Inhoud Appendices

Appendix 1 **Huidig energiesysteem in Vlaanderen**
Appendix 2 **Infofiche windenergie**
Appendix 3 **Infofiche zonne-energie**
Appendix 4 **Infofiche biomassa**
Appendix 5 **Infofiche geothermie**
Appendix 6 **Infofiche waterkracht**
Appendix 7 **Infofiche energienetwerken**
Appendix 8 **Infofiche warmtenetten**
Appendix 9 **Infofiche opslag en buffering**
Appendix 10 **Opbouw datamodel landschapstypes**
Appendix 11 **Hittestress**
Appendix 12 **Opbrengst per km^2 per energiebron**

Dit deel van het rapport bevat de tekstuele en grafische weergave van de achterliggende technische informatie welke is ingezet in het onderzoek.

De eerste infofiche gaat kort in op het huidig energiesysteem in Vlaanderen. In de daarop volgende infofiches worden de randvoorwaarden, de ruimtelijke impact en de voor-en nadelen van de hernieuwbare energietechnieken beschreven en gevisualiseerd. Per energiebron wordt het maximum potentieel besproken.

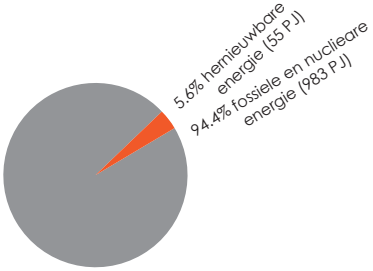
In de appendices 7, 8 en 9 zijn de distributiesystemen en opslagtechnieken verder toegelicht. Hierbij is, net als bij de energiebronnen, een overzicht gegeven van actuele ontwikkelingen in dit veld.

Appendix 10 geeft diepere informatie over de wijze waarop het datamodel tot stand is gekomen dat de basis vormt voor de landschapstypen en energie-potentiestudie welke is uitgelegd in hoofdstukken 2 en 3 van dit rapport.

De laatste twee appendices bevatten verbeeldingen en toelichtingen op onderwerpen en bijkomende inzichten welke gedurende het onderzoek aan de orde zijn gekomen.

Appendix 1 Huidig energiesysteem in Vlaanderen

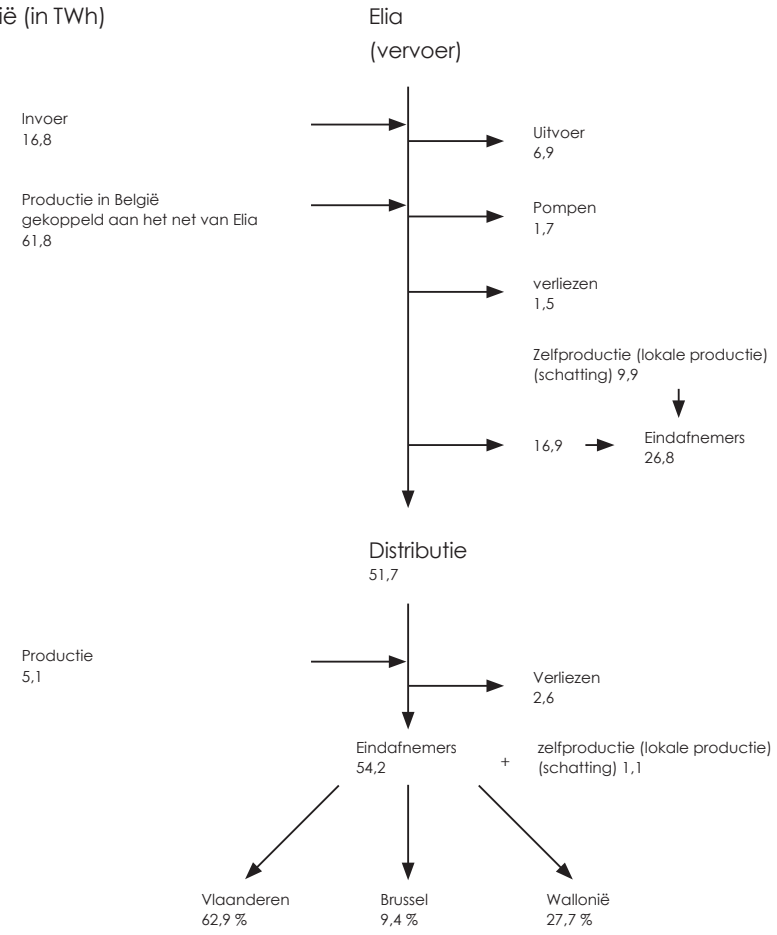
Het huidige energiesysteem in België is grotendeels gebaseerd op fossiele brandstoffen, zoals het diagram dat het geïnstalleerd vermogen per brandstof typen in België laat zien (figuur 1.1).
Dit onderzoek richt zich op Vlaanderen terwijl Elia de beheerder is van het Belgische transmissienet voor elektriciteit. De verdeling van elektriciteit tussen Vlaanderen, Brussel en Wallonië is interessant omdat het inzicht geeft in de verschillen in verbruik van energie per gewest (zie figuur 1.2 : Elektriciteitsstromen in België).



Figuur 1.1: aandeel hernieuwbare energie in Vlaanderen.
Bron: Vito (2014) Inventaris duurzame energie in Vlaanderen 2012

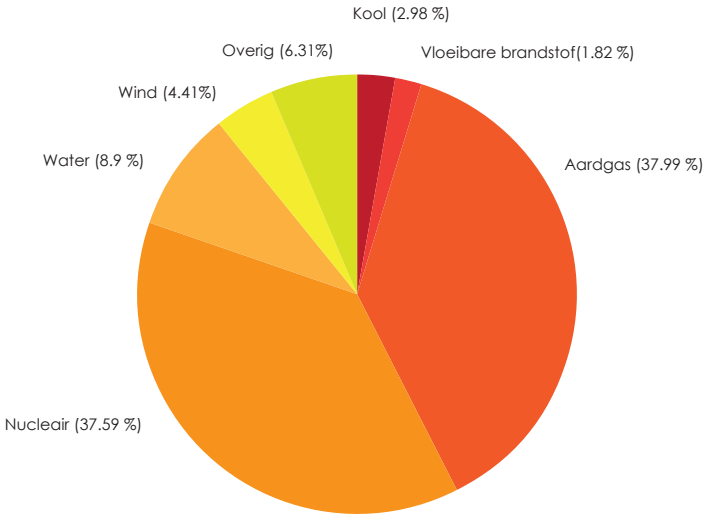
Zo gelden voor Vlaanderen de volgende aantallen:
(exclusief directe afname van netten door bijv. industrie)
41,5% van de Belgische oppervlakte
57,8% van de Belgische bevolking
62,9% van de Belgische afname van elektriciteit
67,3% van de Belgische afname van aardgas

Figuur 1.2 : Elektriciteitsstromen in België (in TWh)



Bron: Elia

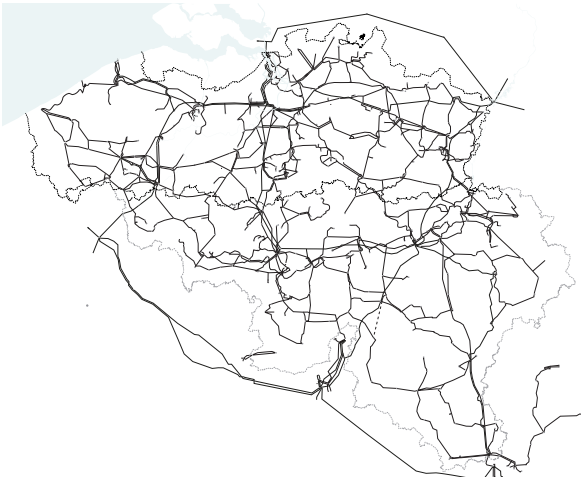
Geïnstalleerd vermogen per brandstof type in België



Productie Park Elia, Huidiggeïnstalleerd vermogen per brandstof type in 2013 (bron: Elia)

Hoogspanningsnetwerk België

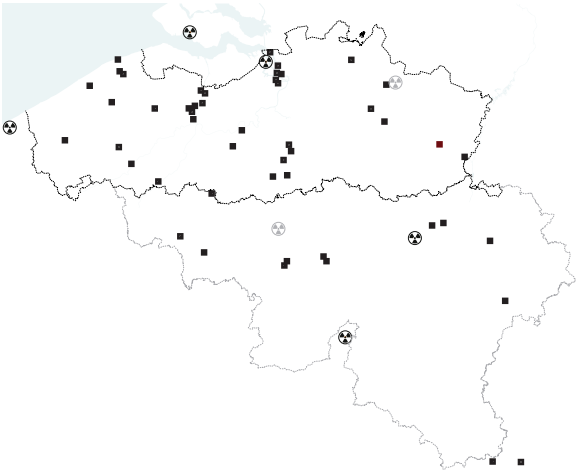
- 380 kV uitbatingsspanning
- 220 kV uitbatingsspanning
- 150 kV uitbatingsspanning
- 70 kV uitbatingsspanning
- Mengstation



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

Thermische en kerncentrales

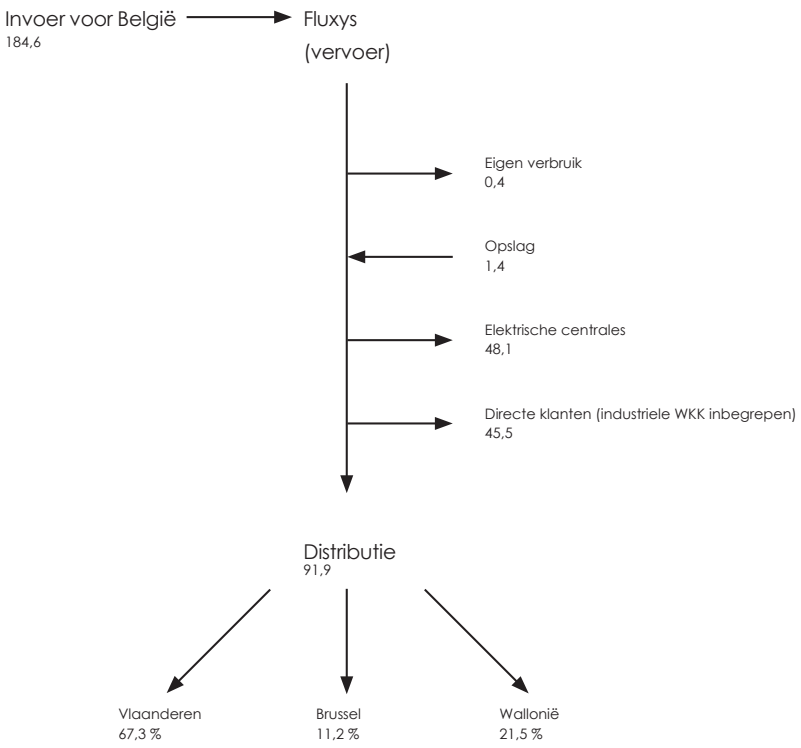
- Thermische centrale
- Kolencentrale
- Kerncentrale
- Kerncentrale voor onderzoek



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

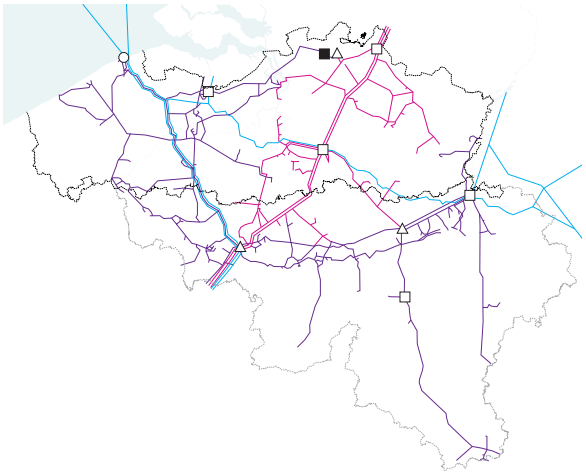
Aardgasstromen in België in 2012 (in TWh)

Bron: Synergrid, April 2013 (http://www.synergrid.be/download.cfm?fileId=gasstromen2012_NL_v2.pdf)



Aardgasnetwerk in België



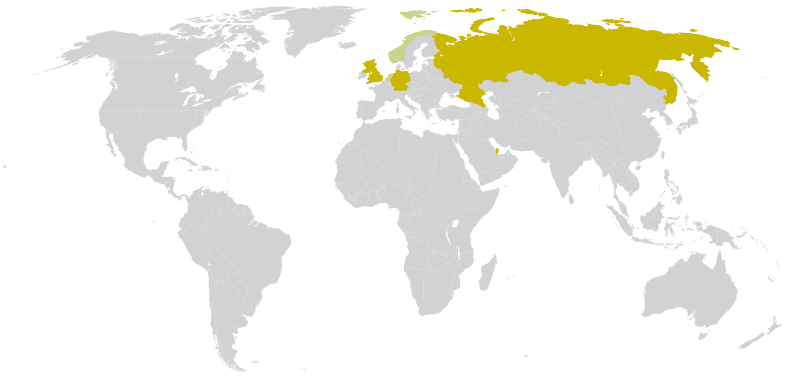


Bron: Fluxys

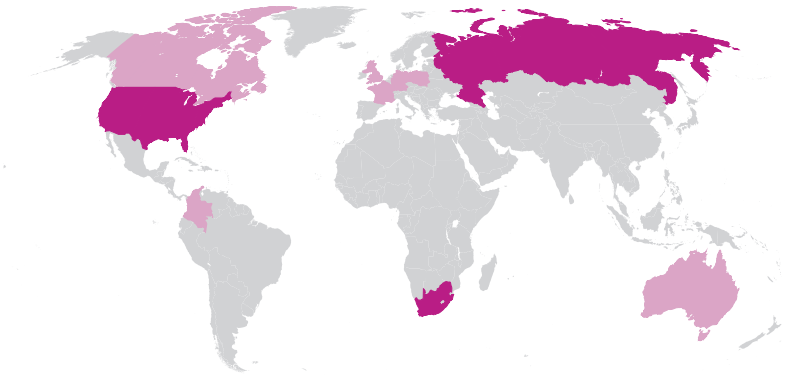
Geografische verdeling fosiele brandstoffen

België is voor de energievoorziening sterk afhankelijk van andere landen en regio's. In veel van deze regio's is de politieke situatie instabiel. Ook is in een aantal van de landen waaruit fossiele brandstoffen worden geïmporteerd de arbeidsomstandigheden zeer slecht.

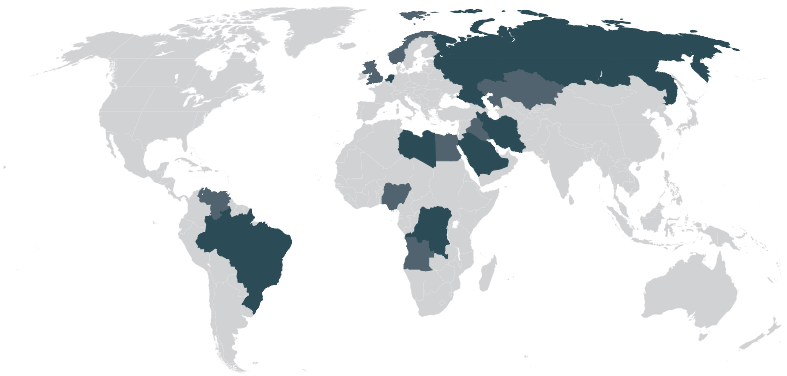
Geografische verdeling van de invoer van aardgas (2010)



Geografische verdeling van de invoer van vaste brandstoffen (2010)



Geografische verdeling van de invoer van ruwe aardolie (2010)



bron: Federale Overheidsdienst Economie, K.M.O., Middenstand en Energie, (2011) De energiemarkt in 2010

Appendix 2 Infofiche windenergie



Wind technologieën

Er is momenteel een aantal verschillende technieken voorhanden; kleine of micro turbines die nog volop in ontwikkeling zijn; middelgrote en grote turbines met een mature technologie; en turbines op zee, die eveneens een mature technologie hebben.
In dit onderzoek zal voornamelijk worden ingegaan op de grote turbines, omdat deze voor Vlaanderen momenteel het meeste potentie hebben.

