9
2.2. De plotse realiteit van het afschakelplan .....	9
2.3. Wettelijk kader .....	10
2.4. Dreigende schaarste.....	11
2.5. Geen energiezekerheid voor de winter 2014-2015 .....	12
2.6. Het geactualiseerde afschakelplan.....	15
2.6.1. Informatie vanuit de overheid.....	15
2.6.2. Regionale ongelijkheid .....	16
2.6.3. Overheidsmaatregelen.....	17
2.7. De toekomst van de kerncentrales in België.....	19
2.8. Resultaat van het afschakelplan.....	20
Hoofdstuk 3: Strategieën voor een robuuster elektriciteitssysteem .....	21
3.1. Inleiding.....	21
3.2. Synthese van het afschakelplan .....	21
3.2.1. Geografische spreiding.....	21
3.2.2. Maatregelen .....	21
3.2.3. Impact.....	22
3.3. Toekomstperspectief.....	22
3.3.1. Kerncentrales.....	22
3.3.2. Doelstellingen klimaat en energie.....	23

3.3.3. Integratie hernieuwbare energiebronnen .....	23
3.4. Potenties voor een robuuster elektriciteitsnet .....	24
3.4.1. Decentrale energieopwekking.....	24
3.4.2. Bufferen van elektriciteit.....	24
3.4.3. Microgrids.....	25
3.5. Strategieën .....	26
<b>DEEL III. STRATEGISCH KADER</b>	
Hoofdstuk 4: Decentrale energiebronnen .....	29
4.1. Inleiding .....	29
4.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem .....	29
4.2.1. Het productiepark .....	29
4.2.2. Zonne-energie .....	30
4.2.3. Centraal en niet-duurzaam.....	30
4.2.4. Centraal versus decentraal.....	31
4.3. Duurzame en decentrale elektriciteitsproductie .....	32
4.3.1. Wind .....	32
4.3.2. Zon.....	34
4.4. Conclusie .....	36
Hoofdstuk 5: Bufferen van elektriciteit .....	37
5.1. Inleiding .....	37
5.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem .....	37
5.2.1. Vraag gestuurd .....	37
5.2.2. Elektriciteit als commodity.....	38
5.3. Buffersystemen .....	38
5.3.1. Smart grids: “The grid of tomorrow” .....	39
5.3.2. Opslaan van elektriciteit.....	41
5.4. Bufferen in combinatie met duurzame, decentrale energiebronnen.....	43
5.4.1. Flexibiliteit .....	43
5.4.2. Decentrale productie en monitoring van real-time data .....	44
5.4.3. Schaalniveau: België - Europa .....	45
5.5. Conclusie .....	45
Hoofdstuk 6: Microgrids .....	47
6.1. Inleiding .....	47

6.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem .....	47
6.3. Link met het afschakelplan.....	48
6.3.1. Afschakelen op verschillende schaalniveaus.....	48
6.3.2. Impact.....	48
6.3.3. Autonomie.....	49
6.4. Microgrid .....	49
6.5. Vlaamse context .....	50
6.5.1. Decentrale productie.....	50
6.5.2. Bufferen.....	51
6.5.3. Organisatie .....	52
6.6. Conclusie .....	52

#### **DEEL IV. CONCEPTUELE OEFENING IN DE VLAAMSE CONTEXT**

Hoofdstuk 7: Opzet van de oefening .....	57
7.1. Inleiding .....	57
7.2. Doelstellingen.....	57
7.3. Studiegebied.....	58
Hoofdstuk 8: Case study .....	61
8.1. Inleiding .....	61
8.2. Analyse: impact van het afschakelplan op het studiegebied .....	61
8.2.1. Industrie .....	61
8.2.2. Infrastructuur .....	64
8.2.3. Voorzieningen.....	66
8.2.4. Landbouw .....	69
8.2.5. Bebouwing.....	70
8.2.6. Synthese .....	71
8.3. Microgrid .....	74
8.3.1. Verbruikers .....	74
8.3.2. Productie-eenheden.....	77
8.3.3. Buffers .....	85
8.4. Rekenoefening.....	88
8.4.1. Elektriciteitsverbruik .....	88
8.4.2. Elektriciteitsproductie .....	91
8.4.3. Verschillende scenario's .....	95

8.4.4. Buffers .....	97
8.5. Conclusie .....	98

## **DEEL V. ALGEMENE CONCLUSIE**

Hoofdstuk 9: Algemene conclusie .....	103
9.1. Het afschakelplan .....	103
9.2. Voorgestelde strategieën .....	103
9.3. Conceptuele oefening .....	104
9.4. Lokale afstemming tussen productie en consumptie .....	105
9.5. Afschakelplan 2.0 .....	106
9.6. Winter is coming.....	106
Bibliografie .....	107

## Lijst van figuren en tabellen

**Onderlijnde figuren zijn gemaakt door de auteur van deze thesis.**

<u>Figuur 1: Impact van het afschakelplan wanneer schijf 6 uitgeschakeld wordt</u> .....	3
Figuur 2: Schematische kaart van het UCTE gebied opgesplitst in drie gebieden .....	10
Figuur 3: Afschakelplan Elia, winter 2012-2013, gepubliceerd in De Standaard .....	11
<u>Figuur 4: Totale elektriciteitsproductie België 2014, met aandeel kernenergie</u> .....	13
<u>Figuur 5: Afschakelplan Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest</u> .....	15
Figuur 6: voorbeeld stroomindicator .....	18
<u>Figuur 7: Elektriciteitsverbruik donderdag 4 december 2014 (kwartuurwaarden)</u> .....	19
Figuur 8: Stevin Project .....	23
<u>Figuur 9: Productiecapaciteit per energiebron Geïnstalleerd vermogen in België</u> .....	29
<u>Figuur 10: Geproduceerde hoeveelheid zonne-energie (16-07-2014 tot 24-07-2014)</u> .....	30
<u>Figuur 11: Hedendaagse elektriciteitsproductiepark (enkel centrales groter dan 100 MW)</u> .....	31
<u>Figuur 12: Geproduceerde hoeveelheid windenergie in België (01-06-2015 tot 08-06-2015)</u> .....	33
Figuur 13: Geïnstalleerd vermogen voor windenergie in België, januari 2015.....	33
<u>Figuur 14: Geïnstalleerd vermogen zonnepanelen in België</u> .....	35
<u>Figuur 15: Aantal installaties van zonnepanelen in België</u> .....	35
<u>Figuur 16: Vraag gestuurd systeem met verschillende actoren in Vlaanderen</u> .....	38
Figuur 17: Opslagssystemen voor elektrische energie .....	41
Figuur 18: Powerwall.....	43
<u>Figuur 19: Het hedendaagse elektriciteitssysteem</u> .....	45
<u>Figuur 20: The grid of tomorrow</u> .....	46
<u>Figuur 21: Structuur elektriciteitsnet op verschillende schaalniveaus</u> .....	47
<u>Figuur 22: Structuur elektriciteitsmarkt in Vlaanderen</u> .....	52
<u>Figuur 23: Afschakelplan Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest</u> .....	58
<u>Figuur 24: Topografische kaart van het studiegebied</u> .....	59
<u>Figuur 25: Studiegebied met het afschakelplan in overdruk</u> .....	59
<u>Figuur 26: Bodemgebruikskarta van het studiegebied</u> .....	60
<u>Figuur 27: Bedrijventerreinen (BT) in het studiegebied</u> .....	61
<u>Figuur 28: Bedrijventerrein Bornem, aanduiding top 10 naar aantal werknemers</u> .....	62
<u>Figuur 29: Bedrijventerrein Puurs, aanduiding top 10 naar aantal werknemers</u> .....	64
<u>Figuur 30: Spoorinfrastructuur in het studiegebied</u> .....	65
<u>Figuur 31: Weginfrastructuur in het studiegebied</u> .....	66
<u>Figuur 32: Voorzieningen in het studiegebied</u> .....	67
<u>Figuur 33: Voorzieningen Bornem</u> .....	68
<u>Figuur 34: Voorzieningen Puurs</u> .....	68

<u>Figuur 35: Landbouw in het studiegebied</u> .....	69
<u>Figuur 36: Bebouwing in het studiegebied</u> .....	70
<u>Figuur 37: Synthesekaart</u> .....	72
<u>Figuur 38: Impact van het afschakelplan op de regio</u> .....	73
<u>Figuur 39: Hoogspanningsnet in het studiegebied</u> .....	74
<u>Figuur 40: Structuur elektriciteitsnet op verschillende schaalniveaus</u> .....	75
<u>Figuur 41: Prioriteitenkaart</u> .....	76
<u>Figuur 42: Landschapstypologieën in het studiegebied</u> .....	77
<u>Figuur 43: Windenergie in het landschap</u> .....	78
<u>Figuur 44: Landschappelijk erfgoed in het studiegebied</u> .....	79
<u>Figuur 45: Vogel- en habitatrichtlijngebieden in het studiegebied</u> .....	80
<u>Figuur 46: VEN-gebieden en erkende Vlaamse natuurreservaten in het studiegebied</u> .....	80
<u>Figuur 47: Buffers gebouwen in het studiegebied</u> .....	82
<u>Figuur 48: Buffers constructies en waterlopen in het studiegebied</u> .....	82
<u>Figuur 49: Potentiële inplantingslocaties voor windturbines in het studiegebied</u> .....	83
<u>Figuur 50: Zonne-energie in het landschap</u> .....	84
<u>Figuur 51: Potentiële inplantingslocaties voor zonnepanelen in het studiegebied</u> .....	84
<u>Figuur 52: Variatie van de kans op een flexibele configuratie voor elk huishoudelijk toestel</u> .....	86
<u>Figuur 53: Variatie van de kans op een flexibele configuratie voor elektrische wagens</u> .....	87
<u>Figuur 54: Totale energieverbruik per sector per jaar in Vlaanderen</u> .....	88
<u>Figuur 55: Voorbeelden SLP's voor verschillende sectoren</u> .....	90
<u>Figuur 56: Verbruiksprofiel per sector in het studiegebied</u> .....	91
<u>Figuur 57: Potentiële windturbines in het studiegebied</u> .....	92
<u>Figuur 58: Productieprofiel windenergie in het studiegebied</u> .....	92
<u>Figuur 59: Verschil tussen het verbruiksprofiel en het productieprofiel van windenergie</u> .....	93
<u>Figuur 60: Productieprofiel zonne-energie in het studiegebied</u> .....	94
<u>Figuur 61: Verschil tussen het verbruiksprofiel en de productieprofielen</u> .....	94
<u>Figuur 62: Verschil tussen verbruiksprofiel en productieprofiel (24/06/2013 t.e.m. 30/6/2013)</u> .....	95
<u>Figuur 63: Verschil tussen het verbruiksprof. en de productieprof. (zonder industrie)</u> .....	96
<u>Figuur 64: Verschil tussen het verbruiksprof. en de productieprof. (zonder industrie en zomer)</u> .....	96
<u>Figuur 65: Bufferen in het studiegebied (winter, alle sectoren)</u> .....	97
<u>Figuur 66: Bufferen in het studiegebied (zomer, zonder industriesector)</u> .....	98
<u>Figuur 67: Lokale afstemming tussen de productie en consumptie van elektriciteit</u> .....	105

Tabel 1: Geplande sluitingsdata kernreactoren .....	22
Tabel 2: Bedrijven in Bornem, top 10 naar aantal werknemers .....	62
Tabel 3: Bedrijventerrein Puurs, aanduiding top 10 naar aantal werknemers .....	63
Tabel 4: Voorbeelden van de voorzieningen.....	66
Tabel 5: Gradatie van de impact van het afschakelplan .....	71
Tabel 6: Indeling naar prioriteit.....	75
Tabel 7: Afschakelde vloeroppervlakte voor verschillende prioritaire zones .....	77
Tabel 8: Geschiktheid energiebron per landschapstypologie .....	78
Tabel 9: Bufferafstand t.o.v. constructies en waterlopen.....	81
Tabel 10: Gem. aantal flexibele configuraties en gem. hoeveelheid flex. per huishoudelijk toestel ...	86
Tabel 11: Bebouwde oppervlakte van de verschillende sectoren .....	89
Tabel 12: Jaarlijks elektriciteitsverbruik van de verschillende sectoren .....	89





# DEEL I. INLEIDING



## Hoofdstuk 1: Inleiding

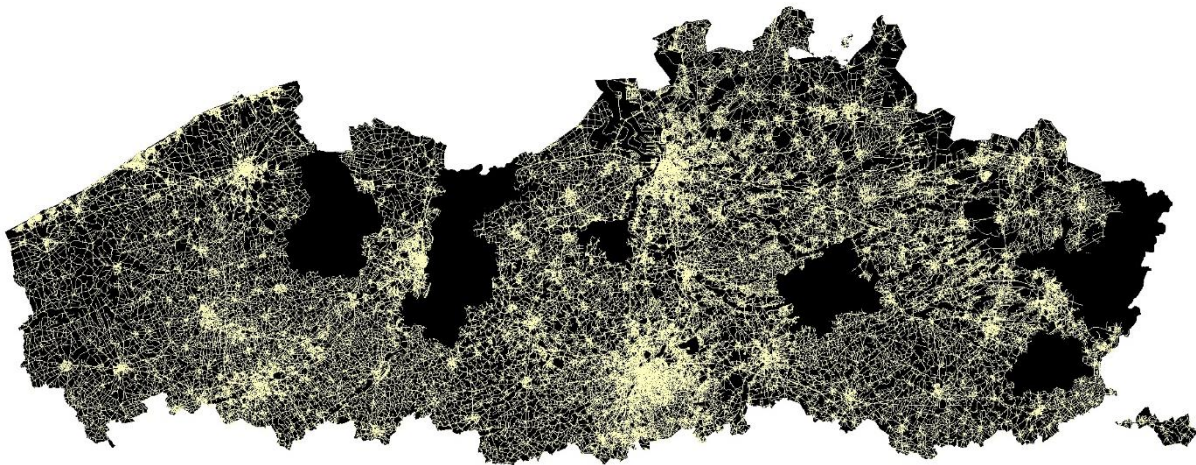
### 1.1. Elektriciteit: vanzelfsprekend, of toch niet?

*“Elektriciteit is altijd en overal aanwezig in een land als België”*

Bovenstaande stelling zal door velen beschouwd worden als vanzelfsprekend, maar klopt ze eigenlijk wel?

In 2014 werden enkele kerncentrales in België uit veiligheidsoverwegingen stilgelegd en kwam het afschakelplan in de media terecht. Plots was het mogelijk dat er geen stroom meer uit het stopcontact zou komen doordat het land met een stroomtekort kampt. Dit zou voor velen ondenkbaar zijn en de impact op het land zou enorm zijn.

Door het afschakelplan verschijnen er letterlijk en figuurlijk gaten in een elektriciteitsnet dat voordien iedereen op elk moment van stroom voorzag (Figuur 1).



*Figuur 1: Impact van het afschakelplan wanneer schijf 6 uitgeschakeld wordt (zie verder)*

Het elektriciteitssysteem in België blijkt dus niet robuust genoeg te zijn om met dit soort problemen op een slimme manier om te gaan en de impact beperkt te houden. Bovendien zijn de gaten die in het netwerk ontstaan, verspreid over het hele territorium waarbij sommige regio's zonder stroom kunnen vallen en andere niet. De territoriale differentiatie die hierdoor ontstaat, wekt daardoor vragen op zoals: waarom hier wel afschakelen en daar niet? En is de ene regio belangrijker dan de andere?

### 1.2. Probleemstelling

Het is duidelijk dat er een probleem is, maar om de probleemstelling te definiëren moet hier eerst nog een belangrijke opmerking gemaakt worden. Met het oog op het verdere verloop van deze thesis moet in het achterhoofd gehouden worden dat deze thesis geschreven is in het kader van een opleiding stedenbouw en ruimtelijke planning. Het technische aspect van het elektriciteitsverhaal zal dan ook beperkt worden tot het hoogstnoodzakelijke en de focus zal liggen op de ruimtelijke en organisatorische aspecten.

De probleemstelling van deze thesis wordt als volgt geformuleerd:

*“Het hedendaagse elektriciteitsnet is niet voldoende robuust en bij een stroomtekort zal het territorium opgedeeld worden in geografische zones waarbij bepaalde zones wel stroom krijgen en andere niet.”*

### 1.3. Onderzoeksvragen

Vanuit de probleemstelling wordt de centrale onderzoeksvraag gedefinieerd waaruit enkele deelvragen afgeleid worden om de thesis beter te kunnen structureren. Hier moet ook nog opgemerkt worden dat het thema 'duurzaamheid' centraal zal staan in de thesis. Zeker wanneer naar de toekomst gekeken wordt, is het duidelijk dat duurzame energiebronnen een steeds belangrijkere positie innemen in de energiewereld en dus kan dit hier niet zomaar vergeten worden.

De centrale onderzoeksvraag luidt als volgt:

***“Wat zijn ruimtelijke sleutels om een robuustere energievoorziening in de Vlaamse Nevelstad te kunnen concipiëren?”***

Deze onderzoeksvraag wordt opgedeeld in volgende deelvragen:

1. Hoe kunnen we 'afschakeling' beter afstemmen op de ruimtelijke differentiatie in vraag, aanbod en gebruik?
2. Wat kan de bijdrage zijn van een meer gelokaliseerde afstemming tussen productie en consumptie van elektriciteit in het tot stand komen van een robuustere energievoorziening?

### 1.4. Opbouw van de thesis

Dit deel van de thesis dient als inleiding op het vervolg van dit werk. De thesis is opgedeeld in vijf grote delen die bestaan uit aparte hoofdstukken:

- I. Inleiding
- II. Van energiecrisis naar toekomstvisie
- III. Strategisch kader
- IV. Conceptuele oefening in de Vlaamse context
- V. Conclusie

Het afschakelplan laat in het voorgaande al zien dat het elektriciteitsnet fragiel is en om een antwoord op de onderzoeksvraag te zoeken, zal in het tweede deel van deze thesis het afschakelplan diepgaander onderzocht worden. Hier zal aangetoond worden hoe het komt dat het elektriciteitsnet niet robuust is en waar er mogelijkheden zijn tot verbetering van het systeem. Het tweede hoofdstuk zal eerder een beschrijving geven van het afschakelplan terwijl het derde hoofdstuk zal onderzoeken welke potenties het afschakelplan oproept.

In het derde deel van deze thesis zal onderzocht worden hoe het elektriciteitssysteem robuuster kan gemaakt worden en beter kan inspelen op de vraag, het aanbod en het gebruik van elektriciteit. Hier zullen drie sporen uitgewerkt worden die potenties bieden om naar een duurzaam en robuust elektriciteitssysteem te gaan: decentrale energiebronnen, bufferen van elektriciteit en microgrids. Het derde deel is opgedeeld in drie hoofdstukken die handelen volgens deze drie sporen en omvatten het strategisch kader van deze thesis.

Het literatuuronderzoek van het tweede en derde deel zal vervolgens toegepast worden in een conceptuele oefening. Dit zal gebeuren in het vierde deel van deze thesis en dit deel bestaat uit twee hoofdstukken. Het eerste hoofdstuk van dit deel zal kort de opzet van de oefening beschrijven en het andere hoofdstuk zal de effectieve uitwerking van de oefening zijn. Voor deze oefening zal een bepaalde regio geselecteerd worden in Vlaanderen. Eerst zal er een inschatting gemaakt worden van

de impact van het afschakelplan op deze regio. Vervolgens zullen de strategieën uit het derde deel toegepast worden op deze regio en tot slot zal door middel van een rekenoefening onderzocht worden of een lokale afstemming tussen productie en consumptie effectief potentieel heeft voor deze regio.

In het laatste deel van deze thesis zal teruggekoppeld worden naar de onderzoeksvraag en zal hierop een antwoord geformuleerd worden.



## DEEL II. VAN ENERGIECRISIS NAAR TOEKOMSTVISIE





## Hoofdstuk 2: Het afschakelplan, van een koninklijk besluit naar een dreigende black-out

### 2.1. Inleiding

Het tweede deel van deze thesis zal het afschakelplan bestuderen en dit deel wordt opgedeeld in twee hoofdstukken. Dit hoofdstuk zal een overzicht geven van wat het afschakelplan precies is en hierbij zal voornamelijk verwezen worden naar krantenberichten. Aangezien deze topic relatief nieuw is en in belangrijke mate in de media geconstrueerd is, zal dit hoofdstuk ook van hieruit opgebouwd worden. Het afschakelplan, dat voorheen een relatief ongekend koninklijk besluit was, werd op korte tijd een publieke zaak, ‘a matter of concern’ om met Latour te spreken (Latour, 2004).

Dit hoofdstuk is chronologisch opgebouwd en begint bij een stroompanne in 2006 waarna een sprong wordt gemaakt naar 2012 en 2014 toen het licht plots effectief kon uitgaan door een dreigend stroomtekort. In dit hoofdstuk worden antwoorden gezocht op vragen als: Wat houdt het afschakelplan precies in? Hoe is het afschakelplan er gekomen? Wat is de impact? Maar ook, hoe wordt erop gereageerd? En waarom wordt precies daar afgeschakeld? Op al deze vragen zal geen eenduidig antwoord kunnen gegeven worden en dit zal enkel meer vragen oproepen.

Vervolgens zal in het volgende hoofdstuk een synthese gegeven worden van het afschakelplan waaruit enkele interessante onderzoekspaden zullen ontleed worden en waar dan een aanzet zal gegeven worden naar het derde deel, het strategisch kader.

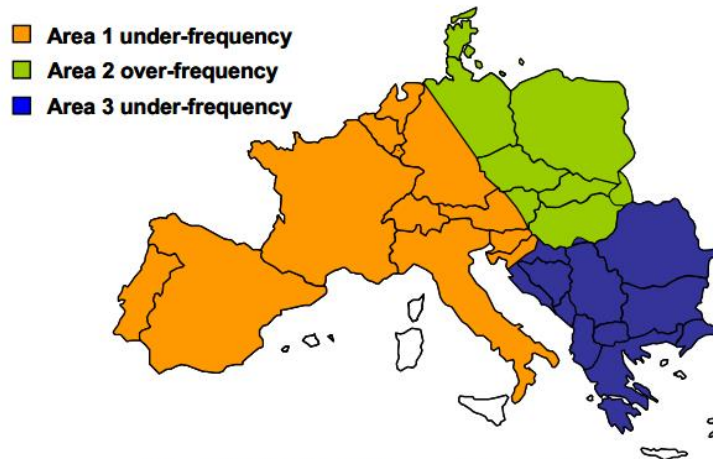
### 2.2. De plotse realiteit van het afschakelplan

*“Stroompanne zorgt voor naschokken”*

*Gazet van Antwerpen, 07-11-2006*

Het afschakelplan kwam voor het eerst in de media terecht in 2006 toen er een grote stroompanne was in Noordwest-Europa (Verbraeken, 2006). Aanvankelijk werd door de pers verspreid dat de oorzaak van deze stroompanne het gebrek aan wind was in het noorden van Duitsland met gevolg dat er massaal stroom gekocht werd van Frankrijk om te transporteren naar Duitsland. Deze stroom zou dan via het Belgische hoogspanningsnet getransporteerd zijn waardoor het net overbelast raakte en enkele gemeentes gecontroleerd afgeschakeld werden van het net. Uit het officiële eindrapport van deze stroomstoring van de ‘Union for the Coordination of the Transmission of Electricity’ (UCTE) blijkt echter dat een menselijke fout aan de basis lag van deze stroompanne (UCTE, 2007). Een hoogspanningslijn boven een waterloop zou gecontroleerd uitgeschakeld worden om een schip door te laten. Dit gebeurde echter vroeger dan verwacht waardoor meerdere hoogspanningslijnen van het Duitse net uitvielen. Hierdoor werd het Europese net in drie zones gesplitst en de zone waartoe België behoorde (Figuur 2, area 1) kreeg te maken met een groot onevenwicht tussen productie en consumptie.

Om ervoor te zorgen dat het volledige Europese net niet zou instorten, werden er door de getroffen landen verschillende maatregelen genomen. Concreet voor België betekende dit het opstarten van snel-startende productie-eenheden (zoals een gascentrale) en het afschakelen van ongeveer 800 MW van het elektriciteitsnet. Onder deze 800 MW vielen bepaalde industriële klanten en particuliere klanten in landelijke gebieden die met netbeheerder Elia een contract hebben om hen af te schakelen (Elia, 2012).



Figuur 2: Schematische kaart van het UCTE gebied opgesplitst in drie gebieden (UCTE, 2007)

In België werden hierdoor plots verschillende straten zonder stroom gezet zonder enige verwittiging op voorhand. De burgemeesters van de getroffen gemeenten werden door Elia telefonisch verwittigd wanneer de afschakeling al bezig was. Zij werden pas op dat moment op de hoogte gebracht van het feit dat er een afkoppelingsplan bestond en dat hun gemeente, of een deel daarvan, daar toe behoorde (Verbraeken, 2006).

### 2.3. Wettelijk kader

Het idee van een afschakelplan bestaat echter al langer. In 2002 werd een koninklijk besluit uitgewerkt (art. 312, K.B. 19 december 2002) waarin het volgende staat:

*“§ 5. Op voorstel van de netbeheerder en na advies van de commissie en in overleg met de Minister van Economische Zaken, bepaalt de minister het afschakelplan voorzien in § 4, 1°. De maatregelen vastgesteld in het kader van het afschakelplan mogen omvatten :*

*1° de verplichting voor de netbeheerder :*

*a) de afnames geheel of gedeeltelijk te onderbreken; een prioritaire lijst wordt opgesteld in het plan;*

*b) de verbindingen met buitenlandse netten te onderbreken;*

*c) de verbindingen met andere netten in de regelzone te onderbreken;*

*2° de verplichting voor de verbruikers of bepaalde categorieën van verbruikers, in gehele land of bepaalde delen ervan, de elektriciteit die zij afnemen van het net te verminderen binnen de vooropgestelde limieten;*

*3° het verbod elektriciteit te gebruiken voor bepaalde doeleinden.”*

Het is dus aan de netbeheerder, Elia in dit geval, om een soort van reddingsplan of afschakelplan op te maken.

Later werd dit verder uitgewerkt in een ministerieel besluit (M.B. 3 juni 2005). Hierin staat dat het afschakelplan twee delen omvat:

*“§1.2.1 De procedure ter bescherming van het elektrisch systeem tegen plots fenomenen die de integriteit van het elektrisch systeem plotseling ondermijnen”*

*“§1.2.2 De procedure ter bescherming van het elektrisch systeem bij een aangekondigde schaarste aan elektriciteit voor een aanzienlijke, min of meer voorspelbare tijdsduur”*

Onder plotse fenomenen valt de stroompanne uit 2006 waarbij de netbeheerder niet op voorhand kon weten dat zich een overbelasting van het net zou voordoen. De burgemeesters en de bevolking konden in dit geval dus ook niet vooraf ingelicht worden dat er zich een stroompanne zou voordoen.

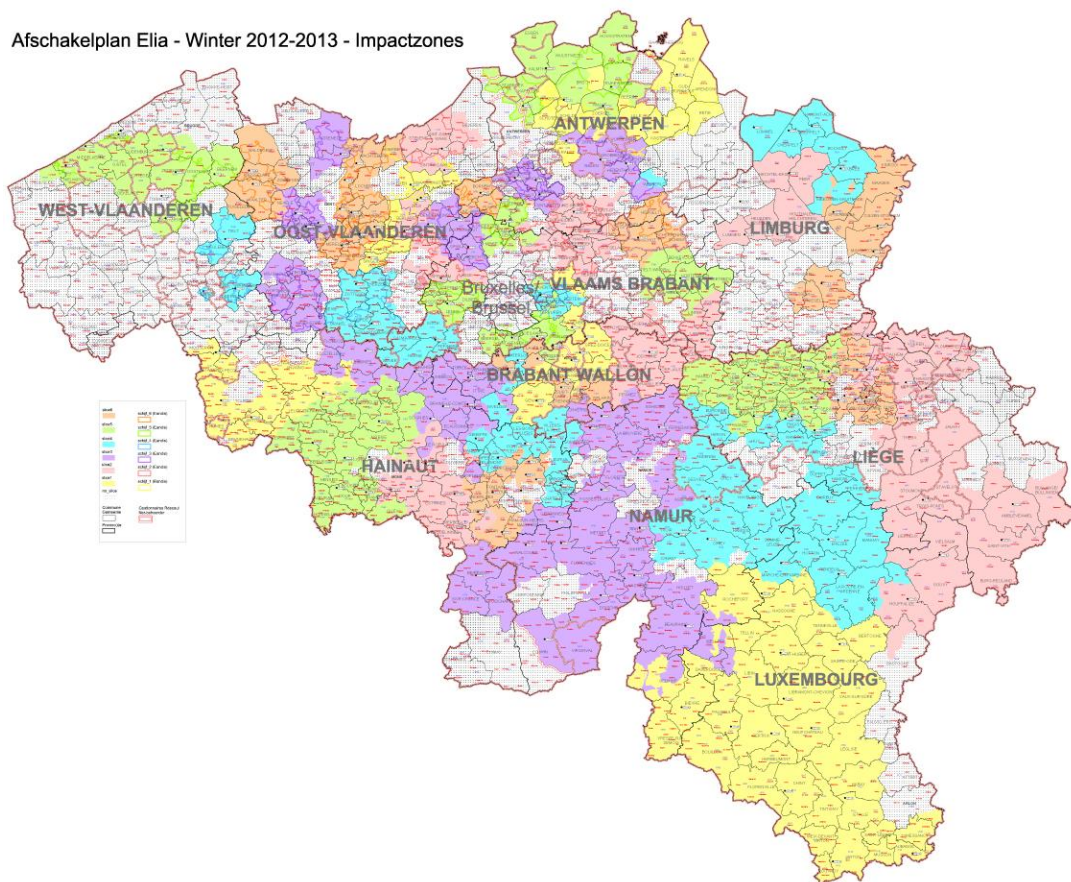
## 2.4. Dreigende schaarste

*“Wegvallen van twee kerncentrales zorgt voor problemen in de winter”*

*De Tijd, 18-08-2012*

In de zomer van 2012 werden bij twee Belgische kernreactoren, Doel 3 en Tihange 2, scheurtjes in de stalen wand van hun reactorvat ontdekt waardoor deze preventief stilgelegd werden. Hierdoor werd het afschakelplan terug actueel maar deze keer zou het dus gaan om een aangekondigde schaarste in plaats van een plots fenomeen zoals in 2006 het geval was. De producenten en netbeheerders konden dus op voorhand inschatten of er een risico was op een stroomtekort voor een bepaalde periode.

Wie precies afgeschakeld zou worden was nog niet duidelijk. In een factsheet over het afschakelplan, die Elia in 2012 publiek maakte, blijkt dat ‘landelijke gebieden’ eerst zouden worden afgeschakeld. Ook zouden prioritaire klanten (Seveso<sup>1</sup>-bedrijven, militaire gebieden, luchthavens...) stroom moeten blijven krijgen (Elia, 2012). Wat met deze landelijke gebieden precies bedoeld werd, is niet duidelijk, maar Elia verspreidde wel een kaart met de afgeschakelde zones onder de gouverneurs. Deze kaart werd toen geheim gehouden, maar ze kwam in 2014 toch in de media terecht (Figuur 3).



Figuur 3: Afschakelplan Elia, winter 2012-2013, gepubliceerd in De Standaard (Temmerman & Lecluyse, 2014)

<sup>1</sup> Seveso-bedrijf: bedrijf dat activiteiten ontplooit op het vlak van de behandeling, de productie, het gebruik of de opslag van gevaarlijke stoffen (Federale overheid, 2014)

De kaart verdeelt het land in 6 zones die mogelijks zouden kunnen afgeschakeld worden bij een stroomtekort. De zones die niet ingekleurd zijn, zouden niet afgeschakeld worden.

*“Scheurtjescentrales mogen heropstarten”*

*De Morgen, 17-05-2013*

In de winter van 2012-2013 bleek het mogelijk om het probleem van de stroomvoorziening onder controle te houden. In mei 2013 verscheen het finaal evaluatieverslag van het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle (FANC) over de veiligheid van deze twee reactoren en hieruit bleek dat ze opnieuw mochten opgestart worden (FANC, 2013). De energiebevoorrading voor de winter van 2013-2014 kwam dus nooit in het gedrang.

*“Scheurtjescentrales Doel 3 en Tihange 2 opnieuw stilgelegd”*

*De Morgen, 26-03-2014*

Op 25 maart 2014 werden deze twee reactoren opnieuw uitgeschakeld uit veiligheidsoverwegingen (FANC, 2014). Aangezien de piekvraag naar elektriciteit meestal valt op strenge winterdagen in januari of februari bleef het risico op schaarste beperkt en bleef het afschakelplan op de achtergrond.

*“Panne kerncentrale mogelijk het gevolg van sabotage”*

*Het Nieuwsblad, 08-08-2014*

In de zomer van 2014 werd het afschakelplan opnieuw een ‘hot topic’. Door sabotage aan de kernreactor Doel 4 viel deze automatisch uit en de Belgische stroombevoorrading voor de winter van 2014-2015 kwam in het gedrang (JVH, 2014).

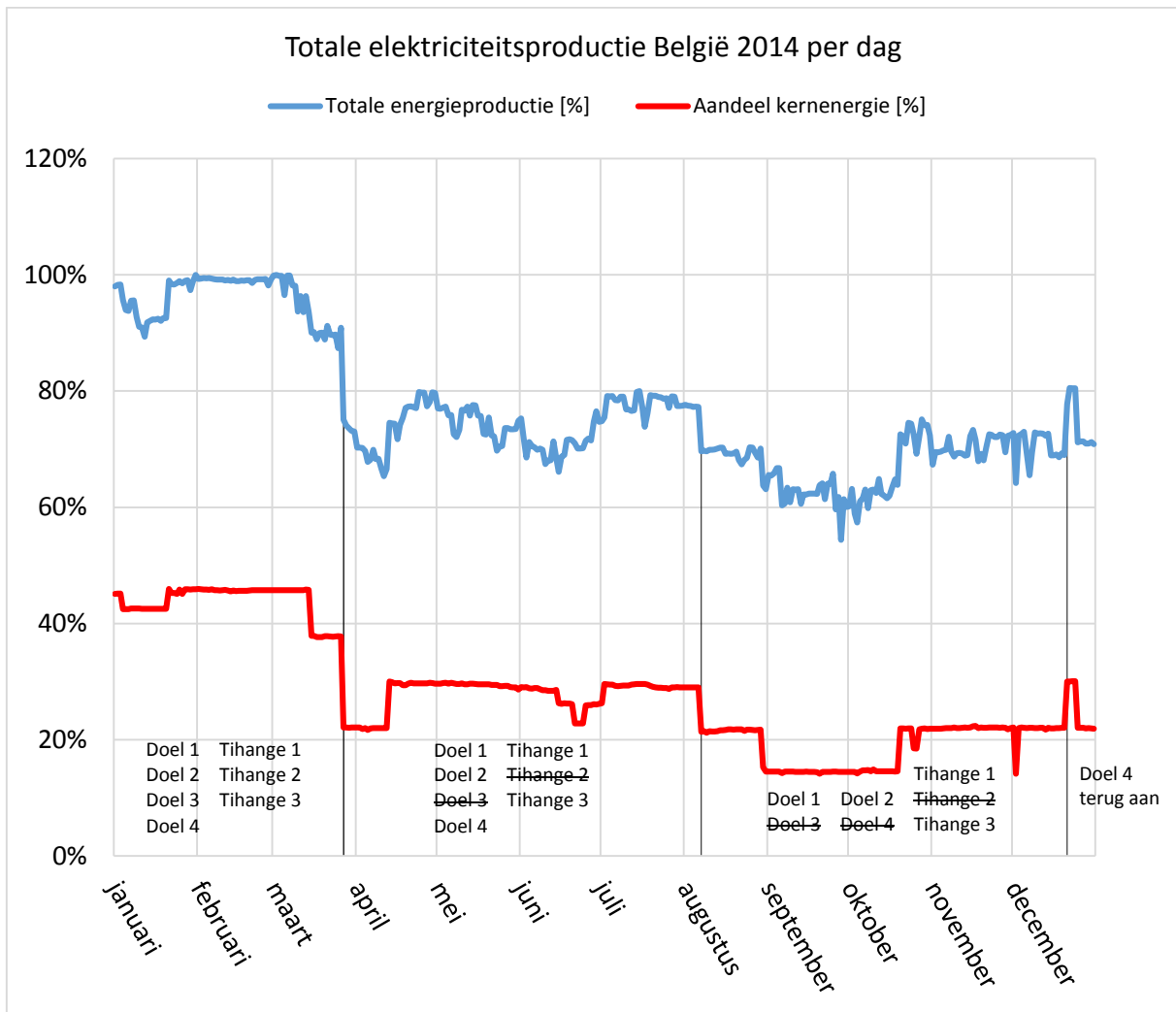
## 2.5. Geen energiezekerheid voor de winter 2014-2015

*“Fonck: Risico op tekort deze winter is reëel”*

*De Tijd, 23-08-2014*

Na het uitvallen van Doel 4 ontstond in de zomer van 2014 een grote onzekerheid over de stroombevoorrading en wat er zou gebeuren als België effectief met een stroomtekort zou te maken krijgen. Toenmalig staatssecretaris voor Energie Catherine Fonck (cdH) liet in de media weten dat het risico op een tekort die winter reëel was (Adriaen, 2014). De totale hoeveelheid geproduceerde kernenergie was op dat moment teruggevallen naar 50% van de totale capaciteit. Voor de totale energieproductie kwam dit neer op ongeveer 80% (Figuur 4).

In de zomer is dit geen probleem aangezien er minder energie verbruikt wordt aan verwarming, verlichting (langer zonlicht), etc. In de winter vormt dit echter wel een probleem en kan de energieconsumptie oplopen tot meer dan 100% van de totale productiecapaciteit in België. Dit tekort wordt dan weggewerkt door stroom te importeren uit andere landen. Door het wegvallen van drie kerncentrales was er grote onzekerheid of het wel mogelijk was om zo’n grote hoeveelheid stroom te importeren en of andere landen met genoeg overschot zouden zitten. Wanneer het zeer koud zou worden in Europa was de kans reëel dat andere landen ook dicht tegen hun limieten zouden zitten en dus weinig of geen stroom zouden kunnen exporteren naar België.



*Figuur 4: Totale elektriciteitsproductie België 2014, met aandeel kernenergie.  
Gebaseerd op data van Elia, beschikbare capaciteit per unit, 2014*

Bovenstaande grafiek toont de totale elektriciteitsproductie in België in 2014 per dag. In januari en februari bereikt de productie een piek omdat ook het elektriciteitsverbruik piekt. In de zomer is er duidelijk een lager elektriciteitsverbruik te merken. In het rood is het aandeel kernenergie aangeduid. De schommelingen op de grafiek zijn kerncentrales die voor een bepaalde termijn stilgelegd worden voor bijvoorbeeld onderhoudswerken. Op 25 maart 2014 werden Tihange 2 en Doel 3 stilgelegd, op 7 augustus 2014 werd Doel 4 stilgelegd. Op 21 december 2014 kon Doel 4 opnieuw heropgestart worden, de andere centrales bleven dicht voor onbepaalde termijn.

*“Ook Fransen vrezen stroomtekort door sluiting van reeks centrales”*

*De Standaard, 11-09-2014*

Bovendien wordt door de sluiting van enkele centrales in 2015 in Frankrijk ook daar gevreesd voor een stroomtekort. Voor de winter van 2014 en 2015 zouden er geen problemen zijn maar voor de volgende winters zal er ook in Frankrijk een risico zijn op een stroomtekort met het gevolg dat België dan ook geen stroom zal kunnen importeren uit Frankrijk (Belga, 2014).

### *“Document Crisiscentrum schets chaos”*

*De Tijd, 21-08-2014*

In augustus 2014 was er grote onzekerheid over wat de impact zou zijn op het land. De gouverneurs hadden toen ook de kaart van 2012 (Figuur 3) gepubliceerd om de bevolking beter te kunnen informeren, maar dit riep alleen maar meer vraagtekens op. In de media werden vragen naar voren geschoven zoals: Gaan de treinen rijden? Wat met gevaarlijke bedrijven (Seveso-bedrijven)? Worden hele straten lam gelegd? Blijven slagbomen toe? Wat met mensen met een beademingstoestel? Wat als er ook overstromingen dreigen en pompen en sluizen niet werken? Zullen we kunnen bellen? Krijgen de mensen/bedrijven een schadevergoeding, en wie betaalt dit dan? Etc. Over de gevolgen van een stroomtekort in België tastte iedereen in het duister (Bove, 2014).

Vanuit de overheid kwamen vooral berichten dat het wel allemaal zou meevallen en dat ze de bevolking voldoende zouden inlichten en sensibiliseren om minder stroom te verbruiken. Het stond immers nog niet vast of er effectief een stroomtekort zou zijn. Doel 4 zou misschien eind december 2014 opnieuw in werking kunnen treden, maar dit zou evengoed pas enkele maanden later kunnen zijn. Eén ding was zeker: de economische impact op het land zou enorm zijn.

### *“Oplapwerken Vande Lanotte”*

*De Morgen, 21-08-2014*

Toenmalig minister van Economie Johan Vande Lanotte (sp.a) stelde zelfs voor om een centrale in Maastbracht (in Nederland) aan het Belgische stroomnet te koppelen met een kabel van 15 kilometer (Adriaen, 2014). De procedure voor het bouwen van een nieuwe hoogspanningslijn neemt echter jaren in beslag, het was dus niet zo eenvoudig als het leek.

### *“Nog voor de winter al het mogelijke doen om stroomtekorten te vermijden”*

*De Tijd, 27-08-2014*

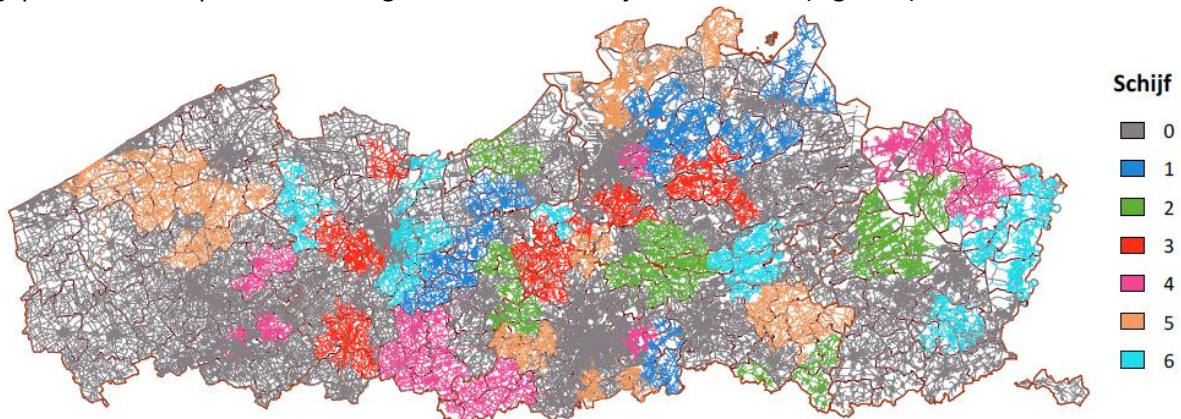
In de media werd ook gesproken van een ‘strategische reserve’. Dit zouden centrales zijn die niet rendabel waren en stilgelegd zijn, maar die wel snel opnieuw zouden kunnen opgestart worden in geval van schaarste. Het zou gaan om twee gascentrales (Seraing en Drogenbos) en deze zouden 850 MW produceren (ongeveer 6,5% van de totale productiecapaciteit). Voor de winter van 2014-2015 zou dit niet genoeg zijn en andere waren op dat moment niet beschikbaar. Aangezien het ook om oude centrales ging, was het niet zeker of dit wel effectief zou werken (Adriaen, 2014). Eind augustus 2014 kwam er stillaan meer informatie en zou het afschakelplan de laatste stap zijn om bij schaarste ervoor te zorgen dat het Belgische stroomnet in evenwicht wordt gehouden. Indien het Belgische stroomnet niet in evenwicht is, zou dit immers grote effecten hebben op de buurlanden waarbij een scenario zoals in 2006 niet uit te sluiten is (Adriaan, 2014).

Er werd zelfs gesproken van monsterboetes voor energieleveranciers als ze te weinig stroom op het net kunnen zetten. Indien een producent niet in staat zou zijn voldoende stroom te produceren, in te kopen of in te voeren dan zou die een boete moeten betalen van 4.500 €/MWh, het honderdvoudige van de elektriciteitsprijzen op dat moment. Dit wordt ook wel het onevenwichtstarief genoemd. Maar ook deze maatregel zal er niet veel aan kunnen verhelpen dat er te weinig stroom zal zijn en dat het afschakelplan eventueel in werking zou kunnen treden.

## 2.6. Het geactualiseerde afschakelplan

### 2.6.1. Informatie vanuit de overheid

Op 3 september 2014 stelde toenmalig staatsecretaris van energie, Catherine Fonck, het nieuwe, geactualiseerde afschakelplan voor aan de gouverneurs. Al snel kwam dit in de media terecht en op de websites van de distributienetbeheerders (Eandis en Infrax voor Vlaanderen) werden lijsten gepubliceerd die per straat weergaven tot welke schijf ze behoorde (Figuur 5).



Figuur 5: Afschakelplan Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest<sup>2</sup>  
Gebaseerd op stratenlijsten gepubliceerd op de websites van Eandis, Infrax en Sibelga (2014)

Ook werd op die dag meer informatie gegeven vanuit de overheid met betrekking tot de maatregelen die zullen genomen worden om stroom te besparen en afschakeling te vermijden. Op de website van de Federale Overheidsdienst (FOD) economie werden de acties gepresenteerd die zouden ondernomen worden om de energievoorziening te waarborgen (FOD economie, 2014):

- *De strategische reserve aanspreken*
  - *Het onevenwichtstarief*
  - *Maatregelen voor een daling van de vraag:*
    - *Sensibiliseren van de burgers om minder stroom te verbruiken*
    - *Verbruik van administratieve gebouwen in publieke en privé sector verminderen door te sensibiliseren, verbodsmaatregelen en eventueel vervroegde sluitingen 's avonds en het personeel vroeger naar huis sturen.*
    - *Afschakelen van onnodige verlichting (wegen, autosnelwegen, reclameborden, verlichting van monumenten, privé buitenverlichting...)*
    - *Stilleggen van het spoorverkeer (trein, metro en tram)*
- Voor al deze maatregelen zou onderzocht worden wat de bijdrage zou zijn op vlak van energiebesparing en de socio-economische impact ervan. Het zou eventueel mogelijk zijn dat niet al deze maatregelen overwogen zouden worden.*
- *Het afschakelplan*

<sup>2</sup> GIS-data: NAVSTREETS (native) Vector, V2010.3 (AGIV, 2010), gebruikte GIS-laag: Streets\_lam72

Doordat straatnamen niet altijd exact overeen kwamen bij het verwerken van de data zijn er op deze figuur enkele straten niet opgenomen in het afschakelplan terwijl ze dat in werkelijkheid wel zijn. De figuur geeft wel een goed globaal beeld weer van de getroffen zones in Vlaanderen en Brussel. 'Schijf 0' betekent dat deze straten niet in het afschakelplan zijn opgenomen.

(GIS: Geografisch informatiesysteem (software) voor de verwerking van geografische gegevens)

Bij de opmaak van het afschakelplan werd voornamelijk rekening gehouden met het selectief afschakelen van verschillende regio's en op die manier het land gelijk te behandelen. Het land werd hierbij opgedeeld in vijf geografische zones: het noordwesten, het noordoosten, het centrum, het zuidwesten en het zuidoosten. Vervolgens werd het Belgische net verdeeld in zes schijven van 500 MW die kunnen afgeschakeld worden en elke schijf is opgedeeld in vijf zones van 100 MW, elk gelegen in een verschillende geografische zone. De zes schijven zouden om beurt aan bod komen en maximaal voor drie uur worden afgeschakeld.

De volgorde bij gecontroleerde afschakeling (schaarste) is van schijf 6 naar 1 en bij een plots fenomeen van 1 naar 6 (Elia, 2012). Volgens de FOD economie is deze volgorde zo gekozen om niet altijd dezelfde verbruikers te treffen. Volgens Electrabel had dit eerder een technische reden zodat, wanneer er bij schaarste zich ook een plotse storing voordoet, de automatische afschakeling goed kan verlopen (Electrabel, 2014).

### 2.6.2. Regionale ongelijkheid

#### *“Afschakelplan treft regio's niet even hard”*

*De Tijd, 09-09-2014*

Volgens het ministerieel besluit van 2005 moesten de schijven zo opgesteld zijn zodat per schijf 5% van de belasting van die geografische zone werd afgeschakeld (M.B. 3 juni 2005). Na de publicatie van het geactualiseerde afschakelplan bleek al snel dat in Wallonië veel meer zones ingekleurd waren. Er zouden in Vlaanderen 38% van de distributieposten afgeschakeld worden tegenover 72% in Wallonië. Dit resulteerde al snel in politieke onrust tussen beide gewesten. Elia reageerde dat het plan 'een technische en geen communautaire visie' had, maar ze zouden wel bereid zijn tot aanpassingen. Aangezien de 5% in de zuidoostelijke en zuidwestelijke zone (Wallonië) ook overschreden werd, waren ze verplicht om het afschakelplan aan te passen (Elia, 2014).

#### *“Afschakelplan bijgestuurd in Wallonië”*

*De Tijd, 13-09-2014*

Enkele dagen later werden deze zones in twee gedeeld waarbij om beurt de helft van de zone in aanmerking zou komen om afgeschakeld te worden. Zo zou in die zones eerst schijf 6A, 5A, 4A... in aanmerking komen en pas in een volgende ronde 6B, 5B, 4B... . Elia liet toen ook weten dat andere politieke aanpassingen niet meer gedaan zouden worden voor de winter 2014-2015 maar dat er nadien eventueel wel nog aanpassingen mogelijk waren (Adriaen, 2014).

