LABO RUIMTE

Team Vlaams Bouwmeester
Ruimte Vlaanderen

# Energielandschap Vlaanderen

Vlaamse overheid

# Energielandschap Vlaanderen

LABO RUIMTE posad SPATIAL STRATEGIES UNIVERSITEIT GENT RESOURCE DESIGN 3E Vlaamse overheid

**Colofon**

**Energielandschap Vlaanderen**
definitieve versie eindrapport
29 januari 2015


Posad: Emile Revier, Boris Hocks, Han Dijk, Sarah van Apeldoorn, Erjen Prins, Martijn Hollestelle, Bieke Van Hees, Suhaib Bhatti

3E: Marianne Lefever, Jasmin Janssens

Ugent: Veerle van Eetvelde, Stephanie Verplaetse

Resourcedesign: Björn Verhofstede



Dit rapport is gemaakt in het kader van de onderzoeksopdracht van het Team Vlaams Bouwmeester, de Vlaamse Landmaatschappij, Ruimte Vlaanderen en VITO, uitgevoerd in 2013 en 2014.



Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.


STUURGROEP / PROJECTGROEP

VLAAMSE LANDMAATSCHAPPIJ
Bert Barla, Stan Forier

VITO
Guy Engelen, Ben Laenen, Erwin Cornelis

RUIMTE VLAANDEREN
Jean-Marie Coenen, Kathy Van Gampelaere

TEAM VLAAMS BOUWMEESTER
Peter Swinnen, Julie Mabilde, Bart Steenwegen

VEA VLAAMS ENERGIE AGENTSCHAP
Bart Hedebouw

EXTERN
Sven Stremke (Universiteit Wageningen)
Andy Van Den Dobbelsteen (Technische Universiteit Delft)

# Inhoud


4 Voorwoord
6 Preambule (EN)
9 Leeswijzer
10 Samenvatting
15 **1 Inleiding tot energielandschappen**
1.1 Waarom is er nood aan een energietransitie
1.2 Noodzaak van een shift naar hernieuwbare energiebronnen
1.2.1 Anno 2014 – de huidige energiebalans van Vlaanderen
1.2.2 Naar 2050 – 100% hernieuwbare energie
1.2.3 Het belang van geschakelde netwerken en buffercapaciteit
1.3 Een uitgebreide stappenstrategie
1.4 Energie en exergie, een verschillend perspectief
1.5 Definitie Duurzaam Vlaams Energielandschap
31 **2 Landschappen**
2.1 Het begrip landschap
2.2 Naar een landschapstypologie van Vlaanderen
2.2.1 Welke parameters bepalen de Vlaamse energie-landschappen?
2.2.2 De parameters gecombineerd
2.2.3 Vertaling in functie van energie-landschappen
2.3 Naar energielandschapskaarten van Vlaanderen
2.4 Conclusie landschappen
45 **3 Energie**
3.1 Hernieuwbare energiesystemen
3.2 Infofiches per bron en per distributiemethode
3.3 Potentiekaarten voor Vlaanderen per energiebron
3.4 Windenergie
3.5 Zonne-energie
3.6 Energie uit energiegewassen
3.7 Energie uit diepe geothermie
3.8 Totale potentiekaart met alle hernieuwbare bronnen
3.9 Deelconclusies energie
69 **4 Methodiek en ontwerpend onderzoek**
4.1 Twee Cases
4.2 Methodiek
4.3 Case Roeselare
4.3.1 Business as usual
4.3.2 Energie als drijfveer
4.3.3 Synergie
4.4 Case Albertkanaal
4.4.1 Business as usual
4.4.2 Energie als drijfveer
4.4.3 Synergie
4.5 Deelconclusies cases
113 **5 Vademecum**
5.1 Vademecum conclusie
137 **Conclusies**
140 Bibliografie
143 Afkortingen
147 Appendices

# Voorwoord

LABO RUIMTE is een open samenwerkingsverband tussen het Team Vlaams Bouwmeester en Ruimte Vlaanderen, een 'vrije onderzoeksruimte' waarbinnen beleidsthema's met een ruimtelijke impact via ontwerpend onderzoek worden verkend. Afhankelijk van de te onderzoeken maatschappelijke uitdaging, wordt de samenwerking strategisch uitgebreid met geëngageerde administraties, experts, relevante organisaties en actoren uit het veld. Die coalitie van (overheids)partners engageert zich om, in het kader van het gezamenlijke onderzoek, de eigen werking, sector en belangen even buiten beschouwing te laten en mee na te denken over sectoroverschrijdende vraagstukken zoals klimaat, energie, open ruimte, een veranderende economie, etc. Het zijn vraagstukken die alle samenkomen in dezelfde, beperkt beschikbare ruimte in Vlaanderen en waarrond we dus noodgedwongen zullen moeten samenwerken.

De studies binnen LABO RUIMTE hebben niet de ambitie om afgewerkte plannen, beleidskeuzes of academische werkstukken naar voor te schuiven, waarin probleem of oorzaak, gevolg en oplossing elkaar logisch opvolgen. De ambitie van LABO RUIMTE ligt eerder in het durven in vraag stellen van de opgave zelf, door die opgave via ontwerp en vanuit verschillende invalshoeken te bekijken. Door ontwerpend te onderzoeken, verkennen we mogelijke alternatieven en proberen we gaandeweg vat te krijgen op de complexiteit van het thema.

De studie 'Energielandschappen' werd uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij, VITO – Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, het Vlaams Energieagentschap, het Team Vlaams Bouwmeester en Ruimte Vlaanderen.

Twee mogelijke 'ruimtelijke' benaderingen van het begrip 'energielandschappen' zijn denkbaar. In een eerste benadering wordt geprobeerd het energielandschap duidelijk te definiëren of af te bakenen als een op zich staande entiteit waarvoor ruimte wordt aangesneden. In een tweede benadering worden energiesystemen geïntegreerd in het bebouwde landschap en verweven met andere functies. Gezien de beperkte beschikbaarheid van ruimte als grondstof, spreekt het voor zich dat we naar geïntegreerde oplossingen moeten streven.

Een van de kernboodschappen uit het onderzoek 'Energielandschappen' is dat we de loutere 'toepassing van energie op het landschap' zullen moeten overstijgen, dat we af moeten van het idee van afbakenen: energie mag niet een zoveelste bestemming of ruimteclaim worden naast de andere. Uit een eerste snelle kwantitatieve analyse bleek immers dat het realiseren van 100% hernieuwbare energie, met de huidige technologie en op basis van de huidige vraag in Vlaanderen, een enorm ruimtelijk beslag zou leggen op dat landschap. De conclusie die we hieruit kunnen trekken is dubbel: enerzijds is er nood aan verder studiewerk en nieuwe strategieën voor een reductie aan de vraagzijde, anderzijds zullen we in het energie-aanbod op zoek moeten naar oplossingen die uitgaan van een gedeeld ruimtegebruik en gekoppelde belangen.

In een eerste oefening hebben de ontwerpers (een consortium van Posad, Universiteit Gent, Resource Design en 3E) geprobeerd de mogelijkheden voor hernieuwbare energie in kaart te brengen door per landschap na te gaan welke hernieuwbare bronnen er welk potentieel hebben. Vlaanderen wordt daarbij opgedeeld in een grid van 1 km², waarbij voor elke cel in het raster het aandeel van zeven gedefinieerde landschapstypes wordt bepaald. De potentie van een bepaalde hernieuwbare energiebron is verschillend per regio in Vlaanderen (zo is er bijvoorbeeld meer wind aan zee), en verschilt ook naargelang van het landschapstype (zo is de inplanting van windmolens minder evident in bebouwd landschap). De combinatie van het potentieel van de energiebron en het potentieel van het landschap leidt tot een 'potentiekaart' die de maximale opbrengst per km² weergeeft. Omdat er ook wettelijke of andere restricties zijn (bv. geen windturbines in natuurgebied, geen geothermiecentrales in waterwingebieden) wordt die potentiekaart gecombineerd met een restrictiekaart om tot de uiteindelijke energielandschapskaart te komen.

De energielandschapskaart toont rudimentair welke gebieden geschikt zijn voor de plaatsing van windturbines, zonnepanelen of biomassa. Maar het blijkt duidelijk dat de kaart slechts een benadering is van de werkelijke potentie. Het onderzoek gaat er bijvoorbeeld van uit dat een landbouwlandschap geschikt is om windturbines te plaatsen, maar in realiteit zorgt de nabijheid van woningen, die ook in het landbouwlandschap aanwezig zijn, voor tal van restricties.

De kaarten kunnen dan ook niet zomaar toegepast worden als potentiekaarten. Het is belangrijk om in te zoomen op een lager schaalniveau om de reële en technische randvoorwaarden en verwevenheid met ander ruimtegebruik na te gaan. In een tweede oefening hebben de ontwerpers zich hierop toegespitst aan de hand van twee cases: Roeselare en het Albertkanaal. In de uitwerking van de cases wordt meer realisme aan de dag gelegd, maar toch mogen ze niet worden geïnterpreteerd als een gewenst scenario of een na te streven beeld. Ze geven echter wel duidelijk het belang weer van een kleinschaliger benadering van energielandschappen, waarbij maatwerk en een gebiedsgerichte werking cruciaal zijn. De cases geven aan wat het sturend karakter van een energielandschap zou kunnen zijn, hoe een energielandschap kan ingezet worden om andere ruimtelijke waarden, zoals kernversterking en het vrijwaren van de open ruimte, na te streven.

Deze studie is met andere woorden een eerste oefening, die de impact van het energievraagstuk op het landschap, op onze ruimtelijke ontwikkeling, duidelijk aantoont. De extreme scenario's illustreren bijvoorbeeld in beide cases de onwenselijkheid van bepaalde landschappelijke evoluties en de nood aan maatregelen die ook het energieverbruik drastisch verminderen, een aspect dat in het kader van deze studie niet aan bod kwam. Er zijn belangen af te wegen en keuzes te maken. Principes van collectiviteit – dichter, collectiever en compacter bouwen, collectief vervoer, het koppelen van verschillende functies – kunnen een leidraad zijn om aan de slag te gaan op concrete plekken. Dat is dan ook de opzet van dit rapport: een aantal eerste inzichten aanreiken om noodzakelijke verdere (ontwerpende) oefeningen, op het terrein én in overleg met alle stakeholders, te voeden.

De opdrachtgevers van Energielandschappen:

het Team Vlaams Bouwmeester, Ruimte Vlaanderen, de Vlaamse Landmaatschappij, VITO – Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, het Vlaams Energieagentschap.

# Preambule

*Andy van den Dobbelsteen and Sven Stremke*

Well-recognized institutions such as the United Nations, the World Wildlife Foundation and Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) have studied the present-day "fossil fuel economy". They point to (partly irreversible) effects such as climate change, loss of biodiversity, environmental pollution, social inequity, and unhealthy living conditions. These effects, combined with growing concerns about energy security, drive the transition to renewable energy across Europe This also strongly applies to the region of Flanders.

In Flanders energy transition is not only motivated by external forces, it also offers opportunities to empower local communities, enforce regional economies and make use of infrastructures and spaces that are no longer used in its post-industrial landscapes.

Environmental designers have indeed addressed energy also in the past. Historically, inquiry was however somewhat limited to energy conservation by means of building design (in architecture) and the selection of plant material and site planning (in landscape architecture). Recently, renewable energy assimilation has become a scope to ever more designers. The location and design of wind parks and other energy technologies have turned into an important area of activity both in design practice and academia. More recently, the need for 'energy-conscious' (re)organisation of the built environment at a larger scale has been emphasised by various scholars (e.g. Thayer, 2008; Thün and Velikov, 2009; Stremke, 2010).

This study of the energy landscape of Flanders is yet another example of the growing consensus on the need to rethink the spatial organization and design of both the urban and rural landscape within the context of the desired energy transition. Here, the exploration was done employing research, design and research by design. Intermediate and final results have been validated through meetings with Flemish key players and a steering committee of experts.

Whereas all designers, in one way or another, engage in creative exploration in the process of designing, there is a clear difference between design that is simply design and design that serves as research. If designers address both a particular design and a larger set of questions, they are, according to Laurel, conducting research (Laurel, 2003). This is an important notion because this report presents research findings rather than merely a set of alternative, future energy landscapes. In the environmental design domain, commonly three types of research are distinguished (based on Frayling, 1993):

(a) Research for design: Research into relevant knowledge from other, related disciplines that can inform environmental planning and design.
(b) Research of design: Research aiming to improve environmental design theory and methods such as planning and design processes.
(c) Research through design: The analysis of complex spatial strategies by, for example, producing, applying and evaluating scenarios.

In this project, two types of design research have been practiced: Research for design, and research through design. First, research was conducted to inform the design process, which in itself generated new knowledge by means of e.g. scenario studies. Whereas research for design has been conducted for many decades within the environmental design domain, research through design has emerged only in the last decade or two. In spite of the challenges and obstacles that come along with this (and any other) new research strategy, research through design, is gaining more acceptance in the sciences and, in particular, in the environmental design domain. How else can we link scientific knowledge with creative inquiry into alternative and more sustainable futures?

The authors of this report too employed research through design in order to contribute solving one of the great challenges of the 21st century: the transition to a sustainable energy system. Energy transition not only presents a great challenge but also has been characterised as a 'wicked problem'. There exists no explicit basis for the termination of problem-solving activities and every time a solution is proposed it can be developed further. In addition, wicked problems have a number of inherent uncertainties such as future economic development and rate of technical innovation that complicate the proposition of THE solution. That is why the exploration of a number of alternative futures (this report) can reveal possible transition pathways, conditions and effects. The report therefore constitutes a milestone both for the subject of energy transition in Flanders and for the research through design discourse, pursuit in a multidisciplinary and international setting. While designers and public commissioners such as the Vlaams Bouwmeester continue employing research through design in their daily practice, academics such as Lenzholzer et al. (2013) and Klaasen (2007) continue to work on the theoretical foundation, conceptual frameworks and quality criteria that can assist to advance this exiting research strategy which rightfully receives more and more attention.

It is of great significance that a large European region as Flanders has taken up the challenge to investigate the opportunities and current limitations of the transition to energy neutrality. It is not an easy task in a world predominantly run by fossil fuels and spatially organised based on this energy system. Moreover, current preconceptions about spatial impossibilities limit the possibilities to establish a region running on renewables. Because if we do not use the highly exergetic fossil resources from the underground anymore, but a limited amount of geothermal heat, we will have to find a lot of space above ground to accommodate the lower-density sources based on sun, wind, water and biomass. Therefore the development towards an energy-neutral society is a spatial challenge, which is why this study has such a great value for the future.

No future sustainable energy system can be exclusively laid out in numbers and figures; the real implications become visible only by spatial studies that explore the allocation of renewable resources or their conversion technology. In this sense, Vlaams Bouwmeester, VITO, Ruimte Vlaanderen and VLM have taken the right decision to commission such a study, and Posad, UGent, Resourcedesign and 3E have executed it well by repetitively switching between research for design and research through design, delivering an extensive and insightful report with clear graphic analyses, which provides a good starting-point for the transition of Flanders to energy neutrality.

Many thresholds still need to be overcome, among which political, legal, legislation and spatial barriers. The sustainable region of the future will look totally different, that is inevitable, but it will take decades for people to accept this and for policy-makers to establish it. The earlier the start, the merrier. Peculiarly enough the thresholds are not technical in character. Already at present we have the technology that can make a society energy-neutral; it just has to be combined in an innovative way, of which examples are given in this study. For the actual realisation it just takes the barriers mentioned need to be dealt with before the technology can be applied and spatially positioned.

It has been a great experience to be involved in the Steering Committee of this Flanders energy landscape study. We hope the results will help to accelerate the so badly needed transition to sustainability.

# Leeswijzer

Dit rapport is tot stand gekomen in kader van een onderzoek naar de energietransitie in Vlaanderen. De Vlaamse Landmaatschappij (VLM), de Vlaamse instelling voor technologisch onderzoek (Vito), het Team Vlaams Bouwmeester en Ruimte Vlaanderen hebben de volgende onderzoeksopgave gesteld:

*"De doelstelling van de studieopdracht is om via Kritische Analyse en Ontwerpend Onderzoek te komen tot inspirerende ruimtelijke concepten, ontwerpstrategieën en inrichtingsprincipes die op een duurzame en innovatieve wijze technologieën voor hernieuwbare energie integreren binnen ruimtelijke opgaven op verschillende schaalniveaus. Tevens wordt gekomen tot relevante aanbevelingen over hoe deze ruimtelijke concepten, ontwerpstrategieën en inrichtingsprincipes gevaloriseerd kunnen worden binnen onderzoek, praktijk en beleidsvoorbereiding."*

In het uitgevoerde onderzoek is getracht via een systematische opbouw van analyse naar de landschappelijke en energetische elementen van het energielandschap en ontwerpend onderzoek op twee specifieke locaties aan de bovenstaande doelstelling te beantwoorden.

Het eerste deel van deze rapportage verkent het kader van de opgave door een beschouwing van de gekende inzichten op het gebied van energielandschappen en het formuleren van een definitie van het Duurzaam Vlaams Energielandschap.
Middels een analyse is het Vlaamse Landschap getypeerd. De systematiek achter deze typering en de bijbehorende uitkomsten zijn in deel 2 Landschappen verwoord en verbeeld.
Tegelijkertijd is een uitgebreide documentatie gemaakt met relevante informatie over energiesystemen die een belangrijke rol kunnen spelen in de aankomende energietransitie, uiteengezet in deel 3 Energie. De uitgebreide uiteenzetting hiervan in infofiches is terug te vinden in de Appendices.

In deel 4 zijn de methodiek en resultaten van het ontwerpend onderzoek weergegeven. De ruimtelijke inpassing van de hernieuwbare energiesystemen is in verschillende strategieën beschouwd voor de testsites Roeselare en het Koning Albertkanaal. Doel van dit ontwerpend onderzoek is niet om de beste oplossing te geven voor de energietransitie met het hoogste rendement, maar om te laten zien welke mogelijkheden er zijn en tot wat voor een beeld van het landschap dit kan leiden. Ook laat het zien dat de energieopgave aanleiding kan zijn om ook andere ruimtelijke vraagstukken op te lossen. Aanvullende inzichten van het ontwerpend onderzoek zijn gebundeld in deel 5 Vademecum.

# Samenvatting

Vlaanderen staat voor de opdracht van de Europese Commissie om een reductie van 80 à 95% in de broeikasgasemissie te bereiken. Om dit mogelijk te maken is een reductie van de energieconsumptie en een transitie in het energiesysteem van fossiele naar hernieuwbare energiebronnen een voorwaarde. Deze internationale doelstelling komt de stabiliteit, weerbaarheid en economische toekomst van Europa ten goede.

De toenemende vraag naar energie, de geopolitieke afhankelijkheid en de eindigheid van fossiele brandstoffen en de milieu impact ervan die doorwerkt naar een onomkeerbare verandering van het klimaat, vormen samen een complex vraagstuk. Het dwingt een dichtbevolkte regio als Vlaanderen, met een grote energiehonger, een visie, een strategie en een stappenplan te ontwikkelen om op termijn een omslag naar een koolstofarme economie en samenleving te maken. De energietransitie van fossiel naar hernieuwbaar vormt hier een essentieel onderdeel van. Dit onderzoek gaat net over de impact en de opportuniteiten van deze energietransitie binnen de Vlaamse ruimtelijke context.

**Welke ruimte heeft Vlaanderen ter beschikking voor het opwekken van hernieuwbare energie?**
De energietransitie van fossiel naar hernieuwbaar is een opgave die op tal van vlakken een effect heeft op de samenleving en waar een sterke ruimtelijke component aan verbonden is. Laat nu net die ruimte door de diffuse morfologie van het landschap in Vlaanderen een schaars goed zijn. De nieuwe (derde) generatie duurzame energiebronnen zoekt opnieuw aansluiting bij de natuurlijke potenties van het lokale landschap en vraagt daardoor een heel andere benadering dan de centrale grootschalige opwekkingsstrategie van fossiele brandstoffen. Naast de inpassing van installaties voor energieopwekking, vraagt de transitie ook om de inpassing van de bijbehorende distributie- en buffersystemen. Daarbij brengen hernieuwbare bronnen specifieke uitdagingen met zich mee zoals ongelijktijdigheid in aanbod, de vereiste nabijheid van vraag en aanbod voor warmtevoorziening en decentrale opwekking. Dit maakt het inpassingsvraagstuk vele malen complexer dan voor het energiesysteem gebaseerd op fossiele brandstoffen omdat hernieuwbare energieopwekking doorheen het volledige Vlaamse landschap ingepast zal moeten worden en het dus niet meer over een aantal grootschalige sites zal gaan. De energietransitie is derhalve niet enkel een kwestie van technische applicatie, maar vereist ingrijpende aanpassingen in de aanwezige ruimtelijke structuren.

**Het energielandschap: energie + landschap**
Het energiesysteem kent doorheen de geschiedenis verschillende verschijningsvormen in de ruimtelijke context van het landschap. Elementen hiervan worden vandaag de dag zelfs als kenmerkend gezien voor het Vlaamse cultuurlandschap. Gedurende de twintigste eeuw heeft het energiesysteem zich verder ontwikkeld tot een netwerk met centrale productie - naast grote import - op een relatief beperkt aantal locaties in combinatie met een uitgebreid distributienetwerk. Omdat het maar een beperkt aantal productielocaties betreft die meestal gelegen zijn in industriegebieden, is de aanwezigheid van productie in het energiesysteem nauwelijks zichtbaar op het platteland of in suburbane en urbane gebieden. Er zijn bijgevolg maar een beperkt aantal betrokkenen, waar bij het hernieuwbare energiesysteem de volledige bevolking betrokken zal zijn.

Gebruikers kunnen in dit systeem ook leverancier worden, specifieke landschappelijke kenmerken kunnen worden ingezet voor buffering en de ruimtelijke opbouw en ontwikkeling van een gebied kan worden afgestemd op een optimalisatie in distributie en uitwisseling. Kortom, hernieuwbare energieproductie biedt de mogelijkheid tot interactie met het omliggende landschap en haar sociaal-economische invulling. Daarom is het van belang om een goed inzicht te krijgen welk type energiebron op welke plek het beste zal renderen om vervolgens na te kunnen gaan welke winsten er bij een goede inpassing in samenhang met de aanwezige ruimtelijke context te realiseren zijn. Deze winsten liggen niet enkel in energieopwekking, maar kunnen ook juist betrekking hebben op lokale opgaven die niet direct aan energie gelieerd zijn zoals bv. ruilverkaveling, urban sprawl, etc. In dit onderzoek zijn verschillende mogelijkheden verkend hoe bijvoorbeeld de wateropgave, economische aspecten of ecologische uitdagingen meegenomen kunnen worden om de energietransitie vorm te geven. Door deze koppeling aan regionale opgaven en doelstellingen wordt ook inzichtelijk wat de mogelijkheden zijn voor een collectieve benadering van de opgave. Wanneer er sprake is van een situatie waarin de context in al zijn facetten deze synergie met het hernieuwbare energiesysteem tracht te bereiken, menen wij dit te kunnen duiden als de typologie van het duurzame energielandschap.

**Een duurzaam energielandschap is niet louter een bijkomende laag die toegevoegd wordt aan het ruimtegebruik. Het kan ook niet langer een puntsgewijze invulling van de restruimte blijven. Het duurzaam energielandschap zal pas kunnen doorgroeien tot een volwaardig productiealternatief als er gewerkt wordt aan die slimme wisselwerking tussen energieproductie en landschap op energetisch, economisch, ecologisch, ruimtelijk, sociaal en maatschappelijk vlak.**

**De aanwezige potentie van het landschap**

Om te komen tot een dergelijk integraal ingebed energiesysteem is het noodzakelijk om de potentie van het landschap voor de inpassing van hernieuwbare energie te kunnen duiden. Hierbij speelt de gelaagdheid van het landschap een belangrijke rol. De geografische onderlaag is sterk van invloed op de mogelijke inpassing van bepaalde bronnen, zoals aardwarmte, maar bepaalt bijvoorbeeld ook de mate waarin de grond inzetbaar is voor intensieve voedselproductie. De geografische ligging bepaalt ook deels in hoeverre inpassing van een techniek rendeert; waar waait het hard en waar zijn de meeste zonne-uren? Specifiek landschappelijke inrichtingen zijn ook sterk van invloed op de mogelijkheid tot inpassing van hernieuwbare energie. Zo is het plaatsen van windturbines in dicht urbaan gebied niet mogelijk, maar kunnen pv-panelen juist zeer efficiënt worden ingepast op het aanwezige dakvlak.

Maar er speelt meer; de ruimtelijke inrichting is ook sterk van invloed op het rendement van het energiesysteem als geheel. Warmtenetten vereisen bijvoorbeeld een zekere dichtheid van afname om de distributie van de hernieuwbare energie te laten renderen. Daarbij heeft het hernieuwbare energiesysteem als geheel nood aan buffering om de sterk fluctuerende vraag en aanbod op elkaar af te kunnen stemmen. Doordat de buffers en distributienetwerken voor de verschillende bronnen andere randvoorwaarden inhouden, kan het hernieuwbare energiesysteem in zeer diverse verschijningsvormen voorkomen. Hierbij is o.a. de schaal waarop de techniek wordt ingepast een zeer bepalende factor.

Omdat het een inpassingsvraagstuk betreft, is het juist van belang de specifieke kenmerken en potenties van een gebied te kunnen herkennen. Een belangrijke afweging is hierbij in hoeverre men bereid is de aanwezige ruimtelijke structuren aan te passen aan het hernieuwbare energiesysteem. Deze afweging is in dit onderzoek meegenomen door voor twee testlocaties te onderzoeken wat de impact zou kunnen zijn bij verschillende gradaties van inpassing. Hierbij zijn volgende drie strategieën onderzocht: Business as usual, Synergie en Energie als drijfveer. Alle drie nemen ze de energetische potentie en de ruimtelijke condities van de locatie in acht maar de verhouding varieert van een minimale ruimtelijke impact tot een overheersende ruimtelijke verandering onder invloed van het energiesysteem. De "business as usual" en "Energie als drijfveer" strategieën geven inzicht in mogelijke winsten en de bijbehorende noodzakelijke ingrepen al redeneren ze zeer sterk vanuit de bestaande ruimtelijke configuratie ten opzichte van het energiesysteem als twee conflicterende eenheden. Juist wanneer we bij het "Synergie"-scenario het landschap ook beschouwen vanuit lagen als ecologie, economie, sociaal-maatschappelijke dynamiek en wateropgaven worden onderliggende structuren zichtbaar. In deze lagen zijn vaak zeer waardevolle aanleidingen te vinden die koppelingen mogelijk kunnen maken in de energietransitie. Zo komen mogelijkheden aan het licht voor het slimmer afstemmen van functies op elkaar, op de ruimtelijke schakeling tussen functies, het benutten van aanwezige capaciteit voor buffering en het inzetten van stromen in goederen, afvalstromen en restwarmte.

Een mooi voorbeeld van deze synergie is het cascade-principe voor warmtelevering. De theoretische achtergrond van dit principe is gebaseerd op het zo efficiënt mogelijk benutten van de beschikbare energie door de warmtebehoefte van verschillende typen gebruikers aan elkaar te koppelen om zo de beschikbare warmte maximaal te benutten. Een dergelijke cascade heeft een sterk ruimtelijk effect. Functies die hoogwaardige warmte gebruiken, zoals zware industrie krijgen hierdoor een sterkere relatie met omliggende, andere functies als zorg, wonen en glastuinbouw omdat ze voor hun beider energieopgave ruimtelijk gelinkt moeten zijn. Door functies ruimtelijk te positioneren naar warmtevraag, ontstaat er een nieuwe planningsparameter. De relatieve nabijheid van industrie bij zachtere functies en zelfs bij woongebied vormt op deze manier een opportuniteit in plaats van slechts een last. Voor een gebied als het Albertkanaal biedt dit de mogelijkheid om tot efficiënte benutting van aardwarmte te komen door de inpassing van warmtenetten en warmtevragende functies in cascade rond een bronput. Koppelingen naar distributie- buffertechnieken op grotere schaal welke gebruikmaken van aanwezige infrastructuur van leidingen en transportwegen maken de industriële zones tot kansrijke gebieden. De energietransitie kan aanleiding geven tot het ontwikkelen van nieuwe functies die kunnen profiteren van de aanwezige energie. Deze ontwikkelingen kunnen ingezet worden bij het oplossen van aanwezige opgaven voor ecologie en waterproblematiek. De energietransitie kan zo een sturend instrument vormen in het duurzamer inrichten van het landschap.

Inzicht in de onderliggende stromen welke bepalend zijn voor de economische en sociaal-maatschappelijke opbouw van een gebied kan ook specifieke kansen aantonen voor de inpassing van hernieuwbare energie. In gebieden waar de gronddruk hoog is en beschikbare ruimte voor inpassing derhalve schaars, is efficiënter grondgebruik een sterk argument voor ruimtelijke aanpassing.

Door het onderliggend systeem inzichtelijk te maken wordt duidelijk waar er winsten liggen in uitwisseling tussen functies en waar het hernieuwbare energiesysteem ingehaakt kan worden. In een gebied als Roeselare en omgeving zijn er een aantal sterk bepalende actoren in het landschap te herkennen. De aanwezige diepvriesgroentesector vormt hierbinnen een interessante schakel voor de energietransitie. De reststromen van deze landelijk gelegen fabrieken zijn in te zetten als biomassa en restwarmte. Hierdoor kunnen koppelingen worden gelegd met de aanwezige glastuinbouw, de afvalverwerking en het aanwezige warmtenet. Wanneer ook bestaande en nieuw te realiseren woningbouwprojecten worden meegenomen, gaat ook de stroom van afvalwater meespelen in het systeem. De efficiëntie in grondgebruik kan door ruilverkaveling verbeterd worden. Een proces dat in Roeselare in de landbouwsector reeds gaande is en waar hernieuwbare energieopwekking een bijkomende drijfveer kan zijn. Door de herverkaveling ook in te richten op een effectieve inpassing van windturbines is het mogelijk om plaatselijk een productielandschap te creëren dat naast intensieve landbouw ook energie levert. De grote koelhuizen kunnen daarbij ingezet worden als systeemregeling voor elektriciteit door dieper te koelen wanneer er een overproductie is en juist niet af te nemen bij tekorten. Dit landschap kan ook ingericht worden op een verbeterd waterbeheer met meer ruimte voor waterberging, zodat de pieken in waterverbruik van de landbouw beter kunnen worden opgevangen en tegelijk het overstromingsrisico verkleind wordt en de waterrijke gebieden kunnen een meerwaarde bieden voor ecologie en recreatie.

Het onderzoek naar de mogelijke potentie voor inpassing van hernieuwbare energieproductie in het Vlaamse landschap heeft op het vlak van data-analyse, technische principes, onderzoeksmethodiek en meekoppelkansen inzicht gegeven in de complexiteit van de opgave. Deze inzichten en de opzet van het onderzoek zijn in het voorliggende rapport nader beschreven. Uit het onderzoek zijn een aantal leidende principes voor de realisatie van duurzame Vlaamse energielandschappen naar voren gekomen die beknopte uitgangspunten vormen voor een integraal ingepaste energietransitie in Vlaanderen :

**Nieuwe technieken voor hernieuwbare energie kunnen werken als structurerend principe voor ruimtelijke configuratie.**

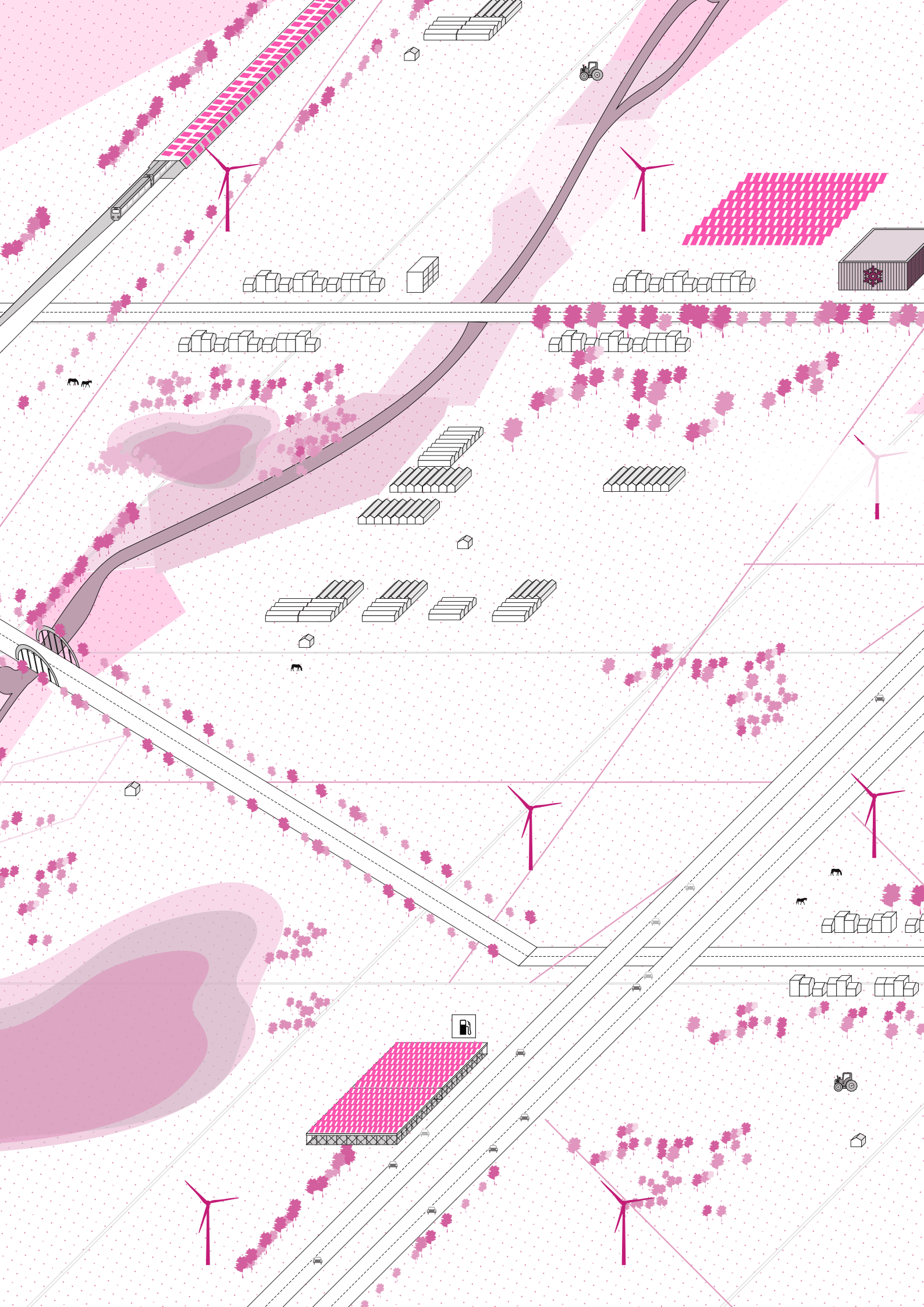
**Specifieke lokale kenmerken kunnen essentiële schakels vormen in het energiesysteem.**

**Lokale en regionale elementen en opgaven kunnen als kansen worden meegenomen in de ontwikkeling van het hernieuwbare energiesysteem.**

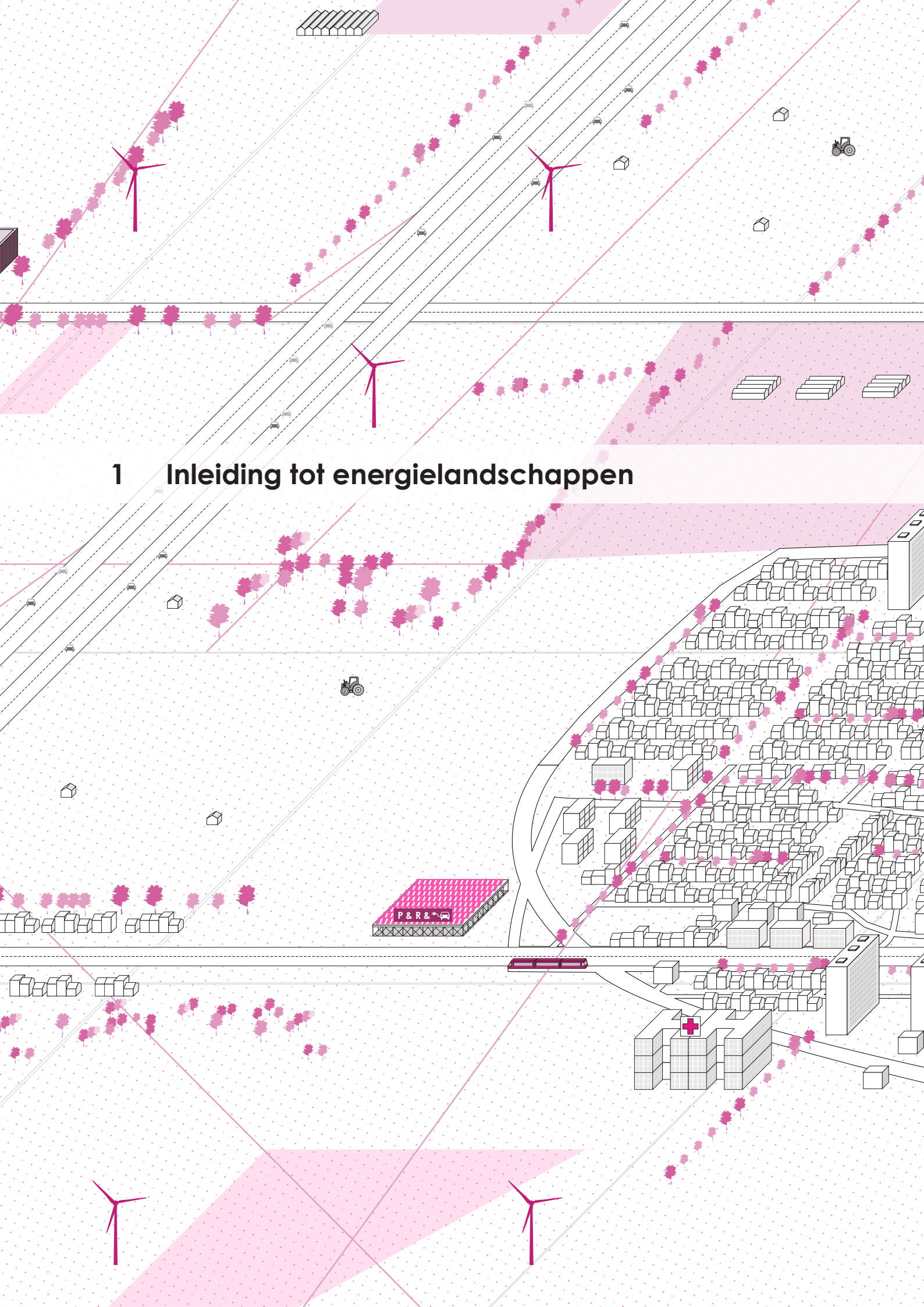
**Een substantieel aandeel aan hernieuwbare energie kan in het Vlaamse landschap worden ingepast, maar dit vraagt wel grote ruimtelijke aanpassingen.**

**Hernieuwbare energieopwekking kan in Vlaanderen een startpunt bieden voor een aantal prangende ruimtelijke opgaven in de landbouw, industrie en het woongebied.**

**Er is nood aan verder onderzoek naar de mogelijke inpassingen van hernieuwbare energie waarbij specifiek de kansen voor het beperken van verbruik en mogelijkheden voor het benutten van buffercapaciteit verder worden uitgediept.**



# 1 Inleiding tot energielandschappen



# 1 Inleiding tot energielandschappen

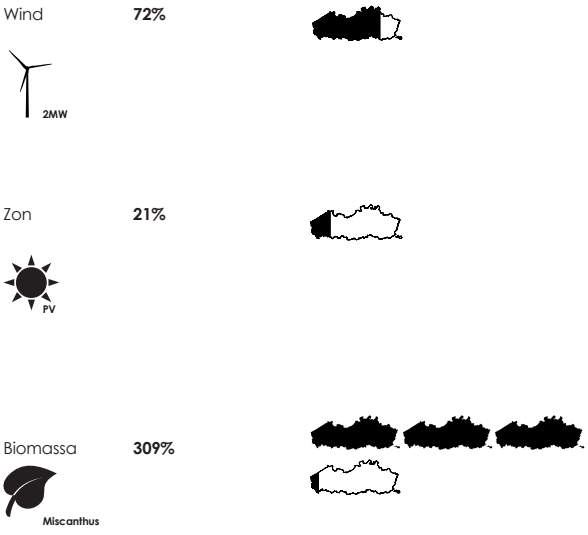
## 1.1 Waarom is er nood aan een energietransitie?

"*Gegeven de grondstofafhankelijkheid, klimaatverandering, globalisering, demografische ontwikkelingen (vb. migratiestromen), technologische evoluties, etc. is het aangewezen grondig na te denken over meer duurzame energiesystemen. Dit is belangrijk omdat het energiesystem raakt aan vele andere socio-technische systemen (bijvoorbeeld het mobiliteitssysteem, het voedselsysteem, het systeem rond wonen en bouwen, het ruimtelijk systeem, etc.*). In die zin kan een transitie van het energiesysteem ook als een katalysator werken om een regio te transformeren tot voorbeeld op vlak van duurzaamheid. We beleven op dit moment een bijzondere tijd waarbij de mens, de gemeenschap, het socio-ecologisch systeem in zijn geheel te maken krijgt met het 'passeren van enkele kritische grenzen'" (Team Energienetwerken, 2012).

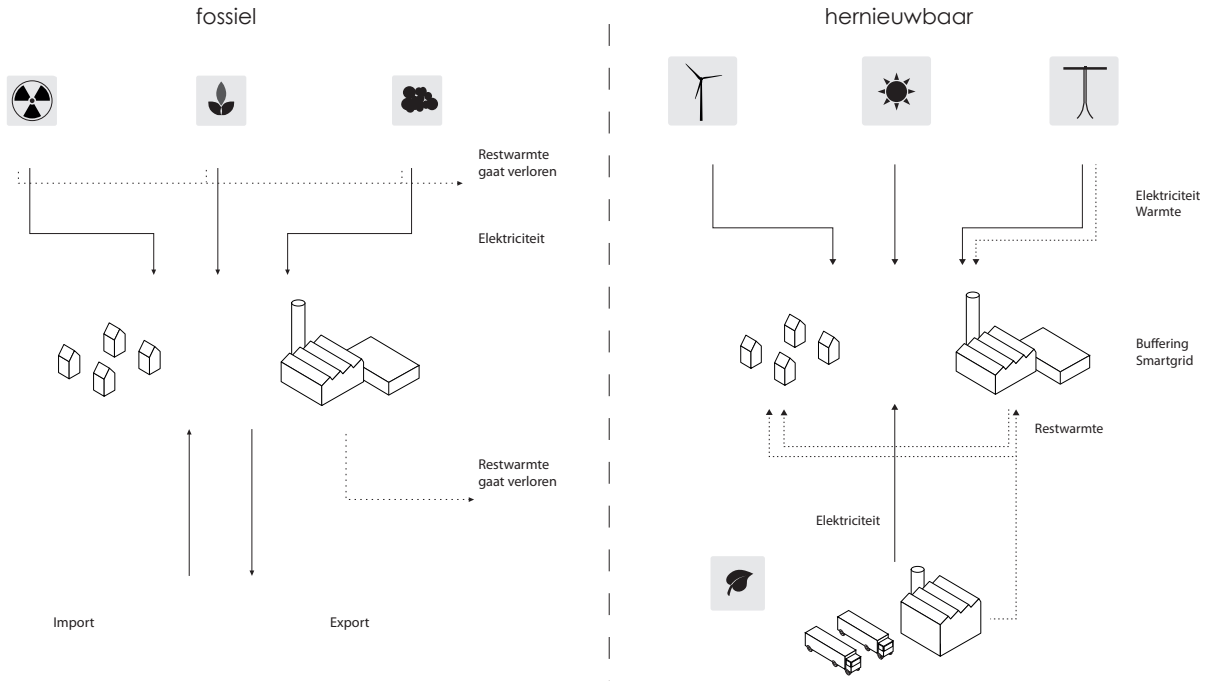
We bevinden ons op een keerpunt waarbij vragen gesteld worden over de huidige energiesystemen en het aanpassingsvermogen van de maatschappij. De toenemende vraag naar energie, de geopolitieke afhankelijkheid, de eindigheid van fossiele brandstoffen, de verbranding ervan die gepaard gaat met een grondige verstoring van het milieu en onomkeerbare veranderingen van het klimaat, vormen belangrijke aanleidingen voor een energie transitie en brengen complexe vraagstukken met zich mee. (Boever, Lagrou, & Laenen, 2012; Turf, 2014; Stremke, 2010; Prashant - Tindale, 2011).

Een dichtbevolkte regio met een grote energiehonger wordt uitgedaagd om een missie, een visie, een strategie en een stappenplan te ontwikkelen om op de langere termijn een omslag naar een koolstofarme economie en samenleving te maken. Vlaanderen is zo een regio waar deze uitdaging op tafel ligt.

Naarmate de technologie verder ontwikkelde namen de transporteerbaarheid en de energiedensiteit van fossiele brandstoffen toe, wat heeft geleid tot een gewijzigde relatie tussen energie en het gebruik van de ruimte of landschap in bredere zin. De eerste generatie energiebronnen waren veelvuldig in het landschap aanwezig en eisten relatief veel ruimte op (bomen en bossen voor hout, wind- en waterkracht, turfwinning). De tweede generatie energiebronnen (eindige fossiele en nucleaire voorraden) beschikten over een veel grotere energiedensiteit. De ruimte gereserveerd voor energie werd danig gereduceerd en zelfs grotendeels buiten de landsgrenzen geplaatst (bv. ontginnen van aardolie en -gas).
Het gebruik van aardolie en -gas bracht een ongebreidelde groei en verspreiding van de structuren van menselijke activiteit (nieuwe urbane kernen, bedrijven, industrieën en infrastructuren) met zich mee. Rifkin (2001) vat het als volgt samen: via twee Industriële Revoluties (IR) is Centraal West-Europa geëvolueerd van een toestand waarbij energiebronnen lokaal ontgonnen werden, naar een toestand waarbij energiedragers veelal van buiten



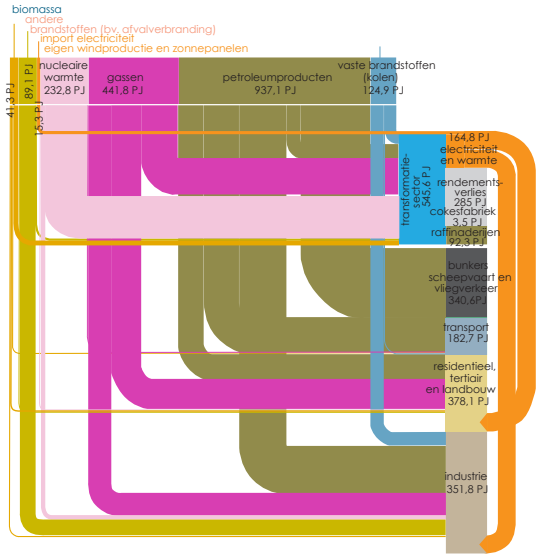

Figuur 1.0: Om de opgave te illustreren zijn in deze figuur de opervlaktes van Vlaanderen weergegeven die nodig zouden zijn om de totale energievraag van 917 PJ in Vlaanderen met een hernieuwbare energiebron op te wekken. Om met windturbines, van 2MW, te voldoen aan de energievraag van 917PJ is bijna driekwart van de totale oppervlakte van Vlaanderen nodig. 21% van het grondoppervlak van Vaanderen zou moeten worden volgelegd om in de totale energievraag te voorzien met pv panelen. En bij gebruik van het energiehoudende gewas Miscanthus, zou meer dan 3 maal de oppervlakte van Vlaanderen nodig zijn om aan de gehele energievraag te voldoen.




Figuur 1.1: schematische weergave energietransitie

de territoriale grenzen aangevoerd worden. Waar spierkracht, lokaal ontgonnen hout, turf, bruinkool en steenkool de brandstof voor het aandrijven van de stoommachines van de eerste IR vormden, hebben aardolie en -gas via de ontploffingsmotor samen met de ontwikkeling van kernenergie de tweede IR helpen ontplooien. Rifkin (2011) stelt dat die evoluties mogelijk werden gemaakt door een samengaan van enerzijds ontwikkelingen op vlak van communicatie en anderzijds technologische ontwikkelingen van verschillende energiebronnen.
Communicatie speelt in dit proces de katalysator, omdat het in staat is de verschillende ideeën te verspreiden en daardoor te verbinden. Volgens Rifkin moet infrastructuur dan ook niet gelezen worden als een statische set van gebouwen die dienstbaar zijn als een soort van vaste basis voor economische activiteit zoals de traditionele economie ons steeds heeft voorgehouden, maar als organische relaties tussen communicatietechnologieën en energiebronnen die tezamen een levende economie genereren (Rifkin, 2011:35).

In Vlaanderen hebben de opeenvolgende (r)evoluties geleid tot een dicht vermaasd morfologisch weefsel dat men kenmerkend nevelstad noemt. De morfologie verwijst naar een polycentrisch socio-ecologisch en –technisch urbaan systeemweefsel dat verdicht waar stad en verdunt waar buitengebied is, maar nooit ophoudt te bestaan. De nevelstad wordt opgevat als een geheel van sociale, economische, functionele en fysieke variabelen dat uitmondt in een paradigmatisch product van de hedendaagse kapitalistische verstedelijking (Valdunciel and Vicente, 2006). Concepten als multifunctioneel ruimtegebruik en verweving trachten de resulterende grote ruimtedruk enigszins te reduceren. Maar de ruimtedruk is dermate groot dat grootschalige maatschappelijke projecten een lange maatschappelijke implementatietijd kennen en soms zelfs niet uitgevoerd worden. De ruimtedruk in Vlaanderen is zo groot dat er altijd wel ergens grootschalige projecten uitgewerkt worden en/of deze projecten nemen zoveel tijd in beslag dat de gehanteerde concepten bij de uitvoering reeds achterhaald zijn. Als gevolg van de hoge ruimtedruk is men altijd wel in iemand zijn achtertuin bezig.
De nieuwe generatie energiebronnen die opnieuw aansluiting zoeken bij de natuurlijke energieaanvoer van het landschap verhoogt opnieuw de vraag naar ruimte en legt bijkomende randvoorwaarden op aan de energietransitie. Figuur 1.0 toont aan wat de ruimtelijke claim zal zijn, indien geheel Vlaanderen met één bron wordt voorzien van duurzame energie.




Figuur 1.2: Sankey diagram energiebalans in Vlaanderen
Bron: Urban Unlimited, Atlas ruimtelijke impact van technologische ontwikkelingen Vlaams gewest

## 1.2 Noodzaak van een shift naar hernieuwbare energiebronnen

Om de nodige reductie van 80 à 95% in de broeikasgasemissie te bereiken (Europese Commissie, 2011) is er zowel voor elektriciteit als voor warmte- en koudevoorziening een 100% groene energievoorziening noodzakelijk.Verschillende studies wijzen uit dat dit mogelijk is indien een aantal randvoorwaarden in acht worden genomen (o.a. WWF International, Ecofys et al., 2011; Pricewaterhouse Coopers LLP, Potsdam Institute for Climate Impact Research et al., 2010; European Renewable Energy Council, 2010). Zo moet de vraag absoluut gereduceerd worden en is een integratie/combinatie nodig van alle hernieuwbare technologieën om alle potentiële energie te benutten.

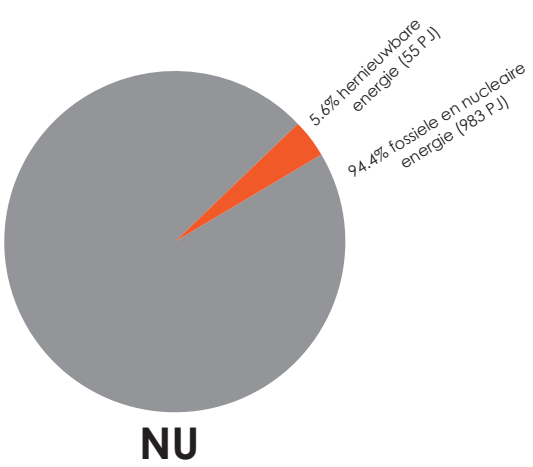
Als het energiegebruik niet afneemt zal de wereld een energiecrisis tegemoet gaan. Het gemiddelde energiegebruik vandaag ligt op ongeveer 47 GJ/jaar per capita en dat moet dalen tot onder de 30 GJ/jaar per capita, ofwel een daling van ongeveer 35% op mondiaal vlak (WWF International, Ecofys et al. 2011). In 2007 bedroeg het energiegebruik in Vlaanderen ongeveer 263 GJ per capita, (1.610 PJ/j gespreid over 6.120.000 Vlamingen) wat betekent dat een reductie nodig is van maar liefst 90% (Maes, 2012).

Het gebruik van alle hernieuwbare energie wijst in de richting van een "mix" en op de noodzaak van een drempelloos bi-directioneel energienetwerk. Bi-directioneel omdat de consument tegelijk producent wordt (prosument) en drempelloos omdat de schakelingen zonder hinder mogelijk moeten zijn tussen elk denkbaar schaalniveau. Daarnaast is er behoefte aan voldoende buffervermogen om intermitterende bronnen en de ongelijktijdigheid van vraag en aanbod te compenseren.

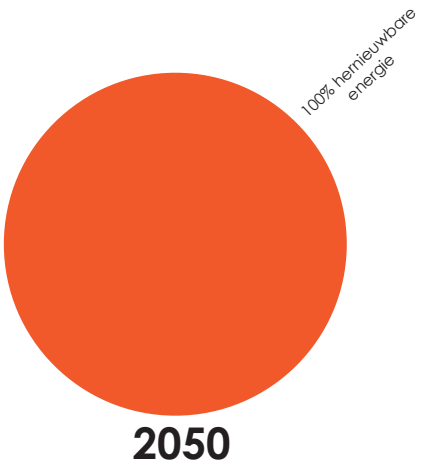
### 1.2.1 Anno 2014 – de huidige energiebalans van Vlaanderen

Volgens de energiebalans bedraagt het primair energieverbruik in Vlaanderen 1.853 PJ (Vito, 2012). Het primair energieverbruik is de som van de netto invoer van energie in Vlaanderen (1.703 PJ) vermeerderd met de primaire productie op basis van 'andere' energiedragers (88,3 PJ), biomassa (46,6 PJ), warmte (5,8 PJ), wind, water en PV (8,6 PJ).

Wanneer men het primair energieverbruik 1.853 PJ (Vito) vermindert met 355 PJ (transformatie) + 274 PJ (niet-energetisch eindverbruik) + 254 PJ (bunkers scheepvaart) + 43 PJ (bunkers luchtvaart), dan bekomt men 925 PJ voor de totale elektriciteits- en warmtevraag in Vlaanderen (Vito, 2012), inclusief energie voor mobiliteit. Voor 2011 (Vito) was dat 917 PJ. Die cijfers komen dicht in de buurt van de 914 PJ (100%) dat in het Argusrapport (2013) voorop gesteld wordt. In dat rapport wordt een helder overzicht gegeven tussen elektrische, thermische energie en energie voor mobiliteit.




Figuur 1.3: aandeel hernieuwbare energie in 2012
Bron: Vito (2014) Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2012
deel: hernieuwbare energie



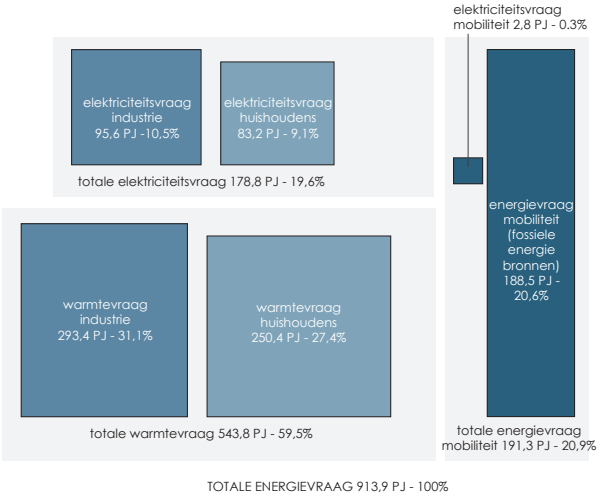

Figuur 1.4: Wenselijk aandeel hernieuwbare energie aan 2050

**Tabel 1.1: Energiebalans Vlaanderen**

| [PJ] | vaste brandstoffen | petroleum producten | gassen | elektriciteit | andere [1] | biomassa [2] | (nucleaire) warmte | totaal |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **primair energieverbruik [5]** | **124,6** | **906,2** | **421,1** | **44,0** | **88,3** | **68,6** | **20,1** | **1.853,7** |
| **bruto binnenlands energieverbruik** | **124,6** | **608,5** | **421,1** | **44,0** | **88,3** | **68,6** | **201,1** | **1.556,1** |
| **transformatiesector** | **41,3** | **83,2** | **144,4** | **- 134,3** | **14,4** | **32,9** | **173,8** | **355,7** |
| electriciteit en warmte [3] | 30,9 | 2,1 | 131,3 | - 145,4 | 11,5 | 32,9 | 167,9 | **231,2** |
| raffinaderijen | | 81,2 | 19,5 | 1,0 | 2,8 | | 5,9 | **110,4** |
| cokesfabrieken | 10,4 | | - 6,3 | 0,2 | | | | **4,3** |
| netverliezen | | | | 9,9 | | | | **9,9** |
| **eindenergieverbruik** | **83,2** | **525,3** | **276,6** | **178,4** | **73,9** | **35,7** | **27,2** | **1.200,4** |
| niet-energetisch verbruik | 8,7 | 236,0 | 30,2 | | | | | **274,9** |
| industrie | 70,6 | 15,8 | 93,2 | 92,0 | 72,8 | 8,9 | 24,1 | **377,4** |
| residentieel en gelijkgesteld | 4,0 | 105,0 | 151,4 | 84,0 | 1,1 | 19,1 | 3,2 | **367,8** |
| transport | | 168,4 | 1,9 | 2,4 | | 7,7 | | **180,5** |
| **internationale bunkers [4]** | | **297,6** | | | | | | **297,6** |
| scheepvaart | | 254,8 | | | | | | **254,8** |
| luchtvaart | | 42,8 | | | | | | **42,8** |

Opmerkingen:
[1] andere energiedragers: niet-hernieuwbare deel van afval, gerecupereerde brandstoffen, ...
[2] biomassa, stortgas, biogas, hernieuwbare deel in afval
[3] exclusief zelfproducenten, deze worden tot de sector gerekend waartoe ze behoren
[4] internationale lucht- en scheepvaartbunkers
[5] primair energieverbruik = netto invoer van energie in Vlaanderen (1703,6PJ) + primaire productie op basis van 'andere' energiedragers (88,3 PJ), biomassa (46,6 PJ), warmte (5,8 PJ), wind, water en PV (8,6 PJ) = bruto binnenlands energieverbruik + internationale bunkers

Bron: Energiebalans Vlaanderen kortrapport (Vito, 2012)

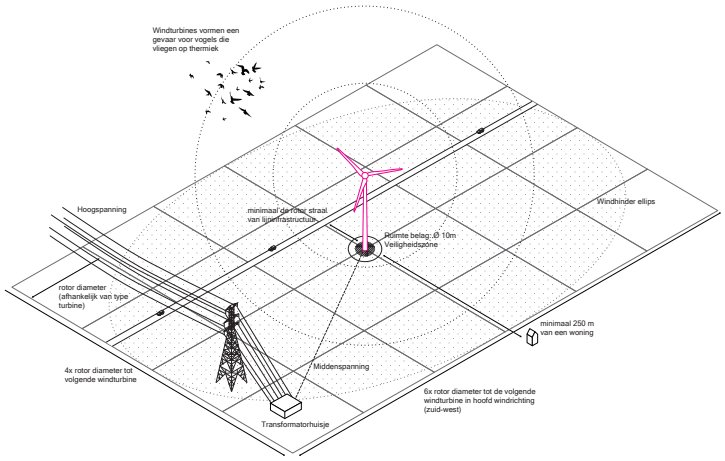



Figuur 1.5: De totale energievraag (Argus, 2014)

Het energetisch eindverbruik verhoudt zich als 20-60-20 voor respectievelijk elektriciteit, warmte en mobiliteit, waarbij het grootste aandeel eindverbruik dus naar warmte gaat. De totale warmtevraag van de industrie en de huishoudens bedraagt in totaal 544 PJ, respectievelijk 293 PJ en 250 PJ. Er is een onderscheid tussen warmte voor industriële processen (veelal hogere temperaturen) en de warmtevraag voor gebouwverwarming en sanitair water (veelal lagere temperaturen). Dat onderscheid is interessant, het maakt schakelen van functies of processen mogelijk volgens het principe van cascadering. Daarbij wordt restwarmte van functies met een hoger temperatuurprofiel naar functies met een lager temperatuurprofiel geleid. Het overschot aan energie wordt op die manier beter besteed.
De totale elektriciteitsvraag bedraagt 179 PJ verdeeld over industrie (95,6 PJ), huishoudens (en gelijkgestelde sectoren, i.e. tertiaire sector, land- en tuinbouw en andere) (83,2 PJ) en mobiliteit (2,8 PJ).
De totale energievraag voor mobiliteit bedraagt 188 PJ (dat komt zo goed als overeen met het cijfer in de energiebalans Vito, 2011).
De sectorale energievraag verhoudt zich als volgt: industrie als dominante factor neemt 389 PJ (42,6%), huishoudens en gelijkgestelde sectoren (i.e. tertiaire sector, land- en tuinbouw en andere) nemen 334 PJ (36,4%) en mobiliteit neemt 191 PJ (21%) voor zijn rekening.