Kleine of micro turbine



Vermogen	2,4 kW
Masthoogte	5 m
Rotordiameter Ø	4 m
Technologie	in volle ontwikkeling
Opbrengst	2100 kWh/jaar



(Minder dan jaarlijkse verbruik van een gezin)

Middelgrote turbine



Vermogen	300 kW
Masthoogte	50 m
Rotordiameter Ø	30 m
Technologie	Mature
Opbrengst	480 MWh/jaar



(Jaarlijkse verbruik van ongeveer 140 gezinnen)

Grote turbine

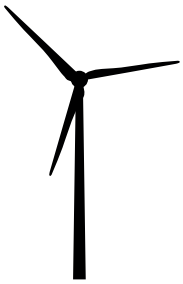


Vermogen	2000 kW
Masthoogte	104 m
Rotordiameter Ø	80 m
Technologie	Mature
Opbrengst	4000 MWh/jaar

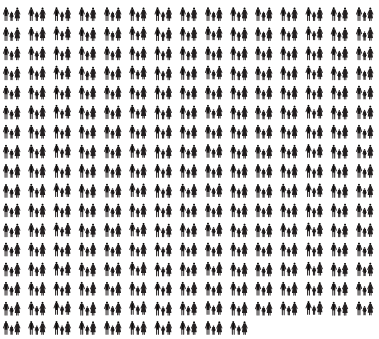


(Jaarlijkse verbruik van ongeveer 1150 gezinnen)

Offshore turbine



Vermogen	5000 kW
Masthoogte	114 m
Rotordiameter Ø	124 m
Technologie	Mature
Opbrengst	17500 MWh/jaar



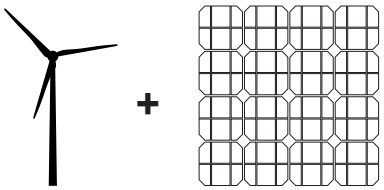
(Jaarlijkse verbruik van ongeveer 5000 gezinnen)

Eigenschappen

Voor- en Nadelen
Het gebruik van windturbines heeft een aantal voor- en nadelen. Voor de keuze van een bepaald systeem is het belangrijk om de volgende aspecten te laten meespelen in de afweging:

De belangrijkste voordelen van het gebruik van windenergie zijn:
- Weinig grondbezetting: De grond onder een turbine (uitgezonderd van de fundering) kan nog gebruikt worden voor een (beperkt) aantal functies.
- Men kan op zee windparken ontwikkelen.
- Grootschaligheid turbine: met slechts één turbine van 2MW kunnen al ongeveer 1150 gezinnen van elektriciteit voorzien worden.
- Mogelijkheid plaatsing van een productie-eenheid relatief dicht bij de consumptie waardoor transportverliezen worden gereduceerd.
- Relatief eenvoudige technologie.
- Mogelijkheid tot lokale productie waardoor de afhankelijkheid van het net kan worden gereduceerd.
- Relatief snelle plaatsing: enkele maanden tot een jaar (dit is echter zonder de planprocedure die voorafgaat aan de plaatsing van de turbine).

De belangrijkste nadelen van het gebruik van windenergie zijn:
- Veiligheid: hoewel er nog maar weinig ongevallen met windturbines zijn gebeurd moet er toch rekening gehouden worden met een zekere veiligheidszone onder/rondom de turbine (geen verblijvende functies, etc).
- Landschapsvervuiling: visuele impact van grootschalige turbines en eventuele verstoring waardevolle van landschapselementen.
- Mogelijke impact op leefkwaliteit: geluid, slagschaduw, trillingen? (kan worden weggewerkt door het gebruik van een verticale as turbine)
- Microturbines op dak van een gebouw geeft mogelijk trillingen.
- Mogelijke impact op vogels en vleermuizen.
- Energieterugverdientijd: De productie van windturbines vergt het gebruik van een zekere hoeveelheid staal en kunststof. Standaard wordt gerekend met een terugverdientijd van ongeveer 6 maanden vooraleer de energie geconsumeerd door de productie werd teruggewonnen. Toch is dit sneller dan in het geval van photovoltaïsche zonnepanelen (1-3 jaar).
- De kost van windenergie ligt op heden nog vrij hoog in vergelijking met conventionele technieken.
- Geen continue levering van stroom maar fluctuerend (algemeen wordt aangenomen dat de grootste hoeveelheid stroom tijdens de nachtperiode wordt opgewekt).
- De vaak lange en ingewikkelde procedures voorafgaand aan het verkrijgen van een vergunning.



Windenergie is complementair aan photovolaïsche cellen.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden
De verschillende types windturbines hebben ieder hun eigen mogelijkheden van uitwisseling met andere functies en andere programma's. Deze compatibiliteit is sterk afhankelijk van de grootte van de turbine. Kleine windturbines kunnen in bebouwde omgeving en zelfs op gebouwen worden geïnstalleerd (microturbines).
De grond onder grote turbines kan nog gebruikt worden voor een aantal functies, meestal bepaald door het gewestplan. Hierbij denken we aan industrie (mogelijks problemen met veiligheid) of landbouw. Middelgrote en kleine turbines worden vaak gebruikt voor het opwekken van de elektriciteit geconsumeerd door een bepaald bedrijf (dat streeft naar de energieneutraliteit van het bedrijf).
Windenergie is complementair aan photovolaïsche cellen: Fotovoltaïsche installaties zullen enkel overdag elektriciteit opwekken, daar waar windenergie hoofdzakelijk 's nachts zal worden geproduceerd.

Relevant toepasbare schaal
Grote windturbines: qua opwekking is het al interessant vanaf één turbine. Wat betreft ruimtelijke impact en hinder is het beter te groeperen in een groter windpark. De schaal hiervan wordt bepaald door ruimtelijke randvoorwaarden. Een zekere afstand tussen de turbines is vereist. Minimaal wordt gezien als 4 x rotordiameter en 6 x rotordiameter in de hoofdwindrichting. Deze afstanden dienen in acht genomen te worden om er voor te zorgen dat de windsterkte en daarmee het rendement van de turbine niet te sterk beinvloed wordt door de werveling die een nabije turbine veroorzaakt.
Middelgrote windturbines: Een heel geringe impact van de nabijgelegen obstakels op het lokaal windregime kan worden verwacht.
De terugverdientijd ligt rond 5-6 jaar en zou interessanter zijn dan een equivalent photovoltaïsche zonnepaneel systeem.
Kleine windturbines: Uit wetenschappelijk praktijk-onderzoek van allerlei types kleine windturbines in open gebied is gebleken dat de opbrengsten tussen 150 kWh à 400 kWh (afhankelijk van het type) per jaar en per m² rotoroppervlak bedragen. Dit is slechts 10% van het elektriciteitsverbruik van een gemiddeld gezin. De opbrengsten in een stedelijk gebied worden verwacht lager te liggen door de mogelijk impact van obstakels. Deze impact is echter moeilijk op voorhand te voorspellen. De terugverdientijd zou hier tussen 7 en 30 jaar liggen en minder interessant zijn dan een equivalent photovoltaïsche zonnepaneel systeem.

Overzicht van de beleidsvisie
In dit hoofdstuk zal de huidige wetgeving, opgelegde randvoorwaarden en beperkingen die in Vlaanderen gelden op het gebied van windenergie aan bod komen.
De visies en huidig beleid wordt samengevat in de omzendbrieven voor zowel kleine, middelgrote en grote tubines. In de Vlaamse regelgeving zijn verschillende aspecten als slagschaduw, geluid en veiligheid opgenomen. De regelgeving met betrekking op windturbines valt onder de aangepaste sectorale normen.

Hieronder zijn de verschillende restricties per formaat turbine opgesomd.

Kleine turbines:

- Ruimtelijke integratie: aandachtspunten voor verschillende gebieden (bebouwingskernen, bedrijvensites, handelskernen, logistieke zones, grootschalige recreatieve voorzieningen, landelijk gebied, onroerend erfgoed)
- Geluidsimpact
- Slagschaduw
- Veiligheid

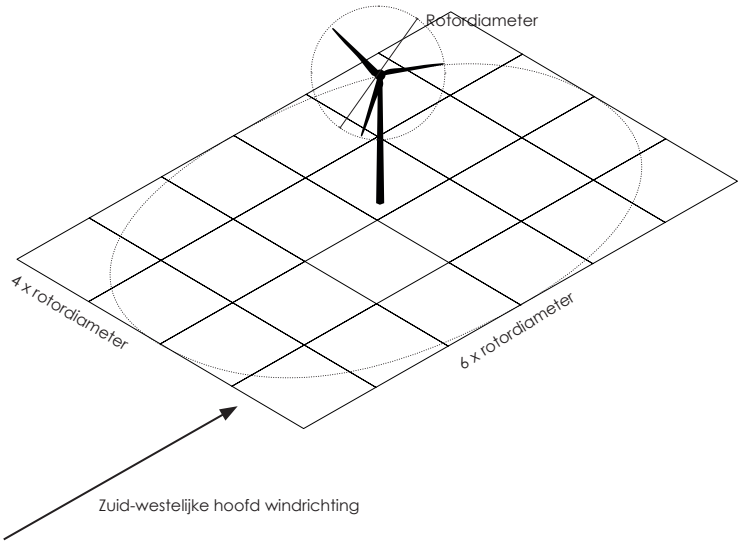
(Middel)grote windturbines:

- Geluidsimpact: De hinder door geluid van windturbines wordt vanaf 2012 beperkt door middel van sectorale geluidsnormen (regel van 'woningen op afstand >250m zijn vrijgesteld' vervalt).
  Normen woongebied:
  1. Overdag: 44 dB(A)
  2. 's Avonds en 's nachts: 39 dB(A)

  Normen industriegebied
  3. Overdag: 60 dB(A)
  4. 's Avonds en 's nachts: 55 dB(A)

  Normen agrarisch gebied
  5. Overdag: 60 dB(A)
  6. 's Avonds en 's nachts: 55 dB(A)

  Gebieden op minder dan 500 meter van KMO-gebieden en van industriegebied: gedifferentieerde waarden afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van woongebieden binnen deze perimeter.
  In gebieden met een hoog achtergrondgeluid (vb. nabij autosnelwegen) geldt een aangepaste regeling.
- Slagschaduw: max 8 uur per jaar en max 30 minuten per dag. Als deze norm overschreden zou kunnen worden, worden de windturbines uitgerust met een stilstandvoorziening. Voor elk slagschaduwgevoelig object (woning, kantoorgebouw, ...) is een individuele aanpak mogelijk. Ruimte opengelaten in regelgeving voor de aanvraag van een afwijking voor projecten op industriegebied.
- Veiligheid: Windturbines moeten gecertificeerd zijn volgens de veiligheidscriteria van de IEC 61400-norm of gelijkwaardig bij de bouw van de windturbine en moeten daarnaast voorzien zijn van een remsysteem, een onlinecontrolesysteem, een bliksembeveiligingssysteem en een ijsdetectiesysteem. Bij de milieuvergunningsaanvraag zijn er een aantal gevallen waarbij naast de toetsing aan het beoordelingskader 'windturbines en veiligheid', ook een uitgebreide veiligheidsstudie uitgevoerd door een erkende VR-deskundige noodzakelijk is (o.a. nabij SEVESO-bedrijven). Dit geldt voor onderstaande onderwerpen:
  - Ven/Ivon gebieden (geen buffer)
  - Habitat- en vogelrichtlijngebieden (500m, 1km-buffer)
  - Risicoatlas vogels – windturbines (geen buffer, alle gebieden gecatalogeerd)
  - Ecosysteemkwetsbaarheidskaarten (geen buffer)
- Luchtvaart :
  Belgocontrol: nieuwe kaart werd uitgebracht die bepaalde zones aanduid waar beperkingen van toepassing zijn. Indien de projectsite buiten deze zones valt, zijn er normaal geen beperkingen van toepassing



Figuur 2.1: ruimtebeslag windturbine

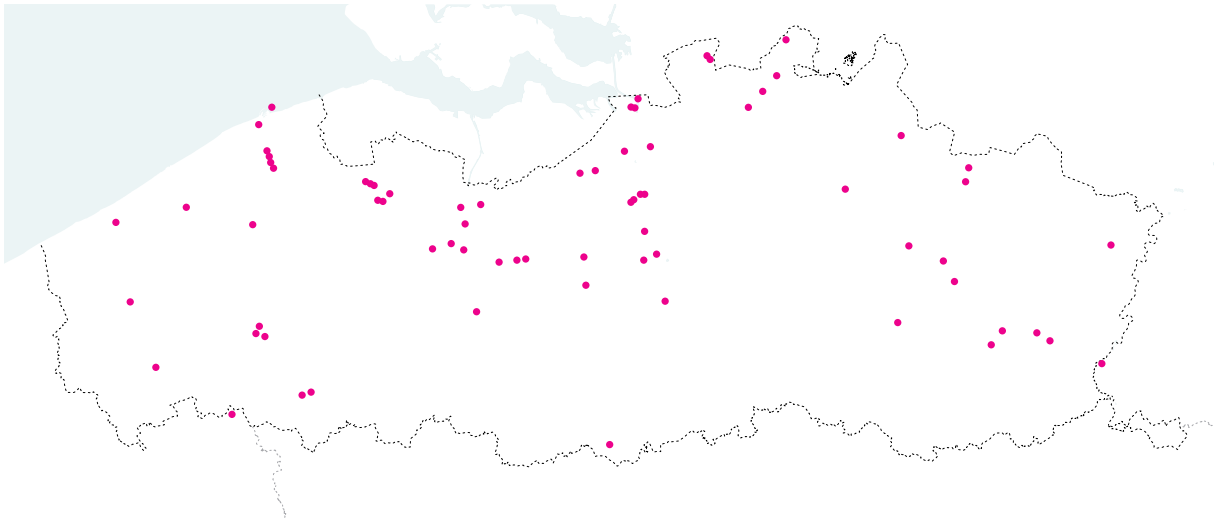
Defensie: nieuwe kaart werd uitgebracht die bepaalde zones aanduidt waar beperkingen van toepassing zijn. Indien de projectsite buiten deze zones valt, zijn er normaal geen beperkingen van toepassing

- Landschap:
  - Relictzones en ankerplaatsen, stedelijke kernen, traditionele landschappen (landschapsatlas) (geen buffer)
  - Beschermde landschappen (geen buffer)
- Woongebieden: bij voorkeur afstand van >250m bewaren maar geen strikte vereiste. Verder wordt ook aangenomen dat vanaf een afstand van >500m slechts minimale impact voor geluid en slagschaduw kan worden verwacht.
- Overstromingsgebieden (geen buffer)
- Lijninfrastructuren (hoogspanningsleidingen, snelwegen, waterwegen)
  - Hoogspanningslijnen: idealiter > 3.5 x rotordiameter, kan ook nog, mits toestemming van Elia, tot op 1.5 x rotordiameter naderen
  - Snelwegen: no fixed buffer, vuistregel is meestal tiphoogte maar kan tot op rotordiameter naderen.
  - Waterwegen: geen echte buffer. Bij overdraai dient men wel toestemming te hebben.
  - Spoorwegen: Indien afstand > tiphoogte normaal geen probleem. Indien tussen rotordiameter en tiphoogte moet advies worden aangevraagd.
- Seveso bedrijven: (buffer = 200-250m). Onder Seveso-onderneming wordt verstaan:
  - Site waar gevaarlijke stoffen worden geproduceerd (ontvlambaar, giftig, ontplofbaar)
  - Site waar zulke stoffen behandeld worden
  - Site waar gevaarlijke stoffen opgeslagen en verdeeld worden

Huidige visie volgens omzendbrief streeft naar een maximale bundeling van turbines en een aansluiting bij bestaande lijninfrastructuur, industriële elementen en belangrijke verticale structuren. Open ruimtes moeten worden gevrijwaard van verdere verstoringen, voorkeur voor inplantinglocaties gaat uit naar reeds aangetaste landschappen.
Deze restricties zijn in de restrictiekaarten ruimtelijk opgenomen.

Toekomstperspectieven, visienota 2050

In mei 2012 uitgifte van het groenboek Beleidsplan Ruimte Vlaanderen met als belangrijkste impact voor windenergie meegegeven.
Er lijkt ook een tendens te bestaan naar een grotere betrokkenheid van de omwonenden die zullen gehinderd worden door projecten. Dit door oa een beter overleg en een zekere mate van inspraak.
Zo deed Freya Vanden Bossche onlangs (2014) volgende uitspraak:
"De kabinetschef van Vlaams minister van energie Freya Vandenbossche stelde op de denkmiddag van het Transitienetwerk Middenveld wel dat de Vlaamse energie-administratie momenteel verschillende pistes onderzoekt om coöperatieven te ondersteunen. Zo wordt bekeken of gronden in handen van de overheid kunnen opengesteld worden voor participatie, op welke manier het Vlaams energiebedrijf ondersteuning kan bieden en of er meer financiële ondersteuning kan gegeven worden aan coöperatieve projecten." [Bron: EWEA mail]



Figuur 2.2: Huidige windmolenparken Vlaanderen

Concrete doelstellingen

De sector stelt zichzelf tegen 2020 de volgende doelstellingen: 1.500 MW on-shore in Vlaanderen. Dit zijn zeker haalbare doelstellingen. In Vlaanderen zou dat betekenen dat er ongeveer 600 turbines nodig zijn, wat neerkomt op gemiddeld 2 per gemeenten. Hoe wil men daar geraken? Innovatietrajecten, subsidiemechanismen.
Er bestaat nog geen echte eenduidigheid hieromtrent. Volgens Freya Vanden Bossche (in, overleg met de interdepartementale windwerkgroep) zijn hier 3 punten belangrijk:

1. Doelstellingen formuleren

Om de totale capaciteit tegen 2020 in te vullen, moeten we duidelijke doelstellingen vastleggen per provincie en per zeehaven. In de zeehavens is nog capaciteit voor 480 MW tegen 2020. Door duidelijk aan te geven hoeveel er in elke haven moet bijkomen, weet iedereen wat hem te doen staat en kunnen we voor een versnelling zorgen. Daarnaast moet de resterende 1020 MW worden verdeeld over de provincies.

2. Zones afbakenen

Daarnaast is het essentieel om de zones waar er ruimte is voor windturbines, actief op te sporen, en vooral in te vullen. Turbines moeten doordacht worden ingeplant, rekening houdend met landschap, geluidshinder, natuur, veiligheid of luchtvaart, maar ook met de capaciteit van het elektriciteitsnet. In elke provincie zullen prioritaire inplantingszones worden afgebakend die versneld kunnen worden ingevuld.