#### *“Termont start juridisch procedure tegen afschakelplan”*

*De Standaard, 04-10-2014*

Vanuit Gent kwam op dat moment ook veel verontwaardiging over het afschakelplan. De Gentse haven lag voor een groot deel in een zone die afgeschakeld zou kunnen worden en ook dichtbevolkte deelgemeenten als Sint-Amandsberg (2.830 inw./km<sup>2</sup>) en Ledeberg (6.158 inw./km<sup>2</sup>) waren grotendeels opgenomen in het afschakelplan. Hierdoor zouden meer dan 95.000 Gentenaars, een hele reeks bedrijven, enkele ziekenhuizen en enkele Seveso-bedrijven zonder stroom kunnen worden gezet terwijl andere grootsteden/havensteden als Antwerpen en Brugge/Zeebrugge grotendeels gevrijwaard bleven van een mogelijke afschakeling. De burgemeester van Gent, Daniël Termont,



overwoog zelfs juridische stappen om het afschakelplan te laten aanpassen. Hij riep ook op tot solidariteit van andere gemeenten om minder stroom te verbruiken zodat het afschakelplan niet zou moeten geactiveerd worden. Het afschakelen van de Gentse haven zou immers voor héél België een grote economische impact hebben (De Roo, 2014).

Ziekenhuizen en grote industriebedrijven beschikken in vele gevallen wel over een noodgenerator maar deze dienen enkel om het hoogstnodige van stroom te voorzien. De slagbomen op de parking zouden dan waarschijnlijk niet meer omhoog kunnen gaan waardoor het personeel niet naar huis kan. De monitoring in de dokken van de haven zou ook niet meer werken waardoor de veiligheid van de scheepvaart in het gedrang zou komen zodat zelfs bedrijven met een noodgenerator niet meer optimaal kunnen functioneren. De bedrijven die rechtstreeks aangesloten zijn op het hoogspanningsnet van Elia zoals Volvo en ArcelorMittal in de haven van Gent zouden waarschijnlijk toch nog stroom kunnen krijgen, maar als het personeel niet naar huis kan door een afgeschakelde slagboom zou dit nog steeds een immense chaos creëren.

In februari 2015 werd beslist deze juridische procedure stop te zetten aangezien er toen slechts nog maar een kleine kans was op een stroomtekort voor die winter. Indien het afschakelplan niet aangepast zou worden voor de volgende winter werd opnieuw bedreigd met rechterlijke stappen (Jod, 2015).

### 2.6.3. Overheidsmaatregelen

#### 2.6.3.1. Solidariteit

#### *“Gent wil West-Vlaamse stroom bij stroomtekort”*

*De Standaard, 07-10-2014*

Om afschakeling te voorkomen werd er opgeroepen tot solidariteit van verschillende gemeenten. Deze ‘call for help’ kwam voornamelijk vanuit Gent omdat dit de enige centrumstad was die zeer zwaar getroffen zou worden. Burgemeester Daniël Termont riep de West- en Oost-Vlaamse gemeenten op om minder stroom te verbruiken:

*“Gemeenten die in het plan gespaard blijven, zouden eventueel wél kunnen afschakelen, zodat er meer ruimte komt voor Gent. Ik heb hen erop gewezen dat ook zij getroffen worden, rechtstreeks of onrechtstreeks. De haven heeft ook invloed op hun inwoners.” (Termont D., 2014)*

#### *“Het wordt een donkere kerst”*

*Het Nieuwsblad, 04-09-2014*

Plots kwam ook de kerstverlichting-crisis naar voren. Er ontstond veel kritiek op het feit dat er in bijna alle gemeenten elke winter kerstverlichting wordt opgehangen en dat dit ook zorgde voor een grote energieconsumptie. Sommige gemeenten wapenden zich door te verkondigen dat ze al overgeschakeld waren op LED-verlichting, wat zeer weinig elektriciteit verbruikt, andere gemeenten kozen er dan weer voor om geen ijspiste aan te leggen (De Standaard, 2014). Terwijl kerstverlichting met LED-lampjes net kan zorgen voor een gezellige kerstsfeer op een energiezuinige manier en eventueel ook bewoners naar buiten kan lokken waardoor zij zelf geen energie verbruiken in hun huis, zorgde dit toch voor veel commotie.

## “Franse stroomnetbeheerder wil België bijspringen”

*De Tijd, 03-10-2014*

Zelfs vanuit Frankrijk kwam het idee om België te helpen. Begin oktober 2014 kwam het bericht in de media dat de Franse stroomnetbeheerder RTE eventueel België wil bijspringen. Concreet zouden de verbindingpunten tussen België en Vlaanderen dan versterkt moeten worden zodat er een grotere hoeveelheid stroom kan ingevoerd worden (Evenepoel, 2014). Of dit effectief mogelijk was moet nog onderzocht worden.

### 2.6.3.2. Sensibilisering

#### “Samen sparen we een kerncentrale uit”

*De Tijd, 04-11-2014*

Door toenmalig staatssecretaris voor energie Catherine Fonck (cdH) werd er toen ook aangekondigd dat er vanuit de regering een sensibiliserings/informatie-campagne zou worden in gang gezet op 15 oktober. Op 11 oktober kwam er echter een nieuwe federale regering met een nieuwe minister voor energie, Marie-Christine Marghem (MR), met gevolg dat deze campagne werd uitgesteld tot begin november.

Op 3 november werd dan uiteindelijk deze campagne opgestart en werd de website ‘www.offon.be’ gelanceerd waarop een stroomindicator (Figuur 6) werd weergegeven met verschillende tips om energie te besparen (Adriaen, 2014) (Elia, 2014).

De stroomindicator geeft de vooruitzichten voor de Belgische energiebevoorrading weer voor de komende zeven dagen. Ook via een app, ‘Elia 4cast’, en het weerbericht op de televisiezender ‘één’ kon deze stroomindicator met bijhorende tips geraadpleegd worden.

Door deze sensibiliseringsactie zou er volgens Elia en de overheid 1 000 MW kunnen bespaard worden, wat ongeveer neerkomt op de capaciteit van Doel 4. Ook via verbodsregels vanuit de overheid zou getracht worden bepaalde vormen van stroomverbruik uit te schakelen om afschakeling te voorkomen. Het zou dan gaan om etalageverlichting, neonreclame, kerstverlichting... die verplicht uitgeschakeld moeten worden bij dreigende schaarste.

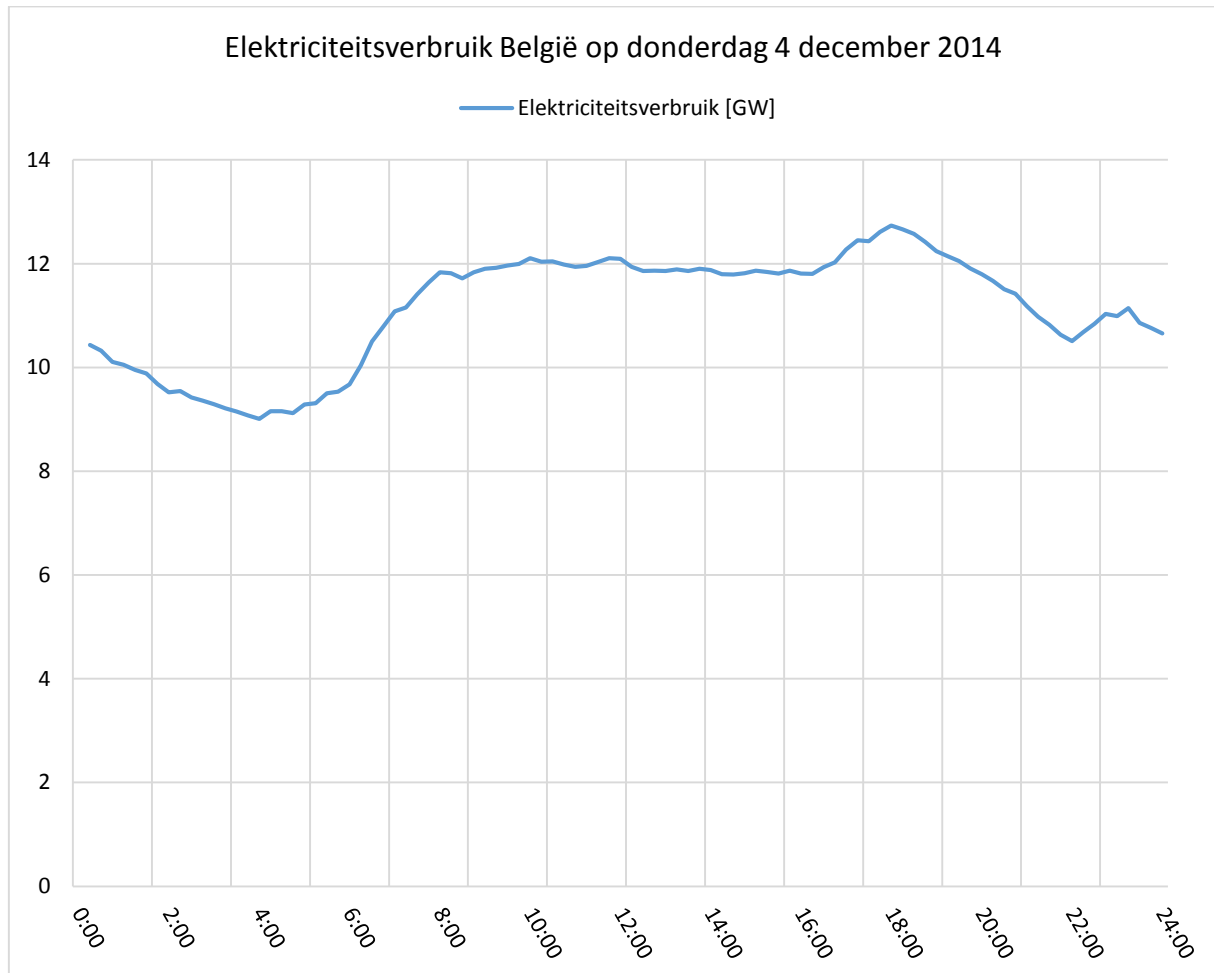
Op de stroomindicator worden vier mogelijke scenario’s voorgesteld:

- Groen: normaal
- Oranje: risico op stroomtekort
- Rood: risico op afschakeling
- Zwart: afschakeling aangekondigd



*Figuur 6: voorbeeld stroomindicator  
(<http://offon.be/nl>)  
(Fictieve data) (FOD Economie, 2014)*

Code 'oranje: risico op stroomtekort' is hier de meest interessante om extra te benadrukken. Bij een risico op stroomtekort wordt er vanuit de overheid aangeraden minder te verbruiken en vooral tijdens de kritieke periode (tussen 17 uur en 20 uur). Figuur 7 laat het elektriciteitsverbruik zien van donderdag 4 december, toen het hoogste piekverbruik (12 736 110 kW) van de winter van 2014-2015 werd gemeten. Tussen 17 uur en 20 uur is er duidelijk een piek waar te nemen in het verbruik. Een gelijkaardig verloop kan elke dag waargenomen worden.



Figuur 7: Elektriciteitsverbruik donderdag 4 december 2014 (kwartuurwaarden)  
Gebaseerd op data van Elia, real-time Elia grid load, 2014

## 2.7. De toekomst van de kerncentrales in België

*“Scheurtjescentrales Doel 3 en Tihange 2 liggen nog maanden stil”*

*De Tijd, 08-05-2015*

De wettelijke sluiting van Doel 1 was op 15 februari 2015 en voor Doel 2 volgt hetzelfde lot voor het einde van 2015. Doel 3 en Tihange 2 liggen al sinds 25 maart 2014 stil door scheurtjes in de kernreactor en het is momenteel nog niet geweten wanneer ze opnieuw zullen opstarten en of dit wel ooit zal gebeuren. Voor de winter van 2015-2016 zal slechts de helft van de kernenergie productie beschikbaar zijn en zal het afschakelplan wellicht opnieuw voor veel heisa zorgen en misschien wel effectief toegepast worden (De Tijd, 2015).

### *“Bom onder verlenging Doel 1”*

*De Standaard, 21-05-2015*

De federale regering is zich ook bewust van dit probleem en werkt daarom aan een wet over de verlenging van de levensduur van Doel 1 en Doel 2 om ze nog 10 jaar langer te kunnen openhouden, tot 2025. Of dit effectief zal lukken voor de winter van 2015-2016 is nog maar de vraag want op juridisch vlak moeten verschillende procedures doorlopen worden die maanden of zelfs jaren in beslag kunnen nemen (Winckelmans, 2015).

### *“België is slecht voorbereid op kernramp”*

*De Morgen, 13-03-2015*

Ondanks de strenge veiligheidsvoorschriften in kerncentrales blijft de kans op een kernramp bestaan met catastrofale gevolgen als resultaat. De kernramp in Fukushima in 2011 zit bij velen nog vers in het geheugen en ook de kernramp in Tsjernobyl in 1986 laat de dag van vandaag nog immense sporen na in het gebied. Het idee om kerncentrales langer open te houden terwijl een hele resem aan alternatieven beschikbaar zijn, gaat dus uit van een weinig duurzaam en onveilig energiebeleid (Van Horenbeek, 2015).

#### 2.8. Resultaat van het afschakelplan

Dit hoofdstuk zou nog verder kunnen doorgaan en het afschakelplan eist tot op de dag van vandaag nog steeds zijn plek op in het publieke debat. Aangezien veel thema's blijven terugkomen wordt dit hoofdstuk beperkt tot het voorgaande. Indien nodig zal in de volgende hoofdstukken opnieuw de verwijzing gemaakt worden naar specifieke mediaberichten zodat de link met het publieke debat behouden blijft.

In het volgende hoofdstuk zal de informatie uit dit hoofdstuk thematisch gebundeld worden van waaruit enkele interessante onderzoekspaden ontstaan die van belang zijn voor het verdere verloop van deze thesis.

## Hoofdstuk 3: Strategieën voor een robuuster elektriciteitssysteem

### 3.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal getracht worden bepaalde belangrijke aspecten uit het voorgaande hoofdstuk thematisch in te delen. Deze synthese van het afschakelplan zal onderverdeeld worden in drie thema's: geografische spreiding, maatregelen en impact van het afschakelplan.

Vervolgens zal het toekomstperspectief van het elektriciteitsnet kort beschreven worden omdat dit toch niet mag vergeten worden wanneer aanpassingen voor het net worden voorgesteld. Thema's die hier aan bod zullen komen zijn de sluiting van de kerncentrales, klimaatdoelstelling en de integratie van hernieuwbare energiebronnen in het elektriciteitsnet.

In het laatste deel van dit hoofdstuk zullen drie strategieën geformuleerd worden die de potentie hebben om naar een robuuster elektriciteitsnet te evolueren: decentrale energiebronnen, buffers en microgrids. In het volgende deel van deze thesis zal op basis van een literatuurstudie het strategisch kader geschetst worden rond deze drie sporen.

### 3.2. Synthese van het afschakelplan

#### 3.2.1. Geografische spreiding

Op de kaart die Elia verspreidde begin september 2014 (Figuur 5, pag. 15) worden verschillende zones afgebakend die mogelijks afgeschakeld kunnen worden bij een stroomtekort. Deze zones houden geen rekening met gemeentegrenzen en de afbakening moet dus vanuit een andere onderliggende gedachte gemaakt zijn. Hoe werden deze zones dan wel precies vastgelegd?

In het ministerieel besluit spreekt men van 'landelijke gebieden' maar uit het plan blijkt dat veel steden ook getroffen worden en kleine dorpen soms niet (M.B. 3 juni 2005). Op de website van Elia staat vermeld dat de geografische spreiding van de zones gecreëerd is om tegemoet te komen aan problemen met de spanningsregelingen en om onevenwichten op het net te vermijden (Elia, 2015).

De technische argumentering van Elia lijkt de meest plausibele reden waarom het plan op die manier is opgemaakt, maar zit er ook een politiek staartje aan? Op deze laatste vraag kan helaas geen antwoord gegeven worden omdat hier formeel niets over vermeld wordt.

Doordat deze geografische afbakening op het eerste zicht willekeurig gebeurd is, was er ook een grote ongelijkheid tussen verschillende regio's. Toen bleek dat er in Wallonië bijna dubbel zo veel distributieposten afgeschakeld zouden worden was het wel plots mogelijk om het plan bij te sturen.

Ook op stedelijk niveau werden bepaalde grote steden zoals Gent en Sint-Niklaas zwaar getroffen terwijl andere steden zoals Antwerpen en Brugge grotendeels gevrijwaard bleven. Hier waren aanpassingen niet mogelijk voor de winter van 2014-2015, eventueel wel voor de volgende winter(s).

Hieruit zou kunnen afgeleid worden dat de ene stad of regio belangrijker is dan de andere. Op het eerste zicht lijkt dit alleszins wel zo, maar formeel wordt dit niet bevestigd vanuit de politiek, noch van de netbeheerders of elektriciteitsproducenten.

#### 3.2.2. Maatregelen

Door deze regionale ongelijkheid riepen verschillende steden, en dan vooral Gent, op tot solidariteit. Indien andere gemeenten voldoende stroom zouden besparen, zou het stroomtekort beperkt kunnen blijven. Op deze manier kon een afschakeling eventueel voorkomen worden.

Vanuit de federale overheid werden ook allerlei sensibiliseringsmaatregelen voorzien om stroom te besparen en afschakeling te voorkomen. Deze maatregelen hielden vooral rekening met het uitschakelen van toestellen tijdens de piekuren (17u tot 20u).

### 3.2.3. Impact

De impact van het afschakelplan zou immense problemen opleveren op maatschappelijk en economisch vlak. Treinen die niet rijden, slagbomen die weigeren omhoog te gaan, ventilatiesystemen in landbouwbedrijven die dreigen uit te vallen, bewakingssystemen die niet functioneren... en dit lijstje kan zo blijven doorgaan.

Het afschakelplan lijkt een oplossing voor het probleem van een stroomtekort te zijn, maar dit kan alleszins niet de beste oplossing zijn. Het elektriciteitsnet dat we de dag van vandaag kennen is te fragiel om met dit soort problemen om te gaan en het afschakelplan toont aan dat aanpassingen nodig zijn om naar een robuuster elektriciteitsnet te evolueren om hier beter mee te kunnen omgaan.

## 3.3. Toekomstperspectief

### 3.3.1. Kerncentrales

Het afschakelplan dat in het tweede hoofdstuk besproken werd, kwam in de zomer van 2014 in de media door het uitvallen van enkele kerncentrales in België. Hierdoor was het onzeker of de energiebevoorrading gewaarborgd kon blijven en bestond de kans dat grote regio's zonder stroom zouden vallen tijdens de piekmomenten.

Voor de winter van 2014-2015 bleek er uiteindelijk geen probleem te zijn wat de stroombevoorrading betreft en moest het afschakelplan niet toegepast worden. Dit betekent echter niet dat dit probleem meteen opgelost is en dat er voor de volgende jaren ook voldoende stroom beschikbaar zal zijn. Door de wet van 31 januari 2003 betreffende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie, zal het aandeel kernenergie in België geleidelijk aan afnemen. Tabel 1 toont voor de verschillende kernreactoren de geplande sluitingsdata die vastgelegd zijn bij wet.

<b>Kernreactor</b>	<b>Geplande sluitingsdatum</b>	<b>Vermogen [MW]</b>	<b>Aandeel in het productiepark</b>
Doel 1	15/02/2015	433	2,82 %
Doel 2	01/12/2015	433	2,82 %
Doel 3	01/10/2022	1006	6,55 %
Tihange 2	01/02/2023	1008	6,56 %
Doel 4	01/07/2025	1038	6,76 %
Tihange 3	01/09/2025	1046	6,81 %
Tihange 1	01/10/2025	962	6,26 %

*Tabel 1: Geplande sluitingsdata kernreactoren (WET 31 januari 2003)*

Het totale aandeel kernenergie in het Belgische productiepark is ongeveer 38,5% en zonder nieuwe vormen van energieproductie zullen deze sluitingen zonder twijfel problemen opleveren wat de elektriciteitsbevoorrading betreft.

De federale regering is zich ook bewust van dit probleem en wil de kerncentrales langer openhouden. Of dit effectief zal gebeuren is echter op dit moment nog hoogst onzeker.

### 3.3.2. Doelstellingen klimaat en energie

De toekomst van de kerncentrales blijft onzeker en de groeistrategie Europa 2020 stelt volgende doelstellingen op wat betreft energie en klimaat (Europese Commissie, 2015):

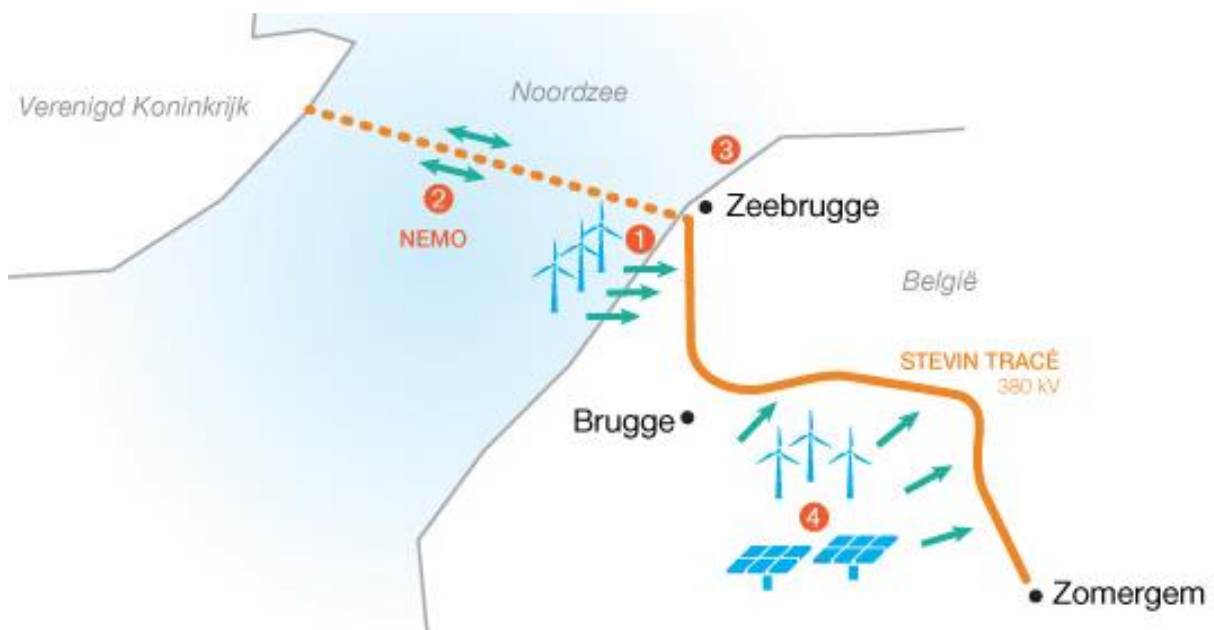
- 20% minder uitstoot van broeikasgassen dan in 1990
- 20% van de energie uit duurzame energiebronnen halen

In 2014 stootte België 15% minder broeikasgassen uit dan in 1990 en bedroeg de duurzame energieproductie 13% (Europese Commissie, 2014). Op korte termijn is er dus nog werk aan de winkel en ook op lange termijn wordt gezocht naar meer duurzame energie-alternatieven. In 2011 werd door de vier Belgische ministers bevoegd voor energie een consortium samengesteld om de haalbaarheid van een 100% hernieuwbaar energiesysteem tegen 2050 te onderzoeken (VITO; Federaal planbureau, ICEDD, 2013).

### 3.3.3. Integratie hernieuwbare energiebronnen

Wanneer dit onderzoek gevoerd wordt, zal ook rekening gehouden worden met het toekomstperspectief van het elektriciteitsnetwerk. Het huidige elektriciteitsnet is opgebouwd vanuit de oudere elektriciteitscentrales en een groot deel van de energieproductie komt vanuit de kerncentrales in Doel en Tihange. Het is dan ook logisch dat bij de opbouw van het netwerk hiermee rekening gehouden werd. Nieuwe technologieën zoals wind- en zonne-energie kunnen overal in het territorium ingeplant worden, maar is dit wel mogelijk voor het elektriciteitsnet zoals het er de dag van vandaag uitziet?

Dit probleem heerst nu al bij de windmolenparken in de Noordzee. De elektriciteitskabels in de kustgemeenten en rondom zijn niet voorzien op het transporteren van een grote hoeveelheid stroom waardoor het aantal windmolens of andere energieproductie aan de kust gelimiteerd is (Panorama: Watt een kluwen, 2011). Op dit moment wil Elia dit probleem aanpakken door een nieuwe hoogspanningsleiding aan te leggen tussen Zeebrugge en Zomergem (Stevin project, Figuur 8). Deze verbinding is bovendien noodzakelijk om de connectie te maken met het elektriciteitsnet van Groot-Brittannië (project Nemo).



Figuur 8: Stevin Project (Elia, 2014)

Op 4 juni 2014 heeft de Vlaamse Overheid een stedenbouwkundige vergunning verleend aan Elia voor het Stevin project (Elia, 2014). Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de vergunningsprocedure ongeveer vijf jaar in beslag nam en het zal zeker nog eens drie jaar duren tot de effectieve ingebruikname. Op deze manier komt de geplande kernuitstap in 2025 ook zeer dichtbij.

### 3.4. Potenties voor een robuuster elektriciteitsnet

#### 3.4.1. Decentrale energieopwekking

Wanneer we naar een CO<sub>2</sub>-neutrale samenleving willen evolueren of als we in 2025 de kerncentrales effectief willen sluiten, zullen nieuwe vormen van energiebronnen steeds meer het landschap moeten innemen. Er zal echter méér nodig zijn dan zomaar windmolens en zonnepanelen plaatsen. Een goed doordachte strategie is noodzakelijk bij de transitie naar een duurzaam elektriciteitsnet.

*“Geen wind, geen elektriciteit”*

Hernieuwbare energiebronnen zijn sterk afhankelijk van weersomstandigheden en als er geen wind of zon is dan wordt er eenvoudigweg ook geen elektriciteit geproduceerd.

Deze energiebronnen bieden daarentegen wel een interessant voordeel: decentrale opwekking. Windmolens en zonnepanelen kunnen in principe overal ingeplant worden, waardoor de consument in principe ook zijn eigen energie kan opwekken door zelf zonnepanelen te installeren of een windmolen te bouwen. Anderzijds mag het groot ruimtebeslag die deze hernieuwbare energievormen innemen niet vergeten worden. Zeker wanneer dit in de Vlaamse context geplaatst wordt, is het duidelijk dat de regio volbouwen met windmolens ook geen oplossing is.

#### 3.4.2. Bufferen van elektriciteit

Een duurzame energieproductie is een eerste sleutel voor een robuuster elektriciteitsnet, maar ook aan de vraagzijde zijn er mogelijkheden. Het probleem van een stroomtekort situeert zich voornamelijk tijdens de piekmomenten en wanneer op dat moment minder stroom verbruikt wordt, verkleint de kans dat het afschakelplan effectief moet toegepast worden.

Wat als het netwerk zodanig aangepast kan worden dat bepaalde energieverlindende toestellen, zoals wasmachines of elektrische boilers, automatisch uitgeschakeld worden tijdens de piekuren? Op deze manier kan er misschien voldoende elektriciteit bespaard worden zodat er geen grote regio's zonder stroom moeten vallen en de impact van een stroomtekort minimaal blijft?

Het energieverbruik is bovendien sterk afhankelijk van de energieproductie want er moet op elk moment een evenwicht zijn tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit. Het bufferen van elektriciteit is een technologie die hier de sleutel kan zijn om het elektriciteitsnet in evenwicht te houden.

Onder bufferen van elektriciteit wordt het volgende verstaan:

*“Wanneer er te veel elektriciteit geproduceerd wordt, kunnen buffers dit overschot opvangen en wanneer er te weinig geproduceerd wordt zorgen buffers ervoor dat er toch voldoende elektriciteit beschikbaar is.”*



Twee verschillende vormen van buffers kunnen onderscheiden worden:

1. Het bufferen van elektriciteit door het elektriciteitsverbruik af te stemmen op de productie ervan. Wanneer er bijvoorbeeld weinig wind en zon is, zal het noodzakelijk zijn dat er ook weinig elektriciteit verbruikt wordt om het elektriciteitsnet in evenwicht te houden. Dit kan bijvoorbeeld door energieverblindende toestellen zoals wasmachines, droogkasten, vaatwassers... niet te gebruiken op dat moment. Het gebruik van deze toestellen wordt dan beter verschoven in de tijd naar een moment waar er wel veel wind of zon is. In de vakliteratuur spreekt men hier van 'smart grids'. Het principe van een smart grid is het afstemmen van het verbruik op het aanbod. Door middel van slimme meters worden bepaalde toestellen pas aangeschakeld wanneer het aanbod groot is maar de vraag klein (bijvoorbeeld 's nachts). Het toestel zal bovendien zeker aangeschakeld worden binnen een vooraf ingestelde termijn. Als de vaatwasser 's avonds wordt klaargezet en zeker tegen de ochtend erop moet gedaan zijn, dan berekent deze slimme meter wanneer het toestel zal aangeschakeld worden. Op economisch vlak kan hierop ook ingespeeld worden doordat de prijs op deze tijdstippen automatisch lager is (vraag-aanbod) en dit dus een financieel voordeel heeft voor de consument (Linear, 2012).
2. Een andere vorm van buffers is het opslaan van elektriciteit. Er bestaan veel verschillende manieren om elektriciteit op te slaan en een simpele batterij is waarschijnlijk de meest bekende. Dit concept wordt op dit moment al in vele gevallen toegepast, denk hierbij maar aan een auto op benzine of diesel. Wanneer de motor van de auto niet draait, is het mogelijk dat men naar de radio luistert of lichten in de auto aansteekt waarbij stroom vanuit de accu van de auto wordt verbruikt. Wanneer de motor aangeschakeld wordt, zal de accu opnieuw opgeladen worden door middel van de energie die geproduceerd wordt uit de verbranding van de benzine of diesel.

### 3.4.3. Microgrids

Het bufferen van elektriciteit heeft potentieel om op een efficiënte manier om te gaan met weersafhankelijke energiebronnen. Indien er op een bepaald moment niet genoeg stroom beschikbaar is, kan het bufferen van elektriciteit ervoor zorgen dat er toch een evenwicht is tussen vraag en aanbod. Dit wordt bereikt door ofwel het elektriciteitsverbruik uit te stellen naar een moment dat er wel veel elektriciteit beschikbaar is, ofwel opgeslagen elektriciteit te gebruiken. Zeker wanneer duurzame energiebronnen een groot aandeel van het productiepark gaan innemen, zal het niet evident zijn om de balans tussen de elektriciteitsvraag en het -aanbod in evenwicht te houden.

De discussie rond het afschakelplan en de combinatie van decentraal produceren en het bufferen van elektriciteit wekt bovendien ook een andere vraag op:

*“Is het mogelijk om mijn eigen energie op te wekken en los te koppelen van het net?”*

Het antwoord op deze vraag zal hoogstwaarschijnlijk negatief zijn indien het gaat om één gebruiker die autonoom wil functioneren van het net. 's Nachts kan geen elektriciteit worden geproduceerd met zonnepanelen en kleine, particuliere windmolens zijn nog niet zichtbaar in het Vlaamse landschap.

Wanneer deze vraag gesteld wordt door een groep gebruikers wordt een autonoom energie-eiland al meer plausibel. In de vakliteratuur wordt gesproken van microgrids:

*“Een verzameling verbruikers, generatoren en eventueel energie-opslageenheden die zich als één geheel (deelnet) gedragen ten opzicht van het elektriciteitsnet en, indien nodig, onafhankelijk van dit net kunnen werken.” (Loix, 2009)*

Het onafhankelijk functioneren van het elektriciteitsnet betekent dus ook dat bij een stroomtekort deze groep verbruikers kan losgekoppeld worden van het net en dat zij kunnen instaan voor hun eigen elektriciteitsproductie waardoor het licht bij hen dus wel zal blijven branden.

### 3.5. Strategieën

In dit hoofdstuk werden drie strategieën aangehaald om naar een duurzaam en robuust elektriciteitssysteem te evolueren en zo beter te kunnen omgaan met problemen zoals een stroomtekort. Deze drie sporen zijn de aanleiding voor het volgende deel waar deze thema's dieper onderzocht zullen worden.

Het eerste spoor dat onderzocht wordt is de decentrale energieopwekking. Hierbij zal eerst het hedendaagse elektriciteitsnet besproken worden en vervolgens zullen twee decentrale energiebronnen, wind en zon, aan bod komen.

Het vijfde hoofdstuk legt de focus op het bufferen van elektriciteit. Hier zal de opsplitsing gemaakt worden tussen enerzijds smart grids en anderzijds het opslaan van elektriciteit.

In het zesde hoofdstuk wordt het thema autonomie en microgrids onderzocht.

## DEEL III. STRATEGISCH KADER



## Hoofdstuk 4: Decentrale energiebronnen

### 4.1. Inleiding

De onzekerheid van kernenergie en CO<sub>2</sub>- en klimaatdoelstellingen tonen de nood aan alternatieve energiebronnen. Het doel van dit hoofdstuk zal er dan ook in bestaan om op zoek te gaan naar een duurzaam elektriciteitssysteem en hoe realistisch dit effectief is in de Vlaamse context.

In het eerste deel van dit hoofdstuk zal vertrokken worden van het hedendaagse elektriciteitssysteem en zal het huidige energieproductiepark besproken worden.

In het tweede deel van dit hoofdstuk zullen de duurzame en decentrale energiesystemen aan bod komen. Als eerste zal windenergie aan bod komen, vervolgens zonne-energie. In dit deel zullen zonnepanelen en windmolens beide besproken worden, enerzijds als een object in de ruimte en anderzijds als een energieopwekkingsstelsel.

### 4.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem

#### 4.2.1. Het productiepark

Hoe ziet het elektriciteitssysteem dat we de dag van vandaag kennen er precies uit?

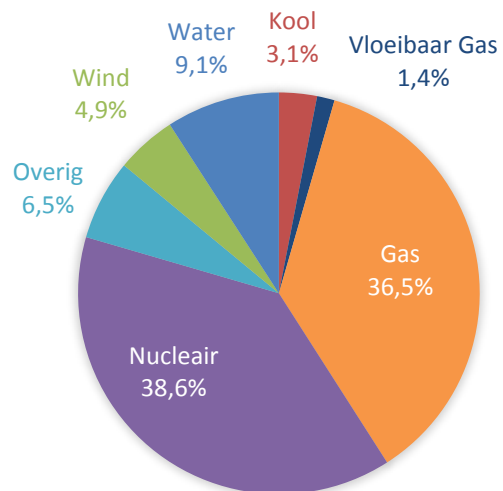
Om een antwoord te geven op deze vraag wordt eerst het hedendaagse productiepark in België toegelicht (Figuur 9). Ongeveer 85% van de elektriciteit wordt opgewekt door niet-hernieuwbare energiebronnen (kool, gas en nucleair). Het overige deel wordt ingenomen door hernieuwbare energiebronnen (wind en water) (Elia, 2015).

Kolencentrales en kerncentrales behoren zonder twijfel tot het hedendaagse elektriciteitsnet. Ze zijn niet duurzaam want ze produceren CO<sub>2</sub> of kernafval en deze centrales zijn gebouwd in de jaren 70 dus ze zijn ook relatief oud.

Gasgestookte centrales zijn ook niet duurzaam (CO<sub>2</sub>) en behoren ook tot het hedendaagse elektriciteitssysteem. Een deel van deze centrales is pas gebouwd in de 21<sup>ste</sup> eeuw dus hier kan gesteld worden dat deze centrales ook in het elektriciteitsnet van de toekomst een plaats zullen hebben.

Windenergie is een energiebron die pas sinds enkele jaren zijn opmars kent en zal hoogstwaarschijnlijk ook in de toekomst blijven groeien. In het hedendaagse elektriciteitssysteem heeft windenergie slechts een beperkt aandeel en dus zal windenergie een energiebron zijn die zich hoofdzakelijk situeert in het net van de toekomst.

Water is ook een hernieuwbare energiebron maar hier wordt in tegenstelling tot wind al veel langer energie uit opgewekt. In België zijn er slechts twee waterkrachtcentrales van meer dan 100 MW: Coo-Trois-Ponts en La Pralle Taille en deze dateren respectievelijk uit 1979 en 1980. Aangezien sindsdien

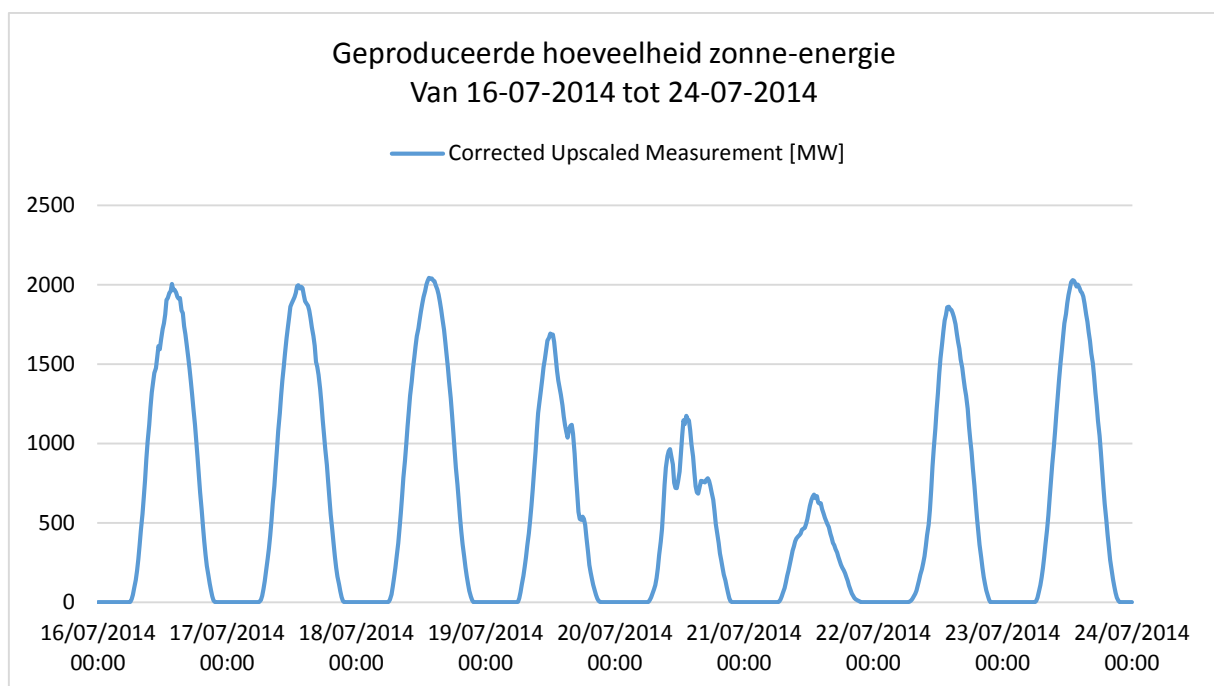


Figuur 9: Productiecapaciteit per energiebron  
Geïnstalleerd vermogen in België (Elia, 2015)

geen grote waterkrachtcentrales bijgebouwd zijn en deze centrales ook relatief oud zijn, behoren deze centrales ook tot het hedendaagse elektriciteitsnet. Het is ook weinig waarschijnlijk dat in de toekomst nieuwe grote waterkrachtcentrales bijgebouwd zullen worden aangezien de topografische kenmerken van België dit niet toelaten.

#### 4.2.2. Zonne-energie

Bemerkt dat in de vorige paragraaf zonne-energie niet opgenomen werd in het productiepark. De reden hiervoor is dat de geproduceerde elektriciteit door zonnepanelen zeer sterk fluctueert gedurende een volledig etmaal. 's Nachts wordt er geen stroom geproduceerd en rond de middag treedt er een piekverbruik op dat in 2014 op zonnige dagen opliep tot meer dan 2 GW (Figuur 10). Ter vergelijking, het piekverbruik in deze periode (16-07-2014 tot 24-07-2014) was ongeveer 9 GW. Op bewolkte dagen zal de productie veel lager liggen en in de winter zal er ook minder geproduceerd worden ten opzichte van de zomer.



Figuur 10: Geproduceerde hoeveelheid zonne-energie (16-07-2014 tot 24-07-2014) (Elia, 2015)

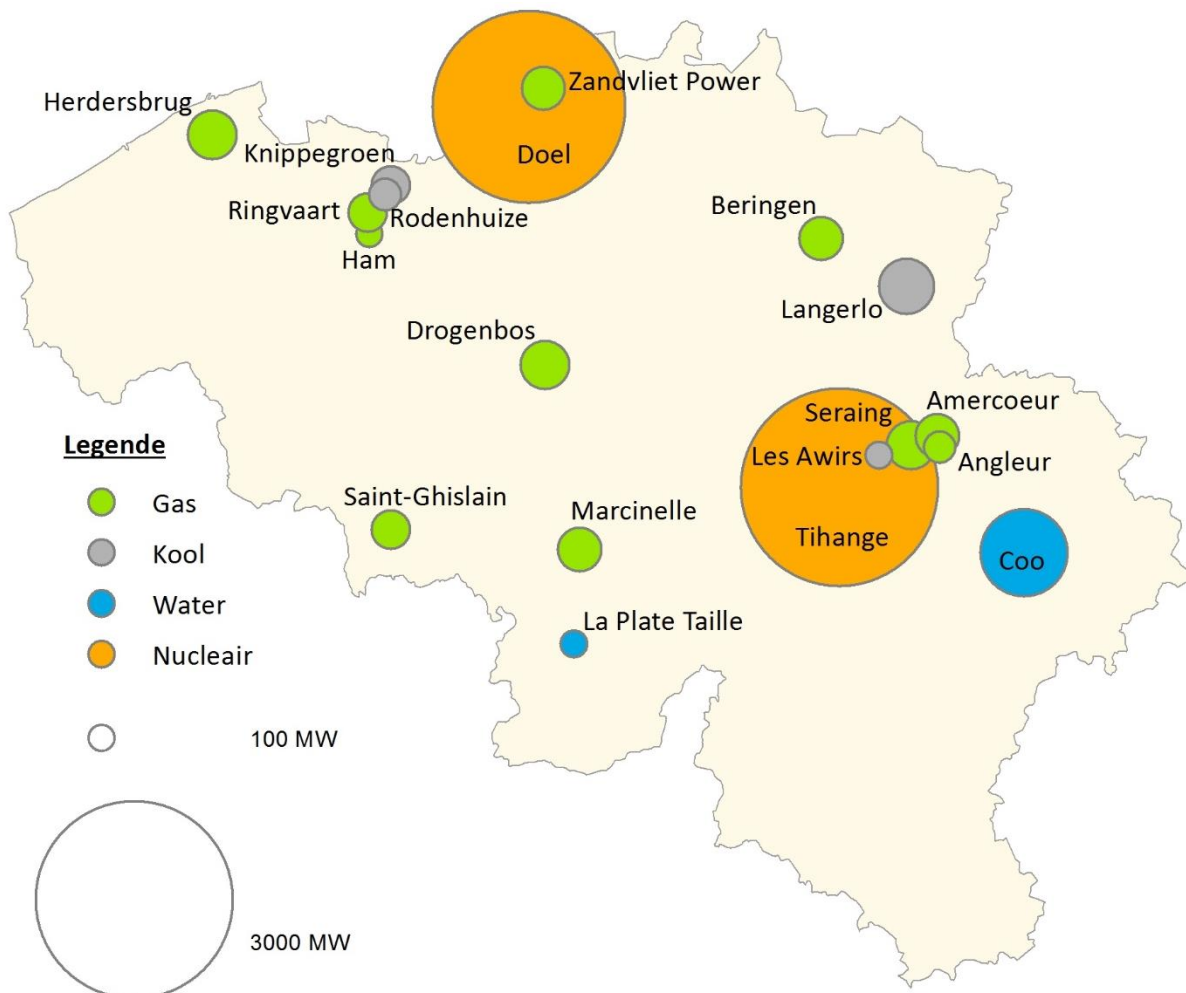
Zonne-energie is een relatief nieuwe technologie die tussen 2006 en 2012 een sterk opmars gekend heeft in België. Zonne-energie is net zoals windenergie een duurzame energiebron die decentraal kan ingezet worden en behoort hier tot het elektriciteitsnet van de toekomst.

#### 4.2.3. Centraal en niet-duurzaam

Uit bovenstaande redenering kan geconcludeerd worden dat de hedendaagse elektriciteitsproductie centraal gebeurt en hoofdzakelijk met niet-hernieuwbare energiebronnen in enkele grote centrales verspreid over het land. De geproduceerde stroom wordt vervolgens op het hoogspanningsnet gezet om uiteindelijk terecht te komen bij de verbruikers.

Figuur 11 toont het geïnstalleerd vermogen van het hedendaagse elektriciteitsnet in België. Er is een selectie gemaakt van centrales groter dan 100 MW en omvat de centrales die behoren tot 'het hedendaagse elektriciteitsnet' zoals beschreven in voorgaande paragrafen. De grootte van de cirkels

stelt de productiecapaciteit voor. Op de kaart zijn 19 centrales aangeduid die samen een productiecapaciteit van bijna 12,7 GW hebben. Een elektriciteitsverbruik hoger dan deze waarde komt zeer weinig voor in België (Figuur 7, pag. 19) dus dit betekent dat met dit beperkt aantal centrales de elektriciteitsvoorraad in België gewaarborgd is. Hierbij moet uiteraard wel opgemerkt worden dat al deze centrales dan ook optimaal moeten functioneren. Het wegvallen van een grote centrale betekent al snel dat de stroomvoorziening in het gedrang komt met het risico dat het licht letterlijk kan uitgaan.



*Figuur 11: Hedendaagse elektriciteitsproductiepark (enkel centrales groter dan 100 MW)  
Gebaseerd op gegevens gepubliceerd op de website van Elia (2015)*

#### 4.2.4. Centraal versus decentraal

Sinds enkele jaren wordt ook ingezet op hernieuwbare energiebronnen zoals wind- of zonne-energie. Deze gaan niet uit van de centraliteitslogica en ze kunnen in principe overal opgewekt worden want wind en zon is overal aanwezig. Het nadeel van deze energiebronnen is dat ze zeer variabel kunnen zijn in de tijd. Als de ene dag de zon de hele dag schijnt en de volgende dag is het bewolkt dan zal er de eerste dag veel elektriciteit geproduceerd kunnen worden en de volgende dag een stuk minder. Dit verhaal blijkt dus niet zo evident en in het volgende deel van dit hoofdstuk zal dieper ingegaan worden op deze decentrale energiebronnen.

## 4.3. Duurzame en decentrale elektriciteitsproductie

### 4.3.1. Wind

#### 4.3.1.1. De windmolen als object

##### *“Plannen windmolens komen onder druk”*

*Het Nieuwsblad, 09-05-2015*

Wind is overal in grote of kleine mate aanwezig. Dit betekent dus ook dat windenergie overal kan opgewekt worden. Theoretisch is dit inderdaad het geval maar in de praktijk blijkt dat dit niet zo evident is en dat windmolens niet zomaar overal kunnen ingeplant worden. Windmolens brengen ook negatieve factoren met zich mee zoals een visuele impact op het landschap, slagschaduw en lawaai waardoor veel windmolenprojecten op tegenstand stuiten van lokale bevolkingsgroepen. Het NIMBY<sup>3</sup>-fenomeen is in de context van het volgebouwde Vlaanderen een belangrijke bottleneck wanneer gesproken wordt over windenergie.

De acceptatie van een windmolenproject door de lokale bevolking kan door middel van enkele factoren op een positieve manier gestimuleerd worden. Een case study van 5 windmolenprojecten in Frankrijk en Duitsland toont aan dat er vier belangrijke factoren zijn die een invloed hebben op de acceptatie van een windmolenproject door de lokale bevolking: visuele impact, eigendomsrecht, informatie en participatie (Jobert, et al., 2007).

#### 4.3.1.2. De windmolen als energiebron

Een windmolen is niet enkel een object dat zijn impact heeft op het landschap maar het is ook in staat elektriciteit te genereren. De hoeveelheid elektriciteit die een windmolen kan opwekken hangt af van de weersomstandigheden en is zeer variabel in de tijd. Het is bijvoorbeeld perfect mogelijk dat het de ene dag windstil is en dat er de volgende dag een strakke wind staat. Een elektriciteitsproductiepark dat enkel uit windenergie bestaat, is dus onmogelijk omdat de balans tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit op geen enkel moment in evenwicht zal zijn, tenzij bij toeval.

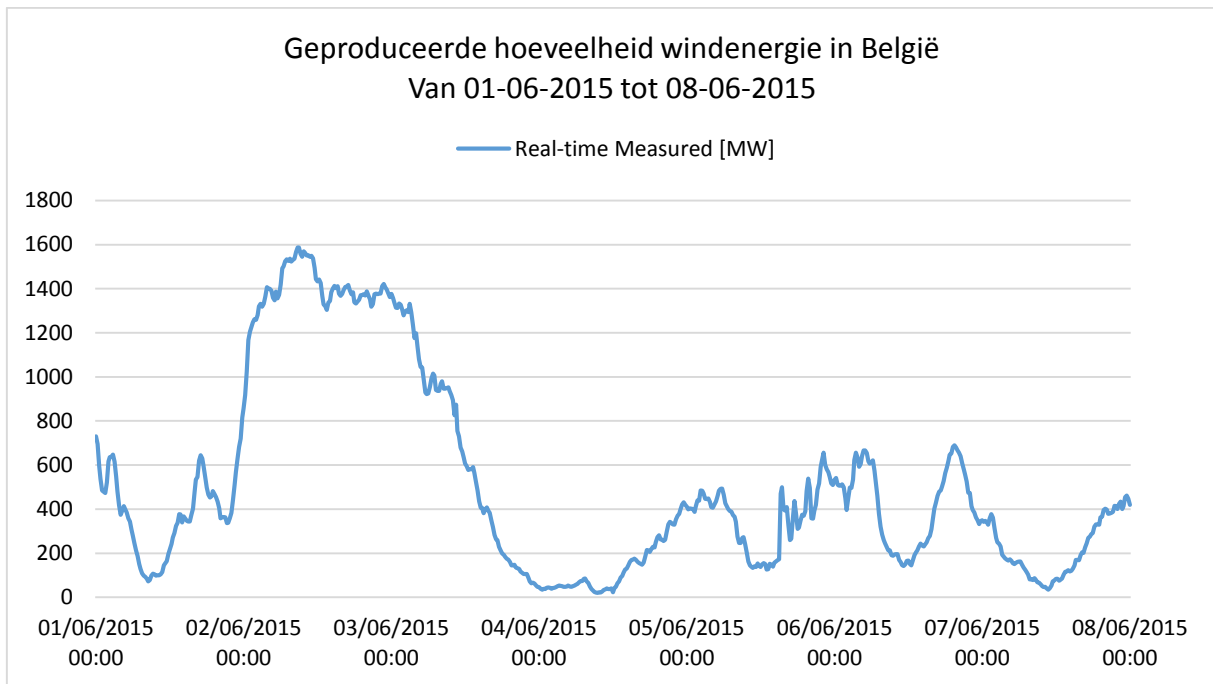
Figuur 12 geeft een voorbeeld weer van de geproduceerde elektriciteit op basis van windenergie in de eerste week van juni 2015. De grafiek laat duidelijk zien dat de geproduceerde hoeveelheid windenergie sterk kan fluctueren. Bij zonne-energie is hier nog een bepaald patroon in op te merken doordat er na zonsondergang geen zonne-energie geproduceerd wordt (Figuur 10, pag. 30), maar bij windenergie kan geen wederkerend patroon worden vastgesteld.