### 1.2.2 Naar 2050 – 100% hernieuwbare energie

Energie wordt als hernieuwbaar beschouwd als ze komt van bronnen die relatief oneindig beschikbaar zijn (bv. de zon) of afkomstig van regenereerbare bronnen (bv. biomassa), zolang de vraag de regeneratie niet overstijgt (Stremke, 2010). Voor Vlaanderen zijn met de huidige stand van de technologie: zon, wind, biomassa geothermie en water als potentiële hernieuwbare bronnen of opslag (buffer) te beschouwen. Zon en wind hebben echt grote potentie, geothermie is men bezig te onderzoeken. Biomassa kent een kleine energiedensiteit en er komt veel transport aan te pas. Een transitie wordt echter niet alleen doorgevoerd aan de hand van cijfers, biomassa kan in een lokale context bijdragen aan de circulaire economie. Water heeft potentie als buffer en energiedrager (bv. warmtenetten).
Om het te realiseren aanbod aan hernieuwbare energie te bepalen moet aan de ene kant de vraag gedifferentieerd gekend zijn (i.e. warmte-, elektriciteits- en mobiliteitsprofielen) en hoe ze gereduceerd kan worden. Aan de andere kant moet het potentieel gedifferentieerd aanbod (bv. zon, wind, biomassa, geothermie) berekend worden. Voor dat laatste moet het 'DNA' van de regio in kwestie ontleed worden om na te gaan hoe de best inzetbare mix ontplooid kan worden. In de praktijk zullen volgende vragen beantwoord moeten worden: welke energieprofielen zijn aanwezig of bruikbaar?, welke




Figuur 1.6: Schema ruimtegebruik windturbines
In dit schema is te zien dat er tal van randvoorwaarden zijn voor windturbines. Er zijn een aantal criteria die bepalen dat een turbine minimaal 250m van een woning moet staan, 50m van lijninfrastructuur. Er zijn regels met betrekking tot luchtvaart, veiligheid, natuur en het landschap. Een onderlinge afstand tussen de turbines is ook van belang. Deze zorgt er voor dat de turbines elkaar niet hinderen en daardoor minder wind vangen en dus minder effectief zijn.

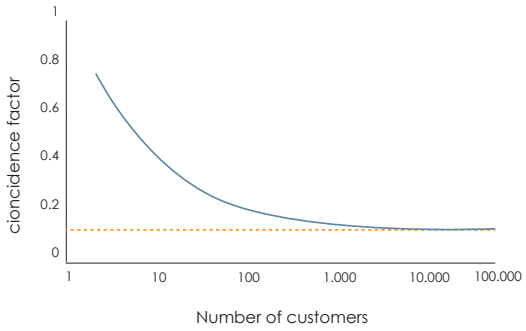
functies zijn aanwezig of wenselijk?, welke ruimte is er geschikt?, hoe oud is de aanwezige infrastructuur? (oude structuren verbruiken meestal meer energie, zijn kostenintensief om te renoveren, kennen grotere verliezen), welke bronnen zijn aanwezig?, welke energiemix kan men realiseren?, welke optimalisaties zijn mogelijk?, welke randvoorwaarden zijn een vast onwrikbaar gegeven en welke kunnen in vraag gesteld worden?
Er spelen dus tal van randvoorwaarden om over te stappen naar 100% hernieuwbare energie. Aangezien we in dit onderzoek de relatie tussen het landschap en het inzetten van grootschalige hernieuwbare energie onderzoeken en hoe met die relatie een duurzaam energielandschap ontwikkeld kan worden, trachten we in wat volgt voeling te krijgen met de ruimtelijke implicatie van een shift naar hernieuwbare energie.

Hiertoe wordt in een vingeroefening alle noodzakelijke ruimte voor het opwekken van de huidige vraag aan energie doorgerekend op basis van de ruimteberekeningen per energiemodus in de Kleine Energieatlas (H+N+S Landschapsarchitecten, 2008). Dit is geen zuiver wetenschappelijke oefening, maar het geeft wel een beeld van de richting waar we in Vlaanderen heen moeten. In de Kleine Energieatlas brengt men het ruimtebeslag per energiemodaliteit in beeld. Voor kernenergie betekent dit bijvoorbeeld 173 ha waarvan 2 ha opslag grondstof, 13 ha delven grondstof, 32 ha opwekken energie, 14 ha opslag afval en veiligheidszones 112 ha. Om een zo objectief mogelijke vergelijking te maken is het ruimtegebruik van de verschillende modaliteiten steeds gerelateerd aan een vaste hoeveelheid jaarlijks geleverde energie. Hiervoor werd als uitgangspunt 1.500 MW opgesteld vermogen aan windenergie genomen. De 1.500 MW aan 2.258 uren vollast levert 3.387 GWh op jaarbasis voor een bepaalde referentieperiode (deels 2007 en deels 2008). De andere hernieuwbare energiesystemen werden tegen die achtergrond uitgezet en berekend.

1 gebruiker:
100% van vermogenbehoefte = nood aan productievermogen

100 **onafhankelijke** gebruikers:
**100 x 100%** van vermogenbehoefte

100 **gekoppelde** gebruikers:
**100 x 1/5** van vermogenbehoefte




Figuur 1.7: Geschakelde verbruikers hebben minder energie nodig dan meerdere onafhankelijke verbruikers (bron: Strbac 2008 + eigen verwerking)

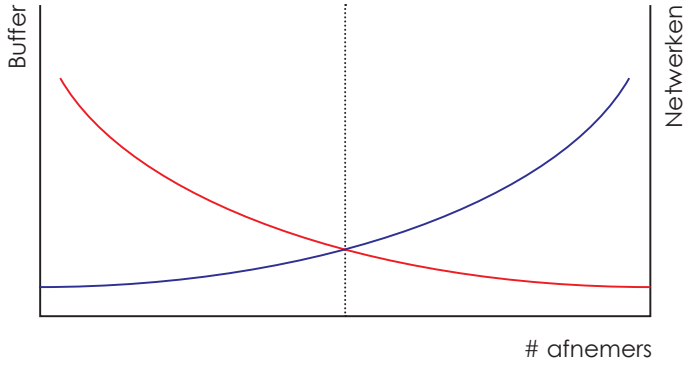
**Tabel 1.2: Vergelijking energieoppervlakte tussen een energiemix op basis van voornamelijk fossiele brandstoffen en een mix op basis van 100% hernieuwbare energie op basis van een vraag van 917PJ.**
(NB: de nieuwe energiemix gaat uit van het huidige productieniveau in Vlaanderen, geen rekening houdend met import)

| Oud | Energiemix | Oppervlakte (ha) voor 3 387 GWh | Energieproductie (GWh/jaar) | Oppervlakte van energiemix (ha) | Oppervlakte / oppervlakte Vlaanderen |
|---|---|---|---|---|---|
| bruinkool | 0,0% | 431 | 0 | 0 | 0,00% |
| steenkool | 6,0% | 983 | 15.283 | 4.436 | 0,33% |
| olie | 51,0% | 203 | 129.908 | 7.786 | 0,57% |
| gas | 21,0% | 7.455 | 53.492 | 117.739 | 8,66% |
| kern | 12,0% | 173 | 30.567 | 1.561 | 0,11% |
| wind | 0,8% | 37.680 | 2.038 | 22.670 | 1,67% |
| zon | 0,8% | 1.992 | 2.038 | 1.198 | 0,09% |
| water | 0,2% | 30.850 | 509 | 4.640 | 0,34% |
| biomassa | 3,0% | 213.332 | 7.642 | 481.314 | 35,40% |
| afval | 5,0% | 18.295 | 1.2736 | 68.795 | 5,06% |
| Totaal oud | 100% | | 254.213 | 710.139 | 52,23% |
| | | | | | |
| Nieuw | | | | | |
| wind | 16,0% | 37.680 | 40.756 | 453.401 | 33,35% |
| zon | 67,9% | 1.992 | 172.956 | 101.721 | 7,48% |
| water | 0,4% | 30.850 | 1.019 | 9.280 | 0,68% |
| biomassa | 6,0% | 213.332 | 15.283 | 962.629 | 70,80% |
| afval | 10,0% | 18.295 | 25.472 | 137.589 | 10,12% |
| Totaal nieuw | 100% | | 255.486 | 1.664.620 | 122,43% |
| | | | | | |
| Verhouding oppervlakte nieuw versus oud | | | | 2.34 | |
| | 0,0036 PJ | | 1 GWh | | |
| Elektriciteitsproductie Vlaanderen | 917 PJ | | 245.722 GWh | | |

Bron: eigen verwerking op basis van de Kleine Energieatlas van H+N+S Landschapsarchitecten, 2008.

In de tabel 1.2 is een energiemix op basis van voornamelijk fossiele brandstoffen (OUD) ingegeven met een klein aandeel hernieuwbare energie (Energiebalans 2011, Vito). Hierbij is voor de nieuwe energiemix uitgegaan van de huidige energieproductie in Vlaanderen zonder import van energie. De hernieuwbare energiemix (NIEUW) werd opgegeven op basis van aannames binnen het onderzoeksnetwerk. Er wordt ingezet op maximale inzet van zonne-energie. Er is 346.000 ha dakoppervlak ter beschikking in Vlaanderen. Als uitgangpunt werd aangenomen dat er 50% van het dakoppervlak gebruikt kan worden; dat is ongeveer 173.000 ha. In de tabel leidt dit tot een aandeel van 67,9% aan zonne-energie in de energiemix. Biomassa, water en afval (incl. andere) werden verdubbeld, van respectievelijk 3%, 0,2% en 5% naar 6%, 0,4% en 10%. De resterende vraag, 16% werd aangevuld met windmolens. Volgens deze mix van 100% hernieuwbare energie is er 2,3 keer zo veel ruimte nodig voor de winning van deze energie ten opzichte van de oppervlakte welke de oude energiemix vereist. Dat lijkt mee te vallen, maar de uitkomst moet juist geïnterpreteerd worden. Ten eerste ligt een deel van de ruimte die berekend werd voor de mix op basis van fossiele brandstof in het buitenland, die bij een overstap naar 100% hernieuwbare energie ook in Vlaanderen zijn plaats moet krijgen. Ten tweede, als in de mix op basis van fossiele brandstof enkel nog maar het aandeel biomassa (3%) gereduceerd wordt tot nul en verdeeld over 1,5% extra gas en 1,5% extra steenkool, dan moet er 6,98 keer meer ruimte gezocht worden voor een overstap naar mix op basis van 100% hernieuwbare energie. Dat geeft een algemeen idee over de disproportionele ruimtevraag van een systeem op basis van hernieuwbare energie en in het bijzonder van biomassa. Als ingezet zou worden op 100% biomassa, dan is er 67 keer meer ruimte nodig. Voor 100% wind of zon is dat respectievelijk 12 en 0,6 keer. Zonne-energie lijkt ideaal, maar deze berekening houdt vooralsnog geen rekening met technische randvoorwaarden zoals de ongelijktijdigheid van vraag en aanbod en intermitterende bronnen. Het geeft wel een indicatie over het ruimtevraagstuk bij een shift richting hernieuwbare energie.

Laat nu net ruimte, door de hoge ruimtedruk en de diffuse morfologie van het landschap in Vlaanderen, een schaars goed zijn. Logischerwijze zullen bij een overstap van klassieke naar hernieuwbare energiebronnen beide systemen naast elkaar bestaan of in het beste geval – denk aan gebruik van reststromen – met elkaar verweven zijn. In de mix op basis van hernieuwbare energie moeten ook de aandelen energie op basis van fossiele brandstoffen opgenomen worden, deze zullen naar mate de transitie naar hernieuwbare bronnen vordert, gradueel afnemen.




Figuur 1.8: Economisch optimum (bron: Team energienetwerken, 2012)

### 1.2.3 Het belang van geschakelde netwerken en buffercapaciteit

Naast ruimtelijke randvoorwaarden spelen bij hernieuwbare energie ook technische randvoorwaarden mee. Intermitterende bronnen (i.e. de sterk wisselende opbrengst uit bepaalde energietechnieken zoals fotovoltaïsche panelen (PV) en windturbines) en daaruit volgend de ongelijktijdigheid van vraag en aanbod zijn bepalend voor het uit te bouwen systeem.

In het huidig energetisch paradigma op basis van fossiele brandstoffen is piekbelasting de norm. Men vertrekt simpelweg van de maximale vraag en past het aanbod daarop aan. Elk nieuw ruimtelijk programma genereert een bijkomende vraag naar energie. De energieproducent past zijn productiecapaciteit aan om de vraag van al die individuele gebruikers te beantwoorden. Productie van energie is, afhankelijk van het productiemilieu, een vrij continu proces maar daar tegenover staat een dynamische vraag naar energie die kan variëren in ruimte en tijd. 's Morgens en 's avonds is er een grote vraag naar energie van de huishoudens (i.e. licht, koken, warm water, verwarming of koeling). Overdag brengen veel mensen hun tijd door op het werk of op school, waardoor de energievraag ruimtelijk verschuift. Daartussenin zit een energievraag voor mobiliteit. Momenteel tracht men het verschil tussen vraag en aanbod op te vangen door de productie (in de mate van het mogelijke) aan te passen. Gascentrales kunnen bijvoorbeeld dynamisch ingeschakeld worden, maar dat geldt niet voor kolencentrales.

Bepaalde industrieën kunnen hun energievraag aanpassen in de tijd (bv. diepvriessector). Tevens maakt men gebruik van import- en exportmogelijkheden om de verschillen in energievraag op te vangen, via het Centraal West-Europees hoogspanningsnet (CWE-net). Wanneer hernieuwbare energie de norm wordt, is een toegang tot een 'zeer grote' markt noodzakelijk, zo kan de elektriciteit afgevoerd worden als er teveel is en aangevoerd bij tekort (www.elia.be). Geschakelde energienetwerken kunnen de bevoorradingszekerheid verhogen, maar ze kunnen ook de vraag naar vermogen reduceren. Zie figuur 1.7 - wanneer men per gebruiker 100% vermogen voorziet, bijvoorbeeld één stookketel per woning, dan installeert men voor 100 gebruikers 100 maal 100% vermogen. Honderd geschakelde gebruikers daarentegen kunnen bevoorraad worden met 20% van de vermogensbehoefte. Op deze manier wordt bovendien de vraag naar buffercapaciteit verminderd.

Energiebuffers vormen tot op vandaag een zeer grote uitdaging, ze liggen niet altijd voor de hand en ze zijn over het algemeen zeer duur. Maar buffers zijn noodzakelijk; het ontbreken ervan maakt een energienetwerk op basis van hernieuwbare energie zeer kwetsbaar. Het bufferen van energie is één van de grotere uitdagingen voor de toekomst. Batterijen zijn nu nog duur, hebben een hoog gewicht, vragen ruimte, grondstoffen en hebben een beperkte levensduur. Hierdoor zijn ze niet de meest ideale buffer. Toch kunnen vele kleine batterijen één grote vormen. Stel dat alle auto's op elektriciteit rijden, los van het grondstoffenvraagstuk, dan vormt dit een

groot potentieel naar het bufferen van energie. De realisatiekost wordt volgens dit principe ook gespreid over hen die een auto bezitten of zij die er eentje huren (vb. autodelen). Men heeft nood aan buffers waarin energie opgeslagen zit, maar ook aan buffers als het dynamisch aanpassen van de vraag en de capaciteit om drempelloos te importeren en exporteren. De vraag naar buffers kan verminderd worden door netwerken te schakelen (figuur 1.8), waarbij men werkt in de richting van een economisch optimum. Een soort van systemisch evenwicht dat volgt uit criteria als de densiteit van de gebruikers, de fysieke omgeving, de brandstof voor handen, etc.

## 1.3 Een uitgebreide stappenstrategie

Rifkin (2001) formuleert concrete aanbevelingen om de energieomslag te maken naar een koolstofarme economie en energie infrastructuur. Eén van de aanbevelingen is dat de conventionele top-down organisatie van de samenleving plaats zal moeten maken voor meer gedistribueerde en collaboratieve samenwerkingsverbanden. Dit betekent een meer laterale (horizontale) structuur dan de hiërarchische top-down structuur. Om dit te bereiken moeten, net zoals dat voorheen bij de eerste en tweede industriële revolutie is gebeurd, de verschillende pijlers waarop de derde industriële revolutie gestoeld zal zijn samen uitgebouwd worden. De vijf pijlers zijn (Rifkin 2011):

1. overstappen naar hernieuwbare energie;
2. de gebouwenvoorraad transformeren tot micro-energie centrales;
3. ontwikkelen van waterstof- en andere opslag technologieën (buffers) in elk gebouw en doorheen de gehele infrastructuur om intermitterende energie op te slaan;
4. gebruik maken van het internet om het klassiek energienetwerk te transformeren tot een internationaal energie-delend netwerk, i.e. smartgrid (wanneer miljoenen gebouwen lokaal kleine hoeveelheden energie genereren, dan kunnen ze het teveel aan energie verkopen aan het net en tevens delen met hun continentale buren);
5. de klassieke transportvloot op fossiele brandstoffen omschakelen naar elektrische plug-in en brandstofcel voertuigen die energie van en op het interactieve energienetwerk kunnen zetten.

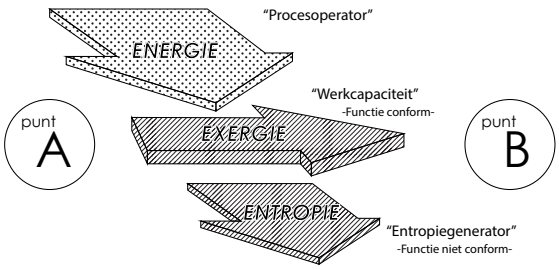
Voor het bereiken van een zo duurzaam mogelijke energievoorziening heeft de TU Delft een strategie ontwikkeld die bekend staat onder de term 'Trias Energetica' (1979). De Trias Energetica-strategie stelt een vermindering van het energiegebruik als eerste stap, waarna de inzet van hernieuwbare energiebronnen volgt. De derde stap is het inzetten van de traditionele technieken (cfr. fossiele brandstoffen) op de minst vervuilende en zo efficiënt mogelijke manier om de resterende vraag te dekken. De Nieuwe Stappenstrategie (van den Dobbelsteen, 2008) gaat een stap verder dan de Trias Energetica en voegt hergebruik van reststromen toe. Deze wordt als tweede stap ingevoegd tussen de vraagvermindering en gebruik van duurzame bronnen. Door het toevoegen van het gebruik van reststromen worden de relatief dure hernieuwbare bronnen zoals zon, wind, water, bodem, biomassa economisch beter haalbaar. Een deel van de energievraag wordt immers al afgedekt met het gebruik van reststromen. Maes (2011) voegt in zijn onderzoek naar energie neutrale bedrijventerreinen nog een laatste stap toe. Om tot een effectieve nul-uitstoot te komen van $CO^2$-emissies, dient de gecreëerde en uitgestoten $CO^2$ weer opgenomen te worden. Het proces start met de behoefte te bevragen aan een product, proces, ruimte, etc. De volledige strategie dient op alle oorzaken van energieverbruik toegepast te worden, zoals het gebouw, het proces, het product, het transport, etc.

Wanneer alle hiervoor beschreven stappen worden samengevoegd komt men tot volgende uitgebreide stappenstrategie:

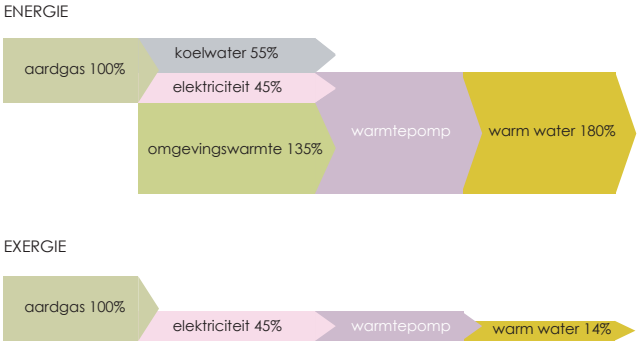
1. Reduceer de behoefte of benader de behoefte op een andere wijze;
2. Reduceer de energie- en exergievraag [1];
3. Hergebruik reststromen in energie (en materialen);
4. a. Pas hernieuwbare bronnen toe;
   b. Hergebruik van hernieuwbare energie;
5. Los – indien nodig - de resterende vraag schoon en efficiënt op;
6. Neem de uitgestoten $CO^2$ terug op

Het onderzoek Energielandschappen speelt in op de overstap naar hernieuwbare energie, de eerste pijler in het kader van Rifkin (2011), of de vierde stap in de uitgebreide stappenstrategie.

[1]: Definitie Exergie: " Het kwaliteitsdeel van energie, het deel waarmee je arbeid kunt verrichten", 2007,Andy Van den Dobbelsteen.




Figuur 1.9: Energie, exergie en entropie
Energie gaat nooit verloren. Dit zegt de eerste hoofdwet van de thermodynamica. Toch gaat er iets verloren bij energieomzettingen. Dit is de kwaliteit van energie. Hiervoor wordt het begrip exergie geïntroduceerd. (Bron: http://www.tms-institut.de/diss/teil5.htm)



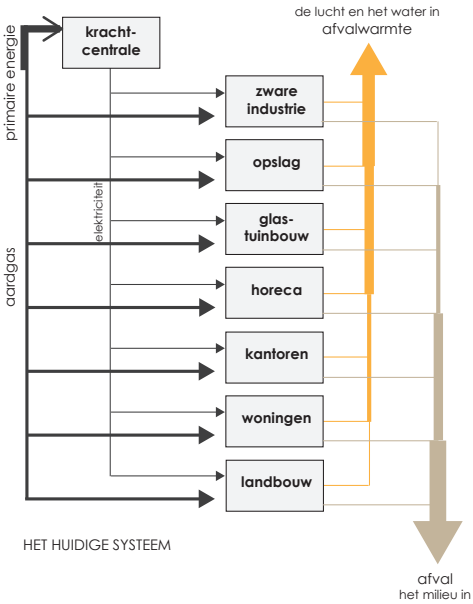

Figuur 1.10: vergelijking van het proces door de bril van energie (boven), door de bril van exergie (onder).

## 1.4 Energie en exergie, een verschillend perspectief

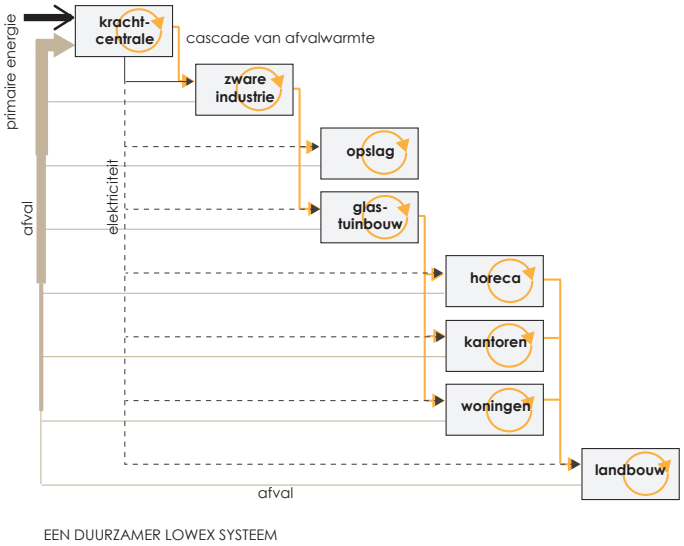
Het inzetten van hernieuwbare energie kent dus redelijk wat randvoorwaarden. Zo spelen de ongelijktijdigheid van vraag en aanbod, intermitterende bronnen, de ruimtelijke randvoorwaarden (ontginnings-, opslag-, transport- en verbruiks-ruimte), de absolute reductie van de vraag om er enkele te noemen naast meerdere technologische, economische, sociale, ecologische en beleidsmatige aspecten. Omdat in dit onderzoek voornamelijk het ruimtelijk aspect onderzocht wordt lichten we eerst nog het verschil tussen energie en exergie toe. Het gebruiken van energie (*utilize*) betekent dat je de energie moet assimileren (eigen maken, ontginnen), converteren (transformeren), opslaan (vorm van bufferen) en gebruiken (of beter verbruiken) (Stremke, 2010), maar om de vraag te verminderen moeten de functies ook op een juiste manier geschakeld worden. Dat betekent dat de juiste functies bij elkaar, naast elkaar, na of door elkaar geschakeld moeten worden, zodat de ene functie of processtap de restenergie van de voorgaande kan gebruiken en dat heeft onder andere ruimtelijk gevolgen. Door de exergetische bril wordt dit aspect duidelijk.

Wij gebruiken met z'n allen energie en verbruiken exergie. De eerste en de tweede hoofdwet van de thermodynamica stellen respectievelijk dat er nooit energie verloren gaat of bijgemaakt wordt (*First Law of Thermodynamics*) en dat bij een overgang van energie van de ene vorm naar de andere een kwaliteitsverlies optreedt (*Second Law of Thermodynamics*). Dat kwaliteitsverlies is gekend als 'entropie', een maat voor wanorde. De toename van de wanorde is wat verloren gaat aan exergie, het verloren aandeel is gekend als anergie (figuur 1.9). Anders gezegd de kwaliteit van de energie neemt af.

In de thermodynamica is de exergie van een systeem de maximaal nuttige arbeid die verricht kan worden tijdens het proces dat het systeem in evenwicht brengt met een warmtereservoir. Dat kan de omgeving zijn, want het is het toestandsverschil tussen een systeem en zijn omgeving, dus een gebrek aan evenwicht, dat het potentieel aan arbeid mogelijk maakt (Maes, 2012:52). Exergie is dus de arbeidscapaciteit ter beschikking. Door de second law of thermodynamics neemt exergie de onomkeerbaarheid van een proces voor zijn rekening. Wanneer een systeem en zijn omgeving een evenwicht bereiken is de exergie immers gelijk aan nul. Exergie wordt altijd vernietigd wanneer een proces een temperatuursverandering inhoudt. De vernietiging van exergie staat altijd in verhouding tot de entropie die tot stand komt in zowel het systeem als de omgeving (Stremke, 2010: 52; SREX, 2011:21). De energetische en exergetische brillen geven twee perspectieven om naar hetzelfde proces te kijken. Door de energetische bril bekeken kent het proces een enorm rendement met een output (warm water) van 180% t.o.v. de waardevolle energie die men in het proces heeft gestopt. Als men hetzelfde proces bekijkt door de exergetische bril, is er echter een rendement van 14% als resterend potentieel. (figuur 1.10)




Figuur 1.11 Het huidig energiesysteem: veel hoogwaardige energie in, veel afvalwarmte uit (Bron: SREX, 2011)




Figuur 1.12: Een laag exergetisch, duurzaam energiesysteem: alleen hoogwaardige energie voor de functies die dat behoeven en reststromen voor laagwaardiger functies (Bron: SREX, 2011)

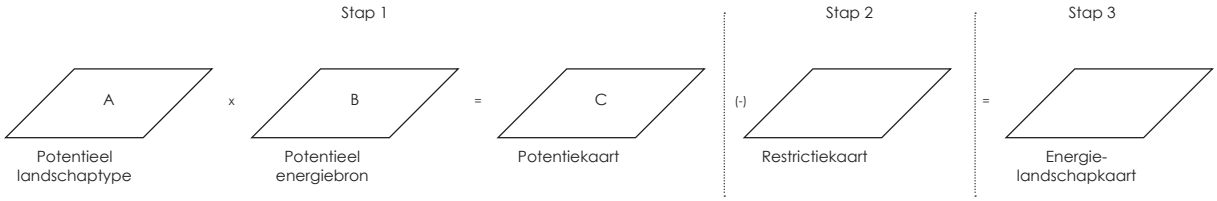
Er is dus 86% aan arbeidspotentieel verloren gegaan, terwijl de behoefte maximaal 14% bedroeg.
Met andere woorden: er is zesmaal zoveel exergie verloren gegaan dan er nodig was. Vanuit de energetische bril is er 80% energie bij gecreëerd. Beter is het dus een energiebron te zoeken die de juiste exergie-inhoud (14%) kent en voor deze toepassing aan te spreken.
Bij gebruik van fossiele brandstoffen gaat een gigantische hoeveelheid exergie verloren, meer dan de helft van de totale potentie van de bronnen. Om een duurzaam energiesysteem te ontwikkelen moeten de exergieverliezen dus tot een minimum beperkt worden. Dat is mogelijk door ofwel hernieuwbare bronnen aan te spreken, ofwel door het aanwenden van residuele energiestromen, ofwel door bij het gebruik van niet-hernieuwbare energiestromen het exergieverlies te minimaliseren. Dat laatste staat gelijk aan een maximaal efficiënt gebruik van fossiele bronnen (Maes, 2011).

De exergetische bril toont aan waarom het belangrijk is om efficiënte processen na te streven en slim te schakelen of te cascaderen (figuur 1.11 en 1.12), waarbij de output aan energie van een functie met hoogwaardig energieprofiel gebruikt wordt als input voor een functie met lager energieprofiel.
Wanneer dit principe doorgevoerd wordt op de hele energieketen kan dat aanzienlijke ruimtelijke gevolgen hebben.

Stremke (2010) schuift vijf bruikbare strategieën naar voor om het verlies van exergie tegen te gaan. Ze moeten toegepast worden op verschillende schaalniveaus waarin het ruimtelijk-energetisch vraagstuk zit ingebed:

1. Verhoog exergie efficiëntie
2. Verminder de exergievraag
3. Verhoog het gebruik van residuele energie
4. Stem de kwaliteit van vraag en aanbod af op elkaar
5. Verhoog de potentie om hernieuwbare energie te assimileren

Deze strategieën kennen grotendeels hun spiegelbeeld in de uitgebreide stappenstrategie zoals eerder beschreven. Ze liggen tevens ingebed als een inherente logica in de pijlers die Rifkin (2011) beschrijft, maar hier benaderd door de exergetische bril.
Stremke (2010) argumenteert dat de hier beschreven principes bruikbaar zijn om verlies van exergie tegen te gaan bij conversie van energie, bij het verwerken van materialen, alsook in de realisatie van de gebouwde omgeving. Het denken volgens deze principes in planning en ontwerp kan bijdragen aan het ontstaan van exergie-bewuste landschappen, die op hun beurt de transitie naar hernieuwbare energie bevorderen.




Figuur 1.13: Methodologie energielandschapskaarten

Het voorliggend onderzoek zet volgens de exergiebenadering in op stap vijf: verhoog de potentie om hernieuwbare energie te assimileren. Om hernieuwbare energie te assimileren moet men weten over welke technieken men kan beschikken (zie appendices); hoe deze technieken ruimtelijk in te zetten (de randvoorwaarden); de bronpotentie bepalen (totale hoeveelheid hernieuwbare energie aanwezig op het grondgebied); de ontginningspotentie bepalen (restricties die ontginnen van energie in de weg staan); en dat geeft als uitkomst de energielandschapskaart. Deze logica werd gevolgd om input te geven aan het ruimtelijk ontwerpend onderzoek.

## 1.5 Definitie Duurzaam Vlaams Energielandschap

Binnen het exergetisch discours wordt al snel de link gelegd naar duurzaamheid en (socio-) ecologische systemen (o.a. Stremke, 2010). Deze linken worden niet uitgediept binnen dit onderzoek. Om een complex vraagstuk zoals de toename van de energievraag en tegelijk de transitie naar een hernieuwbaar productiesysteem te begeleiden is er nood aan een breed gedragen raamwerk, waarin het begrip "duurzaam energielandschap" gekaderd kan worden. Er lijken twee benaderingen in omloop te zijn; de benadering waarbij men wil definiëren en daarmee afbakenen; een benadering om te kaderen, als kapstok met aanknooppunten en referenties om het vraagstuk in op te hangen. In wat volgt wordt een aanzet gegeven naar een definitie als kapstok.

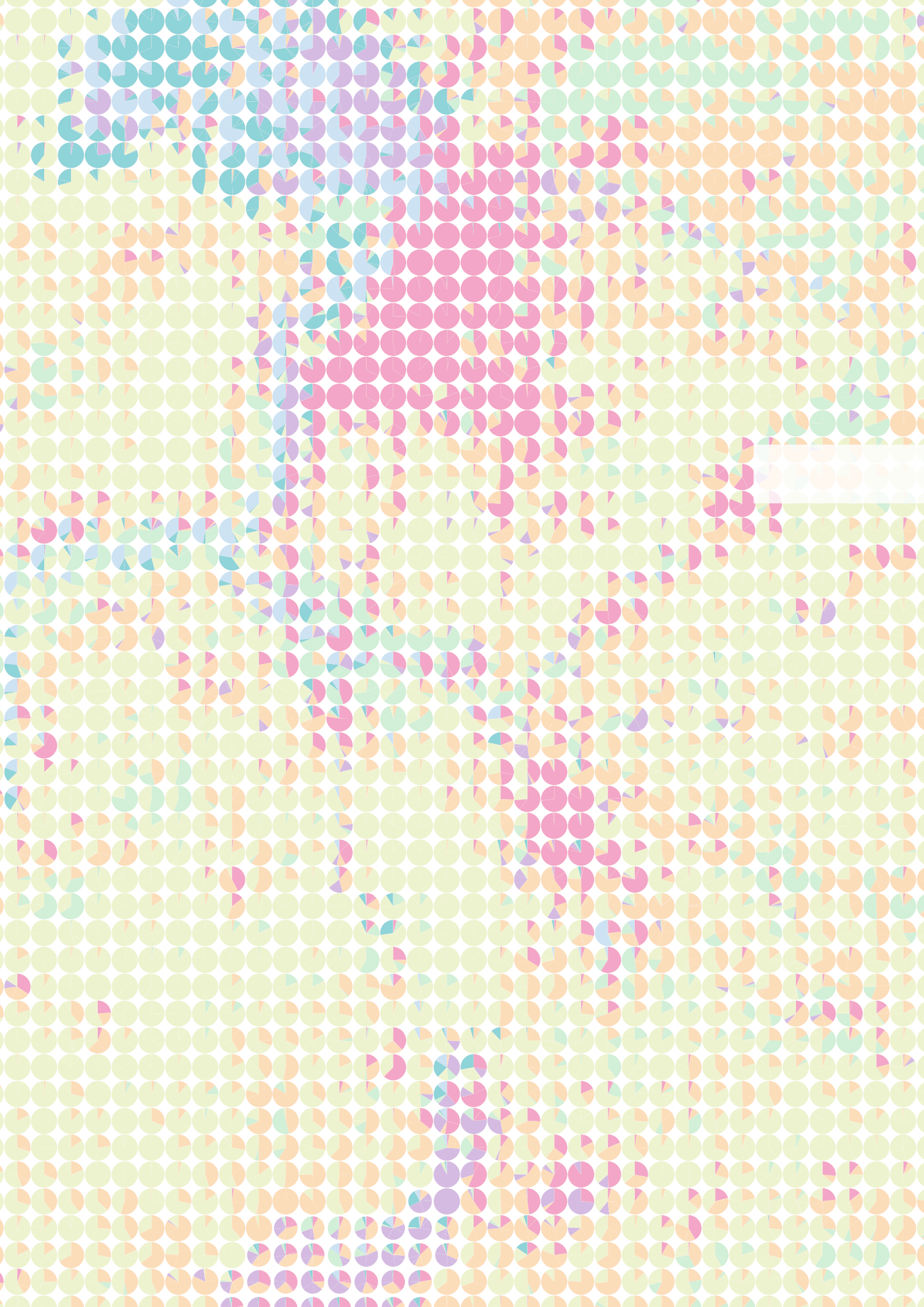
Zoals in de inleiding aangegeven kende het energiesysteem doorheen de geschiedenis verschillende verschijningsvormen in de ruimtelijke context van het landschap. Elementen hiervan worden vandaag de dag zelfs als kenmerkend gezien voor het Vlaamse cultuurlandschap. Vaak hadden deze elementen naast energievoorziening nog anderen bijkomende effecten op de omgeving en kunnen ze gezien worden als oude of traditionele energielandschappen. De bomenrijen rondom hoeves werden niet alleen benut voor de houtkap om de haarden van de hoeve te stoken, maar boden ook beschutting van wind en zon. De veenontginningen waren naast grootschalige energiewinning ook een aanzet voor een complete herinrichting van een tot dan toe minder toegankelijk gebied. Na de veenwinning werd een kenmerkend agrarisch productielandschap gerealiseerd met nieuwe bijbehorende vormen van nederzettingen (denk nog aan productie houtskool in bossen, hakhout als brandstof, wind- en watermolens)
Gedurende de twintigste eeuw heeft het energiesysteem zich verder ontwikkeld tot een netwerk met centrale productie op een relatief beperkt aantal locaties en een uitgebreid distributienetwerk. Daarnaast is er in Vlaanderen sprake van grote import van energie via gas- en elektranetten. Omdat het maar een beperkt aantal productielocaties betreft gelegen nabij urbane en industriegebieden (aangezien ze grote vragers van energie zijn), is de aanwezigheid van het energiesysteem nauwelijks zichtbaar op het platteland. Enkel de hoogspanningsmasten en transformatorstations zijn elementen die wijder verspreid voorkomen.

In deze vorm, horende bij de klassieke centrale productie van het energiesysteem gebaseerd op fossiele brandstoffen, vormt het energiesysteem een beperkt extra element in de ruimtelijke ordening. Het is als een extra landgebruik dat naast en tussen andere bestemmingen als weginfrastructuur, bebouwing, industrie, landbouw e.a. een plek dient te krijgen. Het systeem wordt op basis van technische randvoorwaarden ingepast. Vaak kan dit onzichtbaar, door het distributienet ondergronds aan te brengen, op sommige plaatsen is het distributienet als noodzakelijk kwaad wel aanwezig in het landschap en op een paar specifieke plekken domineert de productie het landschap (zoals bijvoorbeeld bij de vroegere koolmijnen).
Bij de transitie naar hernieuwbare energie is het waarschijnlijk dat de productie meer decentraal plaats zal vinden, alleen al omdat de verschillende opwekkingstechnologieën meer ruimte innemen door de lage energiedensiteit van hernieuwbare energie en dus niet alles op een beperkt aantal centrale locaties kan opgewekt worden. Door de bredere verspreiding in de ruimte zullen de energietechnologische bevoorradingseenheden veelvuldiger aanwezig zijn in het landschap. Denk bijvoorbeeld aan verschillende verspreide windparken t.o.v. één enkele kerncentrale.
Toch laten de meeste nieuwe systemen, door hun specifieke kenmerken, toe om ze te integreren in het landschap waarin ze voorkomen en te verweven met de andere functies. Gezien de huidige druk op de Vlaamse open ruimte zal het meer duurzaam maken van deze nieuwe energielandschappen er net in bestaan om ze zo optimaal mogelijk te integreren in hun omgeving.

Het nieuwe energielandschap dient te streven naar een synergie met zijn omgeving door op verschillende niveaus win-win situaties te creëren. Zo kan de aanleg van een warmtenet leiden tot de noodzaak om een stadskern te densifiëren en de omliggende open ruimte te vrijwaren en in te zetten voor andere functies dan bebouwing. Dit geeft ruimtelijke, energetische en maatschappelijke winst.

Dit soort synergie op verschillende schaalniveaus en het toepassen van exergetische principes (bv. reduceer de energievraag, verbind bronnen directer met verbruikers, diversifieer landgebruik om slim te schakelen, vermijd het energetisch onlogisch verspreiden van programma's, etc.) kan leiden tot ontwikkeling van duurzame energielandschappen voor hernieuwbare energie die noodzakelijk zal zijn om naar een volwaardig aandeel hernieuwbare productie te gaan. Een duurzaam energielandschap is geen bijkomende laag die toegevoegd wordt aan het ruimtegebruik en hier zijn deel opeist. Het kan ook niet langer als een puntsgewijze invulling van de restruimte bestaan. Het duurzaam energielandschap zal pas kunnen doorgroeien tot een volwaardig productiealternatief als er gewerkt wordt aan die slimme wisselwerking/synergie tussen energiegebruik (assimilatie, conversie, opslag, transport en gebruik) en landschap op energetisch, economisch, ruimtelijk, sociaal en maatschappelijk vlak.

Wanneer er sprake is van een situatie waarin een context in al zijn facetten deze synergie met het hernieuwbare energiesysteem tracht te bereiken, menen wij dit te kunnen duiden als de typologie van het duurzame energielandschap.



# 2 Landschappen

# 2 Landschappen

Van oudsher haalt de mens energie uit zijn directe omgeving. Denk aan turfwinningen, bossen voor houtproductie, productie van houtskool, wind- en watermolens, steenkoolmijnen en steengroeves. De vraag naar energie en de technologie van energieproductie is zodanig geëvolueerd dat we vandaag de dag onze energie voornamelijk uit nucleaire en fossiele brandstoffen halen, afkomstig uit het buitenland. De uitdaging waar we momenteel voor staan, is om weer energie uit het landschap te halen en wel op een duurzame manier met behulp van hernieuwbare bronnen. Het landschap van de toekomst dient een energielandschap te worden, met een multifunctionele inrichting waar verschillende activiteiten mogelijk zijn in een zelfde ruimte en waarbij verweving van functies noodzakelijk is met energie als één van de belangrijke functies.

## 2.1 Het begrip landschap

Het relatieve karakter van het begrip landschap maakt dat de betekenis of invulling van dit begrip kan verschuiven naargelang de invalshoek, de visie of het aspect dat men wil benadrukken. Dit blijkt duidelijk uit het feit dat het begrip landschap in zeer verschillende contexten wordt gebruikt, zoals bijvoorbeeld: het regionaal landschap, het stedelijk landschap, het rurale landschap, het productielandschap, het media landschap, het politieke landschap en nu ook het energielandschap. Daarom is het belangrijk te duiden wat in dit project onder 'landschap' wordt verstaan en hoe hiermee is omgesprongen.

Een internationaal erkende definitie is opgenomen in de Europese Landschapsconventie, waarin landschap wordt omschreven als "een gebied, zoals waargenomen door de mens, waarvan het karakter het resultaat is van de actie en interactie tussen natuurlijke processen en menselijke factoren" ('*Landscape' means an area, as perceived by people, whose character is the result of the action and interaction of natural and/or human factors. Council of Europe, 2000*). In het nieuwe Vlaamse Erfgoeddecreet wordt landschap bepaald als "een deel van het grondgebied, zoals dat door de menselijke bevolking wordt waargenomen en waarvan het karakter bepaald wordt door natuurlijke en/of menselijke factoren en de wisselwerking daartussen", waarbij duidelijk de link naar de Europese Landschapsconventie wordt gelegd (Onroerenderfgoeddecreet, 2013, art. 2.1. 33°). Er heeft een uitbreiding plaatsgevonden van het begrip cultuurlandschap als "een begrensd grondoppervlak met een geringe dichtheid van bebouwing en een onderlinge samenhang, waarvan de verschijningsvorm en de samenhang het resultaat zijn van natuurlijke processen en van maatschappelijke ontwikkelingen van belang wegens de erfgoedwaarde".
In deze definities, maar ook andere beschrijvingen van de term landschap komen telkens drie elementen aan bod: het landschap is perceptief, dynamisch en holistisch:

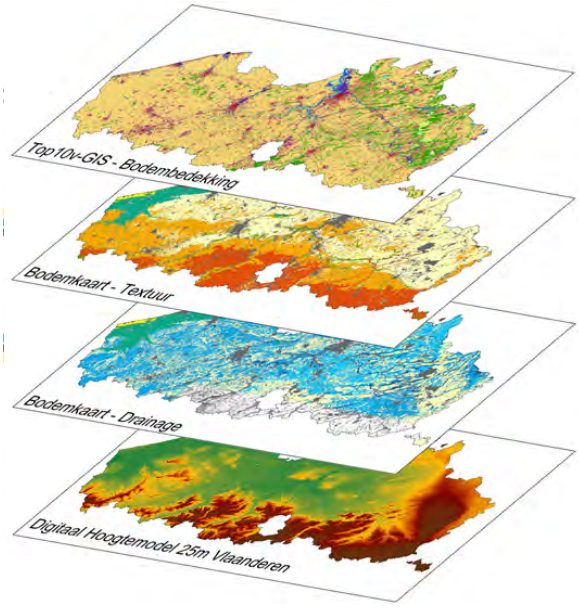
1. Het perceptieve karakter benadrukt dat landschappen waargenomen worden. Waarneembare verschijningsvormen komen voort uit land en milieu en kunnen bijgevolg

waargenomen worden vanuit de visie van de waarnemer.

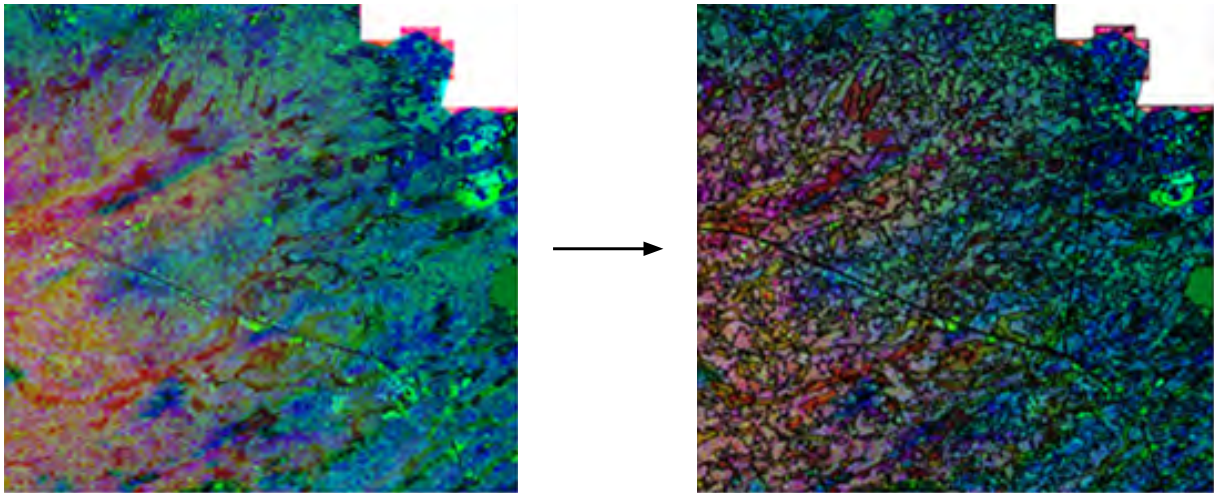
2. Het dynamische aspect geeft aan dat landschappen continu onderhevig zijn aan veranderingen die bepaald worden door verschillende processen als verstedelijking, verkeerstoegankelijkheid, industrialisatie, maar zeker ook klimaatveranderingen en daaruit voortvloeiende calamiteiten.
3. Het holistische karakter slaat op het feit dat landschap een geheel is: een landschapsecologisch systeem waarbij de onderlinge relaties tussen de elementen, hun context en plaats in het hiërarchisch systeem belangrijk zijn. Hierbij wordt landschap beschouwd als een meta-realiteit, die de bindende samenhang tussen de delen van het systeem vormt.

## 2.2 Naar een landschapstypologie van Vlaanderen

Het huidig Vlaamse landschap is het resultaat van een eeuwenlange ontwikkeling. De geologische geschiedenis en de geomorfologische processen vormen de basis voor de ontwikkeling van het landschap en zijn nog steeds sterk bepalend voor het hedendaags uitzicht. Door de tijd heen heeft de mens echter zijn greep op de omgeving weten te versterken. Nagenoeg alle ruimte is ontgonnen, met een grote diversiteit aan landschappen als resultaat. Deze unieke wisselwerking tussen mens en natuur geeft elk landschap een eigen identiteit.
Dit impliceert dat er geen algemene principes kunnen worden gehanteerd voor de inrichting van een energielandschap, maar dat dit voor elk type landschap verschillend zal zijn. Het is dus belangrijk te weten waar in Vlaanderen welke landschappen voorkomen. Om hier inzichten in te krijgen wordt een landschapstypologie opgesteld. Een typologie is een vereenvoudiging van de werkelijkheid om die gemakkelijker te beschrijven en te begrijpen. Het maken van een typologie is bijgevolg doelgericht en utilitair: dé typologie bestaat niet.




Figuur 2.1: Thematische lagen van de landschapstypologie: bodembedekking, bodemtextuur en –drainage en digital hoogtemodel (Van Beveren & Van Eetvelde 2013)



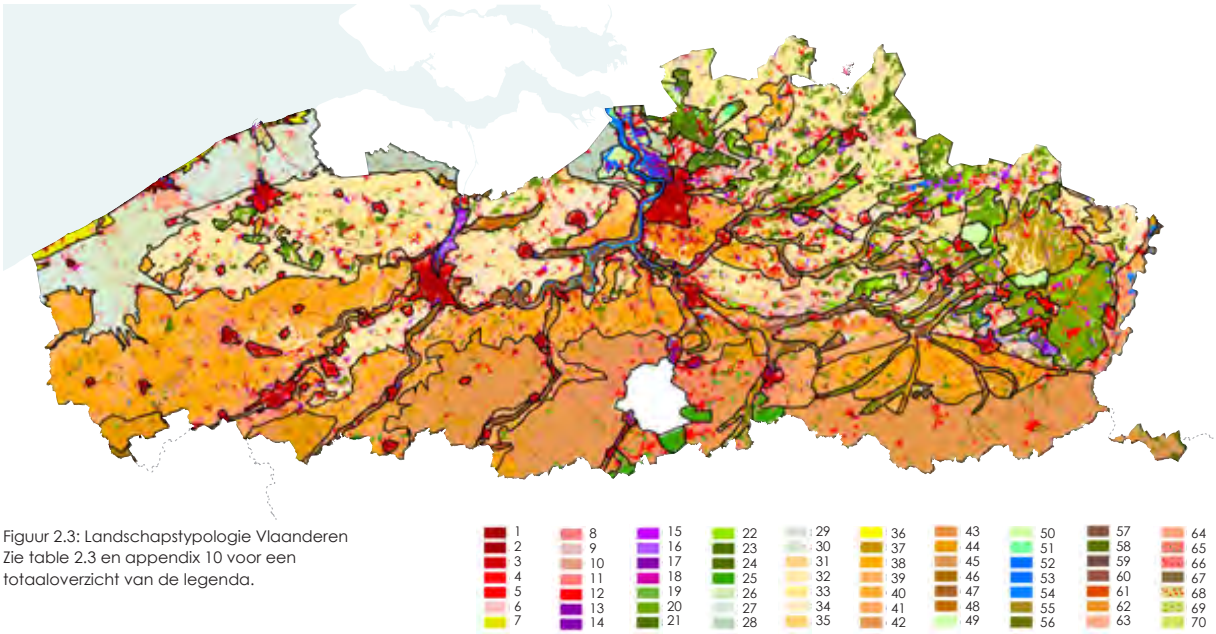
Figuur 2.2: De figuur links stelt het RGB-kleurenbeeld voor dat een combinatie is van de verschillende themalagen. Na de beeldsegmentatie wordt dit beeld opgesplitst in verschillende polygonen die de basis vormen voor de afbakening van landschappelijke eenheden (rechts).

### 2.2.1 Welke parameters bepalen de Vlaamse energielandschappen?

In kader van het project Energielandschappen werd gestart op basis van een eerder opgemaakte gebiedsdekkende typologie van Vlaanderen (Van Beveren en Van Eetvelde, 2013; Verhofstede et al., 2012) en werden de types gehergroepeerd in functie van hun mogelijkheden tot ontwikkelen van energielandschappen.
Deze typologie steunt op de methode zoals beschreven door Van Eetvelde (2007) en Van Eetvelde en Antrop (2009) toegepast voor een landschapskarakterisatie van België en op de methode ontwikkeld door Mücher et al. (2003) voor een Europese landschapsclassificatie.
Bij het opstellen van de typologie werden in de eerste plaats de parameters bepaald die het grootste onderscheid bepalen tussen de Vlaamse landschappen; zijnde het landgebruik, bodemkenmerken, topografie en de landschappelijke diversiteit. Voor deze parameters werden vervolgens verschillende themalagen geselecteerd die digitaal in een GIS beschikbaar waren: kaarten van bodemgebruik afgeleid uit de topografische kaart, bodemtextuur en -drainage afgeleid uit de Belgische bodemkaart en de topografie afgeleid uit een digitaal hoogtemodel (figuur 2.1).

De parameters worden in onderstaande paragraaf verder toegelicht:

1. Bodembedekking: De bodembedekking geeft het actuele gebruik van het land weer. Het actuele bodemgebruik werd afgeleid uit de Top10v-GIS kaart, de gegeneraliseerde categorieën worden opgelijst in tabel 2.1.
2. Op basis van het bodemgebruik kunnen bijvoorbeeld indicatoren afgeleid worden zoals de landschappelijke diversiteit, open versus gesloten landschappen, verharde versus onverharde oppervlakken, oppervlakte bebouwing als indicatie voor dakoppervlakte beschikbaar voor zonnepanelen en oppervlakte akkerlanden.
3. Bodemtextuur en -drainage: De textuur of korrelgrootte van de bodem is bepalend voor de mate waarin de bodem voedingsstoffen vast kan houden en water en lucht kan doorlaten. De natuurlijke afwatering van de bodem wordt bepaald door de doorlaatbaarheid en de gelaagdheid van de bodem (inwendige drainering) en de oppervlakkige afvloei (uitwendige drainering) en de diepte van de grondwaterspiegel (Van Ranst en Sys, 2000). Zowel bodemtextuur als -drainage worden afgeleid uit de bodemkaart (Ameryckx et al., 1995). Omwille van de complexiteit van de bodems in de kustvlakte is beslist om voor de textuur van de kustvlakte een aparte legende op te maken. De 'poldergronden' worden hierbij opgesplitst in




Figuur 2.3: Landschapstypologie Vlaanderen
Zie table 2.3 en appendix 10 voor een totaaloverzicht van de legenda.

verschillende subklassen (Van Ranst en Sys, 2000). Tabel 2.2 geeft de differentiële attributen die afgeleid werden uit de bodemkaart.

4. Absolute hoogte en mate van reliëf: de absolute hoogte en mate van reliëf als indicatie voor de topografie werden afgeleid van het digitaal hoogtemodel (resolutie 25 m). Deze twee variabelen bepalen mee het fysische systeem.