3. Procedures vereenvoudigen

De administratieve procedures voor de inplanting van een nieuwe windturbine zijn een knelpunt. Er is zowel een bouwvergunning als een milieuvergunning nodig, en niet zelden geven de bevoegde diensten tegenstrijdige adviezen. Daarom stelt de windwerkgroep voor om te gaan naar één vergunning of één vergunningsloket.

Huidige windparken onshore in Vlaanderen

In Vlaanderen zijn op dit moment een aantal windturbine parken. Zie de afbeelding hierboven. Opvallend is dat deze parken zich niet uitsluitend bevinden in gebieden waar dit volgens de huidige restricties en regelgeving mogelijk is.

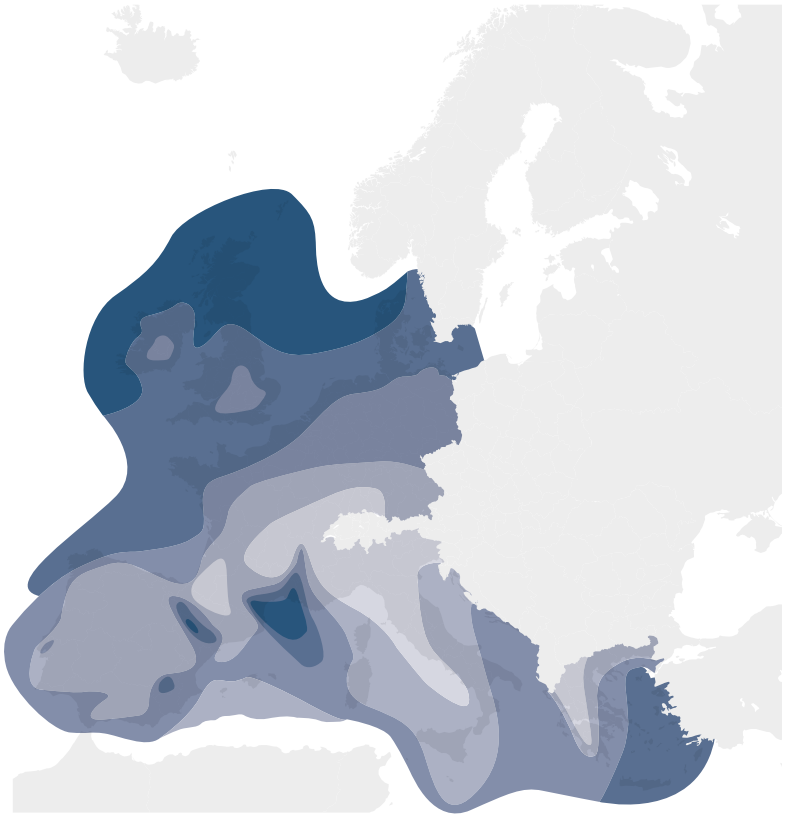
Ruimtebeslag

De zuidwestelijke windrichting in Vlaanderen is de meest voorkomende windrichting. In deze richting moeten de windturbines zes keer de rotordiamer uit elkaar staan. Schuin op deze richting mogen de turbines vier keer de rotordiameter uit elkaar staan. De opbrengst van 1km2 met windturbines met een rotordiameter van 90 m is ongeveer 20.560 MWh/j.

Voor het infofiche windenergie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:
KMI (2010)
Leterme, van Mechelen & Peeters (2006a)
van Mechelen & Crevits (2009)
Verhoog (2012)

Windpotentie europa

De verdeling van de windpotentie in europa geeft aan welke plekken in Europa een goede geschiktheid hebben voor windenergie. Doordat deze kaart van een lager detail niveau is, worden de verschillen tussen de kust en het binnenland in Vlaanderen niet zichtbaar.



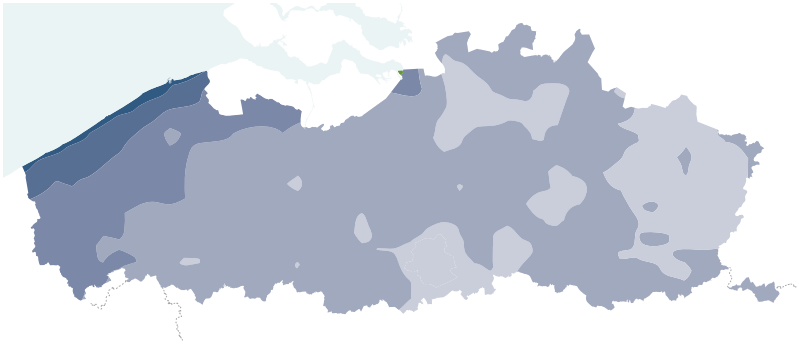
Figuur 2.3: Potentieel windenergie Europa

Bron:Troen, I., & Petersem, E. L. (1989). European Wind Atlas, RisøNational Laboratory, Roskilde, Denmark. ISBN 87-550-1482-8.

1.031.077 -1.795.408 m/s * km²
487.853 -1.031.076 m/s * km²
204.547 - 487.853 m/s * km²
79.181 - 204.547 m/s * km²
0 - 79.181 m/s * km²

Windpotentie kaart Vlaanderen

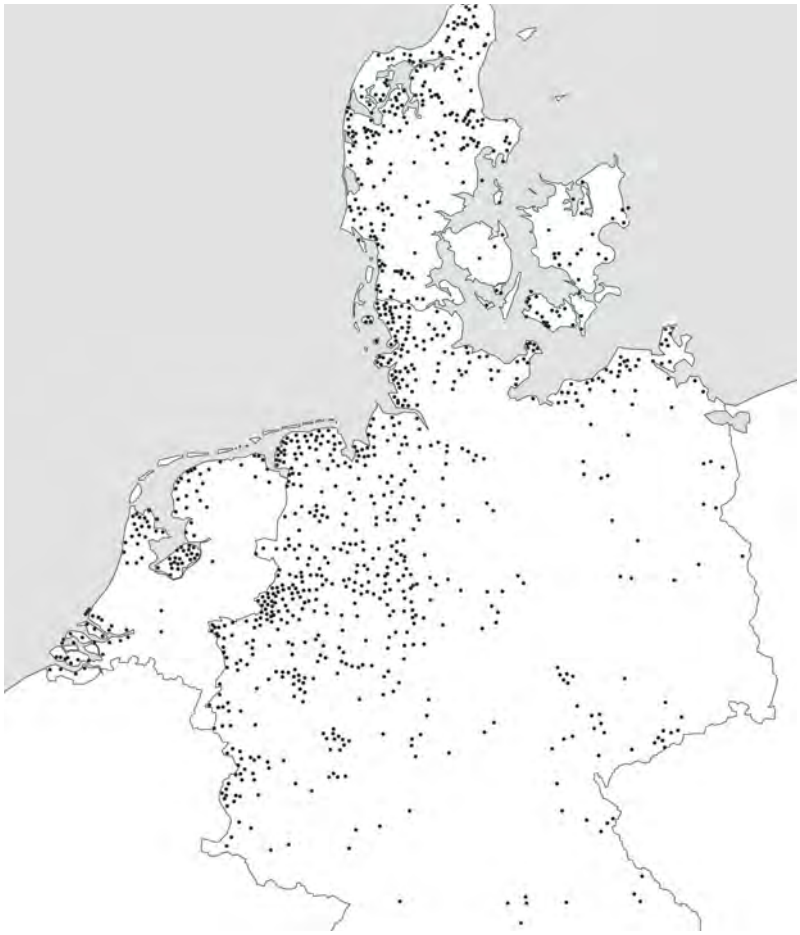
In Vlaanderen is er een grote potentie voor windenergie. Vooral in de kustgebieden is het potentieel groot.



Figuur 2.4: Potentieel windenergie Vlaanderen

4000 MWh/j/km²
5000 MWh/j/km²
6000 MWh/j/km²
7000 MWh/j/km²
8000 MWh/j/km²

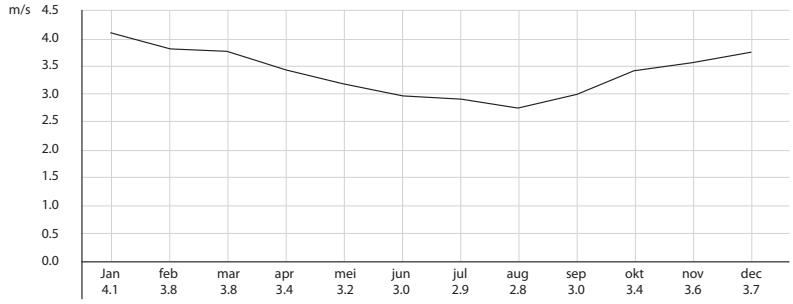
Bron: european Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and transport, Renewable Energy Unit, PVGIS http://re.jrc.eceuropa.eu/pvgis/



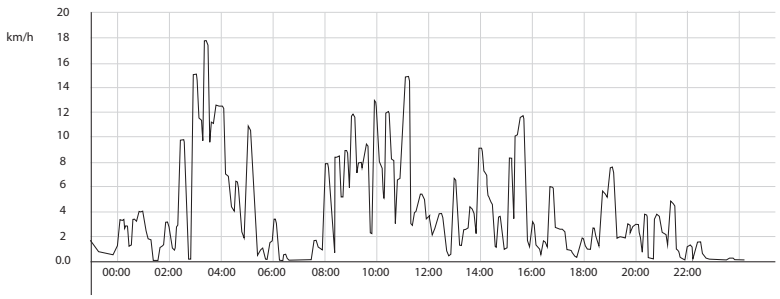
Figuur 2.5: Verspreiding van grote windparken in Nederland, Duitsland en Denemarken. Bron: Yttje Feddes, Rijksadviseur voor het Landschap (2009) *Windmolens hebben landschappelijk verhaal nodig.* Den Haag: Atelier Rijksbouwmeester.

Maximale potentie en plaatsing molens

Zoals uit de afbeelding hiernaast, waarop de windmolens in Nederland, Duitsland en Denemaken zijn aangegeven blijkt, is windpotentie een relatief begrip:
Terwijl Nederland zich richt op windmolens langs de kust zet Duitsland ze langs de grens. Het bronpotentieel moet dus altijd binnen een grotere context bekeken worden.



Gemiddelde windsnelheid, klimatologische normalen 1981-2010
(Station Ukkel)
Bron: http://www.meteo.be/meteo/view/nl/360955-Maandelijkse+normalen.html



Gemiddelde windsnelheid Waregem
Gemeten op 10-06-2014
Weerstation Waregem
http://www.weerstationwaregem.be/grafieken

Fluctuaties

De wind waait niet altijd, er zijn tevens tijden in het jaar waarin het minder hard waait. Het is belangrijk om hier rekening mee te houden. De fluctuaties hebben grote gevolgen voor het netwerk en voor opslag van energie.

Restrictiekaart windturbines

Uit de restrictiekaart voor windturbines in Vlaanderen wordt duidelijk dat er een grote hoeveelheid restricties zijn met betrekking op natuur-, luchtvaart-, defensie-, woon- er werkgebieden. De restrictie kaart laat weinig ruimte over voor windturbines. Toch zijn niet alle restricties even belangrijk. Aan de locaties van de huidige windturbines in Vlaanderen is tevens te zien dat deze restricties niet altijd doorslaggevend zijn.
De restricties zijn ieder op zich in kaart gebracht, zodat duidelijk wordt wat de ruimtelijke invloed is van een bepaalde beleidsmaatregel.

Natuur



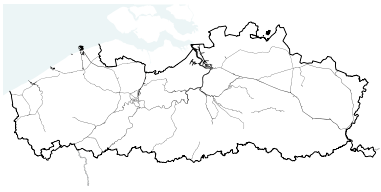
Habitatrichtlijngebieden
Geen windmolen toegestaan



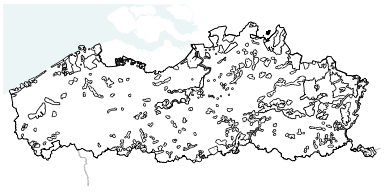
Vogelrichtlijngebieden
Geen windmolen toegestaan



Vogelrichtlijngebieden buffer
500m



Waterwegen
50m zone rond waterwegen (discutabel)



Natuur habitat buffer

Landschap

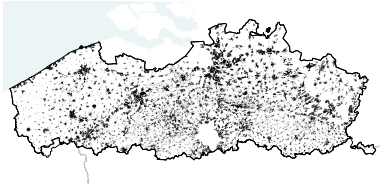


Ankerplaatsen
Geen windtubines toegestaan

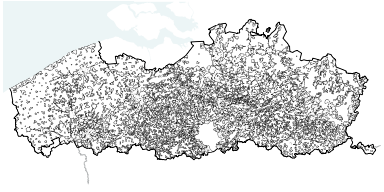


Open ruimte
(deze restrictie is discutabel en de kaart is niet precies)

Wonen



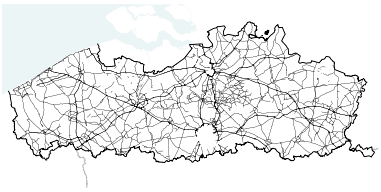
Woongebieden
Geen windmolen toegestaan



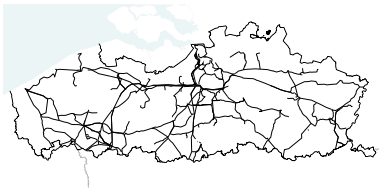
Buffer (250m) woongebieden
Geen windmolen toegestaan

Bron:
www2.vlaanderen.be/ruimtelijk/wetgeving/omzendbrieven/docs/ozb_2014_02_wts.pdf

Veiligheid



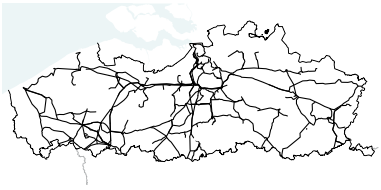
Infrastructuurbuffer weginfrastuctuur



Hoogspanningsnet
Geen windmolen toegestaan

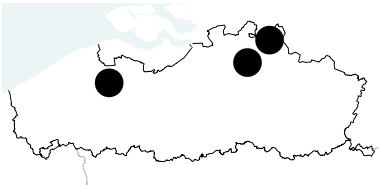


Infrastructuurbuffer trein

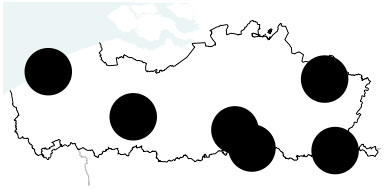


Buffer hoogspanningsnet
(discutabel)

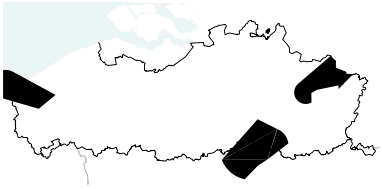
Luchtvaart



Militaire zone
Hoogte limiet tubines van 122m



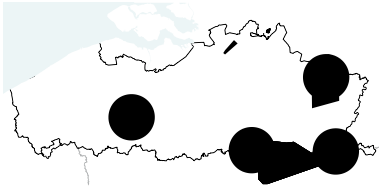
Radars
Geen windmolens toegestaan (discutabel)



Luchtvaart
Niet aanbevolen voor windtubines (discutabel)



Luchtvaart
Geen windmolen toegestaan



Defensie gevarenzones
Geen windmolen toegestaan

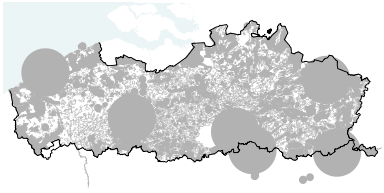


Militaire luchtvaart
Geen windmolen toegestaan

Geen windturbines mogelijk:
Woongebieden; Vogel richtlijngebieden; Habitatrichtlijngebieden VEN-gebieden; Buffer (500m) rond radars; Aerodrome CTR zone Defensie gevarenzones;
Niet opgenomen: Buffer rond wegen en hoogspanningslijnen en gasleidingen; Open ruimte gebieden; Risico voor overstromingen.



Windturbines **afgeraden:**
Buffer (250m) rond woongebieden; Buffer (500m) rond vogelrichtlijngebied; Buffer (500m) rond habitatrichtlijngebieden; Buffer (15.5 km) rond radar; Buffer rond CTR zone; Beschermde landschappen; Ankerplaatsen; Relictzones



Systemen

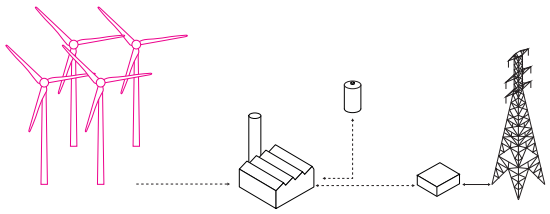
De volgende systeemdiagrammen geven weer wat de mogelijke posities zijn van windturbines in het netwerk, en wat de implicaties hiervan zijn.

Doordat de energieopbrengst van een windturbine sterk fluctueert, is het belangrijk dat er ook in opslag wordt voorzien. De positie van de opslag en de gebruiker ten opzichten van het netwerk is van belang voor het systeem.