Eind 2014 was het geïnstalleerd vermogen voor windenergie in België bijna 2 GW (Apere, 2015). Figuur 13 toont waar de windturbines gelegen zijn in België. Dit laat ook duidelijk zien dat windenergie, met uitzondering van de offshore windparken, een decentrale energiebron is.

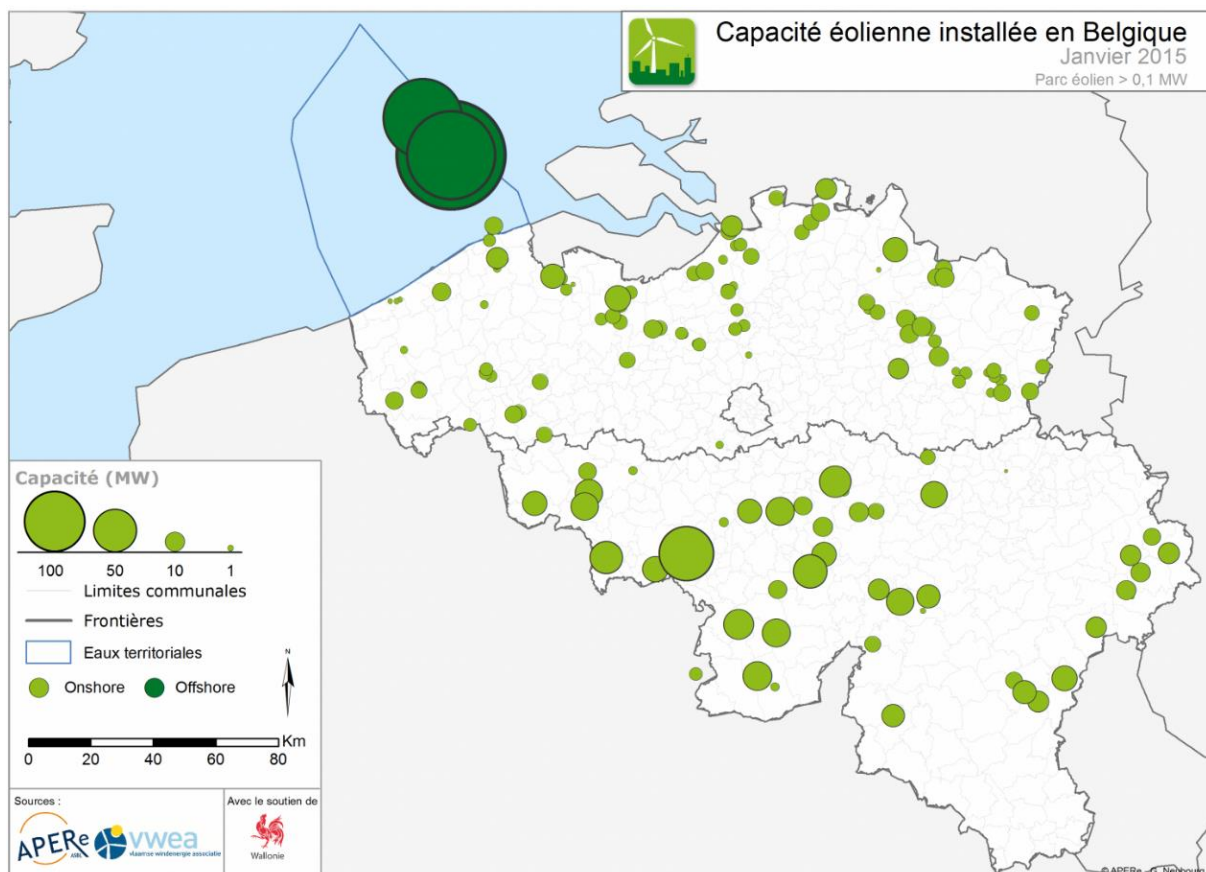
---

<sup>3</sup> NIMBY: Not In My BackYard





Figuur 12: Geproduceerde hoeveelheid windenergie in België (01-06-2015 tot 08-06-2015) (Elia, 2015)



Figuur 13: Geïnstalleerd vermogen voor windenergie in België, januari 2015 (Aperre, 2015)

Het is dus noodzakelijk dat andere energiebronnen deel uitmaken van het productiepark en dat deze complementair zijn aan windenergie om tot een evenwichtig elektriciteitsnet te komen. In het

hedendaagse elektriciteitsnet vormt dit geen probleem omdat het productiepark uit diverse energiebronnen bestaat die elkaar constant aanvullen.

Hier moet echter ook opgemerkt worden dat een productiepark met voornamelijk windenergie wél haalbaar is indien het grid voldoende groot is. België is in dit opzicht te klein want de weersomstandigheden zijn meestal over het hele grondgebied van België ongeveer hetzelfde. Europa daarentegen lijkt wel voldoende groot te zijn om dit te realiseren aangezien het altijd wel ergens in Europa zal waaien en er dus altijd wel ergens elektriciteit geproduceerd wordt. Dit laatste scenario is echter niet zo evident als het lijkt en werpt veel nieuwe discussies op. In deze thesis worden enkel volgende bemerkingen kort vermeld:

- Is het technisch haalbaar om zeer grote hoeveelheden elektriciteit te transporteren over zeer lange afstanden (bijvoorbeeld van het noorden van Duitsland naar het zuiden van Frankrijk)?
- Zijn de verschillende elektriciteitsmarkten in elk land voorzien op het importeren of exporteren van zeer grote hoeveelheden elektriciteit?
- Op welke manier moet de Europese markt hierop inspelen?

#### 4.3.2. Zon

##### 4.3.2.1. *Het zonnepaneel als object*

Sinds het begin van de 21<sup>ste</sup> eeuw werd het voor de particulier mogelijk om zelf zonnepanelen te installeren en zo zijn eigen elektriciteit op te wekken. Door middel van subsidies werd het installeren van zonnepanelen sterk gepromoot waardoor het aantal zonnepanelen vanaf 2008 sterk gestegen is. Vanaf 2012 werden deze subsidies geleidelijk aan afgebouwd wat resulteerde in een stagnatie van het aantal zonnepanelen (Figuur 15).

Doordat de overheid het plaatsen van zonnepanelen promoot, wordt dit in de meeste gevallen vrijgesteld van de vergunningsplicht (Ruimte Vlaanderen, 2015). Het is dus voor de burger relatief eenvoudig om zonnepanelen te installeren en protest door omwonenden zoals bij windmolens komt hier slechts zelden voor.

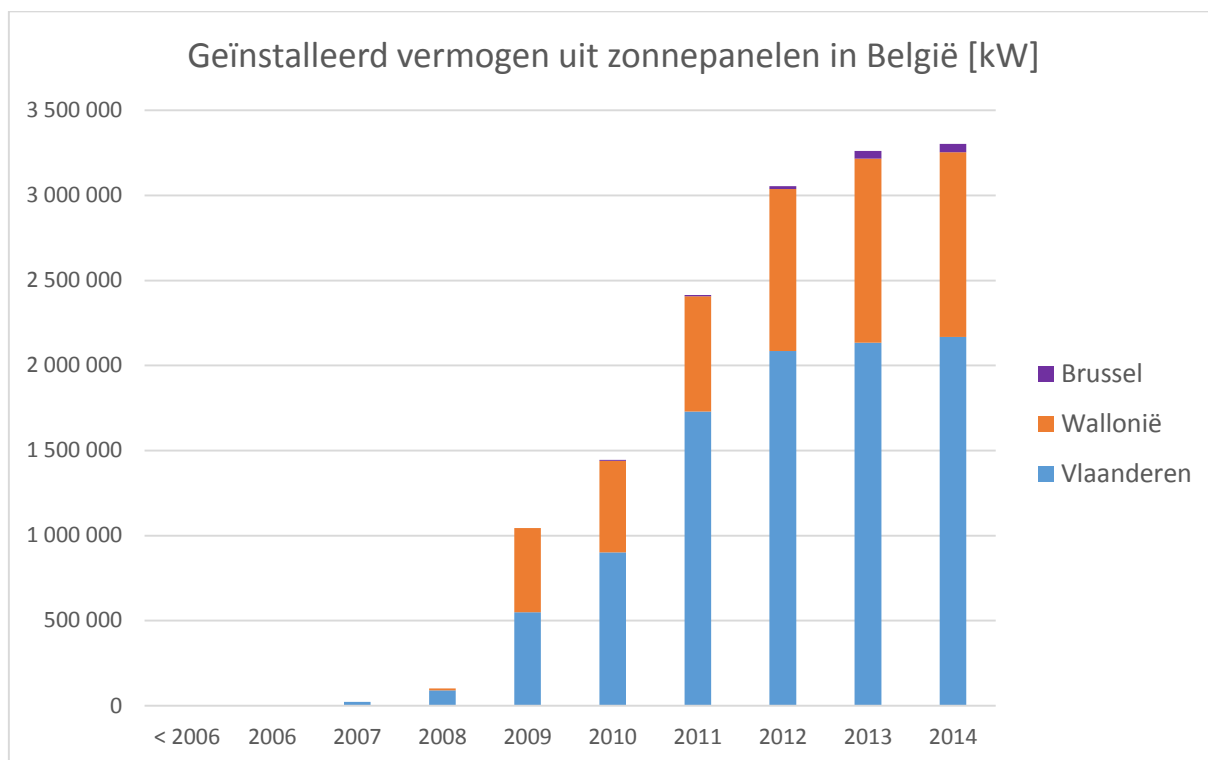
##### 4.3.2.2. *Het zonnepaneel als energiebron*

Op dit moment is het geïnstalleerd vermogen uit zonnepanelen in België meer dan 3 GW (Figuur 14) en er liggen meer dan 350 000 installaties van zonnepanelen verspreid over heel België (Figuur 15).

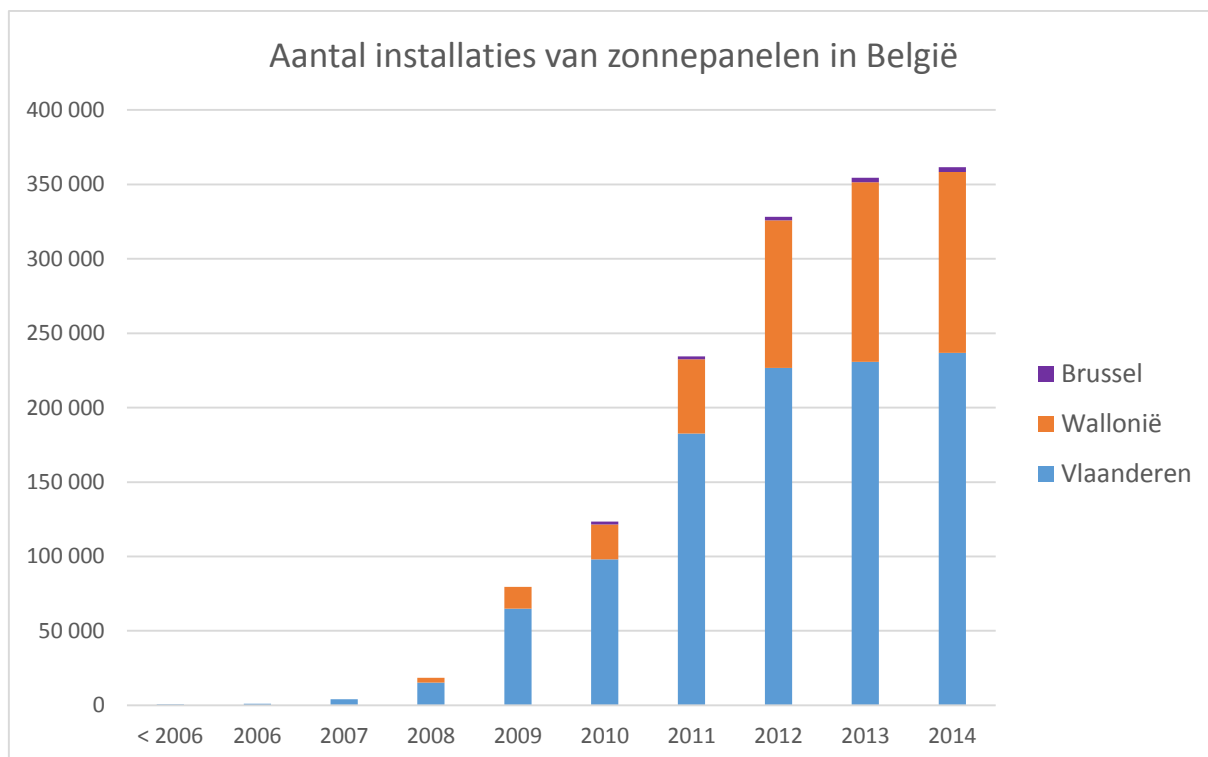
Hieruit kan dus vastgesteld worden dat zonne-energie als decentrale energieproductie al sterk aanwezig is in België. Dit kan bovendien ook visueel vastgesteld worden in het straatbeeld van bijna elke gemeente in België.

Zoals eerder in deze thesis al vermeld is, is zonne-energie sterk weersafhankelijk en genereren zonnepanelen 's nachts geen elektriciteit. Ook wanneer het bewolkt is, zal er minder elektriciteit geproduceerd worden dan bij een heldere hemel (Figuur 10, pag. 30). Een productiepark waarbij enkel gebruik gemaakt wordt van zonne-energie is dus onmogelijk in een land als België. Ook wanneer de zon niet schijnt, zal er vraag zijn naar elektriciteit en moet er stroom op het net gezet worden om het evenwicht tussen vraag en aanbod te kunnen waarborgen.

Net zoals bij windenergie is het hier ook noodzakelijk dat andere energiebronnen deel uitmaken van het productiepark om op elk moment het evenwicht tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit te kunnen waarborgen.



Figuur 14: Geïnstalleerd vermogen zonnepanelen in België (VREG, 2015) (CWAPE, 2015) (BRUGEL, 2015)



Figuur 15: Aantal installaties van zonnepanelen in België (VREG, 2015) (CWAPE, 2015) (BRUGEL, 2015)

#### 4.4. Conclusie

Een productiepark met enkel windenergie of enkel zonne-energie blijkt onmogelijk te zijn. Maar de combinatie van deze twee levert misschien wel wat op?

In het hedendaagse elektriciteitsnet wordt de opgewekte wind- of zonne-energie eerst op het elektriciteitsnet gezet en wordt het vervolgens getransporteerd naar de verbruikers. De wind- en zonne-energie komt dus terecht in een energiemix samen met kernenergie, gas, kolen, waterkracht... Wanneer er weinig zon of wind is, zal dit tekort opgevangen worden door andere energiebronnen waardoor er steeds een evenwicht is tussen vraag en aanbod. Het is bovendien perfect mogelijk dat een verbruiker elektriciteit krijgt die geproduceerd is in een kerncentrale terwijl de energieleverancier van deze verbruiker niet Electrabel is (de enige eigenaar van kerncentrales in België). Alle geproduceerde elektriciteit wordt dus als het ware in een gezamenlijk pot (= het hoogspanningsnet) gestoken en iedereen die elektriciteit nodig heeft kan die eruit halen.

*“Heel wat bedrijven in de haven wekken met zonnepanelen zelf stroom op. Die lokale energieproductie wordt mee afgekoppeld als de haven zonder stroom wordt gezet.”*

*Het Standaard, 27-12-2014*

Doordat alle geproduceerde elektriciteit eerst op het elektriciteitsnet wordt gezet, zullen burgers of bedrijven die zonnepanelen geïnstalleerd hebben bij een afschakeling ook zonder stroom vallen. Het lokaal netwerk dat gecreëerd wordt bij afschakeling zal geen evenwicht kunnen waarborgen tussen vraag en aanbod waardoor dit niet kan functioneren. Dit zet echter wel aan tot nadenken:

*“Wat als het evenwicht tussen vraag en aanbod in de afgeschakelde zone wél op ieder moment kan gewaarborgd blijven zodat dit lokaal netwerk wel kan blijven functioneren?”*

In dit laatste scenario wordt de lokaal opgewekte energie getransporteerd door middel van een kleiner net, iets wat in de literatuur beschreven wordt als ‘microgrid’. De grote uitdaging voor dit scenario is de balans vinden tussen vraag en aanbod. De belangrijkste randvoorwaarde voor het hedendaagse elektriciteitssysteem is dat er steeds evenveel elektriciteit verbruikt moet worden als op het net moet worden gezet. Ook bij een kleiner elektriciteitsnet zal deze randvoorwaarde blijven gelden, maar het is minder evident dan bij het hedendaagse elektriciteitsnet om te voldoen aan deze voorwaarde. De energiemix in het hedendaagse elektriciteitssysteem beschikt over energieopwekkingssystemen, zoals gascentrales, die eenvoudig en relatief snel aan- of uitgeschakeld kunnen worden in geval van een tekort of overvloed aan elektriciteit. In het geval van een lokaal elektriciteitsnet bestaande uit duurzame energiebronnen zal de productie van wind of zonne-energie niet eenvoudigweg aan- of uitgeschakeld kunnen worden en als er geen wind of zon is dan wordt er eenvoudigweg ook geen elektriciteit geproduceerd.

De balans tussen vraag en aanbod zal dus op een andere manier moeten gewaarborgd worden. De sleutel hiervoor kan gevonden worden bij het bufferen van elektriciteit. Dit wordt in het volgende hoofdstuk uitvoerig behandeld.

## Hoofdstuk 5: Bufferen van elektriciteit

### 5.1. Inleiding

In het tweede deel van deze thesis werd de problematiek van het afschakelplan beschreven. Het afschakelen van grote delen van het territorium door het relais in de hoogspanningscabine uit te schakelen, zou een immense impact hebben op het land. In dit hoofdstuk zal gezocht worden naar een alternatief voor het afschakelplan waarbij de focus zal liggen op het bufferen van elektriciteit. Bufferen kan op twee manieren gebeuren, enerzijds door het uitstellen van het energieverbruik in de tijd en anderzijds door het opslaan van elektriciteit. De eerste manier wordt een smart grid genoemd en de reden waarom dit een plaats krijgt in dit verhaal is niet zomaar. Smart grids worden namelijk door de Europese Commissie beschreven als “The grid of tomorrow” (Europese Commissie, 2006).

In het elektriciteitsnet van de toekomst is het vanzelfsprekend dat de stroomvoorziening gewaarborgd moet blijven en dat een afschakelplan vermeden moet worden. Smart grids maken het mogelijk om op een andere manier om te gaan met problemen zoals een stroomtekort door gericht af te schakelen en de impact beperkt te houden. Ook het opslaan van energie biedt interessante mogelijkheden om toch over elektriciteit te beschikken wanneer er weinig wind of zon is.

In het eerste deel van dit hoofdstuk zal opnieuw vertrokken worden van het hedendaagse elektriciteitssysteem maar dit keer vanuit het perspectief van de distributie van elektriciteit en op welke manier dit precies verloopt.

Dit zal de basis vormen om de overgang te maken naar methoden die gebruikt kunnen worden voor elektriciteit te bufferen. Als eerste worden smart grids besproken en vervolgens wordt het opslaan van elektriciteit beschreven. Aangezien deze thesis de energieproblematiek vanuit een ruimtelijk perspectief onderzoekt, zal op de technische aspecten maar beperkt worden ingegaan. Vooral de ruimere context waarin deze technologieën een betekenis kunnen hebben zal hier van belang zijn.

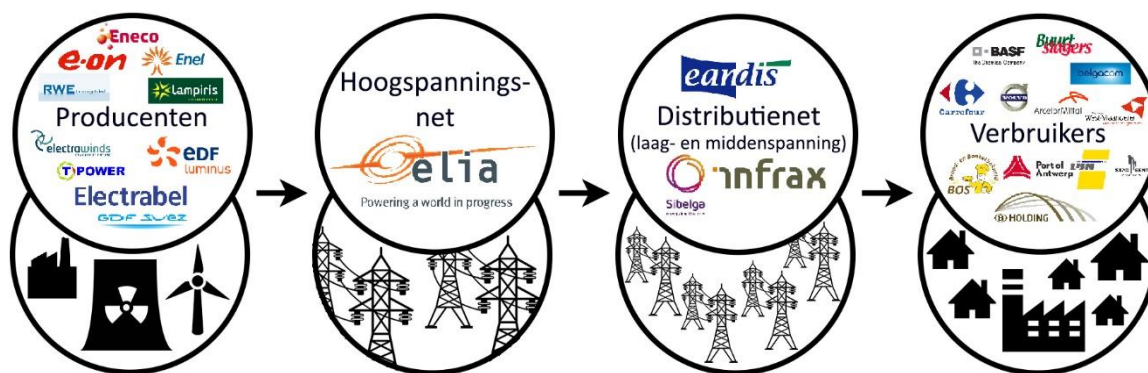
In het laatste deel van dit hoofdstuk zal de integratie van duurzame energiebonnen en decentrale productie-eenheden in het elektriciteitssysteem aan bod komen en hoe het bufferen van elektriciteit hier een belangrijke meerwaarde kan hebben.

### 5.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem

#### 5.2.1. Vraag gestuurd

Het produceren van elektriciteit in grote centrales waarna die gedistribueerd wordt via het hoogspannings- en distributienet om uiteindelijk bij de verbruikers terecht te komen, wordt ook een vraag gestuurd systeem genoemd (Figuur 16).

In een vraag gestuurd elektriciteitssysteem is het noodzakelijk dat op elk moment voldaan wordt aan de vraag van de verbruikers. Er is geen interactie tussen de producenten en consumenten, en producenten beschikken niet over real-time data van wat het verbruik precies is. Door middel van een voorspelling op basis van een reeks factoren (weersvoorspelling: wind, zon, koude enz., data van een vroegere periode...) wordt een schatting gemaakt van wat het verbruik precies zal zijn. Dit gebeurt vrij accuraat en zolang het verschil tussen vraag en aanbod relatief klein blijft vormt dit geen probleem voor het net.



Figuur 16: Vraag gestuurd systeem met verschillende actoren in Vlaanderen

Indien het evenwicht tussen de consumptie en productie van elektriciteit niet gewaarborgd kan worden, kunnen er frequentie-schommelingen optreden. Het Europees net functioneert op een frequentie van 50 Hz en bij een onevenwicht tussen vraag en aanbod zal de frequentie hoger of lager liggen dan deze waarde. Dit kan grote effecten hebben op toestellen die aangesloten zijn op het net met eventueel schade tot gevolg. Ook transformatoren en verdeelstations die instaan voor de distributie van elektriciteit kunnen door frequentieschommelingen schade oplopen met grote gevolgen voor het elektriciteitsnet.

In de praktijk wordt dit gerealiseerd door middel van een evenwichtsverantwoordelijke of 'Access Responsible Party' (ARP). Deze ARP moet ervoor zorgen dat er een evenwicht is tussen de gevraagde hoeveelheid stroom en de geïnjecteerde hoeveelheid stroom. Dit gebeurt elk kwartier en specifiek voor de gebruikers (consumenten en producenten) van het net waarvoor deze ARP verantwoordelijk is. De ARP kan een producent, grootverbruiker, trader... zijn en heeft een contract met de beheerder van het hoogspanningsnet, Elia. Indien vraag en aanbod van een groep gebruikers niet op elkaar afgestemd zijn en er dus een onevenwicht ontstaat, zal de ARP die verantwoordelijk is voor deze gebruikers een onevenwichtstarief moeten betalen aan Elia (Elia, 2015).

### 5.2.2. Elektriciteit als commodity

In het hedendaagse elektriciteitsnet wordt elektriciteit als een commodity gezien dat overal en op elk moment aanwezig is (Graham & Marvin, 2001). De verbruikers willen op elk moment het licht kunnen aansteken, hun wasmachine laten draaien, de verwarming aanzetten... zonder dat ze erbij stil staan waar deze elektriciteit effectief vandaan komt en of er nog genoeg elektriciteit beschikbaar is op een bepaald moment. Enkel op de factuur zien ze hoeveel ze verbruikt hebben, en vooral, hoeveel ze moeten betalen. Hierdoor wordt elektriciteit iets tastbaar en wordt het bewustzijn aangewakkerd dat minder elektriciteit verbruiken goed is voor de portemonnee. Maar waarop precies bespaard zou kunnen worden en op welk moment dit best gebeurt om tot een optimaal energieverbruik te komen, kan men op dit moment nog niet afleiden uit de elektriciteitsfactuur.

### 5.3. Buffersystemen

In deze thesis werd het bufferen van elektriciteit al meermaals gepresenteerd als de sleutel tot een evenwichtig elektriciteitsnet. Het bufferen van elektriciteit kan op twee manieren:

1. Het verschuiven van het elektriciteitsverbruik in de tijd (smart grids)
2. Het opslaan van elektriciteit

### 5.3.1. Smart grids: “The grid of tomorrow”

Een systeem waarbij de consumenten zich meer bewust zijn van de stroom die ze verbruiken, heeft potentieel om zuiniger om te springen met elektriciteit en energieverblindende toestellen zoals wasmachines of droogkasten niet te gebruiken op piekmomenten. Bijgevolg zullen de producenten door meer interactie met de consumenten beter kunnen inspelen op de noden van de elektriciteitsverbruikers en is er potentieel voor een robuuster net dat beter kan omgaan met calamiteiten zoals een stroomtekort. Een technologie die de interactie tussen elektriciteitsproducenten en –consumenten mogelijk maakt zijn smart grids (Goulden, et al., 2014).

Om te kunnen onderzoeken of smart grids een alternatief kunnen bieden voor het afschakelplan is het noodzakelijk dat eerst meer inzicht gegeven wordt in wat smart grids precies zijn. Een eenduidige definitie formuleren van een smart grid is niet evident. Op de 28<sup>ste</sup> International Power System Conference in Teheran in 2013 werden verschillende beschrijvingen van ‘smart grids’ gebundeld in een paper en het is duidelijk dat er geen unieke definitie bestaat, maar dat er wel veel overeenkomsten zijn tussen de verschillende beschrijvingen (Shabanzadeh & Moghaddam, 2013). Algemeen kan gesteld worden dat een smart grid een innovatie is die het begin kan betekenen van een revolutie van het elektriciteitsnet die wordt gekenmerkt door de invloed van informatie- en communicatietechnologie.

#### 5.3.1.1. *De rol van communicatietechnologie*

Informatietechnologie kent in de eerste plaats zijn belang voor het hedendaagse elektriciteitssysteem. Het meten en analyseren van elektriciteitsstromen, correctie bij storingen, automatische distributie en transmissie van elektriciteit, grid data... is noodzakelijk om het aanbod af te stemmen op de vraag. In het hedendaagse elektriciteitssysteem is er echter geen interactie tussen de elektriciteitsproducenten en –consumenten. Het grote verschil tussen smart grids en het hedendaagse elektriciteitssysteem schuilt dan ook in de communicatietechnologie die deze interactie mogelijk maakt. Interactie tussen consumenten en producenten betekent ook dat het systeem niet langer vraag gestuurd is en dat elektriciteit meer is dan enkel een stopcontact.

In het ‘Linear project’, een proefproject van Energyville, werd van 2009 tot 2015 het thema rond smart grids uitgebreid bestudeerd en toegepast in een soort van ‘living lab’ (EnergyVille, 2014). 240 huishoudens namen deel aan dit project en deze werden opgedeeld in twee groepen waarbij een verschillende vorm van interactie bestudeerd werd: ‘variable time of use’ en ‘automated demand-side management’.

#### 5.3.1.2. *‘Variable Time of Use’*

Van de eerste groep (55 huishoudens) werd verwacht om hun energieverbruik af te stemmen op verschillende energietarieven gedurende de dag. Indien de vraag naar elektriciteit hoog was (bijvoorbeeld tussen 17 uur en 20 uur) dan zal de prijs ook hoog zijn. ‘s Nachts zal het verbruik dan weer lager zijn wat de elektriciteitsprijs ook deed dalen. Door middel van een ‘Energy Monitoring System’ konden de deelnemende gezinnen voorspellingen zien van de elektriciteitsprijzen en op die manier konden ze het beste (of goedkoopste) moment bepalen om een bepaald toestel aan te schakelen. Hiervoor werd zeer veel interactie van de verbruikers verwacht en dit zorgde er ook voor dat er vermoeidheid optrad bij de gebruikers van dit systeem. Hierdoor werden er bij deze methode geen veelbelovende resultaten geboekt.

#### *5.3.1.3. 'Automated Demand-Side Management'*

De tweede groep (185 huishoudens) boekte wel significante resultaten. Bij deze groep gezinnen werd gebruik gemaakt van 'slimme toestellen' (wasmachine, droogkast, vaatwasser, elektrische verwarming en elektrische voertuigen). Deze toestellen werden automatisch aan- of uitgeschakeld indien er meer of minder stroom moest verbruikt worden. Van de gebruiker werd minimale interactie verwacht: bijvoorbeeld enkel het instellen van het tijdstip waarop de wasmachine de was effectief gedaan moet hebben. Het toestel werd dan automatisch aangezet op het moment dat het verbruik laag was, binnen een bepaalde tijdspanne, zodat de was zeker op tijd klaar zou zijn. Door middel van enkele kleine instellingen was er al interactie tussen de verbruikers en de producenten en kon de balans tussen vraag en aanbod beter op elkaar afgestemd worden.

De twee bovenstaande test-cases tonen aan dat smart grids als doel hebben het verbruik van elektriciteit te verplaatsen naar een ander moment om zo het piekverbruik te doen dalen. Het verschuiven van het elektriciteitsverbruik in de tijd verwacht enige flexibiliteit van de gebruikers. Om deze reden worden smart grids in de literatuur ook wel gedefinieerd als een flexibel elektriciteitssysteem (Shabanzadeh & Moghaddam, 2013).

#### *5.3.1.4. Flexibiliteit*

Indien bepaalde toestellen op een bepaald tijdstip aan- of uitgeschakeld kunnen worden door de netbeheerder zal enige flexibiliteit verwacht worden van de gebruiker van dit toestel. Voor sommige toestellen is er weinig tot geen flexibiliteit en zal het niet mogelijk zijn om het gebruik van het toestel uit te stellen naar een ander moment zonder dat de gebruiker hier last van heeft. Een voorbeeld hiervan is een elektrische kookplaat: als je wil eten om 18 uur wil je ook dit toestel op dat moment kunnen gebruiken en niet één of twee uur later.

Voor andere toestellen is er dan wel een hoge flexibiliteit en is het wel mogelijk om het gebruik ervan in de tijd te verschuiven zonder dat de gebruiker dit als een ongemak beschouwd. Een voorbeeld hiervan is een wasmachine: 's avonds om 22 uur kan je de wasmachine opvullen klaar voor gebruik en om 8 uur de volgende dag wil je dat dit klaar is. Het toestel moet dus zeker tussen 22 uur en 8 uur zijn taak vervullen, maar voor de gebruiker maakt het niet uit wanneer dit precies gebeurt.

De communicatielink die het mogelijk maakt om deze toestellen vanop afstand aan of uit te schakelen, zal dan ook enkel in deze toestellen aanwezig moeten zijn. In het Linear-project werd gebruik gemaakt van vijf verschillende toestellen die door middel van een communicatielink 'slim' gemaakt werden: wasmachines, vaatwassers, droogkasten, elektrische boilers en elektrische auto's (EnergyVille, 2014).

Flexibiliteit werd in het Linear-project uitgedrukt in een aantal uren waartussen een toestel zeker zijn taak moet vervullen. Bijvoorbeeld tussen 22 uur en 8 uur, de flexibiliteit is hier dus 10 uren.

#### *5.3.1.5. Weg met het afschakelplan?*

Indien hier teruggeblikt wordt naar het tweede deel over het afschakelplan, kan gesteld worden dat smart grids het mogelijk maken om de piekvraag (tussen 17 uur en 20 uur) te reduceren. Dit gebeurt door eenvoudigweg energieverblindende toestellen op een ander moment aan te schakelen. De reductie van de piekvraag zal het risico op een stroomtekort verminderen waardoor de kans dat het afschakelplan zal worden toegepast ook verminderd.



In principe is dit ook een soort van afschakelplan maar dan op een ander schaalniveau. In plaats van grote regio's af te schakelen om het elektriciteitsverbruik te beperken, kunnen energievervlindende toestellen afgeschakeld worden. In het huidige afschakelplan zou het relais in de hoogspanningscabine uitgeschakeld worden om de piekvraag te reduceren terwijl dit met smart grids kan gebeuren door middel van een relais in het 'slimme toestel' uit te schakelen.

Het belang van de communicatielink dient hier nog eens benadrukt te worden. Het is van belang dat dit toestel kan communiceren met de producent of netbeheerder zodat het meest geschikte moment kan gevonden worden om het toestel aan of uit te schakelen. De rol van de communicatielink op verschillende schaalniveaus zal in het volgende deel besproken worden.

### 5.3.2. Opslaan van elektriciteit

Elektriciteit bufferen kan naast smart grids ook op een andere manier gebeuren, namelijk door elektriciteit op te slaan. In het derde hoofdstuk werd het voorbeeld van de batterij gegeven. Naast batterijen zijn er nog andere technologieën die het toelaten om elektriciteit op te slaan. Figuur 17 geeft een algemeen overzicht van deze verschillende technologieën.

Opslagsystemen voor elektrische energie		
Mechanisch	Elektrochemisch	Elektrisch
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pompcentrale</li> <li>- Gecomprimeerde lucht</li> <li>- Vliegwiel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oplaadbare batterijen</li> <li>- Brandstofcel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Magnetische opslag <small>(SMES: Superconducting Magnetic Energy Storage)</small></li> <li>- Supercondensator</li> </ul>
	Chemisch	Thermisch
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waterstofcel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Warmteopslag</li> </ul>

Figuur 17: Opslagsystemen voor elektrische energie (IEC, 2011)

#### 5.3.2.1. Waterkrachtcentrale

Grote hoeveelheden energie opslaan door elektrische energie om te zetten in mechanische energie is de meest voorkomende. Een klassiek voorbeeld hiervan is het transporteren van water van een lager gelegen gebied naar een hoger gelegen gebied. Deze energie kan dan op een ander moment gebruikt worden door het water in de andere richting te laten stromen, dus van hoog naar laag. Bij dit proces komt energie vrij die opnieuw omgezet kan worden naar elektriciteit. Deze vorm van energieopslag is de meest voorkomende en in België is de waterkrachtcentrale van Coe-Trois-Pont de belangrijkste met een vermogen van 1164 MW dat voor 5 uur kan geleverd worden (Electrabel, 2012).

Op zich is dit een zeer goede manier van energieopslag en, mits gunstige topografische omstandigheden, vrij eenvoudig toepasbaar. In de Vlaamse context wordt dit concept minder evident. "Le Plat Pays" waar Jacques Brel over zong, heeft niet de topografische eigenschappen om grote waterkrachtcentrales op te installeren.

*"Energie-eiland op losse schroeven"*

*Het Tijd, 28-04-2015*

De technologie staat echter niet stil en op dit moment liggen er plannen op tafel voor de bouw van een energie-atol voor de Belgische kust. Dit zou een 30 meter diepe put zijn van enkele vierkante

kilometer die bij een energie-overschot leeggepompt kan worden en bij een stroomtekort zou zeewater in de put stromen doorheen turbines die dan elektriciteit opwekken. De kostprijs van dit project wordt geschat op 1 à 1,5 miljard euro en of dit energie-eiland er effectief zal komen is nog hoogst onduidelijk. Bovendien zijn waterkrachtcentrales geen decentrale energiebronnen maar behoren ze tot het hedendaagse elektriciteitssysteem waar de elektriciteitsproductie centraal opgewekt wordt. Deze vorm van energieopslag past dus niet in dit verhaal en zal ook niet verder uitgewerkt worden.

Wat betreft de andere vormen van energieopslag zijn batterijen het meest relevant voor het vervolg van deze thesis. De verschillende soorten batterijen zijn zeer uiteenlopend en hieronder worden twee technologieën beschreven die interessant zijn in combinatie met wind- en zonne-energie.

#### *5.3.2.2. Vehicle to Grid (V2G)*

Deze thesis spitste zich tot hier voornamelijk toe op energieopwekking en de verduurzaming ervan. De hoofddoelstelling hiervoor was het gebruik van fossiele brandstoffen terugdringen en zo de CO<sub>2</sub>-uitstoot verminderen. Een andere sector die medeverantwoordelijk is voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> is de transportsector en ook hier zijn aanpassingen mogelijk. In deze thesis zal de transportsector niet verder onderzocht worden, maar een technologie die hier zeer relevant is, is de elektrische wagen. Deze nieuwe ontwikkeling heeft veel potentieel om de uitstoot in de transportsector te beperken en kan bovendien ook gebruikt worden als buffer voor het opslaan van elektriciteit (Mwasilu, et al., 2014).

In de literatuur wordt dit concept beschreven met de term 'vehicle to grid' (V2G). Auto's brengen het merendeel van de tijd door al stilstaand. Indien geparkeerde elektrische wagens gekoppeld worden aan het net zouden deze kunnen fungeren als buffer. De batterij van de wagen kan opgeladen worden wanneer er veel elektriciteit geproduceerd wordt en bij een tekort aan elektriciteit kan de elektriciteit die opgeslagen zit in de batterij gebruikt worden om dit tekort op te vangen.

Een belangrijk aspect voor de praktische toepassing van deze technologie is opnieuw de communicatielink tussen de elektrische wagen of het oplaadstation en de netbeheerders of elektriciteitsproducenten. Zonder communicatielink zal de batterij van de wagen opgeladen worden wanneer hij aan het net gekoppeld wordt en zijn de elektriciteitsproducenten ervoor verantwoordelijk dat er voldoende stroom op het net gezet wordt. Door middel van een communicatielink wordt het mogelijk om de batterij van de auto enkel op te laden op het moment dat het elektriciteitsaanbod dit toelaat. Bovendien kan de communicatielink tijdens piekmomenten of wanneer er weinig wind en zon is en er te weinig elektriciteit geproduceerd wordt, een signaal sturen naar de elektrische wagen dat er elektriciteit uit de batterij moet onttrokken worden om het tekort op te vangen. Hierbij is het ook belangrijk dat kwaliteitsvolle data doorgestuurd wordt. Het meten en opstellen van deze data wordt in de vakliteratuur beschreven als 'smart metering' en in principe zou deze techniek een ideale toepassing zijn in combinatie met een smart grid.

Door onder andere deze technologie hebben wind- en zonne-energie potentieel om als volwaardig alternatief van fossiele brandstoffen op te treden en ontstaat er naast decentrale energieproductie ook decentrale buffering. De technologie is echter relatief nieuw en hieronder worden enkele belangrijke opmerkingen beschreven betreft de haalbaarheid van dit systeem:

- De aanleg van de noodzakelijke infrastructuur zoals oplaadpunten, smart meters, aanpassingen in het netwerk... brengt een hoge financiële kost met zich mee.
- Elektrische auto's moeten een voldoende groot aandeel uitmaken van het wagenpark.
- De energiemarkt moet hierop aangepast worden, met eventueel een elektriciteitsprijs die fluctueert naargelang de vraag en het aanbod.
- Het veelvuldig op- en ontladen van de batterijen zorgt voor snellere slijtage.

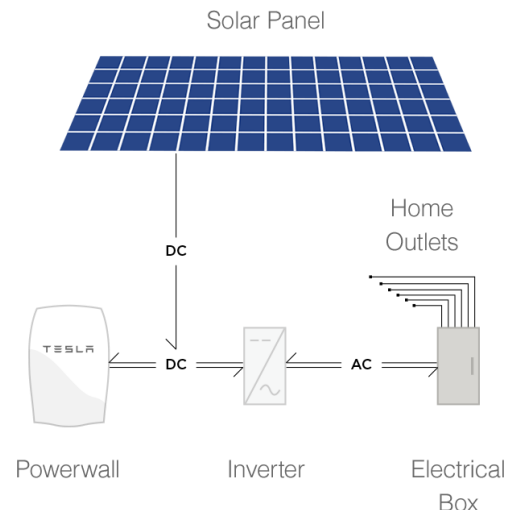
### 5.3.2.3. Tesla: Powerwall

*“Tesla gaat voor groene elektriciteitsrevolutie”*

*De Morgen, 02-05-2015*

Op dit moment staat de technologie om grote hoeveelheden wind- en zonne-energie op te slaan in zeer krachtige batterijen nog in zijn kinderschoenen. Begin mei 2015 werd door autofabrikant Tesla aangekondigd dat het op grote schaal betaalbare batterijen (zgn. Powerwall, Figuur 18) zal lanceren die huizen en bedrijven van stroom zouden kunnen voorzien (Tanghe, 2015).

In het geval van een black-out of een afschakeling zou het mogelijk zijn los te koppelen van het elektriciteitsnet en de stroom in je huis te voorzien door middel van deze batterij. In principe kan hierdoor ook een huis volledig afgekoppeld worden van het elektriciteitsnet op voorwaarde dat er ook elektriciteit geproduceerd wordt voor dit huis, bijvoorbeeld door middel van zonnepanelen. De batterij wordt dan overdag opgeladen wanneer de zon schijnt en 's nachts kan de opgeslagen zonne-energie in de batterij verbruikt worden (Tesla, 2015). In theorie is dit allemaal zeer eenvoudig en in de praktijk staan we hier misschien wel voor een nieuwe revolutie die dit allemaal ook in realiteit kan brengen. In deze thesis zal niet dieper ingegaan worden op dit thema aangezien deze techniek nog volop in ontwikkeling is, maar het concept zal wel later terugkomen wanneer het thema 'microgrids' besproken wordt.



*Figuur 18: Powerwall (Tesla, 2015)*

## 5.4. Bufferen in combinatie met duurzame, decentrale energiebronnen

### 5.4.1. Flexibiliteit

In voorgaande paragrafen werd het bufferen van elektriciteit onderzocht en als eerste werd de smart grid technologie beschreven. Een belangrijk aspect hierbij is flexibiliteit. Het verschuiven van het energieverbruik in de tijd biedt niet alleen mogelijkheden om de piekvraag te doen dalen, maar ondersteunt ook de integratie van duurzame energiebronnen in het netwerk. Duurzame energiebronnen zijn veelal afhankelijk van weersomstandigheden zoals zon of wind. Bij een elektriciteitssysteem dat bestaat uit een groot aandeel wind- en/of zonne-energie zal de energieproductie sterk weersafhankelijk worden. Indien er geen wind of zon is, zal er weinig energie beschikbaar zijn en is het energieverbruik afstemmen op de beschikbare hoeveelheid stroom een oplossing om het elektriciteitsnet in evenwicht te houden. Smart grids kunnen dus een belangrijke positie innemen in de elektriciteitswereld indien het elektriciteitsnet naar de toekomst toe steeds meer zal verduurzamen (IRENA, 2013).

#### 5.4.2. Decentrale productie en monitoring van real-time data

Met de komst van nieuwe vormen van elektriciteitsproductie komen ook nieuwe mogelijkheden wat betreft het beheer van deze energiebronnen. Als modaal gezin was het vroeger niet mogelijk om zelf elektriciteit op te wekken. Door de opkomst van nieuwe technologieën zoals zonnepanelen werd het plots wel mogelijk dat een gezin zijn eigen stroom kan produceren, of toch gedeeltelijk.

De dag van vandaag wordt de zonne-energie die geproduceerd wordt door een gezin eerst terug op het elektriciteitsnet gezet. In de meterkast wordt de geproduceerde elektriciteit afgetrokken van het verbruik en op deze manier wordt dit gezin gefactureerd. Doordat er geen communicatielink is tussen dit gezin en de netbeheerders of elektriciteitsproducenten kunnen deze laatste niet precies weten hoeveel stroom dit gezin produceert op een bepaald moment. Pas wanneer achteraf de meterstand opgenomen wordt, is duidelijk hoeveel er geproduceerd werd over een bepaalde termijn. Het is dus niet eenvoudig voor de producenten en netbeheerders om de balans tussen vraag en aanbod te waarborgen indien er niet geweten is hoeveel zonne-energie er precies geproduceerd wordt. Op dit moment wordt op basis van voorspellingen wel een goede schatting gemaakt van het aandeel zonne-energie op een bepaald moment en dus zorgt dit ook niet voor problemen.

Hoe groter het aandeel zonne-energie in het productiepark wordt, hoe moeilijker het zal worden om de juiste balans te vinden tussen vraag en aanbod. Smart grids bevorderen de integratie van zonnepanelen in het netwerk omdat deze constant monitoren hoeveel er verbruikt wordt maar ook hoeveel er geproduceerd wordt. Op basis van real-time data over de hoeveelheid geproduceerde zonne-energie is het voor de producenten en netbeheerders eenvoudiger om de balans tussen vraag en aanbod te waarborgen. Bij de integratie van duurzame energiebronnen in het netwerk kunnen smart grids er dus voor zorgen dat het net betrouwbaarder wordt en minder gevoelig is voor schommelingen tussen vraag en aanbod (Phuangpornpitaka & Tia, 2013).

Deze monitoring kan zich ook vertalen in een financieel aspect. Door middel van real-time data kan de elektriciteitsprijs op een ander manier bepaald worden. Wanneer het elektriciteitsverbruik laag is en de productie hoog kan er een lagere prijs betaald worden voor elektriciteit. In het omgekeerde geval kan de geproduceerde elektriciteit meer geld opbrengen. Op dit moment werkt dit voor verbruikers met een tweevoudige uurtariefmeter door in een nacht- en dagtarief-schema waarbij 's nachts en tijdens het weekend een lager tarief wordt aangerekend dan overdag. Voor grote industriële klanten bestaat momenteel al real-time-pricing en wordt per kwartier voor het elektriciteitsverbruik een andere prijs bepaald in functie van de vraag en het aanbod op dat moment. Indien dit ook het geval zou zijn voor de residentiële sector kunnen andere verbruikspatronen optreden die resulteren in een lagere elektriciteitsfactuur en een betere balans tussen vraag en aanbod.

*“Groene stroom heeft slim net nodig”*

*De Tijd, 11-06-2015*

In juni 2015 werd door de Vlaamse minister voor energie, Annemie Turtelboom, het plan op tafel gelegd om in elk huis een slimme stroommeter te installeren. Een slim elektriciteitsnet in Vlaanderen is misschien wel dichterbij dan we denken en kan misschien resulteren in een afschakelplan dat volledig verschilt van het afschakelplan van de winter van 2014-2015. Op dit moment is het nog ongeweten wanneer en of dit er zal komen, maar het is duidelijk dat dit een noodzakelijke stap is om de transitie te maken naar duurzaam elektriciteitsnet.

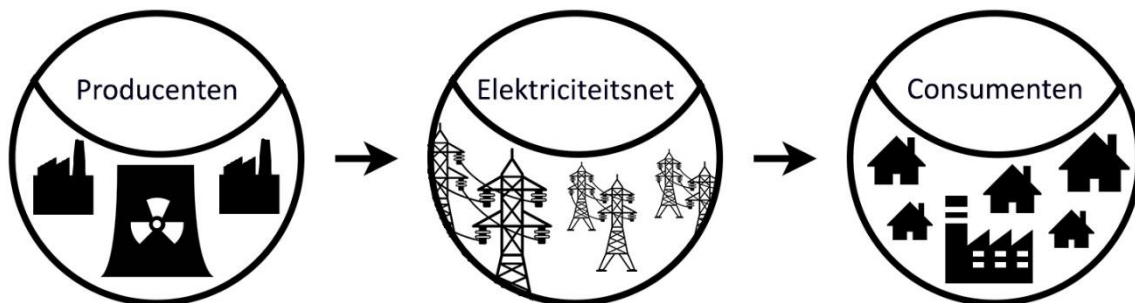
### 5.4.3. Schaalniveau: België - Europa

Een belangrijke opmerking die hier moet gemaakt worden, is dat België een relatief klein land is en dat de weersomstandigheden op de meeste dagen voor het volledige grondgebied van België dezelfde zijn. Dit kan bijvoorbeeld problematisch zijn indien het enkele dagen op rij bewolkt en windstil is en er dus ook weinig duurzame elektriciteit geproduceerd wordt in het hele land. Door middel van smart grids kan het elektriciteitsverbruik wel verschoven worden in de tijd maar dit zal slechts beperkt de elektriciteitsvraag doen dalen op een bepaald moment. Indien een groot deel van het productiepark opgebouwd is uit windmolens of zonnepanelen en wanneer deze voor enkele dagen geen of weinig stroom produceren, zal het land afhankelijk zijn van de import van andere landen. Op zich is dit geen probleem want de dag van vandaag wordt al elektriciteit geïmporteerd uit Frankrijk en Nederland.

Dit probleem moet dus op een hoger schaalniveau bekeken worden, de schaal van het Europese grondgebied. Door de omvang van dit gebied zal er altijd wel ergens zon of wind zijn waardoor de stroomproductie op basis van zon of wind kan gewaarborgd blijven. Dit betekent niet dat er geen inspanningen gedaan moeten worden vanuit België en dat andere landen wel zullen inzetten op duurzame energie. Een overkoepelend Europees programma is dus noodzakelijk om naar een duurzame energietoekomst te gaan. In het vierde hoofdstuk werden enkele opmerkingen geformuleerd rond deze problematiek, maar in deze thesis zal hier niet dieper op ingegaan worden door de hoge complexiteit van dit probleem en omdat dit ook minder relevant is voor het verdere verloop van deze thesis.

### 5.5. Conclusie

Het hedendaagse elektriciteitssysteem (Figuur 19) is opgebouwd vanuit een centraliteitslogica waarbij enkele elektriciteitscentrales een grote hoeveelheid elektriciteit produceren om dan via het elektriciteitsnet te transporteren naar de verbruikers. Er is geen interactie tussen verbruikers en producenten en voor de verbruikers is elektriciteit een commodity die altijd en overal aanwezig is.