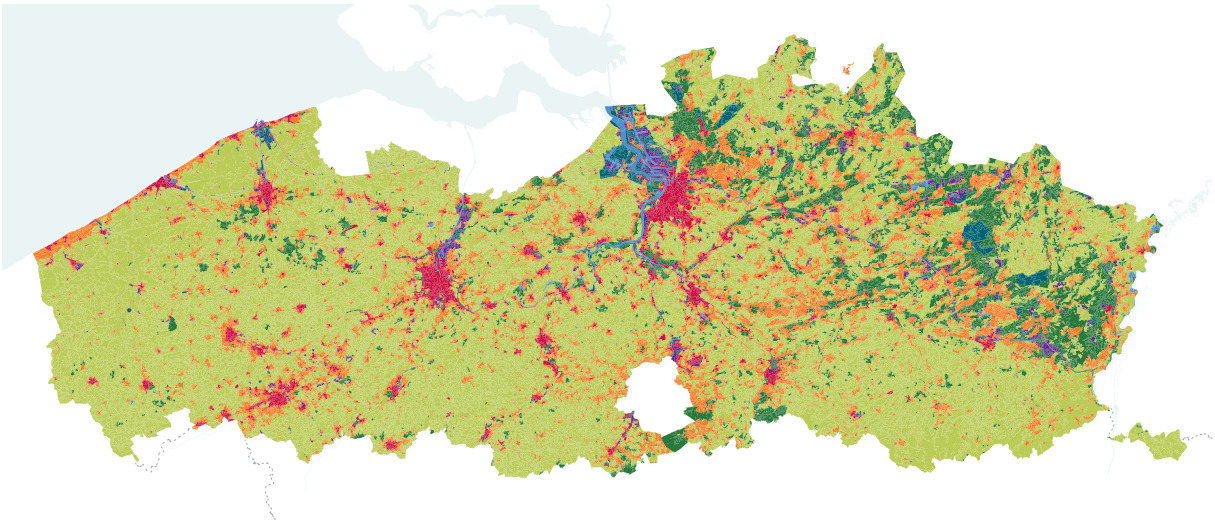
Ook binnen de opzet van deze studie rond energielandschappen zijn de geselecteerde parameters bruikbaar. Zo hebben windturbines theoretisch gezien op het land een hoger rendement in de hogere luchtlagen waar het harder waait. Daarom zullen windturbines vaak opgetrokken worden op hoger gelegen plaatsen of aan kustgebieden met zo weinig mogelijk obstakels die voor wrijving kunnen zorgen waardoor de windsnelheid afneemt. De parameters bodembedekking en topografie zullen dus sterk bepalend zijn voor de landschappen waarin windturbines als hernieuwbare bron kunnen geplaatst worden. Een andere voorbeeld is dat uit productie genomen cultuurgronden (braak liggende gronden) kunnen worden benut voor de teelt van energiegewassen als bijvoorbeeld koolzaad. De textuur van de bodem zal bepalen hoeveel voedingstoffen deze opneemt en de drainage van de bodem geeft onder meer aan hoe diep het grondwater zit en hoe goed de grond zichzelf

**Tabel 2.1 Samengevoegde categorieën bodembedekking afgeleid van de Top 10v-GIS**

| | Niveau 1 | Niveau 2 |
|---|---|---|
| 1 | Gesloten urbaan | Residentiële bebouwing, commerciële bebouwing, overheidsgebouwen, culturele gebouwen, sportcomplexen |
| 2 | Open Urbaan | Tuinen, grasperken, grafzones |
| 3 | Industrie | Industriële bebouwing, kale grond |
| 4 | Landbouw | Serre, boomkwekerij, boomgaard, weiland, akkerland |
| 5 | Bos | Naaldbos, loofbos, gemengd bos, populieren bos |
| 6 | Droge natuurlijke vegetatie | Heide, kruidachtige begroeiing |
| 7 | Natte natuurlijke vegetatie | Drasland en moeras, slikken en schorren, rietland |
| 8 | Infrastructuur | Wegeninfrastructuur |
| 9 | Water | Wateroppervlakken, rivieren, kanalen |

**Tabel 2.2 Attributen afgeleid van de bodemkaart**

| | Niveau 1 | Niveau 2 |
|---|---|---|
| 1 | Antropogene bodems | Bebouwde zones en waterlopen; kunstmatige gronden |
| 2 | Bodems kustvlakte | Landduinen; poldergronden (Historische Polders, Kustduinen, Oudland, Middelland, Nieuwland, Nieuwland van het Zwin, Moeren) |
| 3 | Bodemtextuur | Zand, zandleem, leem, klei, venig materiaal |
| A | Bodemdrainage (enkel in combinatie met 3) | Droog, nat, zeer nat |



draineert. Zandgronden zijn vaak ofwel aan de bovengrond zeer nat of op geringe diepte zeer droog waardoor er onvoldoende voedingstoffen aanwezig zijn of het te nat is voor het telen van gewassen. Akkerland zal dan meer te vinden zijn op zandleem-, leem- en poldergronden. Er is een zekere correlatie tussen landgebruik en bodemtextuur-drainage. Het zou bijvoorbeeld niet verstandig zijn om rijke bodems vol te zetten met biogewassen of zonnepanelen als dit ten koste gaat van vruchtbaar akkerland. In een sterk versnipperd Vlaanderen waar nog maar weinig ruimte over is, zal het belangrijk zijn de beschikbare ruimte nog optimaler te gebruiken. Zowel bodemdrainage als bodemtextuur zijn belangrijke factoren bij het inzetten op biomassa als hernieuwbare energiebron. De populier en wilg zijn twee boomsoorten die vaak gebruikt worden als biomassabron. Deze bomen groeien het best op leembodems met voldoende vochtvoorziening. Een goede kennis van de bodemtextuur- en drainage is dus essentieel om het Vlaamse landschap adequaat in te richten tot een energielandschap. Een gewestelijke (of federale) visie aan de hand van deze parameters (bodemtextuur, drainage) van dit model kan bij het denken over de energietransitie en de plaatsing van systemen goed van pas komen.

### 2.2.2 De parameters gecombineerd

Deze verschillende themalagen werden opgezet in beelden die werden gecombineerd tot een RGB-kleurenbeeld (elk beeld dat een themalaag voorstelt wordt gezien als één band in het RGB-kleurenbeeld). In een volgende stap werd het resulterende beeld met behulp van beeldverwerkingssoftware (Definiens Professional, voorheen eCognition) geanalyseerd, gesegmenteerd en geclassificeerd. De beeldsegmentatie gebeurt op basis van de patronen die te herkennen zijn in het RGB-kleurenbeeld. Dit resulteert in verschillende polygonen die op een hiërarchische manier kunnen worden samengevoegd naar landschappelijke eenheden (figuur 2.2).

De landschappelijke eenheden werden gecombineerd met de themalagen om op deze manier de verschillende parameters per eenheid te bepalen. Zo is het mogelijk om per landschappelijke eenheid de oppervlakte te berekenen van de verschillende bodembedekkingscategorieën of de gemiddelde hoogte en mate van reliëf. Op basis van de voorkomende types bodembedekking is een mate van heterogeniteit toegevoegd voor elke landschappelijke eenheid. Door middel van een clusteranalyse zijn in de volgende

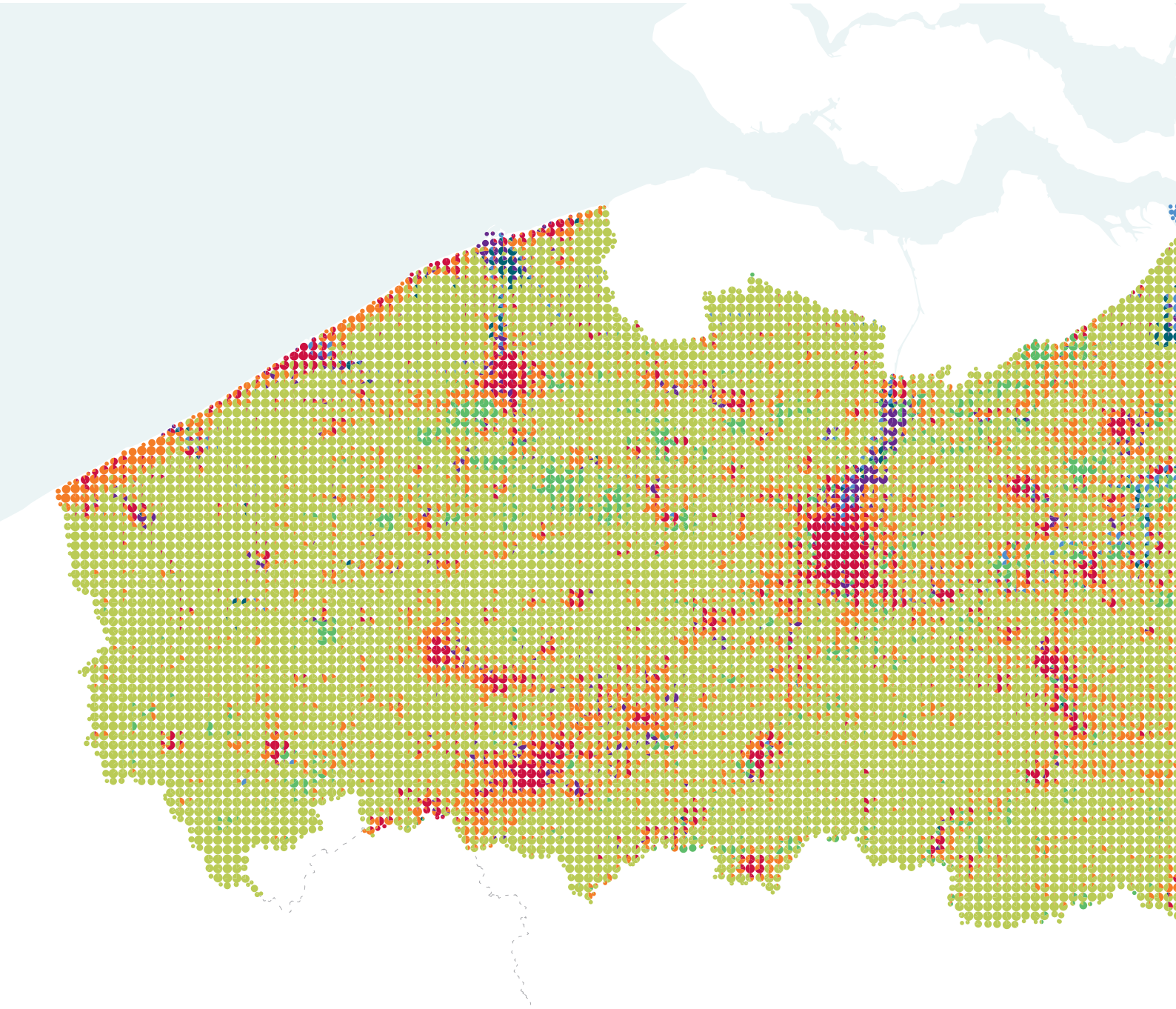
Figuur 2.4: Vereenvoudigde landschapstypologie Vlaanderen naar 7 hoofdtypes

stap 70 clusters onderscheiden, die benoemd werden als landschapstypes (figuur 2.3). Deze 70 landschapstypes die onderscheiden konden worden, zijn vervolgens samen gegroepeerd in 7 grotere legendecategorieën die de grote landschapstypes van Vlaanderen voorstellen (tabel 2.3). Een groep van vijftien van de 70 landschapstypen is aangeduid als complexen van landbouw en bos, landbouw en urbaan, bos en urbaan, natuur en landbouw. Naargelang het bodemgebruik dat het grootste aandeel inneemt worden deze verdeeld onder één van de zeven grote legendecategorieën. Naast een kleurcodering wordt een korte beschrijving van de verschillende types weergegeven. Infrastructuur is bewust niet als afzonderlijk landschaps-type meegenomen. Omdat het weefsel van infrastructuur in Vlaanderen zeer dicht is, is er voor gekozen het in alle landschapstypen mee te nemen.

## 2.2.3 Vertaling in functie van energielandschappen

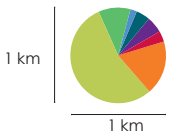
De voorgestelde landschapstypologie is zeer gedetailleerd, maar biedt de mogelijkheden om afgeleide typologieën voor te stellen in functie van andere doelstellingen, bijvoorbeeld energielandschappen. Hiervoor werd de Vlaamse landschapstypologie naar zeven hoofdtypes gereduceerd, namelijk gesloten urbane landschappen, open urbane landschappen, industriële landschappen, boslandschappen, landbouwlandschappen, landschappen met natuurlijke vegetatie en waterlandschappen. Deze 7 hoofdtypes zijn geen 'zuivere' types in de betekenis dat ze door het sterk versnipperde en multifunctionele landschap eerder moeten beschouwd worden als bijvoorbeeld 'complexen van urbane landschappen', waarbij het urbane landschap vaak een combinatie is van residentiële bebouwing met bijvoorbeeld landbouw- en bosgebieden, maar waarbij de residentiële bebouwing dominant aanwezig is.

Het doel van deze studie is om ondermeer te achterhalen waar men in Vlaanderen het best kan inzetten op hernieuwbare energiebronnen. Met andere woorden: welk landschapstype is bijvoorbeeld het meest geschikt voor windenergie en waar vinden we deze landschapstypes in Vlaanderen terug? Om dit alles te visualiseren en te interpreteren, is de kaart met de vereenvoudigde landschapstypologie van Vlaanderen omgezet in een matrixvorm. Hierbij werd over de kaart van de landschapstypologie een grid van cellen van 1 bij 1 km² gelegd. Per cel werd het oppervlakte-aandeel van de verschillende voorkomende landschapstypes

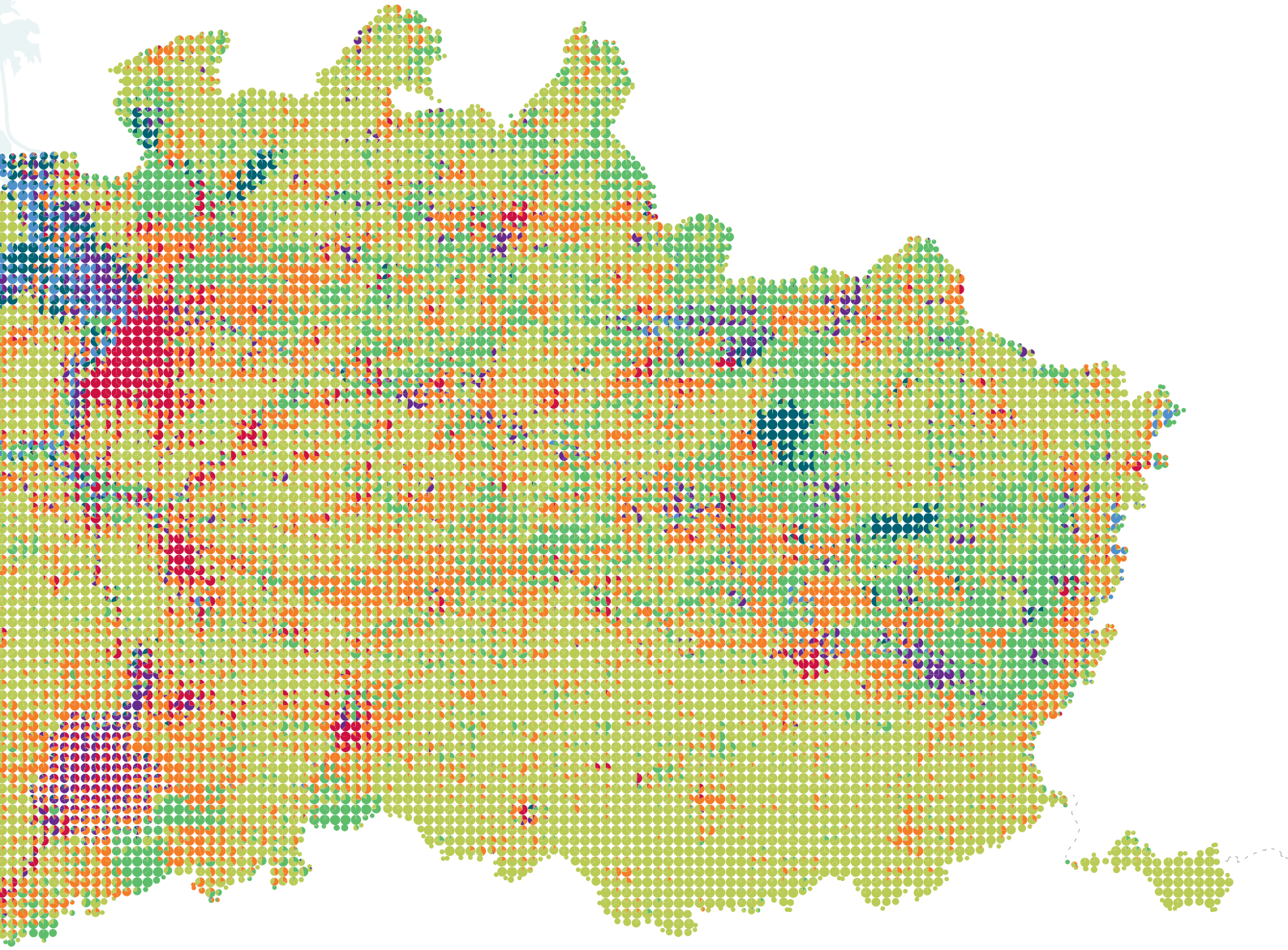


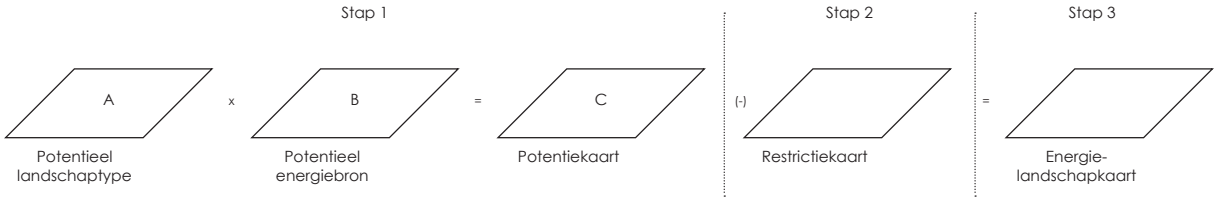
Figuur 2.5: Taartdiagrammenkaart van de landschapstypes

- Gesloten urbaan landschap
- Open urbaan landschap
- Industrielandschap
- Landbouwlandschap
- Boslandschap
- Waterlandschap
- Natuurlijke vegetatie




Taartdiagrammen gedetailleerde uitsnede van één km²






Figuur 2.6: Methodologie energielandschapskaarten

**Tabel 2.3: Overzicht hoofdtypes landschapstypologie**

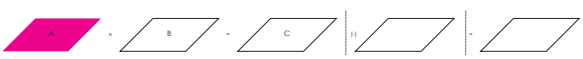
| Landschapstypes | |
|---|---|
| 1. Gesloten urbane landschappen | Subtype 1 t/m 12 |
| 2. Industriële landschappen | Subtype 13 t/m 18 |
| 3. Boslandschappen | Bodemdrainage (enkel in combinatie met 3) |
| a. op poldergronden | Subtype 19 |
| b. op zandige bodems | Subtype 20 t/m 23 |
| c. op zandlemige bodems | Subtype 24 |
| d. op lemige bodems | Subtype 25 |
| 4. Landbouwlandschappen | |
| a. op poldergronden | Subtype 26 t/m 30 |
| b. op zandige bodems | Subtype 31 t/m 37 |
| c. op zandlemige bodems | Subtype 38 t/m 41 |
| d. op lemige bodems | Subtype 42 t/m 45 |
| e. op kleiige bodems | Subtype 46 t/m 48 |
| 5. Natuurlijke vegetatie | |
| a. droge natuurlijke vegetatie | Subtype 49 t/m 50 |
| b. natte natuurlijke vegetatie | Subtype 51 |
| 6. Waterlandschappen | Subtype 52 t/m 54 |
| 7. Complex van landbouw- en boslandschappen | |
| a. op zandlemige bodems | Subtype 55 |
| b. op lemige bodems | Subtype 56 |
| c. op kleiige bodems | Subtype 57 t/m 59 |
| d. op venige bodems | Subtype 60 |
| 8. Complex van landbouw- en urbane landschappen | |
| a. op zandlemige bodems | Subtype 61 |
| b. op lemige bodems | Subtype 62 |
| c. op poldergronden | Subtype 63 t/m 66 |
| 9. Complex van bos- en urbane landschappen | Subtype 67 |
| 10. Complex van natuurlijke en landbouwlandschappen | Subtype 68 t/m 70 |

Bron: uitgebreide beschrijving: zie Van Beveren en Van Eetvelde, 2013 en Verhofstede et al., 2012.

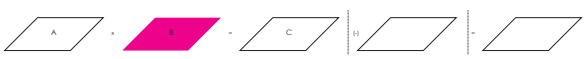
berekend en voorgesteld aan de hand van een taartdiagram per cel. Dit resulteerde in figuur 2.5, met daarnaast een gedetailleerde uitsnede van een cel. Deze matrixvorm maakt het nu mogelijk om per landschapstype een potentiële opbrengst per vierkante kilometer aan te geven voor elke hernieuwbare energiebron.

## 2.3 Naar energielandschapskaarten van Vlaanderen

In de volgende fase werden de landschapstypes geëvalueerd naar hun energiepotentie. Hiervoor is voor elke vierkante kilometer berekend hoeveel het energiepotentieel per hernieuwbare energiebron bedraagt, afhankelijk van de verschillende voorkomende landschapstypes. Voor vier energiebronnen (zonne-energie, windenergie, biomassa en geothermie – zie hoofdstuk energie) zijn de volgende stappen doorlopen zoals beschreven in het model weergegeven in figuur 2.6.
De aannames voor mogelijke opbrengst zijn verder uitgewerkt in hoofdstuk 3 Energie en de Appendices met infofiches per bron.

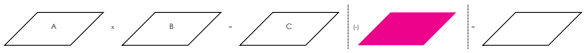


**Stap 1.A: potentieel van het landschapstype voor een energiebron**
Elke energiebron heeft een theoretisch maximale opbrengst waarde. Deze waarden per hernieuwbare energiebron werden opgenomen in de infofiches per energiebron (zie hoofdstuk energie). Het overzicht in figuur 2.7 geeft aan voor elke energiebron welk landschapstype er geschikt of uitgesloten is.

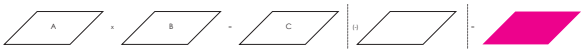


**Stap 1.B: potentieel energiebron**
De tweede parameter is het potentieel per energiebron. Deze gradiëntkaart geeft aan wat bijvoorbeeld de zoninstraling of potentie wind is in ieder deel van Vlaanderen. De maximale instraling in Vlaanderen krijgt een waarde 1 vervolgens worden alle andere stralingswaarden herschaald tussen 0 en 1.

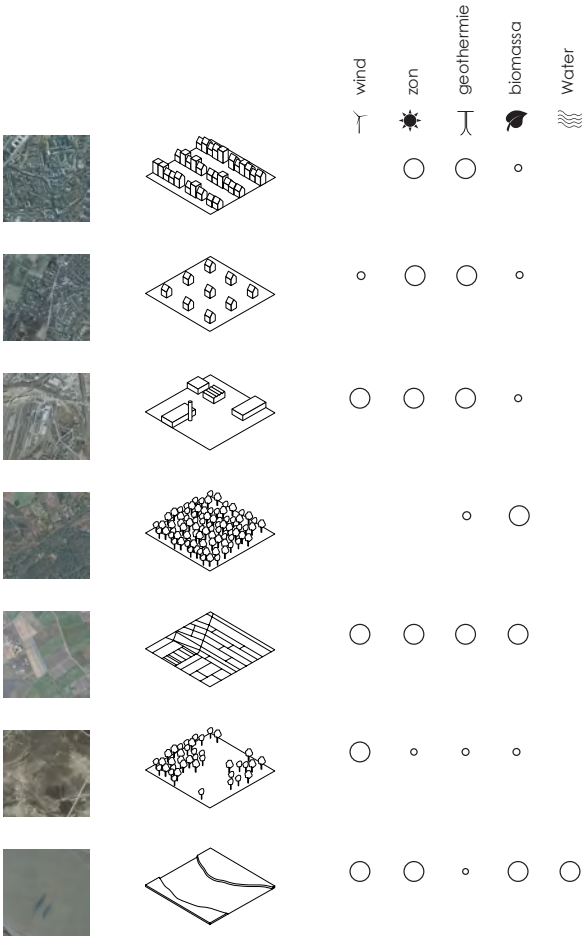
**Stap 1.C: potentiekaart**
Ten slotte wordt de berekende opbrengst voor elke cel (1.A) vermenigvuldigd met de factor (1.B) wat resulteert in de maximale potentie die er mogelijk is rekening houdend met de aanwezige landschapstypes binnen de cel van een vierkante kilometer (1.C). Hoe donkerder de kleur van een cel hoe hoger het rendement, hoe lichter de cel kleurt hoe lager het verwachte rendement.



**Stap 2: restrictiekaart**
Vervolgens wordt boven de potentiekaart de restrictiekaart gelegd. Deze restrictiekaart geeft aan waar het wettelijk uitgesloten is om bijvoorbeeld windturbines te plaatsen. Zo mogen windturbines niet in natuurgebieden geplaatst worden, geothermiecentrales niet in gebieden voor oppervlaktewater- en grondwaterwinning. Donkere zones zijn hier de plaatsen waar het onmogelijk is om de energiebron te gebruiken, wit zijn de zones waar het wel kan. Hierbij moet opgemerkt worden dat de wet- en regelgeving dynamisch is en over de tijd kan veranderen.



**Stap 3: Energielandschapskaart**
De potentiekaart verminderd met de restrictiekaart resulteert in de uiteindelijke energielandschapskaart, waarin enkel de plaatsen overblijven waar men het best kan inzetten op hernieuwbare energie. Hoe donkerder het gebied hoe geschikter het gebied is voor de weergegeven energiebron.




Figuur 2.7: Overzicht globale geschiktheid landschapstypes per energiebron. In deel 2 van deze rapportage staan de nauwkeurige berekeningscriteria uitgeschreven welke bij de totstandkoming van het datamodel voor dit onderzoek zijn gehanteerd.

## 2.4 Deelconclusies landschappen

**Landschapstypen**
De landschapstypekaart, die een beeld geeft van het Vlaamse landschap in al zijn complexiteiten, rekening houdend met zowel bodembedekking, bodemtextuur en -drainage en hoogtes, geeft op meerdere niveaus inzicht in de energetische mogelijkheden van het landschap. De kaart is de basis voor de potentiekaarten van de verschillende energiebronnen waardoor een globale inschatting van de mogelijkheden zichtbaar wordt. Vooral op de schaal van Vlaanderen wordt duidelijk waar de plaatsing van bijvoorbeeld zonnepanelen op delen van agrarisch gebied het best zou kunnen renderen.
**Aan de hand van de landschapstype kaart kan op gewestelijk niveau worden vastgesteld welke gebieden wenselijk en minder wenselijk zijn voor de plaatsing van windturbines, zonnepanelen of biomassa.**

**Complexen van landschapstypen**
Omdat voor dit onderzoek de 70 originele landschapstypes zijn vereenvoudigd naar zeven globale types, is er een groot aantal verschillende soorten landgebruik terug te vinden in de types die niet per se dezelfde energetische mogelijkheden hebben als het hoofdtype. Een voorbeeld hiervan is infrastructuur maar er kan ook gedacht worden aan begraafplaatsen. De energetische mogelijkheden van deze gebieden zijn beperkt. Dit geeft weer aan dat de werkelijke energetische potentie lager zal zijn dan de theoretische potentie welke uit het model naar voren komt.
**Met de kennis van nu, zou het zinvol zijn om het datamodel en daarmee de indeling van de landschapstypen verder te ontwikkelen en te specificeren. Serres en akkerbouw zijn nu bijvoorbeeld beide in het landbouwlandschap ondergebracht, terwijl serres een grote warmtevraag hebben en andere inpassingsmogelijkheden voor hernieuwbare energie dan akkerland. Deze verdere nauwkeurigheid vereist een verdieping van het datamodel en het voorliggende onderzoek.**

**De nauwkeurigheid van het model**
In het model zijn landschapstypen met een kleiner oppervlakte dan 1 ha niet beschouwd, maar als onderdeel van een aangrenzend type meegenomen. Een landschapstype is dus per definitie een complex waarin bijvoorbeeld verschillende soorten landgebruik terug te vinden zijn (zie appendix 2). Dit betekent dat bijvoorbeeld in het landschapstype landbouwlandschap, ook woningen staan, of dat er water kan zijn in een industrielandschap. Uit ons onderzoek blijkt dat landbouwlandschap geschikt is om windturbines in te plaatsen, maar omdat er ook woningen in dit landschap staan, zal een veel minder groot deel van dit landschap in werkelijkheid geschikt zijn voor de plaatsing van turbines. De theoretische potentie die door middel van het datamodel is berekend is hierdoor slechts een benadering van de werkelijke potentie. Voor de plaatsing van windturbines geeft de nabijheid van woningen tal van restricties, in verband met de veiligheid en de overlast (geluid en slagschaduw). De potentie voor windturbines hangt dus sterk samen met de heterogeniteit van het landschap. Het versnipperde Vlaamse landschap zorgt voor een grote heterogeniteit.
**Hoewel het model niet exact is, geeft het wel een globaal beeld van de situatie in Vlaanderen. De potentiekaarten die gegenereerd zijn aan de hand van deze kaart geven dus ook de globale potentie weer. De waarden uit het model moeten dus beschouwd worden als theoretische streefwaarden.**

# 3 Energie

# 3 Energie

## 3.1 Hernieuwbare energiesystemen

In hoofdstuk één is de noodzaak van een hernieuwbare energietransitie uiteengezet. Er bestaan tal van mogelijke strategieën om de inpassing van hernieuwbare energie in het landschap te benaderen. In deze studie is echter gekozen om niet vanuit de aanwezige vraag te vertrekken of vanuit een gewenste landschappelijke inpassing van bepaalde technologieën. Om het begrip energielandschap op een brede manier te benaderen, is er gekozen om vanuit de energetische en landschappelijke potentie per geografische locatie te vertrekken, zoals in deel twee is beschreven. Dit geeft inzicht in de relevantie van het aanwenden van bepaalde bronnen in een bepaalde regio. Ter illustratie van dit uitgangspunt een kort voorbeeld: In de regio Limburg zijn de laatste jaren almaar meer windturbines bijgekomen omdat de ruimtelijke condities voor het inplanten van een turbine hier nog relatief gunstig zijn. Toch blijkt uit metingen van de windsnelheden in Vlaanderen dat deze regio zeker niet het meeste potentieel heeft voor de opwekking van windenergie, integendeel zelfs. Er werd voor deze regio meer vanuit ruimtelijke en sociaal-economische condities gedacht dan vanuit een energetisch landschappelijk vertrekpunt.

Er kan geen uitspraak gedaan worden over hernieuwbare energieproductie zonder ook de distributiezijde mee te nemen. Het opwekken van hernieuwbare warmte is bijvoorbeeld onlosmakelijk gekoppeld aan warmtenetten. Wanneer het over hernieuwbare energieproductie gaat, kan ook het vraagstuk van gelijktijdigheid of balancing niet weggelaten worden. Het is ondertussen algemeen gekend dat het huidige energienet in Vlaanderen niet voldoende opgewassen is tegen de sterke fluctuaties in de productie van hernieuwbare energie. Daarnaast zijn een aantal bronnen zoals wind en zon niet altijd makkelijk te controleren en lopen energievraag en productieaanbod vaak niet samen. Om dit geheel van vraag en aanbod op een efficiënte manier te laten samenwerken en om hernieuwbare energieproductie een betere kans te geven, is het noodzakelijk om de vraagstukken over buffering en smart grids ook mee te nemen in dit onderzoek. Door het aanwenden van een buffer voor warmte en/of elektriciteit kan de opgewekte energie gedurende middellange of lange tijd gestockeerd worden. Wanneer er weinig vraag is, wordt prioritair de buffer opgeladen om deze later bij een grote vraag en een lage productie terug vrij te geven om zo de pieken en de dalen op te vangen. Het smart grid voorziet in een complexe communicatie tussen de verschillende productiesystemen, de verbruikers en de buffers om deze optimaal te laten samenwerken door bijvoorbeeld tijdig de geproduceerde energie richting gebruiker of richting buffer te sturen. Een aantal van deze buffer- en distributiemethodes hebben ook sterke ruimtelijke consequenties en dienen dus zeker mee genomen te worden in het vraagstuk over de ruimtelijke inpassing van hernieuwbare energieproductie.

- Wind
- Zon
- Biomassa
- Waterkracht
- Diepe geothermie
- Buffer
- Warmtenetten
- Smart grids

Voor elk van deze bronnen, distributiemethodes en voor buffering werd een infofiche ontwikkeld (zie appendices). Voor de productiebronnen zijn daarnaast nog een aantal potentiekaarten voor Vlaanderen gemaakt aan de hand van de methode die in het hoofdstuk Landschap is toegelicht.

## 3.2 Infofiches per bron en per distributiemethode

Het doel van deze infofiches is om een goed inzicht te krijgen in de bron en de technologieën die aangewend kunnen worden om deze bron te benutten alsook de verschillende mogelijkheden tot buffering en transport van warmte en elektriciteit. Elke fiche is opgebouwd volgens hetzelfde stramien en geeft antwoord op een aantal vragen:

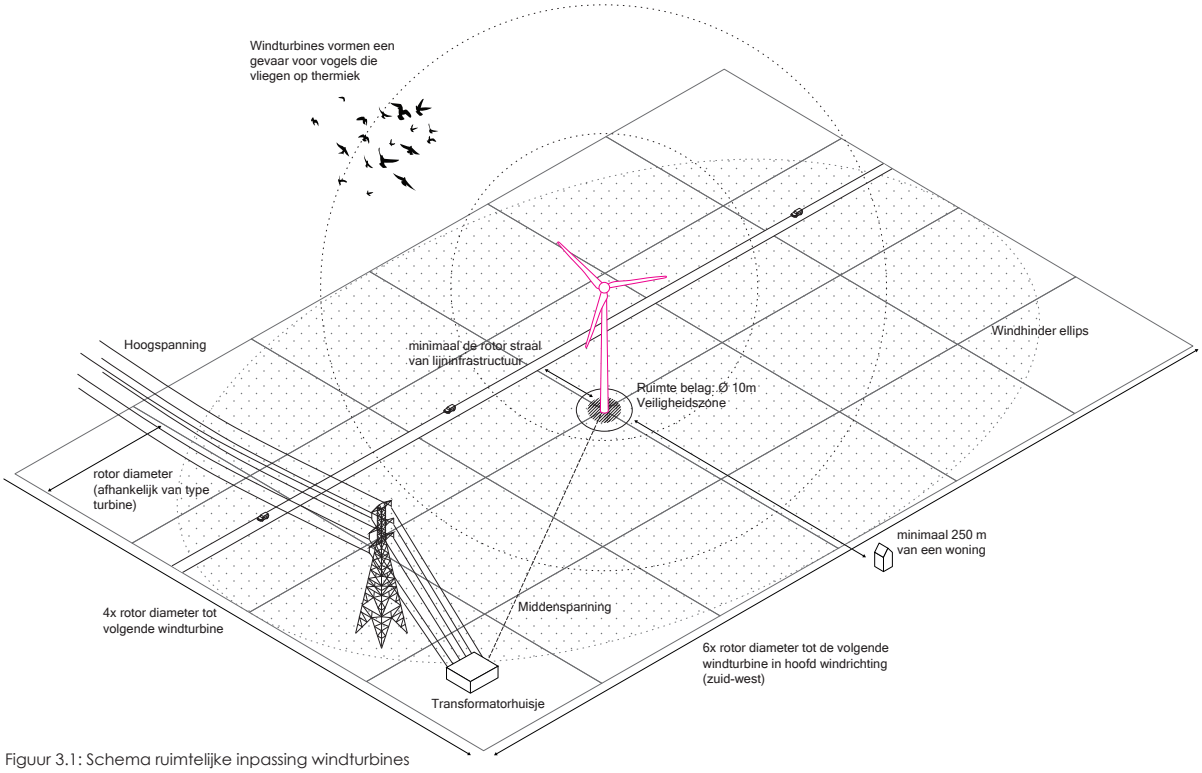
- Welke technologieën zijn mogelijk en wat is de maturiteit van de technologie?
- Wat zijn de voor- en nadelen van het systeem?
- Wat is de ruimtelijke impact en het visueel voorkomen?
- Wat is de compatibiliteit en welke zijn de uitwisselingsmogelijkheden met andere functies?
- Welke locaties in Vlaanderen hebben het grootste bronpotentieel (kaarten)?
- Wat is de relevant toepasbare schaal en de eventuele kritische massa om het systeem optimaal te benutten?
- Een kort overzicht van de beleidsvisie terzake in Vlaanderen:
  - Welk kader bestaat vandaag? (huidige wetgeving, opgelegde beperkingen)
  - Waar wil men met de bron/systeem/technologie naartoe? (toekomstperspectieven)
  - Hoe wil men daar geraken? (innovatietrajecten, subsidiemechanismen)

Elke fiche heeft geleid tot een grafisch systeemdiagram van de besproken bron of distributiemethode waarop de belangrijkste ruimtelijke info verzameld is (zie appendices voor infofiches). Het is al langer geweten dat waterkracht in Vlaanderen niet veel potentieel heeft met de huidige technieken. Na een korte literatuurstudie van waterkracht in België en meer bepaald in Vlaanderen, werd dan ook besloten om deze bron niet langer mee te nemen in de uitwerking van deze studie.

## 3.3 Potentiekaarten voor Vlaanderen per energiebron

Het doel van de potentiekaarten was onder meer om te achterhalen in welke regio's welke energiebronnen het meeste potentieel hebben en of dit potentieel al dan niet compatibel is met de aanwezige landschapstypologieën. Om deze vergelijking te kunnen maken werden, gelijktijdig met het opmaken van de infofiches, ook potentiekaarten per bron opgemaakt. Bij de opmaak van alle kaarten werd een grid van 1km op 1km gedefinieerd als basis. Op ditzelfde grid werd ook de potentie van elke bron berekend. De bekomen matrixvorm laat toe om per km² een analyse te maken van de aanwezige bronnen en hun onderlinge verhouding en een ruwe inschatting van het theoretische opwekkingspotentieel per energiebron. Om een analyse te kunnen maken op dergelijk grote schaal, zijnde heel Vlaanderen, werden de kaarten vereenvoudigd opgesteld. Onderstaand wordt beschreven hoe er te werk gegaan is voor de potentieberekening van elke energiebron.

## 3.4 Windenergie




Figuur 3.1: Schema ruimtelijke inpassing windturbines

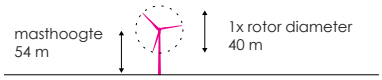
Om tot een inschatting van het windpotentieel in Vlaanderen per km² te komen, werd rekening gehouden met de spreiding van de windsnelheden op een hoogte van ca. 100m (zie fig. 3.4). Deze variatie in windsnelheden, die uitgedrukt wordt in m/s, werd omgezet in een potentiële opbrengst door te rekenen met een windturbine van 2MW met gemiddeld 2000 vollasturen/jaar. Er werd voor dit type turbine gekozen omdat het momenteel het meest voorkomende type in Vlaanderen is. Bij grotere turbines zal er logischerwijs meer energie opgewekt kunnen worden voor dezelfde windsnelheden.
Dit is een voorbeeld van de vereenvoudiging die doorgevoerd werd, zoals eerder besproken. De inplanting van het aantal turbines mogelijk binnen 1km² werd bepaald op basis van de algemeen geldende afstandsrestricties zoals gedetailleerd weergegeven in de infofiche Wind. Hier geldt opnieuw dat als er met grotere turbines gewerkt wordt, het aantal per km² zal wijzigen en de productie per km² dus ook zal wijzigen.

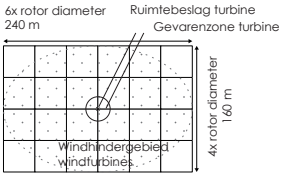
Dit geeft een theoretisch maximaal potentieel wanneer geen rekening gehouden wordt met het landschap waarin deze turbines al dan niet geplaatst kunnen worden. Om tot een meer toegepast potentieel te komen, werd deze kaart gecombineerd met de landschapskaarten voor open en gesloten urbaan landschap vanuit het uitgangspunt dat deze gebieden zeker niet in aanmerking komen voor het plaatsen van windturbines.
De samenvoeging van het theoretische windpotentieel en de landschappelijke invulling geeft volgende conclusiekaart (fig. 3.5) waaruit een totaal potentieel voor Vlaanderen of een gemiddeld potentieel/km² gehaald kan worden. De effectieve opwekking vandaag verschilt zeer sterk van dit potentieel, net door de vele bijkomende ruimtelijke restricties die opgelegd worden. Men kan zich dan ook de vraag stellen of bepaalde restricties niet herzien dienen te worden om de integratie van hernieuwbare productie te bevorderen.
Lange tijd gold de bepaling dat windturbines op een afstand van minimaal 250 meter van een nabijgelegen woning konden worden geplaatst. Deze stelregel heeft vandaag nog effect op de wijze waarop windturbines zijn gepositioneerd en windparken kunnen worden uitgebreid, ondanks dat de wetgeving op dit punt is genuanceerd. Deze wettelijke restricties worden meer in detail weergegeven in de infofiche in deel 3.

## Ruimtebeslag technologieën

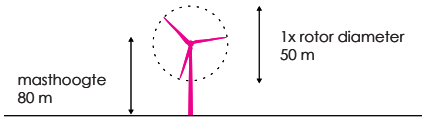
### Mildelgrote turbine

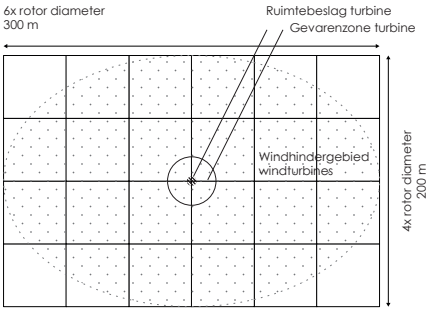
| | |
|---|---|
| Vermogen | 500 kW |
| Masthoogte | 54 m |
| Rotordiameter Ø | 40 m |
| Jaar | 1990 |



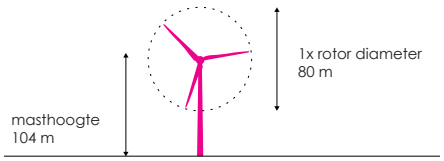

| | |
|---|---|
| Vermogen | 800 kW |
| Masthoogte | 80 m |
| Rotordiameter Ø | 50 m |
| Jaar | 1995 |

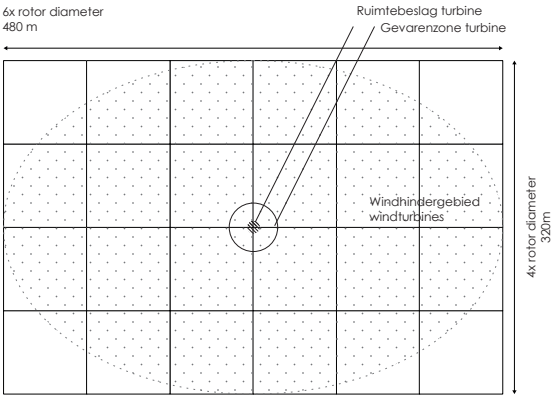



### Grote turbine

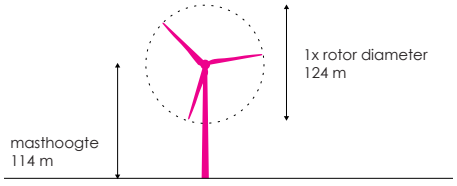
| | |
|---|---|
| Vermogen | 2.000 kW |
| Masthoogte | 104 m |
| Rotordiameter Ø | 80 m |
| Jaar | 2000 |

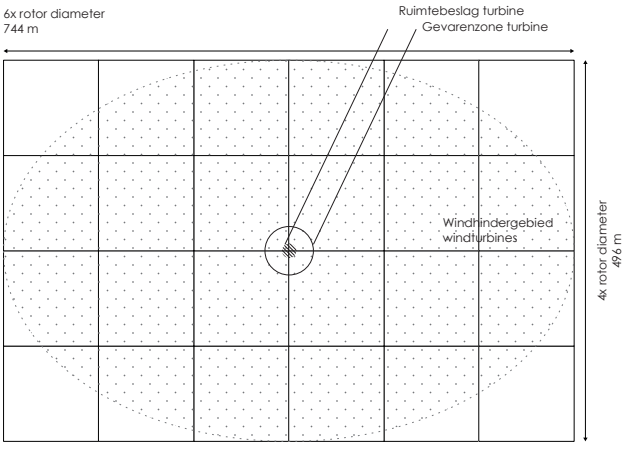


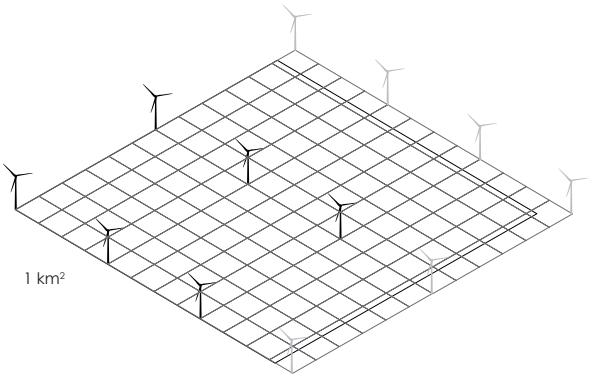

### Offshore turbine

| | |
|---|---|
| Vermogen | 5.000 kW |
| Masthoogte | 114 m |
| Rotordiameter Ø | 124 m |
| Jaar | 2005 |



**Theoretische inpassing per vierkante kilometer**

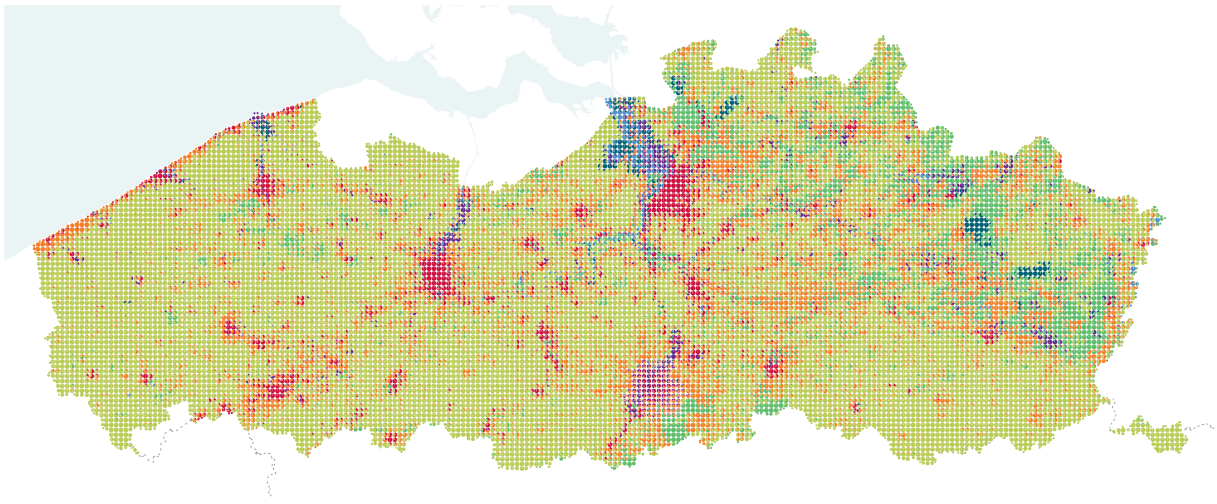



Figuur 3.2: Ruimtelijke inpassing windturbines per vierkante kilometer

**Theoretische opbrengst per vierkante kilometer**

Windturbines hebben ruimte nodig om genoeg wind te vangen. De turbines dienen zes keer de rotordiameter uit elkaar te staan in de meest voorkomende windrichting (ZW) en vier keer in de richting hier recht op. Voor 2 MW turbine is 4 x 6 rotor diameter, (voor 2 MW is de rotor diameter 80 m) dus 480 x 320=153.600 $m^2$.
1.000.000 / 153.600= 6,5 turbines in een $km^2$. Bij een gemiddeld aantal vollasturen van 2.000 geeft dit een totaal van 2MW x 6,5 x 2.000 =**26.000 MWh/$km^2$/jaar.**

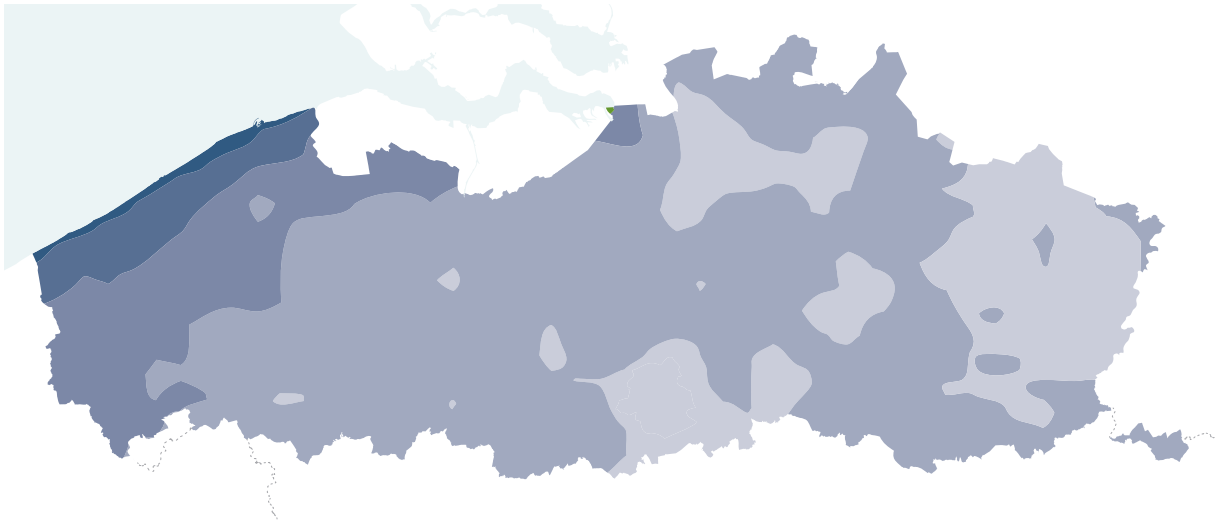
Taartdiagrammen kaart landschapstype



Figuur 3.3: Taartdiagrammen kaart landschapstype

| | |
|---|---|
| Gesloten urbaan landschap: | Geen windturbines wenselijk |
| Open urbaan landschap: | Geen windturbines wenselijk |
| Industrielandschap: | Windturbines mogelijk |
| Landbouwlandschap: | Windturbines mogelijk |
| Boslandschap: | Windturbines mogelijk |
| Waterlandschap: | Windturbines mogelijk |
| Natuurlijke vegetatie: | Windturbines mogelijk |

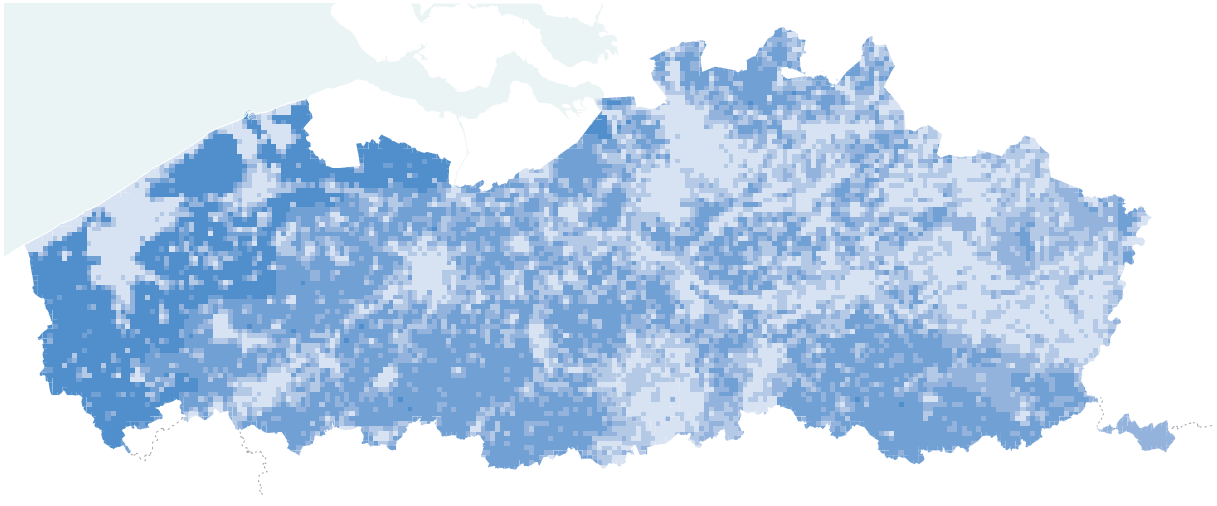
## Bronpotentieel wind Vlaanderen



Figuur 3.4: Kaart bronpotentieel wind Vlaanderen

| | |
|---|---|
| 4.000 MWh/j/km² | AEP < 5 (= factor 0.5) |
| 5.000 MWh/j/km² | AEP 6-5 (=factor 0.625) |
| 6.000 MWh/j/km² | AEP 7-6 (=factor 0.75) |
| 7.000 MWh/j/km² | AEP 8-7 (= factor 0.875) |
| 8.000 MWh/j/km² | AEP range > 8 (= factor 1) |

## Theoretische potentiekaart windenergie Vlaanderen

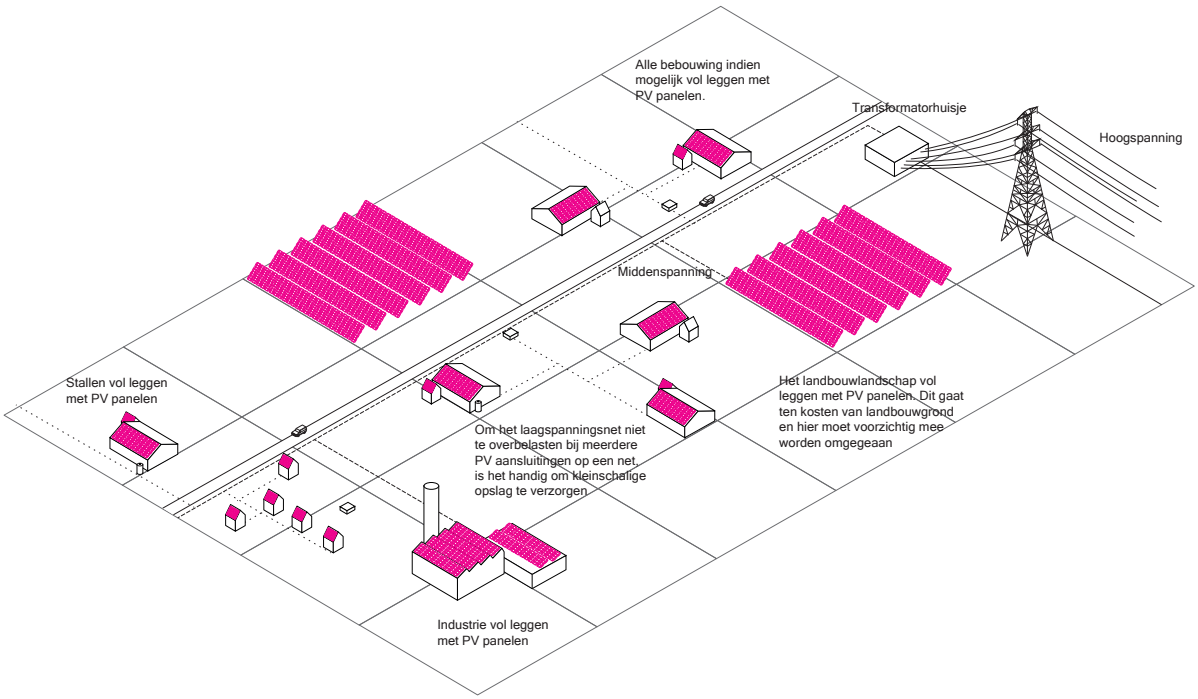


Figuur 3.5: Theoretische potentiekaart windenergie Vlaanderen

| |
|---|
| 0 - 4.424 MWh/j/km² |
| 4.424 - 10.025 MWh/j/km² |
| 10.025 - 13.915 MWh/j/km² |
| 13.915 - 16.250 MWh/j/km² |
| 16.250 - 26.000 MWh/j/km² |

Verdeling uitgedrukt in quintielen (automatisch berekend)

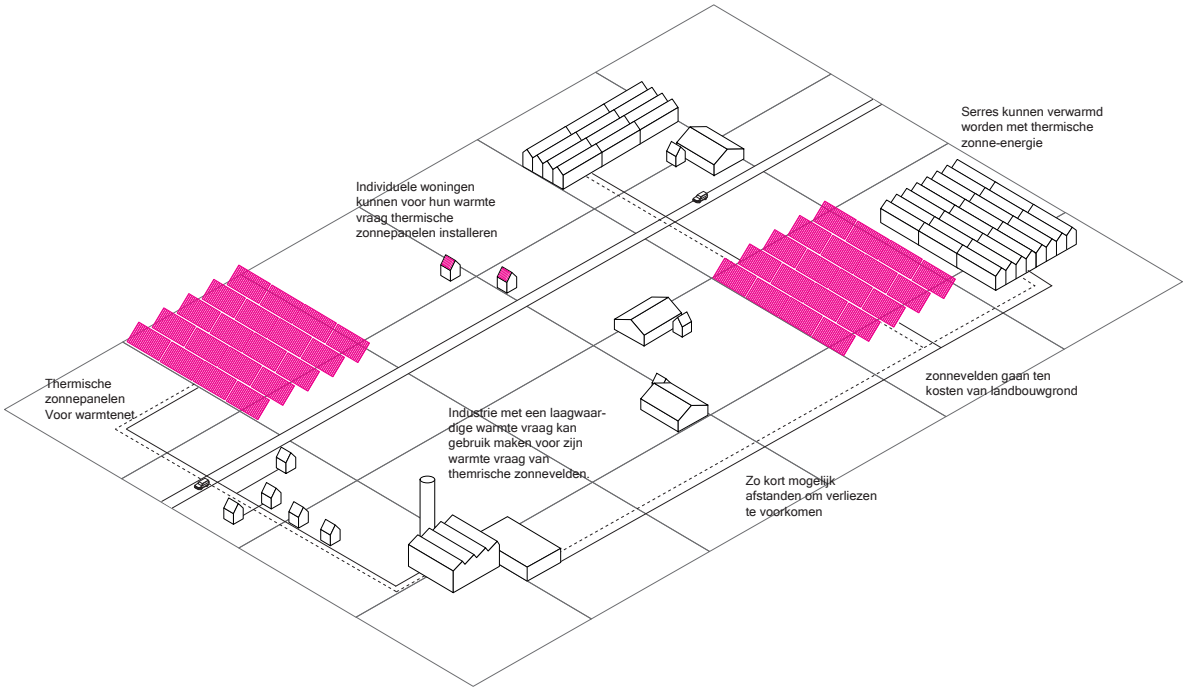
## 3.5 Zonne-energie




Figuur 3.6: Schema ruimtelijke inpassing fotovoltaïsche panelen

Zonne-energie kan via verschillende systemen omgezet worden in elektriciteit of warmte. Voor deze studie werd enkel uitgegaan van fotovoltaïsche zonnepanelen voor de omzetting naar elektriciteit en zonnecollectoren voor de omzetting naar warmte. Grootschaligere systemen zoals CSP's (Concentrated Solar Power) worden hier buiten beschouwing gelaten omdat deze binnen de Vlaamse context niet in aanmerking komen. De nieuwere systemen waarbij een cogeneratie van zonne-energie aangewend wordt, werden eveneens niet meegenomen omdat dit nog in de beginfase van de technologische ontwikkeling zit. Dit heeft echter wel heel wat potentieel en dient zeker in het achterhoofd gehouden te worden. Figuur 3.9 geeft een indicatie van de potentiespreiding voor zonne-instraling in Vlaanderen.

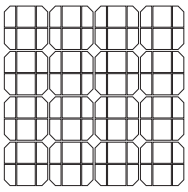
Omdat ook hier weer niet elk type landschap even geschikt is voor de inplanting van dergelijke panelen worden een aantal types buiten beschouwing gelaten. Zo komen boslandschappen, waterlandschappen en landschappen met natuurlijke vegetatie niet in aanmerking. Specifiek voor deze energiebron is eerst gekeken wat de dakoppervlakte (op basis van landgebruik, met name bebouwing) bedraagt in elke cel. Hier geldt immers dat ruwweg slechts 50% van de beschikbare dakoppervlakte in aanmerking komt voor zonne-energie. Er moet rekening gehouden worden met de optimale oriëntatie van de panelen, het verlies door schaduw en plaatsing van panelen onder een hoek. Ook niet elk dakoppervlak is geschikt, denk hier bij maar aan kerktorens e.d.. Voor landbouwlandschappen geldt dezelfde redenering dat 50% van het dakoppervlak van de gebouwen in deze landschappen in aanmerking komt. Daarnaast zou een deel van het agrarisch gebied meegenomen kunnen worden voor ground mounted installaties. Voor de inschatting van de potentie van deze toepassing is een aanname gedaan van 10% van het landbouwareaal als mogelijk te benutten gebied. Een mogelijke toepassing hiervan kan zijn dat zonne-energie als wisselteelt gezien kan worden. Dezelfde redenering is gevolgd bij het berekenen van het potentieel bij thermische zonnepanelen. Aangezien fotovoltaïsche en thermische zonnepanelen nooit samen op dezelfde plaats kunnen voorkomen, werd uitgegaan van een ratio in ruimtebeslag van 70% (fotovoltaïsche) en 30% (thermische) om tot een totaalpotentieel voor Vlaanderen te komen. Deze verhouding is een ruwe aanname op basis van de stijgende elektriciteitsvraag en een dalende toekomstige warmtevraag en is voor discussie vatbaar.