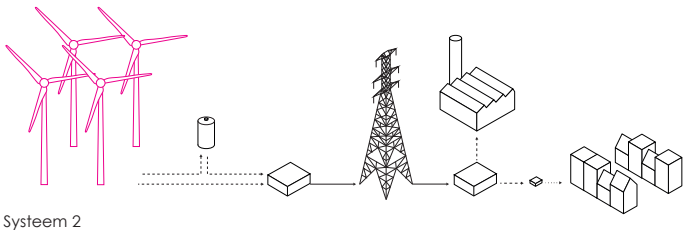
In systeem 1 zijn de turbines direct gekoppeld aan een grote gebruiker. Bij pieken wordt de energie lokaal opgeslagen. Vervolgens worden overschotten op het net geplaatst.

In systeem 2 wordt de elektriciteit opgeslagen bij de turbine. Het voordeel van dit systeem is dat door de opslag de toevoer van stroom naar het net relatief stabiel kan zijn. De opslag zorgt ervoor dat grote fluctuaties op het net voorkomen worden en hierdoor dus ook overbelasting van het net bij pieken.

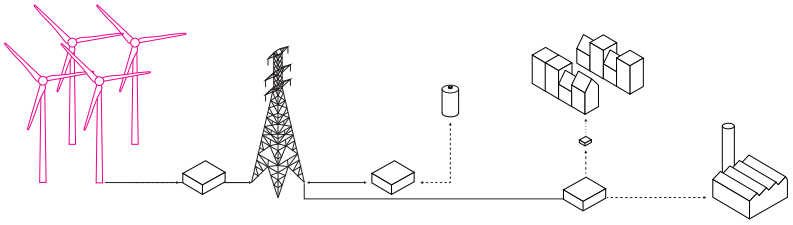
In systeem 3 wordt de energie eerst op het net gezet en vervolgen gedistribueerd of opgeslagen. Het voordeel van centrale opslag is dat deze opslag optimaal gebruikt kan worden en de pieken van hele netwerk opvangt en niet van een enkele turbine.



Systeem 1



Systeem 2



Systeem 3

Appendix 3 Infofiche zonne-energie

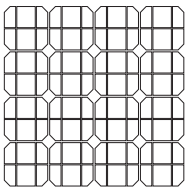


Afbeelding 3.1

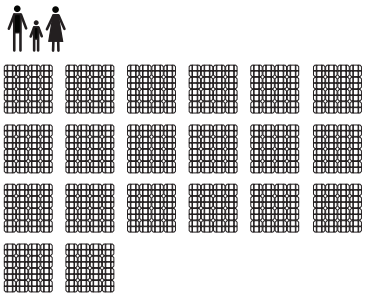
Zonne-energie technologieën

Er is momenteel een aantal verschillende technieken voorhanden. Er zijn technieken die het zonlicht omzetten in elektriciteit (fotovoltaïsche panelen) en technieken die het zonlicht omzetten in warmte.
Dit onderzoek beschouwt voornamelijk deze twee technieken.
Zonnecentrales en zonnetorens zijn systemen waarvan de toepassing in Vlaanderen niet voor de hand ligt.

Fotovoltaïsche panelen

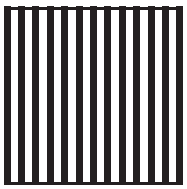


Meest gebruikte technologie:
kristallijn pv-panelen.
Dit is een mature technologie.
Opbrengst:
925 kWh/kWp
250 kWp/paneel
145 kWh/m² paneel
1.80 m² plat dak/m² paneel

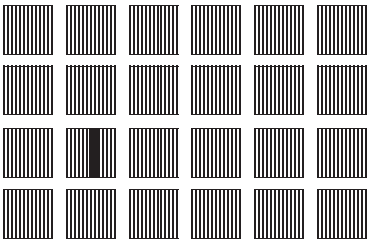


24 m² pv-panelen per gezin is nodig om het gemiddelde jaarlijkse elektriciteitsbehoefte te voldoen.

Zonne-collectoren



Vlakkeplaat- of vacuümbuiscollector in combinatie met warmwaterboiler.
Dit is een mature technologie.
Opbrengst:
400 kWh/m² paneel
3 m² plat dak/m² paneel



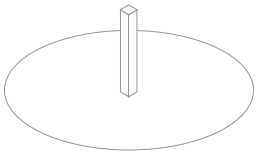
58 m² panelen per gezin is nodig om het gemiddelde jaarlijkse warmte behoefte te voldoen.

Hybride panelen

Techniek nog niet matuur

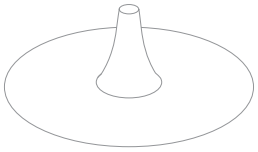
bron: www.cogenra.com/product/applications

Zonnecentrale of CSP
(concentrated solar power)



In Vlaanderen zal de toepassing van dit systeem niet voldoende renderen.

Zonnetoren



In Vlaanderen zal de toepassing van dit systeem niet voldoende renderen.

Eigenschappen

Voor- en nadelen
Het gebruik van fotovoltaïsche panelen heeft een aantal voor- en nadelen. Voor de keuze van een bepaald systeem is het belangrijk om de volgende aspecten te laten meespelen in de afweging.
De belangrijkste voordelen van het gebruik van zonne-energie zijn:

- Geen uitstoot van CO_2 tijdens energieproductie.
- Er is enorm veel energie uit zonlicht voorhanden op bijna alle delen van de wereld.
- Zonne-energie is een onuitputtelijk energiebron.
- Relatief eenvoudig design (modulair systeem) en modulair uitbreidbaar.
- Weinig onderhoud/lage onderhoudskosten.
- Mogelijkheid om off-grid te gaan.
- Voor industriële installaties lage tot geen negatieve esthetische impact .
- Kan geplaatst worden op plaatsen die we niet nodig hebben, zoals daken.
- Financiële zekerheid tegenover stijgende elektriciteitsprijs.
- Werkgelegenheid.
- Potentiëel voor de Belgische energienood.
- Macro-economische baten voor de Belgische economie.

De belangrijkste nadelen van het gebruik van zonne-energie zijn:
- Relatief veel plaats nodig.
- Flinke investering nodig.
- De nood aan aanpassing van het net en in de toekomst de nood aan smartgrids.
- Geen continue levering van stroom maar fluctuerend , enkel elektriciteit wanneer zon schijnt.
- Vervanging van de omvormers na een geschatte 12 tot maximaal 20 jaar.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden
Pv-installaties worden in Vlaanderen doorgaans op daken, afdaken, of car-ports geïnstalleerd, of kunnen deze geïntegreerd zijn in gebouwendelen (bijvoorbeeld in glas of in dakpannen). Ook braakliggende terreinen die verontreinigd zijn (zoals ontgonnen gebieden, zware industrie, etc.) en voor geen enkele andere toepassing meer bruikbaar zijn, kunnen gebruikt worden om een grote pv-installatie te plaatsen.

Relevant toepasbare schaal en eventuele kritische massa
Pv-installaties kunnen toepasbaar zijn op kleine schaal, op huizen, winkels, carports, afdaken, etc, tot op grote schaal zoals op industriële daken of op grote velden en braakliggende terreinen.
In zekere zin is er geen kritische massa, maar er zijn wel grenzen aan bijvoorbeeld de netwerkcapaciteit en economische mogelijkheden.

Overzicht van de beleidsvisie terzake in Vlaanderen
Opgelegde beperkingen en huidige wetgeving is samengevat in het energiebesluit.

Er zijn geen stedenbouwkundige vergunning nodig om zonnepanelen te plaatsen, tenzij het uitdrukkelijk verboden is omdat een woning bijvoorbeeld tot beschermd erfgoed behoort (vrijstelling is mogelijk en in dat geval is een machtiging nodig van het agentschap Ruimte en Erfgoed) en tenzij ze meer dan 1 meter boven de dakrand uitsteken.

De wetgeving over aanvraag, toekenning, registratie en gebruik van groenestroomcertificaten zijn opgesteld in het energiedecreet. Het

Energiedecreet verzorgt de coördinatie, bundeling van decreten. Ook worden alle voorheen bestaande energiegerelateerde decreten vervangen. De belangrijkste hiervan waren het Elektriciteits- en het Aardgasdecreet.

Groenestroomcertificaten voor zonnepanelen, na 1 januari 2010 in dienst genomen en geplaatst op woningen of woongebouwen, kunnen nog uitsluitend toegekend worden als het dak waarop de zonnepanelen geïnstalleerd zijn, voldoende geïsoleerd is.
Sinds 1 januari 2013 moet voor decentrale productie installaties een netvergoeding betaald worden, dus ook voor zonnepanelen.

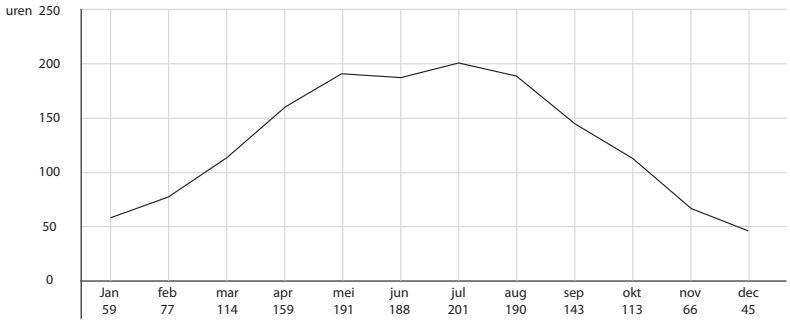
De volgende documenten geven meer inzicht in de regelgeving omtrent zonne energie in Vlaanderen:
- Technisch reglement Distributie Vlaams Gewest:
- http://www.vreg.be/sites/default/files/uploads/trde_versie_15_mei_2012.pdf
- De visie van PV-Vlaanderen vzw op fotovoltaïsche zonne-energie: (http://www.ode.be/images/zonnestroom/PVVlaanderen/pvvl_visietekst_boekje_v4_update_6nov2012.pdf)

Voorbeelden van afgeschafte maatregelen:
- Belastingvermindering: Sinds 1 januari 2012 is onder de regering Di Rupo het belastingvoordeel op zonnepanelen afgeschaft. Een investering in zonnepanelen leverde een belastingsvermindering van maximaal 3.680 € op. Afhankelijk van de woonplaats kon via de gemeente mogelijk nog een additionele subsidie tot maximaal 1.000 € bekomen worden.
- De groene lening: Sinds 1 januari 2012 is onder de regering Di Rupo de groene lening voor zonnepanelen afgeschaft. Met de zogenaamde groene lening werd een extra korting van 1,5 % toegekend.

Toekomstperspectieven, visienota 2050
De Vlaamse overheid heeft zich ertoe verbonden om tegen 2020 een aandeel van 20% van de totale elektriciteit via hernieuwbare energie te realiseren. Daarnaast spelen de Kyoto-akkoorden tevens een rol en heeft men er zich toe verbonden om de CO_2 uitstoot drastisch te verminderen.

- Hoe wil men daar geraken? Innovatietrajecten, subsidiemechanismen.
- Doelstellingen van Vlaanderen in Actie: http://www.vlaandereninactie.be/over/economie
- Europese Richtlijnen Hernieuwbare Energiebronnen: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:NL:PDF

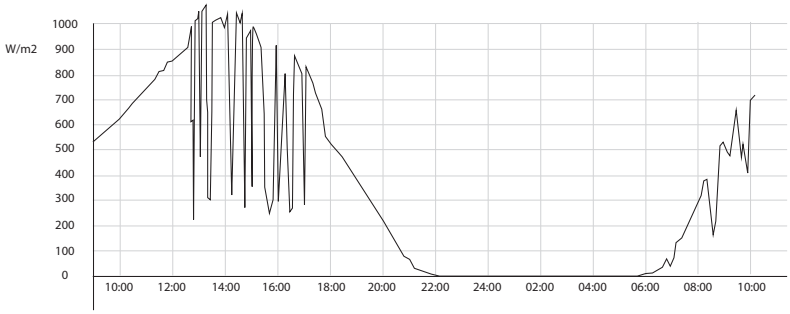
Voor het infofiche zonne-energie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:
De Deygere, de Roos, Janssens & Soette (2011)
European Commission Joint Research Centre: Institute for Energy and Transport (2012)
KMI (2010)
PV-Vlaanderen (2012)
Ruimte Vlaanderen (2010)
Vlaams Kenniscentrum PPS (2010)
De Vlaamse Regering (2009)
De Vlaamse Regering (2010)
Vreg (2013a)
Vreg (2013b)
Woitrin & Possemiers (2011)



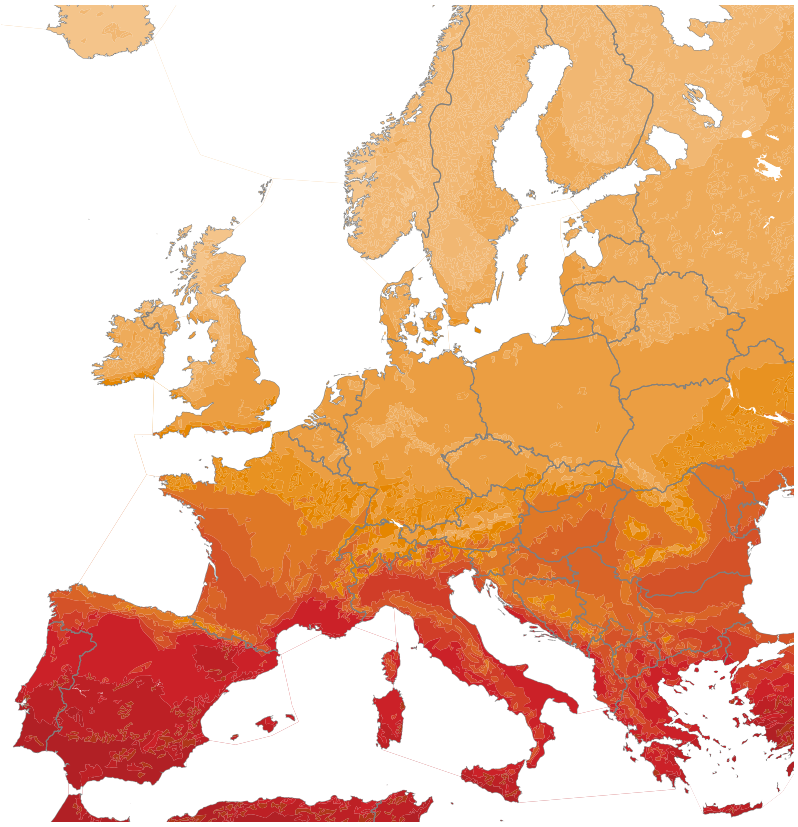
Fluctuaties

Het gemiddelde aantal uren zonneschijn in Vlaanderen door het jaar heen. De fluctuatie in aanbod van energie speelt een belangrijke rol bij de energietransitie.

Klimatologische normalen 1981-2010 (Station Ukkel)
Bron: http://www.meteo.be/meteo/view/nl/360955-Maandelijkse+normalen.html



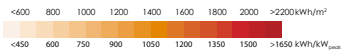
Gemiddelde zonkracht Meerzeke
Gemeten van 11-06-2014, 10:00, tot 12-06-2014, 10:00
Weerstation Moerzeke
http://www.meteomoes.be/paginas/zon.php



Zonne-potentie Europa

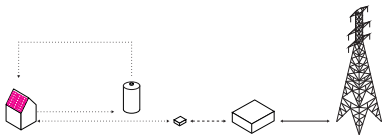
De potentie voor zonne-energie is het zuiden van Europa hoger dan in het noorden van Europa.

Bron: European Commission. Joint Research Centre (2012) PVGIS. http//re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/



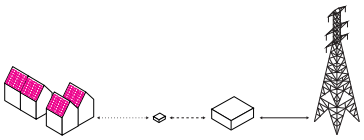
Systeemdiagrammen

De volgende systeemdiagrammen geven weer wat de mogelijke positie is van zonne-systemen in het netwerk en tonen implicaties voor de positie de zonnesystemen.



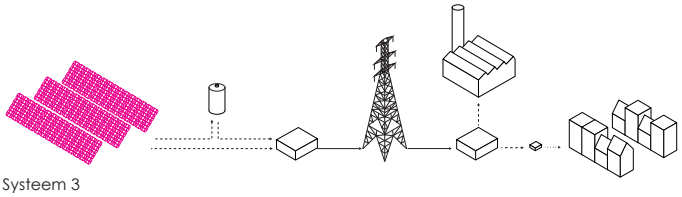
Systeem 1

Systeem 1 geeft lokale opwekking en opslag weer op de individuele woning. Met lokale buffering wordt overbelasting van het laagspanningsnet tegengegaan.



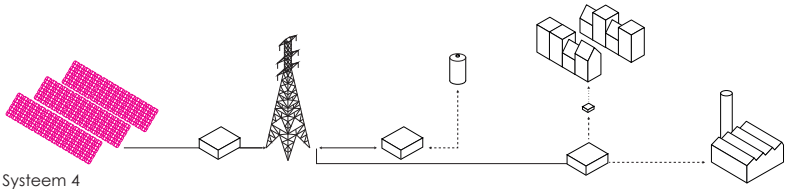
Systeem 2

In systeem 2 wordt lokaal geen opslag voorzien. In dit systeem kan er bij een piekbelasting een overbelasting van het laagspanningsnet veroorzaakt worden.