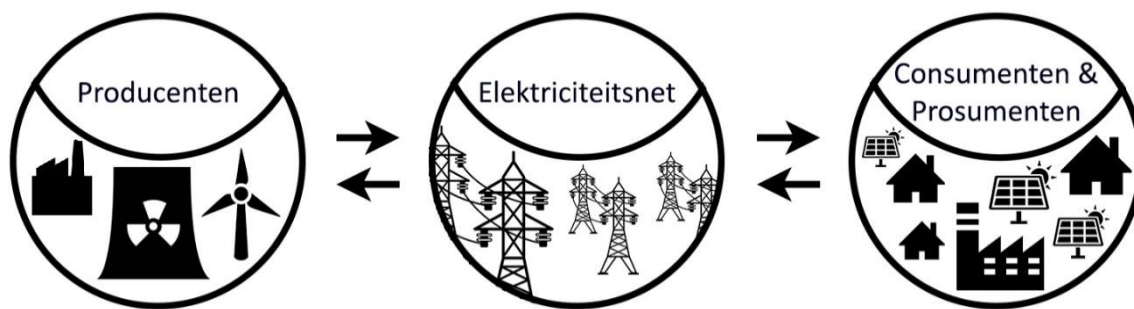
*Figuur 19: Het hedendaagse elektriciteitssysteem*

Het afschakelplan toonde in het tweede hoofdstuk aan dat elektriciteit niet meer zo vanzelfsprekend is en dat er plots geen elektriciteit meer uit het stopcontact kan komen. Het bufferen van elektriciteit is een oplossing om op de momenten wanneer er te weinig elektriciteit geproduceerd wordt toch over voldoende stroom te beschikken.

In dit hoofdstuk werden twee methoden beschreven die het bufferen van elektriciteit mogelijk maken: smart grids en elektriciteit opslaan.

Een smart grid, ook wel 'the grid of tomorrow' genoemd, laat de interactie tussen consumenten en producenten toe om zo een betere balans te zoeken tussen vraag en aanbod (Figuur 20). Met behulp

van smart grids kan het gebruik van energieverblindende toestellen in de tijd verschoven worden naar een moment waar er wel voldoende elektriciteit beschikbaar is.



Figuur 20: The grid of tomorrow<sup>4</sup>

Energieopslag is een tweede manier om elektriciteit te bufferen en voorbeelden hiervan zijn batterijen of waterkrachtcentrales. Ook de transportsector kan hier een belangrijke rol in spelen met de overgang naar elektrische voertuigen die over een krachtige batterij dienen te beschikken. Deze technologie wordt ook wel Vehicle to Grid (V2G) genoemd en heeft de potentie om in combinatie met een smart grid een zeer goede buffer te vormen voor het elektriciteitsnet. Bij een overschot van elektriciteit kunnen elektrische wagens opgeladen worden en bij een tekort kan elektriciteit uit hun batterijen onttrokken worden. Hier moet nog eens het belang van een communicatielink vermeld worden. De gebruiker van de elektrische auto wil natuurlijk dat zijn wagen voldoende opgeladen is op het moment dat hij deze wil gebruiken. Het zal dus belangrijk zijn om bij een tekort enkel die wagens te ontladen die niet hoeven gebruikt te worden. Het belang van informatie-uitwisseling mag dus zeker niet onderschat worden bij deze technologie.

Wanneer naar duurzame energiebronnen gekeken wordt, kan vastgesteld worden dat ze de dag van vandaag al in een beperkt deel van de stroomproductie voorzien en ze zullen dit in de toekomst hoogstwaarschijnlijk nog meer doen. Wind- of zonne-energie is sterk weersafhankelijk en indien deze vormen van energie een significant aandeel gaan innemen in het elektriciteitssysteem, zal het risico op een stroomtekort toenemen indien het bijvoorbeeld bewolkt of windstil is. Via het afschakelplan kunnen dan een aantal verbruikers zonder stroom gezet worden zodat dit probleem opgelost wordt. Door de grote impact van het afschakelplan is dit echter niet gewenst en is een meer gerichte afschakeling een betere oplossing voor dit probleem.

Het bufferen van elektriciteit kan er dus voor zorgen dat bij de integratie van duurzame energiebronnen het elektriciteitsnet robuust blijft en minder gevoelig is voor calamiteiten die zouden kunnen ontstaan bij minder gunstige weersomstandigheden.

<sup>4</sup> Prosumenten: Consumenten die ook elektriciteit produceren (bijvoorbeeld iemand die zonnepanelen geïnstalleerd heeft op zijn dak)

## Hoofdstuk 6: Microgrids

### 6.1. Inleiding

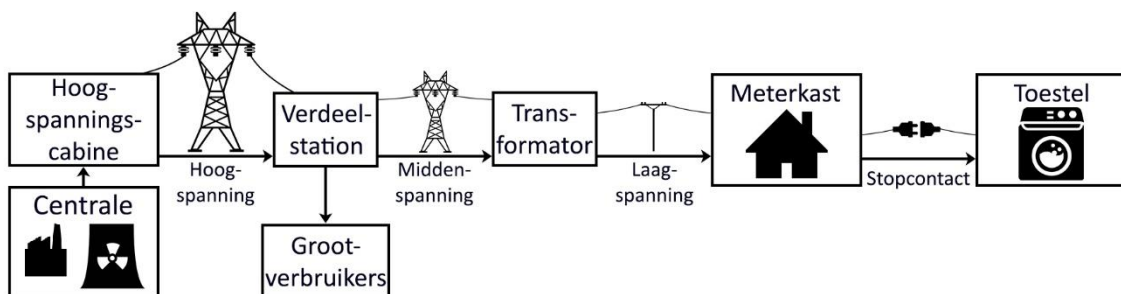
In deze thesis werd vertrokken van het afschakelplan en de problematiek rond de energiebevoorrading in België. Het centraal gestuurde energiesysteem is door het uitvallen van enkele kerncentrales zeer fragiel geworden en elektriciteit wordt misschien iets dat niet meer zomaar uit het stopcontact komt.

Een inwoner van België die over elektriciteit wil beschikken kan niet anders dan zich aansluiten op het groter elektriciteitsnet, maar zijn er geen alternatieven? Kan een bepaalde wijk bijvoorbeeld wél over elektriciteit beschikken zonder enige connectie met het elektriciteitsnet van Elia? Op deze vraag zal in dit hoofdstuk een antwoord gezocht worden en hierbij zal meermaals verwezen worden naar vorige hoofdstukken.

Het volgende deel van dit hoofdstuk zal, analoog zoals de twee vorige hoofdstukken, het hedendaagse elektriciteitsnet bespreken. Vervolgens zal de link gemaakt worden met het afschakelplan en wordt een aanzet gegeven naar een autonoom energiesysteem door middel van de technieken die beschreven werden in de vorige hoofdstukken: decentrale energie en bufferen van elektriciteit.

### 6.2. Het hedendaagse elektriciteitssysteem

Wanneer het elektriciteitsnet meer in detail bekeken wordt, kan vastgesteld worden dat het transport van elektriciteit plaatsvindt op meerdere schaalniveaus. Het hoogste schaalniveau is het hoogspanningsnet en het laagste schaalniveau is het toestel of de machine die door middel van een stopcontact verbonden wordt met dit elektriciteitsnet. Zonder diep in te gaan op het technische aspect wordt in onderstaande figuur een algemene voorstelling gegeven van de verschillende schaalniveaus van het elektriciteitsnet (BBEMG, 2012).



*Figuur 21: Structuur elektriciteitsnet op verschillende schaalniveaus*

Geproduceerde elektriciteit wordt op het hoogspanningsnet (30 tot 380 kV) gezet om in grote hoeveelheden getransporteerd te worden naar het verdeelstation. Het hoogspanningsnet in België wordt beheerd door Elia.

Van het verdeelstation vertrekt de elektriciteit richting een transformator op een spanning van 15 kV (middenspanning). In de transformatorcabine wordt de spanning omgezet naar 230 V (laagspanning) om de stroom te transporteren richting de verbruikers. Het laag- en middenspanningsnet wordt in Vlaanderen beheerd door Eandis en Infrax.

De stroom vanuit de transformatorcabine komt bij de verbruiker terecht in de meterkast waar de stroom die deze verbruiker zal consumeren gemeten wordt. Door middel van een stekker en

stopcontact wordt een toestel aangesloten op dit netwerk. Verbruikers die zeer veel stroom verbruiken (grootverbruikers) worden rechtstreeks op het hoogspanningsnet aangesloten.

### 6.3. Link met het afschakelplan

#### 6.3.1. Afschakelen op verschillende schaalniveaus

In deze thesis zijn in principe twee verschillende soorten afschakelplannen aan bod gekomen. Het eerste is het afschakelplan zoals gepresenteerd werd in de media en beschreven werd in het tweede hoofdstuk. Het tweede is het afschakelen van toestellen of het uitstellen van het gebruik van energieverblindende toestellen. In het eerste geval gebeurt de afschakeling op het hoogste schaalniveau (hoogspanningscabine) en in het laatste geval wordt afgeschakeld op het laagste schaalniveau (toestel).

Figuur 21 laat zien dat er zich nog enkele schaalniveaus tussen het toestel en de hoogspanningscabine bevinden. Vanuit de redenering van het afschakelplan dat nu grote regio's afschakelt door middel van het relais in de hoogspanningscabine uit te schakelen, zou het in principe ook mogelijk moeten zijn dat een verdeelstation, transformator of een individueel huis afgeschakeld wordt. Hier blijkt opnieuw de communicatielink van belang.

Op dit moment zou het uitschakelen van één van deze drie schaalniveaus manueel moeten gebeuren in het verdeelstation, de transformator of de meterkast zelf. Door de omvang en de verspreide verstedelijking van Vlaanderen zou het enorm veel werk zijn om dit te realiseren op één bepaald moment en blijkt het afschakelen vanuit de hoogspanningscabine de meest haalbare oplossing om het Europees elektriciteitsnet niet te doen instorten. De impact van het afschakelplan op het land zou dan wel enorm zijn, maar nog niet zo erg als een onverwachte Europese black-out zoals in 2006 het geval was.

Maar stel nu dat deze communicatielink wel aanwezig is. In het geval van een stroomtekort zouden dan individuele huizen kunnen afgeschakeld worden door de netbeheerder om zo het elektriciteitsverbruik te doen dalen om het net in stand te houden. Op deze manier zouden bepaalde regio's zoals de Gentse haven of het treinnet buiten schot kunnen blijven en zou de economische en maatschappelijke impact op het land gering blijven. Afschakelen op een lager schaalniveau kan leiden tot een veel gerichtere oplossing, waarbij de impact beperkt blijft in vergelijking met het afschakelplan zoals het nu gepresenteerd wordt.

#### 6.3.2. Impact

Impact is een belangrijk gegeven in deze problematiek. De onzekerheid over de stroomvoorziening deed in het najaar van 2014 al veel stof opwaaien. Het tweede hoofdstuk van deze thesis werd voornamelijk op basis van krantenartikels geschreven en het is duidelijk dat de angst voor een stroomtekort bij velen aanwezig was.

Door gericht af te schakelen zou de impact beperkt kunnen blijven. Maar er zal nog steeds een impact zijn en verbruikers zullen zonder stroom vallen. De vraag die dan kan gesteld worden is de volgende: wie wordt er afgeschakeld? Het is evident dat niemand wil dat het licht bij hem of haar uitgaat en dat iedereen elektriciteit wil gebruiken op eender welk moment. Het antwoord op deze vraag is dus niet eenvoudig en er zou dan een soort van classificatie moeten gemaakt worden waarbij bepaalde gebruikers mogelijks wel afgeschakeld kunnen worden en andere niet. Het classificeren van



de verbruikers zal op basis van de economische en maatschappelijke impact bij afschakeling moeten gebeuren. Het afschakelen van een gewoon huis zal weinig tot geen impact hebben terwijl het afschakelen van een grootwarenhuis wel een grote impact zal hebben. In het volgende deel zal de impact van het afschakelplan op een bepaalde regio onderzocht worden. Hierbij zullen prioritaire zones bepaald worden waarvoor de stroombevoorrading van grote noodzaak is.

### 6.3.3. Autonomie

Niemand valt graag zonder stroom, maar zolang de stroombevoorrading onzeker blijft, is de kans op afschakeling reëel. De problemen met de kerncentrales zijn nog steeds niet van de baan en alternatieven zijn de dag van vandaag nog niet voldoende voorhanden.

Hier kan dus ook een andere vraag gesteld worden:

*Kan ik, als een modaal gezin, mijn eigen stroom produceren en er dus zelf voor zorgen dat het licht bij mij blijft branden en bij mijn buurman, die geen stroom produceert, niet?*

In het vorige hoofdstuk werd hier al een aanzet voor gegeven. Zelf elektriciteit produceren is perfect mogelijk door middel van zonnepanelen, maar op dit moment wordt deze elektriciteit eerst op het elektriciteitsnet gezet en komt het in de energiemix terecht samen met de andere energievormen. Het antwoord op voorgaande vraag zal dus simpelweg negatief zijn, maar het zet wel aan tot nadenken.

Het is misschien wel mogelijk om met een groep verbruikers te investeren in een windmolen of in zonnepanelen om zo met deze groep verbruikers te voorzien in de eigen energieproductie. Op deze manier zou deze groep verbruikers autonoom kunnen worden en onafhankelijk zijn van grote elektriciteitsproducenten. Een eerste probleem hierbij is dat deze energiebronnen sterk afhangen van weersomstandigheden. Als er geen wind of zon is, dan is er geen stroom. Het is ook niet haalbaar om lokaal te investeren in een gascentrale en dit zou bovendien weinig tegemoetkomen aan het duurzaamheidsobjectief.

De oplossing voor dit probleem ligt in het bufferen van elektriciteit. In het vorige hoofdstuk werden twee manieren beschreven die het bufferen van elektriciteit mogelijk maken: smart grids en energieopslag. De combinatie van duurzame, decentrale energiebronnen en het bufferen van elektriciteit zijn in principe de sleutel voor een meer autonoom energiesysteem. In de vakliteratuur wordt dit ook met de term 'microgrid' omschreven en in de volgende paragraaf wordt hierop dieper ingegaan.

### 6.4. Microgrid

In het derde hoofdstuk werd al een definitie gegeven van de term 'microgrid' en deze luidt als volgt:

*“Een verzameling verbruikers, generatoren en eventueel energie-opslageenheden die zich als één geheel (deelnet) gedragen ten opzicht van het elektriciteitsnet en, indien nodig, onafhankelijk van dit net kunnen werken.” (Loix, 2009)*

Het laatste deel van deze definitie zegt voldoende en mits de juiste bouwstenen kan afgekoppeld worden van het groter elektriciteitsnet. Wanneer het afschakelplan dan in werking zou moeten treden door een stroomtekort, dan is het mogelijk dat een buurt die afgeschakeld wordt kan afkoppelen van het net en functioneren als kleiner deelnet. De essentiële componenten voor dit microgrid zijn energieproductie, energieverbruikers en energie-opslageenheden.

In het vierde hoofdstuk van deze thesis werd het onderdeel energieproductie beschreven, met in het bijzonder wind- en zonne-energie. Deze decentrale productie-eenheden kunnen in principe overal ingeplant worden en zijn dus uitermate geschikt om elektriciteit te genereren in een micro-elektriciteitsnet.

In het vijfde hoofdstuk kwam het thema energie-opslageenheden aan bod en dit werd opgenomen onder de noemer elektriciteitsbuffer. Buffers zijn noodzakelijk om op elk moment een evenwicht te creëren tussen het verbruik en de productie van elektriciteit. Het optimaal omspringen met energie kan hier ook een belangrijke rol in hebben en smart grids, een specifieke vorm van bufferen, is een technologie die dit mogelijk maakt. Een smart grid is in staat om op een slimme manier om te gaan met het elektriciteitsverbruik en zo het aanbod en het verbruik op elkaar af te stemmen. Dit zal vooral als gevolg hebben dat er minder energie-opslageenheden zullen moeten voorzien worden in dit grid. Het opslaan van de elektriciteit is noodzakelijk om het verschil tussen de productie en het verbruik op te vangen. Hoe kleiner dit verschil, hoe minder buffers er nodig zijn. Een smart grid zorgt er net voor dat dit verschil geminimaliseerd wordt door op een efficiëntere manier om te gaan met het elektriciteitsverbruik.

Het derde ingrediënt voor een microgrid, de verbruikers, spreekt voor zich en dit betekent dus dat met deze kennis het mogelijk is om een micro-elektriciteitsnet te creëren dat onafhankelijk kan functioneren van het groter net.

## 6.5. Vlaamse context

In het voorgaande van deze thesis werd theoretisch beschreven hoe de afstemming tussen de productie en consumptie van elektriciteit op lokaal niveau kan gebeuren. In de context van Vlaanderen en het afschakelplan kunnen microgrids het elektriciteitsnet robuuster maken doordat, bij een stroomtekort of een stroompanne op het groter elektriciteitsnet, een lokaal net kan gecreëerd worden dat wel kan blijven functioneren.

Om dit effectief in praktijk te brengen in een regio als Vlaanderen moeten ingrijpende maatregelen genomen worden. In het volgende deel van deze thesis zal door middel van een conceptuele oefening onderzocht worden wat dit verhaal kan betekenen in de Vlaamse context.

### 6.5.1. Decentrale productie

Een eerste uitdaging zal het inplanten zijn van de decentrale energiebronnen. In het vierde hoofdstuk werden de energiebronnen wind- en zonne-energie besproken. Hieruit bleek dat zonnepanelen relatief eenvoudig ingeplant kunnen worden in het landschap, voornamelijk op de daken van bestaande huizen. Bovendien zijn zonnepanelen in België al voor een groot deel aanwezig in België en kunnen ze op zonnige dagen ongeveer evenveel elektriciteit produceren als twee grote kernreactoren. Voor windenergie is het niet zo eenvoudig om zomaar overal windmolens te plaatsen en tegenstand van de lokale bevolking is een veel voorkomend fenomeen, ook wel het NIMBY-effect genoemd.

In het volgende deel zal voor een bepaalde regio in Vlaanderen onderzocht worden hoeveel elektriciteit er in die regio kan geproduceerd worden op basis van wind- en zonne-energie. Dit zal vergeleken worden met de hoeveelheid elektriciteit die verbruikt wordt.

### 6.5.2. Bufferen

Een ander belangrijk probleem bij deze energiebronnen is de weersafhankelijkheid. 's Nachts kan er geen zonne-energie geproduceerd worden en op bewolkte dagen zal er veel minder geproduceerd worden dan op zonnige dagen. De hoeveelheid geproduceerde windenergie hangt dan weer af van de windsterkte op een bepaald moment. De weersafhankelijkheid van deze decentrale energiebronnen leidt tot een tweede uitdaging, namelijk op elk moment een evenwicht tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit garanderen. Dit evenwicht kan bereikt worden door het bufferen van elektriciteit en zoals beschreven is in het vijfde hoofdstuk kan dit op twee manieren: smart grids en elektriciteit opslaan.

#### 6.5.2.1. Smart grids

Wanneer smart grids vertaald worden naar een regio als Vlaanderen kan gesteld worden dat dit eerder een technische uitdaging is. Het bufferen van de elektriciteit gebeurt hier door het elektriciteitsverbruik te verschuiven in de tijd. Toestellen die hiervoor uitermate geschikt zijn, zijn wasmachines, vaatwassers en droogkasten. Deze toestellen verbruiken veel elektriciteit en kunnen zonder veel last bij de gebruikers op een ander tijdstip hun taak vervullen. In het vijfde hoofdstuk werd de test case 'Automated Demand-Side Management' van het Linear project besproken en hieruit bleek dat met minimale interactie van de gebruiker al significante resultaten konden geboekt worden. Het merendeel van de Vlaamse gezinnen is in het bezit van één of meerdere van dit soort toestellen waaruit blijkt dat er alleszins potentie is om een smart grid uit te bouwen. Om een smart grid te realiseren is het belangrijk dat er een communicatielink aanwezig is, een zogenaamde 'smart meter'. Op zich is dit eerder een technische aanpassing die moet gemaakt worden en hier zal in deze thesis dan ook niet dieper op ingegaan worden. In het volgende deel, de conceptuele oefening, zal deze vorm van bufferen wel opnieuw aangehaald worden om het elektriciteitsverbruik af te stemmen op de productie.

#### 6.5.2.2. Opslag van elektriciteit

Het opslaan van elektriciteit is een tweede methode om elektriciteit te bufferen en in het vijfde hoofdstuk werden enkele vormen van energieopslag beschreven. De meest gebruikte methode om grote hoeveelheden elektriciteit op te slaan, een waterkrachtcentrale, is door de topografische kenmerken van Vlaanderen niet eenvoudig toepasbaar in deze regio. Aangezien dit ook geen decentrale buffer is zal dit niet verder besproken worden.

### *“Verkoop elektrische wagens verdubbeld”*

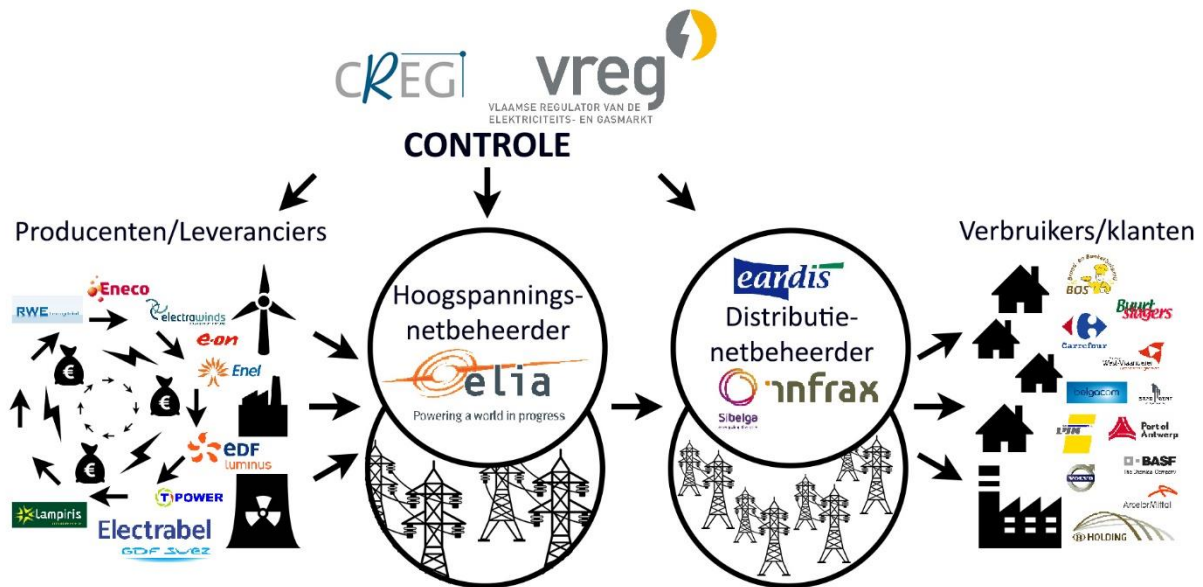
*De Tijd, 27-12-2014*

Een ontwikkeling die wel potentieel heeft voor het realiseren van een microgrid is de elektrische wagen. In 2014 waren er meer dan 3,3 miljoen personenwagens ingeschreven in Vlaanderen. Het aandeel elektrische wagens is echter zeer klein (minder dan 0,1%) en ook de nodige infrastructuur, zoals oplaadpunten, is nauwelijks aanwezig. De elektrische wagen is wel aan een opmars bezig, maar indien ze echt als buffer kunnen gebruikt worden voor het elektriciteitsnet zal er een grote omschakeling van het wagenpark noodzakelijk zijn.

Naast waterkracht en elektrische wagens werd in het vijfde hoofdstuk ook de Tesla Powerwall besproken onder de noemer elektriciteitsbuffer. Deze batterij is relatief compact en kan in principe in elke woning geïnstalleerd worden en aan het elektriciteitsnet gekoppeld worden.

### 6.5.3. Organisatie

Naast deze drie essentiële bouwstenen van een microgrid moet het belang van een goede organisatie benadrukt worden en zal in een microgrid een lokale energiemarkt ontstaan. Figuur 22 geeft een overzicht van de structuur van de elektriciteitsmarkt in Vlaanderen. Aan de ene kant staan de elektriciteitsproducenten die meestal ook optreden als leverancier van elektriciteit. De leveranciers kopen en verkopen onderling elektriciteit om te voldoen aan de vraag van hun verbruikers.



Figuur 22: Structuur elektriciteitsmarkt in Vlaanderen

De elektriciteit wordt getransporteerd over het hoogspannings- en het distributienet richting de verbruikers of de klanten. Het hoogspanningsnet in België wordt beheerd door Elia die een monopoliepositie heeft. Het distributienet wordt in Vlaanderen beheerd door Eandis en Infrac afhankelijk van de geografische locatie. Tot slot zijn er nog de controleorganen of regulatoren: de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG) en de Commissie voor de Regulering van de Elektriciteit en het Gas (CREG). Deze regulatoren zijn aangesteld door de overheid: de VREG op Vlaams niveau en de CREG op federaal niveau. De regulatoren houden toezicht op de transparantie van de energiemarkt en verdedigen de belangen van de verbruikers (Elia, 2015).

Wanneer gedacht wordt aan een meer gelokaliseerde afstemming tussen de productie en consumptie van elektriciteit dan zal er ook moeten gedacht worden aan een lokale elektriciteitsmarkt. In deze thesis zal hier niet dieper op ingegaan worden omdat deze thematiek zich voornamelijk op juridisch en economisch vlak situeert.

### 6.6. Conclusie

In dit hoofdstuk werd onderzocht hoe een lokaal en kleiner elektriciteitsnet, een microgrid, tot stand kan komen. Voor een microgrid zijn drie componenten nodig: productie-eenheden, verbruikers en buffers. De decentrale productie-eenheden wind- en zonne-energie blijken uitermate geschikt om in te planten in het Vlaamse landschap maar door de grote afhankelijkheid van de weersomstandigheden is het noodzakelijk dat er elektriciteit gebufferd wordt. Technologieën als smart grids, vehicle to grid en de Tesla Powerwall zijn drie manieren om elektriciteit te bufferen en zijn zeer geschikt om toe te

passen op een regio als Vlaanderen. Het bufferen van elektriciteit zal noodzakelijk zijn om op elk tijdstip een evenwicht te kunnen garanderen tussen de vraag en het aanbod van elektriciteit.

Wanneer dit in de context van het afschakelplan geplaatst wordt, zal het bij een stroomtekort mogelijk zijn dat dit microgrid afgekoppeld wordt van het elektriciteitsnet waardoor het autonoom kan functioneren. Op deze manier zal het licht wel kunnen blijven branden bij de gebruikers in dit microgrid.

In het voorgaande werd het strategisch kader geschetst om een meer lokale afstemming te creëren tussen de productie en de consumptie van elektriciteit. In het volgend deel zal deze strategie een praktische invulling krijgen door middel van een case study van een bepaalde regio in Vlaanderen.



## DEEL IV. CONCEPTUELE OEFENING IN DE VLAAMSE CONTEXT





## Hoofdstuk 7: Opzet van de oefening

### 7.1. Inleiding

In dit deel van de thesis zullen de strategieën uit het vorige deel toegepast worden op een specifieke regio in Vlaanderen. Door middel van een conceptuele oefening zal onderzocht worden wat een microgrid kan betekenen voor het hedendaagse elektriciteitsnet in Vlaanderen.

In het tweede deel van deze thesis werd de mediahype rond het afschakelplan beschreven en werd duidelijk dat het elektriciteitsnet niet robuust is. Door problemen aan verschillende kernreactoren was er een reële kans dat er tijdens de piekmomenten geen stroom meer uit het stopcontact zou komen in bepaalde zones van het land.

*“Haven Gent valt uit nieuwe afschakelplan elektriciteit”*

*De Tijd, 01-07-2015*

Bij de afbakening van deze zones werd volgens de netbeheerders vooral rekening gehouden met wat technisch mogelijk was. Toch bleek het mogelijk om het afschakelplan aan te passen toen bleek dat het afschakelen van bepaalde zones een te grote impact zou hebben op het land. Begin juli 2015 verscheen het bericht dat de haven van Gent en de luchthavens van Luik en Charleroi niet meer zouden opgenomen worden in het nieuwe afschakelplan voor de winter van 2015-2016. De grote economische schade die hierdoor zou ontstaan, lag aan de basis van deze wijziging.

Het afschakelplan kan op deze manier nog ettelijke malen aangepast worden, maar is er geen andere manier om met dit probleem om te gaan? Kan het organiseren van de elektriciteitsproductie en – consumptie op een lokaal schaalniveau hier misschien een bijdrage in hebben?

### 7.2. Doelstellingen

In de volgende paragraaf zal een specifieke regio in Vlaanderen geselecteerd worden waarop deze conceptuele oefening zal worden uitgevoerd, maar eerst zal in onderstaande alinea's beschreven worden waarom deze oefening gedaan wordt en wat de bedoeling ervan is. Er worden een aantal vragen gesteld waarop in het volgende hoofdstuk een antwoord zal gezocht worden.

Na het selecteren van een bepaalde regio in Vlaanderen zal een inschatting gemaakt worden van de impact van het afschakelplan op dit gebied. Wat gebeurt er met deze regio wanneer deze zonder elektriciteit valt voor enkele uren? Welke verbruikers vallen zonder elektriciteit? Heeft een stroomtekort op specifieke zones een grotere impact dan op andere zones? Een eenduidig antwoord kan op deze vragen niet gegeven worden maar op basis van de mediaberichten omtrent het afschakelplan kan hier wel een inschatting van worden gemaakt.

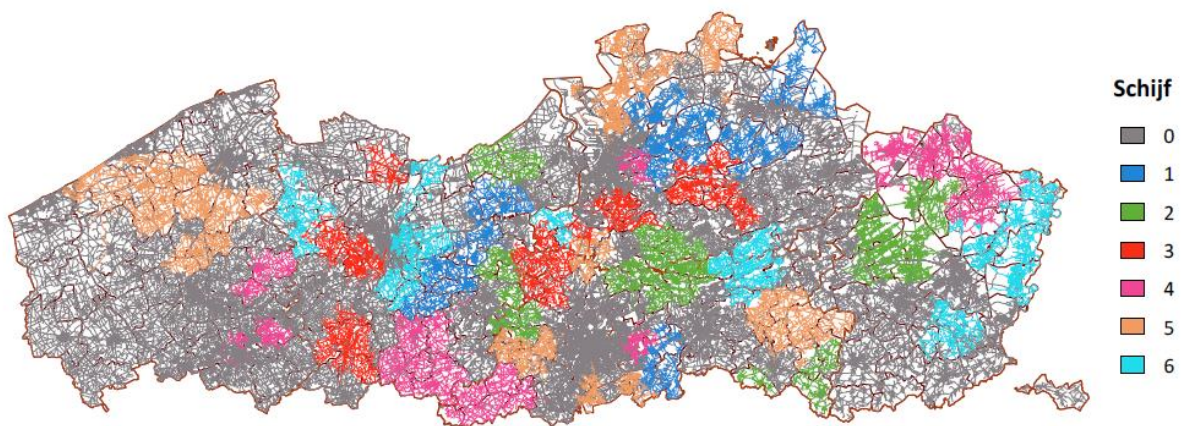
In de tweede stap bij de uitwerking van deze case zal onderzocht worden hoe een microgrid tot stand zou kunnen komen in de regio. Hierbij zullen de drie bouwstenen van een microgrid elk afzonderlijk onderzocht worden: verbruikers, productie-eenheden en buffers. Er zal onder meer een antwoord gezocht worden op volgende vragen: Zijn bepaalde verbruikers belangrijker dan andere? Waar kunnen windturbines en zonnepanelen geplaatst worden en waar niet? Op welke manier kan elektriciteit gebufferd worden?

Tot slot zal er een rekenoefening uitgevoerd worden waarbij een inschatting zal gemaakt worden van het potentieel van een evenwichtig microgrid op die specifieke regio. Er zal een afweging gemaakt

worden van het energieverbruik tegenover de energieproductie. Welke inspanningen zullen er nodig zijn om een microgrid te realiseren? Hoeveel windmolens en zonnepanelen kunnen er geplaatst worden? Kan er voldoende elektriciteit geproduceerd worden om de vraag op te vangen? Wanneer moet er gebufferd worden en in welke mate?

### 7.3. Studiegebied

Bij de keuze van het studiegebied werd in de eerste plaats gekeken naar het afschakelplan (Figuur 23). Wanneer de impact van het afschakelplan onderzocht wordt en gedacht wordt aan een autonoom elektriciteitsnet is het relevant dat het studiegebied ook effectief opgenomen is in het afschakelplan. Op onderstaande kaart zijn de gebieden te zien die opgenomen zijn in het afschakelplan (schijf 1 t.e.m. 6).

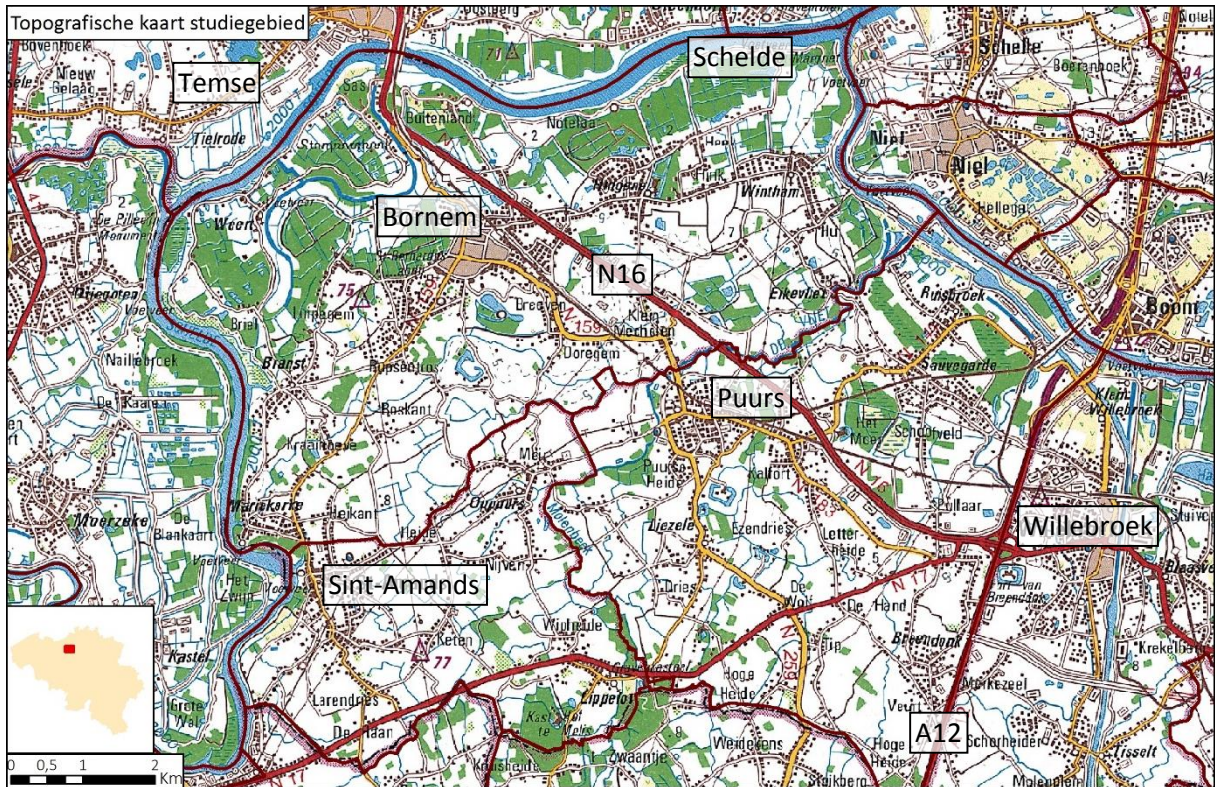


Figuur 23: Afschakelplan Vlaanderen en Brussels Hoofdstedelijk Gewest

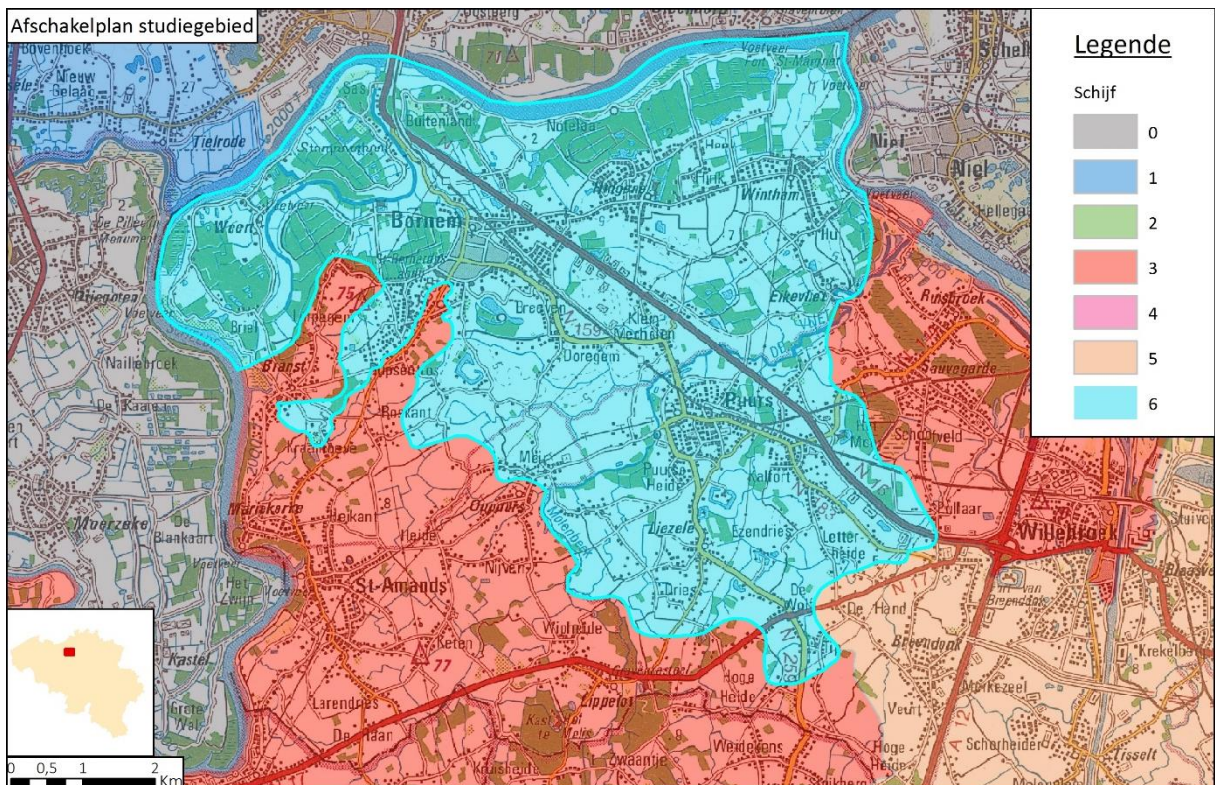
Een andere belangrijke factor bij de keuze van het studiegebied is de relevantie met betrekking tot 'de Vlaamse context'. De keuze zou hier bijvoorbeeld kunnen gaan naar de stad Gent, die gedeeltelijk opgenomen is in het afschakelplan. Maar is Gent wel representatief voor de rest van Vlaanderen? Het antwoord hierop is negatief want het doorsnee plattelandsdorp verschilt zeer sterk van een centrumstad als Gent. De ideale regio die representatief is voor de rest van Vlaanderen bestaat misschien niet, maar voor deze conceptuele oefening is het interessant indien er een grote ruimtelijke differentiatie is in het gebied.

Door de auteur van deze thesis werd in het verleden een onderzoek verricht in verband met mobiliteit in de regio Klein-Brabant. Een deel van deze regio blijkt ook opgenomen te zijn in het afschakelplan en bovendien is er een grote ruimtelijke differentiatie in het gebied. De keuze van het studiegebied zal daarom gaan naar de regio Klein-Brabant, meer bepaald de gemeenten Bornem, Puurs en Sint-Amands (Figuur 24).

Het studiegebied situeert zich rondom de gewestweg N16 die de snelwegen E17, A12 en E19 met elkaar verbindt. Een meer specifieke afbakening van het studiegebied wordt gemaakt op basis van het afschakelplan (Figuur 25). De zone die in het blauw is aangeduid wordt voor het verdere verloop van deze thesis gedefinieerd als 'het studiegebied' en hierop zal de conceptuele oefening worden uitgevoerd.



Figuur 24: Topografische kaart van het studiegebied<sup>5</sup>



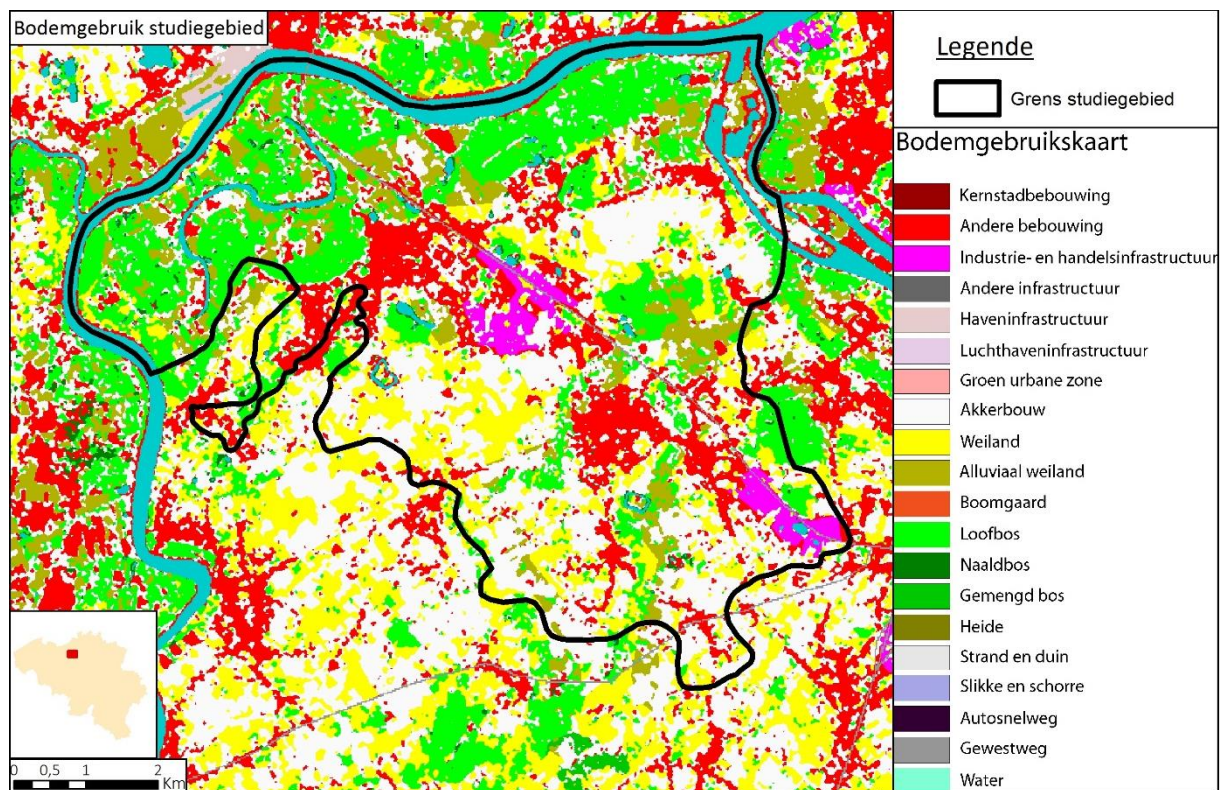
Figuur 25: Studiegebied met het afschakelplan in overdruk<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Achtergrondkaart: topografische kaart 1/100.000 NGI (AGIV, 1990)

<sup>6</sup> Grenzen van het afschakelplan door auteur bepaald op basis van stratenlijsten gepubliceerd op de website van Eandis (Eandis, 2015) (Opmerking: deze grenzen vallen niet altijd samen met de gemeentegrenzen)

Onderstaande kaart geeft het bodemgebruik in de regio weer. Het studiegebied bevat twee dorpskernen (Puurs en Bornem) en twee bedrijventerreinen (Puurs en Bornem). Op deze bedrijventerreinen zijn enkele firma's gevestigd die toonaangevend zijn in de chemische sector op wereldschaal (Pfizer, Capsugel, Alcon...). In het noorden wordt het studiegebied begrensd door de Schelde en natuurgebieden. Ook de landbouw is in sterke mate aanwezig in het gebied.

Het gebied wordt doorkruist door de gewestweg N16 en de spoorlijn Sint-Niklaas – Mechelen (lijn 54). De gemeenten Bornem en Puurs beschikken allebei over een station en vanuit Puurs vertrekt ook nog een spoorlijn richting Antwerpen (lijn 52). Langs de N16 bevinden zich tal van grote winkels en ook in de dorpskernen is er veel retail aanwezig.



Figuur 26: Bodemgebruikskarta van het studiegebied<sup>7</sup> (AGIV, 2001)

Door de grote ruimtelijke diversiteit van deze regio is dit gebied zeer interessant om een conceptuele oefening op uit te voeren. Bovendien zijn de industriële sites in het studiegebied van groot economisch belang voor de regio en voor Vlaanderen. Het afschakelen van dit gebied zal dus niet enkel op het studiegebied zelf, maar ook op het hele land een grote impact hebben.

In het volgende hoofdstuk zal dit gebied nog meer in detail bekeken worden en zal onderzocht worden wat het afschakelplan kan veroorzaken in deze regio.

<sup>7</sup> Achtergrondkarta: bodemgebruiksbestand, opname 2001 rasterversie (AGIV, 2001)

## Hoofdstuk 8: Case study

### 8.1. Inleiding

In het vorige hoofdstuk werd de opzet van deze case study vastgelegd. De doelstellingen die vooropgesteld werden zullen in dit hoofdstuk onderzocht worden voor het studiegebied.

In het volgende deel van dit hoofdstuk zal een analyse gemaakt worden van de impact van het afschakelplan op het studiegebied. Hier zal een onderverdeling gemaakt worden tussen verschillende gebruikers: industrie, infrastructuur, voorzieningen, landbouw en woningen.

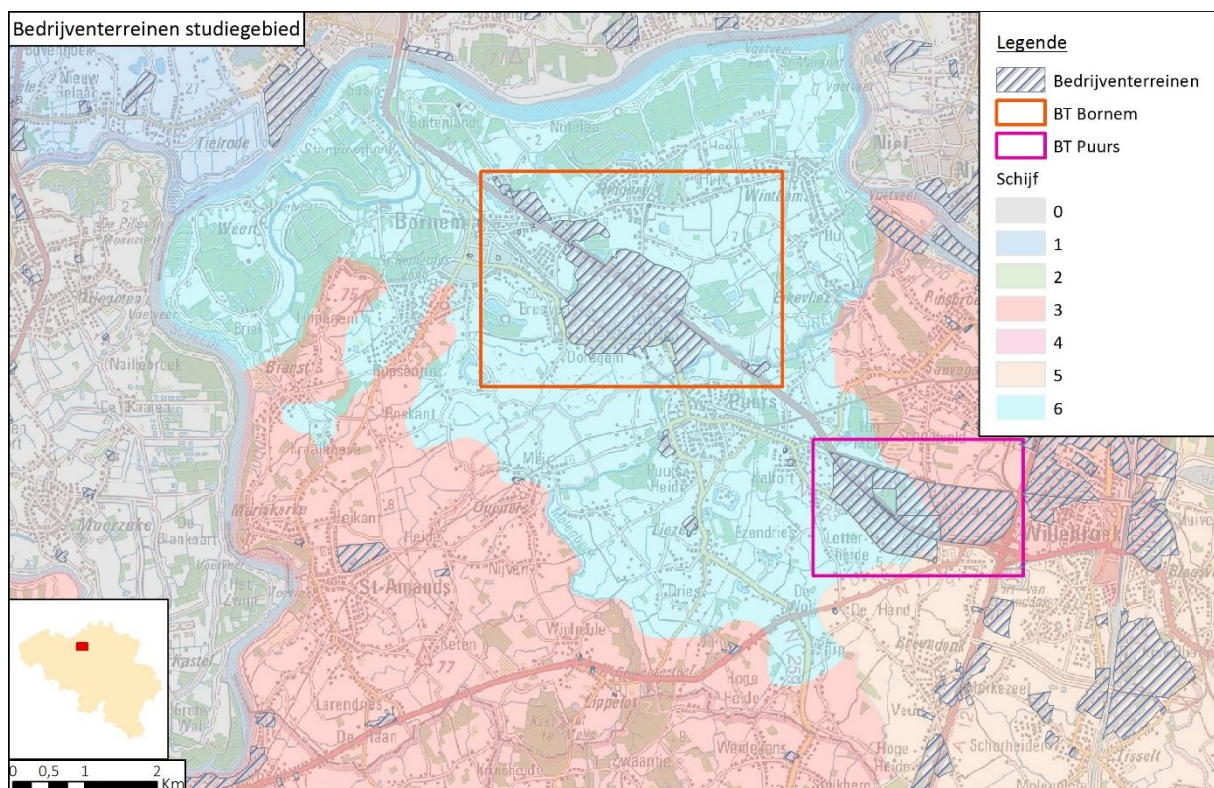
In het derde deel van dit hoofdstuk zullen de drie bouwstenen van het microgrid beschreven worden. Voor de verbruikers zullen prioritaire zones geselecteerd worden naargelang de hinder die ze kunnen ondervinden van het afschakelplan. De productie-eenheden zullen analoog aan het vierde hoofdstuk onderverdeeld worden in windturbines en zonnepanelen. Voor buffers zal het thema smart grids en V2G aan bod komen, het aspect batterijen wordt slecht beperkt besproken.

Vervolgens zal in het vierde deel een rekenoefening gemaakt worden waarin zal onderzocht worden hoeveel elektriciteit er verbruikt wordt en hoeveel er geproduceerd kan worden. Hieruit zal dan bepaald worden wanneer er moet gebufferd worden en hoeveel precies.

### 8.2. Analyse: impact van het afschakelplan op het studiegebied

#### 8.2.1. Industrie

Figuur 27 geeft de bedrijventerreinen weer in het studiegebied. Er bevinden zich twee grote bedrijventerreinen in het studiegebied, in Bornem en in Puurs.