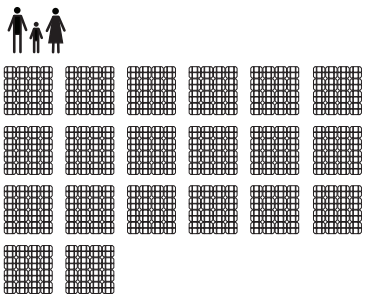

Figuur 3.7: Schema ruimtelijke inpassing thermische zonne-collectoren

**Zonne-energie technologieën**

Fotovoltaïsche panelen

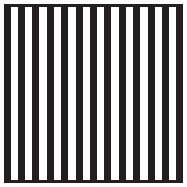


Meest gebruikte technologie:
kristallijn pv-panelen.
Dit is een mature technologie.
Opbrengst:
1 kWp /10 m² dakoppervlak
90.000 MWh/km²/jr

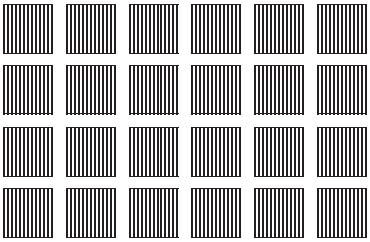


24 m² pv-panelen per gezin is nodig om het gemiddelde jaarlijkse elektriciteitsbehoefte te voldoen.*

Zonne-collectoren



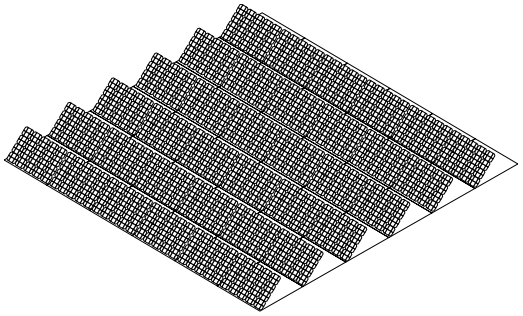
Vlakkeplaat- of vacuümbuiscollector in combinatie met warmwaterboiler.
Dit is een mature technologie.
Opbrengst:
1 kW /7 m² dakoppervlak
400.000 MWh/km²/jr

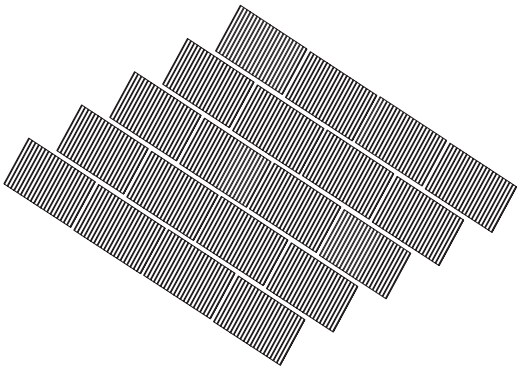


58 m² panelen per gezin is nodig om het gemiddelde jaarlijkse warmte behoefte te voldoen.*

*bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin: www.vreg.be

**Theoretische inpassing per vierkante kilometer**





**Theoretische opbrengst per vierkante kilometer**

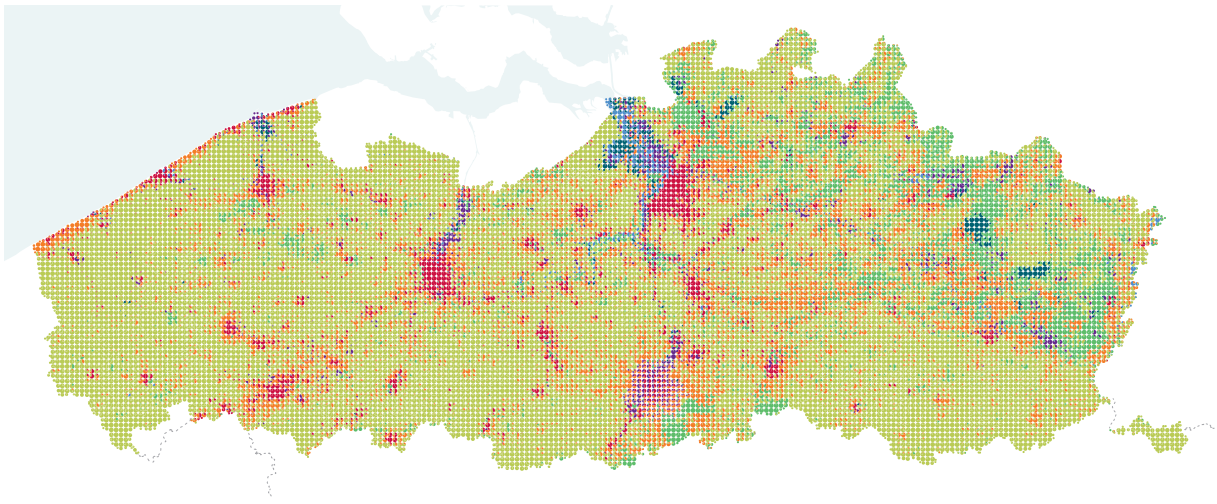
Opbrengst van PV-panelen per 10m² is ca. 1kWp. Eén paneel heeft ongeveer 900 vollasturen/jaar. De opbrengst is dan ca. **90.000 MWh/km²/jaar**.

kengetallen:
10m² dakoppervlakte bevat ca. 1kWp geinstalleerd vermogen rekening houdend met de hellingsgraad en onderlinge afstand van de panelen.
900 vollasturen/jaar al wordt vandaag in de EPB-software nog met 870u/j gerekend. We zien echter in de monitoring van operationele installaties dat dit de laatste jaren steeds vaker in de buurt van 900u/j en meer komt.

Opbrengst voor thermische zonne-collectoren is ca. **400.000 MWh/km²/jaar**.

kengetallen:
7m² dakoppervlakte bevat ca. 1kWp geinstalleerd vermogen.900 vollasturen/jaar al wordt vandaag in de EPB-software nog met 870u/j gerekend.
De jaarlijkse opbrengst van 1 kWp ligt rond ca. 2800kWh/jaar of dus ca. 400kWh/m²/jaar.

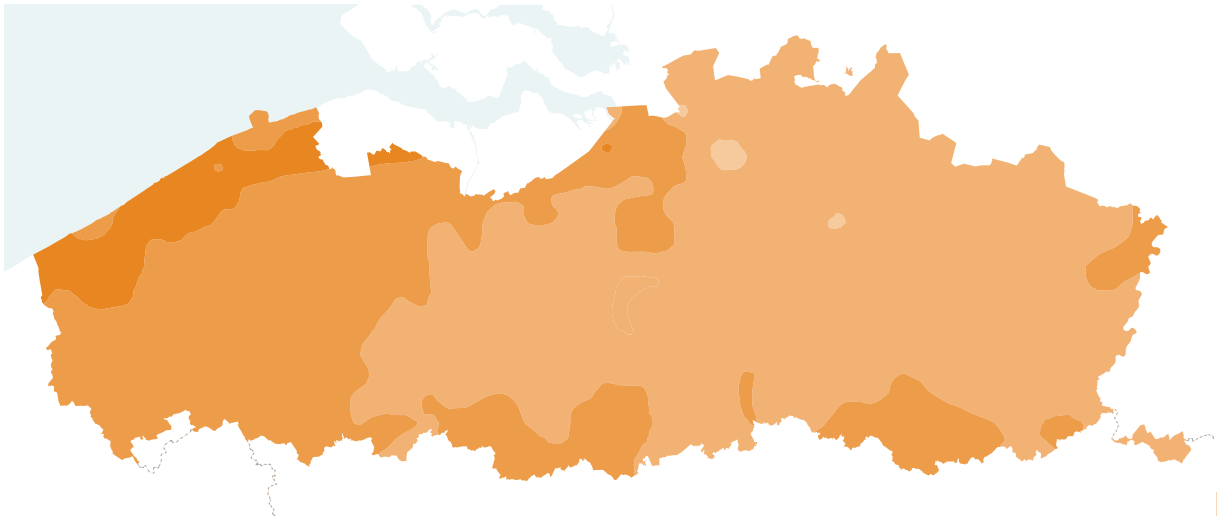
Taartdiagrammen kaart landschapstype



Figuur 3.8: Taartdiagrammen kaart landschapstype

| | |
|---|---|
| Gesloten urbaan landschap | 0,5 x dakoppervlakte in dit gebied |
| Open urbaan landschap | 0,5 x dakoppervlakte in dit gebied |
| Industrielandschap | 0,5 x dakoppervlakte in dit gebied |
| Landbouwlandschap | Geen potentieel |
| Boslandschap | Landbouw: 0,5 x dakoppervlakte in dit gebied + 0,1 x (totale opp van dit gebied - dakoppervlakte) |
| Natuurlijke vegetatie | Geen potentieel |
| Waterlandschap | Geen potentieel |

## Bronpotentieel zon Vlaanderen

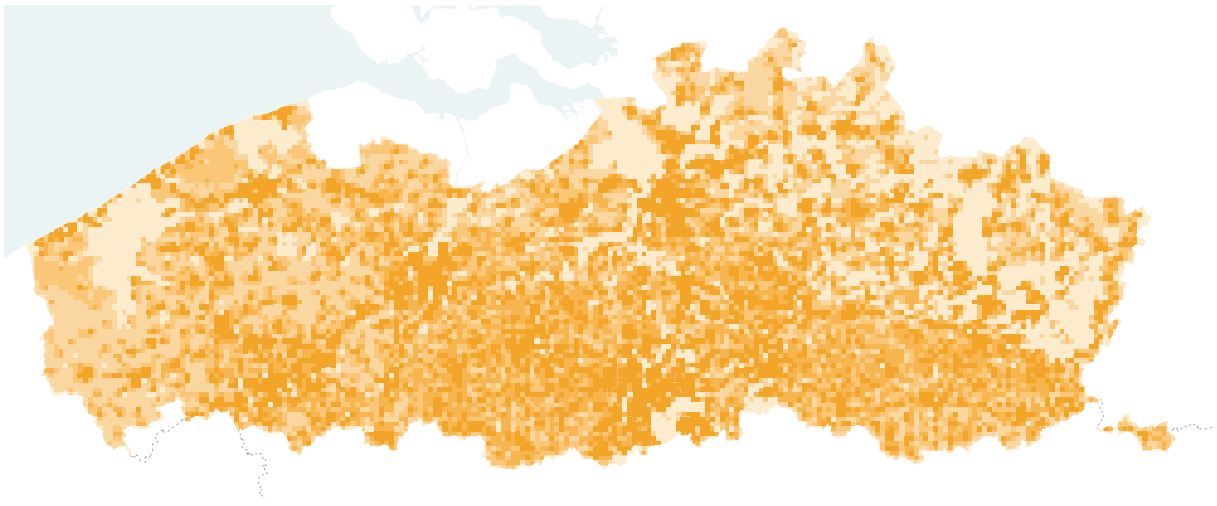


Figuur 3.9: potentiele zonne-instraling in vlaanderen

1.150.000 MWh/j/km²
1.250.000 MWh/j/km²
1.350.000 MWh/j/km²

bron: european Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and transport, Renewable Energy Unit, PVGIS http://re.jrc.eceuropa.eu/pvgis/

## Theoretische potentie zonne-energie (verhouding 70% fotovoltaïsche en 30% thermische zonnepanelen) bij benutting van 50% van de dakoppervlakte en 10% van het landbouwareaal.

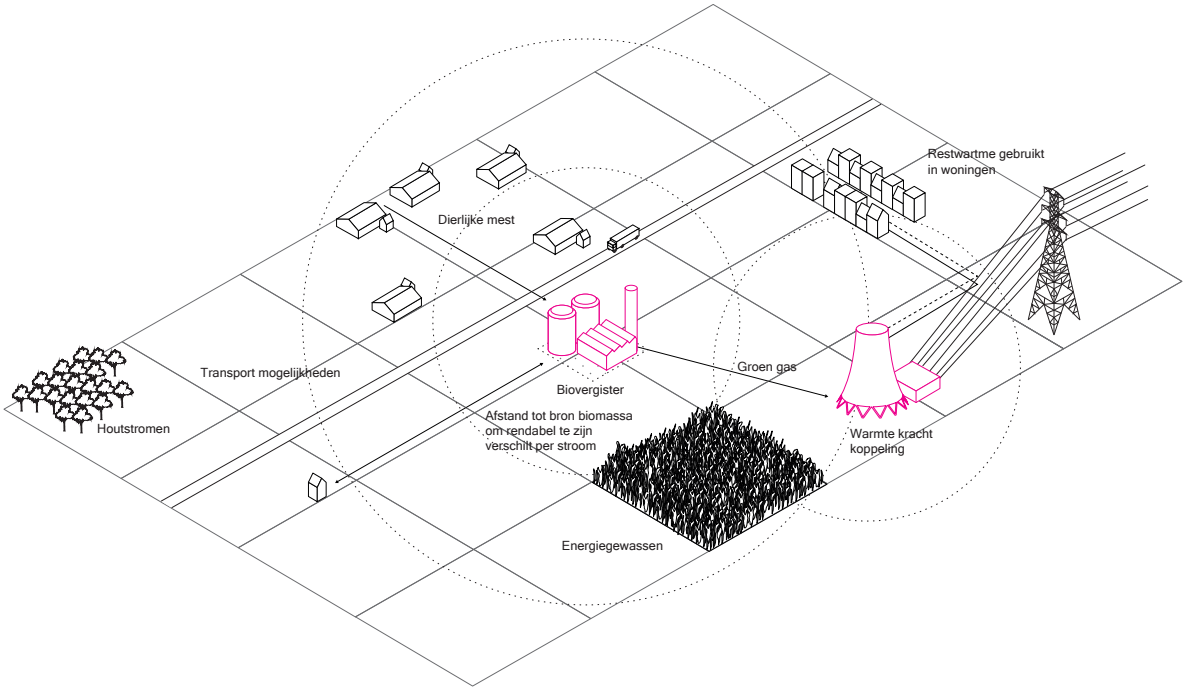


Figuur 3.10: Theoretische potentie zonne-energie in vlaanderen

0 - 11.902 MWh/j/km²
11.902 - 17.568 MWh/j/km²
17.568 - 26.012 MWh/j/km²
26.012 - 37.362 MWh/j/km²
37.362 - 91.500 MWh/j/km²

In deze kaart is de potentie weergegeven waarbij een aanname is gedaan in de verdeling tussen thermische en fotovoltaïsche panelen. Deze verdeling is van grote invloed op het totaalpotentieel, aangezien de opbrengst aan energie van de twee typen panelen zeer verschillend is en er ook sprake is van verschillende typen energie in warmte tegenover elektriciteit.

## 3.6 Energie uit energiegewassen




Figuur 3.12: Schema ruimtelijke inpassing biomassa

Biomassa is een zeer ruime verzamelnaam voor allerhande stromen die een potentiële energetische waarde hebben die gevaloriseerd kan worden. Het is een complexer verhaal dan bijvoorbeeld wind- of zonne-energie omdat er al een veelheid aan bronnen is, naast de verschillende mogelijke technologieën om deze bronnen aan te wenden. Dit is een niet-limitatieve lijst van de verschillende stromen die in aanmerking komen:

- Houtstromen:
  - Houtpellets
  - Primair houtafval
  - Resthout bosexploitatie
- Energiegewassen
  - Koolzaad
  - Miscanthus
  - Bamboe
  - Korte omloophout (wilgen, populieren)
- Groenafval
- Huishoudelijk gft-afval
- Organisch-biologische fractie van restafval
- Organisch-biologische (afval)stromen uit de voedingsindustrie
- Gebruikte frituurvetten en -oliën (GFVO) van huishoudelijke en professionele oorsprong
- Dierlijk afval
- Slibs
- Biomassastromen uit de land- en tuinbouwsector
- Dierlijke mest

Uit deze verschillende stromen kan afhankelijk van hun fysische eigenschappen en de gebruikte technologie zowel warmte, elektriciteit als gas gewonnen worden. Dit biogas kan op zijn beurt opnieuw aangewend worden voor rechtstreekse warmteproductie of om elektriciteit op te wekken. De veelheid aan inputstromen en de variatie aan outputs en technologieën om hiertoe te komen, geeft al een eerste idee van de complexiteit van het biomassavraagstuk. Niet alle biomassastromen zijn even duurzaam of hernieuwbaar (OVAM, 2013). In het kader van deze studie is op dit vraagstuk echter niet dieper ingegaan.

Aangezien de berekening van het potentieel van alle verschillende biomassastromen een studie op zich vergt, is er voor het doel van deze studie opnieuw met een aantal aannames gewerkt. Om een inschatting van het biomassapotentieel te kunnen maken die begrootbaar is, is er gekozen om het begrip enigszins te vernauwen tot energiegewassen.

Technieken
Verbranding van biomassa

Verwarmingsketel

-houtpellets en/of houtchips
-bio-olie

Bio-WKK

-biogas
-bio-olie

Vergisting van biomassa

Pyrolyse van biomassa

Biologische verwerking

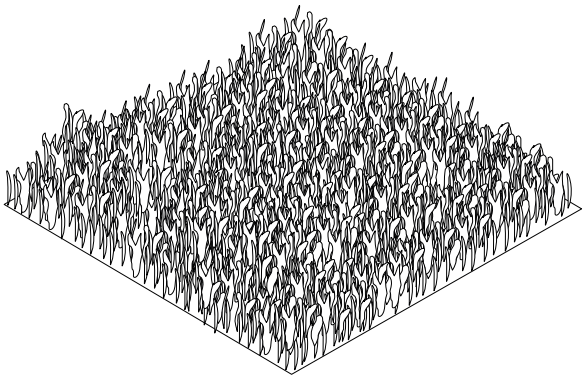
Fysische verwerking

Chemische verwerking

| Biomassa | Opbrengst in Vlaanderen |
|---|---|
| Houtstromen | |
| houtpellets | 2.395 GWh/jaar |
| primair houtafval | 2.225 GWh/jaar |
| resthout bosexploitatie | |
| Energiegewassen | 61MWh/ha/jaar |
| koolzaad | |
| miscanthus | |
| bamboe | |
| korte omloophout | |
| Groenafval | 799 GWh/jaar |
| Huishoudelijk gft-afval | 28 GWh/jaar |
| Organisch-biologische fractie van restafval | 380 GWh/jaar |
| Slib | 430 GWh/jaar |
| Biomassastromen uit de land- en tuinbouwsector | 120 GWh/jaar |
| Dierlijke mest | 4.290 GWh/jaar |
| Gebruikte frituurvetten en -oliën (GFVO) van huishoudelijke en professionele oorsprong | 80 GWh/jaar |
| Organisch-biologische (afval)stromen uit de voedingsindustrie | 3.605 GWh/jaar |

Daarbij is er gekozen om verder te werken met Miscanthus wat één van de hoogste calorische waarden of hoogste energetische potenties heeft. Dit "olifantsgras" heeft een potentieel van ongeveer 5 kWh/ton. De opbrengst van 1 ha Miscanthus is 12,5 ton, wat een totaal potentieel geeft van 6100 MWh/km². In de berekeningen is de toepassing beperkt tot het voorzien van het energiegewas op 10% van de beschikbare landbouwoppervlakte. Vervolgens is voor elke cel gekeken naar het aandeel landgebruikscategorieën ingenomen door 'landbouw'. Landbouw omvat de klassen serres, boomkwekerij, boomgaard, weiland en akkerland (verdeling weergegeven in figuur 3.15). Dit betekent dus dat de productie van energiegewassen in de plaats zal komen voor voedselproductie of andere landbouw activiteiten. Daarna is voor elke cel het aandeel landbouw vermenigvuldigd met 6100 x 0,1. In deze potentieberekening zijn geen restromen mee genomen. In de appendix is dieper ingegaan op biomassa en de ruimtelijke verdeling van verschillende soorten restromen.

**Theoretische inpassing per vierkante kilometer**



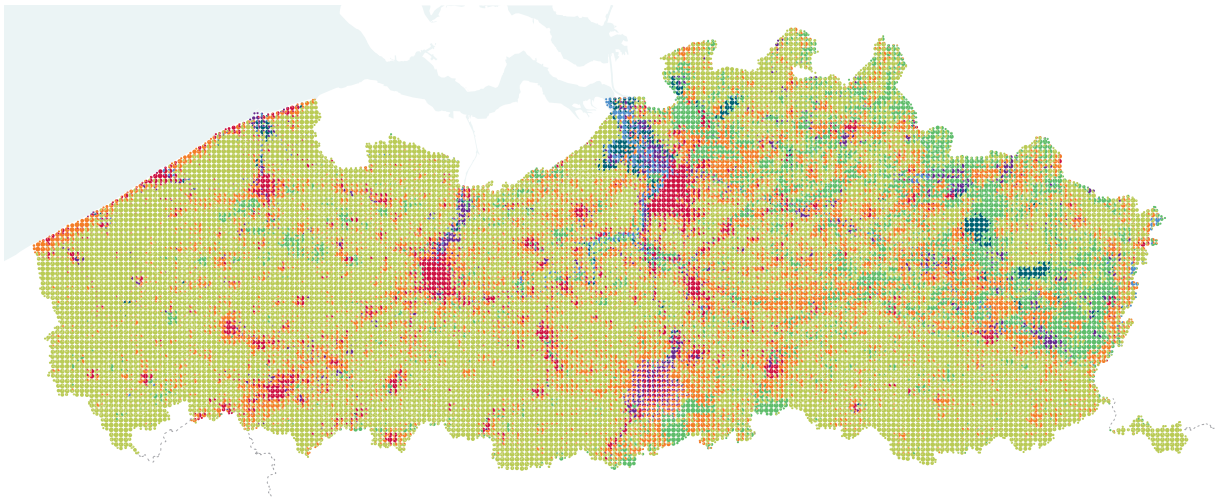
Figuur 3.13: Ruimtelijke inpassing biogewassen per vierkante kilometer

**Theoretische opbrengst per vierkante kilometer**

MIscanthus: Opbrengst per vierkante kilometer is voor dit energiegewas **6100 MWh/jaar.**

Bij de berekening van de potentie van energiegewassen zijn de aannames voor plaatsing van andere bronnen als PV panelen in agrarisch gebied buiten beschouwing gelaten. Dit wil zeggen dat wanneer meerdere bronnen tegelijk worden ingezet, de druk op de ruimte nog groter wordt.

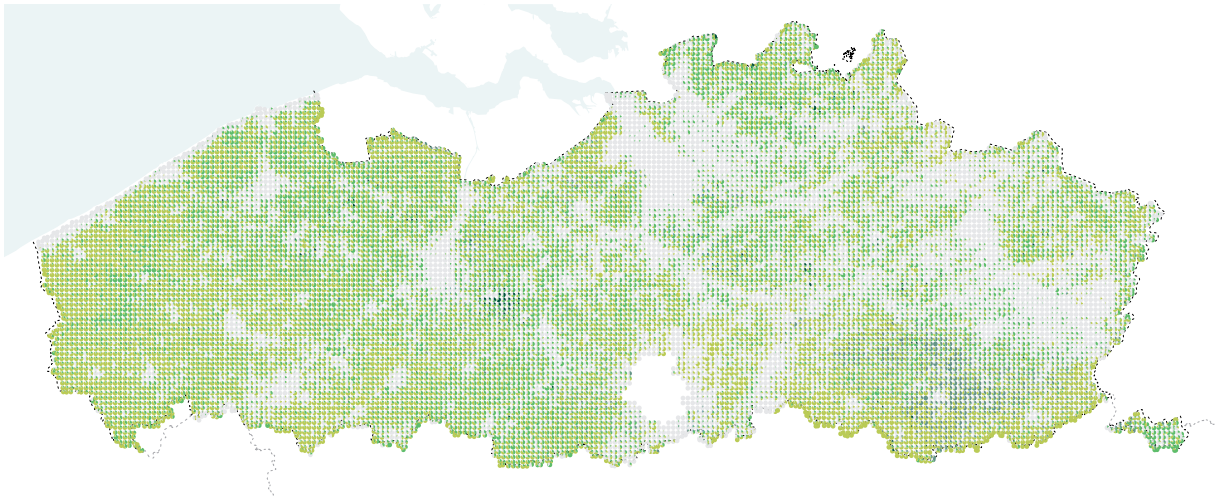
Taart diagrammen kaart landschapstype



Figuur 3.14: Taartdiagrammen kaart landschapstype

| | |
|---|---|
| Gesloten urbaan landschap: | GFT afval (niet meegenomen) |
| Open urbaan landschap: | GFT afval (niet meegenomen) |
| Industrielandschap: | Industrie afval (niet meegenomen) |
| Landbouwlandschap: | Div waaronder energiegewassen |
| Boslandschap: | Houtresten (niet meegenomen) |
| Waterlandschap: | Slib (niet meegenomen) |
| Natuurlijke vegetatie: | Geschikt (niet meegenomen) |

## Landbouwlandschappen kaart Vlaanderen

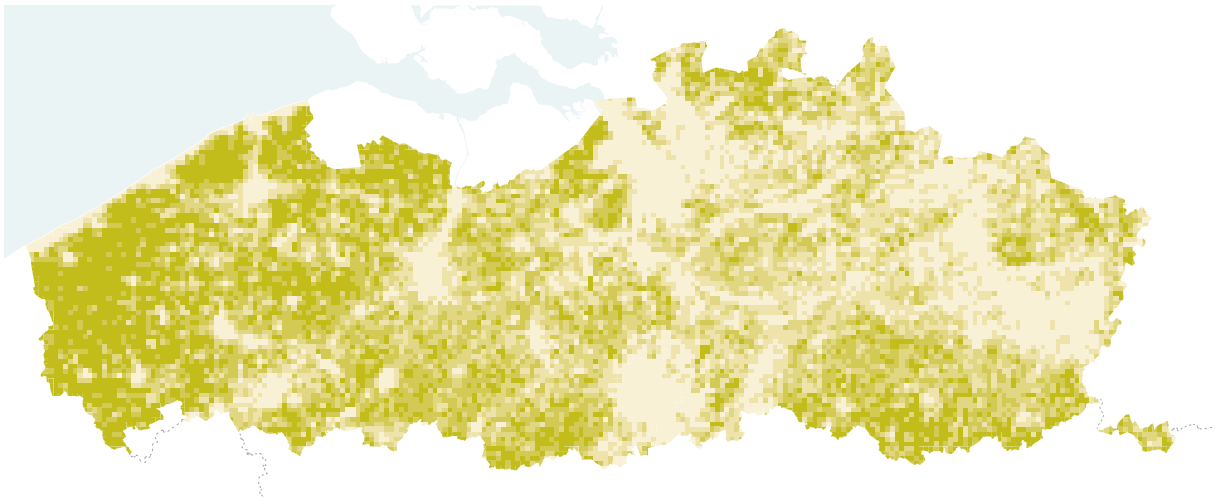


Figuur 3.15: Lanbouwlandschappen kaart Vlaanderen.

- Serres
- Boomkwekerij
- Boomgaard
- Weiland
- Akkerland
- Overig

In deze kaart wordt duidelijk dat het landschapstype landbouwlandschappen, een heel divers karakter heeft. De onderverdeling in verschillende soorten landbouw geeft aan dat het kweken van biomassa niet overal even goed mogelijk is.

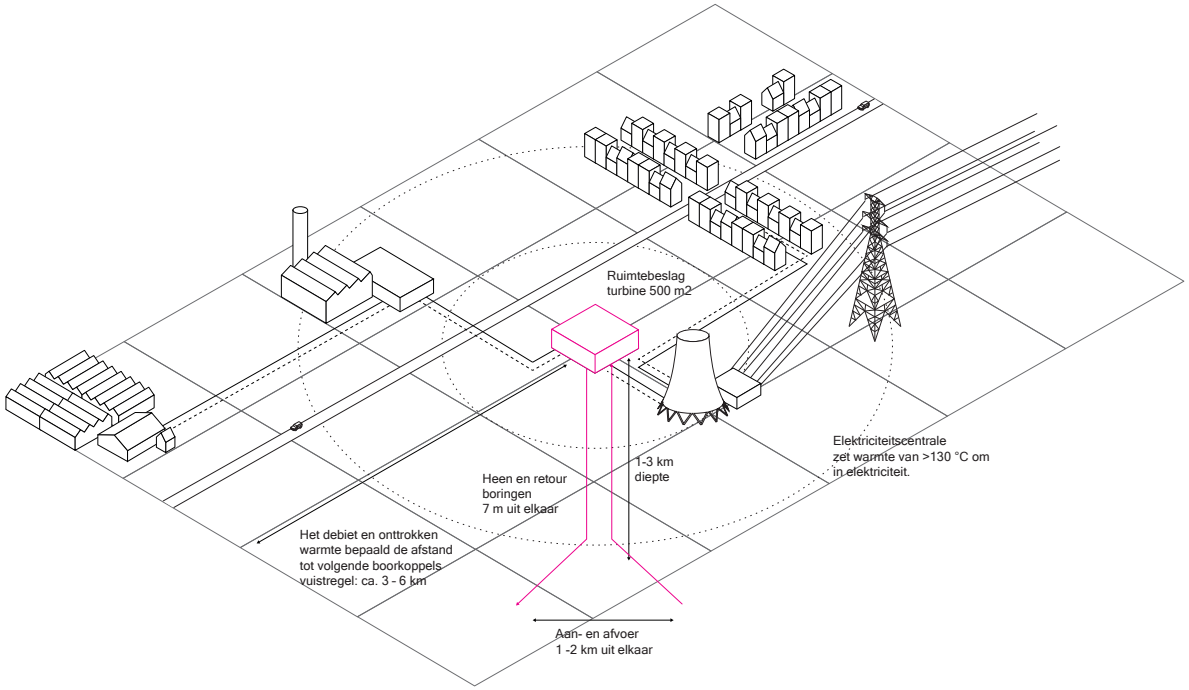
## Theoretische potentie kaart energiegewassen, op basis van Miscanthus



Figuur 3.16: Theoretische potentie kaart energiegewassen

- 0 - 159 MWh/j/km²
- 159 - 329 MWh/j/km²
- 329 - 445 MWh/j/km²
- 445 - 526 MWh/j/km²
- 526 - 610 MWh/j/km²

## 3.7 Energie uit diepe geothermie




Figuur 3.17: Schema ruimtelijke inpassing geothermie

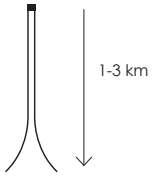
Diepe geothermie als warmte- of elektriciteitsbron is in Vlaanderen vermoedelijk de meest onbekende en staat voorlopig nog in de kinderschoenen. Dit wil niet zeggen dat de technologie nog niet matuur is. Er zijn echter voorlopig nog quasi geen proefprojecten uitgevoerd op Vlaamse bodem. Er loopt wel een aantal onderzoeken naar de meer gedetailleerde samenstelling van de diepe grondlagen en de bijhorende temperaturen. Als in Vlaanderen over diepe geothermie gesproken wordt, gaat het over hydrothermie of het oppompen van warm water uit de diepere bodemlagen (400m tot > 5km) en niet over petrothermie of Hot Dry Rocks wat nog een experimentele technologie is die de warmte rechtstreeks uit de diepliggende gesteenten ontgint. Om een inschatting te kunnen maken van het productiepotentieel van diepe geothermie dienen volgende parameters gekend te zijn:

- Diepte van de watervoerende grondlaag
- Temperatuur van het op te pompen water
- Debiet dat met één boring uit de watervoerende laag opgepompt kan worden
- De retourtemperatuur die in de tweede boring van het geothermisch doublet gepompt wordt.

De twee laatste parameters zijn pas gekend na het uitvoeren van een proefboring en na de dimensionering van het effectieve project. Dit zijn dus parameters die binnen het kader van deze opdracht niet begroot kunnen worden. Daarom is ervoor gekozen om verder te werken met de ruwe inschatting van het potentieel in Vlaanderen

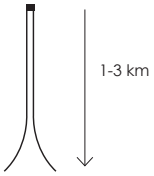
**Diepe geothermie technologieën**

Hydrothermische energie




Thermische energie van diep gelegen lagen met heet water, waterdamp of een combinatie van beide onder druk.
Maturiteit: Deze technologie wordt al toegepast in omringende landen. De techniek heeft een betrouwbaar niveau van maturiteit bereikt.

Petrothermische energie




Thermische energie aanwezig in gesteente lagen.
Maturiteit: Deze techniek staat nog in de kinderschoenen.

Elektriciteit

- ‘Flash stoom’-centrale, water of water/stoommengsel uit bron met een temperatuur hoger dan 180°C in stoomturbine
- ‘Droge stoom-centrale, stoom uit bron stoomturbine
- ‘Binaire Cyclus’-centrale, watertemperaturen tot 180°C omzetten met ORC of Kalina cyclus

Warmte

- Warm water rechtstreeks uit de bron of condensaat afkomstig van stoomprocessen (zie hierboven)
- In serieschakeling kunnen meerdere gebruikers dezelfde thermische stroom gebruiken
  - bv. van industriële processen naar warmtenetten, naar glastuinbouw, waar het gebruikt wordt als warmtebron voor warmtepompen
  - De thermische energie kan eveneens toegepast worden voor koeldoeleinden door middel van absorptiekoelinstallaties.

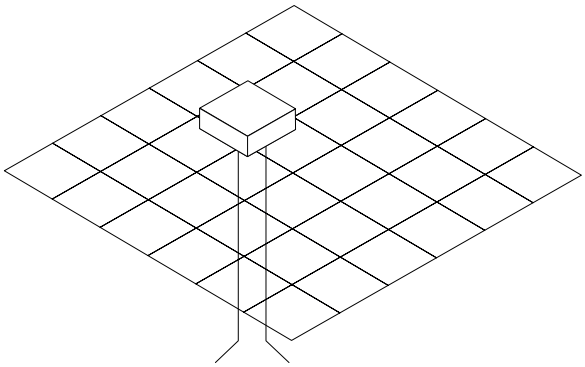
uit de ThermoGis applicatie die TNO ontwikkeld heeft. Hieruit blijkt een gemiddeld potentieel voor de regio Kempen en Limburg van ca. 4.166MWh/ km²/jaar. Om het geografische voorkomen beter te kunnen inschatten, zijn de potentiekaarten per watervoerende grondlaag uitgezet met hun dieptelijnen en bijhorende temperatuursinschatting. Dit geeft een eerste indicatie van het beschikbare potentieel.

Geothermie wordt in het datamodel enkel toegepast op plekken waar bebouwing is (financieel interessant en genoeg afnemers), gesloten urbaan landschap, open urbaan landschap en industrielandschap. Op basis van de ondergrondkaarten van VITO werd een t° per diepte berekend via volgende formule: (Diepte – 50m) x 30 °C/km + 11°

Er vanuit gaand dat de temperatuur in de bovenste 50m nog enigszins varieert, maar vanaf 50m het hele jaar door op ongeveer 11°C staat. De temperatuurgradiënt van de diepere ondergrond ligt gemiddeld op 30°C per km. In realiteit verschilt dit wel van laag tot laag, maar niet extreem. Voor de beschouwde lagen (trias, krijt, dinantiaan/ kolenkalk,carboon) varieert dit tussen 28°C en 32°C en werd dus 30°C aangenomen als een goed gemiddelde. Zo zijn we tot zones met een bepaalde temperatuurspotentie gekomen per regio afhankelijk van de diepte van de watervoerende lagen.

Daarom werden de kaarten 3.20 - 3.23 verder verfijnd met de aanwezige bebouwing om tot zones of kaarten te komen waar het zeker nuttig kan zijn om diepe geothermie verder te onderzoeken.

**Theoretische impassing per vierkante kilometer**



Figuur 3.18: Ruimtelijke inpassing geothermie installatie

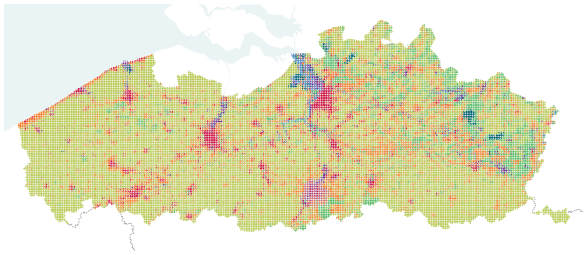
**Theoretische opbrengst per vierkante kilometer**

De gemiddelde temperaturen die kunnen worden opgehaald in Vlaanderen liggen tussen de 30°C en de 85°C en deze temperaturen zijn te vinden op dieptes tussen de 700m en 2.5km onder de grond.

gem t° - gem diepte per watervoerende laag.
krijt: 31°C -712m
trias: 46°C -1.215m
carboon: 59°C -1.664m
kolenkalk: 84°C -2.499m

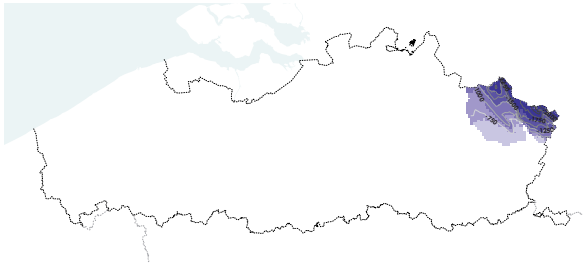
De afstand die de geothermie bronnen uit elkaar kunnen liggen is afhankelijk van het debiet en de onttrokken warmte. De bronnen moeten zo geplaatst worden dat ze niet met elkaar interfereren. De afstand tussen de bronnen ligt in Vlaanderen tussen de 3 en 5 kilometer. Dit betekent dat de oppervlakte die een bron nodig heeft ligt tussen de 9 en 36 km$^2$.
De theoretische opbrengst van deze bron is op het moment van uitvoering van deze studie nog niet vast te stellen.

Taart diagrammen kaart landschapstype



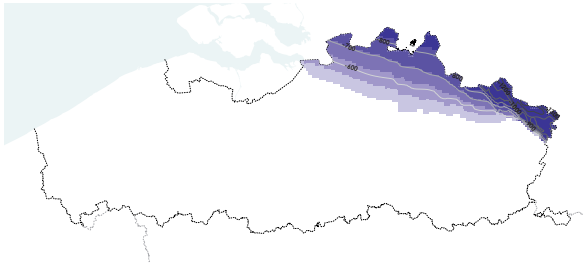
Figuur 3.19: Taart diagrammen kaart landschapstype

| | |
|---|---|
| Gesloten urbaan landschap | Geschikt |
| Open urbaan landschap | Geschikt |
| Industrielandschap | Geschikt |
| Landbouwlandschap | Geschikt |
| Boslandschap | Geschikt |
| Waterlandschap | Geschikt |
| Natuurlijke vegetatie | Geschikt |



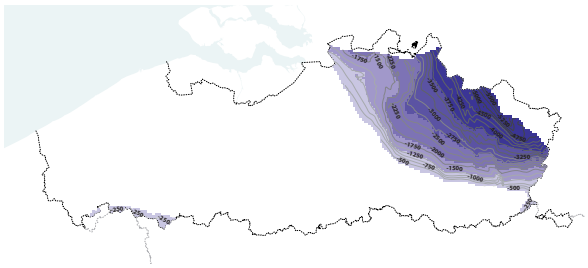
Figuur 3.20: Trias temperaturen

| | |
|---|---|
| 25 °C - 30,58 °C | -750 m |
| 30,58 °C - 37,28 °C | |
| 37,28 °C - 47,22 °C | |
| 47,22 °C - 63,36 °C | |
| 63,36 °C - 84,84 °C | -2250 m |



Figuur 3.21: Krijt temperaturen

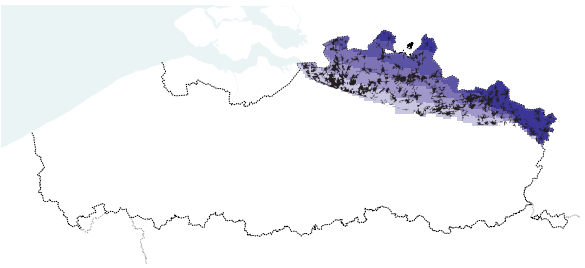
| | |
|---|---|
| 24,5 °C - 26,15 °C | -600 m |
| 26,15 °C - 28,33 °C | |
| 28,33 °C - 30,71 °C | |
| 30,71 °C - 34,09 °C | |
| 34,09 °C - 51,0 °C | -1300 m |



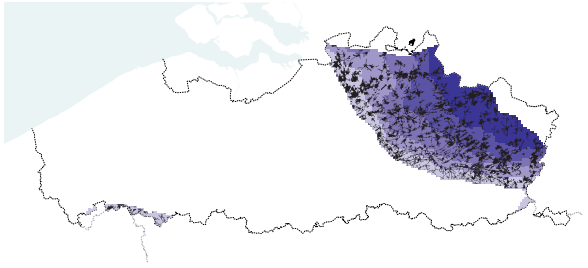
Figuur 3.22: Kolenkalk temperaturen

Figuur 3.23: Carboon temperaturen

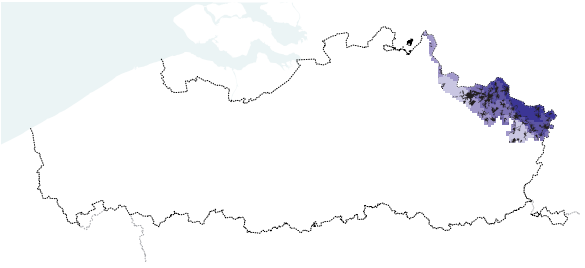
Figuur 3.24: Trias en huidige bebouwing



Figuur 3.25: Krijt en huidige bebouwing



Figuur 3.26: Kolenkalk en huidige bebouwing



Figuur 3.27: Carboon en huidige bebouwing



Bron: ThermoGis applicatie TNO

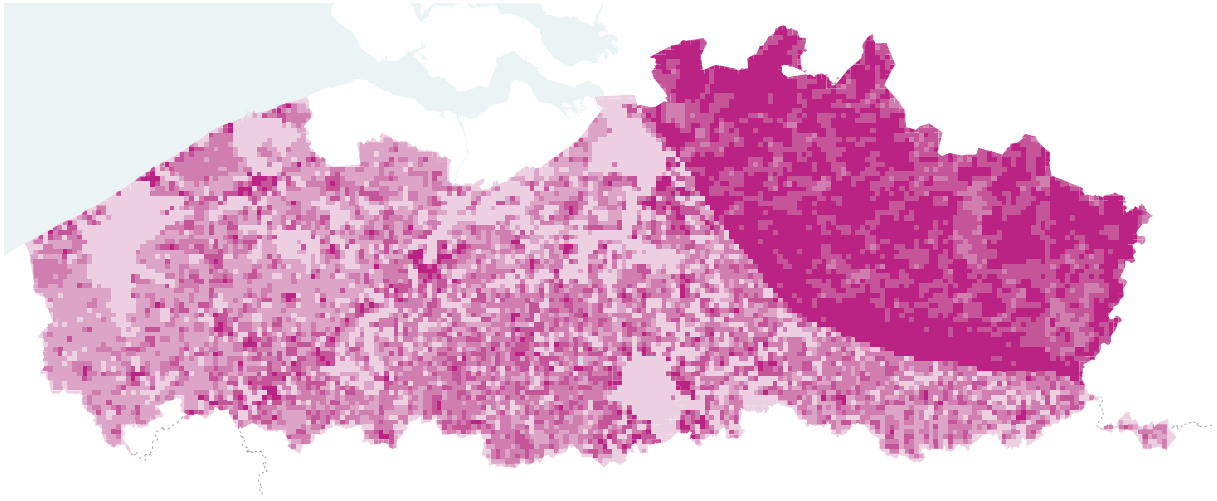
## 3.8 Totale potentiekaart met alle hernieuwbare bronnen

Al deze verschillende potentiekaarten op zich zijn al interessant om een eerste inschatting van het beschikbare potentieel te maken en te bepalen waar best op welke bron ingezet kan worden. Wanneer nu nog een stap verder gegaan wordt en een combinatie gemaakt wordt van al deze kaarten samen, dan leidt dit tot een overkoepelende potentiekaart voor hernieuwbare energie voor Vlaanderen.

Figuur 3.28 geeft duidelijk zones met meer en minder potentieel aan en dus gebieden in Vlaanderen waar meer of minder op hernieuwbare energieproductie gefocust kan worden. Welke bron het best benut kan worden, is terug te vinden in de taartdiagrammenkaart voor Vlaanderen (figuur 3.29).

Figuur 3.29 kan als een soort handleiding dienen voor allerhande beleidsmakers om te bepalen welke regio's getarget worden voor welke brontypes of combinaties van bronnen. Daarnaast geeft deze synthesekaart het doel van dit deel van de studie grafisch weer, nl. vertrekkende vanuit het bronpotentieel en rekening houdend met de plaatselijke landschapstypologie geografisch weergeven welke bronnen op welke locatie best aangeboord kunnen worden.
Dit is natuurlijk maar de eerste stap. Het komt er nu op aan op deze verschillende locaties met de grootste potenties een slimme integratie en wisselwerking tussen energie en landschap teweeg te brengen om zo tot een duurzaam energielandschap te kunnen komen. Hoe dit mogelijks tot uitwerking kan komen wordt besproken in de cases Roeselare en Albertkanaal in het volgende deel.

| | Energiegewassen | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL alle technieken |
|---|---|---|---|---|---|
| Totaal Energiepotentieel | 4.980.697 MWh/jaar | 360.332.539 MWh/jaar | 155.481.847 MWh/jaar | 219.609.800 MWh/jaar | 740.404.883 MWh/jaar |
| Percentage Energiepotentieel | 0,67% | 48,67% | 21,00% | 29,66% | 100% |



Figuur 3.28: Totale potentie hernieuwbare energie

0 - 33.839 MWh/j/km²
33.839 - 41.110 MWh/j/km²
41.110 - 52.883 MWh/j/km²
52.883 - 74.577 MWh/j/km²
74.577 - 136.870 MWh/j/km²

NB1: De totaalpotentie voor Geothermie is een aanname, gebaseerd op inschattingen uit overige studies, aangezien de theoretische potentie op het moment van uitvoering van deze studie niet gekend is. Het in de kaart aangegeven gebied is indicatief voor de potentie, gezien vanuit grondlagen.
NB2: Deze figuur toont een optelling van ruimtebeslag waarbij in bepaalde landschapstypen10% van het areaal is ingezet voor energiegewassen en daarnaast 10% is ingezet voor zonne-energie.

## 3.9 Deelconclusies energie

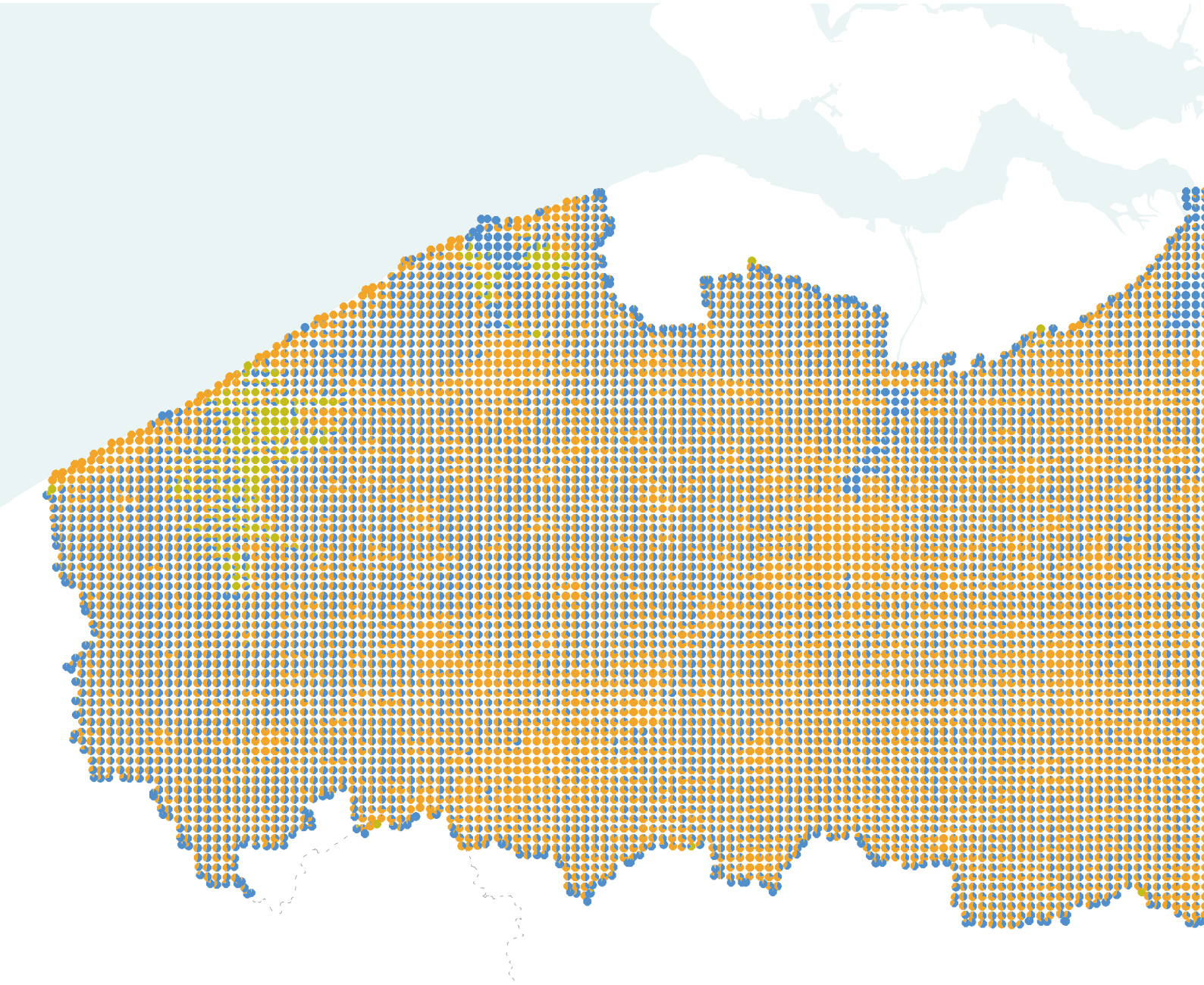
**Potenties voor hernieuwbare energie**
Er is volgens het theoretisch potentiemodel een relatief grote potentie voor hernieuwbare energiewinning in Vlaanderen: 740 TWh of 2.664 PJ. Dit is bijna het drievoudige van het energiegebruik in Vlaanderen vandaag, ca. 914 PJ (Turf, 2014). Hierbij moet wel in gedachten worden gehouden dat dit een eerste zuiver theoretische benadering is die beperkt rekening houdt met de onderliggende ruimtelijke condities waardoor de werkelijke potentie lager zal zijn. Voor windenergie en zonne-energie is de potentie het grootst. Geothermie is voornamelijk mogelijk in de Kempen en in Limburg. Wat de energetische potentie van deze bron precies zal zijn is nog niet bekend maar wordt momenteel verder onderzocht door VITO. In deze studie is het geothermisch potentieel bij benadering meegenomen. De potentie voor biomassa is beperkter in vergelijking tot de andere bronnen. Toch kan biomassa op lokalere schaal een waardevolle bijdrage leveren aan het energiesysteem.
Hoewel er op sommige plekken een potentie voor hernieuwbare energie aanwezig is, betekent dit niet dat het wenselijk is om deze techniek ook werkelijk in te passen. Het ontwikkelde model geeft enkel de energetische opwekkingspotentie van de gedefinieerde landschapstypes weer. Om deze maximaal te benutten zal er heel wat verandering nodig zijn in het ruimtelijk en sociaal-economische model dat vandaag in Vlaanderen gehanteerd wordt.

**Inzetten op hernieuwbare energie**
Het maximaal inzetten op hernieuwbare energie kan een positief effect hebben op een veel breder kader dan enkel onze energievoorziening. Vlaanderen is voor zijn energievoorziening vandaag voor een groot deel afhankelijk van het buitenland, en vaak van instabiele regio's. Door in te zetten op hernieuwbare energie zal deze afhankelijkheid afnemen en hebben we de leverzekerheid opnieuw zelf in de hand.
Verder kan het inzetten op hernieuwbare energie werkgelegenheid creëren en economische baten hebben voor regio's in Vlaanderen die vandaag in een moeilijkere economische situatie zitten.

**Restricties**
Zoals in de infofiches in appendix 1 te zien is bestaat er een waaier aan wet- en regelgeving met betrekking tot de plaatsing van hernieuwbare energieproductie. Vooral voor de inpassing van windturbines is de lijst bijzonder lang wat de delta tussen theoretische potentie en effectief geinstalleerd vermogen bijzonder groot maakt. Het lijkt noodzakelijk om deze lijst aan ruimtelijke restricties in het kader van het duurzaam energielandschap opnieuw te bekijken. Zo kan men zich bijvoorbeeld afvragen of de vandaag gehanteerde restricties voor de plaatsing ten opzichte van woningen ook van toepassing moet blijven voor woningen die zich vandaag reeds buiten het gedefinieerde woongebied bevinden. Zo zijn er nog verschillende restricties voor hernieuwbare energieproductie die kunnen herbekeken worden vanuit de noodzaak om maximaal hernieuwbaar te kunnen produceren in Vlaanderenin combinatie met een afname van het energieverbruik.

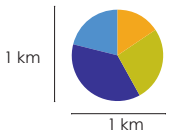
**Ongelijktijdigheid**
Terwijl het huidige energiesysteem in Vlaanderen – voornamelijk gebaseerd is op fossiele brandstoffen – uitgaat van een grote base load met aanvulling van kortstondige pieken, heeft de opwekking van hernieuwbare energie uit de zon en de wind veel grotere fluctuaties en is het aanbod dus moeilijker af te stemmen op de vraag of omgekeerd. Het is voor een hernieuwbaar energiesysteem dus van belang dat er over deze fluctuaties in opwekking wordt nagedacht. Smartgrids en opslag kunnen de vraag en het aanbod beter op elkaar afstemmen, maar ook internationale uitwisseling kan hier een belangrijke rol in spelen. Kortom, een energiesysteem dat voor het grootste deel op hernieuwbare productie steunt, vraagt om een vergrote aandacht voor buffering, sturing en smart grids om net dit groter risico op ongelijktijdigheid te beperken.