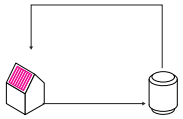
Systeem 3

De systemen 3 en 4 geven zonne-energie productie op grote schaal weer. Systeem 3 met lokale en systeem 4 met centrale opslag mogelijkheden.



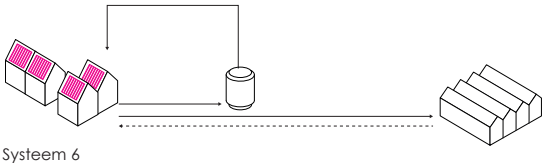
Systeem 4

Systeem 5 geeft thermische energieopwekking weer met lokale opslag (in een ketel) en gebruik



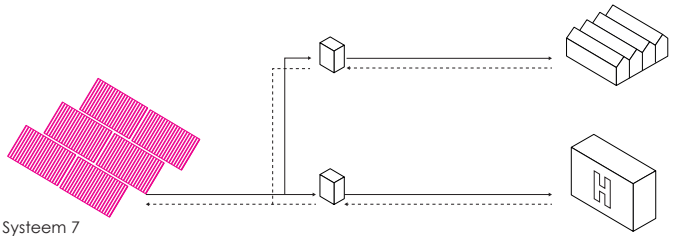
Systeem 5

In systeem 6 is collectieve thermische energieopwekking weergegeven, met een uitwisseling naar serres. Dit systeem gaat uit van de schakeling van energienetwerken. (zie deel 1). De koppeling van vraag kan de bevoorradingszekerheid verhogen, maar ze kunnen ook vraag naar energie verminderen.



Systeem 6

Systeem 7 geeft grote schaal opwekking van thermische energie weer en distributie in een warmtenet.



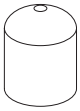
Systeem 7

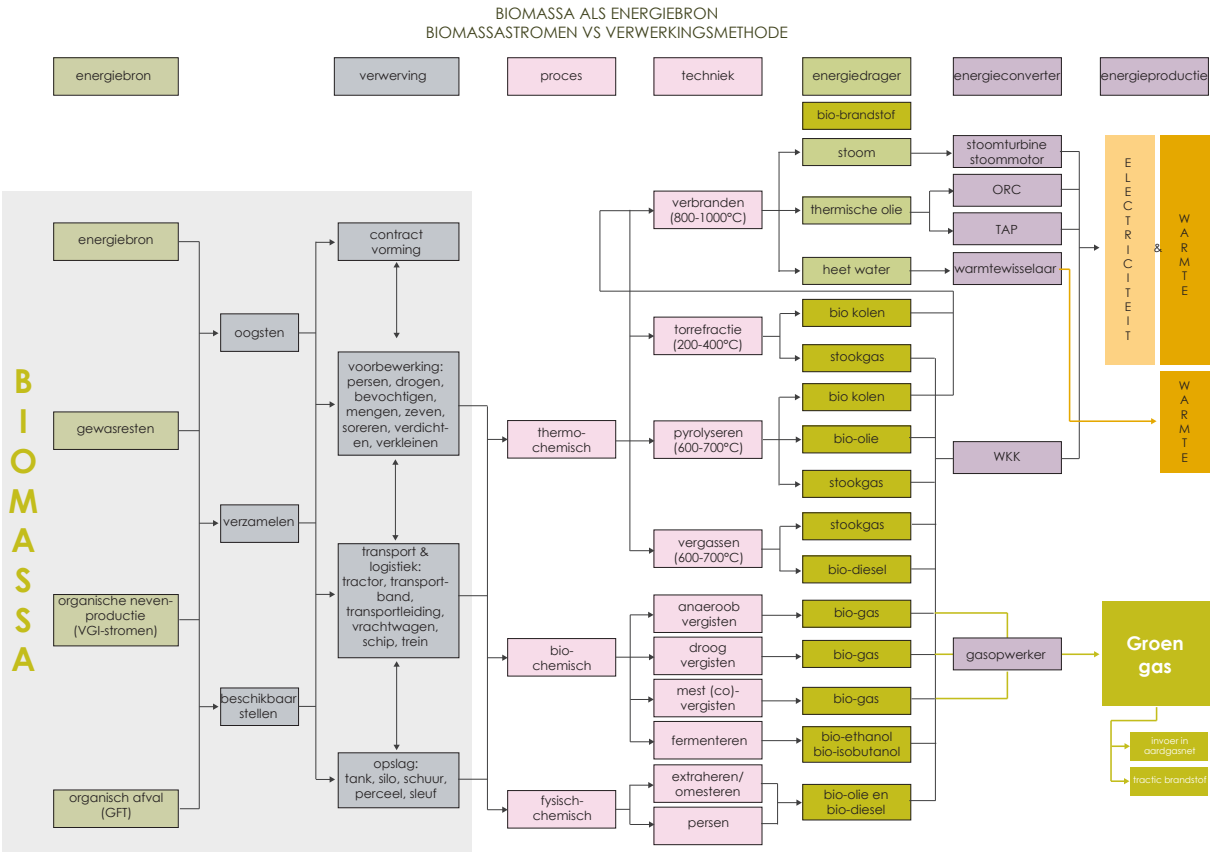
Appendix 4 Infofiche biomassa



Biomassa technologieën

Er zijn veel verschillende soorten biomassa en ook veel verschillende manieren waarop de biomassa kan worden verwerkt en omgezet in energie. Deze infofiche geeft een overzicht van de verschillende verwerkingsmethoden en de soorten biomassa.

Techniek	Biomassa	Opbrengst	
Verbranding van biomassa			
 Verwarmingsketel -houtpellets en/of houtchips -bio-olie	 Houtstromen houtpellets primair houtafval resthout bosexploitatie	2.395 2.225	GWh/jaar GWh/jaar
Bio-WKK -biogas -bio-olie	 Energiegewassen koolzaad miscanthus bamboe korte omloophout	62	MWh/ha/jaar
 Vergisting van biomassa	 Groenafval	799	GWh/jaar
	 Huishoudelijk gft-afval	282	GWh/jaar
 Pyrolyse van biomassa	 Organisch-biologische fractie van restafval	380	GWh/jaar
	 Slib	430	GWh/jaar
 Biologische verwerking	 Biomassastromen uit de land- en tuinbouwsector	120	GWh/jaar
 Fysische verwerking	 Dierlijke mest	4.290	GWh/jaar
	 Gebruikte frituurvetten en -oliën (GFVO) van huishoudelijke en professionele oorsprong	80	GWh/jaar
Chemische verwerking	 Organisch-biologische (afval)stromen uit de voedingsindustrie	3.605	GWh/jaar



Figuur: Biomassa als energiebron (bron: http://innoforte.nl/nieuwsbrief/archief/nieuws-lente-2011/)

Vergisting

Anaerobe vergisting door inwerking van bacteriën op biomassa gebeurt in een gesloten tank en in afwezigheid van zuurstof. Naargelang de soort(en) afvalstof(fen), de mogelijke macro-verontreinigingen, het al of niet meeverwerken van mest (co-vergisting), de schaalgrootte, de menging en de gebruiksvoorwaarden van het eindproduct, zijn er verschillende vergistingsconcepten mogelijk. Er kunnen verschillende manieren gedefinieerd worden afhankelijk van de gekozen eigenschap.

Bij een stabiel vergistingsproces wordt biogas gevormd dat bestaat uit een mengsel van voornamelijk methaan (55-65%) en koolstofdioxide (35-40%). Verder is het verzadigd met waterdamp en bevat het sporen van waterstof, stikstof, zuurstof, waterstofsulfide en ammoniak. Dit biogas kan gebruikt worden in verbrandingsprocessen.

Indien men dit biogas wenst te injecteren in het aardgasnet, moet het eerst opgewaardeerd worden. Dit omvat voornamelijk het reduceren van het CO_2- en waterdampgehalte waardoor de calorische waarde van het gas toeneemt. Het resultaat hiervan wordt ook biomethaan genoemd.

Verbranding

Verbranding kan rechtstreeks toegepast worden op biomassastromen (houtstromen) of op producten van biomassaverwerking (bijvoorbeeld biogas door vergisting, bio-olie door persing, bio-kolen/'groene' kolen door torrefactie of pyrolyse).

De warmte die men hiermee genereert, kan rechtstreeks gebruikt worden of worden ingezet voor het opwekken van elektriciteit.

Elektrische energie:

- Stoomturbine
- ORC-turbine
- TAP-generator (Thermo Acoustic Power).
- Biogas/Bio-olie WKK

Thermische energie:

- Verwarmingsketel op:
  - Houtpellets en/of houtchips
  - Bio-olie
- WKK op :
  - Biogas
  - Bio-olie
- De thermische energie kan eveneens toegepast worden voor koeldoeleinden door middel van sorptiekoelinstallaties.

Eigenschappen

Voor- en nadelen
De voordelen van deze technologie zijn:
Vergisting:
- Kan een grote verscheidenheid aan biomassastromen aan.
- Indien goed gedimensioneerd, uitgevoerd en beheerd is dit een goed beheersbare energiebron.
- Bron voor elektrische en thermische energie.
- Indien biogas opgewaardeerd wordt, kan het geïnjecteerd worden in het aardgasnet.

Verbranding:
- Gekende en betrouwbare technologie.
- Kan gebruikt worden vanaf kleine vermogens (residentieel) tot industriële installaties.
- Bron voor elektrische en thermische energie.

De nadelen van het gebruik van biomassa zijn:
Vergisting:
- Veiligheidsrisico's: explosies, overdruk en onderdruk in vergister, toxische en pathogene gevaren.
- Is enkel mogelijk vanaf een bepaalde vermogensgrootte.
- Een vergistingsinstallatie heeft een aanzienlijke oppervlakte nodig .
- Is een biologisch proces en kan dus niet zomaar aan- of uitgeschakeld worden.
- Mogelijk problemen met geurhinder.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden
De uitwisseling tussen andere functies en biovergistingsinstallaties is nagenoeg inherent aan deze technische installaties aangezien biovergisting grotendeels gebruik maakt van afvalstromen van andere functies (landbouw, veeteelt, voeding, huishoudens, industrie, waterzuivering).
De biomassa die ingezet wordt voor verbranding bestaat uit houtstromen die deels gewonnen worden uit afvalstromen. Voorbeelden hiervoor zijn houtpellets uit zagemeel en houtkrullen, houtsnippers uit primair houtafval (industrie) of resthout uit bosexploitatie. Bijkomend bestaat er evenzeer het doelgericht vellen van bomen voor de houtpelletindustrie en in veel mindere mate de teelt van houtige energiegewassen (wilgen, populieren, miscanthus). Voor deze teelten dienen wel bijkomende land- en/of bosbouwoppervlakten ingerekend te worden.

Relevant toepasbare schaal
De toepasbare schaal op een bepaalde locatie is eerder afhankelijk van het regionale potentieel. Indien er veel potentieel is op een bepaalde plaats (weze het grondstoffen voor vergisting of voor biomassaverbranding), dan is de schaalgrootte die daar toegepast kan worden automatisch groter. Het is immers zo dat de duurzaamheid van een biomassastroom tevens bepaald wordt door het transport dat deze stroom nog moet ondergaan alvorens deze aangewend wordt.

Overzicht van de beleidsvisie in Vlaanderen
De Europese Richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28/EG) legt bindende duurzaamheidscriteria op voor biobrandstoffen voor transport en voor vloeibare biomassa voor elektriciteit of warmte. De Europese Commissie overweegt om ook op vaste en gasvormige biomassa voor energie soortgelijke voorwaarden op te leggen. De criteria zijn niet van toepassing op afvalstoffen, daar deze reeds aan de afvalstoffenwetgeving op nationaal en Europees niveau moeten voldoen.
In Vlaanderen wordt in het geval dat biomassastromen aangewend worden voor groenestroomproductie een aantal kenmerken afgetoetst door de Vlaamse Regulator van de Elektriciteits- en Gasmarkt (VREG). Deze kenmerken omvatten de voorbehandelings- en transportenergie, de duurzaamheidskenmerken en of een houtstroom al dan niet als vallend onder de categorie 'korte omloophout' en 'hout dat geen industriële grondstof is' moet worden beschouwd.
Dit is uitgewerkt in de ontwerpmededeling van VREG (mei 2012) met betrekking tot de certificatie van biomassastromen in het kader van de toekenning van groenestroomcertificaten.

<u>Overheidssteun hernieuwbare energie</u>
De Europese richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28/EG) staat centraal bij de promotie van hernieuwbare energie in Europa.
Voor België worden ondere andere groene stroom en warmtekrachtcertificaten toegekend aan een aantal technologieën (meer informatie via de websites van VEA en VREG). Er is vooralsnog geen systeem opgezet voor groen gas.

In België is er een systeem van accijnsreductie voor biodiesel en bio-ethanol, gelinkt aan bepaalde quota, die in 2006-2007 toegekend zijn aan bepaalde (7) biobrandstofproducenten. Daarnaast is er nog een bijmengverplichting van 4%.

Omgevings- of milieuvergunning

Voor de situatie in Vlaanderen kan worden verwezen naar het Milieuvergunningsdecreet voor milieuvergunning (klasse 1, 2 en 3).

Ruimtelijke ordening

Installaties die biomassastromen van allerlei aard zullen gaan verwerken, kunnen niet zomaar overal worden geplaatst. Er is veel opslag nodig, er zal aanvoer zijn en er zal de mogelijke hinder door geluid, geur, zicht, en/of ongedierte kunnen optreden.
Voor de situatie in Vlaanderen is alle wetgeving omrent ruimtelijke ordening te vinden via de website http://www.ruimtelijkeordening.be/ .
Specifiek voor biomawssa is bijvoorbeeld een omzendbrief voor vergistingsinstallaties opgesteld. (http://www2.vlaanderen.be/ruimtelijk/wetgeving/omzendbrieven/docs/20060517.pdf)

Afval of grondstof

Door een wijziging van de Europese Kaderrichtlijn Afvalstoffen (2008/08/EG) zijn de afvalstoffenregels niet langer van toepassing op (gewone) mest, stro, en ander natuurlijke, niet-gevaarlijke materialen, rechtstreeks afkomstig uit de land- of bosbouw, die worden gebruikt in de land/bosbouw of voor de productie van energie uit biomassa. De verwerking van de biomassa moet daarbij onschadelijk zijn voor het milieu en de menselijke gezondheid niet in gevaar brengen. Voor Vlaanderen is het Materialendecreet van toepassing.
Voor de toepassing en ook verwerking van meststoffen (en restproducten van mestverwerking zoals digestaat), gelden het Mestdecreet en het Afvalstoffendecreet.

Aantonen duurzaamheid

Op grond van de Europese richtlijn Hernieuwbare Energie (2009/28/EG) zijn er bindende duurzaamheidsvoorwaarden opgelegd voor de toepassing van op biomassa gebaseerde (bio) brandstoffen voor transport en voor elektriciteit of warmte opwekking.

Bronpotentieel

Hieronder volgt een oplijsting van het theoretisch potentieel dat aanwezig is in Vlaanderen. Het theoretisch potentieel kan als volgt samengevat worden:
De maximale hoeveelheid biomassa (op land) die vrij kan komen voor bio-energie, binnen de fundamentele bio-fysische limieten. In het geval van residuen uit processen, zoals in de agro-industrie, wordt dit theoretisch potentieel gelijk gesteld aan de feitelijke hoeveelheden die vrijkomen op basis van de verwerkingscapaciteit van die bedrijven of specifieke processen.

Biovergisting :

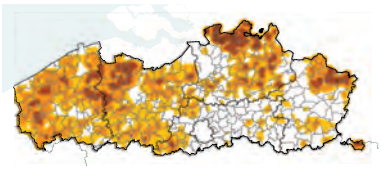
◦ Mest	4.290 GWh/jaar
◦ Groenafval	799 GWh/jaar
◦ Huishoudelijk GFT	282 GWh/jaar
◦ Organisch-biologische fractie van restafval	380 GWh/jaar
◦ Voedingsindustrie	3.605 GWh/jaar
◦ Frituurvetten	80 GWh/jaar
◦ Dierlijk afval	291 GWh/jaar
◦ Slibs	430 GWh/jaar
◦ Land- en tuinbouw	120 GWh/jaar
TOTAAL :	10.278 GWh/jaar

Bronnen: N.De vriendt, K.Briffaerts, B. Lemmens, J.Theunis, G.Vekemans Eindrapport Hernieuwbare warmte uit biomassa in Vlaanderen; Leitfadenbiogas 2014, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz

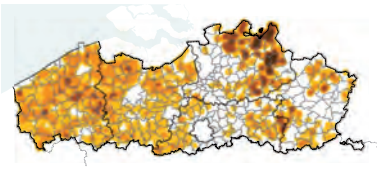
Potentieel biomassa in Vlaanderen

Voor biomassa is het lastig om een eenduidige uitspraakt te doen over het huidige en het toekomstige potentieel. Er is een groot aantal verschillende soorten biomassa. De manieren van verwerking verschilt per soort biomassa (vergisting of verbranding). Niet alle stromen kunnen goed met elkaar gemengt worden.
Het landbouwlandschap in Vlaanderen heeft een groot potentieel voor biomassa. De grond die nu wordt gebruikt voor de productie van voedsel of het houden van vee kan ook gebruikt worden om biogewassen te verbouwen.
Het grote nadeel van het kweken van biogewassen is dat deze in de plaats komen van de productie van voedsel.