Figuur 27: Bedrijventerreinen (BT) in het studiegebied<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Bedrijventerreinen: Bedrijventerreinen, AGIV & AO (AGIV, 2011)

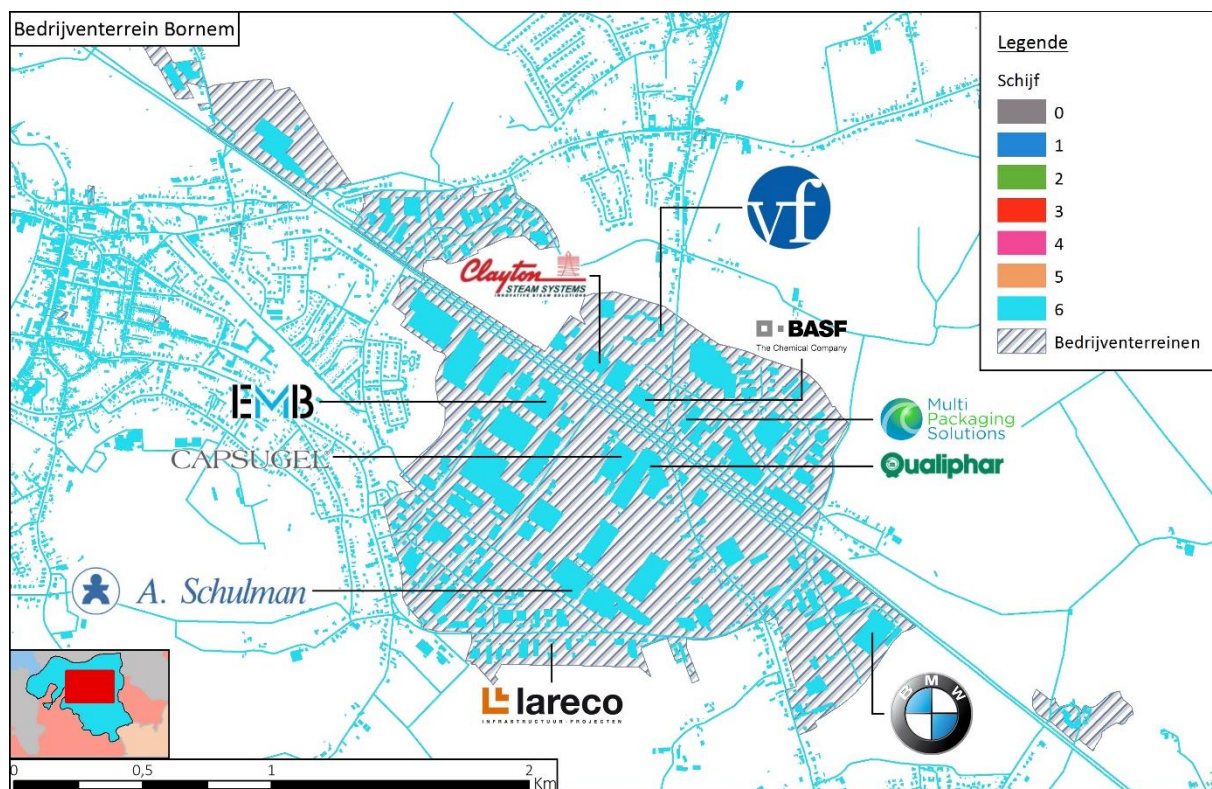
Het bedrijventerrein van Bornem ligt volledig in schijf 6 en het bedrijventerrein van Puurs ligt deels in schijf 6 en deels in schijf 3. Wanneer bij een stroomtekort schijf 6 wordt afgeschakeld zal slechts de helft van het bedrijventerrein in Puurs worden afgeschakeld.

#### 8.2.1.1. Bedrijventerrein van Bornem

Het bedrijventerrein in Bornem heeft een oppervlakte van meer dan 250 hectare en de oppervlakte van de gebouwen is ruim 68 hectare. Onderstaande tabel toont de top 10 van de bedrijven in Bornem, gebaseerd op het grootste aantal werknemers in 2013 (Trends Top, 2015).

Bedrijf	Gemiddeld aantal werknemers (2013)	Toegevoegde waarde (2013)	Sector
VF Europe	762,90	€ 113 180 074	Kledingverkoop
Capsugel Belgium	439,70	€ 163 119 640	Farmaceutische nijverheid
BMW Belgium Luxembourg	260,70	€ 42 283 518	Auto's, verkoop en garages
A. Schulman Plastics	245,60	€ 46 011 069	Plastiek
Qualiphar	163,00	€ 12 770 746	Farmaceutische nijverheid
Multi Packaging Solutions	126,50	€ 9 841 690	Drukkerijen
E.M.B.	111,40	€ 11 374 248	Chemische nijverheid
Clayton of Belgium	99,30	€ 7 615 224	Vervaardiging stoomketels
BASF Coatings Services	97,70	€ 15 882 761	Chemische nijverheid
Lareco-Bornem	68,10	€ 3 670 422	Burgerlijke bouwkunde

Tabel 2: Bedrijven in Bornem, top 10 naar aantal werknemers



Figuur 28: Bedrijventerrein Bornem, aanduiding top 10 naar aantal werknemers

Figuur 28 geeft de locatie van deze bedrijven weer op een kaart. Deze bedrijven zijn met een groot aantal andere bedrijven geclusterd rondom de rijksweg (N16) in Bornem. Deze 10 bedrijven hebben samen ongeveer 2375 werknemers in dienst, waarvan het grootste deel ook effectief in die regio zijn dagtaak vervult. De toegevoegde waarde die op dit bedrijventerrein gecreëerd wordt loopt op tot enkele honderden miljoenen euro waaruit kan afgeleid worden dat deze regio van groot economisch belang is, niet enkel voor Bornem, maar ook voor Vlaanderen.

#### 8.2.1.2. Bedrijventerrein van Puurs

Het bedrijventerrein in Puurs heeft een oppervlakte van meer dan 210 hectare en de oppervlakte van de gebouwen is ruim 50 hectare. Onderstaande tabel toont de top 10 van de bedrijven in Puurs, gebaseerd op het grootste aantal werknemers in 2013 (Trends Top, 2015).

<i>Bedrijf</i>	<i>Gemiddeld aantal werknemers (2013)</i>	<i>Toegevoegde waarde (2013)</i>	<i>Sector</i>
<i>Pfizer Mfg, Belgium</i>	<i>1 325,50</i>	<i>€ 145 475 694</i>	<i>Farmaceutische nijverheid</i>
<i>Alcon-Couvreur</i>	<i>969,10</i>	<i>€ 112 983 846</i>	<i>Farmaceutische nijverheid</i>
<i>Duvel Moortgat</i>	<i>271,50</i>	<i>€ 69 339 074</i>	<i>Brouwerijen en aanv.</i>
<i>DSV Road</i>	<i>266,50</i>	<i>€ 26 449 567</i>	<i>Transport, logistiek</i>
<i>Continental Foods Belgium</i>	<i>226,30</i>	<i>€ 39 753 379</i>	<i>Voedingsindustrie</i>
<i>Beyers Koffie</i>	<i>141,30</i>	<i>€ 13 198 806</i>	<i>Koffie en thee</i>
<i>Purna Pharmaceuticals</i>	<i>125,70</i>	<i>€ 9 466 617</i>	<i>Farmaceutische nijverheid</i>
<i>Peleman Industries</i>	<i>97,10</i>	<i>€ 6 530 096</i>	<i>Boekbinden en afwerking</i>
<i>I.R.S-Btech</i>	<i>93,90</i>	<i>€ 16 913 504</i>	<i>Bouwmaterialen, verkoop</i>
<i>Groven+</i>	<i>75,10</i>	<i>€ 6 602 400</i>	<i>Metaalverwerking</i>

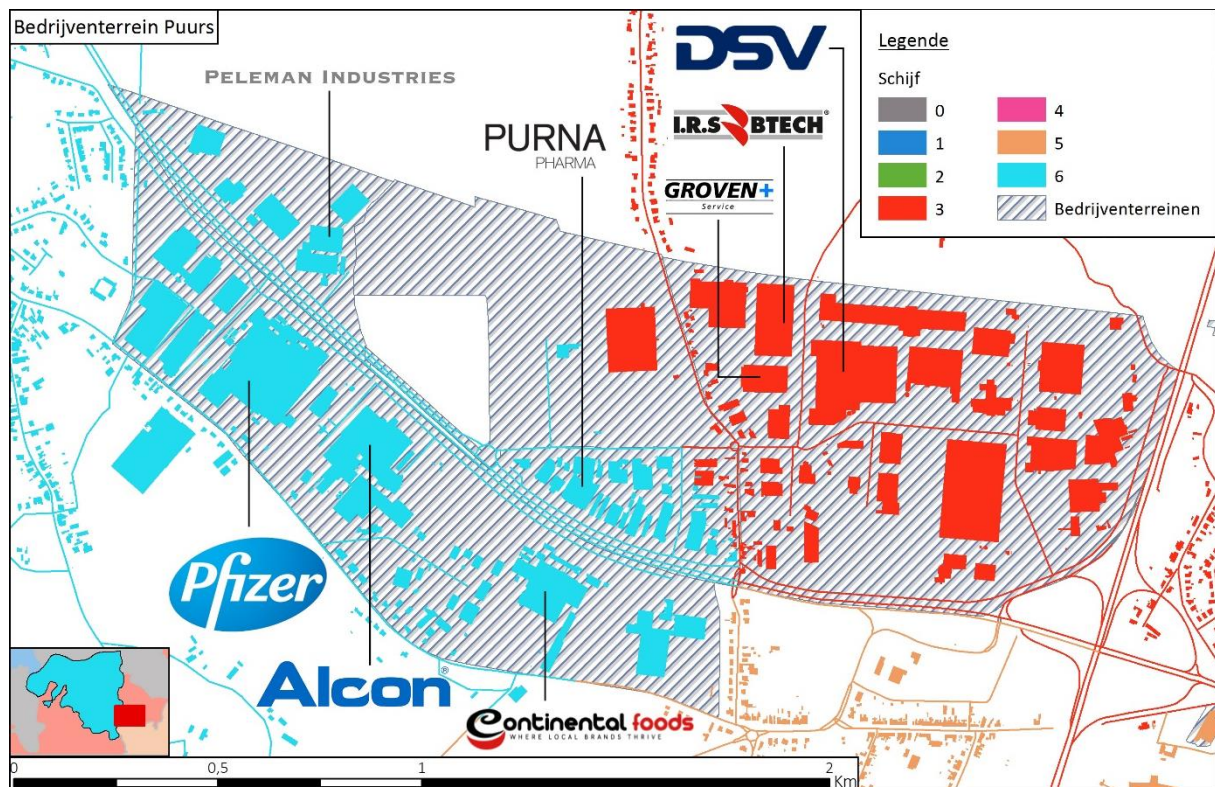
Tabel 3: Bedrijventerrein Puurs, aanduiding top 10 naar aantal werknemers

Figuur 29 geeft de geografische locatie van deze bedrijven weer. Merk op dat ‘Duvel Moortgat’ en ‘Beyers Koffie’ niet in dit bedrijventerrein liggen maar meer naar het zuiden te situeren zijn. Deze twee bedrijven liggen bovendien niet in schijf 6 van het afschakelplan. Zoals hier al eerder werd vermeld, is ongeveer de helft van het bedrijventerrein van Puurs opgenomen in schijf 6 en de andere helft in schijf 3. De exacte grens tussen deze twee schijven is niet helemaal duidelijk en het is mogelijk dat bovenstaande kaart niet helemaal overeenstemt met de werkelijkheid wat de gebouwen betreft die dicht bij de grens van de schijf liggen.

Net zoals in Bornem is ook het bedrijventerrein van Puurs een cluster van bedrijven met groot economisch belang. De chemische en farmaceutische industrie is in beide regio’s zeer sterk aanwezig en de toegevoegde waarde die er gecreëerd wordt is enorm. In de inleiding van het vorige hoofdstuk werd er verwezen naar de haven van Gent die uit het nieuwe afschakelplan van 2015-2016 zou vallen door de grote economische schade die dit zou veroorzaken. Moet hier dan ook een pleidooi gehouden worden om de regio Klein-Brabant uit het afschakelplan te halen?

Het is alleszins van groot belang voor de bedrijven in deze regio dat de bevoorradingszekerheid van elektriciteit op elk moment gewaarborgd blijft. Een deel van deze bedrijven zal ongetwijfeld over noodgeneratoren beschikken zodat de schade bij een stroompanne beperkt blijft. Deze nood-

generatoren zullen in elk geval niet voldoende zijn om deze bedrijven op volle kracht te laten draaien waardoor er bij een stroomtekort ongetwijfeld een lagere productie zal plaatsvinden.



Figuur 29: Bedrijventerrein Puurs, aanduiding top 10 naar aantal werknemers (exclusief Duvel Moortgat en Beyers Koffie)

### 8.2.2. Infrastructuur

Op vlak van verkeersinfrastructuur is het gebied zeer goed ontsloten, zowel voor het wegverkeer als het openbaar vervoer. Het onderscheid wordt hier gemaakt tussen het spoorverkeer en het verkeer over de weg.

#### 8.2.2.1. Spoor

Doorheen het gebied loopt de spoorlijn Sint-Niklaas Mechelen (lijn 54) en vanuit Puurs vertrekt er een spoorlijn richting Antwerpen (lijn 52). Puurs en Bornem hebben beide een station en de frequentie van de treinen is om het uur.

*“Reken niet op de trein bij een black-out”*

*De Morgen, 11-12-2014*

Wanneer het afschakelplan zou moeten geactiveerd worden zouden er op die dag ook geen treinen rijden. Bovendien bevinden zich in het gebied 18 overwegen die bij afschakeling automatisch zullen sluiten. De enige manier om de spoorlijn te kruisen is via de N16 waar de spoorweg ongelijkvloers gekruist wordt (Figuur 30).





Figuur 30: Spoorinfrastructuur in het studiegebied<sup>9</sup>

#### 8.2.2.2. Weg

Het studiegebied wordt doorkruist door de gewestweg N16, die Sint-Niklaas en Mechelen met elkaar verbindt. Het deel van deze gewestweg dat door Puurs en Bornem loopt verbindt ook de E17 en de A12 met elkaar.

*“Weer helse spits op A12 en N16”*

*Het Nieuwsblad, 04-02-2015*

Doordat de N16 de verbinding vormt tussen twee snelwegen en door de grote economische activiteit in de regio komt er een grote druk terecht op deze gewestweg. Regelmatig staan er structurele files of gebeuren er ongevallen op de N16.

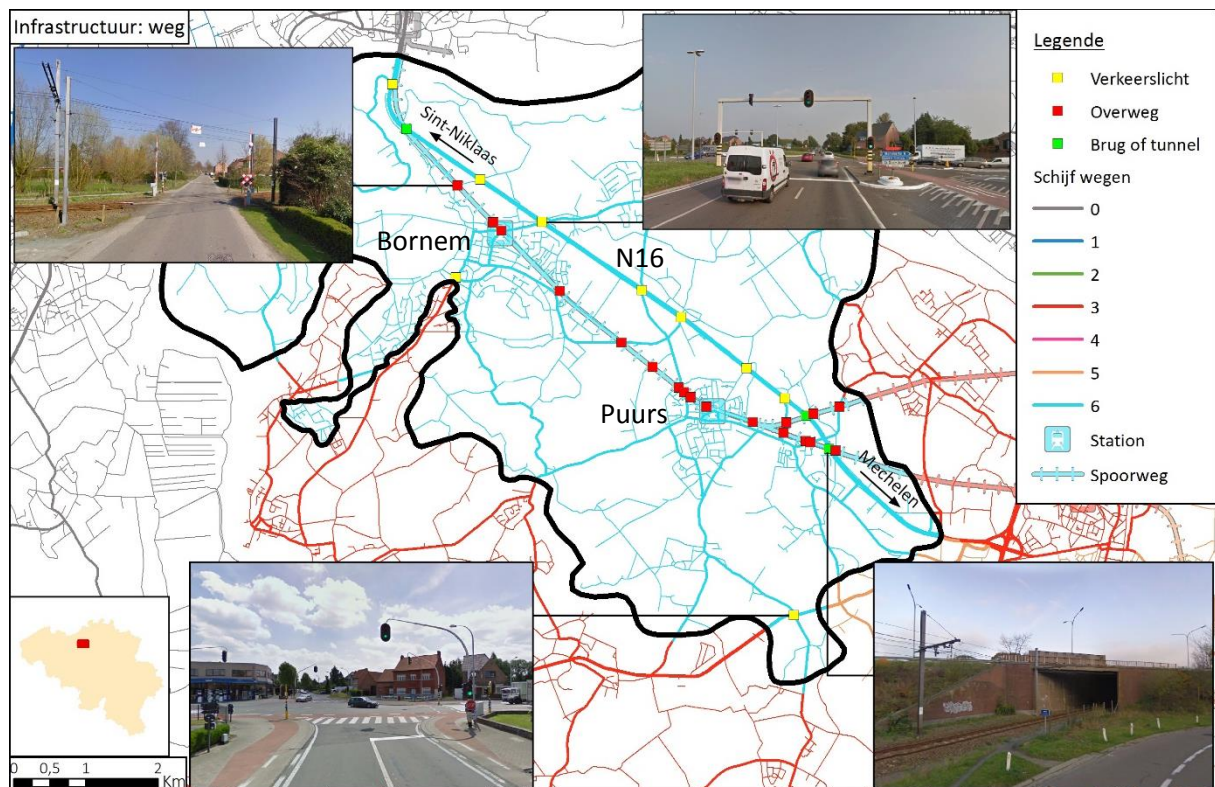
Wanneer door het afschakelplan de overwegen in Bornem en Puurs gesloten worden komt er een extra druk op deze gewestweg terecht aangezien dit dan de enige mogelijkheid is om de spoorlijn te kruisen. Bovendien zullen de verkeerslichten in de regio, waarvan er zeven op de N16 liggen, ook niet functioneren bij een stroomtekort (Figuur 31). Het afschakelplan zal op en rond deze gewestweg een enorme verkeerschaos creëren. Bovendien zal dit ongetwijfeld ook gevolgen hebben voor het bovenliggende wegennet rondom dit studiegebied.

Het is van groot belang dat de weg- en spoorinfrastructuur in de regio van elektriciteit voorzien blijft. Het afschakelen van overwegen en verkeerslichten zou enorme gevolgen hebben voor de regio en

<sup>9</sup> Achtergrond: NAVSTREETS (native) Vector, V2010.3 (AGIV, 2010)

Gebruikte GIS-lagen: Streets\_lam72; SecHwys\_lam72; MajHwys\_lam72; Railrds\_lam72; TransHubs\_lam72

omliggende gebieden. Een verkeerschaos in de regio heeft bovendien ook nog negatieve gevolgen voor de economische activiteiten waardoor dit belang nog eens extra benadrukt moet worden.



Figuur 31: Weginfrastructuur in het studiegebied

### 8.2.3. Voorzieningen

Figuur 32 geeft een overzicht van de voorzieningen in de regio. Er werd een indeling gemaakt in negen categorieën (Tabel 4).

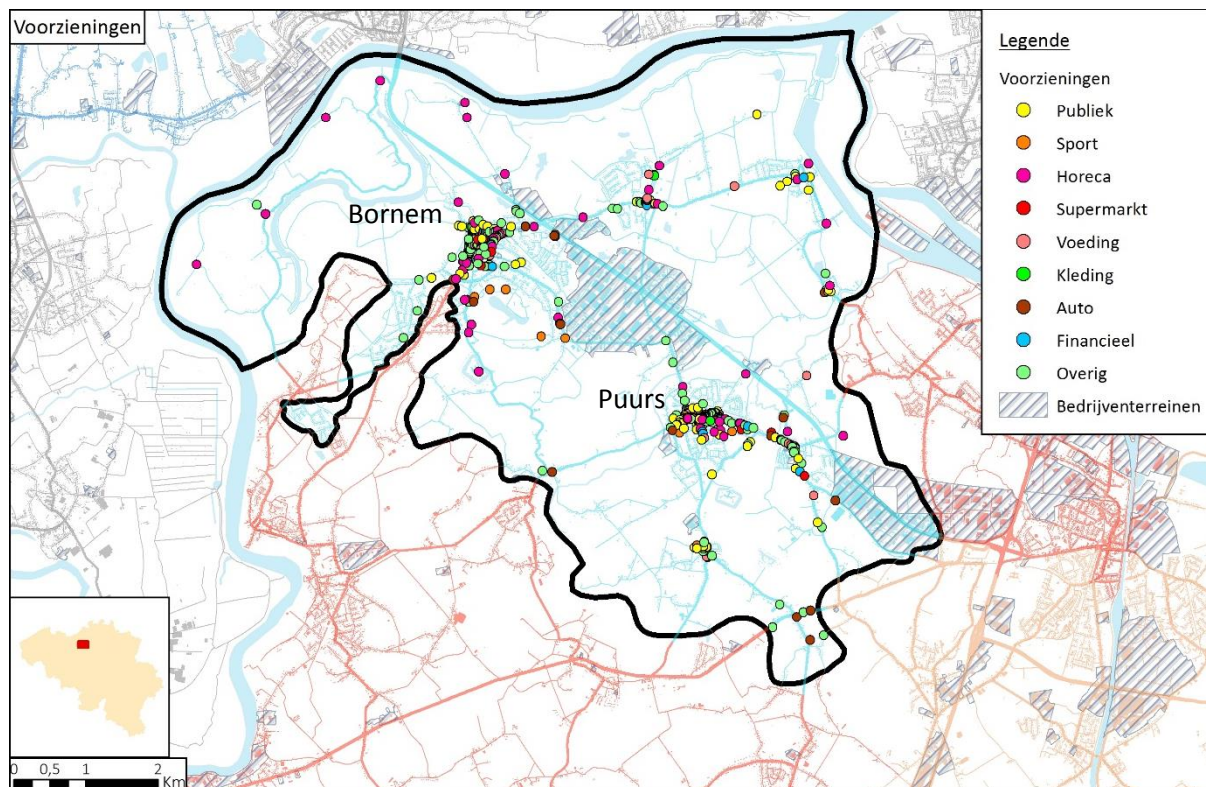
<b>Categorie</b>	<b>Voorbeelden</b>
Publiek	Gemeentehuis, bibliotheek, cultuurcentrum, kerk, school, ziekenhuis...
Sport	Sporthal, zwembad, tennis, golf, voetbal, fitness...
Horeca	Café, brasserie, taverne, frituur, restaurant, hotel...
Supermarkt	Grootwarenhuis, buurtwinkel...
Voeding	Bakker, slager, traiteur, vishandel, groentewinkel...
Kleding	Kleding, lederwaren, lingerie, juwelen...
Auto	Garage, tankstation...
Financieel	Bank, verzekeringen, vastgoedkantoor...
Overig	Kapper, meubelzaak, elektrowinkel, interimkantoor, apotheek, krantenwinkel, drukkerij...

Tabel 4: Voorbeelden van de voorzieningen

Wanneer dit gebied afgeschakeld zou worden, zal de lokale economie hier ongetwijfeld schade van ondervinden. Aangezien er enkel tijdens de piekmomenten (tussen 17u en 20u) zou afgeschakeld worden, zal dit voor een groot aantal winkels rond sluitingstijd vallen. Voor veel winkels zal dit tot weinig problemen leiden en kunnen ze eventueel vroeger sluiten.

Ook scholen en publieke voorzieningen zullen hier weinig hinder van ondervinden omdat het piekmoment na de school- of werkactiviteiten valt.

Het grootste probleem zal zich situeren bij winkels die voedingswaren verkopen en waar het noodzakelijk is dat de koeling optimaal werkt om de producten vers te houden. Ook de horeca zal ongetwijfeld hinder van een afschakeling ondervinden aangezien het piekmoment tijdens het avondeten valt.



Figuur 32: Voorzieningen in het studiegebied<sup>10</sup>

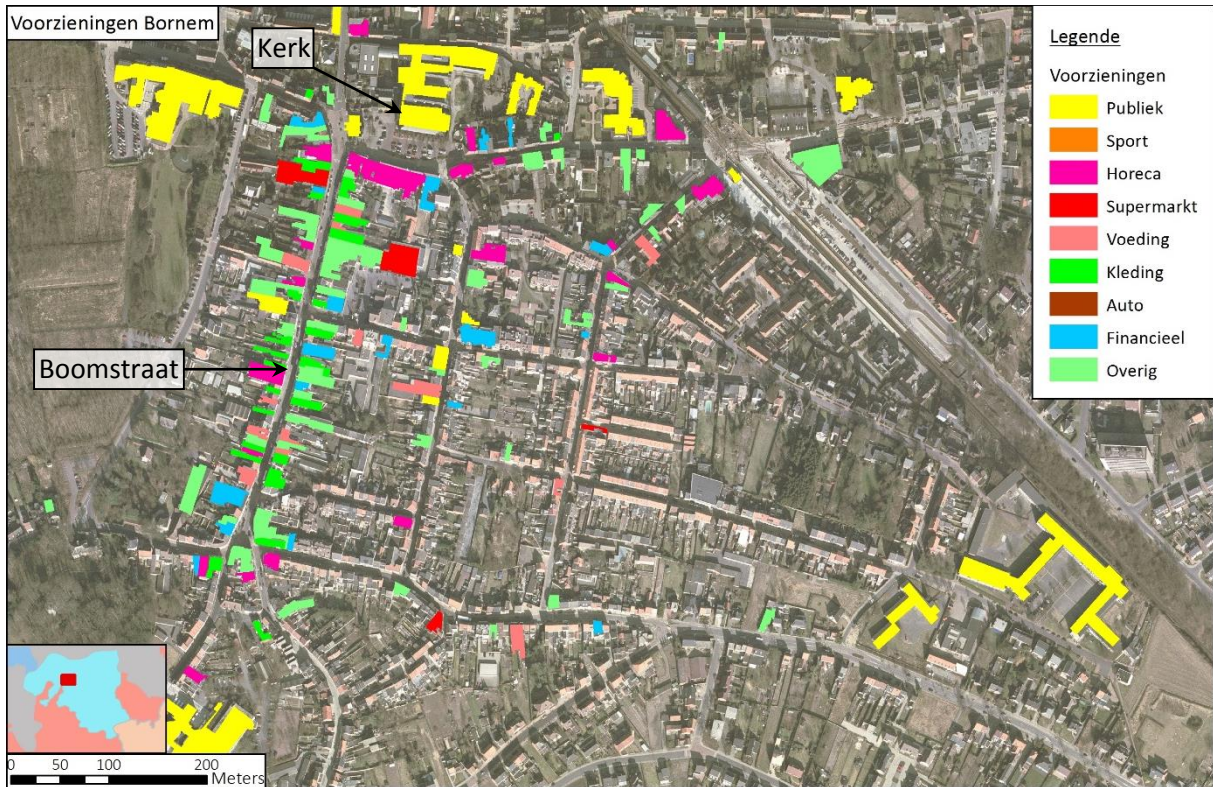
#### 8.2.3.1. Dorpskern Bornem

De voorzieningen in de dorpskern van Bornem zijn voornamelijk geconcentreerd in één winkelstraat, de Boomstraat, en rondom de kerk zijn een 10-tal horecazaken gevestigd (Figuur 33).

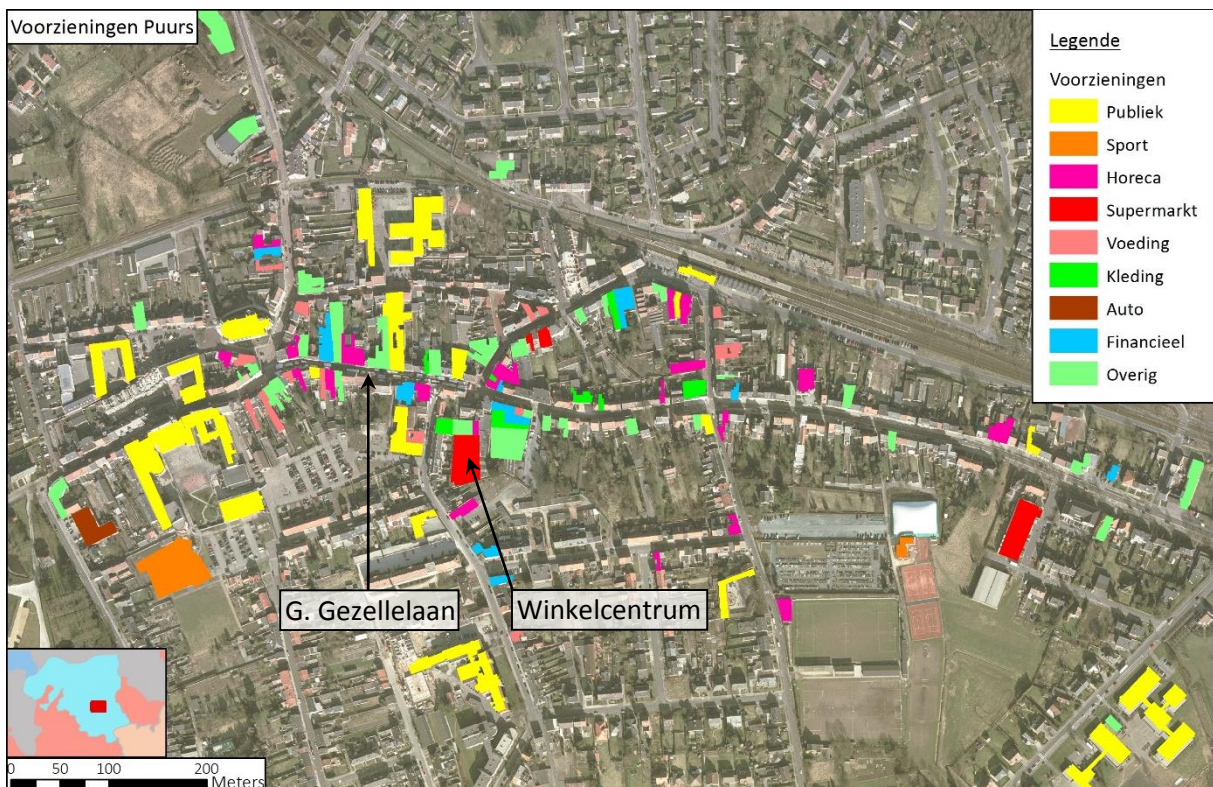
#### 8.2.3.2. Dorpskern Puurs

In Puurs is er ook een grote concentratie voorzieningen rondom één straat, de G. Gezellelaan. Deze straat is minder een echte winkelstraat zoals in Bornem het geval is. Het dorpshart van Puurs is recentelijk heropgewaardeerd met een nieuw plein en een winkelcentrum (Figuur 34).

<sup>10</sup> De voorzieningen werden in kaart gebracht op basis van Google Street View (opnamedata 2009) GIS-laag gebouwen: Cabu (CADMAP) versie 2012



Figuur 33: Voorzienen Bornem<sup>11</sup>



Figuur 34: Voorzienen Puurs

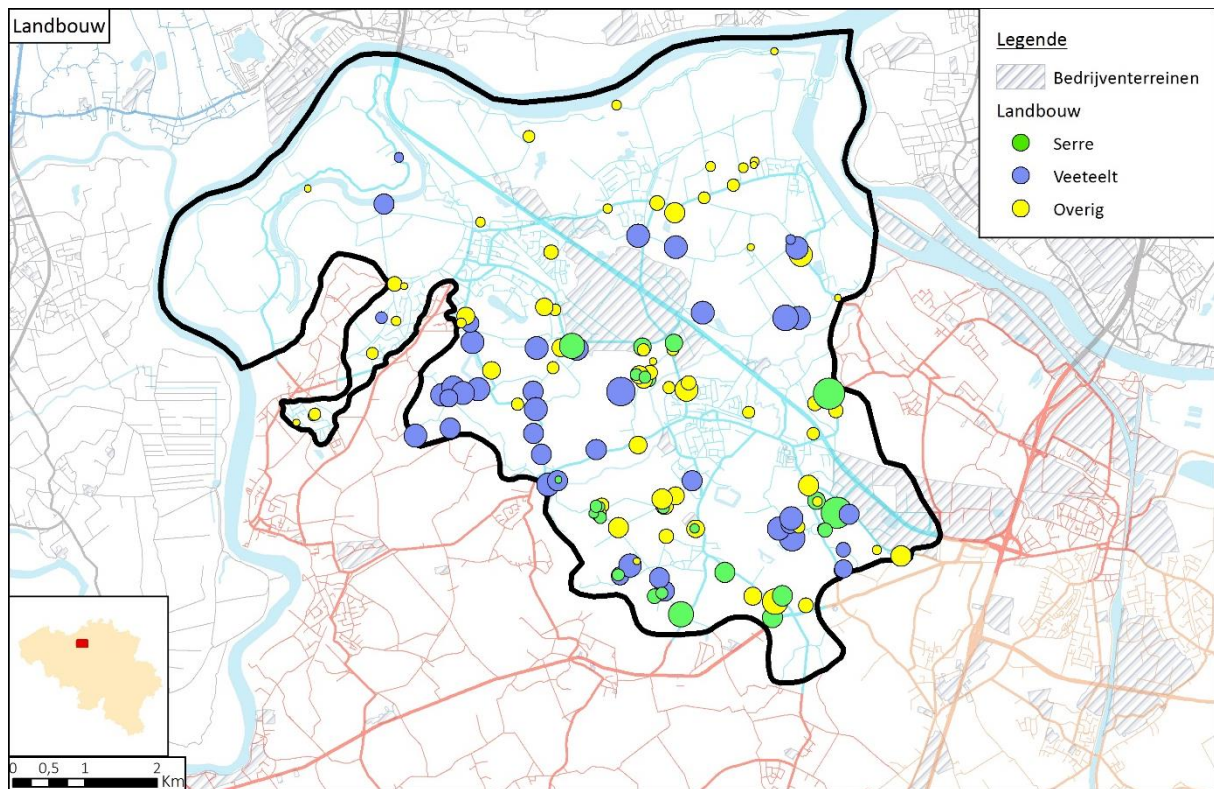
<sup>11</sup> Achtergrond: Orthofoto, GDI-Vlaanderen, opname 2013 rasterversie (AGIV, 2013)

#### 8.2.4. Landbouw

Landbouw is ook zeer sterk aanwezig in het studiegebied. Met betrekking tot dit onderzoek werd enkel de landbouw die effectief elektriciteit nodig heeft in kaart gebracht (Figuur 35).

Akkers en weilanden zullen door het afschakelplan geen hinder ondervinden en bovendien zullen deze tijdens de winter niet verbouwd worden. Figuur 35 toont de gebouwen die gebruikt worden voor landbouwactiviteiten. Er werd een onderscheid gemaakt tussen serres, gebouwen voor de veeteelt en andere gebouwen. Met betrekking tot het afschakelplan is het belangrijkste probleem voor deze gebouwen het ventilatiesysteem. Gebouwen waarin dieren gehuisvest worden, moeten constant geventileerd worden om schadelijke gassen te verwijderen. Ook voor serres waarin een bepaald klimaat heerst, is het noodzakelijk dat deze altijd van stroom worden voorzien.

Ongetwijfeld zal een groot deel van deze landbouwbedrijven voorzien zijn van een noodgenerator omdat er altijd wel een risico op een stroompanne is. Bovendien zal er afgeschakeld worden wanneer de zon ondergaat en tijdens de winter. Op dat tijdstip is er nog maar weinig landbouwactiviteit waardoor gesteld kan worden dat het afschakelplan hierop slechts een geringe impact zal hebben.



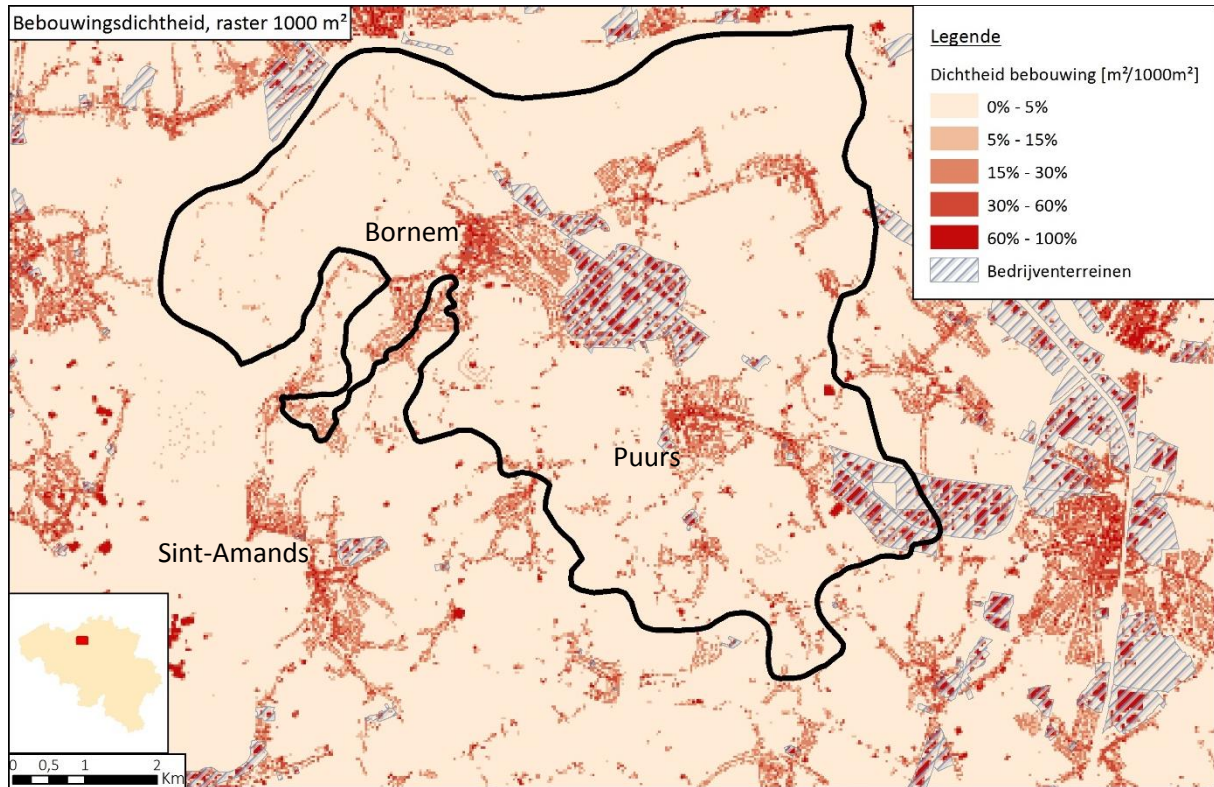
Figuur 35: Landbouw in het studiegebied<sup>12</sup>  
De grootte van de cirkels is evenredig met de gebouwoppervlakte

<sup>12</sup> Landbouwgebouwen bepaald d.m.v. volgende GIS-lagen: landbouwgebruikspcelen (ALV,2010) en gebouwen (cabu)

### 8.2.5. Bebouwing

Op onderstaande figuur wordt de bebouwing in de regio weergegeven. De bedrijventerreinen zijn opnieuw gearceerd omdat deze een grote bebouwde oppervlakte innemen en in deze paragraaf minder relevant zijn. De twee dorpskernen van Puurs en Bornem zijn duidelijk zichtbaar op de kaart.

De dorpskern van Bornem heeft een lange uitloper richting het zuidwesten en ten noorden van het bedrijventerrein van Bornem bevinden zich enkele woonlinten en deelgemeenten. In Puurs is naast de dorpskern vooral verspreide bebouwing te vinden over het hele grondgebied van de gemeente.



*Figuur 36: Bebouwing in het studiegebied  
Elke pixel stemt overeen met 1000 m<sup>2</sup>, de kleur geeft het percentage bebouwde oppervlakte weer in deze pixel*

Indien er zich een stroomtekort voordoet en er afgeschakeld moet worden, zijn woonzones interessante gebieden om van het net te halen. Wanneer hiervoor op voorhand gewaarschuwd wordt, zal bij de bewoners hoogstwaarschijnlijk wel enig begrip te vinden zijn en lijkt dit toch een betere optie dan grote industrieterreinen zonder stroom zetten.

Bij deze kaart moet nog opgemerkt worden dat hier alle bebouwde oppervlakte wordt weergegeven. Dit betekent dat de voorzieningen die in de vorige paragraaf werden beschreven hier ook in opgenomen zijn.

### 8.2.6. Synthese

In voorgaande paragrafen werd de mogelijke impact geanalyseerd die het afschakelplan op de regio zou hebben. Met betrekking tot het afschakelplan werden vijf categorieën onderzocht:

- Bedrijven
- Infrastructuur
- Voorzieningen
- Landbouw
- Bebouwing, woningen

Figuur 37 geeft dit weer in een algemeen overzicht (synthesekaart).

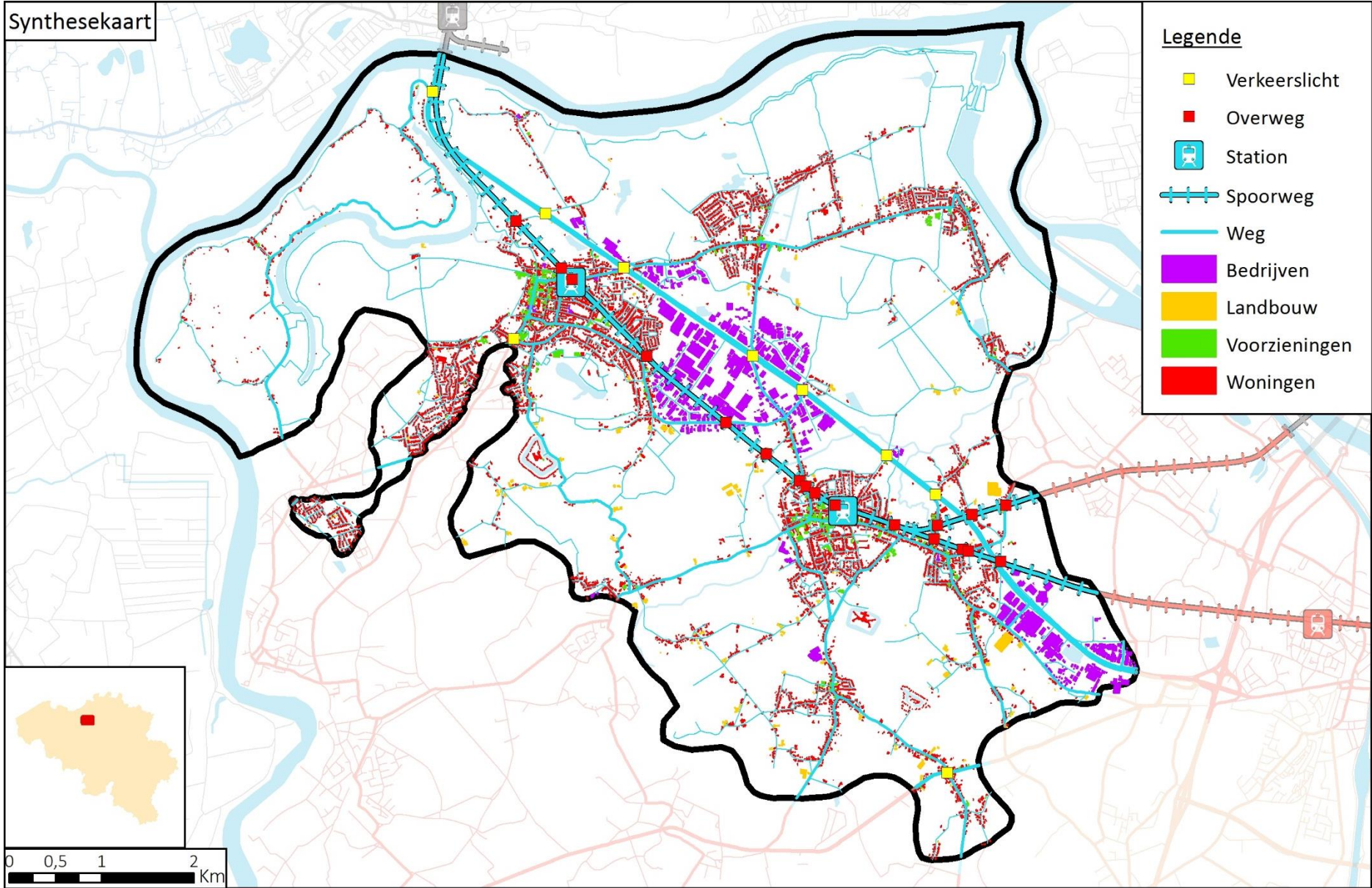
Wanneer dit vertaald wordt naar de impact die het afschakelplan op de regio zou hebben, wordt een gradatie gemaakt van een lage impact naar een zeer hoge impact (Tabel 5).

<b><i>Graad van impact</i></b>	<b><i>Categorie</i></b>
Laag	Woningen
Gemiddeld	Landbouw
Hoog	Voorzieningen
Zeer hoog	Bedrijven en infrastructuur

*Tabel 5: Gradatie van de impact van het afschakelplan*

Figuur 38 geeft deze impact weer op een kaart van de regio. Het eerste dat opvalt, is de enorme impact van het afschakelen van de spooroverwegen in de regio. Wanneer alle overwegen in het gebied tijdens de afschakeling in gesloten toestand zullen staan, dan wordt deze regio letterlijk in twee gedeeld. De enige manier om de spoorweg te kruisen, is via de N16. Bovendien zullen de verkeerslichten op deze N16 niet functioneren bij een afschakeling en zal er een immense verkeerschaos ontstaan.

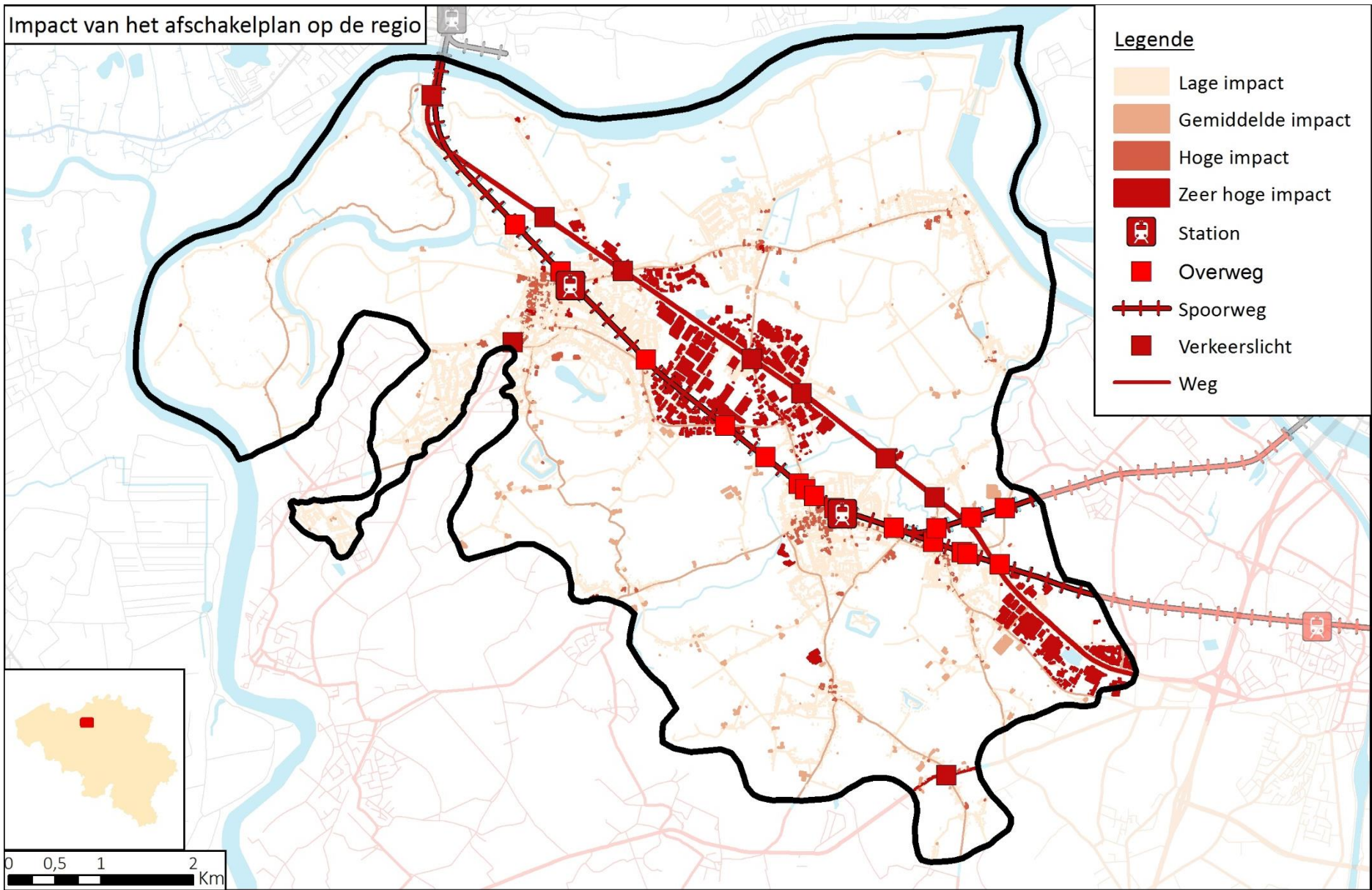
De bedrijven, die zich voornamelijk concentreren rondom de N16 en de spoorweg, zullen ook zwaar getroffen worden. In de dorskernen is er een grote concentratie aan voorzieningen aanwezig die ook grote hinder ondervinden door het afschakelplan, maar in mindere mate dan de bedrijven. De landbouw die verspreid is over de hele regio wordt ten opzichte van de bedrijven en de infrastructuur veel minder getroffen door het afschakelplan. Op residentiële gebouwen heeft het afschakelplan weinig impact.