**Wanneer we de theoretische potentie in Vlaanderen bekijken, zien we vooral dat er nog een zeer groot verschil is tussen wat opgewekt kan worden en wat er vandaag effectief geïnstalleerd wordt. Om deze delta te verkleinen, zal het noodzakelijk zijn om energieproductie niet meer als een noodzakelijk kwaad of een zoveelste ruimtelijke laag te bekijken maar wel als een geïntegreerd systeem. In dit "duurzame energielandschap" dient de ruimtelijke opgave sterk gekoppeld te worden aan sociale, economische, maatschappelijke aspecten. Zo kunnen we pas focussen op de opportuniteiten die hernieuwbare energie geeft op andere niveaus zoals werkgelegenheid, ruilverkaveling, etc.**

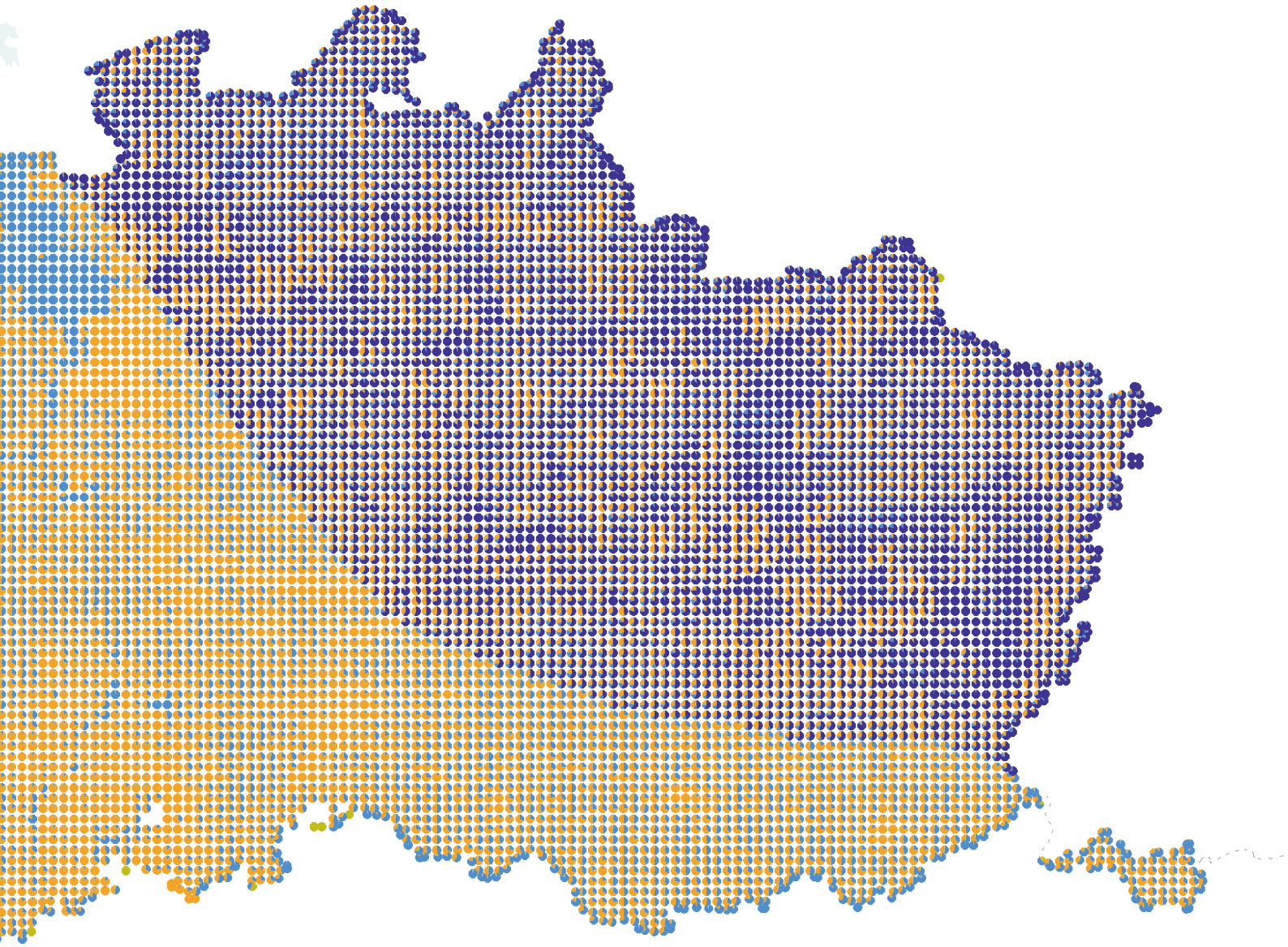


Figuur 3.29: Taartdiagrammen kaart percentages van de verschillende energiebronnen per vierkante kilometer

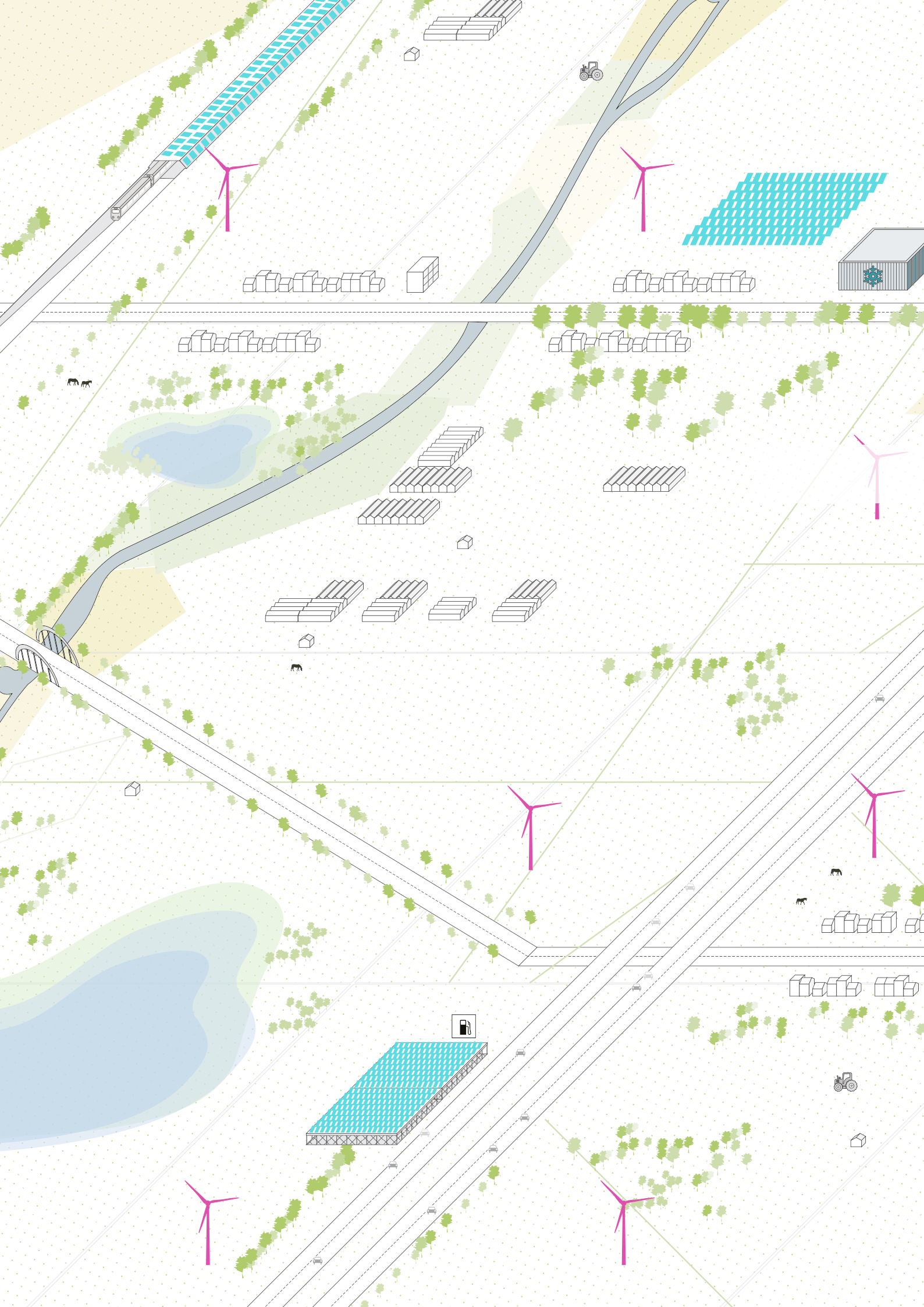
- percentage zonne-energie
- percentage biomassa
- percentage geothermie
- percentage windenergie



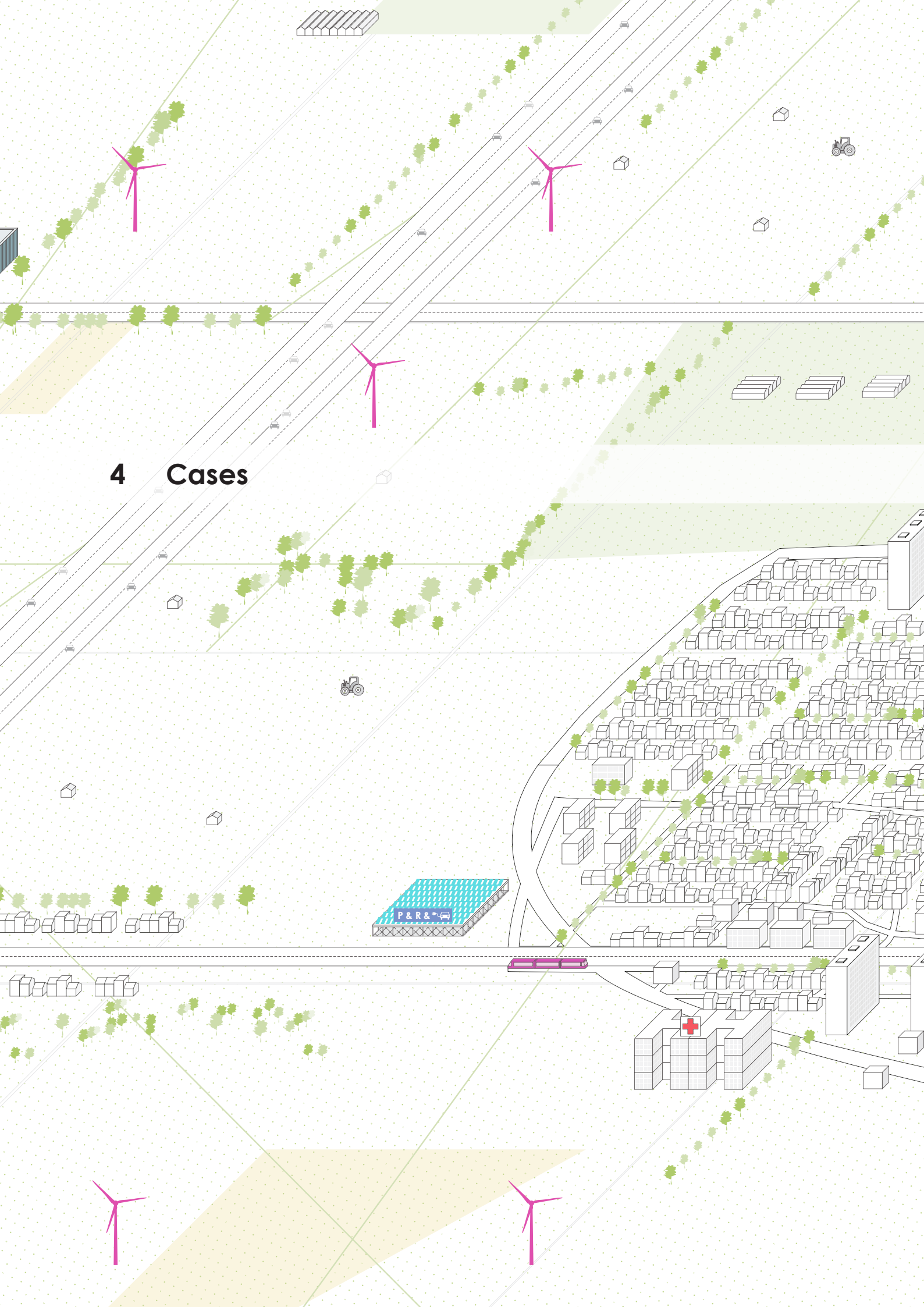

Taartdiagrammen gedetailleerde uitsnede van één km²



Deze kaart toont per vierkante kilometer de verdeling van de totaalpotentie van de verschillende hernieuwbare energiebronnen ten opzichte van elkaar. Het geeft een inzicht per te selecteren gebied, van de meest kansrijke bronnen en technieken die kunnen worden ingezet. Samen met de informatie uit kaartbeeld 3.28 biedt deze informatie voor iedere Vlaamse regio een startpunt voor het bepalen van een strategie voor inpassing van een mix van hernieuwbare energie.



# 4 Cases

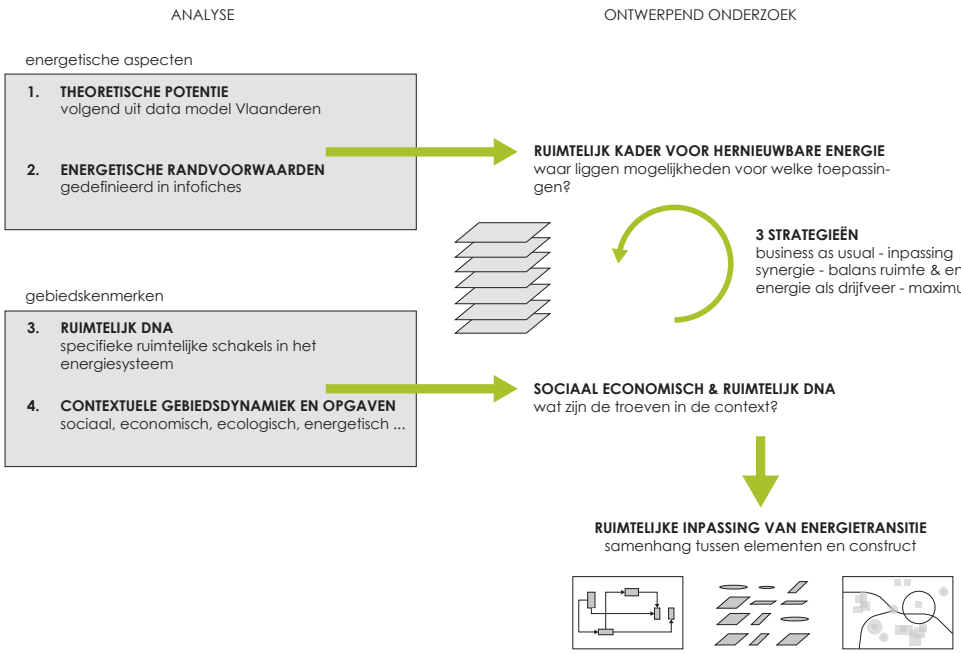


# 4 Methodiek en ontwerpend onderzoek

## 4.1 Twee cases

In dit onderzoek naar de mogelijke inpassing van hernieuwbare energie in de Vlaamse context is ervoor gekozen om twee locaties in Vlaanderen nader te beschouwen. De eerste locatie is het productieve landbouwlandschap in de omgeving van Roeselare, de tweede locatie is de regio van Herentals, Geel, Mol, Tessenderlo en Beringen; verder aangeduid als de case Albertkanaal.
Het doel van de cases is om de mogelijke inpassingen van hernieuwbare energie te testen in een ruimtelijke context en de mogelijke samenhang tussen de verschillende energietechnieken en het landschap en de lokale context te onderzoeken. Zoals ook al in hoofdstuk 2 duidelijk werd, spelen er op verschillende schaalniveaus verschillende energetische aspecten en landschappelijke kenmerken een rol. Om juist deze verschillende schaalniveaus van inpassing te kunnen testen, is er gekozen voor twee gebieden met ieder een eigen formaat en korrelgrootte. In de keuze van de locaties is ook de theoretische potentie voor hernieuwbare energie bepalend geweest. Hiervoor is het datamodel gebruikt waarbij de theoretische productie van de bronnen gekoppeld is aan landschapstypen.

Er is bewust de focus gelegd op systemische inpassingen die het schaalniveau van de individuele kavel of zelfs de dorps- of stadskern ontstijgen. Er is in de cases voornamelijk gekeken naar mogelijke inpassingen waarbij er een relatie is tussen de energetische aanpassing en de ruimtelijke, economische, landschappelijke of maatschappelijke context. Hiermee willen we de mogelijkheden voor implementatie van hernieuwbare energie op de laagste schaal van inpassing niet als irrelevant bestempelen. Er is zeker een grote bijdrage aan de gehele potentie te vinden op dit schaalniveau. Aanpassingen op een hoger schaalniveau hebben echter meer nood aan een ruimtelijke visie en zullen noodzakelijk zijn voor de energietransitie.




Figuur 4.1: Schema methodiek met de gevolgde stappen van dit onderzoek

## 4.2 Methodiek

Voor dit onderzoek is een methodiek ontwikkeld waarin alle elementen waar deze studie uit bestaat, een schakel vormen in een werkwijze die tot nieuwe ruimtelijke concepten voor de inpassing van hernieuwbare energie in Vlaanderen kan leiden. De werkwijze bestaat uit een analytisch deel en een ontwerpend onderzoek op twee locaties. In deze studie zijn analyse en ontwerpend onderzoek niet na elkaar, maar in zekere mate gelijktijdig tot stand gekomen. Analyse en ontwerpend onderzoek hebben elkaar in een continu proces beïnvloed en versterkt.

**Analyse:**
Allereerst is er gekeken naar de theoretische potentie die vanuit het ontwikkelde model naar voren is gekomen. Dit is een zuiver technische en theoretische beredeneerde potentie en houdt in eerste instantie geen rekening met de overige condities op een testlocatie. Er is gekeken naar de mogelijke energietechnieken, zowel de opwekking als de buffering en transportsystemen. Vervolgens is onderzocht hoe deze systemen in de Vlaamse context kunnen worden ingezet.
Er is een analyse gemaakt van het fysieke landschap en hierbij zijn zowel generieke als specifieke gebiedskenmerken in kaart gebracht. Voor beide locaties is het ruimtelijk 'DNA' ontrafeld. Dit kan gezien worden als een specifieke benoeming van de bebouwingstypen en ruimtelijke schakels die voorkomen in het studiegebied.

Er is gekeken naar contextuele gebiedsdynamiek en lokale opgaven die spelen op de testlocaties. Hiervoor is bestudeerd wat er op dit moment op de locaties speelt op maatschappelijk, energetisch, landschappelijk, ruimtelijk, economisch, ecologisch en water technisch vlak. Deze contextuele gebiedsdynamiek geeft de status quo weer, maar biedt ook inzicht in de opgaven die in het gebied spelen naar de toekomst. Het zijn de soms zichtbare, maar vaker onzichtbare lagen in het landschap die de context sterk bepalen. Juist door deze elementen mee te nemen in het ontwerpend onderzoek komen mogelijke voorstellen los van het technisch theoretische inplantingsvraagstuk en kan het een integraal en duurzaam ingepaste strategie geven. Het is onze overtuiging dat dit niet alleen noodzakelijk is om ruimtelijk tot de best passende oplossingen te komen, maar er zal in de betreffende regio ook eerder draagvlak gevonden kunnen worden voor de verandering.

## Ontwerpend onderzoek:

Belangrijk om in acht te nemen is dat dit onderzoek een studie van de twee cases betreft, waarbij geenszins alle relevante actoren betrokken zijn. Het onderzoek dient eerder als illustratie van de noodzaak om in de toekomst de vele actoren werkzaam op het terrein, en de vele belangen die spelen op dat terrein in acht te nemen.

Om het ontwerpend onderzoek te structureren is er naar de locaties gekeken aan de hand van drie strategieën, die ieder een fictieve bril vormen waardoor er op verschillende manieren naar de gebieden gekeken kan worden. De strategieën zijn getiteld *Business as usual*, Energie als drijfveer en Synergie. De strategieën kunnen gezien worden als een manier om ideeën te testen en de scenario's die uit deze strategieën ontwikkeld zijn, vormen dus geen streefmodel, maar illustreren - zonder exhaustief te willen zijn - mogelijke koppelingen en de breedte aan vraagstukken welke raken aan het energievraagstuk. Ze geven een eerste beeld van wat de mogelijke ruimtelijke impact is van het nastreven van bepaalde energie-opbrengsten en maken duidelijk dat afwegingen en maatschappelijk overleg hierin essentieel zijn. De energetische opbrengst van de verschillende scenario's zijn gekwantificeerd en geven inzicht in de winsten van een bepaalde ingreep.

*Business as usual* staat model voor een situatie waarin de bestaande ruimtelijke configuratie dominant is over het energiesysteem. Inpassing vindt plaats waar er nog ruimte 'over' is en waar er geen belemmeringen zijn voor andere functies of gebruik. Dit is feitelijk hoe hernieuwbare energie vandaag wordt ingepast.

*Energie als Drijfveer* is hiervan de omgekeerde variant. Het energiesysteem is leidend en bepaalt volledig de ruimtelijke context. Alle andere functies moeten hier voor wijken, omdat het algemeen belang zo groot wordt geacht dat dit te verantwoorden is. Dit lijkt een extreme situatie, maar is dan ook te vergelijken met de wijze waarop in het (recente) verleden complete landschappen overhoop zijn gehaald voor de winning van fossiele brandstoffen en er vaak ook nieuwe type landschappen zijn ontstaan. In deze strategie ligt de focus op het bereiken van de maximale productie van energie.

Als derde strategie genaamd *Synergie*, is gezocht naar de balans tussen bestaande ruimtelijke configuratie en het energiesysteem. Het is niet het gemiddelde van de andere strategieën, maar richt zich op het bereiken van synergie. De gebiedskenmerken worden niet gezien als restricties, maar juist als mogelijkheden. Opgaven die spelen op een ander vlak kunnen ingezet worden als onderdeel van het inpassingsvraagstuk. De hernieuwbare energie wordt niet enkel op het landschap toegepast, maar brengt het een stap verder.

Het spreekt voor zich dat de laatste strategie beantwoordt aan de ambitie die gesteld is om tot voorstellen te komen die hernieuwbare energie onderdeel van het landschap kunnen laten zijn. Toch kan gesteld worden dat dit bij de andere strategieën ook het geval is, zij het in mindere samenhang. Juist door telkens door een andere bril naar de gebieden te kijken wordt duidelijk wat er mogelijk is. Dit heeft geleid tot een aantal verschillende mogelijkheden binnen de strategieën. Sommigen hiervan bieden inzicht in de tegengestelde effecten die soms optreden bij de inpassing zoals deze vandaag plaats vindt, andere tonen aan dat het landschap zeer sterk zal kunnen gaan veranderen als gevolg van de energietransitie. Om een gevoel te krijgen van de grootheden van productie die toch bepalend zijn voor de inpassing, is er voor iedere locatie voor elke strategie een mogelijke uitwerking gemaakt. Deze uitwerking, bestaande uit een reeks ingrepen, is ingeschat op mogelijke opbrengst aan energie. Dit maakt het ook mogelijk om te zien hoever de verschillende benaderingen in de verschillende cases in opbrengsten uit elkaar liggen. Met andere woorden: Hoe ver kom je op welke plek met welke aanpak? Een ander kansrijk gegeven is dat we deze potentie per strategie kunnen vergelijken met het theoretisch potentieel uit het datamodel. Dit geeft ons een beeld hoe de ingrepen zich verhouden tot de ruimere opgave voor inpassing van hernieuwbare energie in Vlaanderen en de Europese regio.

Een groot voordeel van deze werkwijze is dat het mensen met uiteenlopende achtergronden en kennis op een gestructureerde manier gezamenlijk over een gebied na kan laten denken. In de analyse kan men specifieke kennis over techniek, of over de regio inbrengen. In de fase van het ontwerpend onderzoek kan er vrij gekeken worden naar de mogelijkheden van het gebied, los van een vooraf vastgesteld doel van opbrengst. Het maakt inzichtelijk wat het betekent als men bereid is verder te gaan in de aanpassing van de bestaande ruimte voor energie.

**Producten**

De uitkomsten van het ontwerpend onderzoek zijn per case in drie scenario's verbeeld. Wanneer deze methodiek opnieuw toegepast wordt door andere partijen, of op een ander moment of andere locatie, zal de uitkomst verschillen. Met de twee cases zijn een aantal mogelijkheden en invalshoeken bekeken. Deze laten zien hoe de energietransitie op een integrale wijze zou kunnen plaatsvinden en hoe er tot een duurzaam energielandschap gekomen kan worden.

Naast de scenario's zijn er algemene lessen gedestilleerd uit de cases die voor meerdere locaties in Vlaanderen gelden. Deze *'lessons learned'* zijn vertaald in een beknopt vademecum voor de inpassing van hernieuwbare energie (hoofdstruk 5).

## 4.3 Case Roeselare

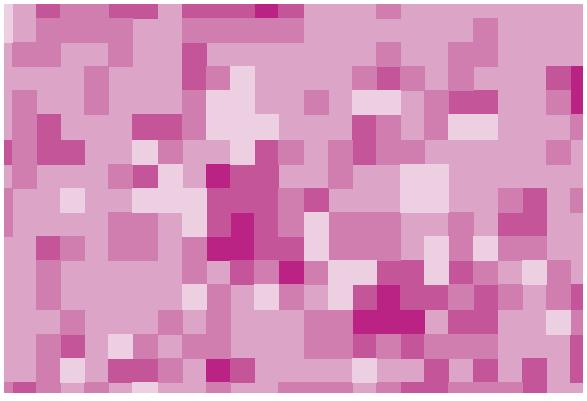
Roeselare is een stad in de Belgische provincie West Vlaanderen. Er is gekozen om deze locatie als case te nemen omdat het gebied een aantal kenmerken heeft die veel voorkomen in Vlaanderen: het landschap rond Roeselare is versnipperd en er zijn veel lintdorpen, het landschap kent een historische gelaagdheid waar momenteel niet veel meer van over is. Er speelt een waterproblematiek en de gronddruk is hoog.
Verder heeft Roeselare nog een aantal specifieke kenmerken die het gebied energetisch erg interessant maken. Er zijn in de omgeving van Roeselare relatief veel serres. Deze hebben een grote warmtevraag. Ook vormt de diepvriesindustrie een belangrijke energetische speler. Deze bedrijven hebben zowel op het gebied van warmte als elektriciteit veel potentie, en zorgen daardoor voor een interessante case.

**Energetische aspecten**
Het datamodel met de theoretische potentieberekening laat voor Roeselare zien dat hier kansen liggen voor met name wind- en zonne-energie en dat diepe geothermie niet mogelijk is in dit deel van Vlaanderen. De totale berekende potentie aan productie van hernieuwbare energie is voor dit gebied relatief hoog. De reden hiervoor is het vrij hoge aandeel van het landschapstype landbouw waar in het datamodel voor zowel wind als zonne-energie een grote potentie aan toegekend is.

**Gebiedskenmerken**
Vanuit de theoretische potentie per energiebron bekeken, biedt de regio van Roeselare veel mogelijkheden voor de plaatsing van zowel windturbines als zonnevelden. Het landschap rond Roeselare is echter versnipperd en wordt gekenmerkt door verspreide bebouwing en bedrijvigheid. De landschapstypen zijn sterk met elkaar verweven, waardoor de theoretisch energetische potentie waarschijnlijk een vertekend beeld geeft van de werkelijke energetische mogelijkheden in het gebied.

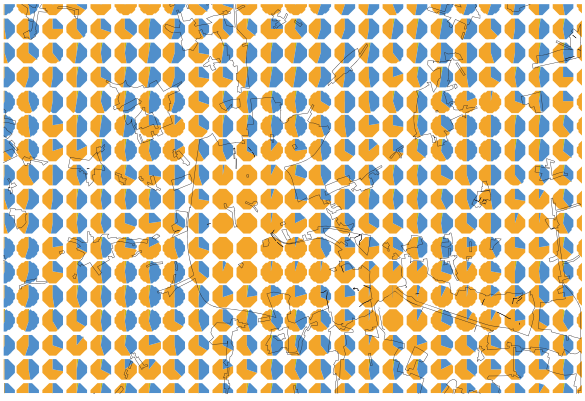
**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Roeselare**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenegie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Roeselare | 147.357 MWh/jaar | 9.998.255 MWh/jaar waarvan 3.442.022(PV) en 6.556.233(T) | 5.930.060 MWh/jaar | NVT | 14.971.800 MWh/jaar |



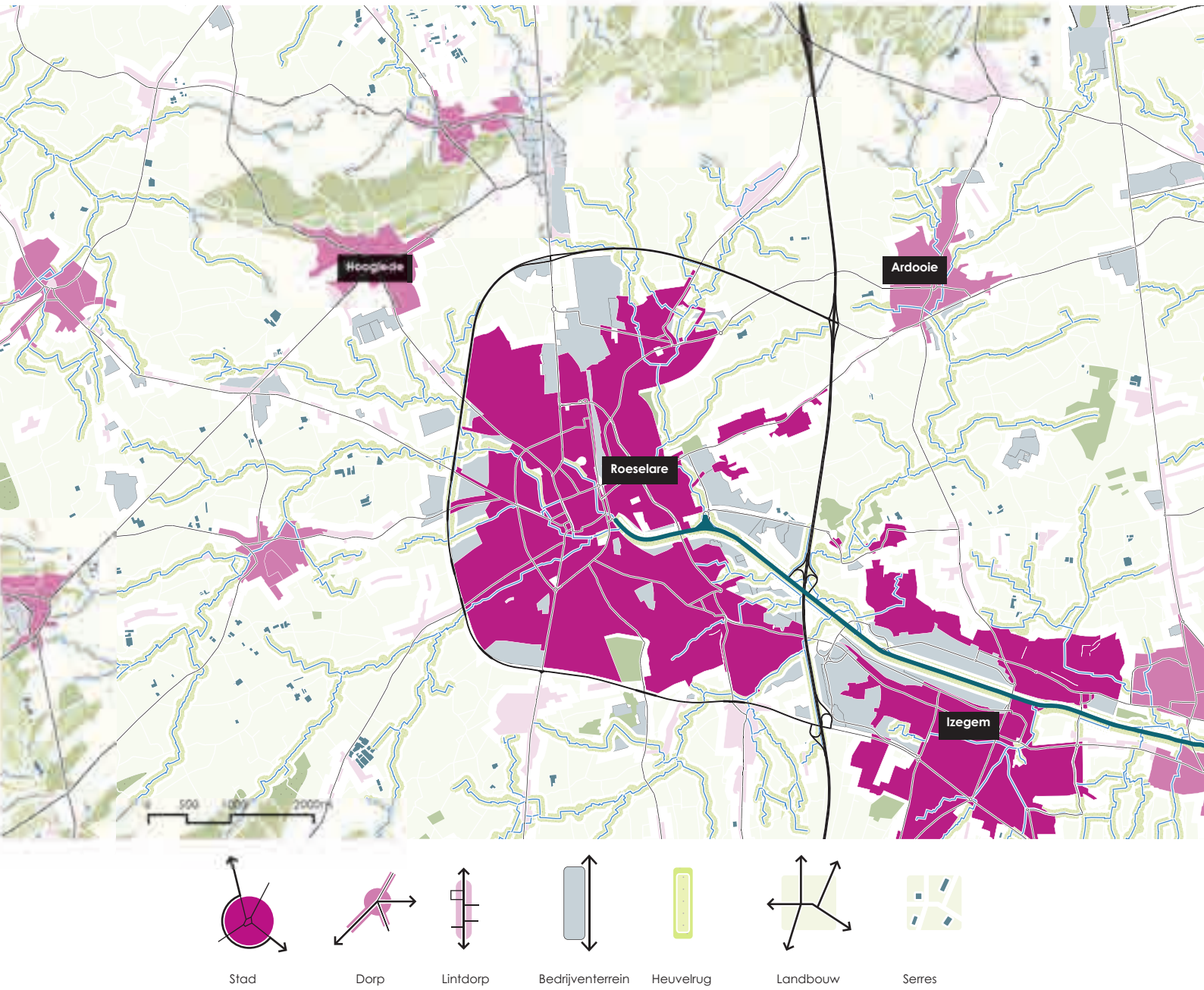
Figuur 4.2: Theoretische potentie hernieuwbare energie Roeselare

0 - 42.248 MWh/km²
42.248 - 55.710 MWh/km²
55.710 - 62.392 MWh/km²
62.392 - 71.823 MWh/km²
71.823 - 130.554 MWh/km²



Figuur 4.3: Taartdiagrammen kaart percentages van de verschillende energiebronnen per vierkante kilometer

percentage zonne-energie
percentage biomassa
percentage geothermie
percentage windenergie

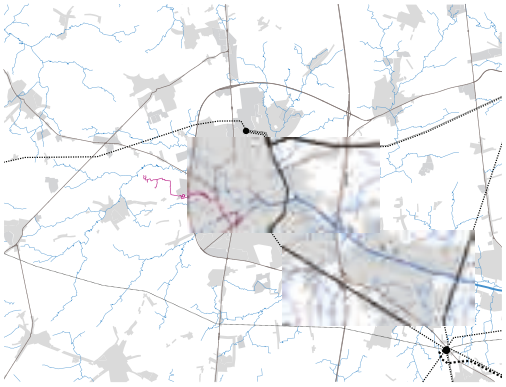






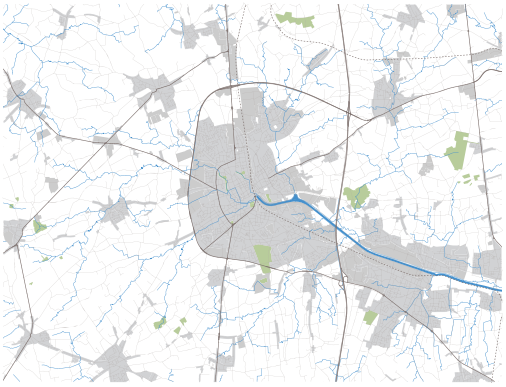
Figuur 4.4: DNA kaart Roeselare

Wanneer we het gebied nader beschouwen en het ruimtelijk DNA ontrafelen, is het direct duidelijk dat we hier te maken hebben met een sterk producerende regio. De elementen die naar boven komen, kunnen allemaal gezien worden als dienend aan de producerende kracht van het gebied. Er ligt een grote druk op de open ruimte als producerend landbouwgebied. In dit landbouwgebied zijn, naast enkele kleinere dorpen, glastuinbouwserres te herkennen. Deze komen verspreid over het gebied voor, soms als een bedrijf, soms als onderdeel van een bedrijf waar ook wordt geteeld in volle grond. In deze, van oudsher ondernemende regio, is een aantal agrarische bedrijven doorontwikkeld tot fabrieken waar de geteelde producten worden bewerkt, verpakt en ingevroren. Met name de koelhuizen van de diepvriesindustrie vormen hier een interessant element door een hoge elektrische energievraag en een potentiële bron voor restwarmte. Ook beschikken deze fabriekslocaties over eigen afvalverwerking en in sommige gevallen biogasinstallaties. Naast enkele windturbines is de afvalverwerkingscentrale MIROM een belangrijke lokale energiebron. De regio ontwikkelde reeds het bijbehorende warmtenet om de thermische energie van deze centrale te kunnen benutten en is bezig dit netwerk uit te breiden.
De elementen uit het DNA komen ook terug in de contextuele gebiedsdynamiek en opgaven die in het gebied spelen. We hebben hieronder de belangrijkste bevindingen uit dit analysedeel beknopt weergegeven:



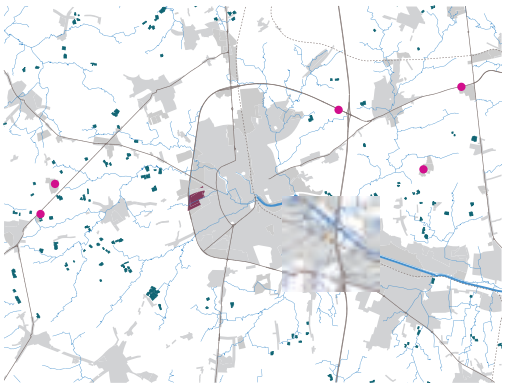
Figuur 4.5: Energetische elementen

- Warmtenet
- 380KV hoogspanningsnet
- 150KV hoogspanningsnet
- 70KV hoogspanningsnet
- Bestaande windturbines
- Mirom afvalverbranding



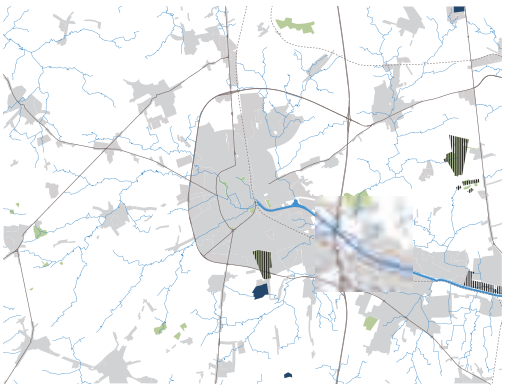
Figuur 4.6: Ruimtelijk elementen

- Bebouwd gebied
- Industrie- en bedrijventerrein
- Water en beekvallijen
- Wegen
- Bosgebied



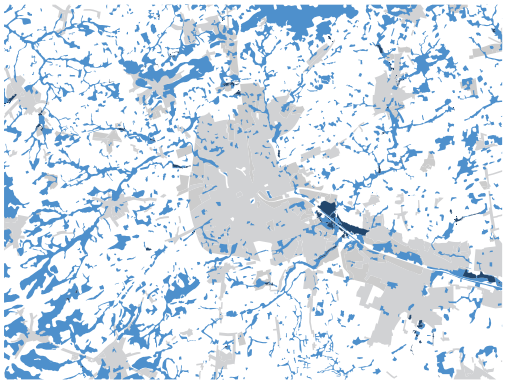
Figuur 4.7: Economisch elementen

- Diepvriesindustrie
- Serres
- REO veiling



Figuur 4.8: Ecologisch elementen

- VEN-gebied
- Bos/park
- Industrie
- Water



Figuur 4.9: Overstromingsgevoelige gebieden

Mogelijk overstromingsgevoelig
Effectief overstromingsgevoelig

Demografisch
- 59.715 inwoners - bevolking groeit
- Middelgrote stad met weinig uitloopgebied: nood aan meer ruimte voor recreatie

Energetisch
- Bestaand warmtenet vanuit afvalverbrandingscentrale Mirom
- Roeselare koploper op technologie warmtenet

Ruimtelijk
- Versnippering van het landbouwlandschap
- Verlinting
- Verspreide bewoning en bedrijvigheid
- Kleinschalig landschap daterend uit 18e eeuw, met mozaïek van akkers en weilanden omzoomd met hagen heeft plaatsgemaakt voor een min of meer grootschalig productielandschap: structuur en leesbaarheid ontbreken
- Landschap is weinig toegankelijk

Economisch
- REO-veiling, diepvriesbedrijven en veevoederbedrijven zorgen voor grote economische dynamiek
- Gronddruk landbouw is hoog
- Roeselare vervult centrumfunctie voor de regio in werkgelegenheid en voorzieningen
- Schaalvergroting in landbouw-, glastuinbouw- en diepvriesbedrijven

Ecologisch
- Versnippering leidt tot ecologische armoede
- Er zijn initiatieven om in te zetten op een robuuster landschap, waarin natuur gekoppeld wordt aan beekvalleien

Water
- Overstromingsdruk in het centrum door de lage ligging ten opzichte van omringende landschap
- Verdroging en waterdruk door landbouw
- Het gebied kent periodiek grote watertekorten
- Lozing van proceswater

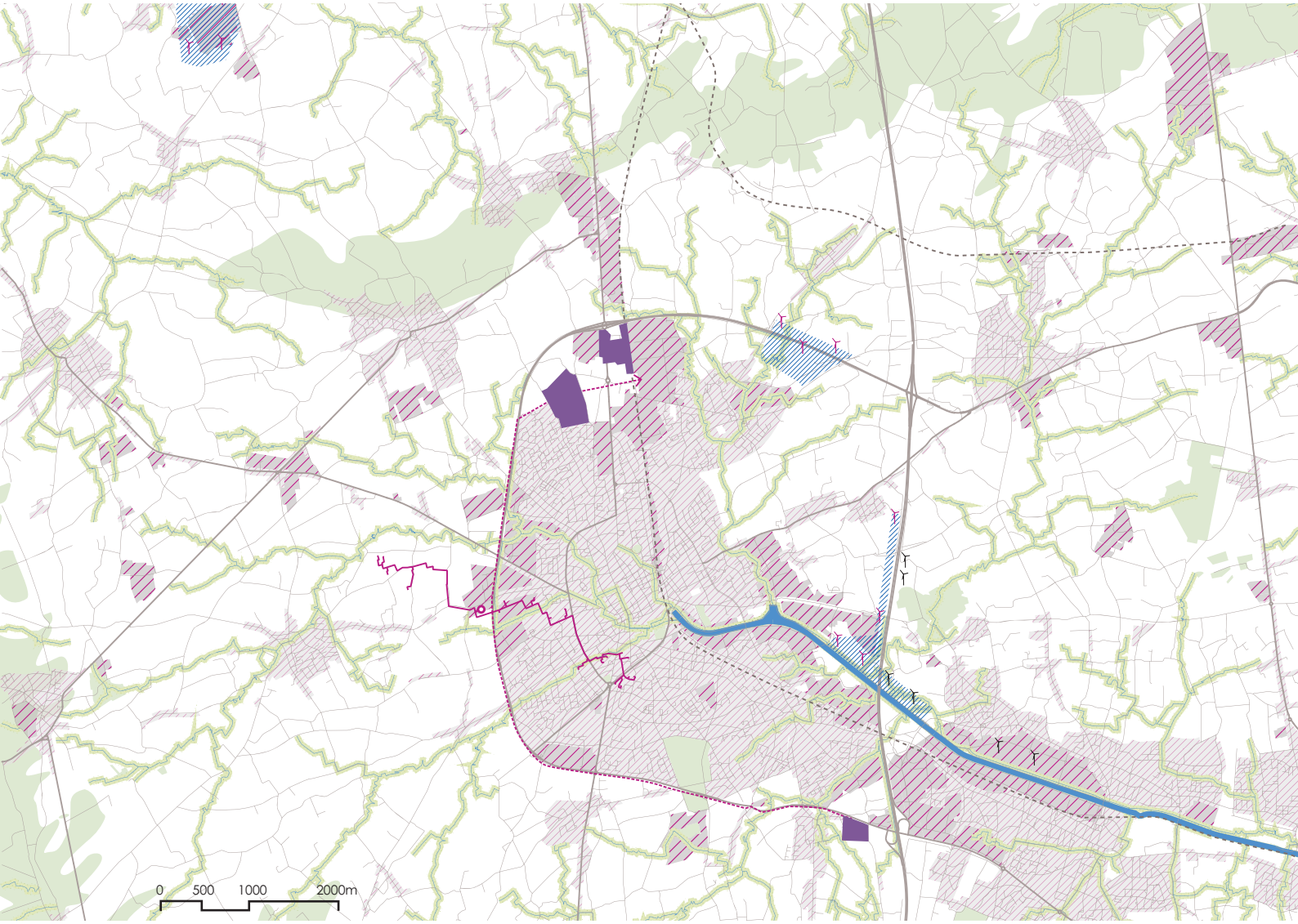
Uit de analyse blijkt dat Roeselare een gebied is waar de ruimte onder grote druk staat door verschillend gebruik. Dit geeft een interessant startpunt voor het beschouwen van het gebied middels de eerder geïntroduceerde strategieën.
Hierna zijn de meest opvallende onderdelen van de uitgewerkte scenario's nader toegelicht. Bij de beschouwing van de uitwerking van de scenario's is het van belang deze niet als meest optimale of best passende oplossingen te zien, maar als echt onderzoeksmateriaal. Dit wil zeggen dat het uitwerkingen zijn die iets beogen te testen zonder vastgelegd eindbeeld. De uitkomsten van een scenario kunnen ook juist het inzicht geven dat iets niet wenselijk is en verschaffen hiermee inzicht in de richting die voor een uiteindelijk ontwerp voor de regio kan worden gekozen.

### 4.3.1 Business as usual

In dit scenario is de ruimtelijke structuur dominant en vormt het energiesysteem een toevoeging aan het landschap. Er is in dit scenario rekening gehouden met de huidige regelgeving. Zo worden er uitsluitend in de aangeduide zoekzones windturbines geplaatst en hierbij wordt rekening gehouden met de huidige restricties (zie appendix 2). Voor de mogelijke productie van fotovoltaïsche -panelen is in dit scenario gerekend met 30%l van het bestaande dakoppervlak dat beschikbaar zal komen voor deze technologie. Het warmtenet dat aangesloten is op de Mirom afvalverbrandingsoven wordt in dit geval verder uitgebreid volgens huidige planvorming naar vastgestelde ontwikkelingslocaties en naar de nieuwbouwsite van het ziekenhuis. Juist omdat het warmtenet hier al aanwezig is, is er voor gekozen om zonne-energie in Roeselare middels PV panelen om te zetten in electriciteit in plaats van warmte. Er worden geen verdere aanpassingen gedaan aan het netwerk en er wordt geen buffering voorzien.

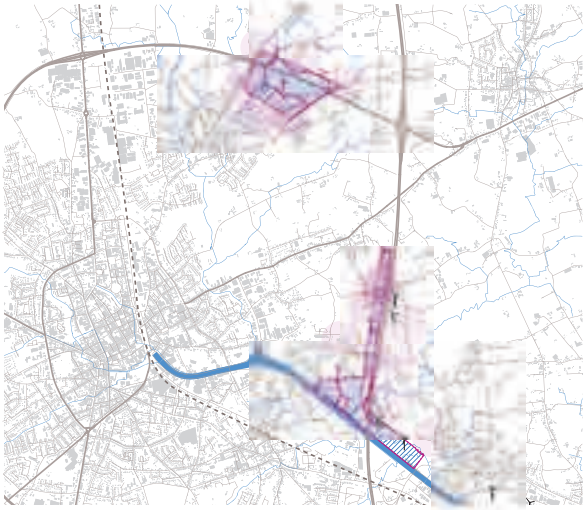
In dit scenario is te zien wat het effect is van de huidige keten van besluitvorming rondom de plaatsing van windturbines. Vanuit de Vlaamse overheid wordt ingezet op het realiseren van windturbines op industrie- en bedrijventerreinen en langs grootschalige infrastructuur. Dit zou voor het gebied Roeselare een groot aantal windturbines kunnen betekenen. Op een ander beleidsniveau waren zoekzones vastgesteld waarbinnen de Vlaamse ambitie ingepast kan worden. Dit beleid bestaat niet meer, maar de principes waarop de zoekzones waren gesteund gelden nog wel als uitganspunt voor beleid. Hierbij is rekening gehouden met tal van beperkende factoren zoals vogelbroedgebieden, radarinstallaties, effect op beleving open ruimte etc. (zie appendix 2). Bij het vaststellen van deze zoekzones is nog geen rekening gehouden met de wettelijke bepaling dat een windturbine op minimaal 250 meter afstand van een woning geplaatst dient te worden. Deze afstandsnorm is tot 2012 gehanteerd als wettelijk aan te houden afstand.
Sinds 2012 geldt de VLAREM richtlijn waarmee enkel nog rekening gehouden wordt met geluidsniveau en slagschaduw en waarmee de strikte toepassing van de 250m afstandsregel genegeerd wordt. Voor woningen liggen de akoestische grenzen echter zo hoog dat het quasi nooit zal voorkomen dat een turbine vandaag dichter dan deze 250m bij een woongebied zal worden geplaatst. Daarom wordt in de praktijk deze afstand nog steeds gehanteerd als een goede vuistregel en werd deze ook zo meegenomen in het onderzoek om een duidelijke ruimtelijke richtlijn te kunnen hanteren die de realiteit benadert. Het enige achterpoortje dat toelaat om dichter te bouwen is een onderlinge overeenkomst met de bewoners en de windontwikkelaar maar dit is enkel realistisch als het om één of twee woningen gaat en zeker niet als het om een ruimer woongebied gaat.

Wanneer er rondom de bestaande woningen een dergelijke zone vrijgehouden dient te worden wordt duidelijk dat er effectief maar een beperkt deel van de zoekzone beschikbaar is. Voor het overgebleven deel van de zoekzone geldt dat er nog altijd een procedure doorlopen moet worden waarbij een regio zelf bepaalt of de plaatsing schadelijk wordt geacht voor de ruimtelijke beleving. Mocht dit allemaal positief uitvallen ten opzicht van de plaatsing dan is er de kwestie hoe windturbines op een efficiënte wijze geplaatst kunnen worden in het overgebleven gebied, zodat ze geen belemmering voor elkaar vormen. Dit geeft voor het business as usual scenario aan dat er maar een zeer beperkte potentie voor windenergie is. De wijze waarop deze turbines geplaatst kunnen worden roept ook de vraag op of de procedure nog wel strookt met de intentie. Daar waar de Vlaamse ambitie zich in eerste instantie ruimtelijk lijkt te vertalen in lijnopstellingen langs grootschalige infrastructuur is de uiteindelijke uitwerking de plaatsing van enkele incidentele windturbines, ogenschijnlijk arbitrair verspreid in het landschap. Naast de 6 bestaande windturbines zouden met deze strategie nog 11 turbines met een capaciteit van elk 2 MW geplaatst kunnen worden. Overigens is het de vraag of een dergelijke inpassing wel haalbaar is. De benodigde investering in een windturbine rendeert beter bij de realisatie van een groter aantal turbines in een project, waardoor veel ontwikkelaars af zullen zien van deze mogelijkheid. Dit voorbeeld is representatief voor veel plekken in Vlaanderen waar ondanks een zeker streven op bepaalde overheidsniveaus de potentie voor windenergie niet of nauwelijks benut wordt, deels door wetgeving vanuit andere beleidsdomeinen.



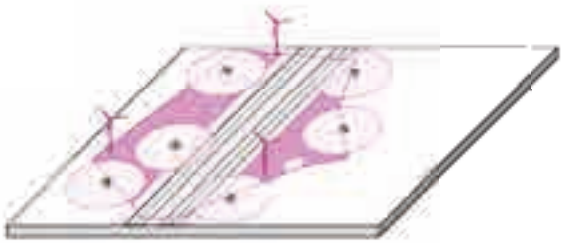

Figuur 4.10: Plankaart Roeselare scenario *usiness as usual*

- Zonnepanelen in woongebied
- Zonnepanelen in industriegebied
- Bestaande windturbines
- Nieuwe windturbines
- ontwikkellocaties windturbines
- Uitbreidingsgebieden
- Bos en stuwwallen
- Water
- Mirom warmtenet
- Uitbreiding warmtenet
- Beekdalen

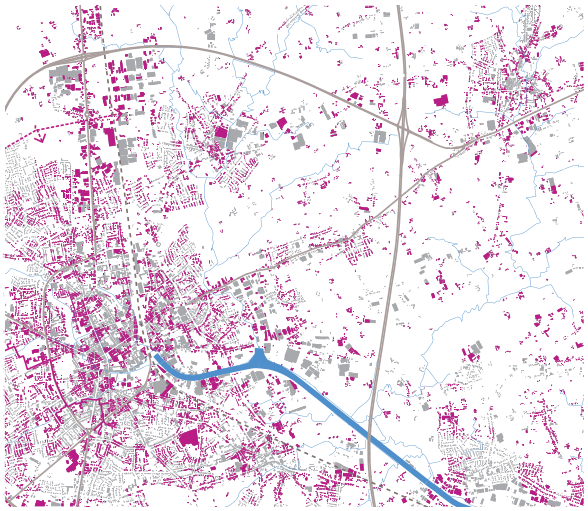


Figuur 4.11: Windturbines in de restrictie-vrije zones Roes

In de afbeelding hiernaast is te zien wat de ruimtelijke implicaties zijn van de bestaande restricties rond windturbines. Uit het ontwerpend onderzoek blijkt dat er slechts elf turbines bij kunnen worden geplaatst in Roeselare. Het huidig beleid heeft tot gevolg dat er incidenteel turbines worden geplaatst, zonder echt rekening te houden met ruimtelijke samenhang.

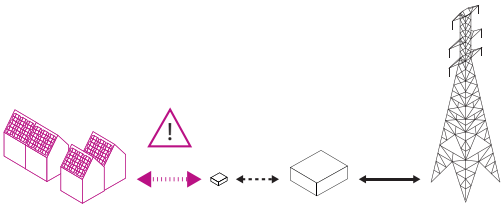


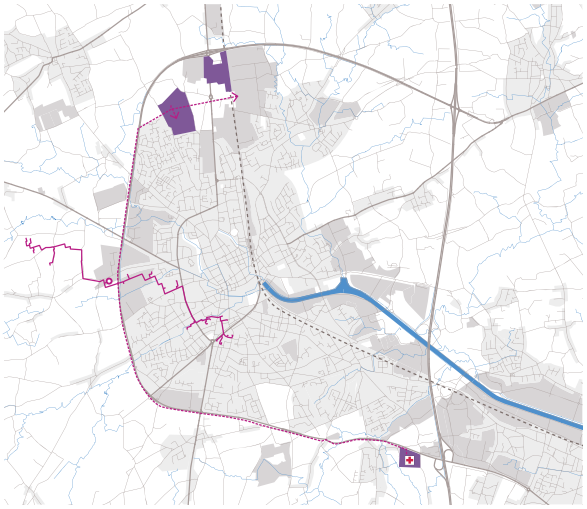
Figuur 4.12: Principeschema toetszone voor windturbines



Figuur 4.13: Zonnepanelen op woningen en industrie

In deze strategie worden er pv-panelen geplaatst op daken. Omdat de grondruk in Roeselare groot is, wordt geen extra land voor zonne-energie gebruikt. Doordat dit scenario niet in opslag capaciteit voorziet en er geen aanpassingen aan het netwerk worden gedaan kunnen er problemen ontstaan op het laagspanningnet door overbelasting bij pieken. Hierdoor zal een deel van de opgewekte energie verloren gaan.






Figuur 4.15: Uitbreiding van het bestaande warmtenet

Het Mirom warmtenet is een van de weinige warmtenetten in Vlaanderen en gebruikt de restwarmte van de afvalverbrandingsoven van Mirom.

Het bestaande warmtenet heeft een overcapaciteit. Het zal dan ook worden uitgebreid naar het ziekenhuis en naar de geplande woonuitbreidingsgebieden.

**Bestaand:**

6 windturbines 24.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 6.860 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 30.000 MWh/jaar thermisch
*(gelijk aan verwarming en sanitair warm waterverbruik van ca. 1.300 gezinnen)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

245.540 $m^2$ PV-panelen 22.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 6.310 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

12 windturbines 48.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 12.570 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 44.000 MWh/jaar thermisch
*(uitbreiding warmtenet naar het ziekenhuis en woonuitbreidingsgebieden)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

1.239.000 $m^2$ PV-panelen 111.500 MWh/jaar elektrisch
*30 % van het dakoppervlakte is volledig benut.*
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 31.860 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **176.500 MWh/jaar elektriciteit en 44.000 MWh/jaar thermische energie.**

De potentie uit het data model, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 18.065.133 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 1,5 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Roeselare**

| | Biomassa | Warmtenet | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Roeselare | 147.357 MWh/j | | 9.998.255 MWh/j ,waarvan 3.442.022(PV) en 6.556.233(T) | 5.930.060 MWh/jaar | NVT | 14.971.800 MWh/j |
| Business as usual | - | 61.000 MWh/j | 111.500 MWh/j (PV) | 48.000 MWh/j | NVT | 220.500 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

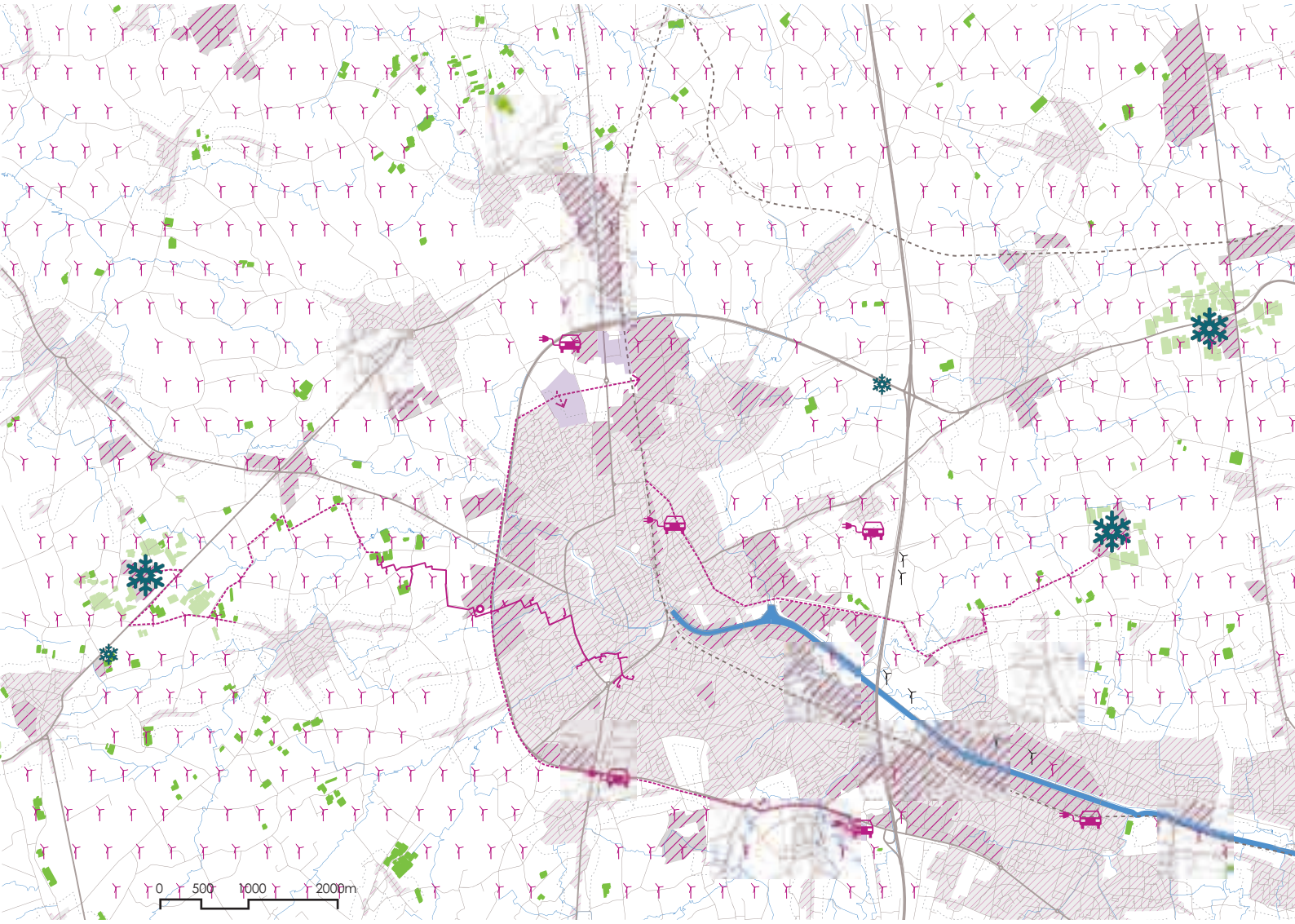
Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

### 4.3.2 Energie als drijfveer

Dit scenario geeft ruim baan aan de implementatie van hernieuwbare energie en met name aan de inpassing van windturbines. Het energiesysteem dicteert hierbij de wijze waarop het landschap verder vorm krijgt. De meest optimale onderlinge afstand van de turbines wordt gecombineerd met een efficiënte maatvoering voor de productieve landbouw. Alle aanwezige bebouwing en infrastructuur wijkt voor de turbines of past zich er op aan. De structuur wordt voorzien van een slotensysteem dat er voor zorgt dat het aanwezige water zo goed mogelijk benut en afgevoerd kan worden. Door de efficiëntie in de herverkaveling komt er aan de randen van deze herverkavelingen ruimte vrij. De historische opbouw van het landschap van kleine akkers, omzoomd door heggen en groenranden komt in een ruimere vorm weer terug. De beken worden tot bredere groenzones gemaakt die als recreatiegebied, ecologische drager en waterretentiegebied fungeren. Hiertoe worden langzaam-verkeerroutes tot een robuust netwerk in deze groenzones getrokken. Deze implementatie is van grote invloed op het bestaande landschap en zou in totaal tot de toevoeging van 687 windturbines van 2 MW kunnen leiden. Dit zal zeker een groot ruimtelijk effect geven, maar neemt wel een aantal specifieke uitdagingen voor de regio mee en biedt hier een interessant antwoord op.
Voor de opwekking van fotovoltaïsche energie is in dit scenario gerekend met een percentage van 50% van het dakoppervlak. Zoals aangegeven is in het hoofdstuk energie is dit gemiddeld het mogelijke dakoppervlakte dat geschikt is voor de plaatsing van panelen. Er is bewust gekozen om geen zonnevelden voor te stellen, aangezien de gronddruk in Roeselare erg hoog is. De bodemtextuur en bodemdrainage is in dit stuk van Vlaanderen erg gunstig voor akkerbouw waardoor er vanuit het schaalniveau van Vlaanderen beredeneerd is dat zonnevelden beter op een ander bodemtype geplaatst kunnen worden.
Als aanvulling op de opwekkingstechnieken is er ruimte voor buffering voorzien in de vorm van (met PV-panelen overdekte) Park & Rides. Wanneer er een Park & Ride systeem met elektrische auto's en een 'auto deel systeem' op de schaal van de regio Roeselare ingevoerd kan worden bieden de accu's van de elektrische voertuigen gezamenlijk een aanzienlijke buffercapaciteit. Door de oplaadstations aan te sluiten op een smartgrid kan bepaald worden op welk moment de accu's het best stroom kunnen laden of terugzetten op het net in de periode dat de voertuigen niet gebruikt worden. Vooral wanneer er sprake is van een autodeelconcept waarbij van tevoren aangegeven wordt wanneer de auto gebruikt zal worden en derhalve volledig geladen moet zijn, is deze bufferfunctie effectief in te zetten.
Het warmtenet dat aangesloten is op de afvalverbrandingsoven wordt in dit geval verder uitgebreid volgens huidige planvorming naar geplande ontwikkelingslocaties en naar de nieuwbouwsite van het ziekenhuis. De restwarmte van de koelhuizen wordt ook benut door glastuinbouw in de directe nabijheid van de koelhuizen te plaatsen. Deze locaties zouden eveneens aangesloten kunnen worden op het bestaande warmtenet, waarmee uitwisseling van warmte mogelijk wordt. Daarnaast wordt de maximaal nog te benutten capaciteit van verbrandingsoven welke vandaag via de warmteafvoer verloren gaat, volledig benut. Binnen dit scenario is het ook mogelijk om in de stadskern van Roeselare meer individuele gebouwen en/ of woningen aan te sluiten op het warmtenet om tot meer valorisatie van de restwarmte te komen. Dit kan leiden tot een stadsnet met een aantal restwarmteleveranciers en tal van afnemers.