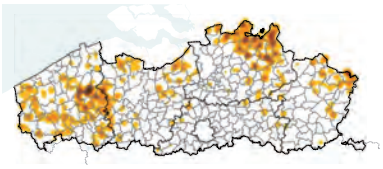
Potentieel dierlijke mest in Vlaanderen



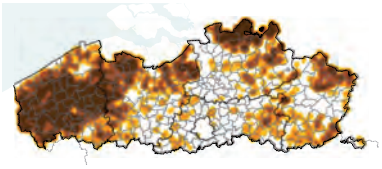
Melkveehouderij
Rundvee : ± 2.200 GWh/jaar



Vleesveehouderij



Pluimveehouderij
Pluimvee : ± 490 GWh/jaar

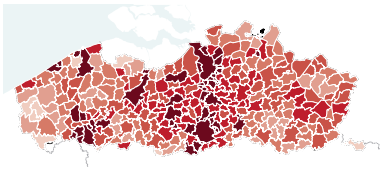


Varkenshouderij
Varkens : ± 1.600 GWh/jaar

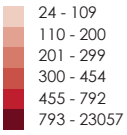
Potentieel van groenafval, huishoudelijk GFT, organisch-biologische fractie en frituurvetten van restafval

Er wordt verondersteld dat het potentieel van groenafval, huishoudelijk GFT, de organisch-biologisch fractie van restafval en frituurvetten, gepaard gaat met de bevolkingsdichtheid in Vlaanderen.

Inschatting energie uit afval
- Groenafval : ± 799 GWh/jaar
- Huishoudelijk GFT :± 282 GWh/jaar
- Organisch-biologische fractie van restafval : ± 380 GWh/jaar
- Frituurvetten : ± 80 GWh/jaar



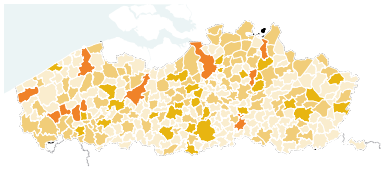
Bevolkingsdichtheid (inw/km²)
Bron: Rijksregister (2010)



Potentieel slibs in Vlaanderen

De oorsprong van slib kan velerlei zijn :
- De spreiding van de voedingsindustrie kan bij het voorgaande item teruggevonden worden.
- De verspreiding van rioolwaterzuiveringsinstallaties kan teruggevonden worden via de website van Aquafin : http://www.aquafin.be/nl/indexb.php?n=8&e=34
- De ligging van de bedrijven uit de papierindustrie kan teruggevonden worden op : http://www.cobelpa.be/nl/membres.html
- Slibs : ±430 GWh/jaar

Potentieel voedingsindustrie in Vlaanderen



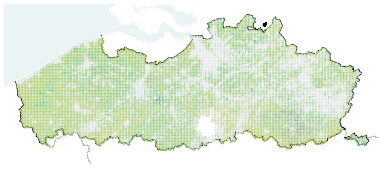
Verdeling van het aantal werkenemers in de voeding volgens werkplaats (2010)
Bron: Vlaamse arbeidsrekening - steunpunt WSE/ Departement WSE

- minder dan 0,1%
- 0,1% - 0,5%
- 0,5% - 1,0%
- meer dan 1,0%

Verdeling van het aantalwerknemers in de voeding volgens werkplaats

- Voedingsindustrie : ± 3.605 GWh/jaar.

Potentieel Land- en tuinbouw in Vlaanderen :



Landbouwlandschappen

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

- Land- en tuinbouw : ± 120 GWh/jaar.

Biomassa verbranding

Pellets

- 2.395 GWh/jaar

Bosbeheer

- 2.225 GWh/jaar

Energiegewassen

- 61 MWh/ha.jaar

Door verbranding van biomassa – pellets & bosbeheer – kan op jaarbasis ± 4.158 GWh aan nuttige warmte opgewekt worden (n = 90%).

Voor het infofiche biomassa zijn de volgende bronnen geraadpleegd:
BBE Biogas B.V. (n.d.)
Belangengroep Leefbaar Steenenkamer (n.d.)
Biogas-E vzw (2014)
Bol, Drouillon, Geurds, Ghekiere, Leenknegt, Mattheeuws, Platteau, Snijders & Vandenbroek (2006)
Eisentraut & Brown (2012)
Leterme, van Mechelen & Peeters (2006b)
Middelkoop (2012)
Vito (2012)

Systemen

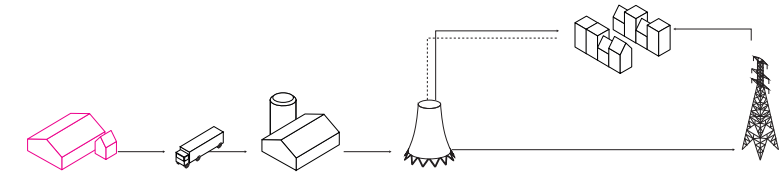
De volgende systeemdiagrammen geven een aantal ketens weer van biomassa verwerking.

Systeem 1 geeft weer dat dierlijke mest wordt vervoerd naar een vergister. Vervolgens wordt het gas verbrand en het resterende materiaal verbrand. Hierbij komt warmte en elektriciteit vrij. Voor een optimale benutting van de warmte is nabijheid van warmte-afnemers bij de warmtekrachtkoppeling wenselijk.

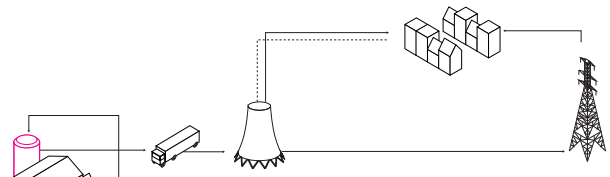
Systeem 2 geeft lokale vergisting weer en vervolgens een centrale verwerking en omzetting in elektriciteit en warmte.

Systeem 3 geeft weer dat het (grijze) gas dat in de vergister ontstaat ook door een gasleiding vervoerd kan worden.

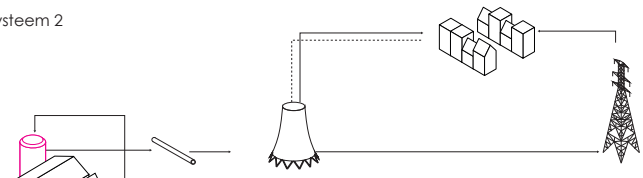
Systeem 4 geeft de mogelijk verwerking van hout aan. Hierbij is het vervoer een belangrijke schakel. Overslag van biomassa moet zoveel mogelijk voorkomen worden.



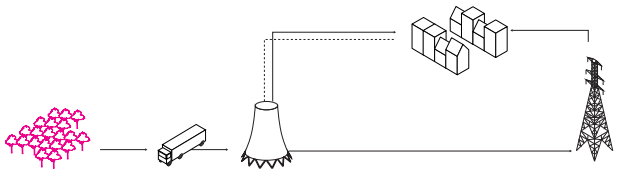
systeem 1



systeem 2



systeem 3



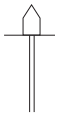
systeem 4

Appendix 5 Infofiche geothermie

Geothermie technologieën

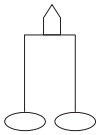
Er is momenteel een aantal verschillende technieken voorhanden voor zowel diepe als ondiepe geothermie. In deze studie lag de focus op diepe hydrothermische geothermie.

Warmte pomp



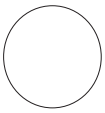
Toepasbaar in vlaanderen.

Koude warmte opslag



Toepasbaar in vlaanderen.

Warmte uit mijngangen



Warmwater of warmelucht in oude mijngangen kan worden gebruikt als energie bron.

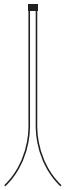
Diepe geothermie

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

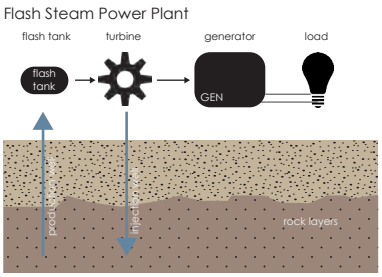


Thermische energie aanwezig in gesteente lagen.
Maturiteit: Deze techniek staat nog in de kinderschoenen.

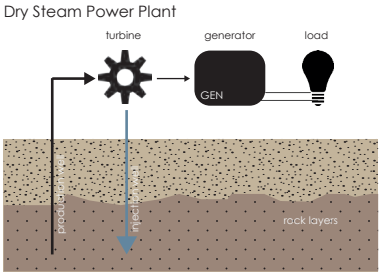
Warmte en elektriciteit

De thermische energie, afkomstig uit diepe geothermie, kan op verschillende manieren worden omgezet in elektriciteit. Door de hoge temperatuur heeft de thermische energie een groot aantal toepassingen.

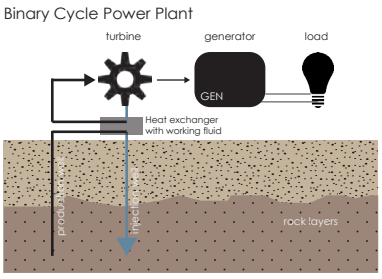
Elektriciteit



'Flash stoom'-centrale, water of water/stoommengsel uit bron >180°C > stoomturbine



'Droge stoom-centrale, stoom uit bron > stoomturbine

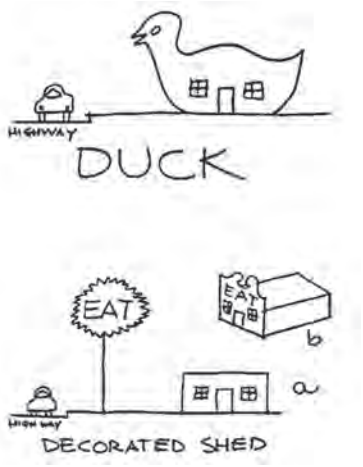


'Binaire Cyclus'-centrale, watertemperaturen tot 180°C > ORC of Kalina cyclus

Warmte

- Warm water rechtstreeks uit de bron of condensaat afkomstig van stoomprocessen (zie hierboven)
- In serieschakeling kunnen meerdere gebruikers dezelfde thermische stroom gebruiken
  - bv. Industriële processen > Warmtenetten > Glastuinbouw > Warmtebron voor warmtepompen
  - De thermische energie kan eveneens toegepast worden voor koeldoeleinden door middel van absorptiekoelinstallaties.

Eigenschappen



De ruimtelijke impact van een geothermische centrale is erg beperkt. Het kan vormgegeven worden zoals gewenst.
The decorated shed. Denise Scott Brown en Robert Venturi (1972) Learning from Las Vegas.

Voor- en nadelen

De voordelen van deze technologie zijn:
Hydrothermisch:
- Gekende en betrouwbare technologie.
- Indien goed gedimensioneerd, uitgevoerd en beheerd is dit een bron die in ieder geval 30 jaar gebruikt kan worden. De bron regenereert zich zelf vanzelf, maar kan ook door het toevoegen van warmte geregenereerd worden. Het is een quasi onuitputbare bron.
- Bron voor elektrische en thermische energie.

Petrothermische energie:
- Bron voor elektrische en thermische energie.
- Meer voorkomend dan hydrothermische energie.

De nadelen van diepe geothermie zijn:
Hydrothermisch:
- Opsporen en aanboren van potentiële lagen vergt grote investeringen.
- Minder voorkomend dan petrothermische energie

Petrothermische energie:
- Technologie nog 'in de kinderschoenen'.
- Opsporen en aanboren van potentiële lagen vergt grote investeringen.
- Geïnduceerde seismische activiteit (Basel, 2006)
- Mogelijke impact op mens & milieu.

Ruimtelijke impact en visueel voorkomen

De ruimtelijke impact van geothermische centrales is beperkt. Het gebouw dat de nodige componenten huisvest, heeft uiteraard zijn voetafdruk, maar de vormgeving en integratie van dit gebouw in de omgeving zijn in theorie volledig vrij te kiezen. Deze centrales kunnen van een modern omhulsel voorzien worden.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden

Aangezien de ruimtelijke impact van geothermische centrales goed beheersbaar is, kan de onmiddellijke omgeving verder gebruikt worden voor bijvoorbeeld agrarische, industriële of commerciële activiteiten. Of deze technologie ingezet kan worden in de nabijheid van residentiële functies, dient per geval bekeken te worden.

Overzicht van de beleidsvisie in Vlaanderen

Te raadplegen bron :
Inventarisatie-onderzoek van het gebruik van geothermie en het regelgevend kader daarrond in relevante buitenlandse rechtsordes in opdracht van de Vlaamse overheid, Departement LNE, Afdeling ALBON, Dienst Natuurlijke Rijkdommen overeenkomstig bestek VLA10-4.3.



figuur 3.1: indicatie van de regio en het theoretische potentieel



figuur 3.2: indicatie van de geografische spreiding van het technische potentieel

Locaties met het grootste bronpotentieel

De temperatuur in de ondergrond stijgt met de diepte. De snelheid waarmee dit gebeurt, is een functie van de warmteflux en de thermische geleidbaarheid van het gesteente. In Vlaanderen ligt de drempelwaarde voor directe geothermische toepassing daardoor op een diepte van ca. 500 m. Dit beperkt het areaal waarbinnen de directe aanwending van aardwarmte met traditionele systemen mogelijk is tot het zuiden van West-Vlaanderen en de Kempen. Toepassingen die een temperatuur van 35°C of meer vergen, zijn alleen mogelijk in de Kempen.

Niet traditionele toepassingen zoals Enhanced Geothermal Systems (EGS) of Hot Dry Rock (HDR) zijn in principe over heel Vlaanderen mogelijk. De investeringen die daarmee gepaard gaan liggen wel substantieel hoger dan voor vergelijkbare traditionele toepassingen.

De toepassingen van diepe geothermie kunnen in drie grote groepen opgedeeld worden:

- geothermische doubletten
- hybride systemen
- elektriciteitsproductie

Geologisch en technisch zijn alle drie de toepassingen overal ter wereld en dus ook in Vlaanderen mogelijk. De economische haalbaarheid dient echter per geval in detail bekeken te worden.

De ontwikkeling van diepe geothermie vergt steeds grote voorafgaande investeringen. Vooral de kosten voor boringen wegen zwaar door. Bovendien bestaat hierbij altijd het risico op een 'dry well'. Dit risico kan een belangrijke drempel vormen om investeringen in diepe geothermie aan te trekken. Om deze drempel te verlagen kan een regeling of verzekering in het leven geroepen worden om het initiële risico te beperken.

Er bestaan goede voorbeelden in Frankrijk, Nederland en Duitsland.

Aangenomen wordt dat, gemiddeld 1% van het theoretisch potentieel kan worden gewonnen, waarbij dit potentieel gewoonlijk kan worden geproduceerd gedurende een periode van 30 jaar. Het technische potentieel is dus gelijk aan het theoretische potentieel vermenigvuldigd met een factor 1/3000. Het potentieel wordt uitgedrukt in TJ/jaar.km², waarbij T staat voor tera en overeenkomt met 10^{12} .

Theoretische waarden zijn onderhevig aan grote onzekerheid. Uit praktische waarden, gebaseerd op meer gedetailleerde aquifergegevens, blijkt een sterke ruimtelijke differentiatie. in Nederland bijvoorbeeld, blijkt in de praktijk slechts 10% tot 30 % van het landoppervlak een voldoende hoge kwaliteit te hebben om warmte te winnen.

Lokaal kan tot 10 keer meer energie gewonnen worden dan het theoretische potentieel. Hierdoor is het waarschijnlijk dat de theoretische cijfers vermenigvuldigd kunnen worden met een factor 10 om een schatting van het maximaal lokale potentieel in praktijk te geven.

Gezien het ontbreken van concrete proefdata uit effectieve boringen op heden (2014), kan op basis van de Thermogiskaart wel een theoretisch en een technisch potentieel aangenomen worden voor de regio's die in Vlaanderen in aanmerking komen voor diepe geothermie.

Het theoretische potentieel voor de Kempen en Limburg ligt op maximaal 50TJ/km²/jaar of maximaal 13.888MWh/jaar/km². Figuur 3.1 geeft een indicatie van de regio en het theoretische potentieel.

Het technisch realiseerbare potentieel bedraagt echter maar een fractie van het theoretische potentieel zoals eerder reeds beschreven. Volgens de info in het Thermogisproject zou het technische potentieel voor de Vlaamse regio's max. 15TJ/km². jaar bedragen of dus max. 4.166MWh/km²/jaar, wat ongeveer overeen zou komen met het jaarlijkse warmteverbruik van ca. 180 gezinnen. Figuur 3.2 geeft een indicatie van de geografische spreiding van het technische potentieel.