Figuur 37: Synthesekaart



Impact van het afschakelplan op de regio



Figuur 38: Impact van het afschakelplan op de regio

### 8.3. Microgrid

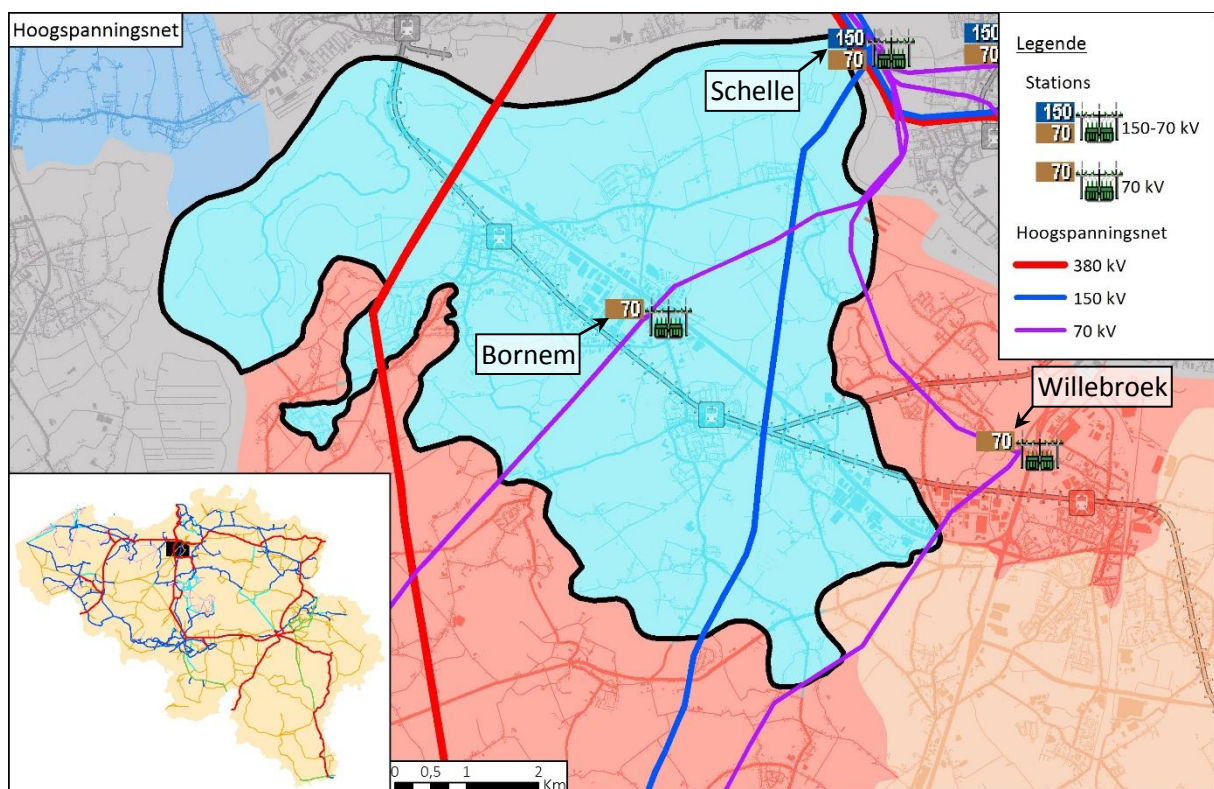
In het zesde hoofdstuk van deze thesis werd het thema microgrids beschreven en volgende drie bouwstenen zijn noodzakelijk bij de realisatie van een microgrid:

- Verbruikers
- Productie-eenheden
- Buffers

In dit deel zullen deze drie componenten achtereenvolgens onderzocht worden.

#### 8.3.1. Verbruikers

In het afschakelplan voor de winter van 2014-2015 zou een schijf afgeschakeld worden door het relais in een hoogspanningscabine af te schakelen. Wanneer de topologie van het hoogspanningsnet bekeken wordt (Figuur 39), kan vastgesteld worden dat de hoogspanningscabine van Bornem ongeveer in het midden van de blauwe schijf ligt. Een meer gedetailleerde structuur van het elektriciteitsnet is niet publiek beschikbaar, maar hier kan wel de veronderstelling gemaakt worden dat de verbruikers in de blauwe zone allemaal aangesloten zijn op de hoogspanningscabine van Bornem.

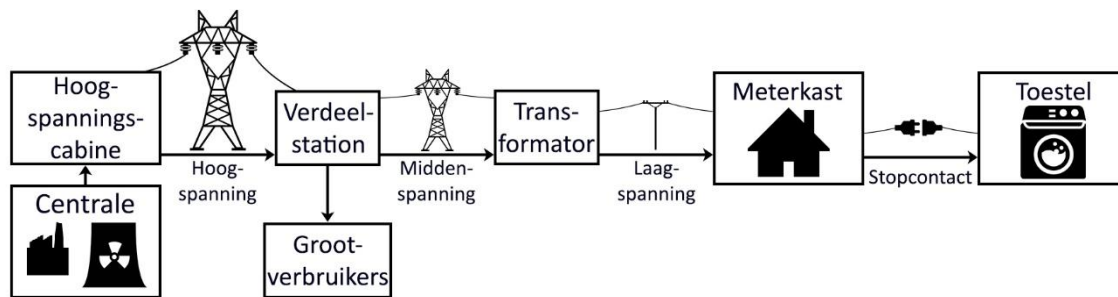


Figuur 39: Hoogspanningsnet in het studiegebied<sup>13</sup>

Uit het vorige deel van dit hoofdstuk bleek dat het afschakelen van deze hoogspanningscabine een enorme impact zou hebben op de regio. In het vijfde hoofdstuk werd een andere manier van afschakelen voorgesteld: op het schaalniveau van het toestel. Figuur 40 toont nogmaals de

<sup>13</sup> Hoogspanningsnet en stations (Hoogspanningsnet.com, 2015)

verschillende schaalniveaus. In principe is het mogelijk om op al deze verschillende schaalniveaus af te schakelen, mits de techniek dit toelaat. De communicatielink is hier van groot belang.



Figuur 40: Structuur elektriciteitsnet op verschillende schaalniveaus

Wanneer er zich bijvoorbeeld een communicatielink in de meterkast van een huis bevindt, dan kan de netbeheerder de beslissing nemen om dit huis af te schakelen zonder dat andere verbruikers getroffen worden. Op deze manier zou het ook mogelijk zijn om de verbruikers die een zeer hoge of hoge impact ondervinden bij afschakeling te vrijwaren (Figuur 38, pag. 73).

Deze communicatielink kan zich ook op het schaalniveau van het verdeelstation of de transformator bevinden. In dat geval zal de afschakeling minder specifiek zijn dan wanneer de communicatielink zich in de meterkast of op toestelniveau bevindt, maar zal er wel fijnmaziger kunnen afgeschakeld worden dan bij het afschakelen van de hoogspanningscabine. De exacte topologie van het elektriciteitsnet is niet publiek beschikbaar, dus wordt er voor deze conceptuele oefening een afschakelplan voorgesteld dat de verbruikers meer gericht afschakelt.

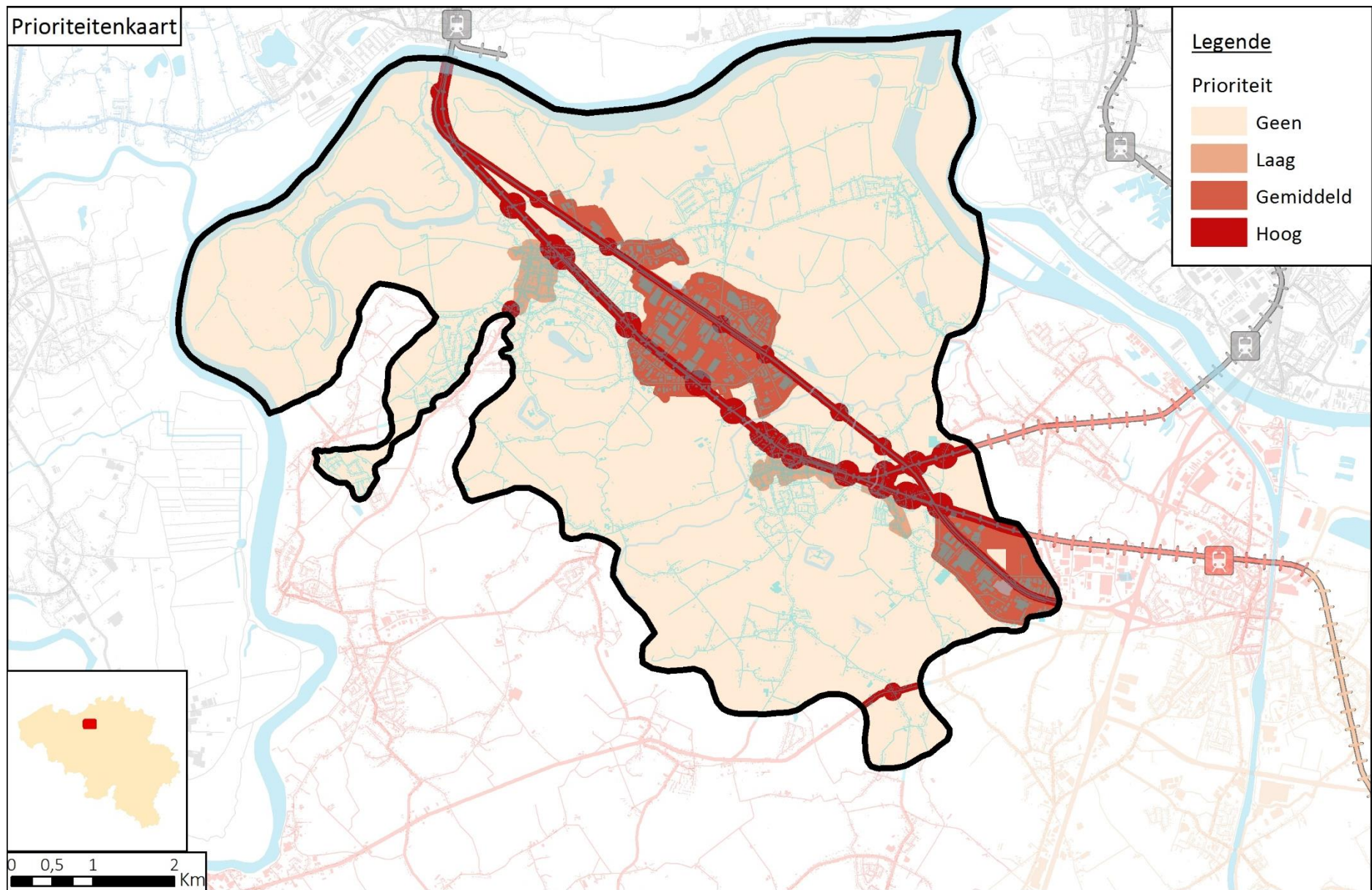
Op basis van de impact van het huidige afschakelplan worden prioritaire zones afgebakend. De zones die de meeste hinder ondervinden, krijgen een hogere prioriteit, en zones die minder hinder ondervinden, krijgen een lagere prioriteit.

In onderstaande tabel werd op basis van de impact een indeling naar prioriteit gemaakt.

<b>Prioriteit</b>	<b>Categorie</b>	<b>Impact</b>
Geen	Woningen, landbouw en deelgemeenten	Laag tot gemiddeld
Laag	Dorpskernen (Bornem en Puurs)	Hoog
Gemiddeld	Grote bedrijventerreinen	Zeer hoog
Hoog	Infrastructuur	Zeer hoog

Tabel 6: Indeling naar prioriteit

Figuur 41 geeft de prioritaire zones weer op een kaart. Zoals bij het huidige afschakelplan worden zones ingekleurd die bij een stroomtekort afgeschakeld kunnen worden. Bij de indeling naar prioriteit op basis van de impact bij afschakeling kan er fijnmaziger afgeschakeld worden waardoor de totale impact beperkt blijft.



Figuur 41: Prioriteitenkaart

Onderstaande tabel geeft een indicatie van de vloeroppervlakte van de gebouwen die afgeschakeld worden. Indien enkel de niet-prioritaire zone afgeschakeld wordt, dan wordt ongeveer de helft van de bebouwde oppervlakte afgeschakeld ten opzichte van het volledig studiegebied. Deze cijfers zijn enkel ter indicatie en hier moet opgemerkt worden dat het energieverbruik per sector sterk verschilt. Zo verbruikt de industriële sector veel meer elektriciteit dan de residentiële sector. In het vierde deel van dit hoofdstuk zal dit verder in detail onderzocht worden.

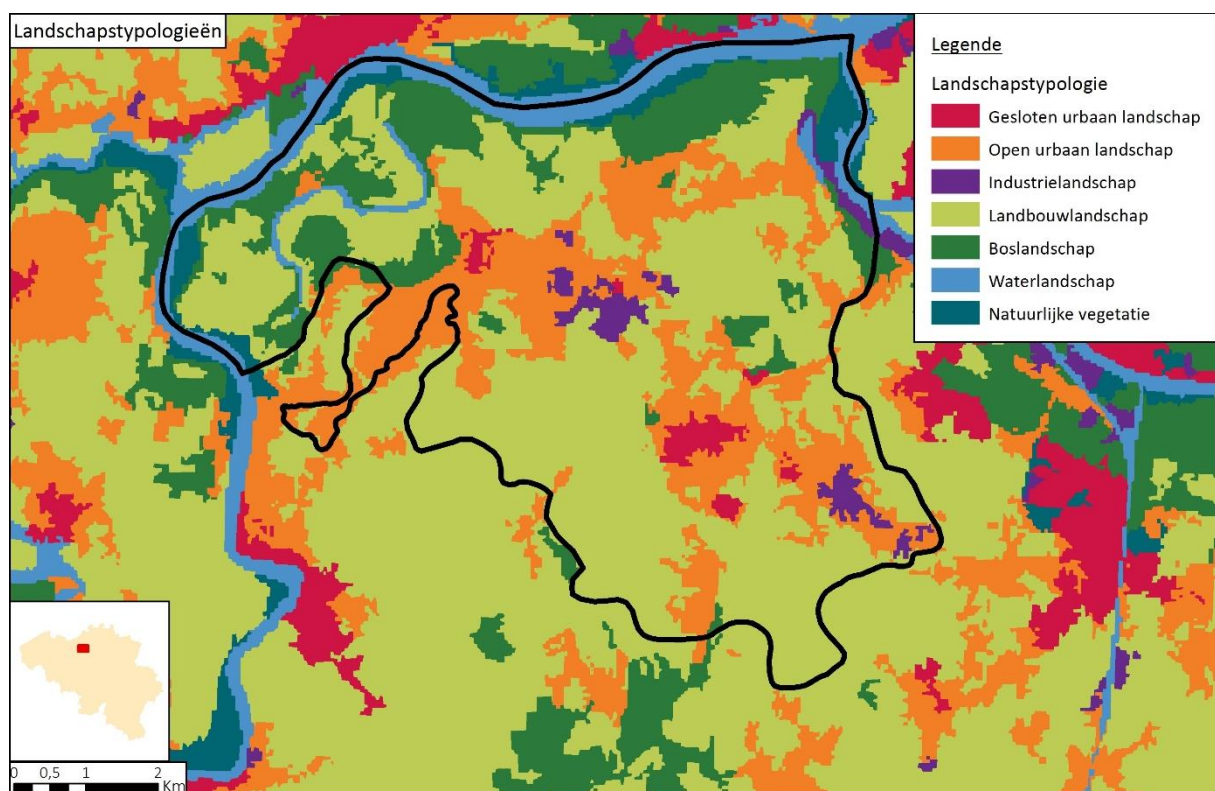
<i>Afchakelen</i>	<i>Afgeschakelde vloeroppervlakte (ha)</i>
Volledig schijf 6	257,2
Schijf 6 m.u.v. de hoog-prioritaire zones	257,2
Schijf 6 m.u.v. de hoog- en gemiddeld-prioritaire zones	148,3
Schijf 6 m.u.v. de hoog-, gemiddeld- en laag prioritaire zones	126,6

Tabel 7: Afgeschakelde vloeroppervlakte voor verschillende prioritaire zones

### 8.3.2. Productie-eenheden

Wanneer deze regio autonoom wil functioneren van het groter elektriciteitsnet dan is het noodzakelijk dat er ook energie geproduceerd wordt. Net zoals in het vierde hoofdstuk zal hier ook de opdeling gemaakt worden tussen wind- en zonne-energie.

Zoals eerder beschreven werd, is het niet mogelijk of wenselijk om zomaar overal windturbines of zonnepanelen te plaatsen. Niet elk soort landschap is geschikt voor een bepaalde energiebron. Zonnepanelen worden bij voorkeur op daken van gebouwen geplaatst en windturbines liefst zo ver mogelijk van woningen. Bovendien mag de landschappelijke waarde van een bepaald gebied niet verloren gaan door bijvoorbeeld een open vlakte visueel te vervuilen met een windmolen.



Figuur 42: Landschapstypologieën in het studiegebied (Team Vlaams Bouwmeester, 2015)

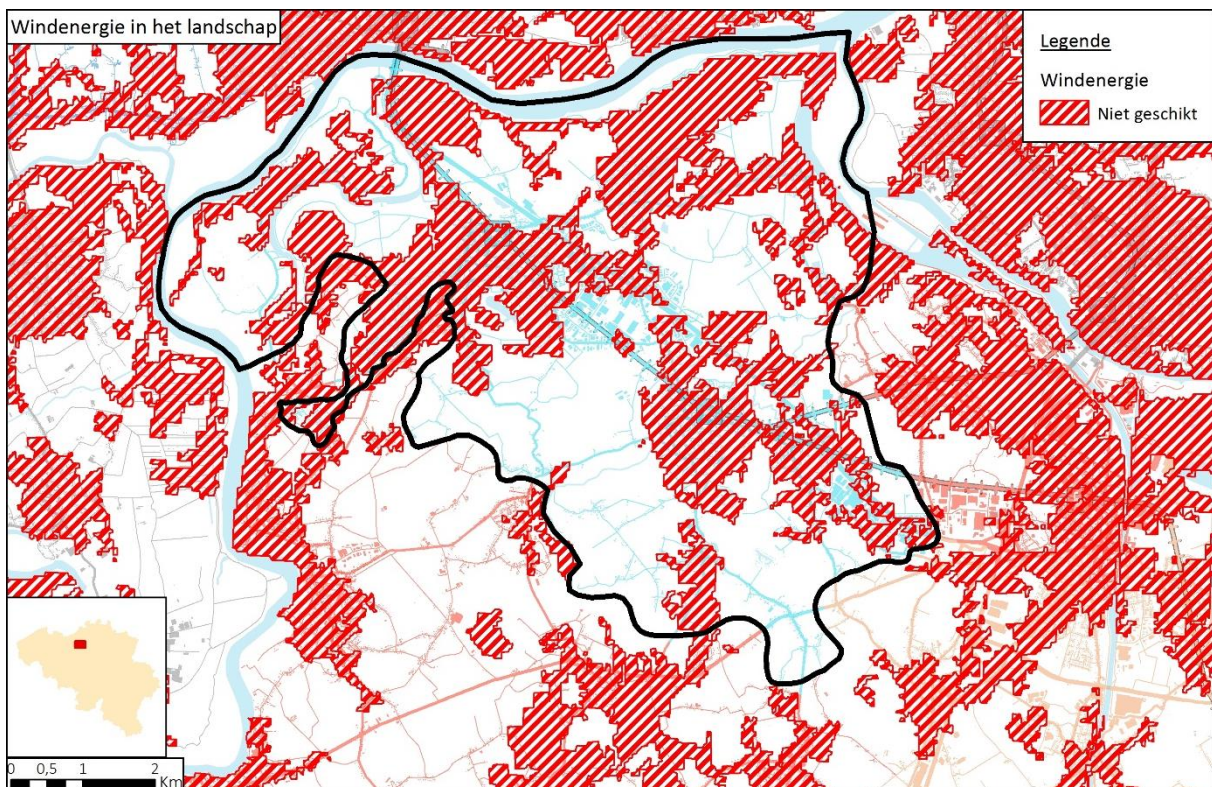
Figuur 42 geeft een overzicht van de verschillende landschapstypologieën in het studiegebied onderverdeeld in zeven hoofdtypes. Onderstaande tabel geeft een overzicht van welke energiebronnen geschikt zijn in welk type landschap.

<i>Landschapstypologie</i>	<i>Windenergie</i>	<i>Zonne-energie</i>
Gesloten urbaan landschap	Niet wenselijk	Mogelijk
Open urbaan landschap	Niet wenselijk	Mogelijk
Industrielandchap	Mogelijk	Mogelijk
Landbouwlandschap	Mogelijk	Mogelijk
Boslandschap	Niet mogelijk	Niet mogelijk
Waterlandschap	Mogelijk	Niet mogelijk
Natuurlijke vegetatie	Mogelijk	Niet mogelijk

Tabel 8: Geschiktheid energiebron per landschapstypologie (Team Vlaams Bouwmeester, 2015)

### 8.3.2.1. Windturbines

Figuur 43 geeft op basis van het landschapstype de geschiktheid van windenergie in het landschap weer. In open en gesloten urbane landschappen is het niet wenselijk om windturbines te plaatsen aangezien deze voor veel overlast kunnen zorgen voor de omwonenden (geluid, slagschaduw...). In boslandschappen is het vanzelfsprekend dat het niet mogelijk is om windmolens te plaatsen.

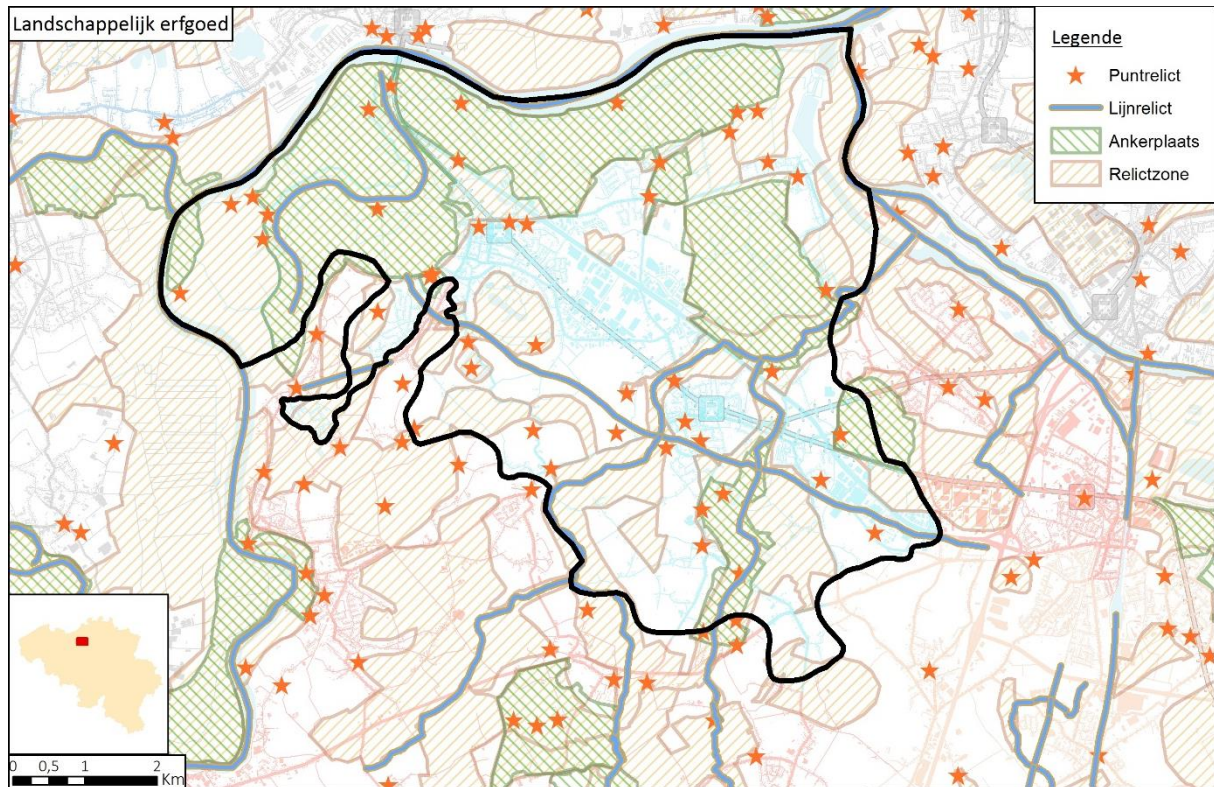


Figuur 43: Windenergie in het landschap

Op basis van de landschapstypologieën wordt ongeveer de helft van het studiegebied ongeschikt verklaard voor windenergie. Er moet echter met nog een aantal factoren rekening gehouden worden om potentiële zones voor windenergie aan te duiden.

Als eerste is er het landschappelijk erfgoed dat in de regio aanwezig is. Figuur 44 geeft de punt- en lijnrelicten, de relictzones en de ankerplaatsen in het studiegebied weer. Relicten zijn elementen in het landschap waardoor de historisch gegroeide landschapsstructuur herkenbaar blijft tot op vandaag.

Relictzones duiden op een hoge concentratie aan relictten. Ankerplaatsen hebben een hogere landschappelijke waarde dan relictzones. Ze vormen een geheel of ensemble van verschillende elementen die de identiteit van het landschap bepalen (AGIV, 2001).



Figuur 44: Landschappelijk erfgoed in het studiegebied<sup>14</sup>

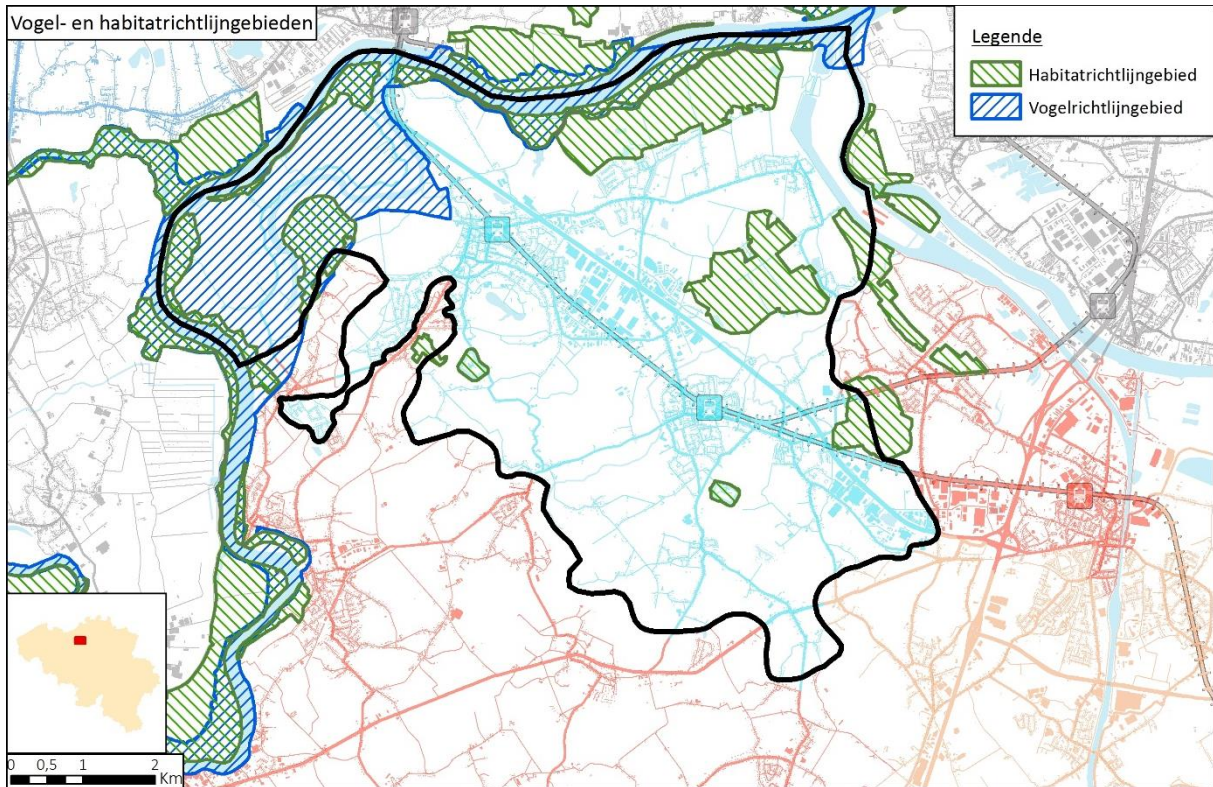
Een volgende element dat van belang is bij de inplanting van windmolens is de bescherming van de fauna en flora. Op Europees en Vlaams niveau werden hier in het verleden al beschermde zones afgebakend. Zonder diep in te gaan op de precieze regelgeving worden hier de belangrijkste afgebakende gebieden opgesomd:

- Habitatrichtlijngebieden
- Vogelrichtlijngebieden
- Erkende Vlaamse Natuurreservaten
- VEN-gebieden<sup>15</sup>

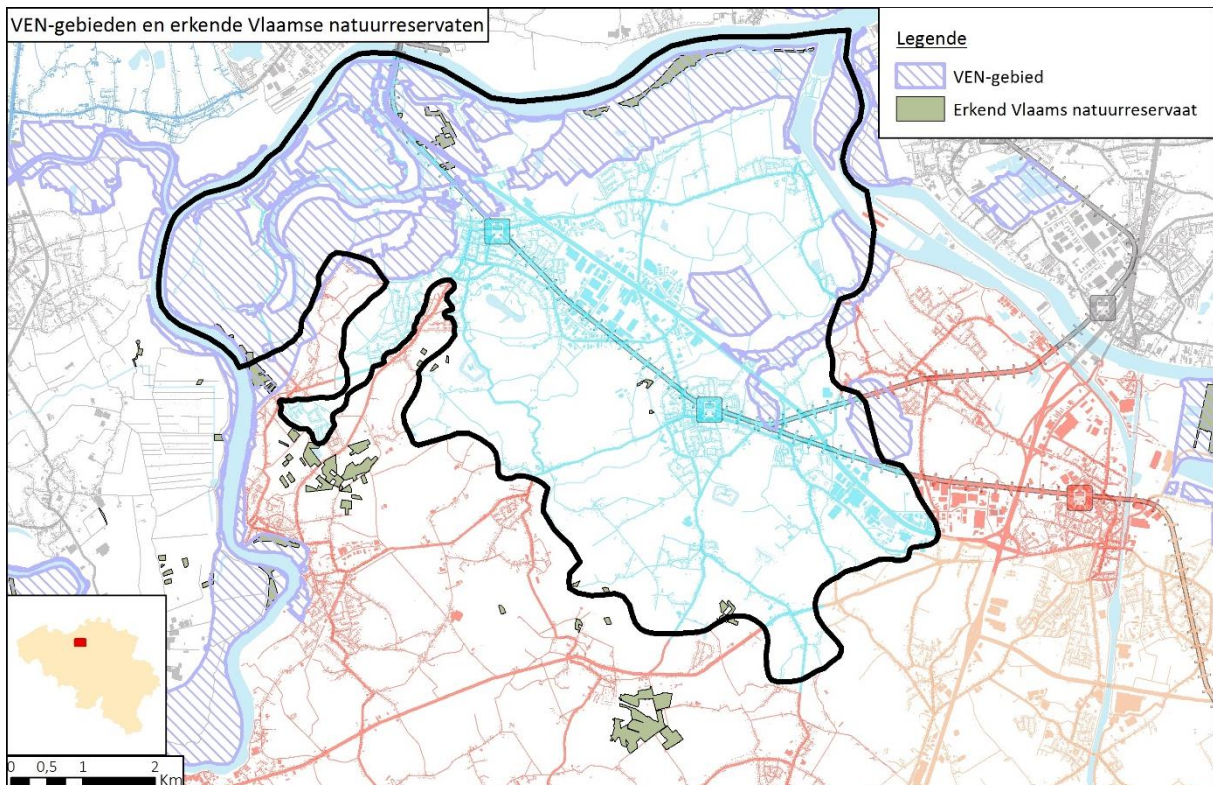
Figuur 45 geeft een overzicht van de vogel- en habitatrichtlijngebieden in het studiegebied. Figuur 46 geeft de VEN-gebieden en de erkende Vlaamse natuurreservaten weer. Voornamelijk de zone rondom de Schelde is een groot natuurgebied. Het plaatsen van windmolens in dit gebied zou een negatieve invloed hebben op de landschappelijke waarde van het gebied en kan de biodiversiteit verstoren. Deze gebieden moeten dus gevrijwaard blijven van windturbines.

<sup>14</sup> Gebruikte GIS-lagen: ankerpl; lijnrel; puntrel; relzone  
MVG-LIN-AROHM-Monumenten en Landschappen, toestand 31/03/2001 (AGIV).

<sup>15</sup> VEN: Vlaams Ecologisch Netwerk



Figuur 45: Vogel- en habitatrichtlijngebieden in het studiegebied<sup>16</sup>



Figuur 46: VEN-gebieden en erkende Vlaamse natuurrezervaten in het studiegebied<sup>17</sup>

<sup>16</sup> Gebruikte GIS-lagen: Habrl; Vogrl (Vectoriële versie van de habitatrichtlijn- (2002) en vogelrichtlijngebieden (2005), Agentschap voor Natuur en Bos(ANB)) (AGIV)

<sup>17</sup> Gebruikte GIS-lagen: Ven; ENR\_percelen\_v2003-01-01\_s2011-02-08 (ANB) (AGIV)



Als laatste moet bij de inplanting van windmolens rekening gehouden worden met bestaande constructies en infrastructuur. Rondom gebouwen, wegen... moet er om veiligheidsredenen een buffer voorzien worden.

Er bestaat geen exacte maat wat betreft de minimumafstand tussen windturbines en andere constructies. In de 'toelichtingsnota nieuwe milieuvorwaarden voor windturbines' (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2011) worden verschillende voorwaarden opgelegd bij de inplanting van nieuwe windturbines. Deze voorwaarden hebben betrekking tot geluid, slagschaduw en veiligheid, en moeten bij elk project afzonderlijk onderzocht worden. Voor deze toelichtingsnota gold een minimumafstand van 250 m tussen woningen en windturbines.

Voor deze conceptuele oefening zal wel gewerkt worden met een vooraf bepaalde afstand als buffer. Op deze manier kan een ruwe inschatting gemaakt worden van de zones die niet geschikt zijn als inplantingslocatie voor een windmolen doordat deze zich te dicht bij een bestaande constructie bevinden. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de bufferafstand die zal gebruikt worden bij de opmaak van de kaarten. Deze waarden zijn onder meer gebaseerd op cijfermateriaal uit een studie van Elia: 'onthaalcapaciteit decentrale productie in Vlaanderen' (Elia, 2012).

<b>Constructie/Infrastructuur</b>	<b>Bufferafstand</b>
Gebouwen binnen woongebied <sup>18</sup>	300 m
Gebouwen buiten woongebied	50 m
Wegen	50 m
Spoorweg	150 m
Waterloop	50 m
Hoogspanningslijnen	150 m
Bestaande winturbines	500 m

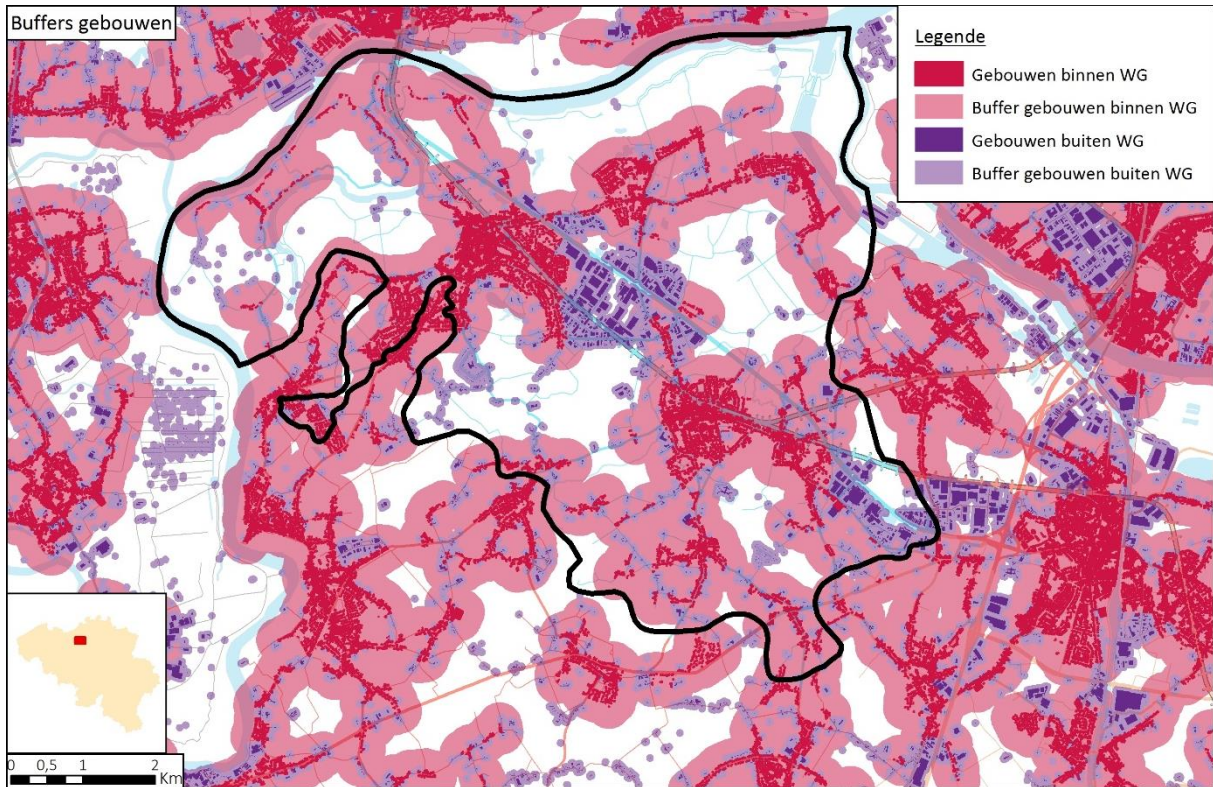
*Tabel 9: Bufferafstand t.o.v. constructies en waterlopen*

Figuur 47 geeft de bufferafstand van de gebouwen weer. De rode gebieden zijn uitgesloten als potentiële locatie voor windturbines omdat deze te dicht gelegen zijn bij residentiële gebouwen. De buffer is bij woningen groter omdat de hinder van windturbines groter is voor bewoners dan voor anderen. De paarse zones sluiten windmolens uit omdat deze te dicht bij andere gebouwen gelegen zijn.

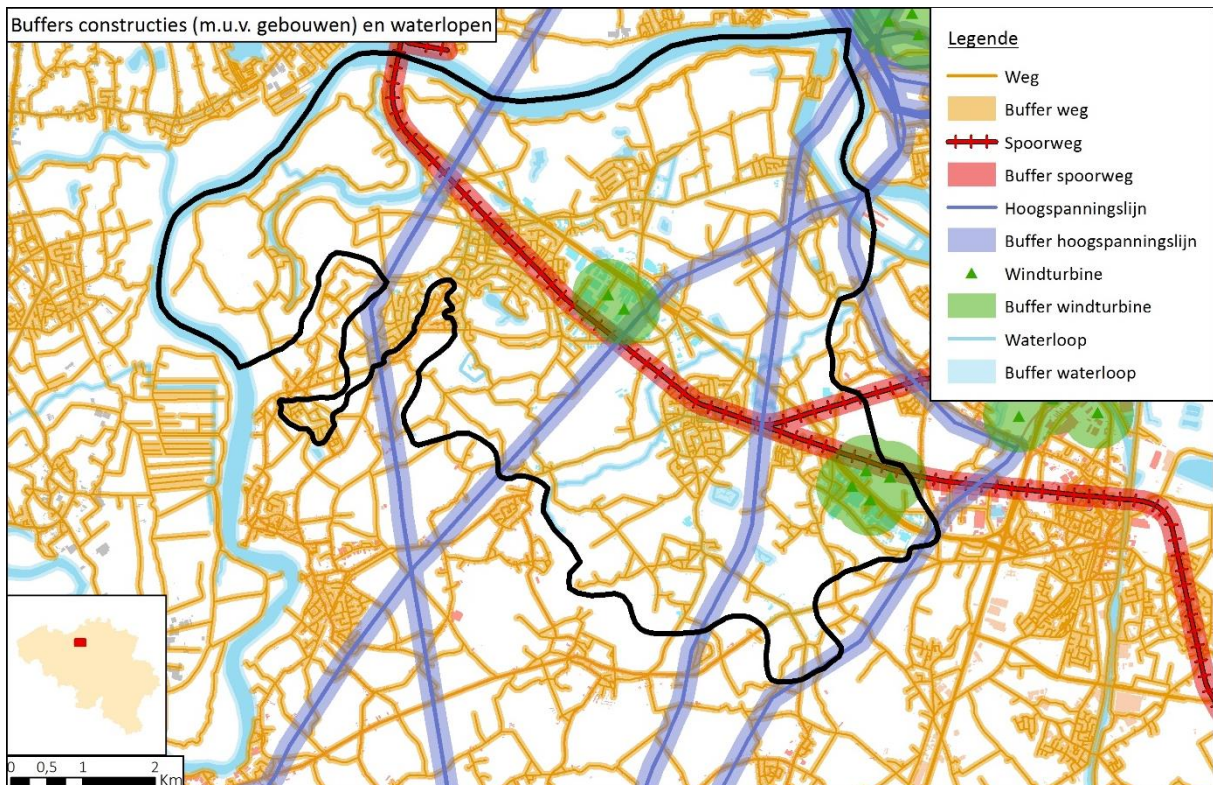
Figuur 48 geeft de bufferafstand van andere constructies en waterlopen weer.

De combinatie van de verschillende buffers, natuurgebieden en gebieden met cultuurhistorische waarde resulteert in een kaart die de potentiële inplantingslocaties voor windmolens aanduidt (Figuur 49). Hier moet wel opgemerkt worden dat deze locaties bepaald zijn door een eerste onderzoek op het gebied. Het is mogelijk dat door lokale factoren een bepaalde locatie toch niet geschikt blijkt voor windturbines.

<sup>18</sup> Woongebied zoals gedefinieerd in de ruimteboekhouding van het ruimtelijk structuurplan Vlaanderen (2012)

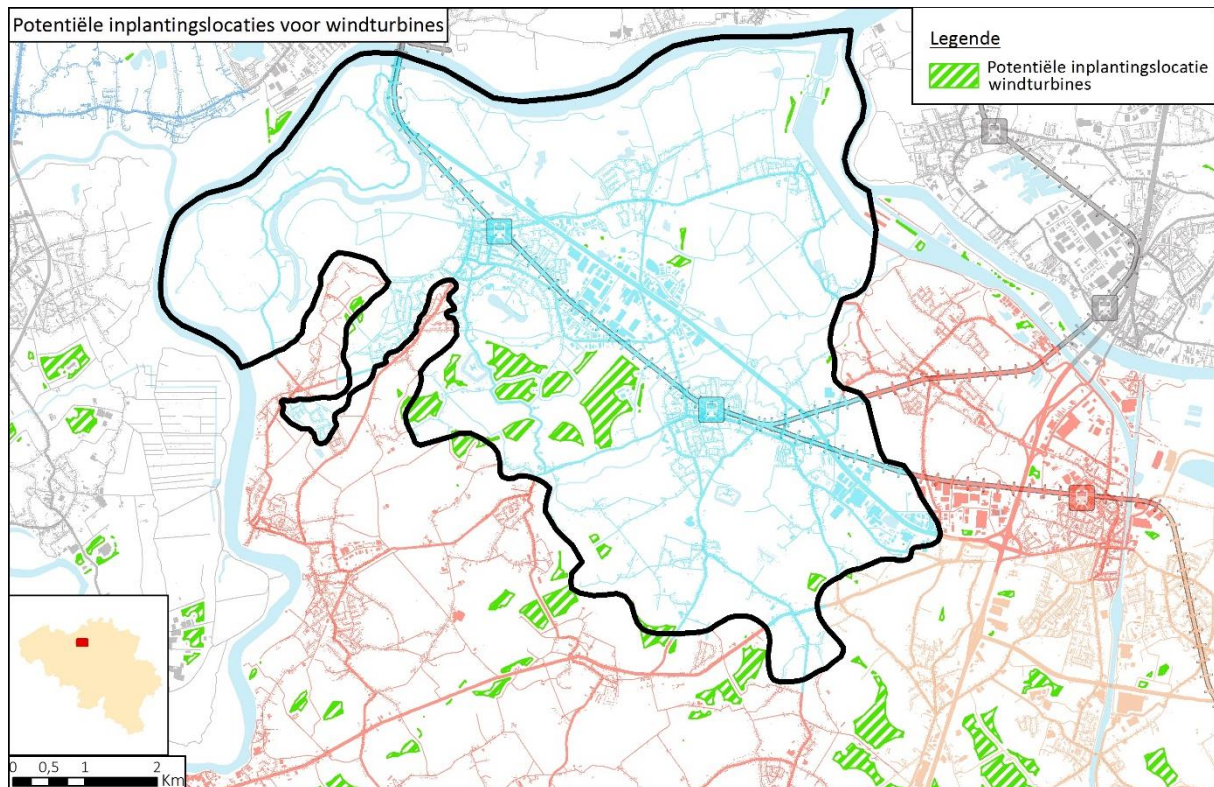


Figuur 47: Buffers gebouwen in het studiegebied (indeling volgens locatie: binnen of buiten woongebied (WG))<sup>19</sup>



Figuur 48: Buffers constructies en waterlopen in het studiegebied (met uitzondering van gebouwen)

<sup>19</sup> Gebruikte GIS-laag: rbh (RSV) (AGIV)



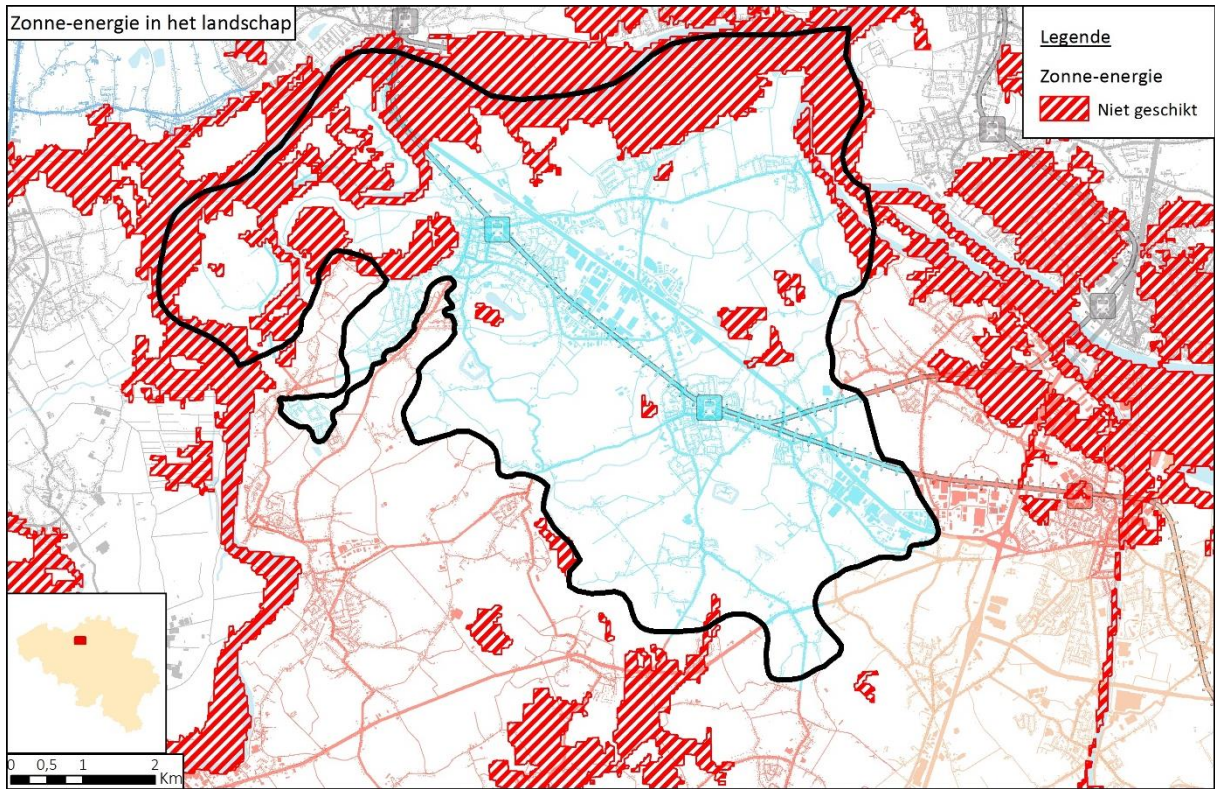
Figuur 49: Potentiële inplantingslocaties voor windturbines in het studiegebied

#### 8.3.2.2. Zonnepanelen

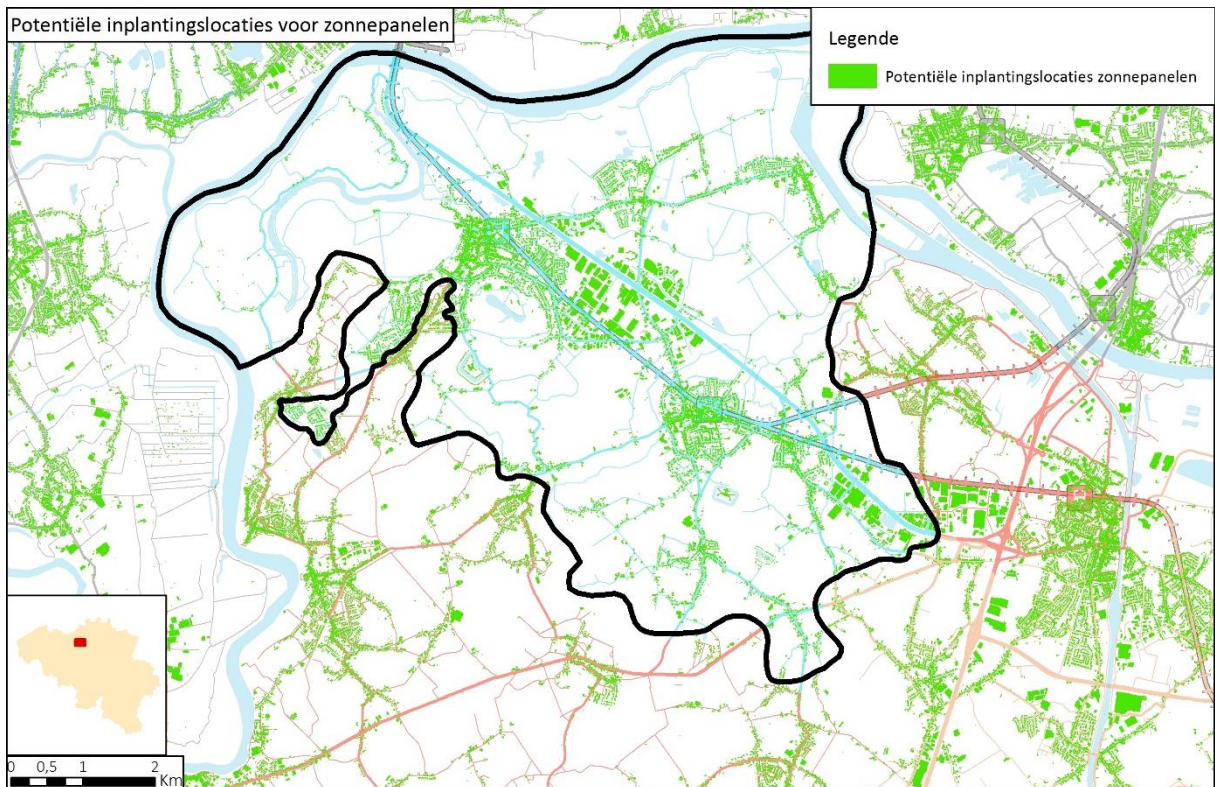
Voor zonnepanelen is de procedure voor inplanting veel eenvoudiger dan voor windmolens. Figuur 50 geeft op basis van het landschapstype (Figuur 42, pag. 77) de zones weer die niet geschikt zijn voor zonnepanelen.