De koelhuizen krijgen in dit scenario ook een belangrijke rol als buffer voor elektriciteit uit hernieuwbare energie. Deze installaties zijn grootverbruikers van elektrische energie. Wanneer er een piek in de productie is kunnen de koelhuizen ingezet worden om extra af te nemen en dieper te koelen, om bij een tekort aan productie weer langzaam op te warmen. Deze fluctuatie in afname kan gebeuren door deze eenheden aan te sluiten op een smartgrid dat aangeeft hoe de fluctuatie in productie en afname op het net verloopt. Dit type industrie is groeiende in Roeselare en zou in dit scenario alle ruimte krijgen om verder uit te breiden.




Figuur 4.16: Plankaart Roeselare scenario *Energie als drijfveer*

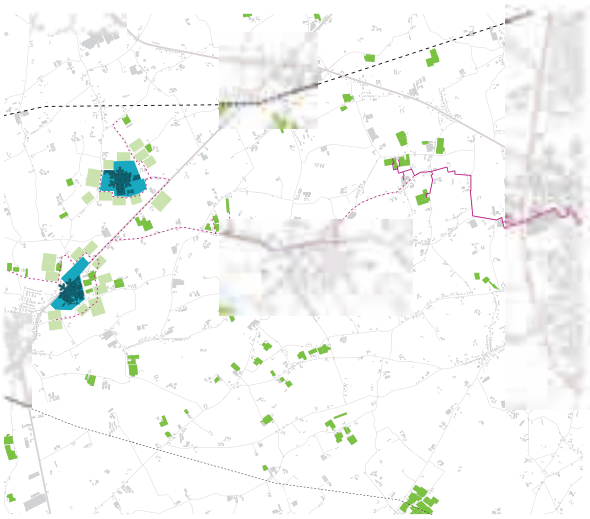
- Zonnepanelen in woongebied
- Zonnepanelen in industriegebied
- Bestaande windturbines
- Nieuwe windturbines
- Diepvriesindustrie
- Serres
- Nieuwe serres
- P&R, oplaadstation, elektrische auto's
- Mirom warmtenet
- Uitbreiding warmtenet

Figuur 4.17: Windturbines in buitengebied Roeselare

Windturbines zijn geplaatst in het buitengebied rond Roeselare. Er is rond het gebied dat gezien kan worden als stedelijk, een bufferzone van 250m (stippelijn) in acht genomen, maar in het buitengebied is er geen rekening gehouden met de bebouwing.

Figuur 4.18: Park & Ride & oplaadplaatsen

In de afbeelding hiernaast is het principe van Park & Ride parkeerplaatsen ruimtelijk onderzocht. De parkeerplaatsen waar de buffering van energie gecombineerd wordt met elektrische wagens en autodelen, zijn aangesloten op een openbaar vervoersnetwerk, en liggen nabij belangrijke functies of ontwikkelingsgebieden.




Figuur 4.19: Uitbreiding van het warmtenet en ruimtelijke nabijheid van koelhuizen en serres

De concentraties van koelhuizen en glastuinbouw speelt ruimte vrij voor landbouw en recreatie. De warmte uitwisseling tussen koelhuizen en serres levert energetische voordelen op, omdat de warmte die vrijkomt bij het koelen gebruikt kan worden in de serres. De lokale warmtelevering kan bij grote vraag of aanbod verbonden worden met een warmtenet.

**Bestaand:**

6 windturbines 24.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 6.860 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 30.000 MWh/jaar thermisch
*(gelijk aan verwarming en sanitair warm waterverbruik van ca. 1.300 gezinnen)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

245.540 $m^2$ PV-panelen 22.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 6.310 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

693 windturbines 2.722.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 792.000 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 98.000 MWh/jaar thermisch
*(maximale vermogen vebrandingsoven, uitgaande van huidige, nog niet benutte warmteopbrengst, gelijk aan verbruik 4.260 gezinnen)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

2.478.000 $m^2$ PV-panelen 223.000 MWh/jaar elektrisch
*50% van het dakoppervlakte is volledig benut.*
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 63.720 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **3.012.000 MWh/jaar elektriciteit en 98.000 MWh/jaar thermische energie.**

De potentie uit het data model, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 18.065.133 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 20,8 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Roeselare**

| | Biomassa | Warmtenet | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Roeselare | 147.357 MWh/j | | 9.998.255 MWh/j ,waarvan 3.442.022(PV) en 6.556.233(T) | 5.930.060 MWh/jaar | NVT | 14.971.800 MWh/j |
| Energie als drijfveer | - | 115.000 MWh/j | 223.000 MWh/j (PV) | 2.772.000 MWh/j | NVT | 3.110.000 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

### 4.3.3 Synergie

Voor het Synergie scenario zijn verschillende ingrepen en aanpassingen gedaan aan de onderliggende systemen die het landschap bepalen. Hiervoor zijn de verschillende elementen waar de regio uit bestaat in een flowchart (stroomschema) geplaatst(fig 4.21). Het stroomschema toont waar er in de onderliggende systemen mogelijkheden zijn die de energietransitie van de regio kunnen vormgeven. Elk van deze opties is te vertalen in een ruimtelijke uitwerking die in gaat op de uitdagingen die in het gebied spelen. Door zowel de energetische, economische als de landschappelijke elementen te beschouwen kunnen er slimme combinaties gerealiseerd worden door onderlinge uitwisseling.
Dit Synergie scenario is te lezen als de doorontwikkeling van dit energetisch-ruimtelijke systeem. Het is de achtergrond die bepaalt hoe de ingrepen in het gebied landen. Juist door de elementen in dit systeem te beschouwen wordt duidelijk waar de kansen liggen en welke partijen hier een rol in spelen. Het kan als instrument ingezet worden om tot realisatie van de verschillende elementen te komen. De verschillende ingrepen vormen gezamenlijk een mogelijk totaalbeeld voor de omgeving Roeselare.

Fotovoltaïsche-panelen worden in dit scenario op 50% van de bebouwing gelegd. Ook wordt er ingezet op de buffermogelijkheid die Park & Ride functies kunnen bieden. Overigens zijn de Park &Ride functies ook een manier om in te gaan op specifieke uitdagingen in de regio. Het gebied kent namelijk een relatief groot aantal verplaatsingen op zeer korte afstand. Het is in die zin niet exemplarisch voor Vlaanderen, omdat er geen extreem groot aandeel pendelverkeer is, maar het fenomeen van veel lokale verplaatsingen over korte afstand is wel kenmerkend voor veel gebieden in Vlaanderen. Het maakt daarom dit type koppeling van de energieopgave met de vervoersproblematiek een kansrijke denkrichting. Het warmtenet dat aangesloten is op de afvalverbrandingsoven wordt verder uitgebreid volgens huidige planvorming naar ontwikkelingslocaties en naar de nieuwbouwsite van het ziekenhuis.

Om de ruimte rondom Roeselare optimaal in te zetten voor energiewinning, recreatie en akkerbouw, wordt in dit scenario getracht om de verdichting binnen de bestaande perimeter van Roeselare in te passen. Hierdoor kan het warmtenet ook op een efficiëntere wijze ingezet worden voor zowel nieuwe als bestaande bouw met de huidig beschikbare en nog te benutten capaciteit van de verbrandingsoven als uitgangspunt. Ook wordt de voorgenomen uitbreiding van glastuinbouw gekoppeld aan het warmtenet en vindt dezelfde herplaatsing van serres rondom de koelhuizen plaats als bij Energie als drijfveer. Ook hier geldt dat de herpositionering zou moeten leiden tot een efficiënter ruimtegebruik en dus meer ruimte om de opgaven op het gebied van water, ecologie, economie, recreatie etc. aan te gaan.

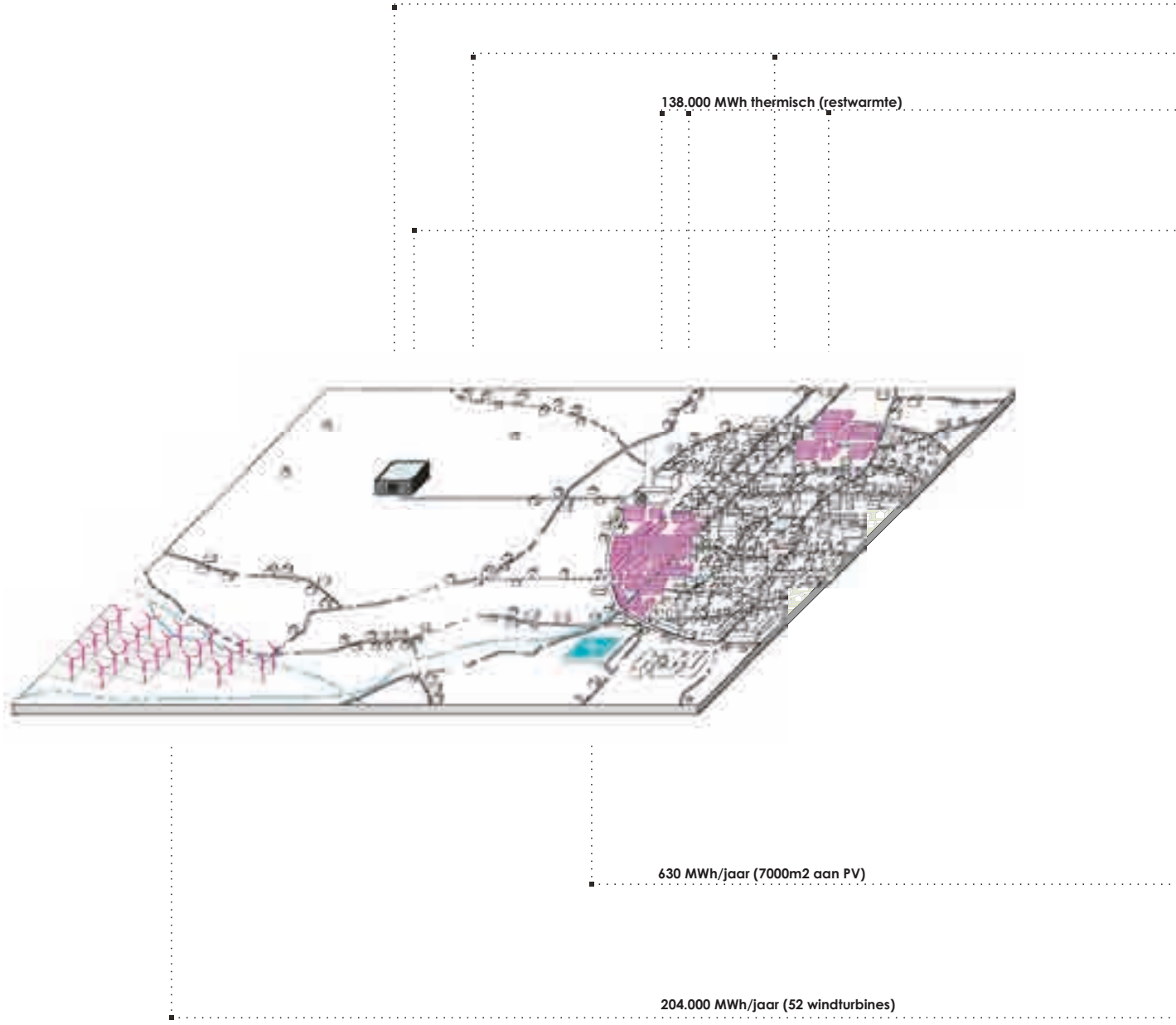
De koelhuizen vervullen door middel van een smartgrid een bufferfunctie voor de hernieuwbare energie op het net. Een ander aspect dat in deze regio benut kan worden is te vinden in de stofwisseling van het gebied. De afvalstromen van de fabrieken waar de koelhuizen deel van uitmaken, de serrecomplexen, landbouwgronden en groengebieden kunnen allen ingezet worden om hernieuwbare energie uit te winnen. Hier is met de afvalverwerkingsinstallatie al een sterke basis voor gelegd. Toch is de zeer lokale verwerking van biomassa op de verspreide fabrieksterreinen ook een efficiënte wijze van verwerking. Het vermindert het benodigde transport en wekt energie op, op de plek waar het ook in grote mate gebruikt wordt. Het aandeel van de biomassastromen is zelfs in dit zeer productieve landbouwgebied bescheiden ten opzichte van de productie die de andere bronnen kunnen realiseren. Het heeft echter wel degelijk een waardevolle ondersteunende functie en kan bijvoorbeeld bij de fabriekslocaties ingezet worden om bij te schakelen op het moment dat er een tekort aan hernieuwbare energie op het net is.

Figuur 4.20: Plankaart Roeselare scenario *Synergie*

- Zonnepanelen in woongebied
- Zonnepanelen in industriegebied
- Bestaande windturbines
- Nieuwe windturbines
- Diepvriesindustrie
- Serres
- Nieuwe serres
- P&R, oplaadstation, elektrische auto's
- Mirom warmtenet
- Uitbreiding warmtenet
- Beekdalen
- Ruilverkavelingsgebieden
- Ontwikkelingsgebieden

## Systeemverbindingen Roeselare

Het stroomschema toont mogelijke koppelingen die de energietransitie kunnen vormgeven. De axonometrie toont een ruimtelijke uitwerking welke inspeelt op  de configuratie van het landschap in en rondom Roeselare. De combinatie van beide beelden maakt de slimme koppelingen tussen de zichtbare en minder zichtbare elementen inzichtelijk. Dit scenario speelt in op de dynamiek van stromen in het gebied welke tevens de grootste winsten oplevert op zowel energetisch vlak als in de



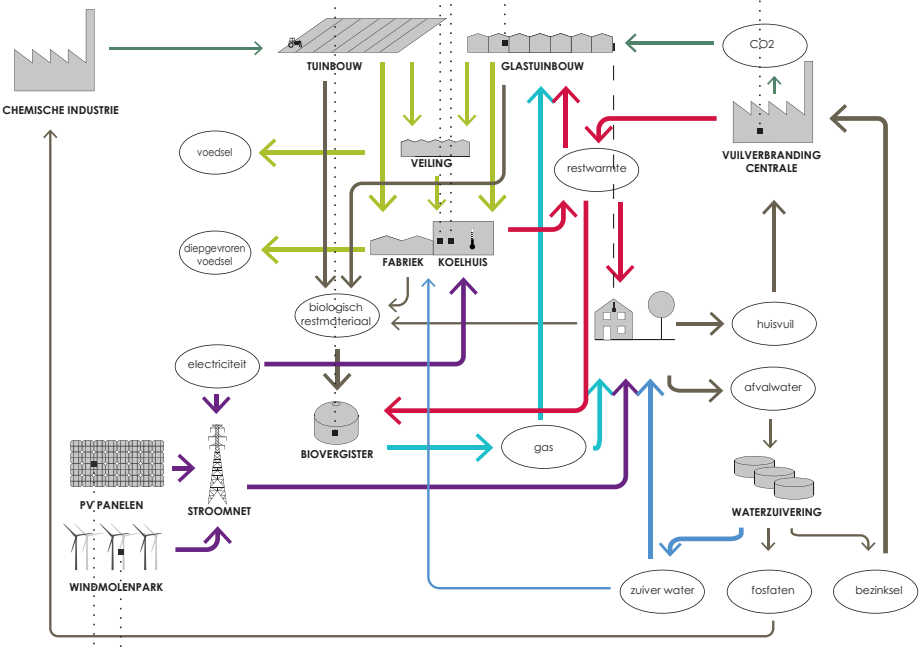
aanwezige gebiedsdynamiek. Er is een strategisch voorstel uitgewerkt dat in onze ogen het best past in de dynamiek van stromen en de grootste winsten oplevert, zowel energetisch als met betrekking tot de versterking van de aanwezige gebiedsdynamiek.

Serres concentreren rondom koelhuis ten behoeve van snelle uitwisseling producten

Biologisch restmateriaal tuinbouw wordt als biomassa ingezet voor gaswinning, welke terecht komt bij zowel woningen als de glastuinbouw.

Schaalvergroting van de vuilverbrandingsinstallatie geeft mogelijkheid tot uitbreiding van het warmtenet waardoor gunstige voorwaarden stedelijke ontwikkeling.
Daarnaast wordt het warmtenet uitgebreid richting de serres.

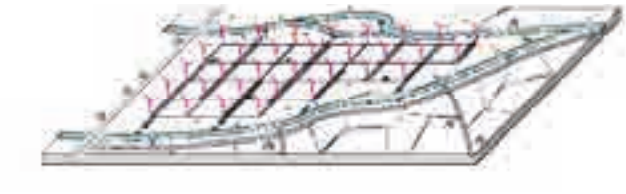
Restwarmte van de koelhuizen wordt benut door de glastuinbouw.




Parkeerplaatsen en stallingsterreinen aan de rand van Roeselare met overkapping van PV-panelen. Icm de stalling van elektrische auto's kan dit tevens dienst doen als buffering van elektrische energie.

Windmolenpark geplaatst op optimale onderlinge afstand in combinatie met optimale maatvoering productieve landbouw op een heuvelrug.

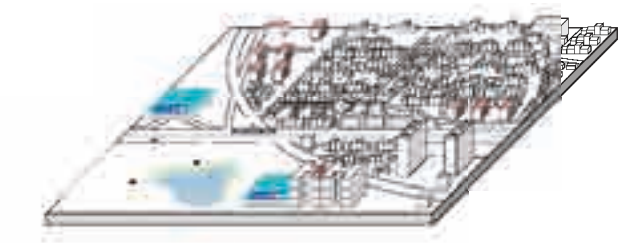
Figuur 4.21: Systeemverbeelding stromen en koppelingen Roeselare



Figuur 4.22: Schema plaatsing windturbines waarbij recreatie, water en de ruilverkaving opgaves zijn meegenomen

Het idee achter de Synergie strategie is om te testen wat de mogelijkheden zijn voor een integrale aanpak van de energietransitie en welke mogelijke uitwisselingen er gemaakt kunnen worden met andere sociale, ruimtelijke, economische en ecologische uitdagingen.

De gemeente Roeselare heeft ambities op het gebied van het creëren van een robuust en productief landschap. De plaatsing van windturbines wordt aan deze ambitie gekoppeld. Door het productiever maken van het landschap wordt ook ruimte voorzien voor een optimaal windturbine landschap. Dit kan geïnitieerd worden door middel van ruilverkaveling. De problemen die spelen rond waterretentie en het tekort aan recreatiegebieden worden bij deze herinrichting van het landschap eveneens meegenomen. .
Door de plaatsing van hagen kan een deel van de gelaagdheid van het 18de eeuwse landschap teruggebracht worden.



Figuur 4.23: Zonnepanelen op woningen en industrie

Dit scenario voorziet in zowel winning van energie als buffering en integrale afstemming. De koelhuizen en de accu's van elektrische auto's worden gebruikt om te bufferen.
Met een smartgrid wordt de afstemming van vraag en aanbod geregeld.

Figuur 4.24: Uitbreiding van het warmtenet in combinatie met verdichting

Verdichting
Voor warmtenetten is een hoge energievraag per strekkende meter een voorwaarde. De dichtheden voor een rendabel warmte net zijn in Vlaanderen vrijwel alleen maar aanwezig in de stedelijk kernen. Voor warmtenetten geldt dus verdichten, binnen het huidige bebouwd gebied. Binnenstedelijk verdichten waarborgt geen verdere versnippering en laat hiermee ruimte vrij voor productielandschap en recreatie.

**Bestaand:**

6 windturbines 24.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 6.860 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 30.000 MWh/jaar thermisch
*(gelijk aan verwarming en sanitair warm waterverbruik van ca. 1.300 gezinnen)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

245.540 $m^2$ PV-panelen 22.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 6.310 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

151windturbines 604.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 172.570 gezinnen)*

Mirom verbrandingsoven 98.000 MWh/jaar thermisch
*(maximale vermogen vebrandingsoven, uitgaande van huidige, nog niet benutte warmteopbrengst, gelijk aan verbruik 4.260 gezinnen)*
17.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 4.860 gezinnen)*

2.478.000 $m^2$ PV-panelen 223.000 MWh/jaar elektrisch
*50% van het dakoppervlakte is volledig benut.*
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 63.720 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **844.000 MWh/jaar elektriciteit en 98.000 MWh/jaar thermische energie.**

De potentie uit het data model, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 18.065.113 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 6,3 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Roeselare**

| | Biomassa | Warmtenet | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Roeselare | 147.357 MWh/j | | 9.998.255 MWh/j ,waarvan 3.442.022(PV) en 6.556.233(T) | 5.930.060 MWh/jaar | NVT | 14.971.800 MWh/j |
| Synergie | | 115.000 MWh/j | 223.000 MWh/j (PV) | 604.000 MWh/j | NVT | 942.000 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

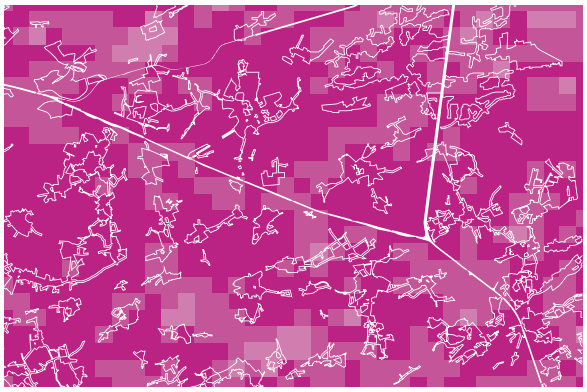
## 4.4 Case Albertkanaal

Het Albertkanaal werd in de jaren twintig gepland als transportverbinding omdat de bestaande routes vastliepen. In 1946 werd het kanaal in gebruik genomen. Het Albertkanaal vormt niet alleen een belangrijk landschappelijk element, het heeft ook een grote economische invloed in zijn omgeving. De gemeentes rond het Albertkanaal hebben zich verenigd in het ENA, het Economische Netwerk Albertkanaal.
Langs het kanaal liggen grote infrastructurele voorzieningen. Een snelweg, een grote leidingstraat en een hoogspanningsnet. Deze infrastructuur zorgt er voor dat het Albertkanaal een interessante locatie is om nader te bekijken. Het geeft de mogelijkheid het energiesysteem op een grotere schaal te beschouwen.
Het Albertkanaal is op twee niveaus bekeken. Allereerst is het geanalyseerd op de schaal van het Economisch Netwerk Albertkanaal en vervolgens is een deel van dit gebied nader bekeken en zijn hier scenario's voor uitgewerkt.

**Energetische aspecten**
Uit de theoretische potentie voor dit gebied wordt duidelijk dat zowel zon als wind veel potentie hebben. Hoewel er nog weinig bekend is over de precieze potentie van geothermie is het duidelijk dat er mogelijkheden voor geothermie in dit gebied aanwezig zijn. In het kader van dit onderzoek is een potentie aangenomen. Wanneer deze potentie minder blijkt dan wij hebben aangenomen kunnen de beschreven principes nog steeds worden gebruikt op locaties waar deze potentie wel aanwezig is.

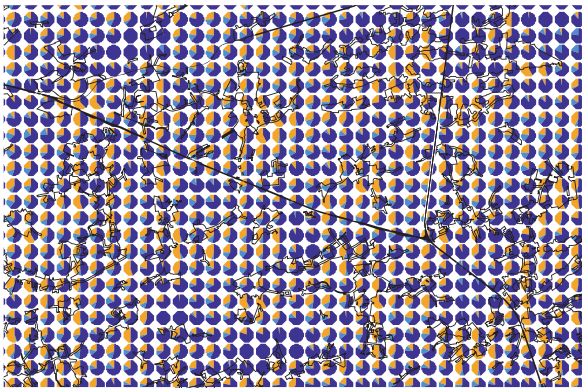
**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Alberkanaal**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenegie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Albertkanaal | 206.044 MWh/j | 18.297.482 MWh/j<br>waarvan 6.299.133 (PV)<br>11.998.349 (T) | 5.930.060 MWh/j | 40.491.500 MWh/j | 64.925.086 MWh/j |



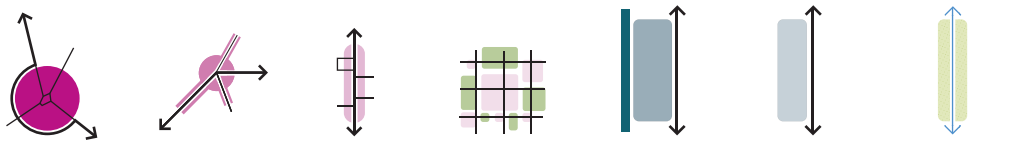
Figuur 4.25: Theoretische potentie hernieuwbare energie Albertkanaal

0 - 42.248 MWh/km²
42.248 - 55.710 MWh/km²
55.710 - 62.392 MWh/km²
62.392 - 71.823 MWh/km²
71.823 - 130.554 MWh/km²



Figuur 4.26: Taartdiagrammen kaart percentages van de verschillende energiebronnen per vierkante kilometer

percentage zonne-energie
percentage biomassa
percentage geothermie
percentage windenergie



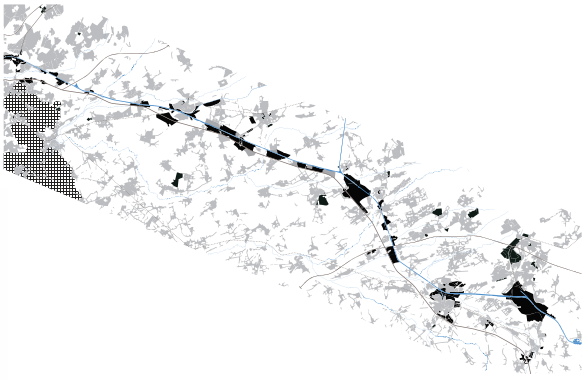

Figuur 4.27: DNA kaart Albertkanaal

**Gebiedskenmerken**

De ruimtelijke opzet van het gebied rond het Albertkanaal wordt sterk bepaald door de lijnstructuren (ondergrondse leidingen, het hoogspanningsnet en de spoorlijn) en de snelweg 313. Deze infrastructuur is een bepalende factor in de ontwikkeling van de economie in het gebied. In de DNA kaart is goed te zien dat zich langs deze infrastructuur een zone heeft gevormd waar een groot aantal industrieën en bedrijven gevestigd zijn. Deze langgerekte structuur staat vrijwel haaks op de onderliggende structuur van het oorspronkelijke Kempen landschap. Een groot aantal beken loopt zelfs tegen het kanaal aan waar het water met een sifon constructie naar de overzijde wordt geleid. Op andere plekken ligt het niveau van het kanaal zo ver boven het beekniveau dat er sprake is van risico op lekwater uit het kanaal. Daar waar beken en kanaal kruisen, is een spanning waarneembaar tussen de doorgaande ecologische waarden en mogelijke vestigingsgebieden voor bedrijven en industrie.
In de opbouw van de dorpen en stedelijke gebieden is een viertal typen te onderscheiden: stad, dorp, lintdorp en ontginningskern. Deze kennen ieder een eigen specifieke ruimtelijke opbouw en dichtheid. Hierbij is een aantal generieke kenmerken vast te stellen voor ieder van deze typen. Zo kennen de steden een historische kern met een betrekkelijk hoge dichtheid met rondom een middelhoge dichtheid. Er is een hoog voorzieningenniveau met een diverse energievraag en op korte afstand van de plaats liggen een of meerdere industrie- en bedrijventerreinen. Ook de dorpen hebben een compacte kern met historische bebouwing. Het dorp er omheen heeft een middelgrote dichtheid, vaak met ruime binnengebieden en terreinen tussen de woonkavels in. Het voorzieningenniveau is divers, maar met een aanzienlijk kleiner aanbod dan in de steden. Voor de lintdorpen als typologie is de kern minder evident. De voorzieningen zijn er vaak wel aanwezig, maar in veel gevallen verspreider dan in de grote dorpen. De lintbebouwing kent een lage dichtheid, hetgeen behalve de lintstructuur bepaald wordt door de ruime opzet van de kavels. Dit geldt in nog sterkere mate voor de ontginningskernen waar als specifiek kenmerk de eenzijdige woonfunctie te zien is. De opgaven en dynamiek in de gelaagdheid van de context is in zeer beknopte samenvatting voor het ruimere gebied van het Economisch Netwerk Albertkanaal hiernaast uiteengezet:

Figuur 4.28: Energetische elementen

- EPDC (propeen)
- ARG (ethyleen)
- PALL (koolwaterstof)
- NMP/ARG (etheen)
- Air Liquide
- LVM
- Fluxys (aardgas)
- 380KV hoogspanningsnet
- 150KV hoogspanningsnet
- 70KV hoogspanningsnet
- Verdeelpunt
- Windturbine parken
- Biomassa-centrale



Figuur 4.29: Ruimtelijke elementen

- Snelweg-trein
- Water
- Bedrijventerrein
- Woongebied
- Serregebied

Figuur 4.30: Economische elementen

- Industrie
- Chemie
- Bouwmaterialen
- Voedingsindustrie
- Logistiek

Figuur 4.31: Ecologische elementen

- Vogelrichtlijngebied
- Habitatrichtlijngebied
- VEN-gebied

Demografisch
- 25 gemeenten - 1.092.285 inwoners (ENA)
- verstedelijkingsdruk rondom Antwerpen
- sluiting Ford Genk - stijging werkloosheid in Limburg

Energetisch
- potentie voor koppeling grootschalige energieproductie en grote energievragers
- bedrijven langs kanaal hebben een aandeel van ongeveer 10% in het totale Vlaamse energieverbruik

Ruimtelijk
- representatief voor Vlaanderen: sterke versnippering - verlinting - verspreide bewoning en bedrijvigheid
- grote doorsnijding door infrastructuur
- Kanaal vormt grote structuur op Vlaams én (inter-) nationaal niveau
- bestaat uit een aaneenrijging van industrielandschappen, woonlandschappen en rivierlandschappen

Economisch
- grote economische dynamiek door aanwezigheid van belangrijke industrieën
- gronddruk landbouw is niet uitgesproken hoog

Ecologisch
- doorsnijding kanaal van rivier- en beekvalleien
- open ruimteverbindingen en grote natuurgebieden op Vlaams niveau

Water
- overstromingen vinden voornamelijk beneden- en middenstrooms plaats
- verkleinen van de valleigebieden die het Albertkanaal kruisen, kan de overstromingsdruk elders doen toenemen

Bovenstaande punten geven voornamelijk de conflicterende situatie aan tussen de economische belangen enerzijds en de ecologische en landschappelijke waarden anderzijds. De ruimtelijke botsing tussen kanaalzone en het onderliggende Kempenlandschap is een interessant contextueel gegeven waar in de uitwerking van de scenario's verder op ingegaan is.

### 4.4.1 Business as usual

In deze uitwerking van de business as usual-strategie is getest of het doorgaan op de weg die is ingeslagen met betrekking tot hernieuwbare energie, een weg is die gevolgd kan of moet worden.
Voor windturbines is er gekeken of de Kanaalzone in zijn geheel als drager voor een lintopstelling zou kunnen dienen. Bij de uitwerking hiervan is duidelijk zichtbaar geworden dat wanneer windturbines geplaatst worden, rekening houdend met de huidige restricties, dit leidt tot zeer plaatselijke inpassing. De turbines worden niet ervaren als een samenhangend ruimtelijk element. Het huidige beleid zorgt voor meer solitaire windturbines en vergroot het versnipperde karakter van het landschap.
Voor PV-panelen bieden de grote beschikbare daken van de bestaande bedrijven potentie voor grootschaliger opwekken van zonne-energie. In dit scenario is één zesde van het dakoppervlakte vol gelegd met zonnepanelen, gebaseerd op een aanname van vandaag gerealiseerde inpassing in voorbeeldprojecten. Net als in de case Roelselare is er voor gekozen om zonne-energie om te zetten in electriciteit in plaats van warmte, aangezien er voor warmte een mogelijke potentie voor geothermie is onderzocht.

Een goede plaats voor een geothermiebron is in nabijheid van functies met een grote warmte vraag. De investeringskosten zijn hoog waardoor de grote bedrijven met een grote warmte vraag mogelijke initiatiefnemers kunnen zijn. Hierbij dient de kanttekening gemaakt te worden dat de mate waarin het toepassen van geothermie voor de industrie interessant is, sterk afhankelijk is van de temperatuur van de bron en het vermogen van de bron. Voor industriële processen zijn vaak veel hogere temperaturen nodig dan de gemiddelde temperaturen tussen de 30°C en de 85°C die in Vlaanderen beschikbaar zijn.

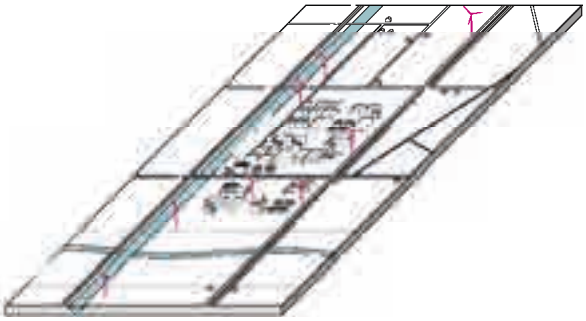
Aangezien het thermisch potentieel van diepe geothermie vandaag niet gekend is in de regio is dit in de becijfering buiten beschouwing gelaten.

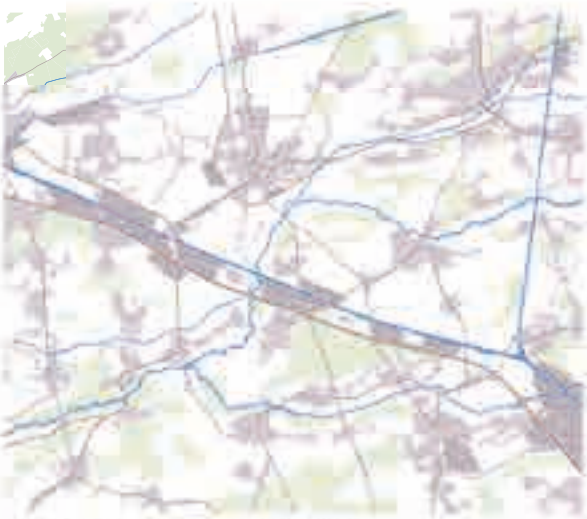
Figuur 4.31: Plankaart Alberkanaal scenario *Business as usual*

- Zonnepanelen op 17% van het woongebied
- Zonnepanelen op 17% van het industriegebied
- Nieuwe windturbines
- Wegennet
- Beekdalen
- Bos
- Geothermie
- Water

Figuur 4.32: Windturbines in industriegebieden

In dit scenario worden er windmolens in de door het gewest aangeduide zoekgebieden in industriegebieden geplaatst.





Figuur 4.33: Zonnepanelen op 17% van alle daken

PV-panelen worden op daken geplaatst, Er wordt gekeken naar het gebruik van restwarmte van industrie.

Figuur 4.34: Geothermiebronnen in de nabijheid van grote warmtevragers

Geothermie-boringen worden ingezet voor grote warmtevragers (denk hierbij aan industrie, KMO's, hospitalen, zwembaden, woon-en zorgcentra, ... indien op geschikte afstand van bron).

In deze strategie staan de systemen allemaal los van elkaar. Er zijn geen uitwisselingsprincipes met buffering en opslag voorzien.

**Bestaand:**

15 windturbines 60.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 17.140 gezinnen)*

339.790 $m^2$ PV-panelen 30.580 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 8.740 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

49 windturbines 196.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 56.000 gezinnen)*

33.000.000 $m^2$ PV-panelen 2.970.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 848.570 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **3.166.000 MWh/jaar elektriciteit en een onbekende opbrengst thermische energie.**

De potentie uit het datamodel, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 68.679.357 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 4,9 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Alberkanaal**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Albertkanaal | 206.044 MWh/j | 18.297.482 MWh/j waarvan 6.299.133 (PV) 11.998.349 (T) | 5.930.060 MWh/j | 40.491.500 MWh/j | 64.925.086 MWh/j |
| Business as usual | NVT | 2.970.000 MWh/j (PV) | 196.000 MWh/j | Niet bekend | 3.166.000 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

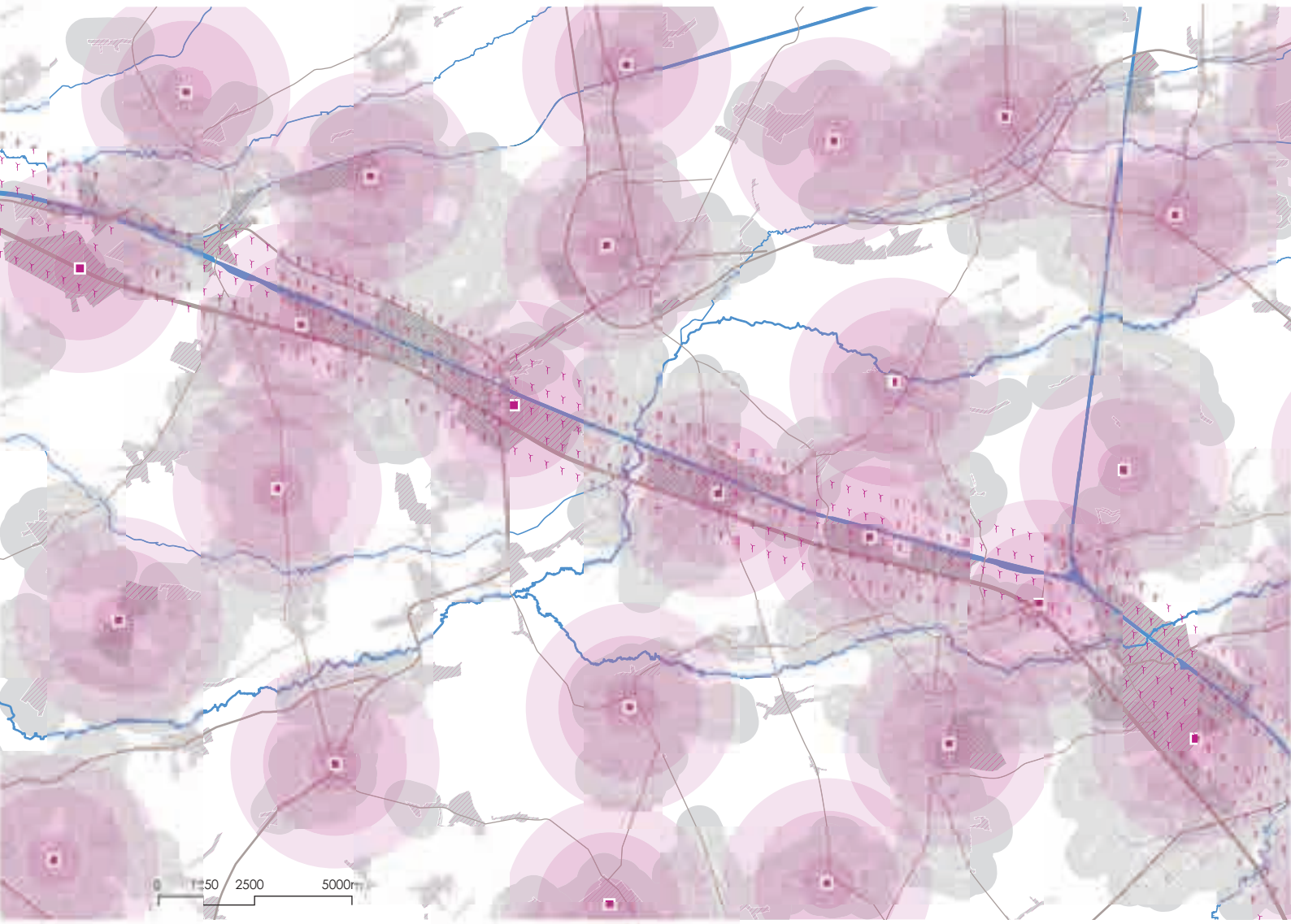
## 4.4.2 Energie als drijfveer

De kanaalzone is uitgewerkt als een doorlopende lintopstelling van windturbines. Deze test toont dat hierdoor een ruimtelijk sterk samenhangend geheel ontstaat, maar dat dit uiteraard de omgeving enorm zal domineren. Het heeft ook grote gevolgen voor alle woongebieden die sporadisch in of aan de zone voorkomen. Volgens de huidige regelgeving zijn windturbines niet toegestaan in de nabijheid van woningen (voor uitleg zie appendix 2). Er zullen daarom aanpassingen moeten worden gedaan aan de regelgeving, of dit betekent dat er woningen moeten wijken voor de komst van windturbines. Het kaartbeeld roept wel de vraag op of de structuur van de kanaalzone niet een landschappelijk element is op (inter)nationaal schaalniveau dat ook wel deze schaal van implementatie kan dragen. Het is evident dat het sterk ingaat tegen de onderliggende landschappelijke structuur, maar wanneer er ergens in Vlaanderen een dergelijk grootschalig windpark op land gerealiseerd kan worden, dan zou deze economische zone hier net een aangewezen locatie voor kunnen zijn. De vele ondergrondse leidingtracés en de SEVESO-bedrijven waar strikte veiligheidsvoorschriften voor gelden kunnen voor de plaatsing van windturbines langs het kanaal echter ook problematisch zijn. Inpassing van windturbines in het agrarisch gebied vraagt in deze context om een strategische aanpak waarbij rekening gehouden wordt met de aanwezige landschappelijke waarden. Dit is ook het argument geweest om dit type inpassing in de uitwerking voor Synergie te onderzoeken.

Voor fotovoltaïsche-panelen is in deze strategie uitgegaan van een bedekking van 50% van het dakoppervlakte. Ook op ongebruikte percelen binnen bestaande industriegebieden en bedrijventerreinen en op brownfields zijn zonnepanelen geplaatst.
De aanwezige leidingstructuur van de zone Albertkanaal biedt ook nog enkele interessante mogelijkheden voor het plaatsen van energiebuffers als compressed air buffers. Hierbij worden lange leidingen gebruikt om druk in op te bouwen. Een andere mogelijkheid is 'power to gas'. Beschikbare energie bij piekproductie van elektriciteit kan omgezet worden in synthetisch gas. Dat gas kan dan weer opgeslagen worden in de loze leidingen in de kanaalzone en gedistribueerd worden in een gasnet tussen de warmte vragende industrieën of zelfs op een moment van lage elektriciteitsproductie weer omgezet worden naar stroom.
Hierbij dient wel de kanttekening te worden geplaatst dat bij het omzetten naar een andere energievorm grote rendementsverliezen plaatsvinden en dat beide technologieën vandaag nog niet helemaal matuur zijn.

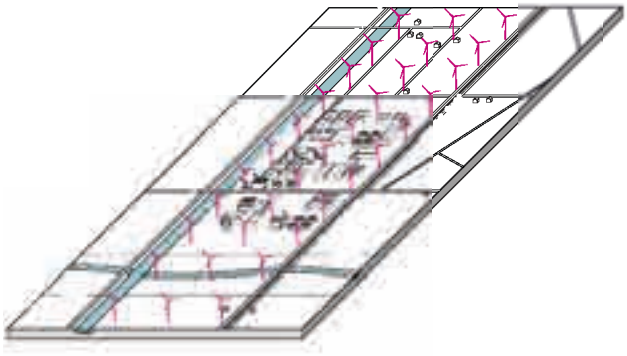
In de toepassing van geothermie wordt in deze strategie uitgegaan van het maximaal benutten van de aanwezige potentie. Dit betekent dat de vraag naar de bron wordt verplaatst. Dit leidt tot een verstedelijkingsmodel waarbij het warmteaanbod leidend is. In het hart van het systeem staan de functies met de hoogste temperatuurvraag, vaak de industrie. Daaromheen ligt een ring aan functies die een middelhoge temperatuur vragen, zoals bedrijfsgebouwen, zorgcomplexen, leisure en kantoren. In de laagste en buitenste temperatuurschil bevinden zich de functies als wonen en glastuinbouw. Dit werd nu in een cirkelvormige ontwikkeling uitgewerkt omdat dit een zeer efficiënt warmtenet toelaat. Het kan echter tal van vormen aannemen maar zal steeds gedreven worden door een economische logica van het leidingnet. Het warmtenet gaat uit van het idee dat er steeds een deel van de warmte gebruikt wordt en de rest wordt gebruikt voor een warmtevraag met een lagere temperatuur. Hierdoor is het exergetische vrij efficiënt. Doordat de boringen voor geothermie ongeveer vijf kilometer uitelkaar moeten liggen (deze afstand is afhankelijk van het debiet en de onttrokken warmte) kan deze afstand een leidend gegeven zijn bij een maximale benutting. Rondom iedere bron ontstaat een nieuwe ruimtelijke indeling, gebaseerd op een warmtecascade waarbij de beschikbare warmte uit geothermie en de eventueel beschikbare restwarmte optimaal worden benut. De bronnen zijn zo gepositioneerd dat ze altijd in de buurt van een dorp of stad liggen.

Aangezien het thermisch potentieel van diepe geothermie vandaag niet gekend is in de regio is dit ook hier in de becijfering buiten beschouwing gelaten.



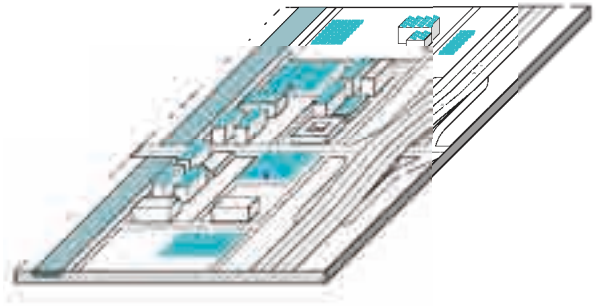

Figuur 4.35: Plankaart Alberkanaal scenario [illegible]

Zonnepanelen op 50% van het woongebied
Zonnepanelen op 50% van het industriegebied
Nieuwe windturbines
Wegennet
Geothermie
Water



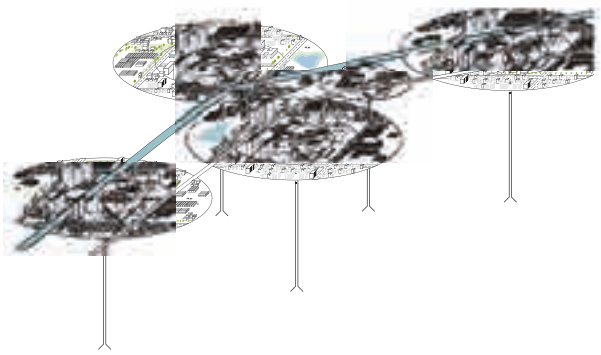
Figuur 4.36: Windveld langs het Albertkanaal

Windturbines worden in deze strategie langs het kanaal gepositioneerd. Het is de bedoeling dat deze gegroepeerd worden tot een groot samenhangend geheel.



Figuur 4.37: 50% van het dakoppervlak wordt gebruikt voor zonnepanelen, dat geldt ook voor ongebruikte percelen.

PV-panelen worden geplaatst op daken van woningen en industrie. De restruimtes van industriegebieden, bedrijventerreinen en brownfields zullen worden volgelegd met PV-panelen en een deel van het landbouwland (10%)  zal eveneens worden volgelegd met pv-panelen.



Figuur 4.38: Ruimtelijke ontwikkeling rondom geothermiebronnen.

Er wordt vol ingezet op geothermie. Rond de geothermie putten kunnen verdichtingen komen.

Restwarmte van de industrie en verbrandingsovens zal worden gebruikt.
Het systeem met productie en buffering, wordt met elkaar verbonden door middel van een smartgrid.

**Bestaand:**

15 windturbines 60.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 17.140 gezinnen)*

339.790 $m^2$ PV-panelen 30.580 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 8.740 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

393 windturbines 1.572.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 449.140 gezinnen)*

110.500.000 $m^2$ PV-panelen 9.945.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 2.841.429 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **11.517.000 MWh/jaar elektriciteit en een onbekende opbrangst thermische energie.**

De potentie uit het datamodel, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 68.679.357 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 17,7 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Alberkanaal**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Albertkanaal | 206.044 MWh/j | 18.297.482 MWh/j waarvan 6.299.133 (PV) 11.998.349 (T) | 5.930.060 MWh/j | 40.491.500 MWh/j | 64.925.086 MWh/j |
| Energie als drijfveer | NVT | 9.945.000 MWh/j (PV) | 1.572.000 MWh/j | Niet bekend | 11.517.000 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

### 4.4.3 Synergie

Het Synergie scenario richt zich op het vrijlaten en verbeteren van de landschappelijke structuur in samenhang met functionele ontwikkeling tussen de beekvalleien met als basis de ruimtelijke principes van geothermie. Als overkoepelend principe voor het gebied is gesteld dat de dalen gevrijwaard moeten blijven en dat ontwikkeling op de ruggen in het landschap plaatsvindt.

De meeste stadskernen in de omgeving van het Albertkanaal hebben een redelijke residentiele warmtevraag. Maar bij de lintdorpen en minder dicht bebouwde woongebieden is de warmtevraag veel minder groot, en daardoor is een warmtenet niet rendabel. In dit scenario is ingezet om te verdichten zodat een warmtenet rendabel wordt en de aanwezige geothermie potentie benut kan worden. Voor het dorp Balen bijvoorbeeld is gekeken welke aanpassing hier vereist is om een warmtenet mogelijk te maken. Door het toevoegen van serres met een substantiële warmtevraag is het mogelijk om een voldoende dense warmtevraag te bereiken die de inpassing van geothermie haalbaar kan maken. Door de koppeling met een warmtenet te maken, is er ook een interessante kans voor het verder verdichten van de dorpskern, naast de toevoeging van bijvoorbeeld serres. Deze kern bestaat deels uit historische gebouwen waarvoor het technisch zeer lastig is de warmtevraag sterk te verminderen zonder afbreuk te doen aan de karakteristieke uitstraling van de bebouwing. Aanhaken op het warmtenet biedt de mogelijkheid om deze bebouwing toch een sterke stap in duurzaamheid te laten maken en waar mogelijk, binnen deze kern te verdichten in plaats van verder uitbreidingsgebied aan te snijden. De groene structuur van de beekvallei kan een nog sterkere recreatieve aantrekkingskracht krijgen door het realiseren van leisure voorzieningen als een landschappeljik ingepast wellnesscomplex. Wanneer het warmtenet is doorontwikkeld met een geothermische bron zou een dergelijke voorziening volledig met hernieuwbare energie verwarmd kunnen worden.

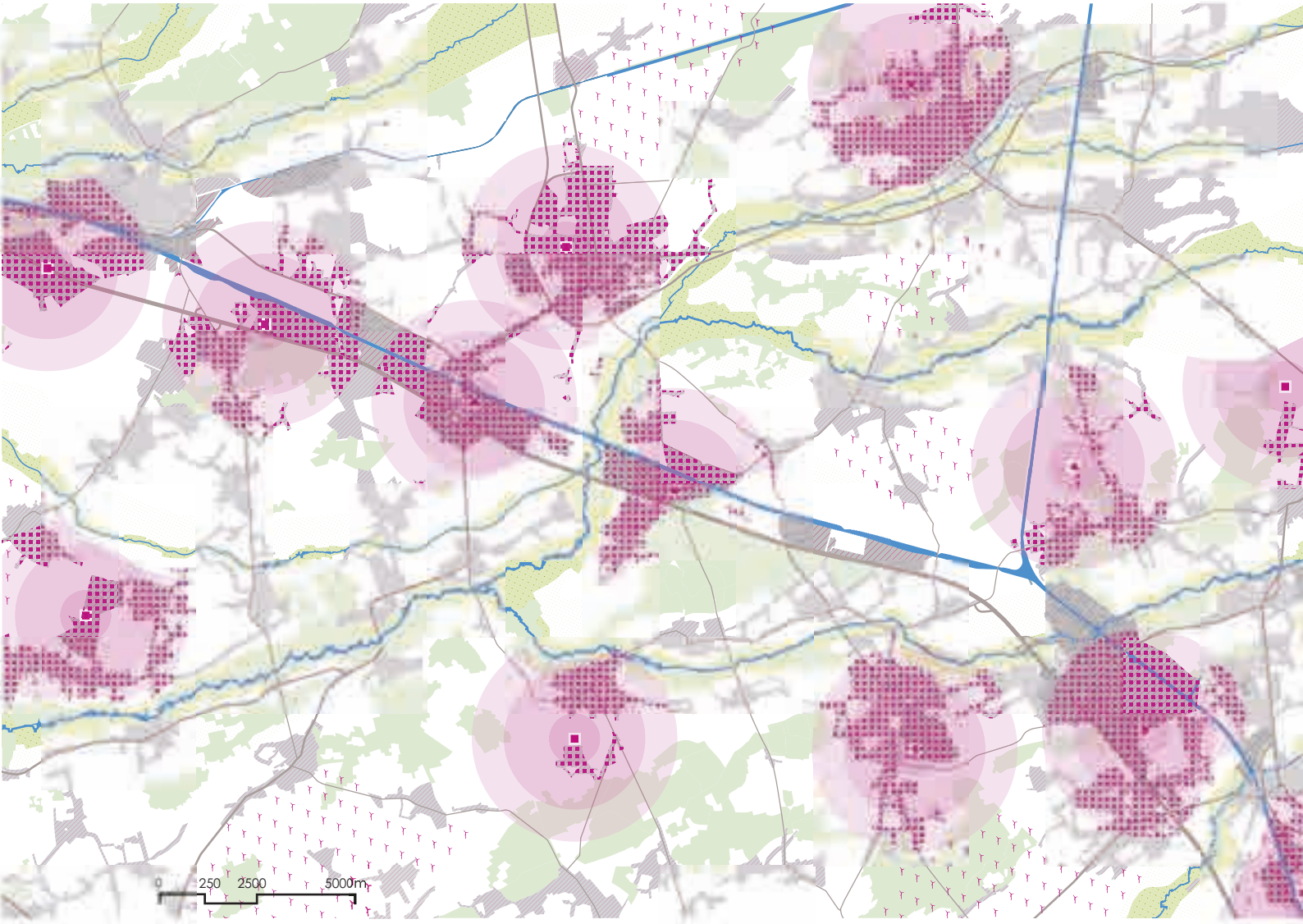
De locaties Herentals, Balen en Tessenderlo zijn verder uitgewerkt en tonen hoe de energietransitie, gestuurd door geothermie een ruimtelijke verandering teweeg kan brengen die geleidelijk tot stand komt en nieuwe winsten voor het landschap kan bieden.

Op de schaal van het gehele gebied ontstaat een beeld van verschillende vormen van verstedelijking met telkens een andere vorm van lokaal warmtenet dat zich vormt naar de context en de ruimtelijke relaties in het landschap tracht te verbeteren. Juist de context van het ENA met de warmte vragende industrieën biedt de mogelijkheid deze netten op een grotere schaal te linken. Hierdoor kan er onderlinge uitwisseling van vermogen zijn. Door een dergelijk distributiesysteem kan er ook slim geschakeld worden tussen bronnen om bij overcapaciteit de restwarmte van de energie terug te voeren naar de bronnen om deze weer op te warmen en daarmee de uitputting van de bron te voorkomen. Op de schaal van het gehele gebied ontstaat een beeld van verschillende vormen van verstedelijking met telkens een andere vorm van lokaal warmtenet dat zich vormt naar de context en de ruimtelijke relaties in het landschap tracht te verbeteren.

De windturbinevelden zijn in dit scenario geclusterd in de hoger gelegen gebieden in het landschap waar weinig of geen bebouwing aanwezig is. Dit zijn de plekken die samen kunnen vallen met de serres zoals voorgesteld bij Balen (zie uitwerking blz. 108). Hiermee wordt de potentie van deze bron in dit gebied benut en blijven de ecologische zones zoveel mogelijk gevrijwaard.

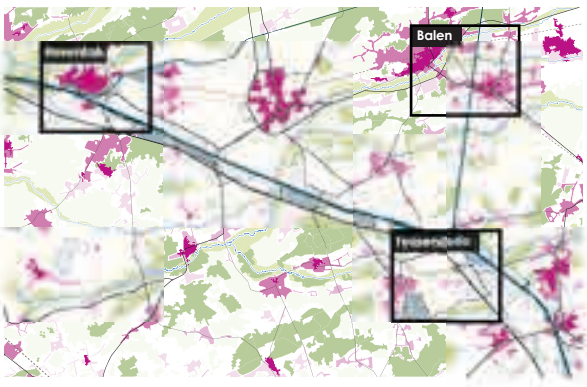
Voor de plaatsing van pv-panelen is, behalve de industrie en bedrijventerreinen, ook gekeken naar de mogelijkheid die de grootschalige infrastructuur zelf biedt voor integratie met deze zonne-energiesystemen. Door de richting van de snelweg geeft de uitvoering van geluidschermen een goede oriëntatie voor de plaatsing van PV-panelen. Ook de taluds, parkings en bruggen langs deze weg bieden mogelijkheden om panelen te plaatsen. Zo kan grootschalige infrastructuur een drager worden van een grootschalige inpassing van zonnepanelen als een langgerekt zonneveld.

De mogelijke aanwezige biomassa kan ondersteunend aan het systeem ingezet worden. Hierbij dienen de benodigde toevoer en het bijbehorende transport naar de vergistingsinstallatie wel in acht genomen te worden. Een kritische noot is hier dat de reeds bestaande installaties aan het kanaal moeite hebben om hier een sluitende balans




Figuur 4.39: Plankaart Alberkanaal scenario *Synergie*

- Zonnepanelen op 50% van het woongebied
- Zonnepanelen op 50% van het industriegebied
- Nieuwe windturbines
- Wegennet
- Beekdalen
- Bos
- Geothermie
- Water
- Verdichting bebeouwd gebied




Figuur 4.40: Locaties uitwerkingsgebieden

in te vinden. Een van de oorzaken ligt in de schaal die een dergelijke installatie in deze context dient te hebben om van enige relevantie voor het systeem te zijn en de moeite die ze hebben om voldoende afnemers van de geproduceerde warmte te vinden binnen een aanvaardbare afstand. De benodigde aanvoer is zo groot dat import van biomassa uit het buitenland een vereiste is. De energetische last die dit transport met zich mee brengt en het gegeven dat het import van energetische dragers betreft heeft ons doen besluiten dat dit geen passende inpassing is binnen de doelstelling van dit onderzoek. Kleinere installaties die op de lokale systemen inschakelen of zelfs voor een enkele (industriële) afnemer werken zijn hier eerder haalbaar.

Aangezien het thermisch potentieel van diepe geothermie vandaag niet gekend is in de regio is dit ook hier in de becijfering buiten beschouwing gelaten.

**Bestaand:**

15 windturbines 60.000 MWh/jaar elektrisch
*(opbrengst 2 MW per turbine, 2.000 vollasturen per jaar – gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 17.140 gezinnen)*

339.790 $m^2$ PV-panelen 30.580 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 8.740 gezinnen)*

**Nieuw (totaal):**

240 windturbines 960.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektrisch verbruik van ca. 274.290 gezinnen)*

130.000.000 $m^2$ PV-panelen 11.700.000 MWh/jaar elektrisch
*(gelijk aan huishoudelijk elektriciteitsverbruik van ca. 3.342.857 gezinnen)*

**Totaal:**
In deze strategie is de totale opbrengst van hernieuwbare energie **12.660.000 MWh/jaar elektriciteit en een onbekende opbrangst thermische energie.**

De potentie uit het datamodel, aan de hand van de landschapstypen geeft een totaalpotentieel van 68.679.357 MWh/jaar. De opbrengst van dit scenario bedraagt derhalve 19,5 % van het theoretische potentieel.