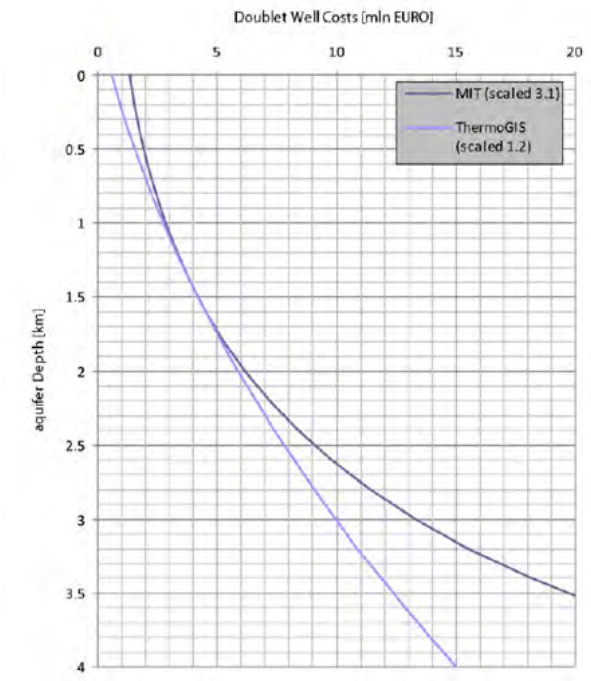
Relevant toepasbare schaal

Het verwarmen van de gemiddelde woning in heeft een warmtevraag van ± 0.05 TJ/jaar. Het verwarmen van bijvoorbeeld1 km² serres vergt ongeveer 1200 TJ/ jaar. Op basis van de theoretische waarde van ± 10 TJ/jaar.km² en een praktisch potentieel dat lokaal 10 keer hoger kan zijn, kunnen ongeveer 2000 huizen worden verwarmd per vierkante km of ongeveer 0,1 km² aan serres.

Eén enkel geothermische bronnenpaar is in staat de warmte van ongeveer 3-6 km² aquifer te winnen in een periode van 30-100 jaar.

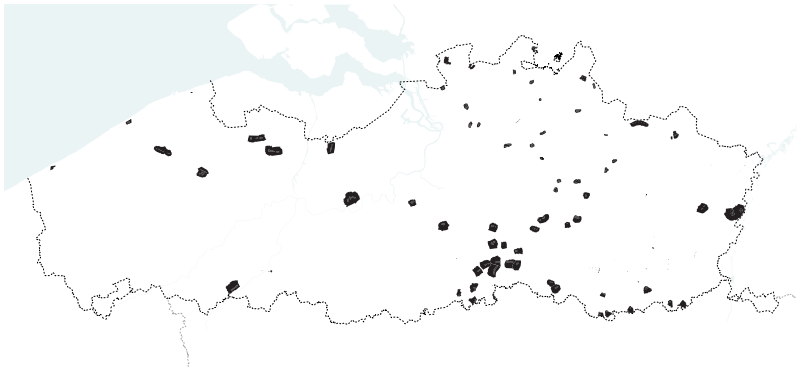
De wereldwijde technisch realiseerbare warmte is 922 EJ/jaar (exajoule, 1018), dat is ongeveer tweemaal het jaarlijkse energieverbruik.

Een zeer belangrijke factor bij diepe geothermie zijn de investeringskosten van het doublet. Om tot een werkende put te komen, dienen steeds 2 boringen uitgevoerd te worden, één voor extractie van de warmte en één voor injectie van het retourwater. Deze boringen hebben echter, afhankelijk van de diepte, een stijgende investeringskost. Naastgelegen grafiek geeft een indicatie van het kostprijsverloop van dergelijke diepteboringen over enkele honderden meters tot kilometers diep voor beide boringen in één doublet.

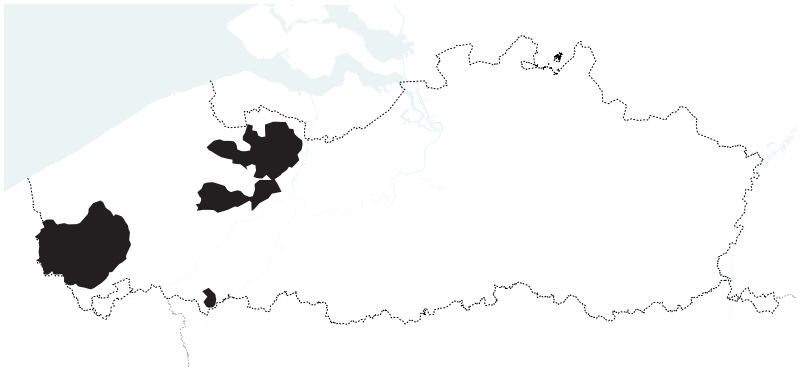


Grafiek: Kostprijsverloop diepteboringen
Bron: Handboek Geothermie in de Gebouwde Omgeving, 2011
"Beknopte wegwijzer, geothermie in België", VITO, Team geo: Eva De Boever, David Lagrou, Ben Laenen, december 2012

Voor het infofiche geothermie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:
European Energy Research Alliance (2012)
Johnston & Smith (2011)
van Malderen, Lauryssen, Langenaker, Vandendriessche, Beel, Larmuseau & Vandamme (2011)
Mannvit Engineering (n.d.)
TNO (2013)



Figuur: Grondwater
Omvat alle juridisch afgebakende beschermingszones rond grondwaterwinningen in het Vlaamse gewest.
Bron: Vlaamse Milieumaatschappij

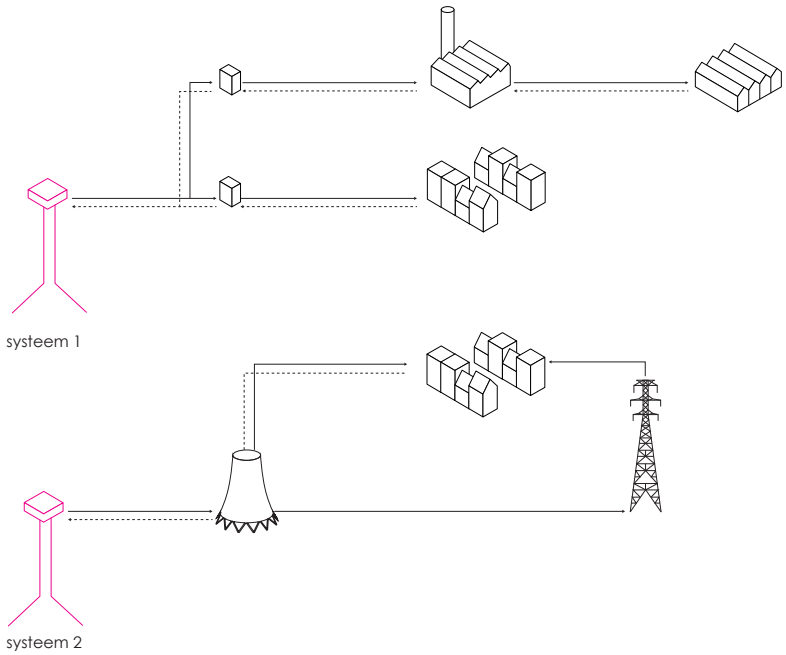


Figuur: Oppervlaktewater
Overzicht van de oppervlaktewaterwingebieden voor de productie van drinkwater in Vlaanderen. Omvat de aflijning van de zones gelegen in de subhydrografische bekkens van oppervlaktewater bestemd voor de productie van drinkwater van Kluizen, de Blankaart en het kanaal Kortrijk-Bossuit. (BVR 20 dec 1995, gewijzigd bij BVR van 25 juli 1996).
Bron: Vlaamse Milieumaatschappij

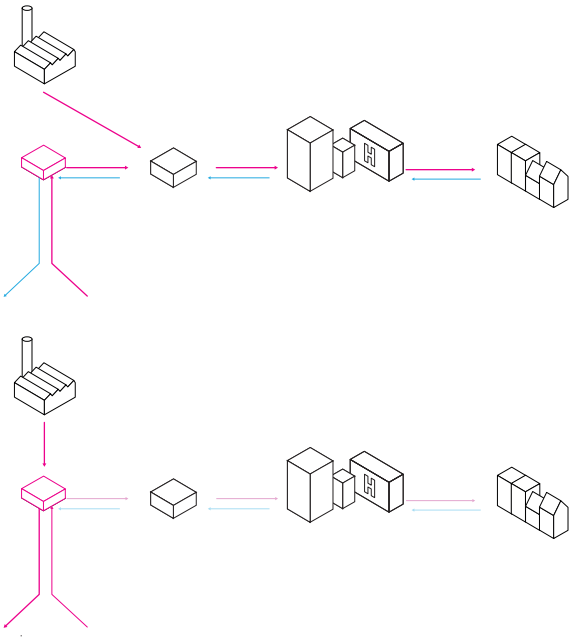
Restrictiekaart Geothermie

Hoewel er geen expliciete regelgeving bestaat in Vlaanderen voor de toepassing van geothermie zijn er wel restricties die ook op Vlaanderen van toepassing zijn. Doordat diepe geothermie bij installatie een diep gat maakt in de grond, kunnen daarbij drinkwater gebieden die onder de grond zitten vervuilen. De boring kan als gevolg hebben dat materiaal uit andere aardlagen vermengt met het drinkwater dat hierdoor vervuild raakt.

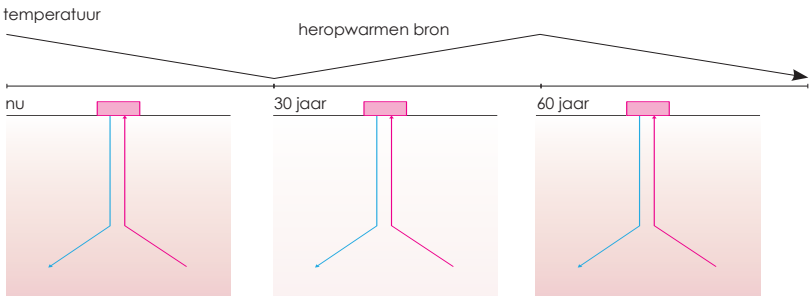
De thermische energie die vanuit de geothermiebron naar de oppervlakte wordt gepompt kan enerzijds gebruikt worden in een warmtenet, en verspreid worden naar verschillende gebruikers (systeem 1). Anderzijds kan bij een temperatuur hoger dan 130 °C de warmte om worden gezet in elektriciteit (systeem2).



Regeneratie van een geothermie bron kan plaatsvinden door overschotten (hoogwaardige) restwarmte van bijvoorbeeld industrie terug in de aarde te pompen. Dit kan enkel als de temperatuur van de restwarmte hoger is dan de warmte uit de geothermiebron. Op deze manier werkt de bron als seizoensopslag.
Winter: Zowel geothermie bron als restwarmte van industrie worden door warmte net verspreid.
Zomer: Restwarmte van industrie wordt gebruikt voor geothermie bron regeneratie.



Regeneratie geothermiebron door rusten. Bij de boring heeft de bron een bepaalde temperatuur. In ongeveer dertig jaar koelt de bron af. De bron heeft vervolgens weer dertig jaar nodig om op te warmen.



Appendix 6 Infofiche waterkracht

Waterenergie technologieën

In Vlaanderen is vrijwel geen potentie voor winning van energie uit water. De zee behoort tot de Federale Overheid waardoor golfslagenergie, getijdenenergie en blauwe energie niet onder de Vlaamse bevoegdheid vallen. Hydro-elektrische energie vereist grotere hoogteverschillen die in Vlaanderen niet aanwezig zijn. Voor het winnen van energie uit water zou Vlaanderen afspraken moet maken met de Federale Overheid.

Golfslagenergie



Golfslagenergie is de energie die te winnen is uit de wisselende waterhoogtes van de zee. Deze techniek is nog in ontwikkeling. Op dit moment is deze techniek nog niet rendabel.

Getijdenenergie



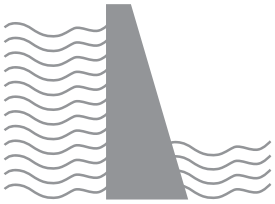
Getijdenenergie is energie die wordt gewonnen uit het verschil in waterhoogte bij eb en vloed. Bij vloed moet het water zo hoog zijn dat het water achter een dam gevangen kan worden en dit kan vervolgens bij laag water via turbines gekoppeld aan generatoren weer geleegd worden.

Blauwe energie



Blauwe energie is de energie die gewonnen wordt door middel van osmose. Door het verschil in zoutconcentratie van twee watermassa's. Dit kan bijvoorbeeld waar zoet water de zee in stroomt.

Hydro-elektrische energie

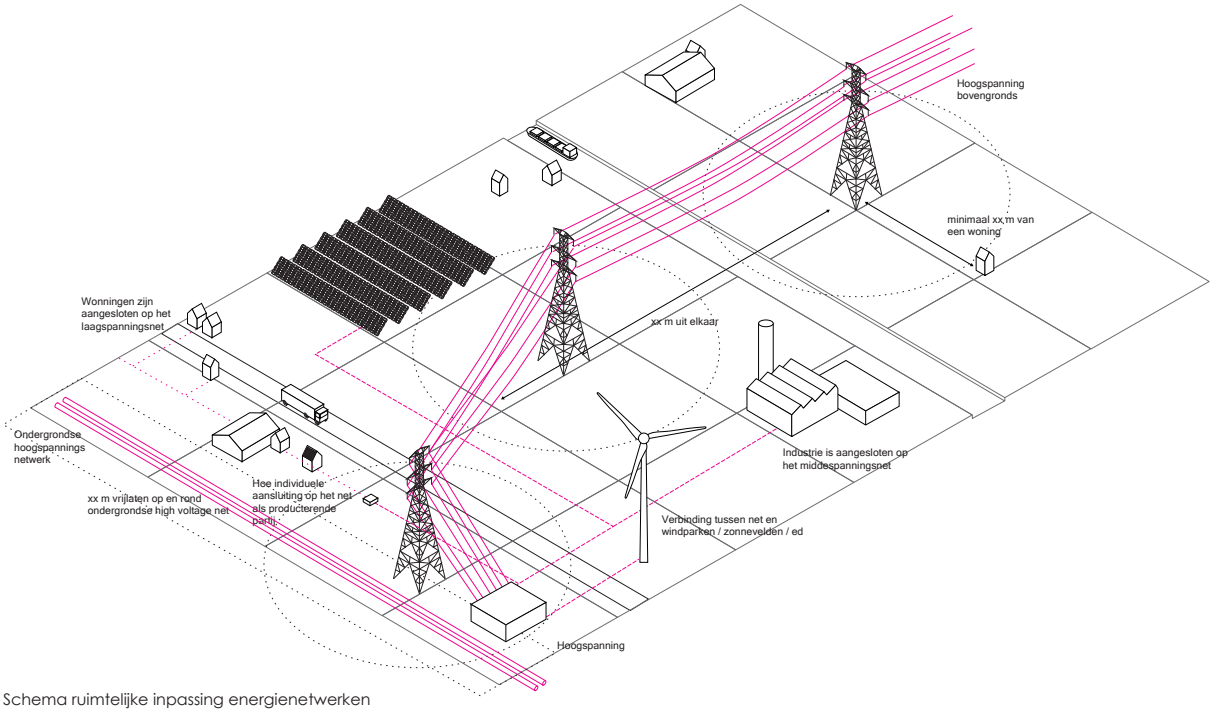


Hydro-elektrische energie is de energie die gewonnen kan worden uit de kracht van het water. Door stroming of door hoogteverschillen heeft het water kinetische of poteniele energie. Dit kan worden omgezet in elektriciteit.

OTEC (ocean thermal energy conversion)

OTEC gebruikt de temperatuur verschillen in de zee om energie te winnen.

Appendix 7 Infofiche energienetwerken



Schema ruimtelijke inpassing energienetwerken

Transmissie versus distributienetwerk

Het elektriciteitsnetwerk dient om de elektriciteit van de elektriciteitsproductieinstallaties naar de verbruikers te brengen. Productieinstallaties produceren elektriciteit (op basis van een bepaalde primaire energiebron zoals wind, gas, steenkool, etc.) en zetten deze op het elektriciteitsnetwerk, dat de energie transporteert naar de verbruikers die de elektriciteit van het net verbruiken. Het elektriciteitsnetwerk kan worden opgedeeld in twee grote delen:

Het transmissienet is een uitgebouwd vermaasd netwerk van hoogspanningslijnen op een spanningsniveau van meer dan 300 kV. Door deze hoge spanningsniveau's kan de energie over grote afstanden worden getransporteerd met beperkte verliezen.

Het distributienet is een verzameling van vele kleinere distributienetwerken die lokaal de elektriciteit van het transmissienet transformeren naar een lagere spanning, om deze dan via ondergrondse kabels en leidingen op lage spanning bij de verbruikers te brengen. De lage spanning is nodig voor de veiligheid en om 'gewone' toestellen aan te drijven. Dit brengt hogere verliezen met zich mee, maar door de kortere afstanden is dit minder erg.

Om in te schatten wat de toekomstverwachtingen zijn is het belangrijk te weten hoe het systeem werkt. Hier een zeer korte beschrijving.

Transmissienet

De frequentie van de wisselspanning en -stroom op het elektriciteitsnet moet op elk moment gelijk zijn aan 50 Hz. Bij een frequentie die hoger of lager gaat (buiten een kleine marge) treden grote problemen op met belangrijke schade tot gevolg. Om de frequentie op 50 Hz te houden moet ieder moment evenveel elektriciteit worden verbruikt als er wordt geïnjecteerd in het net. Dit wordt geregeld op (inter) nationaal niveau en is bijgevolg een zeer belangrijke taak van de transmissienetbeheerder. Daarnaast moet de transmissienetbeheerder ervoor zorgen dat de capaciteit op de lijnen groot genoeg is om de geproduceerde elektriciteit (bijvoorbeeld

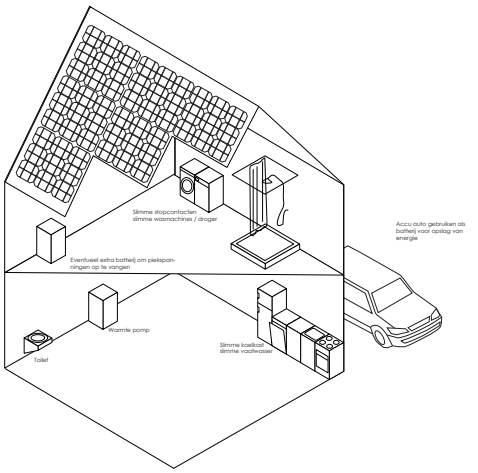
opgewekt door wind op de Noordzee) naar de energievraag in de verschillende delen van het land te transporteren, en te interconnecteren met het buitenland om de stabiliteit en betaalbaarheid van het elektriciteitssysteem in België te garanderen.