Door de grote economische activiteit en diverse landbouwactiviteiten zullen de potentiële inplantingslocaties voor zonnepanelen zich bij voorkeur bevinden op daken van gebouwen. Figuur 51 geeft de potentiële inplantingslocaties voor zonnepanelen weer. Deze locaties zijn de gebouwen die gelegen zijn in de gebieden die wel geschikt zijn voor zonne-energie op basis van het landschapstype.

Merk op dat niet elk dak even geschikt is voor zonnepanelen. Een hellend dak dat bijvoorbeeld naar het noorden gericht is, komt niet in aanmerking voor zonnepanelen. Gegevens over de dakoriëntatie in grote hoeveelheden zijn momenteel nog niet beschikbaar, en dus beperkt dit onderdeel zich tot het kaartmateriaal op de volgende pagina. In het volgende deel van dit hoofdstuk zal hierop teruggekomen worden en zal op basis van richtcijfers een inschatting gemaakt worden van de potentiële hoeveelheid zonne-energie die in deze regio kan opgewekt worden.



Figuur 50: Zonne-energie in het landschap



Figuur 51: Potentiële inplantingslocaties voor zonnepanelen in het studiegebied

### 8.3.3. Buffers

In voorgaande paragrafen werden de verbruikers en de productie-eenheden in het studiegebied onderzocht. Om tot een evenwichtig elektriciteitsnet te komen, is het noodzakelijk dat er op elk moment evenveel elektriciteit geproduceerd wordt als dat er verbruikt wordt. Wanneer er te weinig elektriciteit geproduceerd wordt, kunnen buffers ervoor zorgen dat opgeslagen elektriciteit kan gebruikt worden of dat bepaalde verbruikers afgeschakeld worden. Wanneer er te veel elektriciteit geproduceerd wordt, kan door buffering elektriciteit opgeslagen worden of kunnen bepaalde verbruikers (bijv. energieverblindende toestellen) op dat moment wel gebruikt worden.

Net zoals in het vijfde hoofdstuk zal hier ook de opdeling gemaakt worden tussen smart grids en energieopslag (Vehicle to Grid en batterijen). De nadruk zal opnieuw op het ruimtelijke aspect liggen en de technische elementen worden slechts beperkt besproken.

#### 8.3.3.1. Smart grid

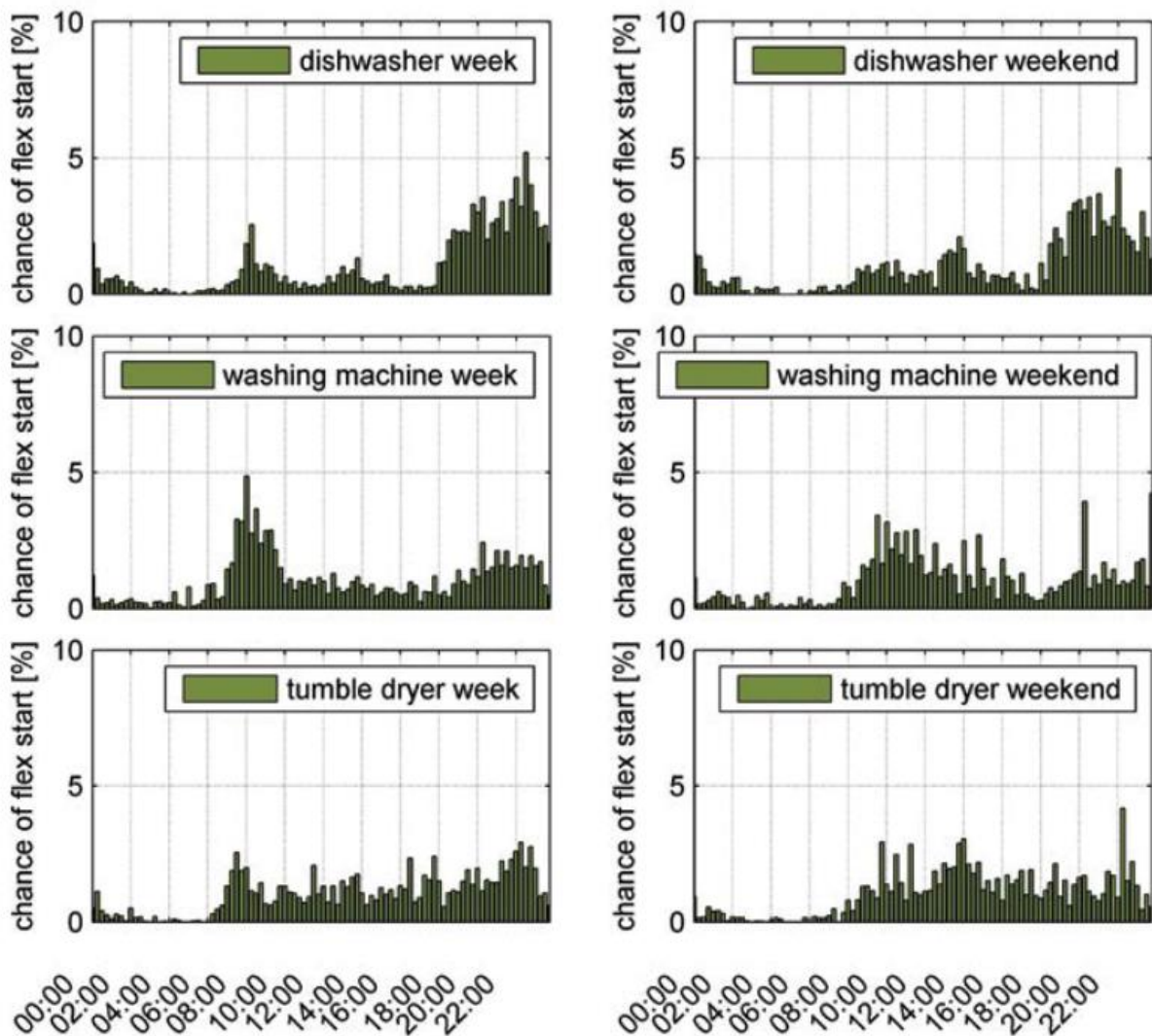
Zoals in het vijfde hoofdstuk beschreven werd, laat een smart grid toe om het elektriciteitsverbruik uit te stellen in de tijd. In 8.3.1 werden prioritaire zones aangeduid die een grote hinder zouden ondervinden indien deze zonder stroom zouden vallen. De technologie van de smart grids zou ervoor kunnen zorgen dat er bij een stroomtekort bepaalde verbruikers afgeschakeld worden zodat het elektriciteitsnet in evenwicht blijft.

Het is vanzelfsprekend dat iedereen op elk moment over elektriciteit wil beschikken en dat een afschakeling van straten of huizen niet de beste oplossing is. Wanneer naar het schaalniveau van het toestel gekeken wordt, kan wel een aanvaardbare strategie voorgesteld worden. Het afschakelen van energieverblindende toestellen, of eerder het uitstellen van het gebruik van deze toestellen, zal weinig hinder met zich meebrengen.

In het vijfde hoofdstuk werd verwezen naar het 'Linear project' van Energyville waaruit bleek dat flexibiliteit een belangrijk aspect was. Deze flexibiliteit wordt uitgedrukt in een bepaald aantal uur en kan worden ingesteld door de gebruiker wanneer hij het toestel wil gebruiken. De grafieken op de volgende pagina geven de resultaten weer van het Linear project. Ze geven voor elk huishoudelijk toestel een indicatie van de flexibiliteit.

Figuur 52 geeft voor elk tijdstip (elke 15 minuten) de kans weer dat de gebruiker een huishoudelijk toestel zal starten met flexibiliteit. Wanneer de gebruiker dan bijvoorbeeld acht uur flexibiliteit instelt, zal het toestel zijn taak binnen die acht uur moeten vervullen. Door middel van informatie-uitwisseling tussen het toestel en de netbeheerder zal dan berekend worden wanneer dit toestel het best zijn taak vervult. Wanneer er veel elektriciteit verbruikt wordt op het net kan het gebruik van dit toestel uitgesteld worden in de tijd naar een moment waarop er minder verbruikt wordt.

Hier moet nog opgemerkt worden dat niet elk toestel elke keer met flexibiliteit wordt gebruikt en dat de hoeveelheid flexibiliteit niet altijd hetzelfde is. Tabel 10 geeft de resultaten van het Linear project weer wat betreft de hoeveelheid flexibiliteit en het aantal flexibele configuraties per huishoudelijk toestel. Enkel de gemiddelde waarden worden weergegeven en voor meer details wordt verwezen naar het Linear project van Energyville.



Figuur 52: Variatie van de kans op een flexibele configuratie voor elk huishoudelijk toestel (tijdens gemiddelde weekdag en weekenddag) (EnergyVille, 2014)

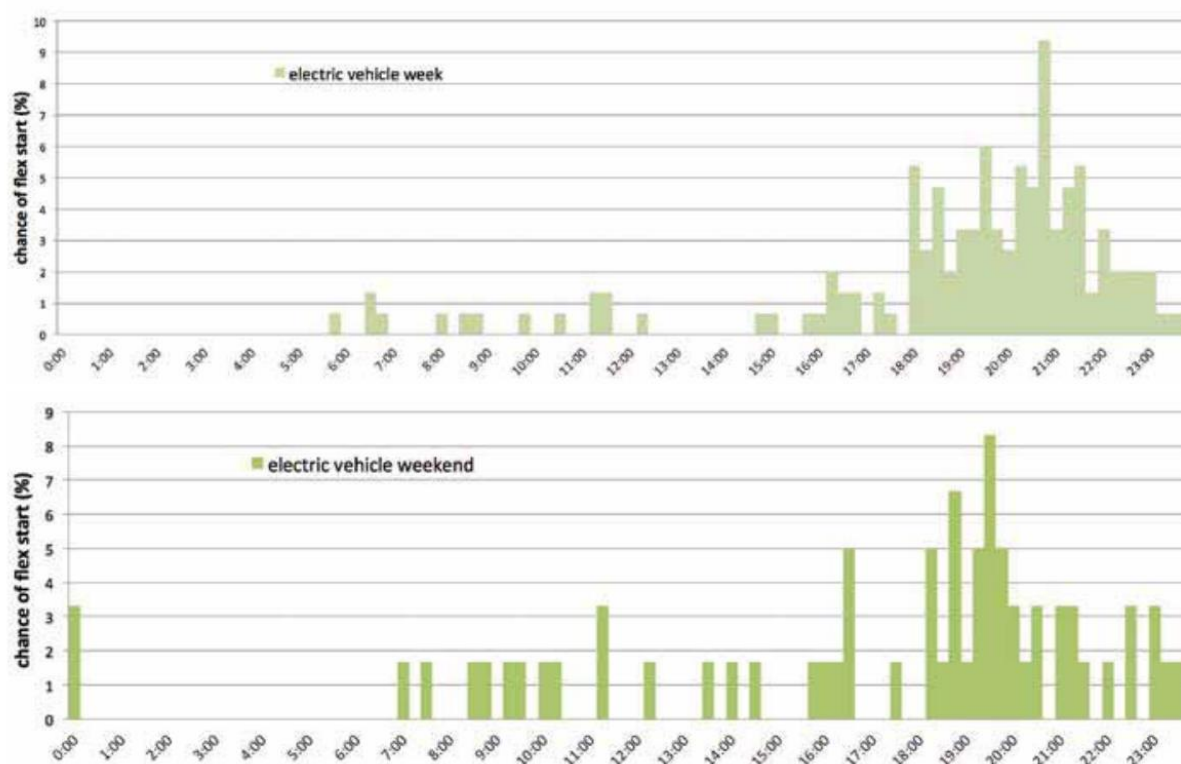
Toestel	Gemiddeld aantal flexibele configuraties	Gemiddelde flexibiliteit per flexibele configuratie
Vaatwasser	56 %	8,5 uur
Wasmachine	29 %	7,3 uur
Droogkast	31 %	8,1 uur

Tabel 10: Gem. aantal flexibele configuraties en gem. hoeveelheid flexibiliteit per huishoudelijk toestel (EnergyVille, 2014)

### 8.3.3.2. Opslag van elektriciteit

Naast smart grids werd in het vijfde hoofdstuk de opslag van elektriciteit onderzocht. Er werd een onderverdeling gemaakt tussen Vehicle to Grid (V2G) en batterijen.

Wanneer elektrische wagens niet gebruikt worden, kunnen deze aan het net gekoppeld worden om opgeladen te worden. In het Linear project werd hier ook onderzoek naar verricht en kon de gebruiker een bepaalde flexibiliteit instellen wanneer hij de auto wou opladen. Figuur 53 geeft een overzicht van de resultaten uit het Linear project. De gemiddelde flexibiliteit die ingesteld werd door de verbruiker was 5,6 uur.



Figuur 53: Variatie van de kans op een flexibele configuratie voor elektrische wagens (tijdens gemiddelde weekdag en weekenddag) (EnergyVille, 2014)

Het Linear project beperkte zich echter enkel tot het verplaatsen van het opladen van de wagen in de tijd. Het V2G-scenario gaat nog een stap verder. Wanneer de batterij van de auto over opgeslagen elektriciteit beschikt, kan er ook elektriciteit terugstromen naar het elektriciteitsnet in het geval van een stroomtekort.

Voor batterijen is dit concept in principe hetzelfde met het belangrijke verschil dat deze constant aan het net aangesloten zijn. De voorkeur gaat hier echter in de eerste plaats naar elektrische wagens aangezien dit een opkomende groene revolutie is in de transportsector die bovendien een bijdrage kan leveren aan het elektriciteitsnet.

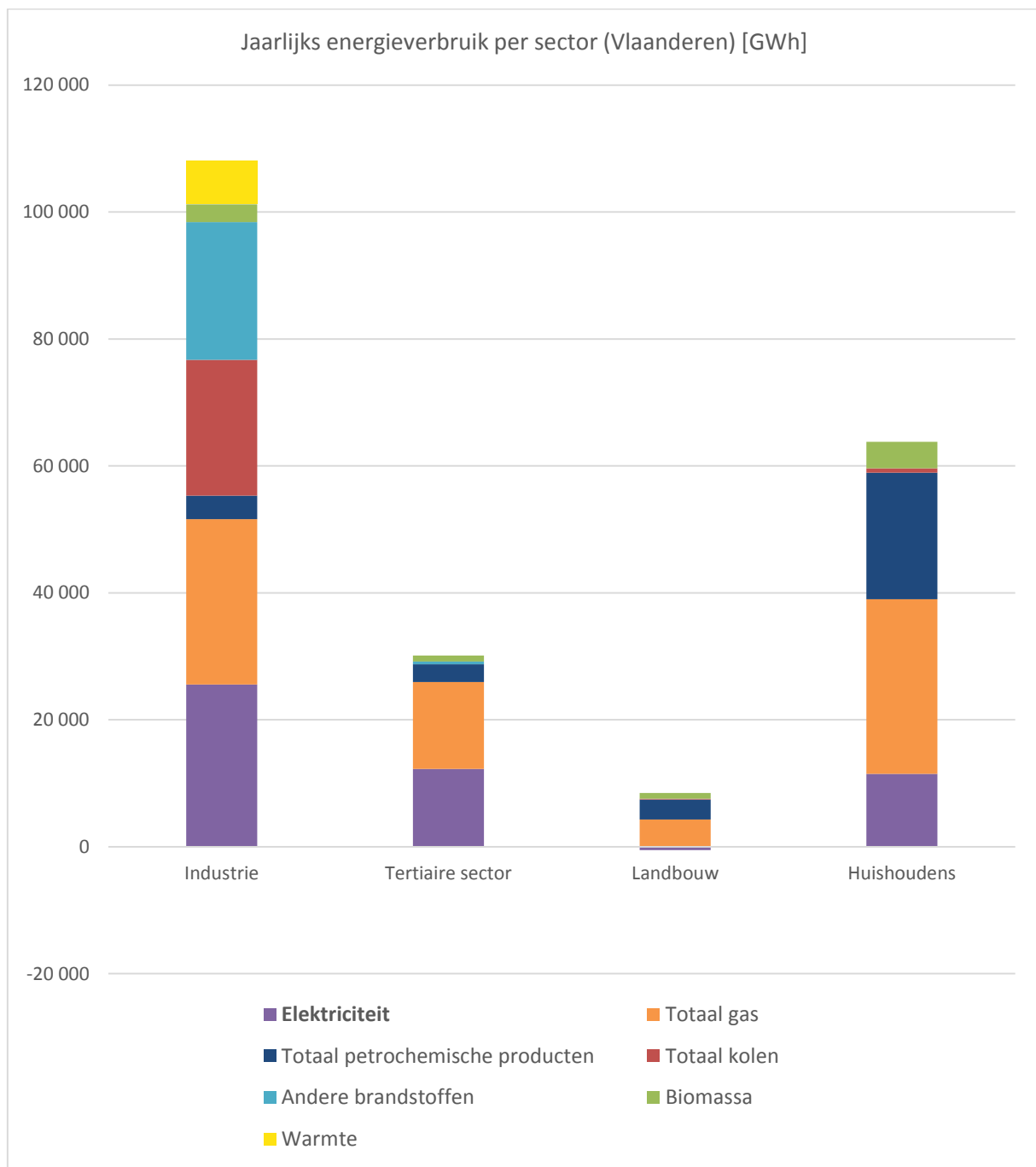
Zoals in het vijfde hoofdstuk al vermeld is, staat de technologie van zeer krachtige batterijen nog in zijn kinderschoenen en deze worden nog niet op grote schaal geproduceerd. Het zal van belang zijn om een goede afweging te maken tussen de noden van het elektriciteitsnet en de technische en economische randvoorwaarden. In deze thesis zal hier niet dieper op ingegaan worden aangezien deze thematiek vrij complex is en de technologie nog volop in ontwikkeling is.

## 8.4. Rekenoefening

In dit deel van het hoofdstuk zal op basis van voorgaand onderzoek een rekenoefening gedaan worden om een inschatting te maken naar het potentieel van een microgrid in deze regio.

### 8.4.1. Elektriciteitsverbruik

Als eerste zal een inschatting gemaakt worden van het elektriciteitsverbruik in de regio. Hier zal een indeling gemaakt worden naar volgende sectoren: industrie, tertiaire sector, huishoudens en landbouw. Figuur 54 geeft het totale jaarlijkse energieverbruik voor deze sectoren weer in Vlaanderen.



Figuur 54: Totale energieverbruik<sup>20</sup> per sector per jaar in Vlaanderen (VITO, 2014)

<sup>20</sup> Wattuur: eenheid van arbeid; hoeveelheid elektrische energie (k (kilo) =  $10^3$ , M (mega) =  $10^6$ , G (giga) =  $10^9$ )  
1 Wattuur = energie nodig om een toestel met een vermogen van 1 Watt gedurende 1 uur te laten werken



Op basis van voorgaand kaartmateriaal en de verwerking met GIS-software werd de bebouwde oppervlakte voor de verschillende sectoren bepaald (Tabel 11).

<b>Sector</b>	<b>Bebouwde oppervlakte (Vlaanderen)</b>	<b>Bebouwde oppervlakte (Studiegebied)</b>
Industrie	120 134 644 m <sup>2</sup>	972 893 m <sup>2</sup>
Tertiaire sector	47 305 157 m <sup>2</sup>	170 139 m <sup>2</sup>
Landbouw	67 245 951 m <sup>2</sup>	149 988 m <sup>2</sup>
Huishoudens	357 033 207 m <sup>2</sup>	1 284 116 m <sup>2</sup>

*Tabel 11: Bebouwde oppervlakte van de verschillende sectoren (Vlaanderen t.o.v. het studiegebied)*

Vervolgens werd een inschatting van het jaarlijks elektriciteitsverbruik gemaakt op basis van de verhouding van de bebouwde oppervlakte (Tabel 12). Merk op dat het elektriciteitsverbruik in de landbouwsector negatief is. Dit komt doordat bij de glastuinbouw veelal gebruik wordt gemaakt van warmtekrachtkoppeling (WKK) voor aandrijven het van de installaties. Bij een WKK wordt gas verbrand en ontstaat er als eindproduct warmte en elektriciteit. Wanneer deze elektriciteit niet volledig verbruikt wordt door het landbouwbedrijf zelf, dan wordt deze op het net gezet wat resulteert in een negatief verbruik. Voor de hele landbouwsector wordt dus meer elektriciteit op het net gezet dan dat er afgehaald wordt (Compendium voor de Leefomgeving, 2015).

<b>Sector</b>	<b>Jaarlijks elektriciteitsverbruik (Vlaanderen)</b>	<b>Jaarlijks elektriciteitsverbruik (Studiegebied)</b>
Industrie	25 574,53 GWh	207,11 GWh
Tertiaire sector	12 270,88 GWh	44,13 GWh
Landbouw	-528,66 GWh	-1,18 GWh
Huishoudens	11 504,78 GWh	41,38 GWh

*Tabel 12: Jaarlijks elektriciteitsverbruik van de verschillende sectoren (Vlaanderen t.o.v. het studiegebied)*

Bovenstaande waarden geven het elektriciteitsverbruik op jaarbasis weer. Het verbruik van elektriciteit verloopt echter niet gelijkmatig gedurende een jaar en kan van seizoen tot seizoen sterk verschillen. Ook tijdens de periode van één week treden grote verschillen op tussen weekdays en het weekend. Zelfs gedurende een dag worden grote verschillen gemeten in het verbruik.

De VREG stelt synthetische lastprofielen (SLP) ter beschikking die een inschatting maken van het verbruiksprofiel van elektriciteitsverbruikers (VREG, 2014). Deze SLP's maken het onderscheid tussen residentiële en niet-residentiële verbruikers.

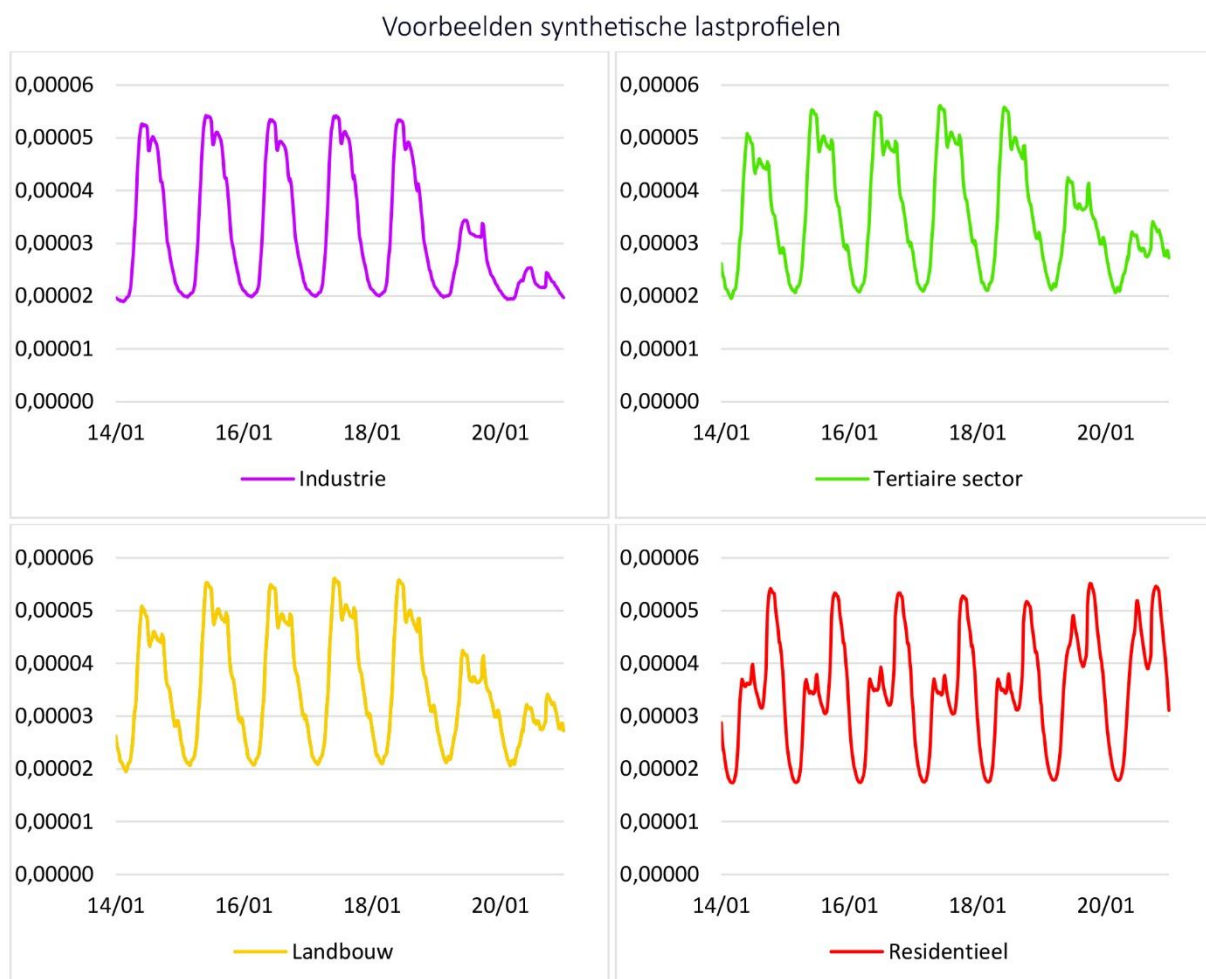
De niet-residentiële verbruikers worden vervolgens onderverdeeld in verbruikers op middenspanning en verbruikers op laagspanning. Voor deze conceptuele oefening zal de industriële sector het SLP van de niet-residentiële verbruikers op middenspanning toegewezen krijgen. De tertiaire sector en de landbouwsector zullen het SLP van de niet-residentiële verbruikers op laagspanning toegewezen krijgen.

Voor de residentiële verbruikers wordt het onderscheid gemaakt tussen verbruikers met één enkele meter en verbruikers met twee meters (voor dag- en nachttarief). Het prijsverschil voor elektriciteit tussen dag en nacht is ontstaan door de lage elektriciteitsconsumptie tijdens de daluren en de hoge consumptie overdag. Aangezien verder in deze thesis zonne-energie als een belangrijke energiebron zal fungeren, zal hierop ook moeten ingespeeld worden bij het elektriciteitsverbruik. 's Nachts kan er

geen elektriciteit worden opgewekt d.m.v. zonnepanelen dus is het beter dat het elektriciteitsverbruik op dat moment lager is. Het dag- en nachttarief zoals het op dit moment bestaat wordt dus minder relevant. Eventueel moet er bij een groot aandeel zonne-energie in het productiepark gedacht worden aan een scenario waarbij de elektriciteitsprijs 's nachts duurder is omdat het aanbod dan zeer gering is. Dit kan bovendien ook beschouwd worden als een vorm van bufferen en doet denken aan het 'Variable Time of Use'-scenario van het Linear project dat in het vijfde hoofdstuk beschreven werd.

Figuur 55 geeft voor de verschillende sectoren een voorbeeld van de synthetische lastprofielen gedurende één volledige week in januari 2013. Er is een duidelijk verschil op te merken gedurende de dag (pieken) en de nacht (dalen). Ook het verbruik tijdens het weekend is duidelijk anders (twee laatste pieken).

Deze week (van maandag 14/01/2013 t.e.m. zondag 20/01/2013) zal ook als referentie gebruikt worden in het verdere verloop van deze conceptuele oefening. Deze week valt in het midden van de winter en niet in een vakantieperiode waardoor ze een goede inschatting is van het maximale elektriciteitsverbruik.

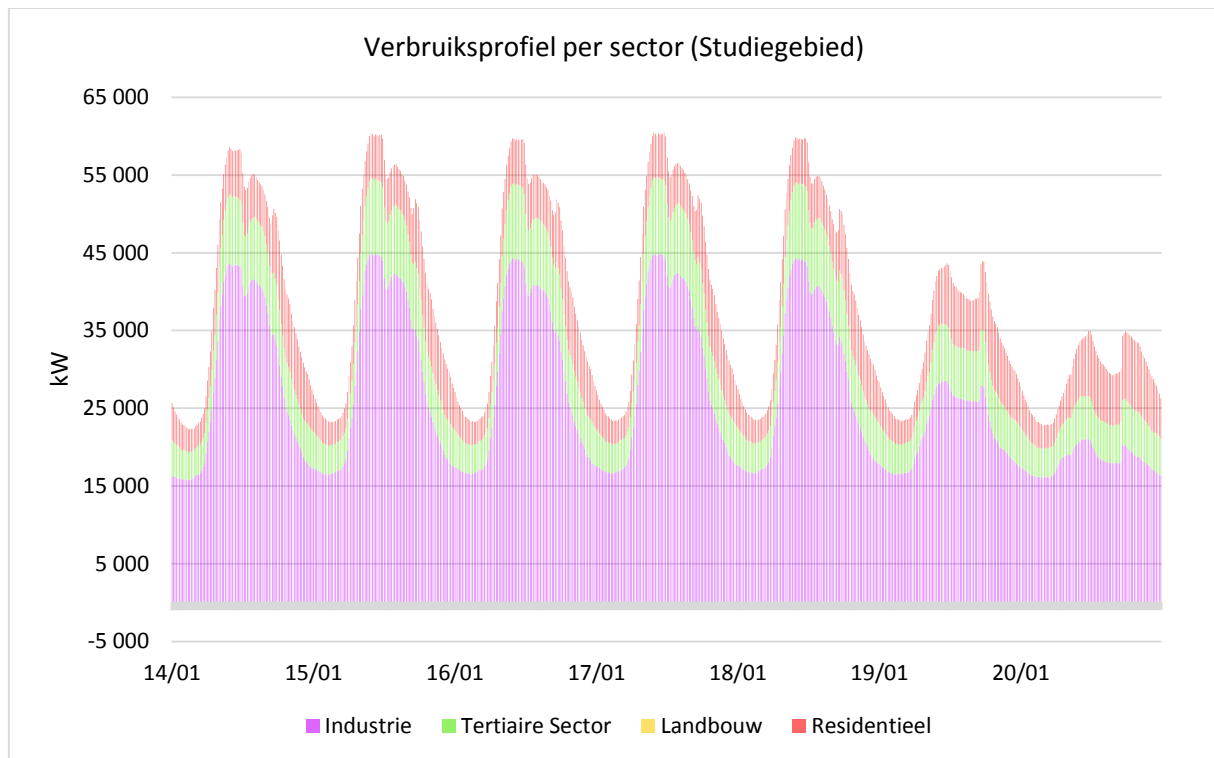


Figuur 55: Voorbeelden SLP's voor verschillende sectoren (van maandag 14/01/2013 t.e.m. zondag 20/01/2013)

In bovenstaande grafieken wordt voor elk kwartier een cijfer weergegeven dat representatief is voor de fractie van het totale elektriciteitsverbruik van de verschillende sectoren op jaarbasis.

Nu het jaarlijkse elektriciteitsverbruik gekend is voor het studiegebied (Tabel 12, pag. 89) en het verbruiksprofiel voor de verschillende sectoren (Figuur 55) kan een verbruiksprofiel voor het studiegebied per sector opgesteld worden (Figuur 56).

Merk op dat in onderstaande grafiek de landbouwsector niet zichtbaar is omdat het aandeel hiervan te klein is ten opzichte van de andere sectoren. Bovendien is dit verbruiksprofiel negatief doordat de landbouwsector meer elektriciteit produceert dan dat ze verbruikt. Het valt ook op dat de grote aanwezigheid van de industrie in de regio weerspiegeld wordt in het verbruiksprofiel van het studiegebied.



*Figuur 56: Verbruiksprofiel per sector in het studiegebied*  
**Aantal kW (elektrisch vermogen) dat verbruikt wordt per sector op een bepaald moment**

#### 8.4.2. Elektriciteitsproductie

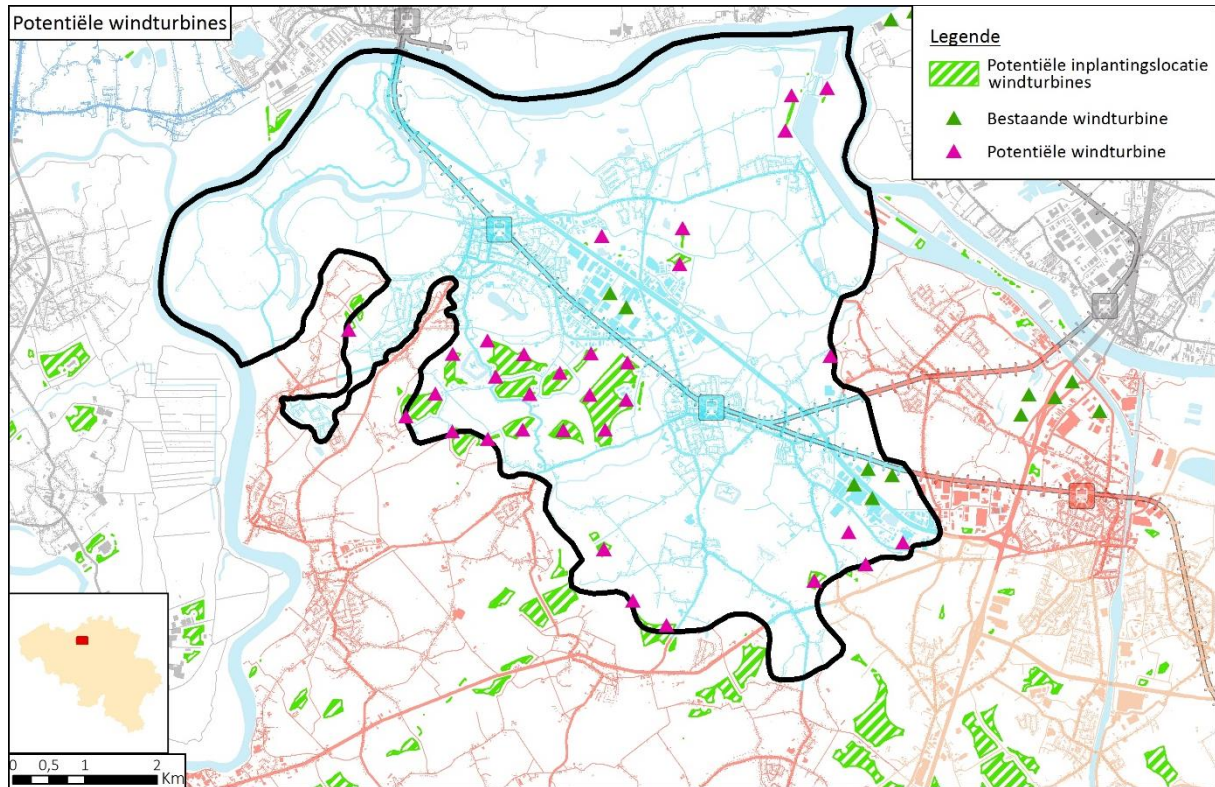
Nu er een inschatting is gemaakt van het elektriciteitsverbruik in het studiegebied, is meteen ook gekend hoeveel elektriciteit er moet geproduceerd worden. Het maximale verbruik op een bepaald moment is namelijk de maat voor de hoeveelheid elektriciteit die geproduceerd moet worden. Naar boven afgerond situeert het piekvermogen zich op ongeveer 60 400 kW.

##### 8.4.2.1. Windturbines

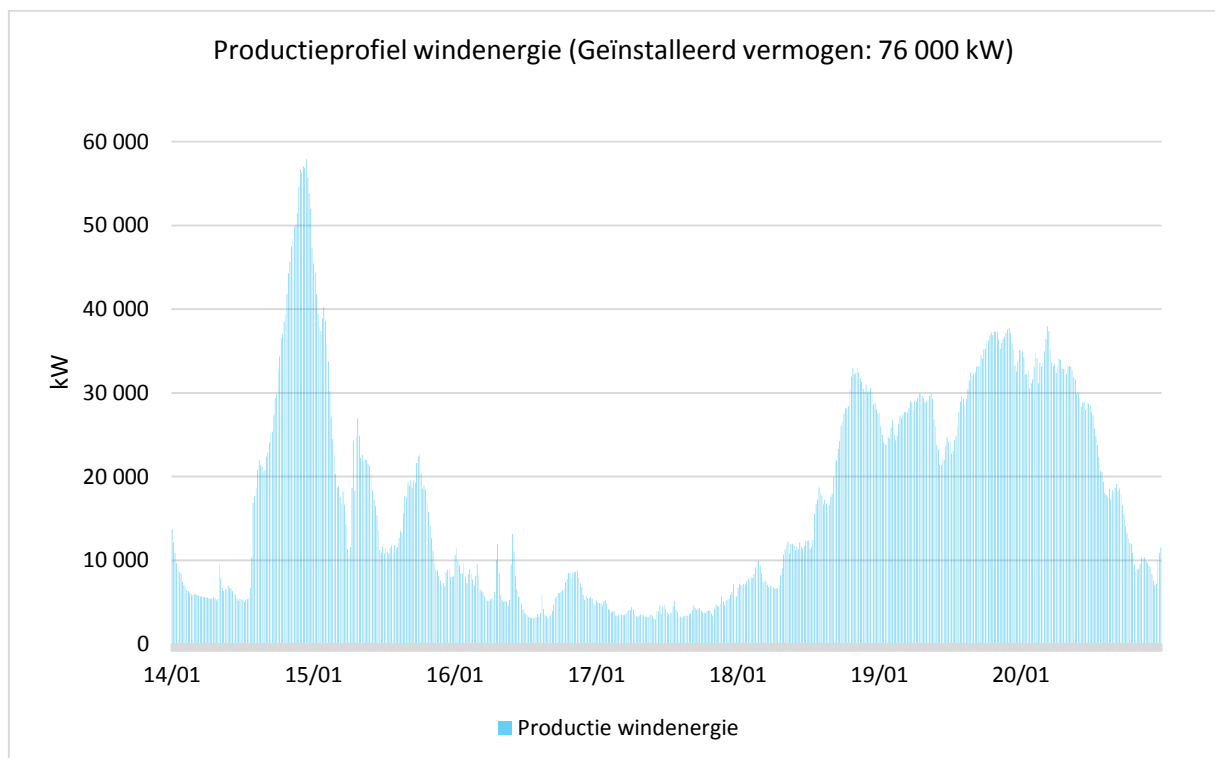
In het voorgaande deel van dit hoofdstuk werden de potentiële inplantingslocaties voor windturbines bepaald (Figuur 49, pag. 83). Rekening houdend met een onderlinge afstand tussen de windturbines van 500 meter werden de windturbines ingeplant in de potentiële zones (Figuur 57). Samen met de bestaande windmolens is er potentieel voor maximaal 38 grote<sup>21</sup> windturbines in het studiegebied op basis van de criteria die gehanteerd werden in het vorig deel van dit hoofdstuk.

<sup>21</sup> Er bestaan verschillende soorten windturbines. Zonder hier diep op in te gaan, worden hier windturbines met een vermogen van 2 000 kW mee bedoeld. (38 windturbines = totale productiecapaciteit van 76 000 kW)

Zoals in het vierde hoofdstuk besproken werd, hangt de geproduceerde windenergie sterk af van de weersomstandigheden. De maximale jaarlijkse productie van deze 38 windmolens is 665 GWh. Op basis van de jaargegevens van 2013 van de geproduceerde windenergie in België werd een productieprofiel opgesteld voor windenergie in het studiegebied (Elia, 2015) (Figuur 58).

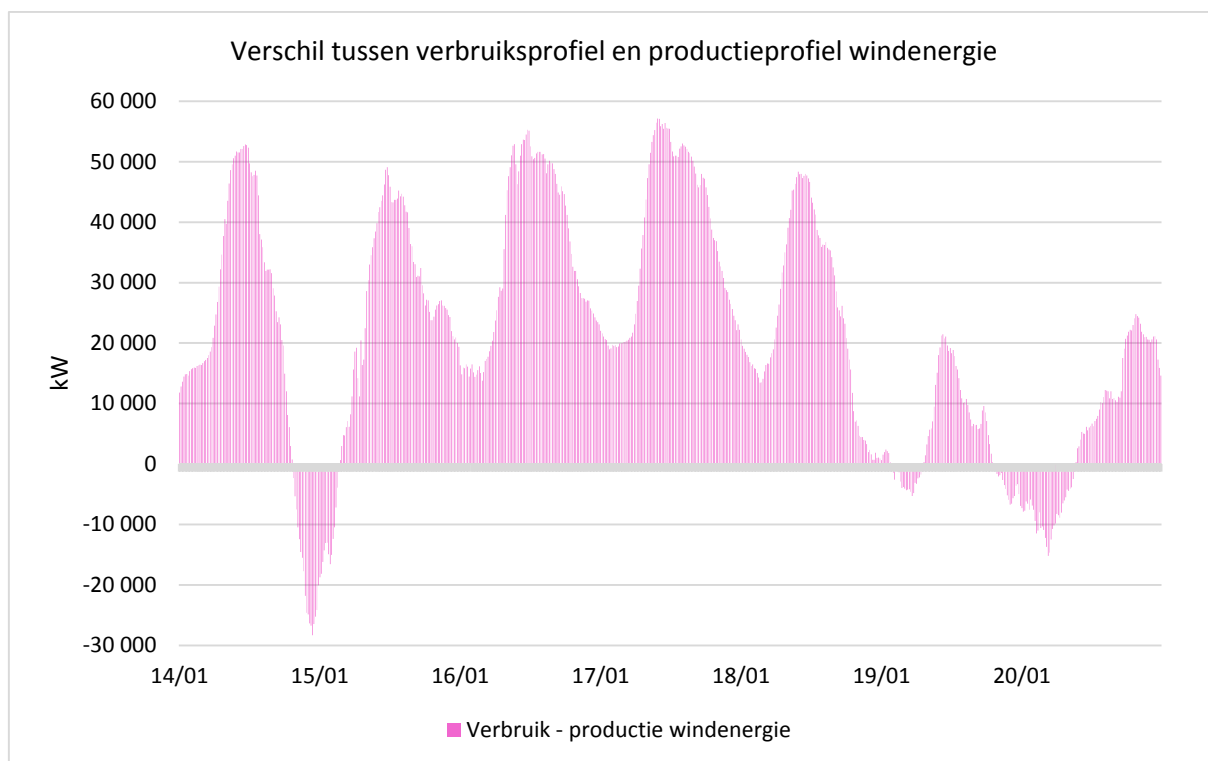


Figuur 57: Potentiële windturbines in het studiegebied



Figuur 58: Productieprofiel windenergie in het studiegebied (voor 38 windturbines van 2 MW)

Bovenstaande figuur toont nogmaals het grillig verloop van de geproduceerde windenergie. Wanneer er voldoende wind is dan is het zelfs mogelijk om enkel met deze windturbines de elektriciteitsbevoorrading van het studiegebied te waarborgen. Figuur 59 geeft het verschil weer tussen het verbruiksprofiel en het productieprofiel van windenergie.



*Figuur 59: Verschil tussen het verbruiksprofiel en het productieprofiel van windenergie*

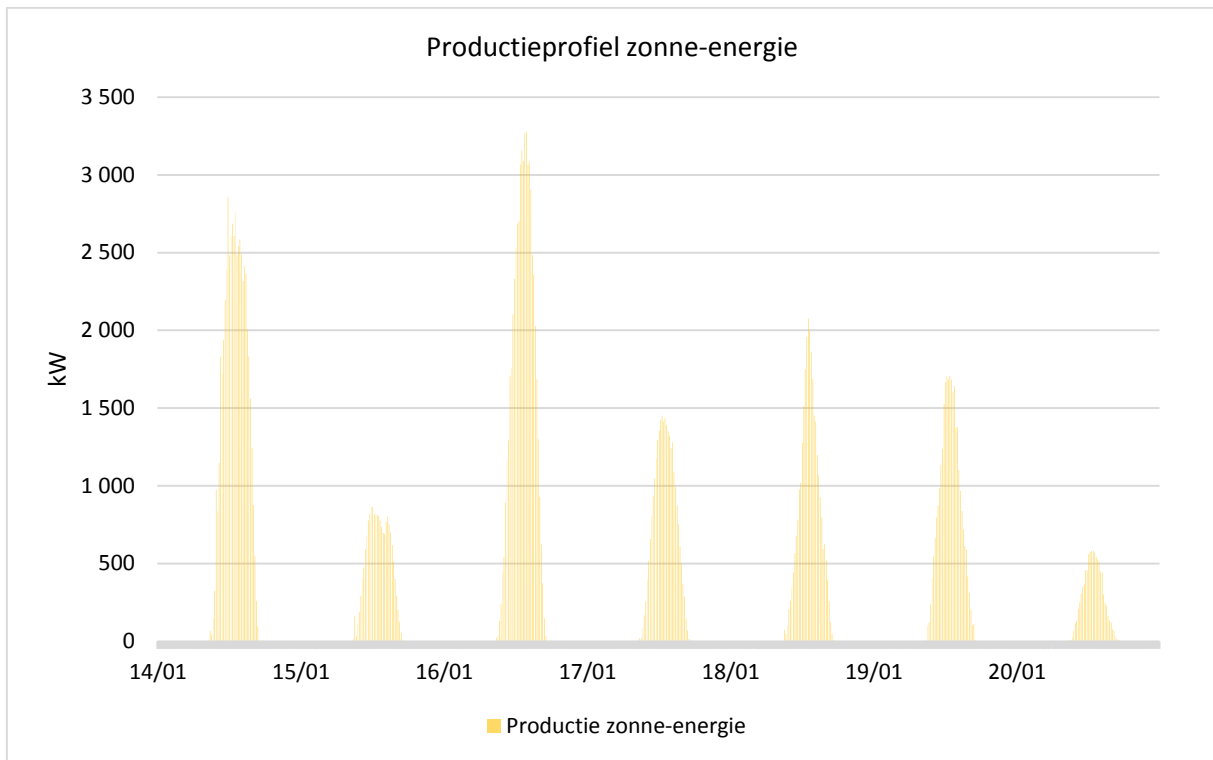
#### 8.4.2.2. Zonnepanelen

In het vorige deel werden de potentiële inplantingslocaties voor zonnepanelen bepaald. Afgerond is er 253 ha dakoppervlak aanwezig in het studiegebied. De berekening van de hoeveelheid geproduceerde zonne-energie is gebaseerd op waarden uit het rapport energielandschap Vlaanderen (Team Vlaams Bouwmeester, 2015).

Als eerste wordt de dakoppervlakte vermenigvuldigd met een factor 0,5 aangezien niet elk dak geschikt is voor zonnepanelen door zijn oriëntatie of hinderende dakconstructies. Vervolgens werd op basis van de richtwaarde 0,1 kW per vierkante meter geschikt dakoppervlak de totale productiecapaciteit bepaald. Aangezien de zon niet altijd schijnt, wordt door middel van het aantal vollasturen de totale productie op jaarbasis bepaald (900 vollasturen/jaar). Dit geeft uiteindelijk als resultaat een totale productie van 113,85 GWh per jaar.

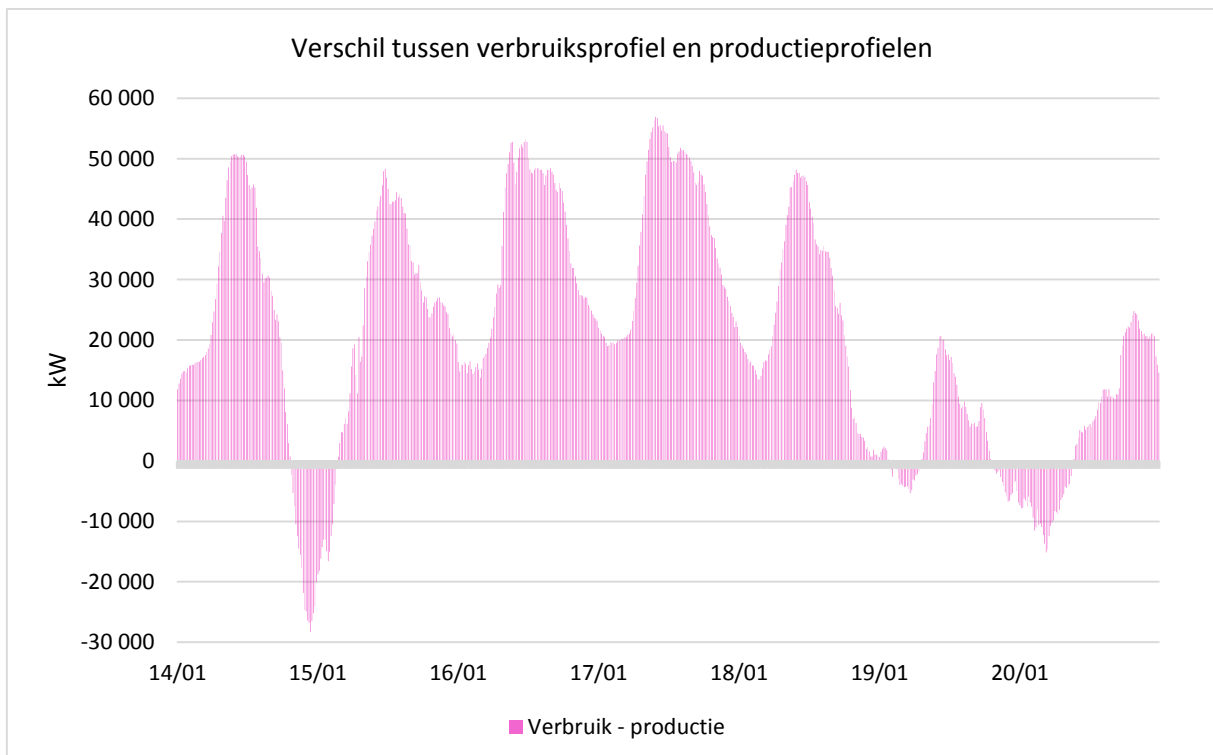
Door middel van de geproduceerde zonne-energie in België in 2013 werd vervolgens een productieprofiel opgesteld voor zonne-energie in het studiegebied (Elia, 2015) (Figuur 60). Opnieuw wordt de week in januari gebruikt omdat de zon dan minder lang en minder krachtig schijnt dan in de zomer.

Uit het productieprofiel van de zonne-energie wordt duidelijk dat er ten opzichte van windenergie veel minder elektriciteit kan geproduceerd worden in het studiegebied.