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Alberkanaal**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Albertkanaal | 206.044 MWh/j | 18.297.482 MWh/j waarvan 6.299.133 (PV) 11.998.349 (T) | 5.930.060 MWh/j | 40.491.500 MWh/j | 64.925.086 MWh/j |
| Synergie | NVT | 11.700.000 MWh/j (PV) | 960.000 MWh/j | Niet bekend | 12.660.000 MWh/j |

Bron capaciteit warmtenet:
www.en-do.be

Bron vermogen en installaties per gemeente PV:
www.vreg.be

Bron energieverbruik gemiddeld Vlaams gezin:
www.vreg.be

## Herentals

Bestaande situatie

Stap 1:
Verdichting in stedelijk gebied

Stap 2:
Aanleg warmtenet met WKK in stedelijk gebied, gascentrale en warmtenet op industriezone

Stap 3:
Geothermieput

Groene valleien vrij van ontwikkeling

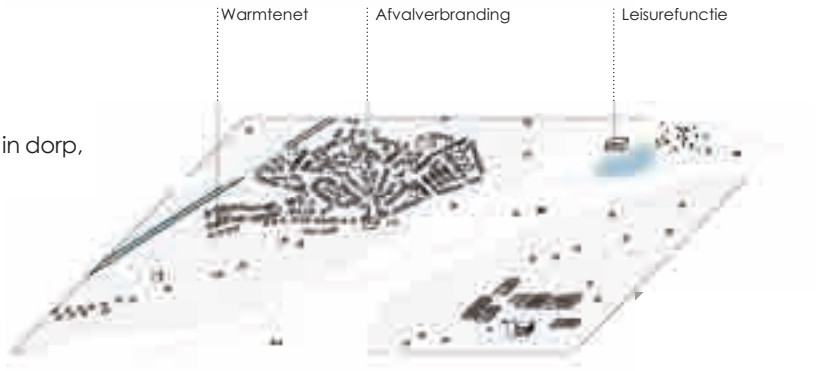
Figuur 4.41: Systeemtegels Herentals

## Balen

Bestaande situatie

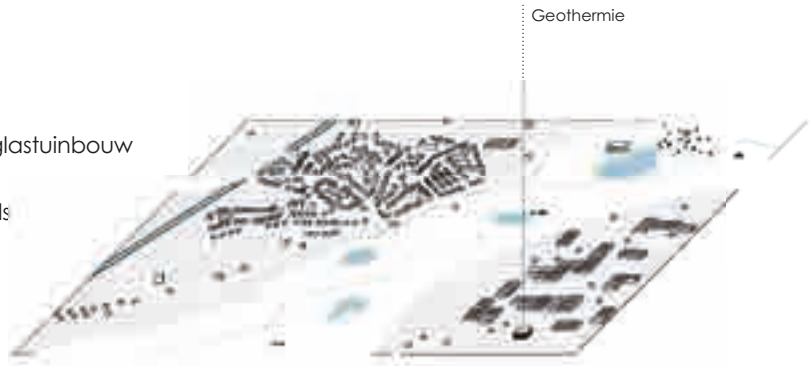
Stap 1:
Glastuinontwikkeling met WKK overzijde beekvallei, woningen in beekvallei verplaatsen naar open plekken in weefsel rondom historische kern

Stap 2:
Aanleg warmtenet met afvalverbranding in dorp, leisurefunctie in groengebied




Stap 3:
Geothermieput en verdere ontwikkeling glastuinbouw

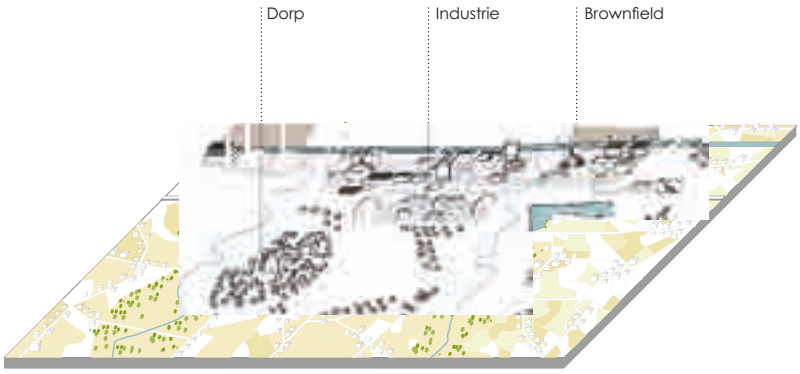
Groene valleien vrij van ontwikkeling en als retentiegebieden



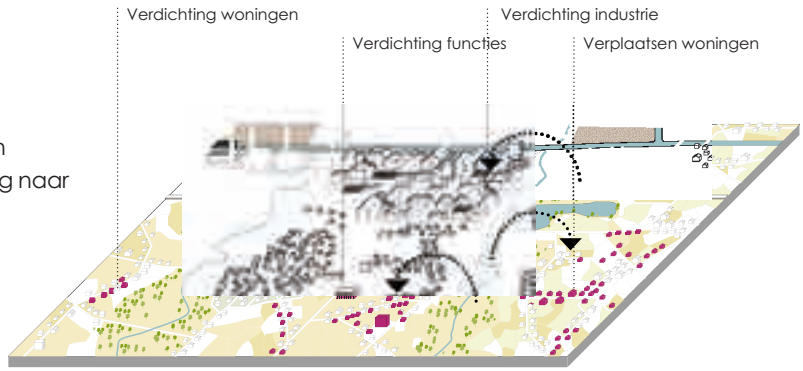

Figuur 4.42: Systeemtegels Balen

## Tessenderlo

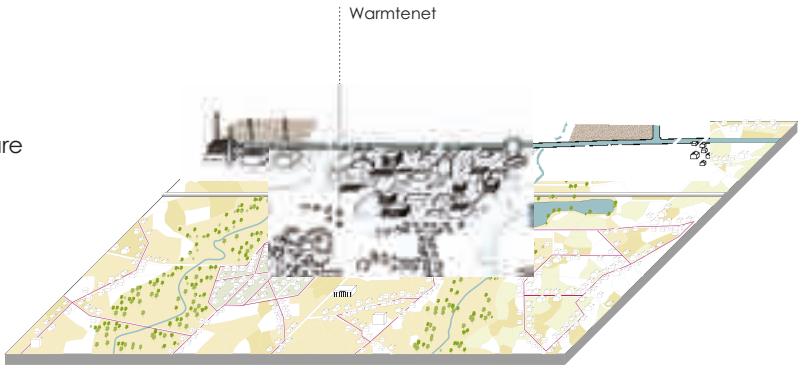
Bestaande situatie




Stap 1:
Verdichting in nieuw bedrijvengebied tussen kanaal en stad Tessenderlo, losse bebouwing naar verdichting in open lintstructuren

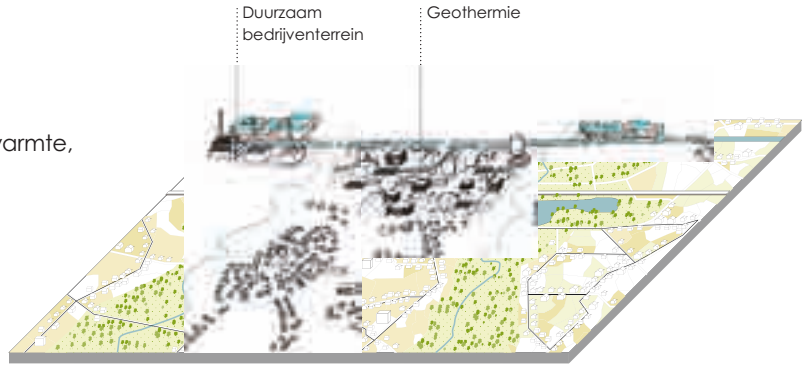



Stap 2:
Aanleg warmtenet met restwarmte van zware industrie




Stap 3:
Geothermieput ter ondersteuning van restwarmte, brownfields worden natuur

Groene valleien vrij van industrie




Figuur 4.43: Systeemtegels Tessenderlo

## 4.5 Deelconclusies cases

De drie scenario tonen aan dat het theoretische data model een hogere energetische potentie laat zien dan in de uitwerking van de cases naar voren komt. Voor de case Roeselare is het verschil tussen de theoretische potentie en de energetische opbrengst van de drie scenario's groter dan bij cases van het Albert kanaal. Een verklaring hiervoor is het verschil in samenstelling in landschapstypen. De case Albertkanaal kent een groot deel industrieel gebied. Dit landschapstype kent een hoge potentie in het datamodel welke in de scenario's Synergie en Energie als drijfveer vrijwel volledig wordt benut. In Roeselare biedt met name het agrarisch gebied een grote potentie. Dit blijkt echter in alle scenario's moeilijk uit te nutten gezien de druk op deze ruimte. Binnen een gebied liggen de accenten voor de theoretische potentie dus telkens anders en spelen er ook andere factoren die bepalend zijn in het mogelijk benutten van de potentie.
Een tweede verklaring voor het verschil zit in de mate van versnippering. Hoe meer aaneengesloten een bepaald type landschap is, des te beter is de potentie te benutten. Er is getracht om de invloed van versnippering te verwerken in het data-model, maar hier kan nog verdere precisie in ontwikkeld worden.
Bij het Albertkanaal moet in gedachten worden gehouden dat de opbrengsten uit geothermie niet zijn mee berekend omdat er nog te weinig bekend is over het vermogen van bronnen in dit gebied.
Aan de hand van de cases zou het datamodel kunnen worden bijgesteld en aangescherpt, zodat er vanuit dit model een betere inschatting gemaakt kan worden van de potentie. Hierbij kan bijvoorbeeld een nog nauwkeuriger aanduiding van het type ruimtebeslag en grondgebruik worden meegenomen.

De uitkomsten van de drie scenario's – Business as usual, Energie als drijfveer en Synergie – zijn met name interessant omdat hieruit duidelijk wordt dat business as usual in vele opzichten weinig te bieden heeft. Als er door wordt gegaan met de implementatie van hernieuwbare energie op de manier waarop dat nu wordt gedaan in Vlaanderen met de benodigde opschaling, kan dit leiden tot meer versnippering van het landschap. De energetische opbrengst die hier tegenover staat is relatief zo klein dat het denken in dit scenario weinig meerwaarde lijkt te bieden.
In het scenario Energie als drijfveer wordt een hogere energetische opbrengst gehaald, dit gaat echter wel grote gevolgen hebben voor zowel het landschap, de ruimtelijke kwaliteit, als de bewoners en bedrijven. De maatschappelijke impact zal erg groot zijn. Er zullen een heleboel bewoners in het landbouwlandschap te maken krijgen met turbines. Ook zullen uit veiligheidsoverwegingen woningen moeten worden verplaatst.
Het scenario Synergie laat zien dat er een groot aantal koppelingen gemaakt kunnen worden tussen het bestaande landschap, ruimtelijke problematiek, energetische eigenschappen van functie en de inpassing van hernieuwbare energie. Deze koppelingen kunnen meerdere doelen dienen. Zo kan er vermoedelijk meer draagvlak voor een bepaalde ingreep gecreëerd worden, er kan economisch voordeel uit worden gehaald (door samenhangende herindeling van het landschap of bijvoorbeeld door restwarmte niet te lozen maar te gebruiken) en de ruimtelijke kwaliteiten van het landschap kunnen worden verbeterd. De mogelijke energetische opbrengst van dit scenario is vele malen groter dan het denken volgens Business as usual op zal leveren.

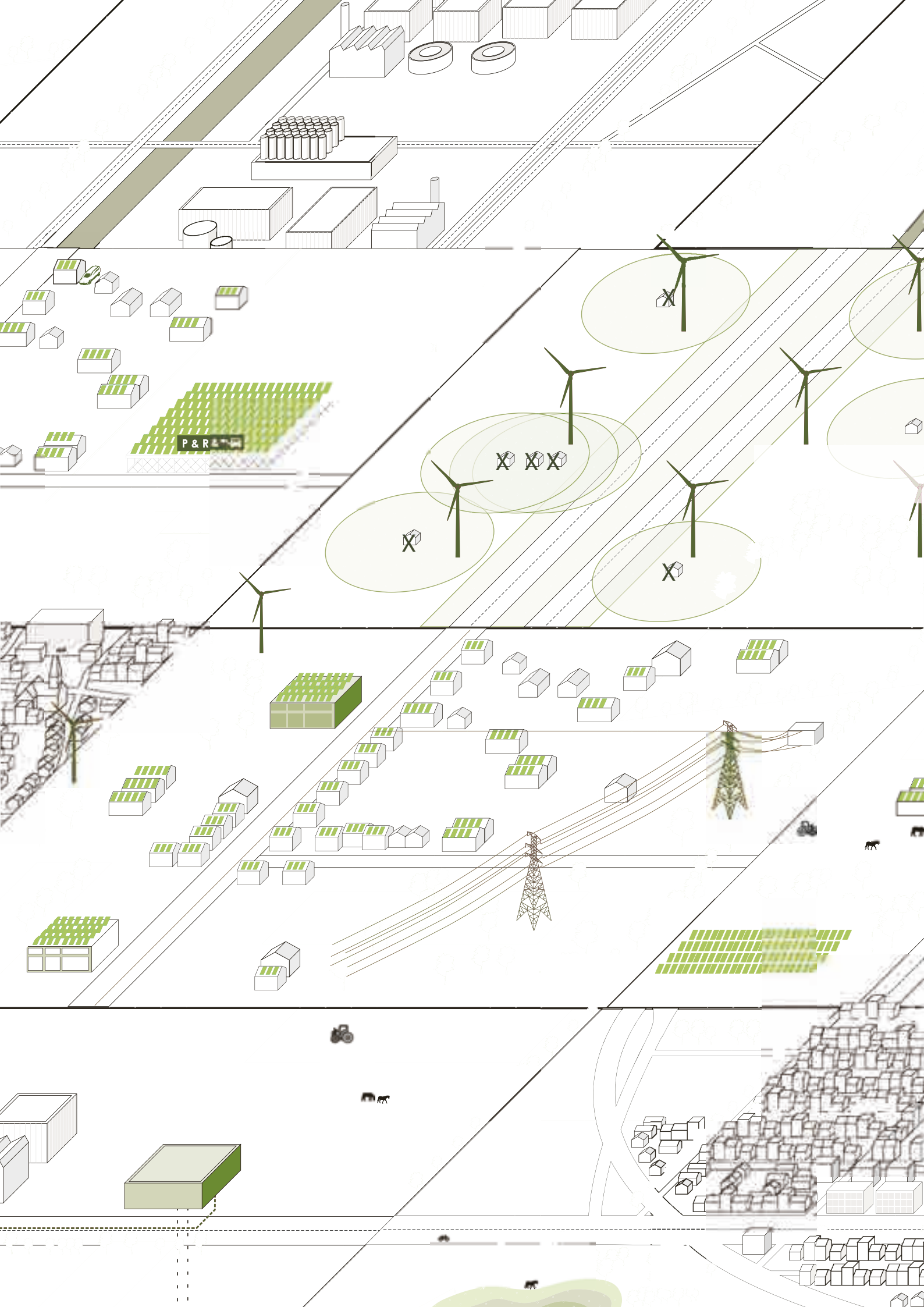
De Synergie scenario's van het Albertkanaal en van Roeselare laten zien dat lokale ruimtelijke opgaves mogelijkheden bieden voor de implementatie van hernieuwbare energie. Door bijvoorbeeld de ruilverkavelingsopgave in Roeselare te koppelen aan de inpassing van windturbines kan het landschap optimaal gebruikt worden. Er kan hierbij ook rekening gehouden worden met de wateropgave en recreatiegebieden. De noodzaak van de implementatie van hernieuwbare energie kan een aanleiding zijn om na te denken over andere lokale ruimtelijk opgaves. Maar de bestaande ruimtelijke opgaves kunnen ook een aanleiding zijn om hernieuwbare energie in te passen. Een integrale aanpak en een visie op gebiedsontwikkeling is hierbij belangrijk. Op beleidsniveau zouden daarom energie en ruimte onlosmakelijk met elkaar verbonden moeten zijn, zowel op lokale, provinciale als gewestelijke schaal.

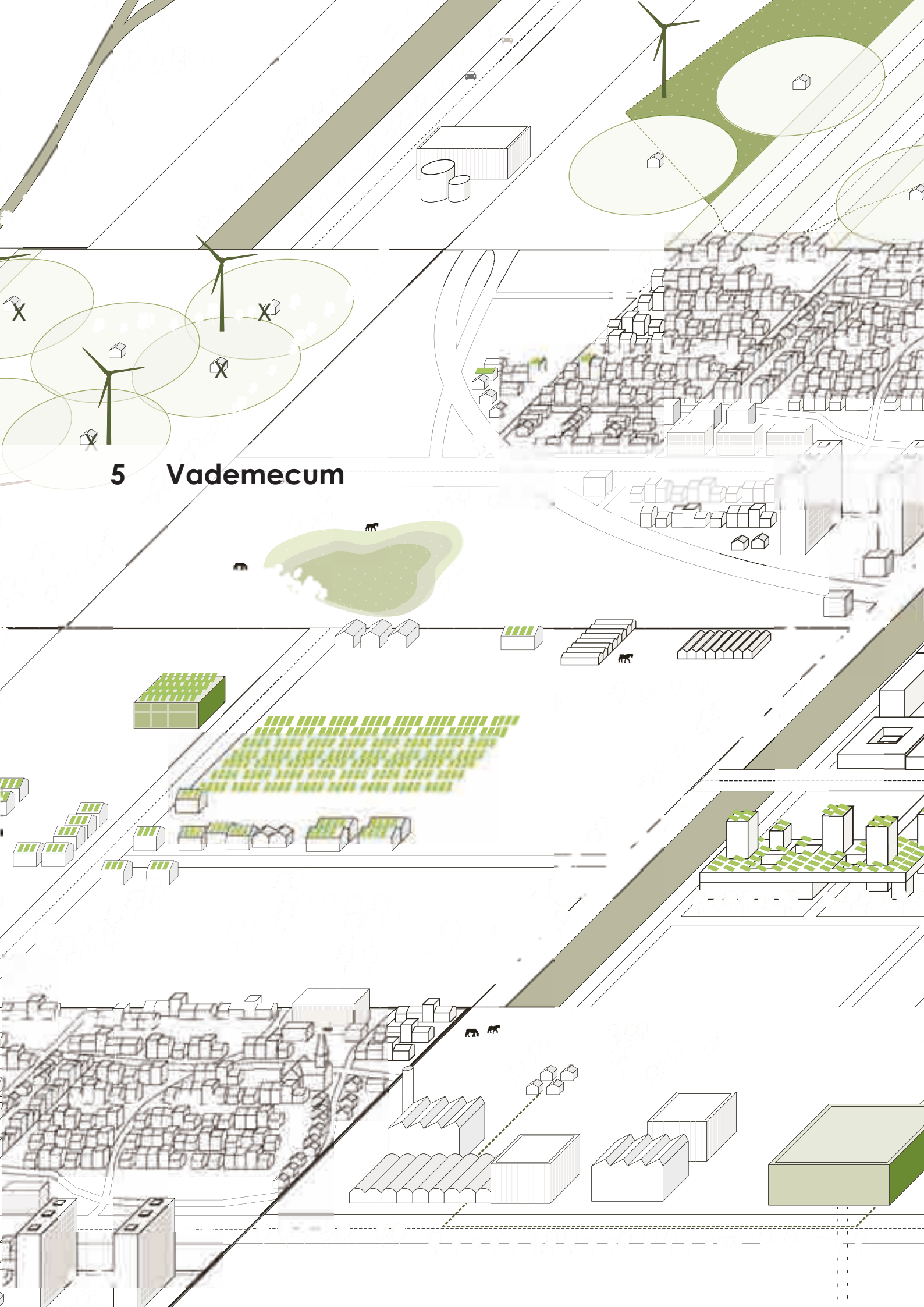
**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron per case in Roeselare**

| | Biomassa | Warmtenet | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Roeselare | 147.357 MWh/j | | 9.998.255 MWh/j ,waarvan 3.442.022(PV) en 6.556.233(T) | 5.930.060 MWh/ jaar | NVT | 14.971.800 MWh/j |
| Business as usual | - | 61.000 MWh/j | 111.500 MWh/j (PV) | 48.000 MWh/j | NVT | 220.500 MWh/j |
| Energie als drijfveer | - | 115.000 MWh/j | 223.000 MWh/j (PV) | 2.772.000 MWh/j | NVT | 3.110.000 MWh/j |
| Synergie | - | 115.000 MWh/j | 223.000 MWh/j (PV) | 604.000 MWh/j | NVT | 942.000 MWh/j |

**Tabel: Hernieuwbare energiepotentie per energiebron in Alberkanaal**

| | Biomassa | Zonne-energie | Windenergie | Geothermie | TOTAAL |
|---|---|---|---|---|---|
| Theoretische potentie Albertkanaal | 206.044 MWh/j | 18.297.482 MWh/j waarvan 6.299.133 (PV) 11.998.349 (T) | 5.930.060 MWh/j | 40.491.500 MWh/j | 64.925.086 MWh/j |
| Business as usual | NVT | 2.970.000 MWh/j (PV) | 196.000 MWh/j | Niet bekend | 3.166.000 MWh/j |
| Energie als drijfveer | NVT | 9.945.000 MWh/j (PV) | 1.572.000 MWh/j | Niet bekend | 11.517.000 MWh/j |
| Synergie | NVT | 11.700.000 MWh/j (PV) | 960.000 MWh/j | Niet bekend | 12.660.000 MWh/j |


P & R



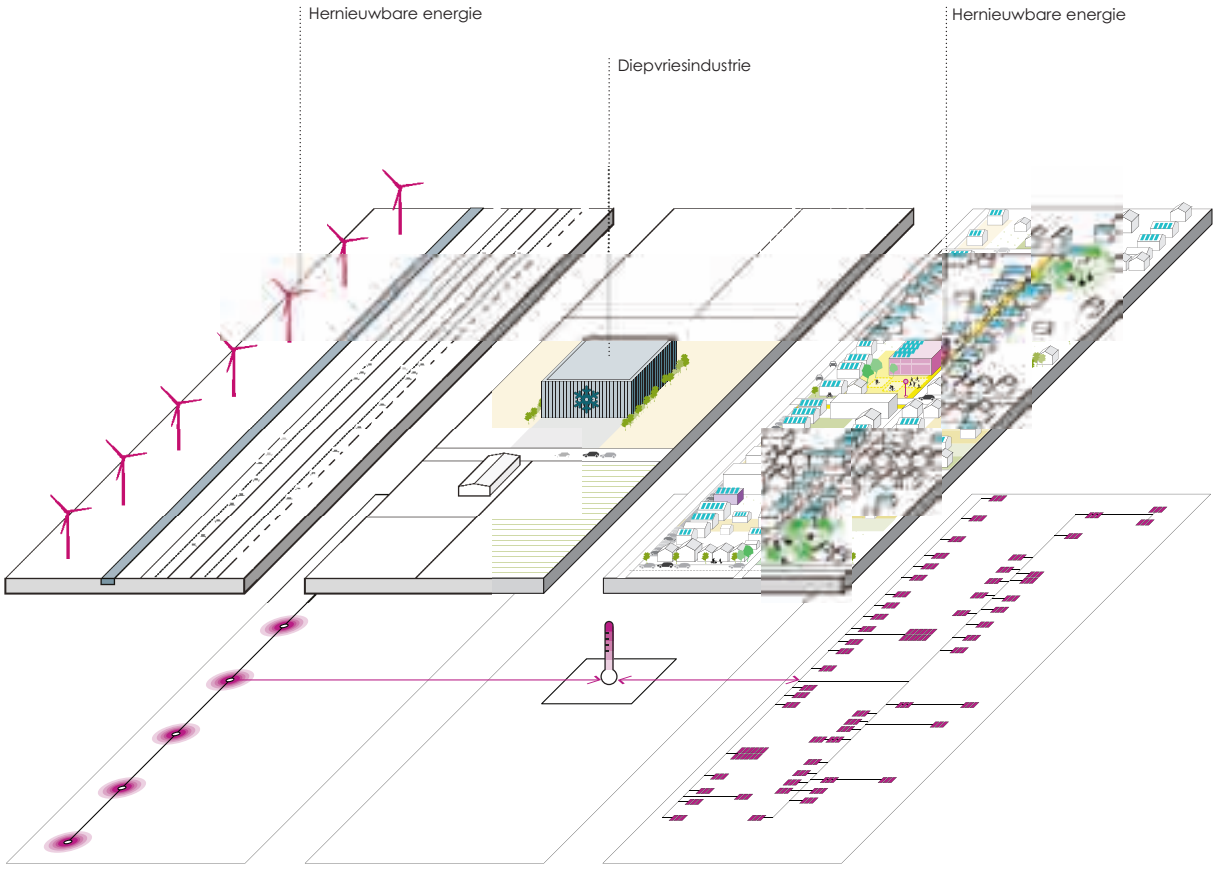
# 5 Vademecum

# 5 Vademecum

Er is een aantal ontwerpprincipes voortgekomen uit het ontwerpend onderzoek die inzicht geven in systemen die ten grondslag liggen aan het ontwerpen met en vanuit hernieuwbare energie. In dit hoofdstuk zullen een aantal van deze ontwerpprincipes worden toegelicht en verduidelijkt.

Het vademecum is een naslagwerk, het geeft een compact overzicht van de combinatie van energetische technische informatie verwerkt in ruimtelijke plannen. Hierin is een koppeling gemaakt waarop zowel het ontwerp als het energetisch systeem elkaar versterken.
Dit beknopte overzicht is niet een complete catalogus van de mogelijkheden van ruimtelijke ontwerp met hernieuwbare energie, maar geeft een aantal mogelijke koppelingen.

## Gebruik specifieke elementen

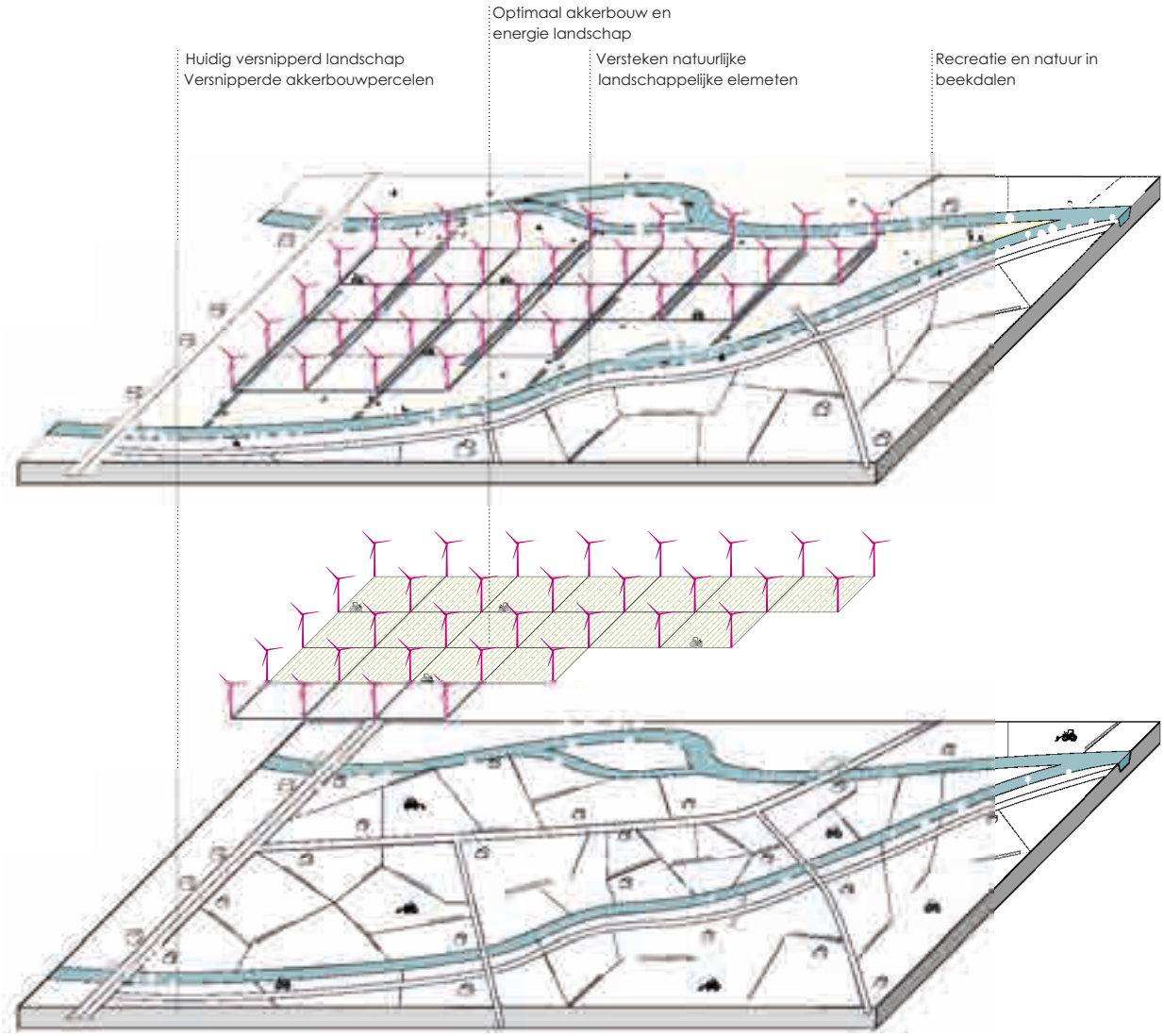



Figuur 5.1: Schema gebruik specifieke energetische elementen

Bestaande lokale elementen kunnen specifieke energetische eigenschappen hebben waardoor ze een integraal onderdeel kunnen zijn van de hernieuwbare energiehuishouding.

De diepvriesindustrie kan op het moment dat er een piek is in hernieuwbare energieproductie, extra gaan koelen. Dit is voordelig voor de industrie, aangezien de energie goedkoop is. Op het moment dat de energieprijs hoog is kan de diepvries installatie stoppen met koelen en en kan dus minder energie gebruiken als deze schaars is. Door de lage temperaturen onder het vriespunt is er veel speling mogelijk. Diepvriesindustrie kan gebruikt worden als energiebuffer binnen een netwerk hernieuwbare energie.

## Lokale opgave en hernieuwbare energie




Figuur 5.2: Schema plaatsing windturbines

Lokale ruimtelijke opgaves bieden mogelijkheden voor de implementatie van hernieuwbare energie. En de inpassing van hernieuwbare energie kan een gebied versterken, zowel economische als ruimtelijk. Met een goede landschappelijke inrichting kunnen hernieuwbare energietechnieken en ruimtelijke economische principes samen komen en elkaar versterken.

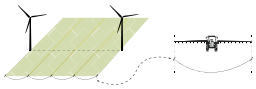
De herverkavelingsopgave biedt mogelijkheden voor grootschalige windvelden. Hiermee kan akkerland zo worden ingedeeld dat het zowel voor energie als voor landbouw een productief landschap oplevert. Restgebieden langs waterlopen en stroken langs verbindingswegen kunnen dienst doen als nieuwe groene structuur voor recreatie, ecologie en waterretentie.

**Grootschalig windveld**

Huidig landbouwlandschap wordt gekenmerkt door versnipperde percelen, waterproblemen en tekort aan toegankelijk buitengebied

Door ruilverkaveling ontstaat een optimaal agrarisch en energetisch productief landschap. Ontwikkeling van beekvalleien voor recreatie, waterretentie en natuurlijke structuur wordt mogelijk.

Nieuw productielandschap Ruimte voor waterretentie, ecologie en recreatie door optimalisatie van ruimtelijke structuur.



Figuur 5.3: Systeemplattegrond plaatsing windturbines

**Landschappelijke ontwikkeling**

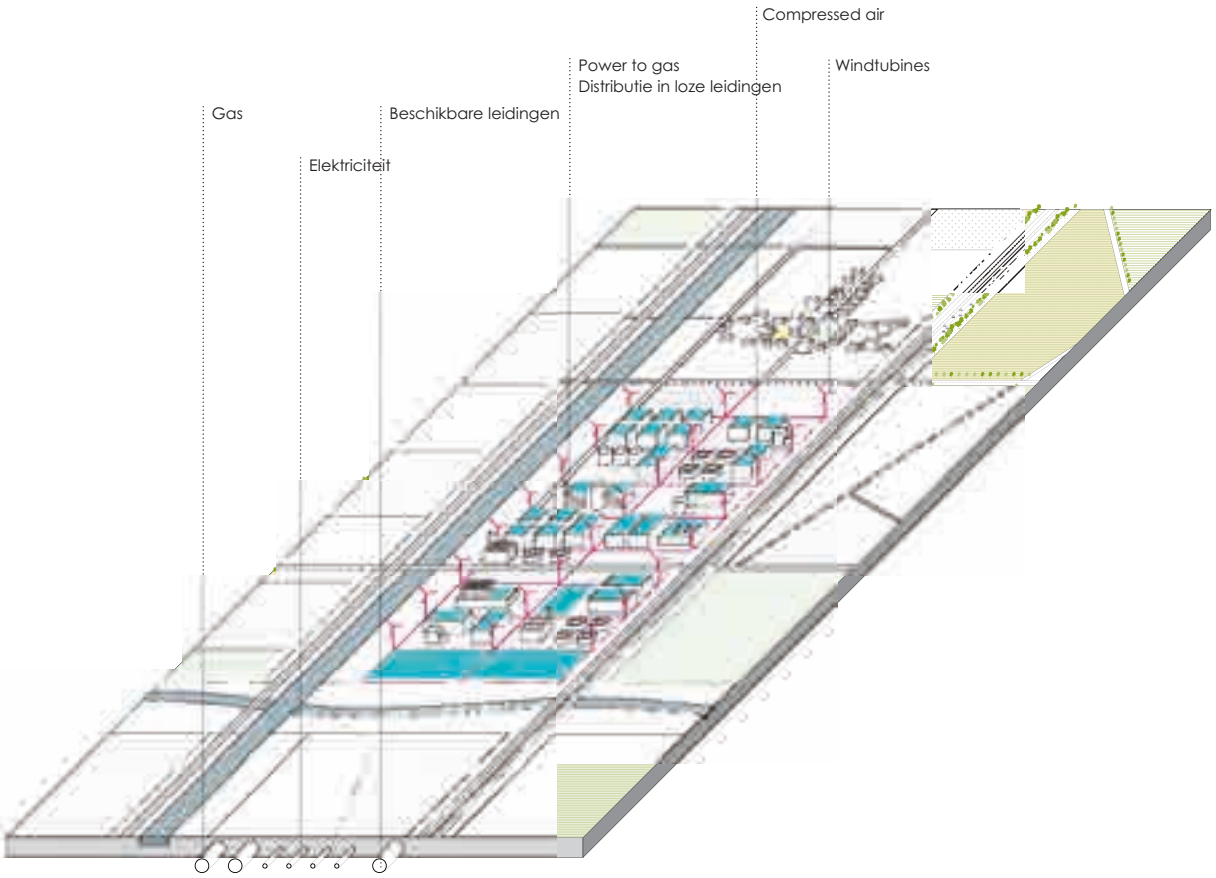
18e eeuw
Kleinschalig landschap bestaande uit een mozaiek van akkers en weilanden, omzoomd door hagen en houtwallen, doorsneden door beekvalleien.

Nu
Kleinschalig landschap is nagenoeg verdwenen door schaalvergroting in landbouw, verlinting en doorsnijding door infrastructuur. Beekvalleien hebben minimale ruimte.

Straks
Er wordt ingezet op de beekvalleien als drager van het landschap, met ruimte voor recreatie en waterbuffering. Tussen de beekvalleien ligt een grootschalig productielandschap met ruimte voor landbouw en energieproductie

Figuur 5.4: Landschapstransformatie

## Bedrijventerreinen en industrie als platform voor hernieuwbare energie

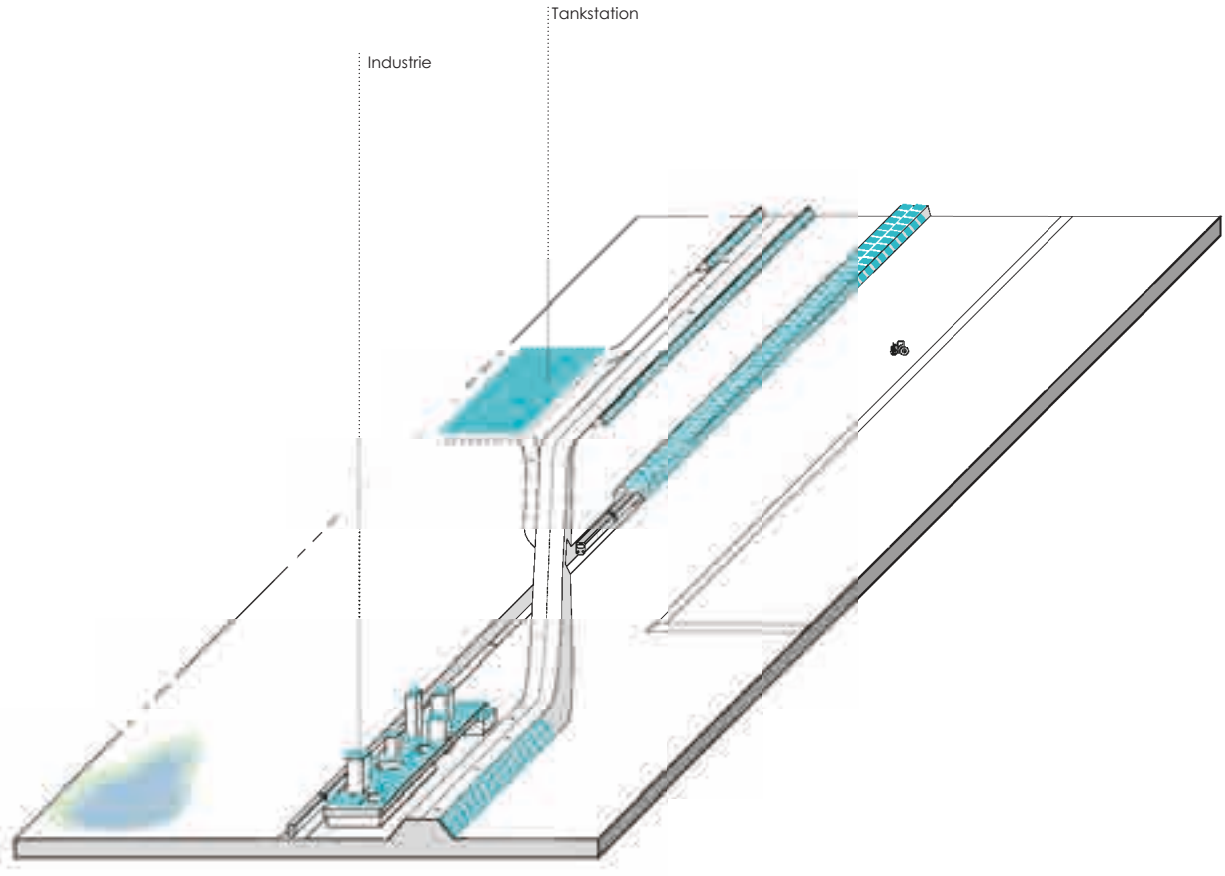



Figuur 5.5: Schematische weergave energetische bedrijventerreinen

Bedrijventerreinen en industriegebieden bieden veel mogelijkheden voor de plaatsing van hernieuwbare energie systemen. Het zijn gebieden waar de overlast van bijvoorbeeld windturbines beperkt is en waar relatief grote oppervlaktes (op daken en op ongebruikte percelen) vrij zijn voor energieproductie. Bundeling van infrastructuur en leidingen maakt industriegebieden langs de Kanaalzone tot zeer efficiënte locatie voor inpassing van hernieuwbare bronnen en buffering. De bestaande loze leidingen kunnen gebruikt worden voor buffering of gas transport. Verder heeft de industrie vaak veel behoefte aan energie waardoor de productie, buffering en consumptie dicht bij elkaar plaatsvindt en er hierdoor geen extra transportnetwerken nodig zijn.

Industriële actoren bieden potentie als dragende partij in energietransitie.

## Infrastructuur als drager van hernieuwbare energie

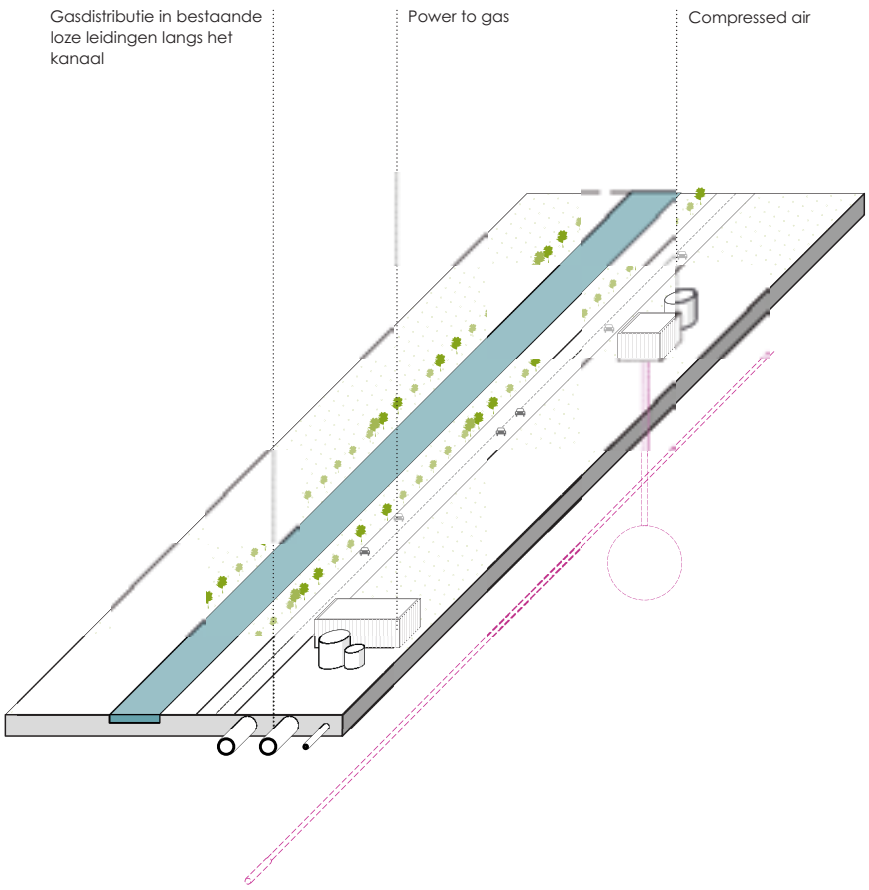



Figuur 5.6: Schematische weergave infrastructuur en zonnepanelen

Lijninfrastructuur is erg geschikt om te dienen als drager voor hernieuwbare energie. Er zijn veel elementen zoals geluidswallen, taluds, spoorlijnen en tankstations, waarin zonnepanelen geïntegreerd kunnen worden.

In België ligt meer dan 3000 km spoor en ongeveer 1700 km snelweg. Dit biedt grote mogelijkheden voor de plaatsing van PV-panelen.

## Opslag

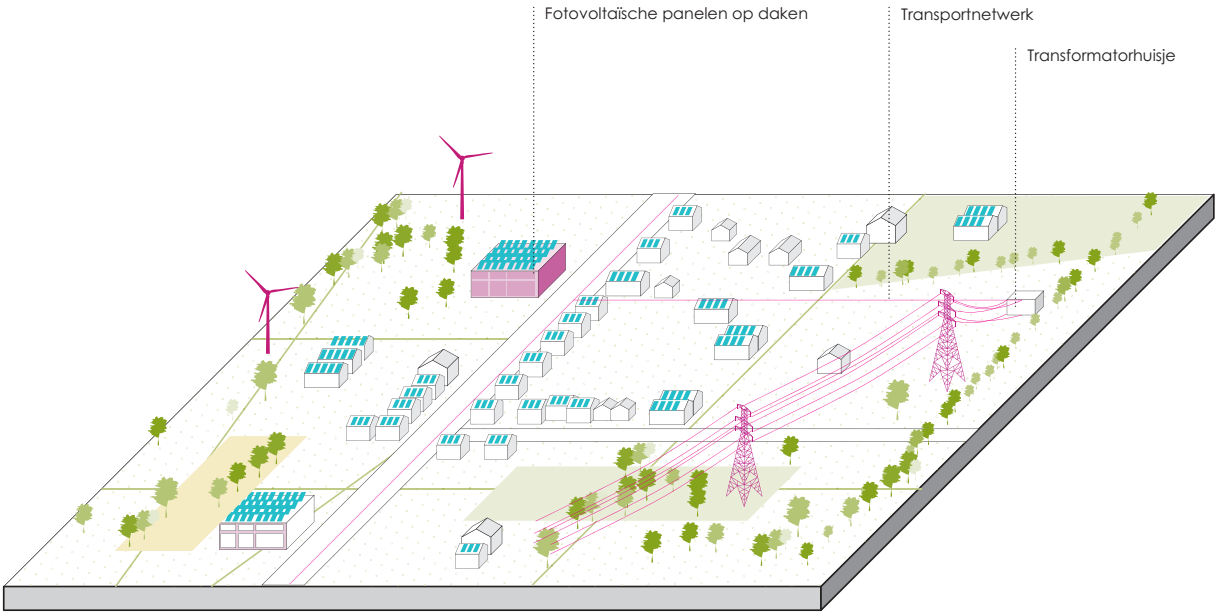



Figuur 5.7: Opslag systemen

De bestaande structuren kunnen benut worden voor distributie en buffering.

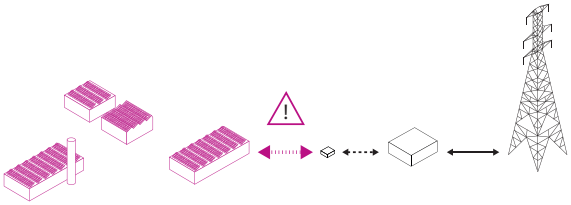
Bij pieken kan energie omgezet worden naar gas (power to gas) en vervolgens opgeslagen worden. De bestaande leidingen langs het Albertkanaal kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden voor opslag en distributie van gas. Met compressed air buffers kan deze energie eveneens gebufferd worden.

## Evenwicht tussen opwekking, buffering en netwerk




Figuur 5.8 : Evenwicht tussen opwekking buffering en netwerk

Een goede afstemming van gebruik, productie, opslag en distributie is belangrijk voor een optimale energie balans.

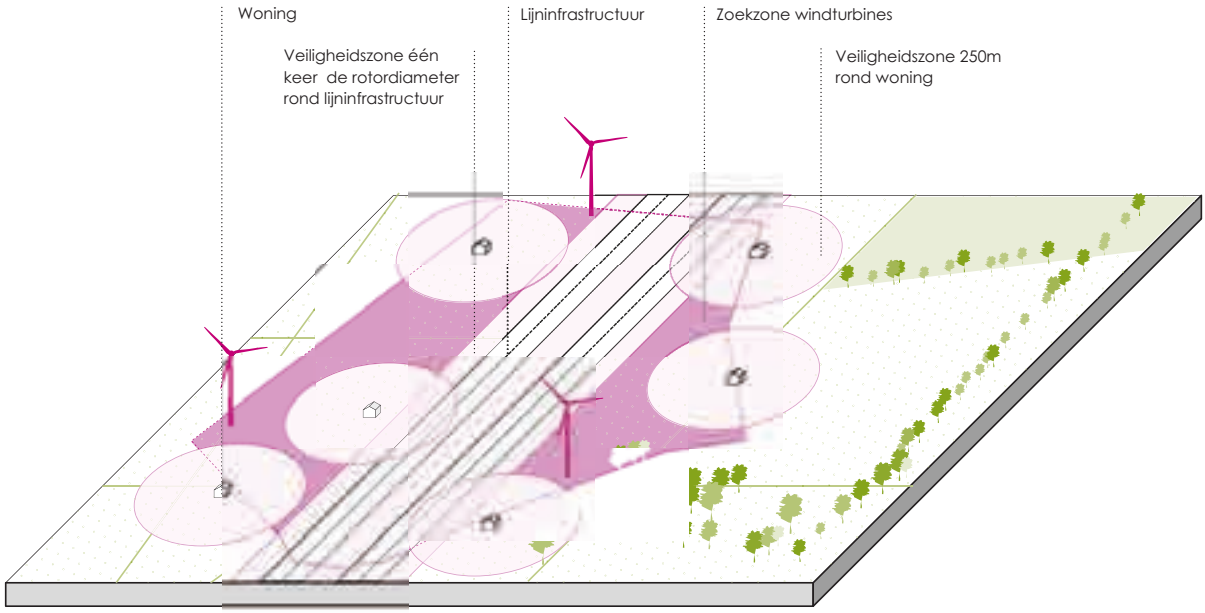


Figuur 5.9: Problemen overbelasting  op laagspanningsnet

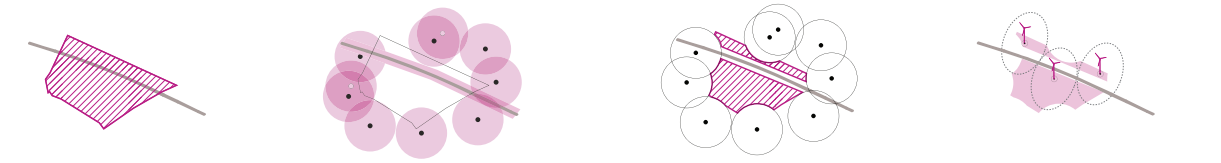
Er kunnen problemen optreden voor het elektriciteitsnet als er te veel huishoudens of bedrijven zonnepanelen op hun dak leggen. De laag- en middenspanningsnetten kunnen bij pieken overbelast raken omdat ze een eindige capaciteit hebben. Deze overbelasting kan voorkomen worden als er opslag wordt voorzien op het niveau van de laag en middenspanningsnet.

Het nadeel van woningen met fotovoltaïsche panelen is dat het tijdstip van gebruik en opwekking van energie zelden gelijktijdig is. Om de potentie van deze inpassing van hernieuwbare energievolwaardig te benutten is er nood aan collectieve oplossingen voor gedeeld verbruik binnen een slim netwerk van opwekking, buffering en verbruik.

## Windturbines in de aangeduide zoekzones




Figuur 5.10: Schema zoekzone windturbines



Het bestaande zoekgebied voor windturbines.

Veiligheidszone rond woningen en langs de weg.

Effectieve zoekgebied voor windturbines.

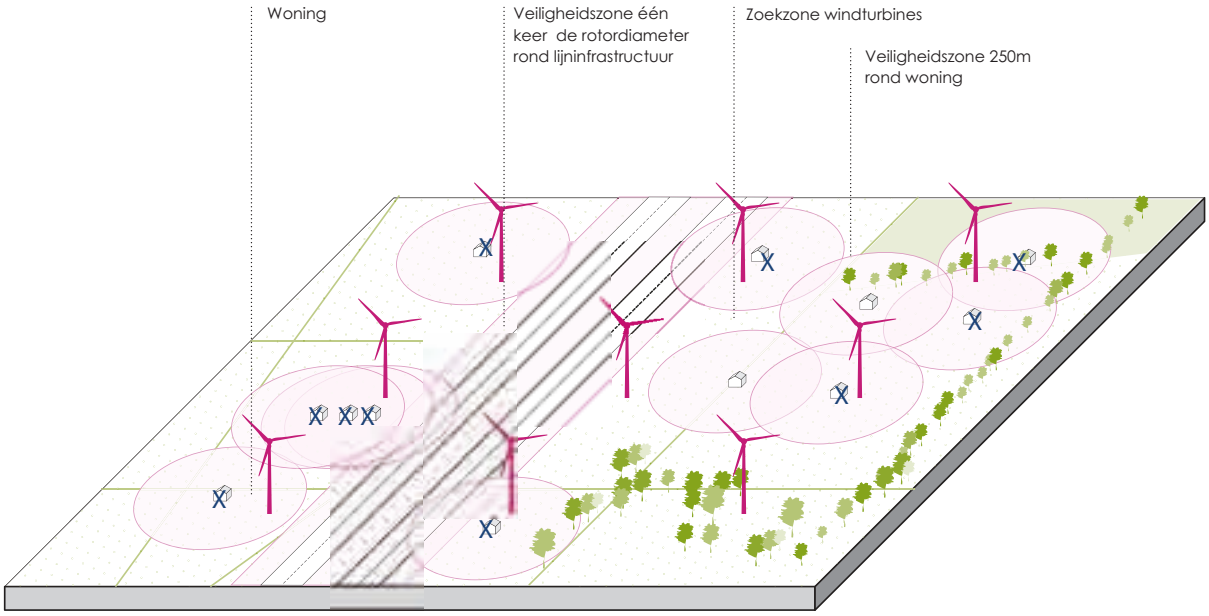
Plaatsting windturbines, rekening houdend met technische restricties.

Figuur 5.11: Werking zoekzone windturbines

De huidige regelgeving in Vlaanderen met betrekking op de plaatsing van windturbines heeft tot gevolg dat het lastig is om geschikte locaties te vinden voor het plaatsen van turbines.

Als men de bestaande zoekgebieden voor windturbines rondom Roeselare beschouwt, valt op dat dit, zoals in veel gevallen, zeer kleine gebieden zijn welke zijn aangewezen. Daarnaast is te zien dat hierbinnen een groot aantal beperkingen is door de aanwezigheid van woningen, lijninfrastructuur en veiligheidszones die bestaande regelgeving voorschrijft. Hierbij dient wel te worden vermeld dat sinds 2012 de VLAREM richtlijn geldt en dat hierin enkel nog rekening gehouden wordt met geluidsniveau en slagschaduw en de strikte toepassing van de 250m regel als afstand tot bebouwing genegeerd wordt. Voor woningen liggen de akoestische grenzen echter zo hoog dat het quasi nooit zal voorkomen dat een turbine vandaag dichter dan deze 250m bij een woongebied zal staan. Daarom wordt in de praktijk deze afstand nog steeds gehanteerd als een goede vuistregel en kan gezien worden als een duidelijke ruimtelijke richtlijn die de realiteit benadert. Het enige achterpoortje dat toelaat om dichter te bouwen is een onderlinge overeenkomst met de bewoners en de windontwikkelaar maar dit is enkel realistisch als het om één of twee woningen gaat en zeker niet als het om een ruimer woongebied gaat.
De huidige regelgeving voor plaatsing windturbines met als ambitie lijnopstellingen leidt uiteindelijk tot plaatsing van incidentele windturbines.

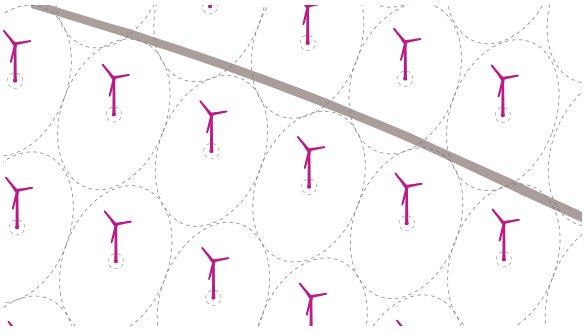
## Optimale windenergie productie




Figuur 5.12: Tegel met potentieel windpark. Woningen conflicteren met de geprojecteerde turbines

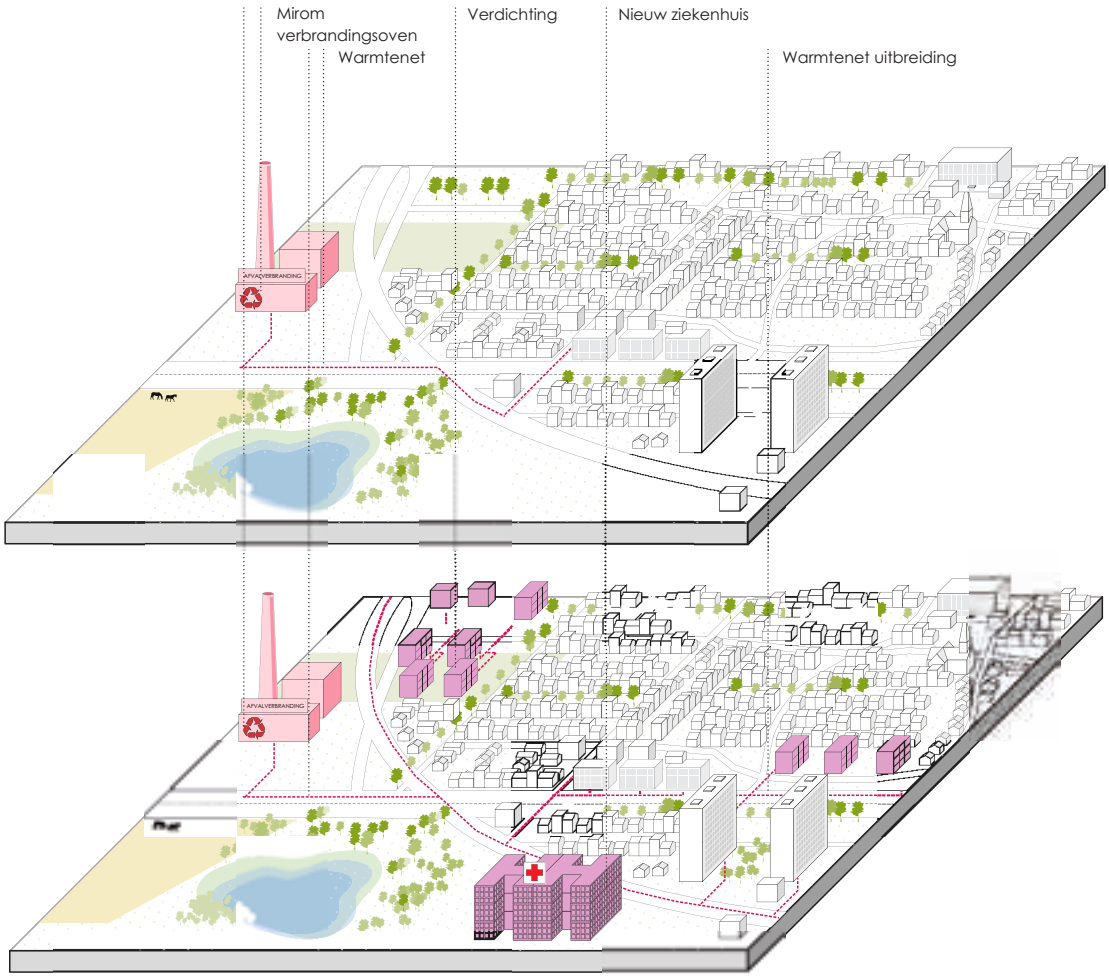
Door de versnippering in het Vlaamse landschap en de huidige wet- en regelgeving is de inpassing van grootschalige windvelden vrijwel onmogelijk. Om de turbines toch op efficiënte wijze in velden te kunnen plaatsen moet er of iets veranderen aan de regelgeving of de bebouwing moet op sommige plaatsen wijken ten behoeve van de winning van windenergie.

Dit wil zeggen dat de woningen die in het landbouwlandschap staan en niet in steden of dorpen en binnen een afstand van 250 meter van de turbine, kunnen worden uitgekocht of dat de regelgeving met betrekking tot het plaatsen van windturbines aangepast zal moeten worden.



Figuur 5.13: Windturbines in grid
Als turbines in een gridopstelling worden geplaatst moeten de onderlinge afstanden tussen de turbines groter zijn dan vier bij zes maal de rotor diameter, om beinvloeding te beperken. Als dit niet wordt gedaan zullen de turbines te veel van elkaars wind vangen en werken de turbines dus niet optimaal.

## Verdichten



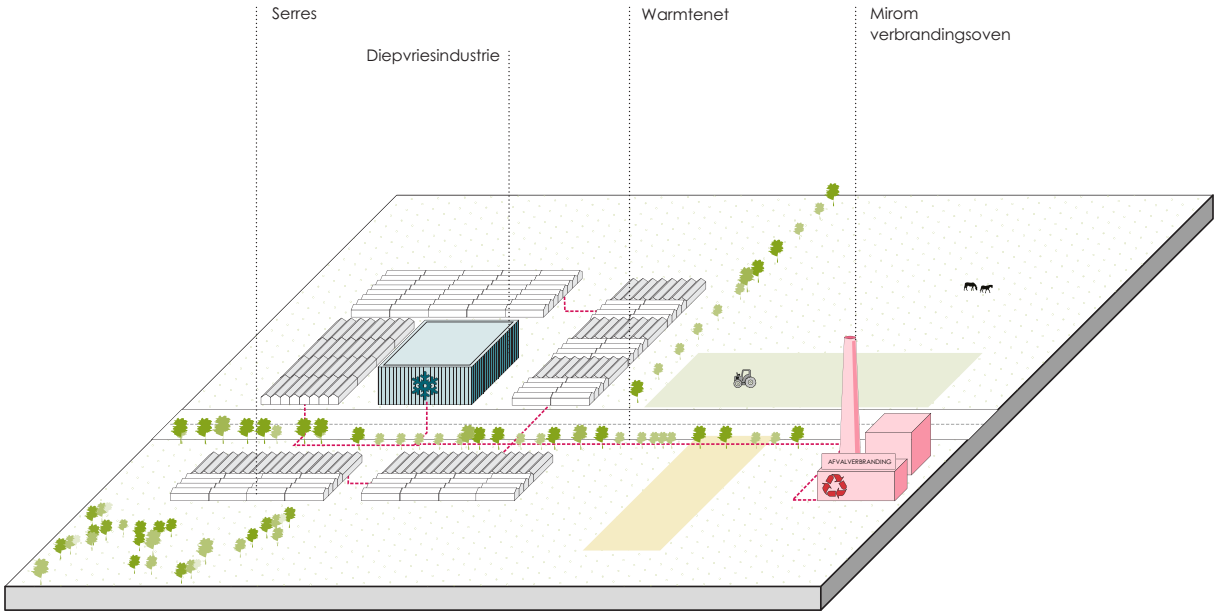

Figuur 5.14: Huidige situatie en Uitbreiding warmtenet

Om een warmtenet rendabel te maken is er minstens een warmtedichtheid van 1.5 MWh per strekkende meter nodig. In het grootste deel van Vlaanderen is deze dichtheid niet aanwezig. Met een verdichting van het stedelijk weefsel kan de gewenste warmtedichtheid behaald worden. Hierdoor wordt een warmtenet rendabel en kan warmte, afkomstig uit bijvoorbeeld een verbrandingsoven of een geothermiebron, gebruikt worden.

Koppeling van stedelijke verdichting aan de aanleg van een warmtenet biedt ook voordelen op andere vlakken als de beperking van de verdere versnippering van het landschap.

Door nieuwe ontwikkeling zoals uitbreidingsgebieden te koppelen aan de ontwikkeling van een warmtenet, kunnen de kosten beperkt worden. Ook komen er bij bijvoorbeeld verdichtingsopgaven meer woningen, dus meer warmtevragers waardoor het warmtenet rendabel wordt.

## Warmtenet



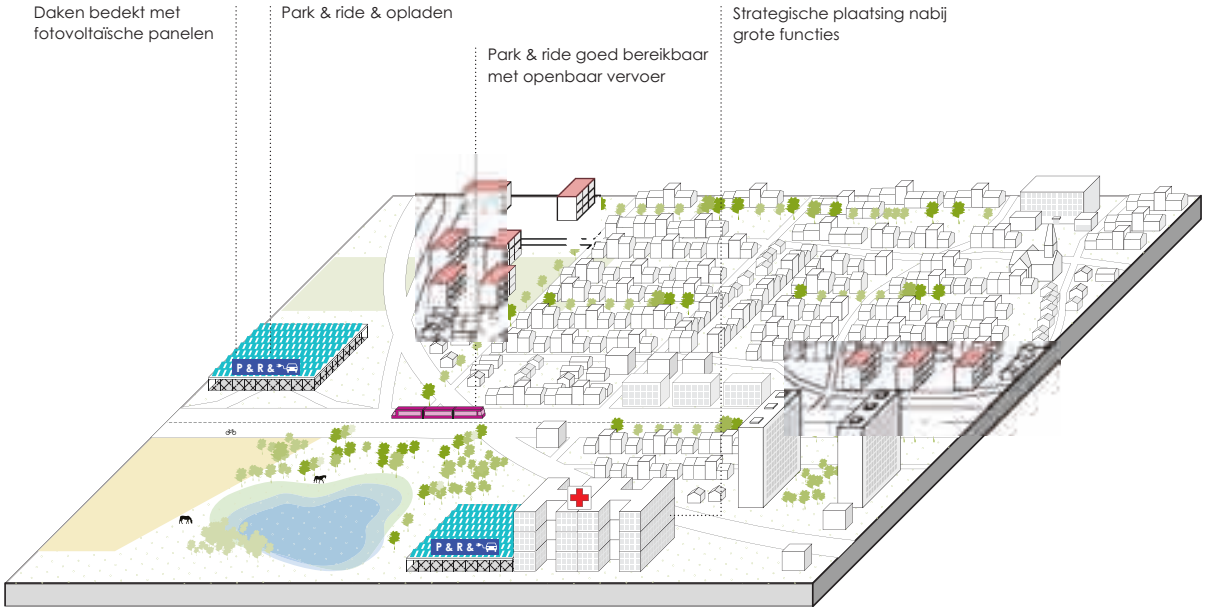

Figuur 5.14: Warmtenet

De ruimtelijke configuratie van warmte-aanbieders en vragers heeft invloed op de energetische efficientie. Hoe korter de afstanden, des te kleiner de verliezen. Dit geldt ook voor restwarmte van bijvoorbeeld de industrie of warmte afkomstig van een geothermiebron en voor commerciële en residentiële warmtevragers.

Bij het transport van warmte treden verliezen op, om deze te beperken is ruimtelijke nabijheid van vraag en aanbod van belang. Hierdoor is het energetisch efficiënt als functies die restwarmte kunnen leveren nabij warmtevragers liggen.

Als er in een koelhuis gekoeld wordt dan komt er warmte vrij. Deze warmte kan bijvoorbeeld gebruikt worden in de glastuinbouw. Een concentratie van koelhuizen en glastuinbouw is op het gebied van warmte uitwisseling en exergie interessant. Bovendien speelt een ruimtelijke concentratie van functies ruimte vrij voor landbouw en recreatie en gaat het versnippering van het landschap tegen.

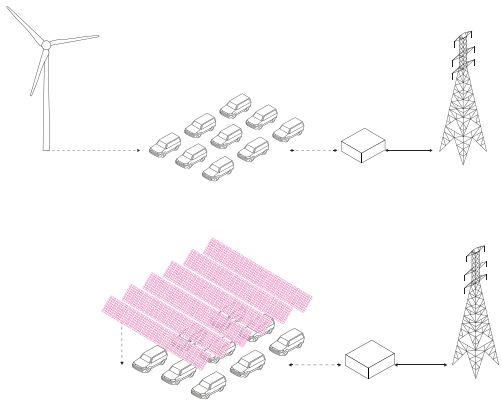
## Parkeren, delen, opladen, bufferen




Figuur 5.15: Integraal parkeer ontwerp

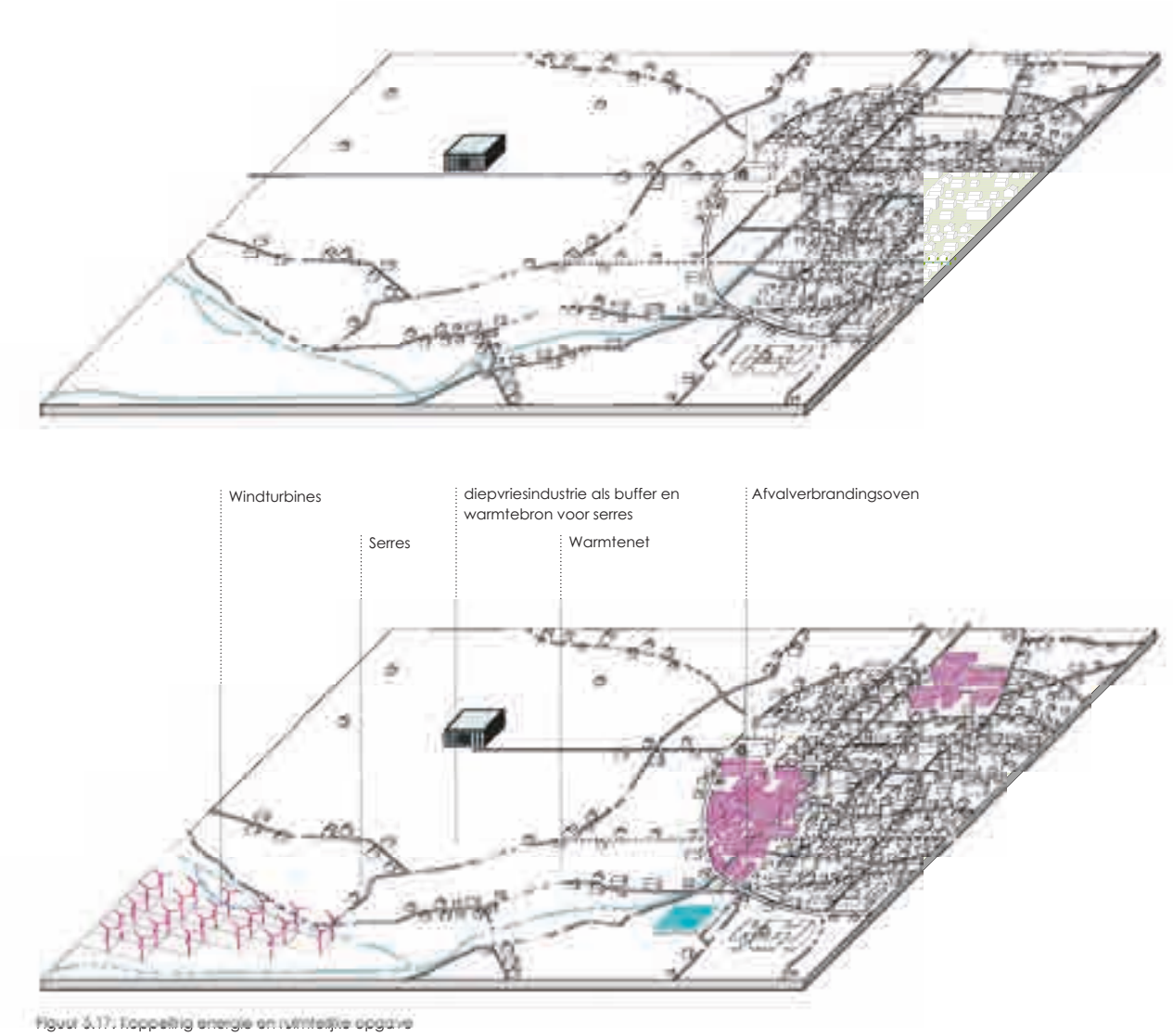
Het principe van de combinatie van een parkeerplaats met zonnedak, een autodeel systeem en de mogelijkheid om de accus van de elektrische auto's als buffer te gebruiken maakt de Park & ride faciliteit tot een veelzijdige schakel in het energiesysteem.

Een goede verbinding van de Park & ride met de stad is belangrijk. Openbaar vervoer kan hierbij een verbindende rol spelen. Zo vormt deze toepassing niet alleen een schakel in het energiesysteem, maar ook in het mobiliteitsnetwerk van de regio. Autodelen levert in dit geval meer winsten op dan individueel autobezit.



Figuur 5.16: Systeemdiagram elektische auto's als buffer

## Koppeling van hernieuwbare energie aan lokale ruimtelijke opgave

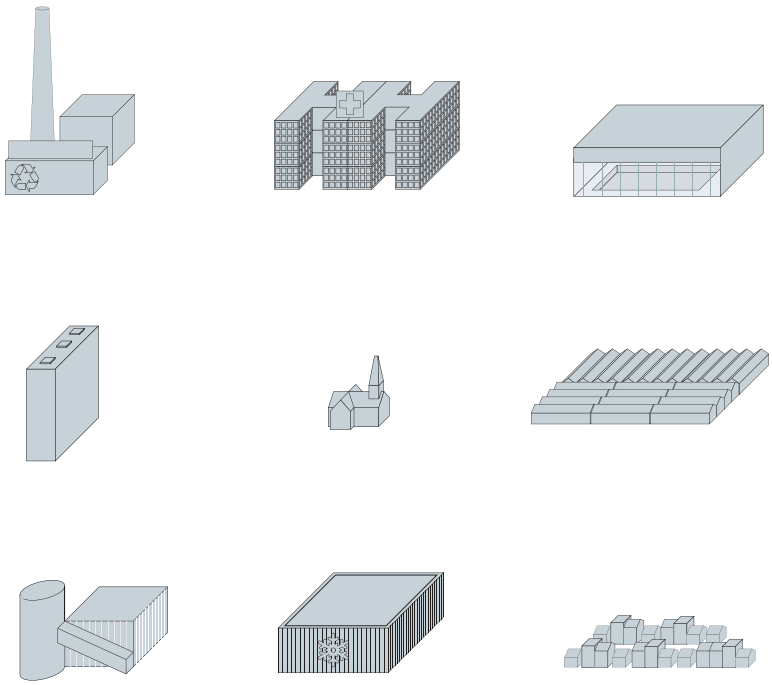



Figuur 3.17: Koppeling energie en ruimtelijke opgave

De lokale context en de ruimtelijke opgaven die spelen, bieden mogelijkheden voor integratie. De energetische ambities en de ruimtelijke opgaves kunnen door middel van een gezamenlijk beleid en geïntegreerde inpassing een synergie vormen. De ruimtelijke nabijheid van bijvoorbeeld diepvries installaties en serres kunnen van elkaar profiteren.

Bij koeling komt warmte vrij, deze restwarmte kan gebruikt worden in de serres. Een goede energetische afstemming van de verschillende elementen kan grote economische, ruimtelijke, sociale en landschappelijke voordelen hebben.

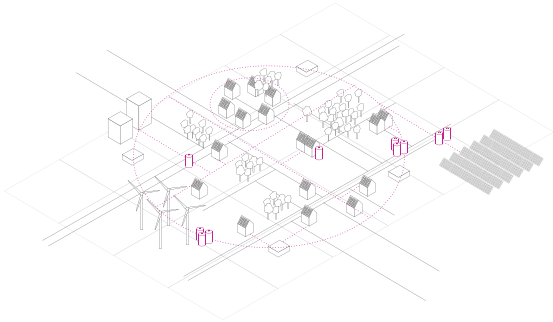
## Energetische specificaties



Figuur 5.18: Functie

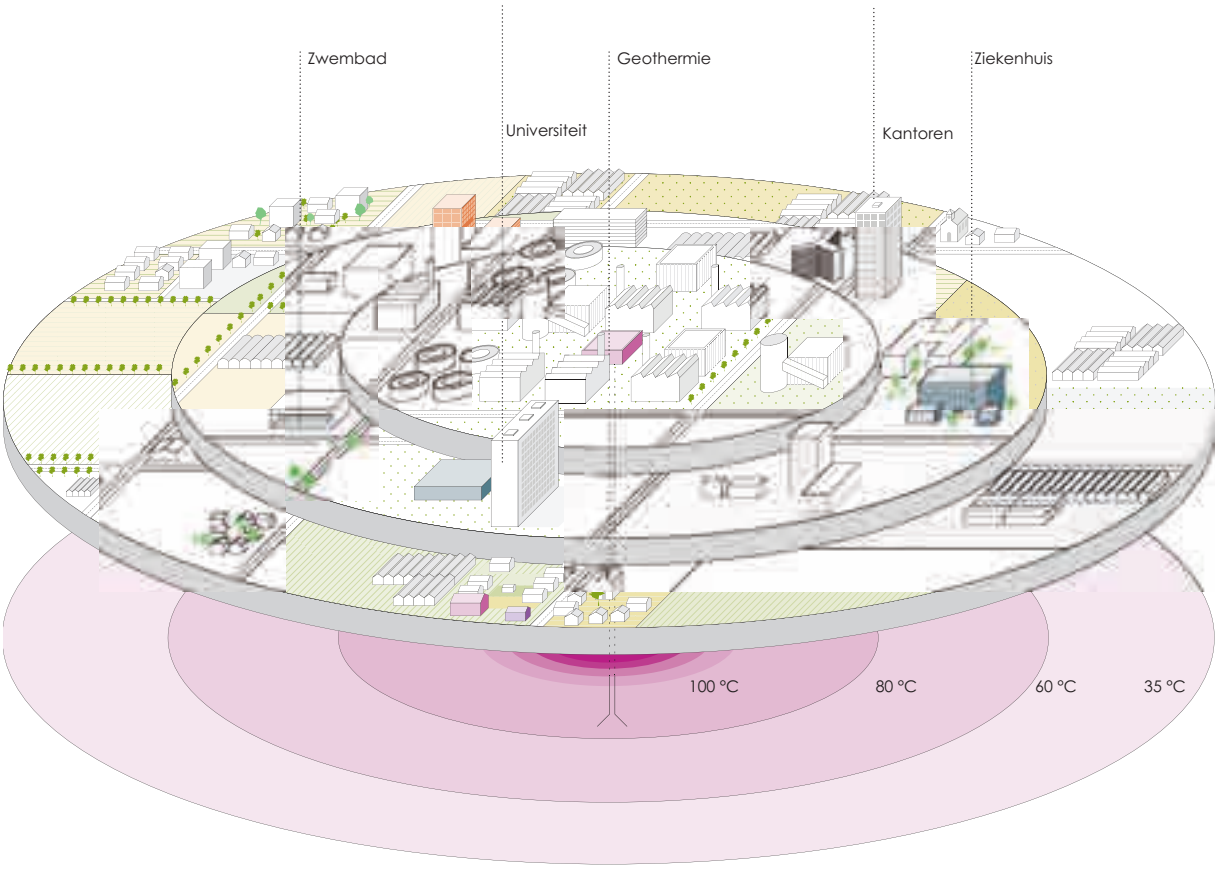
Iedere functie heeft zijn eigen energetische eigenschappen. Zo is de afvalverbrandingsoven een functie die elektriciteit en warmte opwekt door de verbranding van afval. Een ziekenhuis heeft een vrij grote zowel thermische als elektrische energievraag, net als zwembaden. Kantoren gebruiken veel elektriciteit en afhankelijk van het seizoen, warmte of koeling. Serres hebben in de winter warmte nodig. Koelhuizen produceren warmte door te koelen, en hebben elektriciteit nodig. Fabrieken en de industrie gebruiken over het algemeen vrij veel energie maar leveren ook regelmatig restwarmte stromen.

Deze specifieke eigenschappen kunnen worden gebruikt in een systeem van vraag en aanbod. Met een smartgrid kan de elektrische energievraag goed op elkaar worden afgesteld. Het is belangrijk om de energetische eigenschappen van verschillende functies te kennen zodat deze allemaal een eigen rol kunnen spelen in een verbonden systeem.



Figuur 5.19: systeemdiagram smartgrid

## Hernieuwbare energie en ruimtelijke ordening

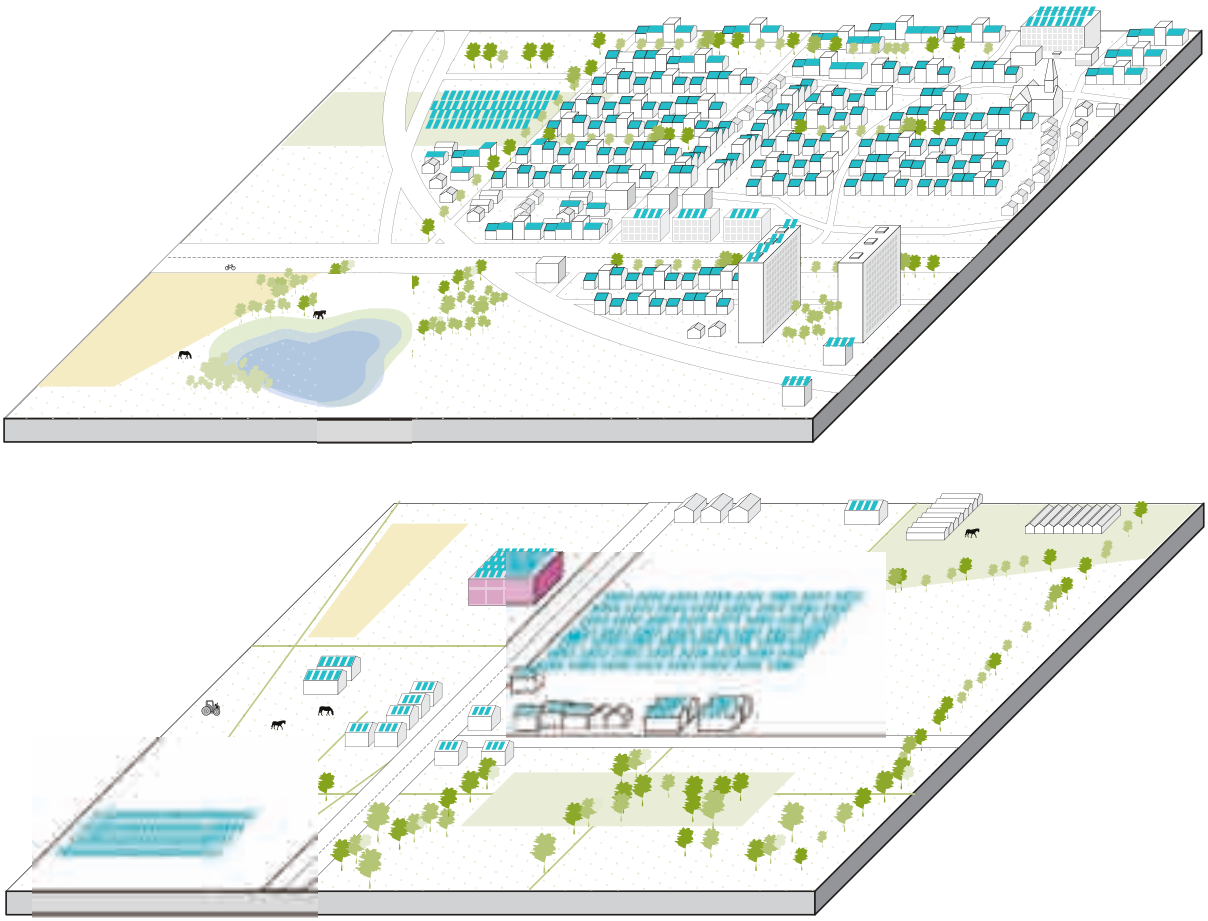



Figuur 5.25: Schema van ruimtelijke inrichtingsprincipes gebaseeerd op warmte cascade

Compacte clustering rondom geothermiebron met warmtecascade. Dit is een voorbeeld van wat de ruimtelijke invloed kan zijn van relatief nieuwe hernieuwbare energie systemen.

De geothermie bron kan leiden tot nieuwe ruimtelijke ordeningsmodellen en tot nieuwe verstedelijkingsprincipes, met de warmtecascade als structurerend uitgangspunt.

## Fotovoltaïsche panelen

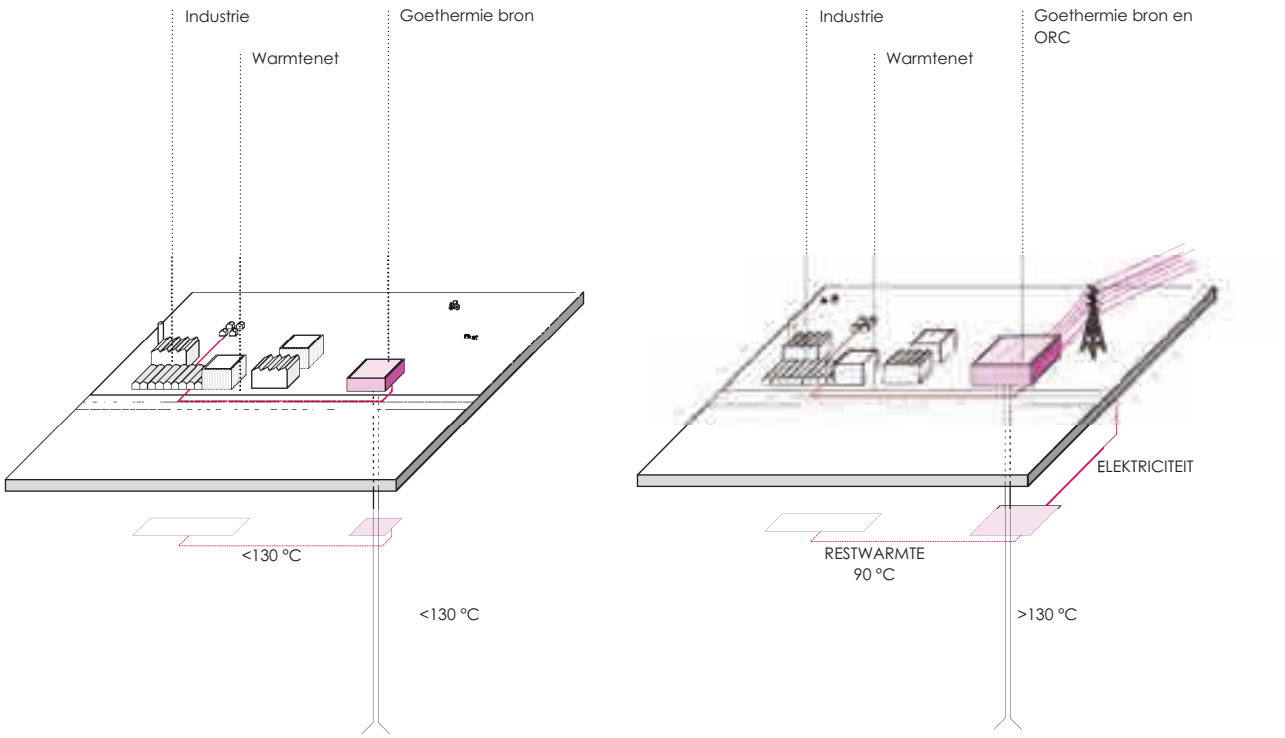


Figuur 5.21: Mogelijke inpassingsprincipes zonnepanelen

Het nadeel van fotovoltaïsche panelen is dat ze ruimte innemen. Ruimte is in Vlaanderen schaars. Toch zijn er verschillende manieren waarop de panelen geplaatst kunnen worden, die geen extra ruimtedruk opleveren. Allereerst kunnen de panelen, zoals al vaak gebeurt op bebouwing worden geplaatst (en zelf in bebouwing worden geïntegreerd). Dit kan zowel bij particulieren als bij bedrijven. Verder is er een groot aantal locaties die bijvoorbeeld overdekt kunnen worden met zonnepanelen. Denk bijvoorbeeld aan het overdekken van parkeerterreinen. Panelen kunnen ook tijdelijk worden geplaatst, op bijvoorbeeld braakliggende terreinen, reconversie-sites of *brownfileds*.

Ook kunnen zonnepanelen eventueel worden ingezet als wisselteelt. Om akkerbouwgrond niet te laten uitputten kan er een seizoen zonnepanelen worden gelegd op deze grond.

## Geothermische energie




Figuur 5.22: Warmtegebruik geothermie

Hoewel er nog veel onduidelijkheid is over de mogelijke potentie van geothermie in Vlaanderen zijn er globaal gezien verschillende soorten gebruik van geothermie. Het mogelijk gebruik is sterk afhankelijk van de temperatuur en het vermogen van de bron.

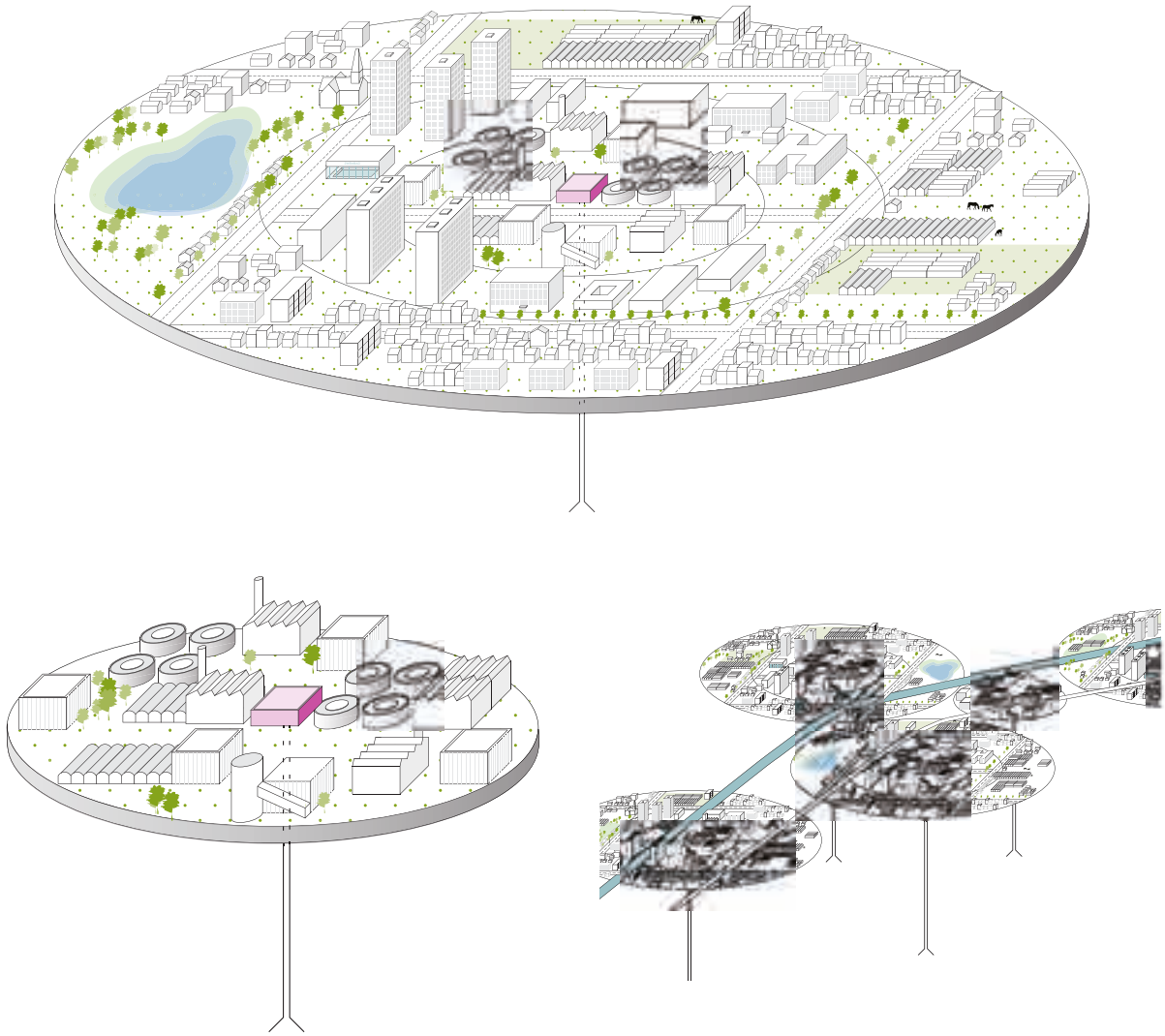
**<130 °C**

Temperaturen lager dan 130 °C kunnen gebruikt worden als warmtevoorziening. Door middel van een warmtenet kan kan deze gedistribueerd worden naar de gewenste functie. Het is exergetisch het voordeligst om eerst de hoge temperatuurvragers te bedienen en vervolgens de functies die lagere temperaturen nodig hebben.

**>130 °C**

Voor temperaturen boven de 130 °C geldt dat deze kunnen worden gebruikt om elektriciteit te genereren. Door middel van een ORC (Organic Rankine Cycle) installatie kan warmte worden omgezet in elektriciteit. De restwarmte van dit proces kan alsnog gebruikt worden en getransporteerd naar warmte vragende functies. Er kan ook gekozen worden om slechts een deel van de warmte om te zetten in elektriciteit en het andere deel te leveren aan een functie die hogere temperaturen nodig heeft.

## Geothermie als sturend element in stedelijke ontwikkeling



Figuur 5.23: Schema van ruimtelijke inrichtingsprincipes gebaseerd op warmte cascade

Omdat er verliezen optreden bij transporteren van warmte is het energetisch interessant om te verdichten en om transport afstanden kleiner te maken. De aanwezigheid van geothermie kan een sturend element vormen in stedelijke groei of ontwikkelings patronen. De exergetische principes van de warmte cascade kunnen hierin de basis vormen. Een mogelijke stedelijke opbouw zal dan bestaan uit een kern van hoge temperatuur vragende functie, hieromheen midden hoge temperatuur vragers en in de buitenste zone functies als serres en woningen met een lage temperatuurvraag. Theoretisch leidt dit tot een cirkelvormige stedelijke structuur van ringen, maar in realiteit kan de ruimtelijke uitwerking van dit principe op tal van manieren vorm krijgen. Schaal en type inpassing van het warmtenet zijn hierbij leidend.

Dit kan leiden tot compacte stedelijke clusters rondom geothermiebronnen. Tussenliggende groengebieden kunnen vrijgehouden worden voor recreatie, ecologie en waterberging.

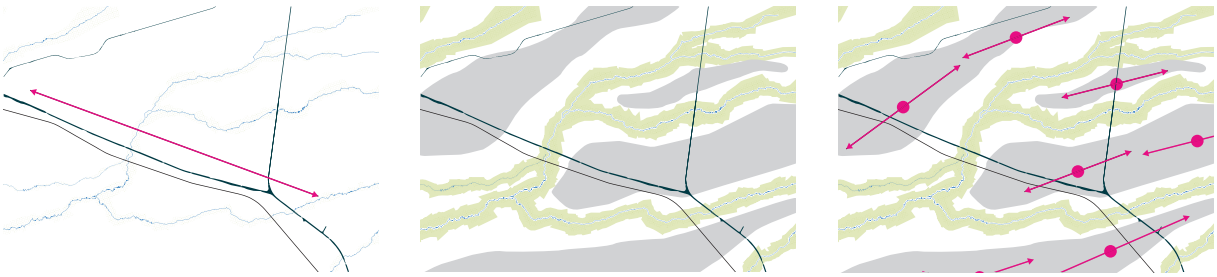
## Geothermie

Figuur 5.24: Schema's van ruimtelijke inrichtingsprincipes gebaseeerd op geothermie

Geothermie kan worden toegepast op locaties waar de vraag groot is en die door één functie worden gebruikt.

Richting van het warmtenet vanuit de geothermie bron kan worden gestuurd, waardoor de stedelijke ontwikkeling kan worden beïnvloed. Men kan bijvoorbeeld inzetten op verdichting van het bestaande stedelijk gebied en zo versnippering tegen gaan.

Verdichten omdat er warmte aanwezig is: Er is een potentie voor geothermie. Bedrijven die een grote warmtevraag hebben zouden zich kunnen gaan concentreren. Hierdoor ontstaat ruimtelijke ontwikkeling en economische activiteit.



Figuur 5.25: Schema's van ruimtelijke inrichtingsprincipes gebaseeerd op geothermie

Landschappelijke structuur is doorsneden door de economische structuur van het Albertkanaal

Landschappelijke structuur vrijlaten en verbeteren en ruimtelijke ontwikkeling tussen de beekvalleien

Landschappelijke structuur vrijlaten en verbeteren en ruimtelijke ontwikkeling tussen de beekvalleien met als basis de ruimtelijke principes van geothermie

## 5.1 Vademecum conclusie

Er is een groot aantal mogelijke inpassingsprincipes voor hernieuwbare energie. Neem bijvoorbeeld de plaatsing van windturbines. Deze kunnen als individuele molens worden geplaatst, in lijnopstelling en in groepen. De plaatsing ten opzichte van andere ruimtelijke elementen zoals bomen, kan de zichtbaarheid van de molens beïnvloeden. Deze principes beperken zich echter tot de implementatie van het energiesysteem.

Hernieuwbare energie en de ruimtelijke inpassing daarvan zou niet beperkt moeten worden tot de plaatsing van de energiesystemen.
Het systeem kan geoptimaliseerd worden door het verbinden met (slimme)netwerken en een goede plaatsing in het netwerk. Hieraan zit ook sterk een ruimtelijk element aangezien bijvoorbeeld het hoogspanningsnetwerk niet overal aanwezig is.

Een goede implementatie van hernieuwbare energie zorgt voor een efficiënt gebruik van reststromen. Zo kan de plaatsing van een geothermiebron in de nabijheid van industrie die veel restwarmte produceert, voordelig zijn. Met deze restwarmte kan op tijden dat er weinig warmte vraag is, de geothermiebron geregenereerd worden.

De ruimtelijke aanpassingen die deze verbindingen tussen verschillende systemen mogelijk maken, kunnen zo worden ingezet dat ze tevens andere ruimtelijke, economische, sociale en landschappelijke opgaves die spelen, meenemen. De versnippering in het Vlaamse landschap bijvoorbeeld, is energetisch erg ongunstig. Als deze energetische aspecten van ruimtelijke inrichtingsprincipes worden meegenomen in ruimtelijke ordening dan liggen hier veel kansen om ook oplossingen op andere vlakken te bieden.

# Conclusies

# Conclusies

Uit het ontwerpend onderzoek zijn een aantal principes naar voren gekomen welke mogelijks leidend kunnen zijn in de realisatie van duurzame Vlaamse energielandschappen:

**Nieuwe technieken voor hernieuwbare energie kunnen werken als structurerend principe voor ruimtelijke configuratie.**
Wanneer de inpassing van nieuwe technieken voor hernieuwbare energie in synergie met de bestaande context plaats kan vinden zijn er kansen om tot een optimalere ruimtelijke ordening te komen. De hernieuwbare systemen kennen eigen ruimtelijke principes die tot nieuwe vormen van ontwikkeling en verstedelijking kunnen leiden. De plek waar de energie kan worden benut, het systeem waarmee deze al dan niet kan worden getransporteerd en de mogelijkheden voor buffering binnen het systeem spelen hier allen een rol in. Hierdoor kunnen bepaalde plekken bijvoorbeeld interessanter worden als vestigingslocatie voor energievragende functies en ontstaan er mogelijkheden voor slimme schakelingen tussen functies onderling. Hernieuwbare energie kan een drijfveer zijn voor een noodzakelijke sterk doorgedreven ruimtelijke omwenteling.

**Specifieke lokale kenmerken kunnen worden ingezet als schakels in het energiesysteem.**
Hernieuwbare energie wordt per definitie ingepast in een bestaande ruimtelijke context van een bestaand energiesysteem. Deze context kent vandaag al een aantal elementen die een rol kunnen vervullen in de transitie. Niet enkel vormen bijvoorbeeld bestaande gebouwen met hun daken een mogelijke ruimte tot inpassing van technieken, ook de wijze waarop deze gebruikers en potentiële producenten geschakeld zijn in het systeem biedt mogelijkheden om het systeem beter te balanceren. Ook bestaande infrastructuren en de afstemming tussen de lokale distributiestromen van grond- en afvalstoffen kunnen benut worden. Met name in de distributie en buffering van hernieuwbare energie liggen hier vaak onverwachte mogelijkheden. Ook grootschalige landschappelijke kenmerken als watersystemen, natuurgebieden, grootschalige infrastructuren zoals spoorwegen en autostrades hebben kwaliteiten om hernieuwbare energieopwekking mee te koppelen.

**Lokale en regionale elementen en opgaven kunnen als kansen worden meegenomen in de ontwikkeling van het hernieuwbare energiesysteem.**
Een goed inzicht in de bepalende lokale elementen en onderlinge relaties maakt het mogelijk om de energietransitie te koppelen aan andere opgaven die in een gebied spelen. Met het in beeld brengen van deze elementen wordt meteen duidelijk welke spelers hierbij als lokale stakeholders een rol kunnen vervullen. Door tevens een inventarisatie te maken welke opgaven er spelen op bijvoorbeeld maatschappelijk, economisch of ecologisch niveau kunnen er kansen gekoppeld worden. Dit biedt een inzicht in de onderliggende systemen van een gebied, waarbij de schaal van het gebied kan variëren. De lokale en regionale elementen kunnen zo ingezet worden om zowel de uitdagingen in de directe omgeving als de ruimer geldende opgave voor de energietransitie aan te gaan.

**Een substantieel aandeel aan hernieuwbare energie kan in het Vlaamse landschap worden ingepast, maar dit vraagt wel grote ruimtelijke aanpassingen.**
De vergelijking van de totaal opbrengsten van de verschillende strategieën in de cases van het ontwerpend onderzoek toont aan dat de potentie van de voorstellen ver achter blijft bij de theoretisch berekende potentie. Deze theoretische potentie, uitgaande van extreme inpassing van technieken, overal in Vlaanderen, is bijna het drievoudige van de huidige energievraag. Maar dit betekent onder andere ook dat bijvoorbeeld 10% van alle landbouwgronden worden bedekt met pv-cellen en dat in alle landbouwgebieden windturbines worden ingepast. De opbrengsten van de meest extreme strategie Energie als drijfveer halen slechts een deel van de theoretische potentie. Op basis van deze inschattingen kan gesteld worden dat de werkelijk inpasbare potentie voor hernieuwbare energie in het Vlaamse landschap te laag zal zijn om de beoogde doelstellingen te behalen en dat een sterke ruimtelijke omwenteling noodzakelijk zal zijn om nog maar in de buurt te komen van deze doelstelling.

**Er is nood aan een beter inzicht in de werkelijke winsten van de inpassing van hernieuwbare energie.**
De vraag hoeveel de toepassing van hernieuwbare energieproductie oplevert wordt vaak louter numeriek vertaald naar MWh of Petajoules. Hoe groter het gebied waar de toepassing op plaats vindt, hoe harder deze inschatting voorbij lijkt te gaan aan de complexiteit van de bestaande ruimtelijke en maatschappelijke context. Het is van belang om lokale inpassingen op waarde te kunnen schatten binnen het groter geheel van het energiesysteem. Hiertoe is inzicht nodig in hoe de inpassing zich verhoudt tot de grotere opgave. Wanneer er voor Vlaanderen als geheel doelen gesteld worden, is het van belang nauwkeurig te weten waar welke winsten behaald kunnen worden en te kunnen monitoren in hoeverre potenties benut worden. Het datamodel op basis van landschapstypen is hier een mogelijke tool voor. Doorontwikkeling van dit model kan het gewenste inzicht op verschillende schalen bieden.

**De energietransitie in Vlaanderen kan vorm krijgen in een nieuwe typologie van het duurzame energielandschap.**
De ruimtelijke staat van Vlaanderen vandaag kenmerkt zich door een grote ruimtedruk, een sterke vermenging van landgebruik en een grote versnippering van het grondgebied. Er spelen tal van opgaven op ecologisch en sociaal-economisch gebied die een beroep doen op de ruimtelijke ordening waar de energieopgave aan wordt toegevoegd. De typologie van het duurzame energielandschap vormt in onze ogen de ruimtelijke vertaling van de situatie waarin de context in al zijn facetten deze synergie met het hernieuwbare energiesysteem tracht te bereiken. Het duurzaam energielandschap zal pas kunnen doorgroeien tot een volwaardig energietechnologisch bevoorradingssysteem als er gewerkt wordt aan die slimme wisselwerking tussen energiebevoorrading en landschap op energetisch, economisch, ruimtelijk, sociaal en maatschappelijk vlak.

# Bibliografie


Adger, W. N. (2006) Vulnerability. Global Environmental Change, 16, 268-281.

Ameryckx, J.B., Verheye, W., Vermeire, R. (1995) 'Bodemkunde: Bodemvorming, bodemeigenschappen, de bodems van België, bodembehoud en –degradatie, bodembeleid en bodempolitiek' 346 p.

Antrop, M. (2007). Perspectieven op het landschap. Achtergronden om landschappen te lezen en te begrijpen, Academia Press, Gent, 322 pp.

CcASPAR (2012). Klimaat in Vlaanderen als ruimtelijke uitdaging. Academia Press. ISBN 978 90 382 2040 6.

Council of Europe (2000) European Landscape Convention and Explanatory Report. Florence, Council of Europe

De Deygere, M., de Roos, S. Janssens, J., & Soete, A. (2011). Steunmechanismen voor de productie van groene stroom en wkk: analyse, aanpassingsvoorstellen en beleidsaanbevelingen. Geraadpleegd van: http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/milieuvriendelijke/evaluatie_steunmechanismen/3E_eindrapport_evaluatie_GS_WKK.pdf

De Boever, E., Lagrou, D., Laenen, B. (2012). Beknopte wegwijzer, geothermie in België. Vito rapport.

Bol, K., Drouillon, M.,Geurds, M., Ghekiere, G., Leenknegt, J., Mattheeuws, B., Plateau, W., Snijders, F., & Vandenbroek, K., (2006). Vergisting: Omzetten van biomassa in een energierijk gas. Kessel-Lo: ODE-Vlaanderen

Broersma, S., Fremouw, M., van den Dobbelsteen, A. et al. (2011). Synergie tussen regionale planning en exergie (SREX). ISBN-13:978-90-5269-399-6.

John Dekker O&A (2013) Windturbines in het Robnoordbos. Agentschap NL.

Dincer, I., (2002). The role of exergy in energy policy making. Energy policy 30(2):137-149.

Dincer, I., Rosen, M., (2007). Exergy, Energy, Environment and Sustainable development. Elsevier (Oxford).

Elia (2013). Map of the high voltage grid. Geraadpleegd van: http://www.elia.be/~/media/files/Elia/publications-2/maps/map-of-the-high-voltage-grid_2013.pdf

Eisentraut, A., & Brown, A.(eds), (2012). Technology Roadmap: Bioenergy for Heat and Power, Paris: International Energy Agency. Geraadpleegd van: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf

Europese Commissie (2011). Routekaart naar een concurrerende koolstofarme economie in 2050.

European Climate Foundation, McKinsey & Company, et al. (2010). Roadmap 2050. A practical guide to a prosperous low-carbon Europe.

European Renewable Energy Council (2010). Re-thinking 2050. A 100% renewable energy vision for the European Union.

European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling (2010). Common vision for the renewable heating and cooling sector in Europe 2020 -2030 – 2050.

Farhangi, H. (2010). The path of the smart grid. IEEE power & energy magazine.

Fedde, Y., & Rijksadviseur voor het landschap. (2009). Windmolens hebben landschappelijk verhaal nodig. Den Haag: Atelier Rijksbouwmeester.

H+N+S Landschapsarchitecten (2008). Kleine Energieatlas. Ruimtebeslag van elektriciteitsopwekking: de voetafdruk van 3.387 GWh.

Holling, C. S. (2001) Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. Ecosystems, 4, 390-405.

IEA (2002). World energy outlook - 2002. IEA/OECD.

Jespers, K., Aernouts, K., Dams, Y (2014) Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2012, Deel I: hernieuwbare energie. Mol: Vito

Johnston, A., & Smith, M.(eds), (2011). Technology Roadmap: Geothermal Heat and Power. Paris: International Energy Agency. Geraadpleegd van: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_Roadmap.pdf

Leterme, Y., van Mechelen D., & Peeters K. (2006a). Omzendbrief: EME/2006/01-RO/2006/02: Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines.

Leterme, Y., van Mechelen D., & Peeters K. (2006b). Omzendbrief: RO/2006/01: Afwegingkader en randvoorwaarden voor de inplanting van installaties voor mestbehandeling en vergisting.

Lysen, E. H. (1996). The Trias Energica: Solar energy strategies for developing countries. Eurosun Conference. Freiburg

Maes, T. (2011). Reductie van CO2-emissies op bedrijventerreinen in Vlaanderen door energiemanagement en energieplanning. Universiteit Gent.

Mannvit Engineering. (n.d.). Geothermal Power Plants. Geraadpleegd van: http://www.mannvit.com/GeothermalEnergy/GeothermalPowerPlants/

Mermuys, K. (n.d.). Kleine en Middelgrote turbines [PowerPoint slides]. Geraadpleegd van: http://www.enerpedia.be/nl/17

Middelkoop, J. (2011). Gasgevaren van biogasinstallaties. Geraadpleegd van: http://biogas.nl/

downloads/2012-02-master-assignment-biogasinstallaties--.pdf

Mücher, C., Bunce, R., Jongman, R., Klijn, J., Koomen, A., Metzger, M., Wascher, D. (2003) Indentification and characterisation of environments and landscapes in Europe. Alterra – rapport 832, Wageningen, 119 pp.

Pricewaterhousecoopers, LLP Potsdam Institute for Climate Change Impacts Research et al. (2010) 100% renewable energy. A roadmap to 2050 for Europe and North Africa.

PV-Vlaanderen (2012). PV-Vlaanderen nota hervorming GSC V6 1/6/2012. Geraadpleegd van: http://www.ode.be/images/stories/PVV_standpuntnota_GSC-hervorming_120601_v6.pdf

Rifkin (2001). The Third Industrial Revolution: How Lateral Power Is Transforming Energy, the Economy, and the World.

Stremke, S. (2010). Designing sustainable energy landscapes. Concepts, principles and procedures, Wageningen University.

Stremke, S., & Koh, J. (2010). Ecological concepts and strategies with relevance to energy-conscious spatial planning and design. Environment and Planning B: Planning and Design 37(3), 518-532.

Team energienetwerken (2012). Arnhem energetic city 2050 – Wedstrijdvraag. Paper: Arnhemosaïc of communities and opportunities – the city the factory of the future! Auteurs in alfabetische volgorde T., Block; Maes, T.; Verhoestraete, D.; Verhofstede, B. en Willems, J.. website: www.energeticcity2050.nl

Tillie, Van den Dobbelsteen, A., et al. (2009). REAP Rotterdamse EnergieAanpak en -Planning. Op naar CO2-neutrale stedenbouw. Rotterdam, Projectgroep Hart van Zuid en Rotterdam Climate Initiative.

Turf, J. (2014). Energie voor morgen – krijtlijnen van een duurzaam energiesysteem. Argus rapport

Valdunciel Coll, J., Vindente Rufi, J. (2006): New territories and new landscapes. The morphology of micrometropolitan spaces in North East Catalonia in "Urban Changes in Different Scales: Systems and Structures / IGU Commission on Monitoring Cities of tomorrow", Santiago de Compostela, 31 july-6august 2006; edition by Rubén Camilo Lois Gonzales – Santiago de Compostala: Universidade, Servizo de Publicacion e Intercambio Cientifico, 2006. ) 752p. ; 24cm – (Cursos da Universidade de Santiago de Compostela; 169). – D.l. C-1900/2006. ISBN 84-9750-639-1. ISBN 978-84-9750-7. (p. 309 - 318).

Van Beveren, T., Van Eetvelde, V. (2013) Landscape and climate change in Flanders. From typology and vulnerability to spatial adaptation strategies. Rapport doctoraatsproject (IWT-SBO en Provincie Oost-Vlaanderen

Van Eetvelde, V. (2007) Van geografische strekenkaart tot landschapsdatabank. Gebruik van GIS, informatietheorie en landschapsmetrieken voor het karakteriseren van landschappen, toegepast op België. Gent: Universiteit Gent, Vakgroep Geografie, Doctoraatsproefschrift.

Van Eetvelde, V., Antrop, M. (2009) A stepwise multi-scaled landscape typology and characterisation for trans-regional integration, applied on the federal state of Belgium. In: Landscape and urban planning, 91: 160–170.

Van Malderen, K., Lauryssen, K., Langenaker, V., Vandendriessche, S., Beel, R., Larmuseau, I., & Vandamme, S. (2011). Inventarisatie-onderzoek van het gebruik van geothermie en het regelgevend kader daarrond in relevante buitenlandse rechtsordes. Geraadpleegd van: https://www.milieuinfo.be/dms/d/a/workspace/SpacesStore/99003c2b-bb3c-4196-891d-31cf02d5dd45/Geothermie_regelgevingVLA10-4.3.pdf

Van Mechelen, D., & Crevits, H. (2009). Omzendbrief: LNE/2009/01–RO/2009/01 - Beoordelingskader voor de inplanting van kleine en middelgrote windturbines

Van Ranst, E., Sys, C. (2000) Eenduidige legende voor de digitale bodemkaart van Vlaanderen. Laboratorium voor bodemkunde, Gent.

Vaze, P., Tindale, S. (2011). Repowering communities – small scale solutions for large scale energy problems

Verhofstede, B., Staes, J., Van Beveren, T., Van Eetvelde, V., (2012) Wie of wat past zich aan? Opbouw en gevoeligheid van een landschapsecologisch systeem. In: Allaert, G., Bouwer, L., De Sutter, R., Gulinck, H., Meire, P., Van Damme, S., Van den Broek, P., Van Eetvelde, V. (Eds) Klimaat in Vlaanderen als ruimtelijke uitdaging. Academia Press, p.34-95

Vlaamse Gemeenschap (2013) Decreet betreffende het onroerend erfgoed, 12 juli 2013. Belgisch Staatsblad 17.10.2013, p.74104-74134

Vlaams Kenniscentrum PPS. (2010). Wetgevend kader ivm zonnepanelen. Geraadpleegd van: http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/reg/doc/dakisolatie.pdf

De Vlaamse Regering (2010). Het Energiebesluit van 19 november 2010. Geraadpleegd van: http://codex.vandenbroele.be/Zoeken/Document.aspx?DID=1019755&param=inhoud

De Vlaamse Regering (2009). Het energiedecreet. Geraadpleegd van:

http://codex.vandenbroele.be/zoeken/document.aspx?DID=1018092&param=inhoud&AID=1111457

Wille D (OVAM). (2013) Indicatoren voor het duurzaam gebruik van biomassa: evaluatiekader.

Woitrin, D., & Possemiers, F. (2011).De impact van fotovoltaïsche zonnepanelen op de Belgische elektriciteitsprijs. Geraadpleegd van: http://www.creg.info/pdf/Studies/F1062NL.pdf

WWF International, Ecofys, et al. (2011). The energy report, 100% renewable energy by 2050.

WEBSITES

http://www.triasenergetica.com/nederlands.html (geconsulteerd mei 2014)

http://www.elia.be/nl/projecten/net-projecten/alegro/alegro-content (geconsulteerd mei 2014)

http://www.knack.be/nieuws/belgie/elektriciteitspanne-dreigt-door-teveel-zon-voor-zonnepanelen/article-4000106658506.htm (geconsulteerd mei 2014)

European Commission Joint Research Centre: Institute for Energy and Transport. (2012). JRC's Institute for Energy and Transport - PVGIS - European Commission. Geraadpleegd van: http//re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/

Organisatie Duurzame Energie. (2013). Windparken Vlaanderen. Geraadpleegd van: http://www.ode.be/windenergie/de-cijfers/windparken-vlaanderen

European Environment Agency. (2009). The European Pollutant Release and Transfer Register. Geraadpleegd van: http://prtr.ec.europa.eu/FacilityLevelsEPER.aspx

Huysmans, L. (2011). België kookt op Nederlands, Noors en Qatarees gas. http://trends.knack.be/economie/nieuws/dossiers/dossier-gas/belgie-kookt-op-nederlands-noors-en-qatarees-gas/article-1195112355357.htm

Espon ReRisk, 2010. Origin of data: Own elaboration based on European Topic Centre on Air and Climate Change (ETC/ACC) data on wind intensity, 2009 © EuroGeographics Association for administrative boundaries.

Verhoog, W. (2010). Windenergie: de voor- en nadelen. Geraadpleegd van: http://dier-en-natuur.infonu.nl/milieu/57628-windenergie-de-voor-en-nadelen.html (1/2014)

Ruimte Vlaanderen. (2010). Zonnepanelen plaatsen – toelichting. Geraadpleegd van: http://www.ruimtelijkeordening.be/Default.aspx?tabid=14808

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/powerplants.html

Belangengroep Leefbaar Steenenkamer. (n.d.). BioMassa-Erf Putten NEE: Explosies en ongevallen!!. http://www.bio-erf-nee.nl/explosiesenongevallen.php

Biogas-E vzw. (2014). http://www.biogas-e.be/

BBE Biogas BV. (n.d.). BBE Biogas BV -Ontwikkeling, bouw, exploitatie van anaerobe vergisters. http://www.bbebiogas.nl/

European Energy Research Alliance. (2012). ThermoGIS World Edition. http://thermogis.nl/worldviewer/ThermoGISWorldEdition.html

KMI. (2010). De maandnormalen te Ukkel. http://www.meteo.be/meteo/view/nl/360955-maandelijkse+normalen.html

TNO. (2013). TNO ThermoGIS. http://www.thermogis.nl/thermogis.html

VITO. (2012). Energie Conversie Parken. http://www.ecp-biomassa.eu/

Vreg. (2013a). Energiedecreet. http://www.vreg.be/energiedecreet

Vreg. (2013b). Netvergoeding zonnepanelen. http://www.vreg.be/www.vreg.be/hoeveel-betaalt-pv-eigenaar-voor-gebruik-net

# Afkortingen

| | |
|---|---|
| CO2 | koolstofdioxide |
| IR | Industriële revolutie |
| TIR | *Third industrial revolution* |
| FIR | *First industrial revolution* |
| SIR | *Second industrial revolution* |
| HE | Hernieuwbare energie |
| IEA | Internationaal energie agentschap |
| FB | Fossiele brandstoffen |
| CWE-net | Centraal West-Europees hoogspanningsnet |
| FLT | *First Law of Thermodynamics* |
| SLT | *Second Law of Thermodynamics* |
| NSS | Nieuwe stappen strategie |
| NIMBY | *Not in my back yard* |
| PV | photo.. |

Eenheden

| | | | |
|---|---|---|---|
| PJ | Petajoule | [hoeveelheid] | 1PJ= 227,8 GWh |
| MW | Megawatt | [vermogen] | 1MW = 1 MJ/s |
| GWh | Gigawattuur | [hoeveelheid] | 1GWh = 3600 GJ |

1 J = 1 Joule
1 kJ = 1 kilojoule = 1.000 J
1 MJ = 1 megajoule = 1.000.000 J
1 Wh = 1 wattuur
1 kWh = 1kilowattuur = 1.000 Wh
1 kWh = 3,6 MJ

1 kcal = 1 kilocalorie = 4,186 kJ

Vermogen
1 W = 1 watt = 1 J/s
1 kW = 1 kilowatt = 1.000 W
Vroegere eenheid van vermogen
1 kcal/h = 1 kilocalorie per uur = 1,16 W
1 kW = 860 kcal/h
Voorbeeld
Een spaarlamp met een vermogen van 15 W die gedurende
1 uur brandt heeft 15 Wh aan energie verbruikt.

# Appendices