Figuur 60: Productieprofiel zonne-energie in het studiegebied (zonnepanelen op elk geschikt dak)

Wanneer nu het verbruiksprofiel (Figuur 56, pag. 91) tegenover beide productieprofielen geplaatst wordt dan is het duidelijk dat in die week het aanbod, door wind- en zonne-energie, niet voldoet aan de vraag van elektriciteit (Figuur 61).



Figuur 61: Verschil tussen het verbruiksprofiel en de productieprofielen (wind en zon)

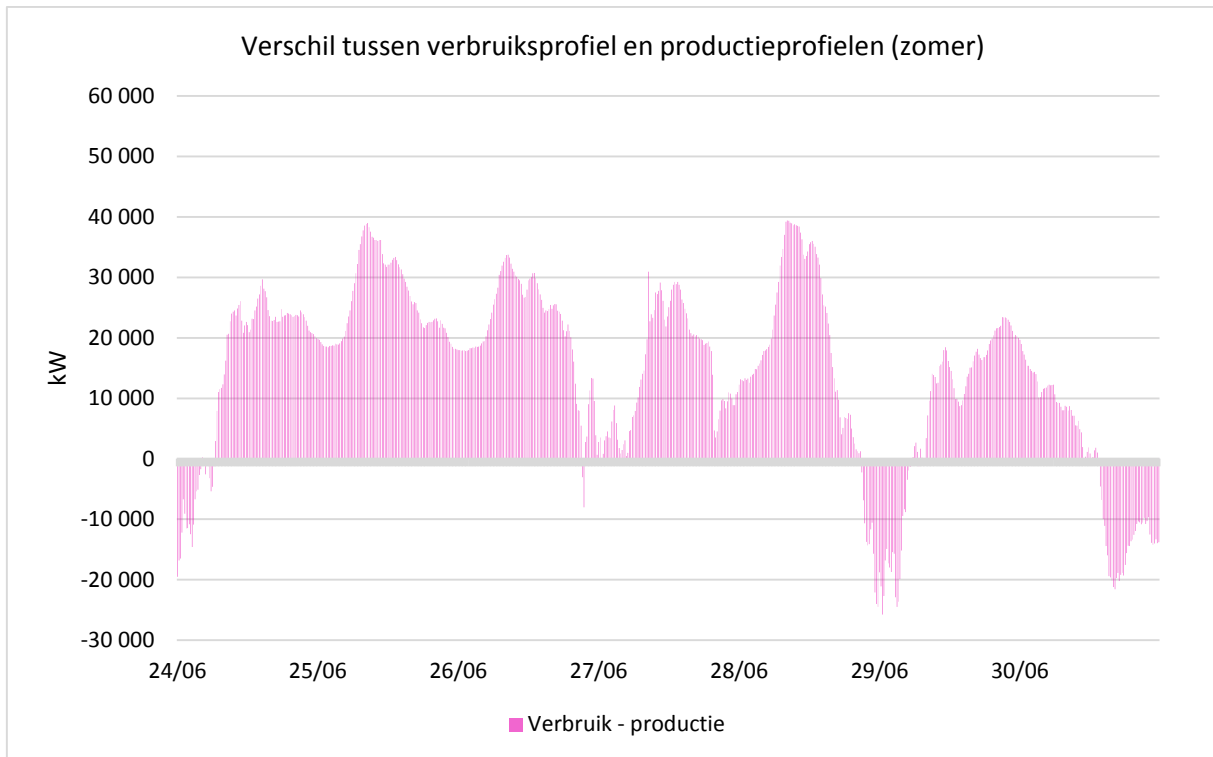
### 8.4.3. Verschillende scenario's

Uit de voorgaande rekenoefening blijkt dat door middel van wind- en zonne-energie het elektriciteitsverbruik niet kan gewaarborgd worden voor de verbruikers in het studiegebied. In dit deel zullen ter aanvulling enkele scenario's onderzocht worden vanuit een andere invalshoek.

#### 8.4.3.1. Zomer

In het vorige deel werd telkens een week in januari genomen als referentie voor de productie en het verbruik. In deze periode kon de productie enkel voldoen aan de vraag wanneer er voldoende wind was.

Figuur 62 toont het verschil tussen het verbruiksprofiel en het productieprofiel in de zomer. In dit geval is het verschil minder dan in de winter maar opnieuw kan het aanbod niet voldoen aan de vraag.

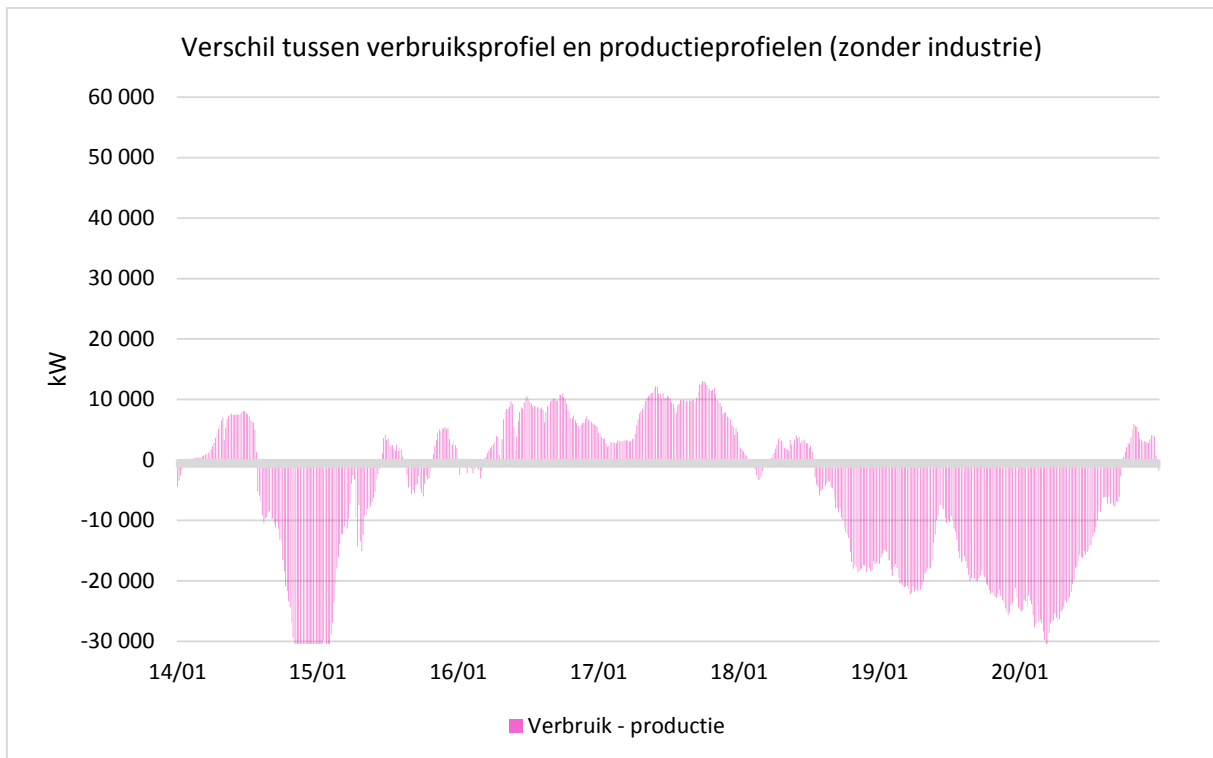


Figuur 62: Verschil tussen verbruiksprofiel en productieprofiel (van maandag 24/06/2013 t.e.m. zondag 30/6/2013)

#### 8.4.3.2. Zonder industrie

Bij de analyse van de verbruikers viel het op dat de industrie in het gebied een groot aandeel had in het elektriciteitsverbruik. Figuur 63 geeft het verschil weer tussen het verbruiksprofiel en het productieprofiel wanneer de industrie in het gebied niet in rekening wordt gebracht. Ook de dakoppervlakte van de industriegebouwen is hier in mindering gebracht bij de berekening van de zonne-energie.

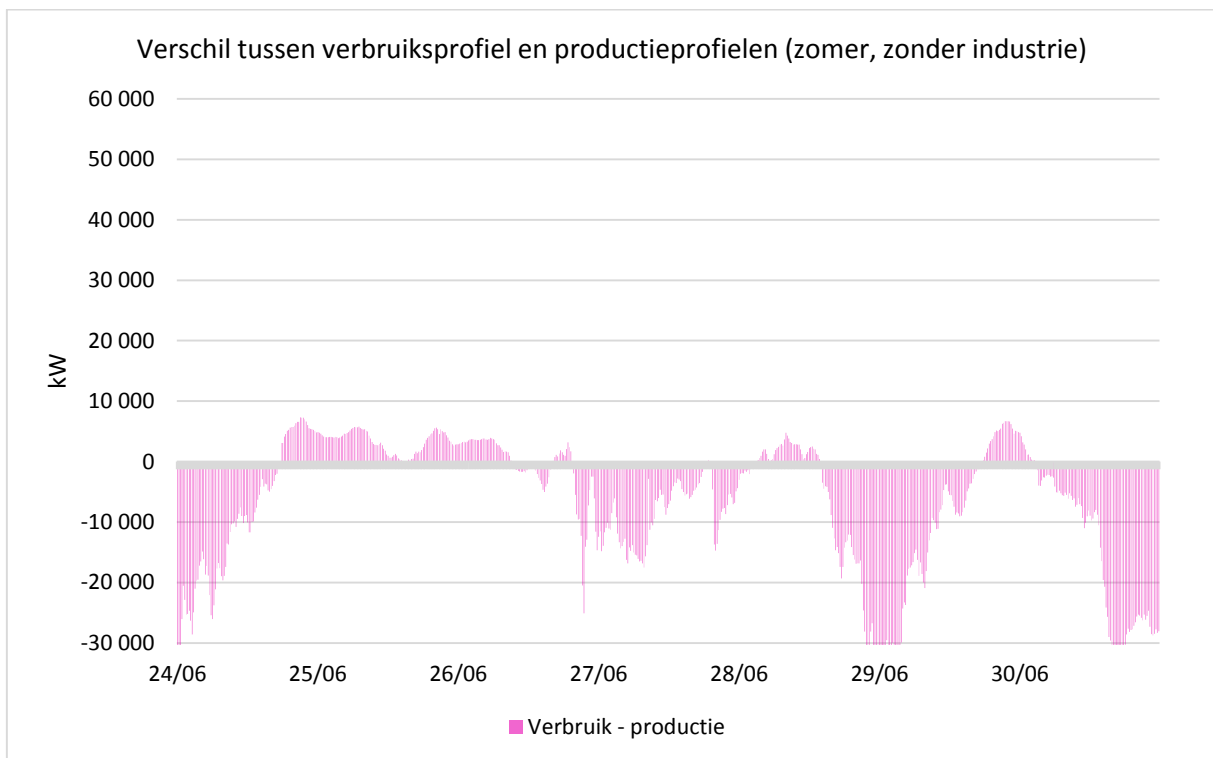
In dit scenario kan in de meeste gevallen wel voldaan worden aan de elektriciteitsvraag. Opnieuw is windenergie de bepalende factor voor het verschil tussen productie en consumptie. Het aandeel zonne-energie is hier te klein om een doorslaggevende invloed te kunnen hebben.



Figuur 63: Verschil tussen het verbruiksprofiel en de productieprofielen (zonder de industriesector)

#### 8.4.3.3. Zonder industrie én zomer

Het laatste scenario is opnieuw zonder de industriesector maar dit keer in de zomer (Figuur 64). In dit scenario voldoet het aanbod het vaakst aan de vraag. In de meeste gevallen kan de vraag gewaarborgd worden en wanneer dit niet het geval is blijft het verschil minimaal.



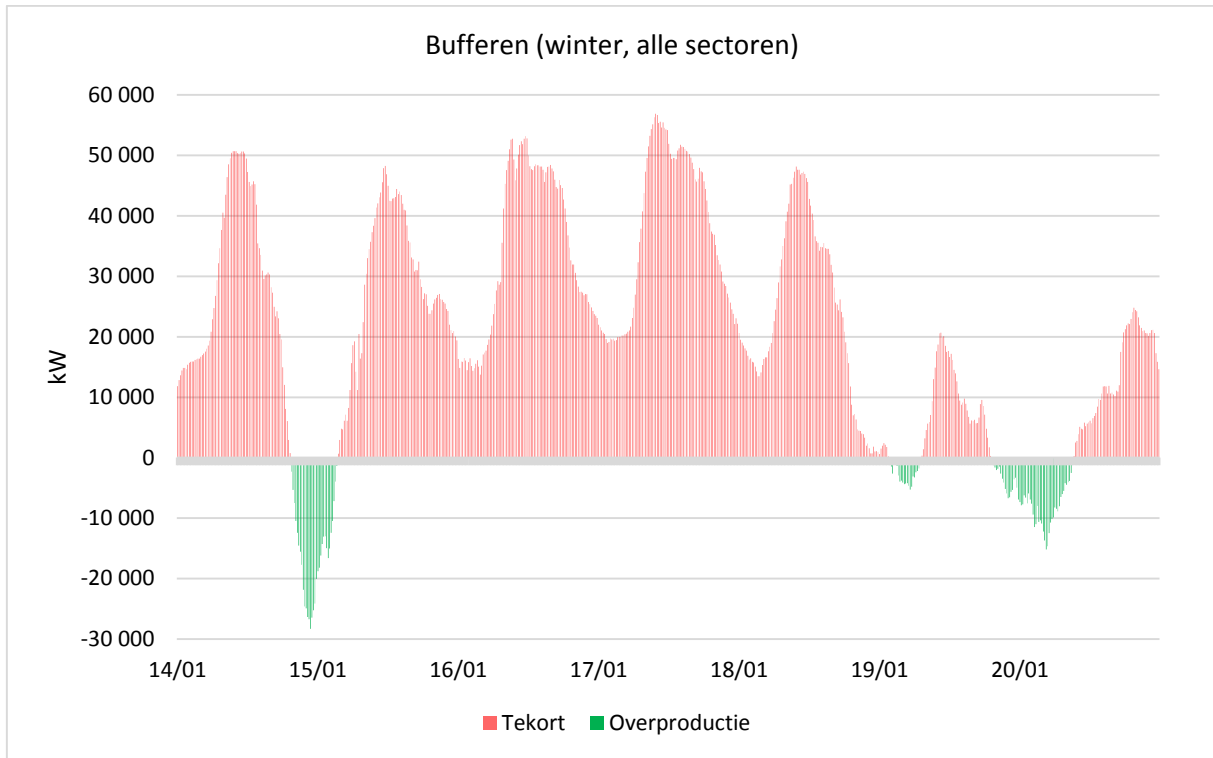
Figuur 64: Verschil tussen het verbruiksprofiel en de productieprofielen (zonder de industriesector en in de zomer)



#### 8.4.4. Buffers

Het verschil tussen de productie en het verbruik kan opgevangen worden door buffers. In het vijfde hoofdstuk en in het vorig deel van dit hoofdstuk werd dit thema onderzocht. Door de technische beperkingen van de beschikbare software en onvoldoende gedetailleerde gegevens zullen buffers hier slechts beperkt besproken worden.

Figuur 65 geeft een overzicht van wanneer er moet gebufferd worden, hoeveel en op welke manier.



Figuur 65: Bufferen in het studiegebied (winter, alle sectoren)

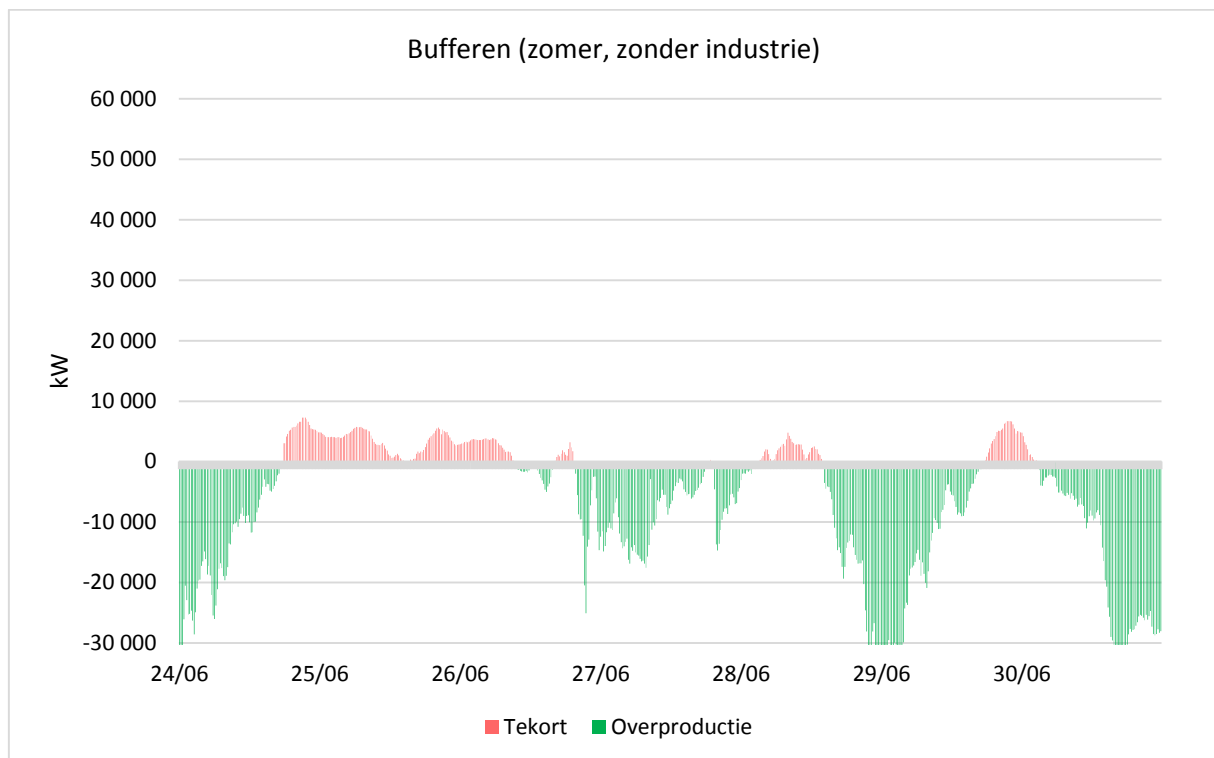
Wanneer het verschil tussen de consumptie en de productie van elektriciteit positief is, is er een stroomtekort in het studiegebied (rood). Dit betekent dat er gebufferd moet worden door verbruikers af te schakelen, elektriciteitsverbruik uit te stellen of eerder opgeslagen elektriciteit te verbruiken.

Als het verschil tussen consumptie en productie negatief is, wordt gesproken van een overproductie (groen). Op dat moment kan er elektriciteit opgeslagen worden of eerder uitgesteld elektriciteitsverbruik kan op dat moment wel verbruikt worden.

In dit scenario is het tekort echter veel te groot en zal het onmogelijk zijn om een evenwichtig elektriciteitsnet te verkrijgen.

Figuur 66 geeft het scenario weer in de zomer zonder de industriesector. In dit scenario is er zeer veel overproductie en weinig tekorten. Door middel van buffers is het mogelijk deze tekorten op te vangen maar ook dit leidt echter nog niet tot een succesverhaal. Op de figuur is te zien dat er twee dagen na elkaar een tekort is zonder dat er ook maar één moment is van overproductie. In het vorige deel van dit hoofdstuk kwam het thema flexibiliteit aan bod en lag dit voor de huishoudelijke toestellen rond de acht uur. Dit betekent dat het verbruik maximaal acht uur kan uitgesteld worden (in principe acht uur min de tijd dat het toestel nodig om heeft zijn taak te vervullen). Het zal dus op dat moment niet

mogelijk zijn om te bufferen door het verbruik uit te stellen zonder dat de gebruikers hier hinder van ondervinden.



*Figuur 66: Bufferen in het studiegebied (zomer, zonder industriesector)*

## 8.5. Conclusie

In dit hoofdstuk werd door middel van een conceptuele oefening onderzocht hoe de afstemming tussen de productie en consumptie van elektriciteit op lokaal niveau kan plaatsvinden, meer bepaald in de regio Klein-Brabant.

Als eerste werd de impact van het afschakelplan in kaart gebracht waaruit bleek dat vooral het afschakelen van de infrastructuur en de industriesector een enorme impact heeft op de regio. Bij afschakeling zou de spoorweg een barrière vormen in het gebied die enkel kan gekruist worden via de N16. Bovendien zouden de verkeerslichten op deze N16 niet functioneren waardoor een mobiliteitsinfarct in de regio het resultaat zal zijn.

Vervolgens werd onderzocht hoe een microgrid tot stand zou kunnen komen in het studiegebied. Dit microgrid, bestaande uit verbruikers, productie-eenheden en buffers, zou dan, theoretisch gezien, autonoom kunnen functioneren van het elektriciteitsnet.

Tot slot werd door middel van een rekenoefening onderzocht of het in de praktijk ook effectief haalbaar zou zijn om een microgrid te laten functioneren in deze regio. Dit laatste bleek echter niet haalbaar met de decentrale energiebronnen wind- en zonne-energie. Uit het onderzoek werd duidelijk dat enkel bij uitstekende omstandigheden (voldoende wind) de elektriciteitsproductie kon voldoen aan de vraag.

In het gebied waar de oefening uitgevoerd werd, was de industriesector sterk aanwezig en bijgevolg weerspiegelde dit zich in het elektriciteitsverbruik van het studiegebied. In de oefening werd daarom

ook het scenario onderzocht wanneer de industriesector buiten beschouwing werd gelaten. Hieruit bleek dat de productie in de meeste gevallen de vraag wel kon opvangen. De tekorten zouden dan in principe kunnen weggewerkt worden door buffering. Wanneer gebufferd zou worden door middel van het elektriciteitsverbruik uit te stellen dan is dit in de meeste gevallen slechts mogelijk voor enkele uren. Wanneer het elektriciteitstekort bijvoorbeeld twee dagen duurt dan is het onmogelijk om het verbruik over zo'n lange periode uit te stellen zonder dat de gebruikers hiervan hinder zouden ondervinden. Bufferen zou dan moeten gebeuren door middel van het opslaan van elektriciteit, maar zelfs dan is het een grote uitdaging om een elektriciteitstekort van twee dagen of meer te kunnen opvangen. Deze technologie is op dit moment nog in volle ontwikkeling en werd hierdoor slechts beperkt besproken in deze thesis.



## DEEL V. ALGEMENE CONCLUSIE



## Hoofdstuk 9: Algemene conclusie

### 9.1. Het afschakelplan

In augustus 2014 werd door de sluiting van enkele kerncentrales duidelijk dat de elektriciteitsvoorziening voor de winter van 2014-2015 in het gedrang kon komen. Plots was het mogelijk dat er grote regio's afgeschakeld zouden worden van het elektriciteitsnet en dat het licht daar effectief voor enkele uren kon uitgaan. De overheid riep op om zo zuinig mogelijk om te gaan met elektriciteit, maar zelfs dan bestond het risico op afschakeling.

Het afschakelplan riep veel vragen op in het najaar van 2014 en ook op dit moment blijven nog veel vragen onbeantwoord. Waarom de ene regio afschakelen en de andere niet? Is het enkel een technische kwestie of zit er meer achter? Een kritische blik doet vermoeden dat hier toch enige politieke inmenging moet geweest zijn.

Eén ding is alleszins duidelijk: het elektriciteitsnet is niet robuust en enkele kleine problemen met de kerncentrales kunnen drastische gevolgen hebben voor het volledige land. In deze thesis werd op zoek gegaan naar hoe een meer gelokaliseerde afstemming tussen de productie en de consumptie van elektriciteit kan leiden tot een robuustere energievoorziening.

### 9.2. Voorgestelde strategieën

Wind- en zonne-energie zijn ideale energiebronnen om lokaal elektriciteit op te wekken maar hebben als nadeel dat ze sterk weersafhankelijk zijn. Windturbines zijn overigens niet eenvoudig inpasbaar in het Vlaamse landschap. Uit de conceptuele oefening op de regio Klein-Brabant bleek dat slechts een klein deel van het gebied geschikt was voor windturbines. Zonnepanelen kunnen daarentegen wel vrij eenvoudig ingeplant worden, bijvoorbeeld op daken van huizen. Het nadeel van zonnepanelen is dat de hoeveelheid geproduceerde energie zeer verschillend is in de tijd. 's Nachts wordt er geen zonne-energie geproduceerd en op een bewolkte dag veel minder dan op een zonnige dag. Ook in de winter wordt vanzelfsprekend veel minder zonne-energie geproduceerd dan in de zomer.

De elektriciteitsproductie moet op elk moment gelijk zijn aan de consumptie. Bij weersafhankelijke energiebronnen zoals wind- en zonne-energie is dit echter niet evident. In een land als België wil iedereen op elk moment over elektriciteit kunnen beschikken en niet enkel wanneer de zon schijnt of wanneer er voldoende wind is. Om de productie en de consumptie van elektriciteit beter op elkaar af te stemmen kan elektriciteit gebufferd worden. In deze thesis werden twee vormen van buffering beschreven: smart grids en het opslaan van elektriciteit.

Het verbruik afstemmen op de productie (smart grid) door het gebruik van energieverslindende toestellen uit te stellen in de tijd biedt potentieel voor een evenwichtig elektriciteitsnet. Uit de conceptuele oefening bleek dat dit echter vrij beperkt is en dat het verbruik gemiddeld ongeveer acht uur kan uitgesteld worden voor bepaalde huishoudelijke toestellen (wasmachine, droogkast en vaatwasser). Dit kan problemen opleveren wanneer er voor een langere termijn te weinig elektriciteit geproduceerd wordt. In dat geval zullen andere vormen van buffers noodzakelijk zijn om ervoor te zorgen dat het elektriciteitsnet steeds in evenwicht is. Opslaan van elektrische energie in batterijen van elektrische wagens bleek een veelbelovende technologie te zijn maar hiervoor is een drastische omschakeling van het wagenpark noodzakelijk en ook de nodige infrastructuur mag hier niet vergeten worden. Elektriciteit opslaan in krachtige batterijen is een laatste optie van buffering die beschreven werd en dit is op dit moment nog volop in ontwikkeling. De toekomst moet uitwijzen of deze

technologie effectief zou kunnen ingezet worden om grote hoeveelheden elektriciteit voor een relatief lange termijn op te slaan.

### 9.3. Conceptuele oefening

Een lokaal elektriciteitsnet dat eventueel ook autonoom kan functioneren wordt in de literatuur omschreven als een microgrid. Drie bouwstenen zijn noodzakelijk voor een microgrid: verbruikers, productie-eenheden en buffers. Door middel van een oefening op een studiegebied in de regio Klein-Brabant (Bornem en Puurs) werd een microgrid geconceptualiseerd in de Vlaamse context. Het studiegebied bevindt zich in schijf 6 van het afschakelplan en zou dus bij een stroomtekort als eerste afgeschakeld worden.

In deze conceptuele oefening werd eerst een analyse gemaakt van de impact van het afschakelplan. In het studiegebied liggen twee grote bedrijventerreinen die bij afschakeling zonder elektriciteit zouden vallen. De economische schade die dit zou teweegbrengen aan deze regio en aan Vlaanderen zou enorm zijn.

Ook het afschakelen van infrastructuur zou zeer grote gevolgen hebben. Het spoorverkeer in België zou op een dag van afschakeling stilgelegd worden uit veiligheidsoverwegingen en spooroverwegen worden bij een stroompanne automatisch gesloten. Op de regio die onderzocht werd had dit als gevolg dat de spoorweg, die dwars door het studiegebied loopt, het gebied in twee deelt wanneer schijf 6 afgeschakeld wordt. De spoorweg zou enkel gekruist kunnen worden via de gewestweg N16 die op dit moment al verzadigd is. Bovendien zouden de verkeerslichten op deze gewestweg niet functioneren wat nog voor een extra overlast zou zorgen. De combinatie van al deze factoren kan enkel leiden tot een immense verkeerschaos in de regio én op het bovenliggende wegennet.

De lokale economie in de dorpskernen van Bornem en Puurs zou ook zwaar getroffen worden door het afschakelplan, zij het in mindere mate dan de industriële sector en de infrastructuur. Tot slot werd ook de impact op de landbouwsector en de residentiële sector in kaart gebracht. De impact op deze twee laatste sectoren bleek echter gering te zijn en deze werden dus ook aanzien als niet-prioritair wat betreft de elektriciteitsbevoorrading.

Het afschakelplan is geen gewenste oplossing bij een stroomtekort en daarom werd in de conceptuele oefening onderzocht wat een microgrid zou kunnen betekenen voor het studiegebied. De drie bouwstenen die nodig zijn voor een lokaal en autonoom elektriciteitsnet werden elk apart behandeld.

De eerste bouwsteen, de verbruikers, zijn massaal aanwezig in het studiegebied en beschouwen elektriciteit als een commodity die altijd en op elk moment aanwezig is. Productie-eenheden daarentegen zijn op dit moment nog maar in beperkte mate aanwezig in het studiegebied. In de conceptuele oefening werden potentiële inplantingslocaties voor windturbines en zonnepanelen bepaald. Als laatste werden de verschillende buffermogelijkheden onderzocht.

Voor een lokaal elektriciteitsnet is het, net zoals bij het grote elektriciteitsnet, noodzakelijk dat er steeds een evenwicht is tussen productie en consumptie. Door middel van een rekenoefening werd onderzocht hoeveel elektriciteit er in het studiegebied verbruikt wordt en hoeveel er kan geproduceerd worden op basis van wind- en zonne-energie.



Door de grote aanwezigheid van de industriesector in het studiegebied bleek het elektriciteitsverbruik relatief hoog te liggen. Wanneer alle potentiële inplantingslocaties voor windturbines en zonnepanelen zouden benut worden, bleek het niet mogelijk om voldoende elektriciteit te produceren om volledig te voldoen aan de vraag. Enkel onder zeer gunstige omstandigheden (voldoende wind) was het mogelijk om de elektriciteitsbevoorrading te waarborgen.

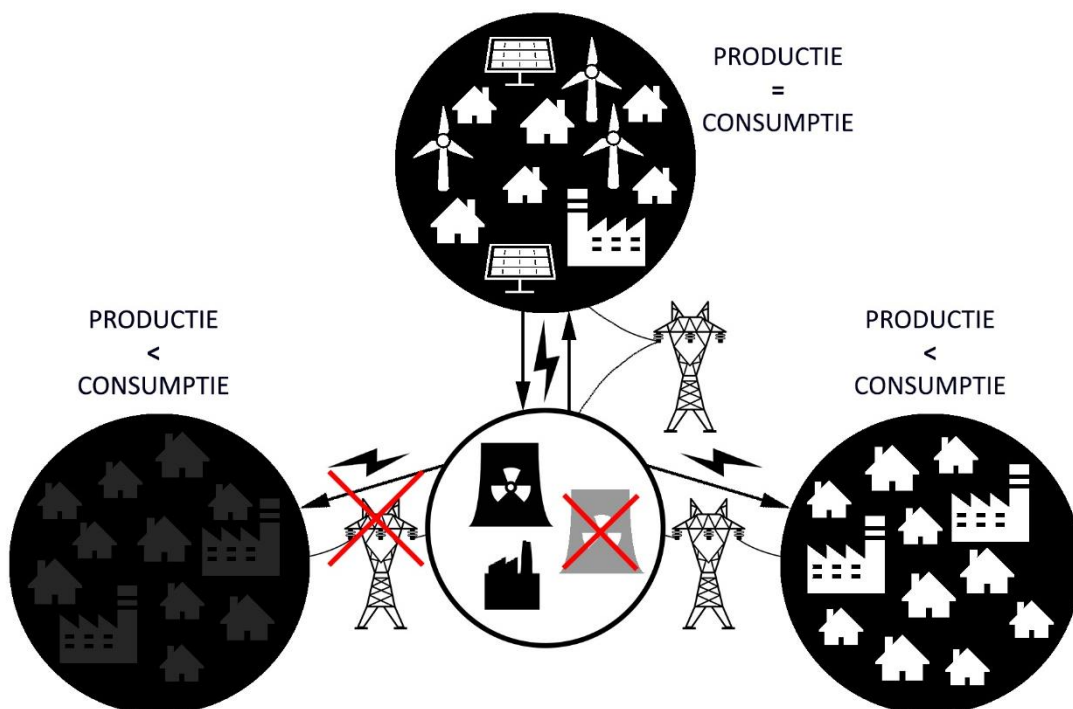
Ter aanvulling werden enkele andere scenario's onderzocht waaronder het scenario zonder de industriesector. Hier bleek dat de elektriciteitsbevoorrading in de meeste gevallen wel kan gewaarborgd worden. Dit betekent dat het voor een andere regio waar de industriesector niet of nauwelijks aanwezig is misschien wel mogelijk is om voldoende elektriciteit te produceren. Dit zal zeker niet voor elke regio zonder industrie het geval zijn en verder onderzoek moet hier meer duidelijkheid scheppen.

#### 9.4. Lokale afstemming tussen productie en consumptie

Hoe kan een lokale afstemming tussen productie en consumptie dan zorgen voor een robuuster elektriciteitsnet? Het antwoord op deze vraag ligt bij het afschakelplan zelf.

In een regio die afgeschakeld wordt, zullen de verbruikers én de productie-eenheden afgekoppeld worden. Wanneer gesproken wordt over een elektriciteitstekort is het niet de bedoeling dat productie-eenheden ook afgekoppeld worden. Regio's die evenveel elektriciteit produceren als ze verbruiken hoeven in principe ook niet afgeschakeld te worden want dit zou geen effect hebben op het probleem van een elektriciteitstekort.

De uitdaging is dus om op lokaal niveau de productie zo goed mogelijk af te stemmen op de consumptie. Wanneer dan beslist wordt om een regio af te schakelen, zal de voorkeur gaan naar gebieden waar de consumptie veel groter is dan de productie zodat dit stroomtekort ook effectief kan weggewerkt worden. Figuur 67 geeft deze redenering overzichtelijk weer.



Figuur 67: Lokale afstemming tussen de productie en consumptie van elektriciteit

Wanneer er bijvoorbeeld door het uitvallen van een kerncentrale niet voldoende elektriciteit wordt geproduceerd dan moet een regio afgeschakeld worden waar de productie (veel) kleiner is dan de consumptie.

De regio waar de productie het best afgestemd is op de consumptie zal dus het minst risico lopen op afschakeling. Bovendien kunnen duurzame energiebronnen op die manier een groter aandeel krijgen in het productiepark en zal een probleem bij een kerncentrale niet automatisch leiden tot afschakeling. Meer nog, als er voldoende alternatieven beschikbaar zijn, vormt de kernuitstap geen probleem meer voor de elektriciteitsbevoorrading.

Het bufferen van elektriciteit blijft hier echter nog een grote uitdaging. Elektriciteitsverbruik uitstellen in de tijd is beperkt en grote hoeveelheden elektriciteit opslaan is technisch gezien nog niet mogelijk. Windturbines en zonnepanelen moeten dus op dit moment nog aangevuld worden met andere energiebronnen zoals gascentrales.

### 9.5. Afschakelplan 2.0

Afschakelen kan op verschillende schaalniveaus en in het huidige afschakelplan worden grote regio's afgeschakeld door het relais in de hoogspanningscabine af te schakelen. De impact van het afschakelplan is hierdoor gigantisch en een fijnmazigere manier van afschakelen kan zorgen voor een kleinere impact op de regio.

In deze thesis werden ook andere vormen van afschakelplannen voorgesteld op verschillende schaalniveaus. Op dit moment gebeurt de afschakeling in de hoogspanningscabines, maar ook op een lager schaalniveau (bijvoorbeeld het verdeelstation, de transformatorcabine, de meterkast of bij het toestel zelf) kan in principe afgeschakeld worden. Hierdoor kunnen verbruikers die van groot economisch of maatschappelijk belang zijn gevrijwaard worden van afschakeling zodat de impact van het afschakelplan beperkt blijft.

Ook voor deze lagere schaalniveaus blijft voorgaande redenering gelden. Wanneer iemand bijvoorbeeld zonnepanelen op zijn dak heeft en dus zelf elektriciteit produceert, dan hoeft deze gebruiker niet afgeschakeld te worden. Hier moet wel opgemerkt worden dat het afschakelplan in werking zou treden op de piekmomenten tijdens de winter. Het piekverbruik wordt bereikt na zonsondergang waardoor die gebruiker op dat moment eigenlijk geen elektriciteit produceert. Kleine, particuliere windmolens zouden hier bijvoorbeeld wel interessant kunnen zijn.

### 9.6. Winter is coming

Deze thesis werd geschreven in de periode september 2014 tot augustus 2015. In deze periode is echter weinig vooruitgang geboekt wat betreft het energiebeleid. Het langer openhouden van de kerncentrales blijkt prioriteit te hebben voor de federale regering, maar is dit niet gewoon uitstel van executie? Een nieuwe winter komt eraan en alternatieven zijn nog niet voorhanden. Bovendien zijn er nog steeds problemen met verschillende kerncentrales en is bij Doel 1 de wettelijke sluitingstijd al verlopen.

Lokaal elektriciteit produceren werd in deze thesis gepresenteerd als een sleutel om niet afgeschakeld te worden. Als het beleid tekortschiet is het misschien een taak voor de bedrijven, de zwaarst getroffen, en particulieren om lokaal te investeren in duurzame energie. Het is alleszins een mogelijke denkpiste in de richting van een duurzaam en robuust elektriciteitssysteem.

## Bibliografie

- Adriaan, D., 2014. 'Nog voor de Winter al het mogelijke doen om stroomtekorten te vermijden'. *De Tijd*, p. 16.
- Adriaan, D., 2014. Afschakelplan bijgestuurd in Wallonië. *De Tijd*, p. 6.
- Adriaan, D., 2014. Fonck: 'Risico op tekort deze winter is reëel'. *De Tijd*, p. 7.
- Adriaan, D., 2014. Indicator schaarste elektriciteit. *De Tijd*, p. 3.
- AGIV, 2001. *Bodemgebruiksbestand, opname 2001 - rasterversie*. sl:sn
- AGIV, 2001. *Landschapsatlas - Leesmij*. sl:sn
- Apere, 2015. *Observatoire Éolien*. [Online]  
Available at: <http://www.apere.org/observatoire-%C3%A9olien>  
[Geopend 20 juni 2015].
- BBEMG, 2012. *Traject van de elektriciteit*. [Online]  
Available at: <http://www.bbemg.be/files/NL/BBnetwerk.pdf>  
[Geopend 5 maart 2015].
- Belga, 2014. Ook Fransen vrezes stroomtekort door sluiting van reeks centrales. *De Standaard*, p. 28.
- Bove, L., 2014. Document Crisiscentrum schets chaos. *De Tijd*, p. 2.
- BRUGEL, 2015. *Officiële documenten*. [Online]  
Available at: <http://www.brugel.be/nl/officiële-documenten?displayAll=true>  
[Geopend 19 mei 2015].
- Compendium voor de Leefomgeving, 2015. *Energieverbruik door de land- en tuinbouw*. [Online]  
Available at: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0013-Energieverbruik-door-de-land--en-tuinbouw.html?i=6-40>  
[Geopend 27 juli 2015].
- CWaPE, 2015. *CWaPE - Panneaux solaires - SOLWATT - Statistiques*. [Online]  
Available at: <http://www.cwape.be/?dir=6.4>  
[Geopend 19 mei 2015].
- De Roo, M., 2014. Afschakelplan moet dringend worden herzien. *De Tijd*, p. 17.
- De Standaard, 2014. Dreigend stroomtekort nekt schaatspistes. *De Standaard*, p. 7.
- De Standaard, 2014. Gent wil West-Vlaamse stroom bij stroomtekort. *De Standaard*, p. 33.
- De Tijd, 2015. Scheurtjescentrales Doel 3 en Tihange 2 liggen nog maanden stil. *De Tijd*, p. 4.
- Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, 2011. *Toelichtingsnota nieuwe milieuvorwaarden voor windturbines*. sl:sn

Eandis, 2015. *Schaarsteplan*. [Online]  
Available at: <http://www.eandis.be/nl/over-eandis/het-bedrijf/energieschaarste/schaarsteplan>  
[Geopend 5 juli 2015].

Electrabel, 2012. *De spaarbekken centrale Coo-Trois-Ponts*. [Online]  
Available at:  
[https://www.electrabel.be/assets/be/corporate/documents/12018\\_Coo\\_Folder\\_NL\\_LR.pdf](https://www.electrabel.be/assets/be/corporate/documents/12018_Coo_Folder_NL_LR.pdf)  
[Geopend 6 juni 2015].

Electrabel, 2014. *Is uw bedrijf klaar voor de winter?*. [Online]  
Available at: <https://www.electrabel.be/nl/kmo/winter-2014>

Elia, 2012. *Factsheet Afschakelplan*, sl: sn

Elia, 2012. *Onthaalcapaciteit decentrale productie in Vlaanderen*. sl:sn

Elia, 2014. Afschakelplan treft regio's niet even hard. *De Tijd*, p. 6.

Elia, 2014. *Data Download*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/en/grid-data/data-download>

Elia, 2014. *OFF ON - Samen kunnen we een stroomonderbreking voorkomen*. [Online]  
Available at: <http://offon.be/>

Elia, 2014. *Stevin*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/projecten/netprojecten/stevin>

Elia, 2015. *Data download - Elia*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/grid-data/data-download>  
[Geopend 3 maart 2015].

Elia, 2015. *Evenwicht - Elia*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/producten-en-diensten/evenwicht>  
[Geopend 3 Maart 2015].

Elia, 2015. *Gegevens over de pv zonneproductie*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/grid-data/productie/Solar-power-generation-data/Graph>  
[Geopend 27 maart 2015].

Elia, 2015. *Gegevens over de windproductie*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/grid-data/productie/windproductie>  
[Geopend 20 juni 2015].

Elia, 2015. *Spelers op de elektriciteitsmarkt*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/over-elia/spelers-op-de-elektriciteitsmarkt>  
[Geopend 26 juli 2015].

Elia, 2015. *Vragen in verband met het risico op elektriciteitschaarste in België*. [Online]  
Available at: <http://www.elia.be/nl/over-elia/vragen-risico-op-elktriciteitsschaarste-belgie#32a>  
[Geopend 22 maart 2015].

EnergyVille, 2014. *Linear - The Report*. Genk, Belgium: the Linear Consortium (Eandis, EDF Luminus, EnergyVille (KU Leuven, VITO & imec), fifthplay iMinds, INFRAX, Laborelec, Miele Belgium, Proximus, Siemens, Telenet, Viessmann).

Europese Commissie, 2006. *European Technology Platform Smart Grids - Vision and Strategy for Europe's Electricity Networks of the Future*. Brussels: The Publications Office of the European Union.

Europese Commissie, 2014. *Overview of Europe 2020 Target*. [Online]  
Available at: [http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/targets\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/targets_en.pdf)  
[Geopend 16 maart 2015].

Europese Commissie, 2015. *Europa 2020 - Doelstellingen voor de economische groei in de hele EU - Europese Commissie*. [Online]  
Available at: [http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index\\_nl.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_nl.htm)  
[Geopend 16 maart 2015].

Evenepoel, K., 2014. Franse stroomnetbeheerder wil België bijspringen. *De Tijd*, p. 18.

FANC, 2013. *Finaal evaluatieverslag m.b.t. de foutindicaties in het reactordrukvat van Doel 3 en Tihange 2*. sl:sn

FANC, 2014. *Doel 3 and Tihange 2 reactors in outage earlier than planned*. [Online]  
Available at: <http://www.afcn.fgov.be/nl/news/doel-3-and-tihange-2-reactors-in-outage-earlier-than-planned/669.aspx>

Federale overheid, 2014. *Seveso*. [Online]  
Available at: <http://www.seveso.be/nl/faq>  
[Geopend 3 december 2014].

FOD economie, 2014. *Kans op elektriciteitsschaarste*. [Online]  
Available at:  
[http://economie.fgov.be/nl/elektriciteitsschaarste/kans\\_elektriciteitsschaarste/#.VEtmR\\_msUvw](http://economie.fgov.be/nl/elektriciteitsschaarste/kans_elektriciteitsschaarste/#.VEtmR_msUvw)

FOD Economie, h. C. e. E., 2014. [Online]  
Available at: <http://offon.be/nl>

Goulden, M., Bedwell, B. & Rennick-Eggle, S., 2014. Smart grids, smart users? The role of the user in demand side management. In: *Energy Research & Social Science*. Nottingham: Elsevier Ltd., pp. 21-29.

Graham, S. & Marvin, S., 2001. *Splintering urbanism: networked infrastructures, technological mobilities and the urban condition*. London: Routledge.

Hoogspanningsnet.com, 2015. *De netkaart van Nederland en België in Google Earth (versie 4.4, 20-01-2015)*. [Online]  
Available at: <http://www.hoogspanningsnet.com/google-earth/standaardnetkaart/>  
[Geopend 15 juli 2015].

Huld, T., Müller, R. & Gambardella, A., 2012. A new solar radiation database for estimating PV performance in Europa and Africa. *Solar Energy*, Volume 86, pp. 1803-1815.

- IEC, 2011. *Electrical Energy Storage*, Genève: IEC.
- IRENA, 2013. *Smart Grids and Renewables*, sl: IRENA.
- Jobert, A., Laborgne, P. & Mimler, S., 2007. Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies. *Energy Policy*, Issue 35, pp. 2751-2760.
- jod, 2015. Stad trakt stekker uit proces tegen afschakelplan. *Het Nieuwsblad*, p. 23.
- JVH, 2014. Doel 4 viel allicht stil door sabotage. *De Morgen*, p. 13.
- Koninklijk Besluit van 19 December 2002, sd *Koninklijk besluit houdende een technisch reglement voor het beheer van het transmissienet van elektriciteit en de toegang ertoe*. sl:Belgisch Staatsblad, 28 december 2002.
- Latour, B., 2004. Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern. *Critical Inquiry*, Vol. 30, No. 2. Winter, pp. 225-248.
- Linear, 2012. *EnergyVille en Infrac koppelen slimme huishoudtoestellen aan silmme elektriciteitsmeters*, sl: sn
- Loix, T., 2009. *Microgrids: verschillende structuren voor diverse toepassingen*. [Online]  
Available at: <http://priormail.analyz-it.be/Data/Gebruikers/107/Emails/1212/Attachments/BEW%20Microgrid.pdf>  
[Geopend 23 03 2015].
- M.B., 2005. van 3 juni 2005 afschakelplan transmissienet elektriciteit. *Belgisch Staatsblad*, 3 juni.
- Mwasilu, F. et al., 2014. Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 34, pp. 501-516.
- Panorama: Watt een kluwen*. 2011. [Film] Regisseur: Mark Devisscher. sl: sn
- Phuangpornpitaka, N. & Tia, S., 2013. *Opportunities and Challenges of Integrating Renewable*. Bangkok, Energy Procedia.
- PVGIS, European Union, 2001-2012. *JRC's Institute for Energy and Transport - PVGIS - European Commission*. [Online]  
Available at: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>  
[Geopend 24 juli 2015].
- Regionaal Zakenmagazine, 2009. *Antwerpen Manager*, maart.
- Ruimte Vlaanderen, 2015. *Zonnepanelen en schotels - Ruimtelijke Ordening*. [Online]  
Available at:  
<http://www.ruimtelijkeordering.be/NL/Beleid/Vergunning/Werkenaanenrondde woning/Zonnepanel enenschotels>  
[Geopend 20 mei 2015].

- Shabanzadeh, M. & Moghaddam, M. P., 2013. *What is the Smart Grid: Definitions, Perspectives, and Ultimate Goals*. Teheran, Iran, Electrical Engineering Department Tarbiat Modares University (TMU).
- Stoeglehner, G., Niemetz, N. & Kettl, K.-H., 2011. Spatial dimensions of sustainable energy systems: new visions for integrated spatial and energy planning. *Energy, Sustainability and Society*.
- Šúri, M., Huld, T., Dunlop, E. & Ossenbrink, H., 2007. Potential of solar electricity generation in the European Union member states and candidate countries. *Solar Energy*, 81(<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>), pp. 1295-1305.
- Tanghe, N., 2015. Tesla gaat voor groene elektriciteitsrevolutie. *De Standaard*, p. 2.
- Team Vlaams Bouwmeester, 2015. *Energielandschap Vlaanderen*. sl:Vlaamse overheid.
- Temmerman, J. & Lecluyse, W., 2014. Stroomonderbrekingen zullen in vooravond plaatsvinden. *De Standaard*.
- Tesla, 2015. *Powerwall - Tesla Home Battery*. [Online]  
Available at: <http://www.teslamotors.com/powerwall>  
[Geopend 21 mei 2015].
- Trends Top, 2015. *Rangschikking Trendstop - Toegevoegde waarde - Bornem*. [Online]  
Available at: <http://trendstop.knack.be/nl/figure/r070.aspx?po=2880%20-%20BORNEM>  
[Geopend 7 juli 2015].
- Trends Top, 2015. *Rangschikking Trendstop - Toegevoegde waarde - Puurs*. [Online]  
Available at: <http://trendstop.knack.be/nl/figure/ra25.aspx?po=puurs>  
[Geopend 7 juni 2015].
- UCTE, 2007. *Final Report - System Disturbance on 4 November 2006*, Belgium: UCTE.
- Van Horenbeek, J., 2015. 'België is slecht voorbereid op kernramp'. *De Morgen*, p. 3.
- Verbraeken, P., 2006. Stroompanne zorgt voor naschokken. *Gazet Van Antwerpen*, p. 14.
- VITO; Federaal planbureau, ICEDD, 2013. *Towards 100% renewable energy in Belgium by 2050*. 2nd red. sl:sn
- VITO, 2014. *Energiebalans Vlaanderen*, sl: Vlaamse Overheid.
- VREG, 2014. *Verbruiksprofielen Elektriciteit*. [Online]  
Available at: <http://www.vreg.be/nl/verbruiksprofielen-elektriciteit> [Geopend 27 juli 2015].
- VREG, 2015. *Groene stroom - VREG*. [Online]  
Available at:  
[http://www.vreg.be/sites/default/files/statistieken/zonnepanelen/aantal\\_en\\_vermogen\\_-\\_update\\_april15.pdf](http://www.vreg.be/sites/default/files/statistieken/zonnepanelen/aantal_en_vermogen_-_update_april15.pdf)  
[Geopend 19 Mei 2015].
- VUB, 2001. *Windplan voor Vlaanderen*. sl:Organistatie voor duurzame energie Vlaanderen.
- Winckelmans, W., 2015. Dom onder verlenging Doel 1. *De Standaard*, p. 1.