Distributienet

Op distributieniveau moet er vooral gezorgd worden dat de energie tot bij de verbruikers gebracht kan worden en dat de lokaal geproduceerde energie op het net kan worden gezet. De distributienetbeheerder moet ervoor zorgen dat de kabels groot genoeg zijn gedimensioneerd om de vraag (en productie) aan te kunnen, dat de lokale spanning op de lijnen onder controle blijft, en dat er geen fouten optreden.

Uitbreidingen

Aangezien de vraag naar elektriciteit stijgt, de elektriciteit steeds meer decentraal wordt geproduceerd, en de variabiliteit van de hernieuwbare energieproductie moet opgevangen worden, zijn continu uitbreidingen van het systeem noodzakelijk. Deze hebben natuurlijk ook een impact op de ruimtelijke ordening en op het landschap.



Smartstopcontact
Op transmissieniveau is er vooral meer behoeften aan flexibiliteit in aanbod en vraag om de variabiliteit van hernieuwbare energie op te vangen.
Op huishoudelijk niveau kan bijvoorbeeld gedacht worden aan een slim stopcontact. Hiermee kunnen huishoudelijke apparaten zoals wasmachines ingeschakeld worden als er veel elektriciteit ter beschikking is.
Een batterij van een elektrische auto kan ook op woning niveau dienen als opslag of buffer.
Smartstopcontacten zijn momenteel nog relatief duur voor een relatief klein rendement.

Uitbreiding Transmissienet

Op transmissieniveau moeten bottlenecks weggewerkt worden en moet het systeem worden klaargemaakt voor de toekomst. In dit geval betekent dat, dat er versterkingen worden ontwikkeld om de windenergie vanop zee richting het binnenland te krijgen, en dat er extra interconnecties worden gepland (bijvoorbeeld richting Engeland, Duitsland). Bij de aanleg van hoogspanningslijnen is er bijzonder veel weerstand (Not in my back yard (NIMBY) probleem). Omwille van deze reden worden sommige stukken versterkt met ondergrondse kabels (die wel meer dan 10 keer zo duur zijn als hoogspanningslijnen bovengronds).De ondergrondse hoogspanningsleidingen worden in gevulcaniseerd zand legt. Boven deze leidingen mag geen enkele activiteit meer plaatsvinden. Hoewel deze leidingen minder bepalend zijn voor het landschap blijft de invloed groot.

Uitbreiding Distributienet

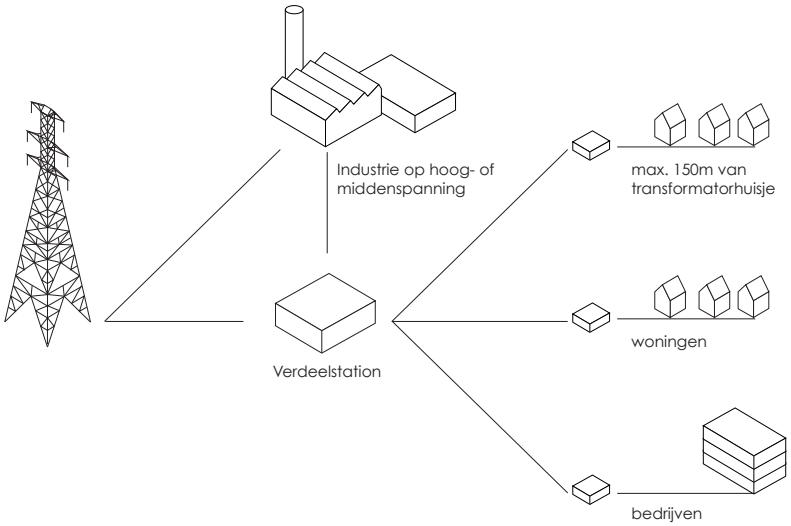
De sterke groei van decentrale energie (WKK's, warmtepompen, zonnepanelen enz.) vraagt ook om aanpassingen van het distributienet. In verschillende regio's moeten de ondergrondse lijnen versterkt worden, op andere plaatsen probeert men met behulp van slimme technieken (zoals reactief vermogeninjectie, lokale afschakeling of smart meters) de kosten te beperken. De impact op het landschap is echter beperkt aangezien het meeste ondergronds wordt geregeld.

Smartgrid

Met de term 'smart grid' (slim net) bedoelt men meestal een moderne versie van het elektriciteitsnetwerk waarbij men gebruik maakt van informatie- en communicatietechnologie om op automatische manier informatie te verzamelen en erop te reageren, om de efficiëntie, betrouwbaarheid, rentabiliteit en duurzaamheid van de energievoorziening te verbeteren. In feite is het een nogal vage term waaronder verschillende zaken worden verstaan. De belangrijkste in het kader van dit project worden hieronder kort uitgelegd.

Transmissieniveau

Op transmissieniveau is er vooral een nood aan meer flexibiliteit in aanbod en vraag om de variabiliteit van



Het elektriciteitsnetwerk wordt gebruikt om elektriciteit te transporteren.
Het bestaat uit verschillende delen:
Hoogspanning (50-380 kV)
Middenspanning (10 kV)
Laagspanning, lichtnet (230 V)

Woningen zijn aangesloten op het laagspanningsnet en grote industrie op middenspanning of in somminge gevallen op hoogspanning (bijv. 10 kV)

Hoogspanning heeft een hoge capaciteit en weinig transportverliezen.
Hoe lager het spanningsniveau, hoe hoger de verliezen.

hernieuwbare energie op te vangen. Flexibiliteit kan er immers voor zorgen dat er minder 'back-up' centrales nodig zijn, dat de waarde van hernieuwbare energie stijgt en dat de kosten voor het verbruik van energie stabieler worden. Meer info over flexibiliteit in de fiche 'buffering en energieopslag'.

Distributieniveau

Op distributieniveau wordt vooral gesproken over de invoering van smart meters. Deze laten toe het verbruik op afstand te meten en waar mogelijk aan te sturen (vb. koelkasten, wasmachines etc.). Het potentieel van deze flexibiliteit op huishoudelijk niveau is echter beperkt en is bovendien zeer verspreid. Meer heil is te verwachten op het vlak van industriële flexibiliteit. De smart meters kunnen echter wel helpen om lokale netproblemen op te lossen (vb. aansturen van reactief vermogen om meer zonne-energieproductie in een straat op het lokale net te krijgen). Ze nemen weinig plaats in en zijn daarom minder relevant in het kader van dit project.

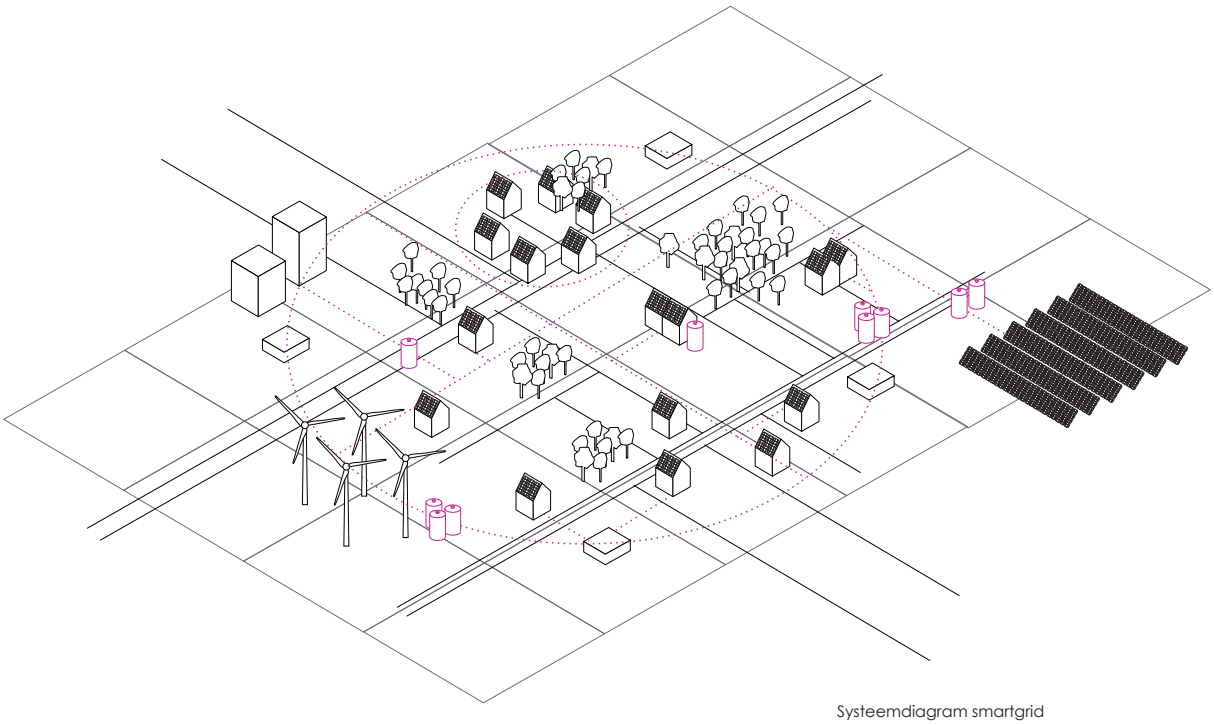
Voor- en nadelen van Smart grids:

- Ze vergemakkelijken de integratie van hernieuwbare energie en het bijhorende tweerichtingsverkeer van elektriciteit
- Energie- en kostenbesparing
- De piekvraag naar elektriciteit verminderen
- Betrouwbaarheid en stabiliteit van het elektriciteitsnetwerk verhogen in uitzonderlijke situaties
- Nieuwe investeringen in netcapaciteit kunnen soms vermeden of uitgesteld worden door maatregelen als smart grids of het gebruik van flexibiliteit (opslag/ buffering).

- Het systeem is vrij complex en niet goedkoop. De integratie van slimme meters is immers noodzakelijk.
- De bekende grote opwekkers van elektriciteit zullen minder leveren aan het net waardoor het wel geleverde uiteraard duurder zal zijn.
- De apperaten die aan het smartgrid aangesloten worden moeten ook 'smart' zijn.

Andere evoluties

Microgrids: Er wordt verwacht dat sommige (kleine) gebieden of bedrijventerreinen volledig autonoom zullen kunnen draaien in zogenaamde microgrids. Dit is niet vaak economisch interessant maar kan gebieden die ver gelegen zijn van het netwerk van elektriciteit voorzien zonder dure elektriciteitslijnen of –kabels te installeren. Dit heeft vanzelfsprekend een positieve impact op het landschap.
Self-production: Er is een trend naar meer eigen productie van elektriciteit. Voorbeelden zijn de productie van zonne-energie met residentiële pv-installaties of een WKK op een bedrijventerrein. Er wordt verwacht dat dit in de toekomst nog zal stijgen (bijvoorbeeld subsidies voor batterijen bij residentiële pv-systemen in Duitsland). Zonder lokale opslag is er nog steeds een net nodig om de overtollige productie te valoriseren en om een tekort aan lokale productie uit het net te halen. Een lokale opslag kan dit verhelpen, maar kan eigenlijk beter gebruikt worden vanuit algemeen systeem-standpunt in plaats van voor een lokale optimalisatie.



Systeemdiagram smartgrid

Aardgasnetwerk

Ook het aardgasnet is opgebouwd volgens een logica van transmissieleidingen en distributieleidingen. België kent één transmissienetbeheerder voor aardgas (Fluxys) en 17 distributienetbeheerders. Belangrijke evoluties in het aardgasnet zijn:

Stijging in verbruik

Omwille van volgende redenen zal het aardgasnet in de toekomst blijvend versterkt moeten worden.

- Meer en meer elektriciteitscentrales op gas: Omwille van de noodzaak van meer flexibiliteit in het energiesysteem en de relatief lage gasprijzen worden er meer en meer gascentrales gepland.
- Wagens op aardgas: Er zijn tegenwoordig wagens op aardgas op de markt die moeten kunnen tanken bij benzinestations. Deze evolutie verloopt momenteel echter zeer traag.
- Meer en meer WKK's: Door de subsidies voor WKK's worden er steeds meer gebouwd. Dit leidt tot een stijging van het aardgasverbruik. Echter, waar deze WKK's een bestaande ketel vervangen is er een daling van de vraag ipv een stijging.

Power-to-gas

Omwille van de benodigde flexibiliteit/opslag in het elektriciteitssysteem wordt er momenteel nogal wat gesproken over power-to-gas (zie opslag). Met deze term wordt de omzetting bedoeld van elektriciteit naar methaangas (via een elektrolyse tot waterstof en dan een omvorming tot methaan met behulp van CO2 en water). Overschotten van elektriciteit (vb bij zeer hoge productie van zon- en windenergie) kunnen op deze manier toch nuttig worden gebruikt. Het aardgassysteem is flexibel genoeg om deze overschotten op te vangen (door de druk in de leidingen wat te laten variëren), en ook de opslagterminal in Loenhout kan hiertoe bijdragen (deze bevat een reserve voor het verbruik van 3 maanden). Power-to-gas heeft een relatief lage efficiëntie, maar kan economisch gezien toch interessant zijn. Het kan daarenboven toelaten een versterking van het elektriciteitsnetwerk te vermijden of de nood te vertragen.

Voor- en nadelen energienetten
De distributiesystemen hebben een aantal voor- en nadelen. Elektriciteits- en gasnetten laten toe om energie te transporteren van waar het geproduceerd wordt naar waar het wordt verbruikt en zijn dus onontbeerlijk in het huidige energiesysteem.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden
Bij hoogspanningslijnen, ondergrondse kabels en ondergrondse gasleidingen gelden veiligheidszones waar andere activiteiten worden uitgesloten.
Hoogspanningslijnen
Elia formuleerde onlangs zijnadvies bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties:
- Afstand ten opzichte van hoogspanningslijn > 3.5 x rotordiameter: positief advies
- 3.5 x rotordiameter > afstand tov hoogspanningslijn > 1.5 x rotordiameter: voorwaardelijk positief advies onder voorbehoud van een verplichte trillingsstudie. Deze studie heeft tot doel te evalueren of er trillingsdempers dienen geplaatst te worden op de hoogspanningslijnen.
- 1.5 x rotordiameter > afstand tot hoogspanningslijn: negatief advies
- Afstand tov hoogspanningspost < 3.5 x rotordiameter: negatief advies

Leidingen met SEVESO-stoffen
SGS stelde een tool op om de minimale veiligheidsafstand tussen leidingen met SEVESO-stoffen en windturbines te berekenen. Voor ondergrondse leidingen wordt een minimale afstand van 1 x rotordiameter aangehouden, voor bovengrondse leidingen loopt dit op tot 3 x rotordiameter. Uiteraard moet elk specifiek project apart onderzocht worden.

Voor nieuwe infrastructuur is het vaak moeilijk om vergunningen te krijgen. Bovendien is er het NIMBY-probleem ("Not In My BackYard"), waarbij lokale bevolking protesteert als er in de nabijheid investeringsplannen zijn. Dit vertraagt de ontwikkelingen en maakt het zeer moeilijk geschikte plaatsen te vinden. Het ondergronds leggen van bijvoorbeeld hoogspanningskabels in plaats van hoogspanningslijnen kan hier een oplossing zijn, maar doet de kostprijs omhoogschieten.

Relevant toepasbare schaal
De toepasbare schaal voor energienetten varieert van klein (zoals bij lokale leidingen of feeders) tot zeer groot (hoogspanningslijnen of internationale verbindingen, LNG-terminals, opslagstations enz.) Voor slimme meters is de benodigde ruimte klein, maar indien deze in elke woning geïnstalleerd worden, spreekt men al snel over grote aantallen nieuwe meters. Aangezien het hierbij vooral gaat over informatie- en communicatietechnologie is de impact op het landschap klein tot nihil. Enkel grote hoeveelheden meters kunnen de nodige schaalvoordelen opleveren en genoeg energie vertegenwoordigen – hoewel het omwille van de hoge kostprijs moeilijk zal blijven om deze meters effectief rendabel te maken vanuit socio-economisch standpunt.

Overzicht beleidsvisie in Vlaanderen en Europa
Elektriciteitslijnen en gasleidingen worden gebouwd in Vlaanderen waar nodig. Als voorbeeld kan de STEVIN elektriciteitslijn dienen, die wordt gebouwd tussen de Zeebrugge en Eeklo om de offshore wind aan te sluiten. Deze hoogspaningslijn heeft een belangrijke impact op het landschap. Dit in combinatie met de hoge bevolkingsdichtheid maakt het zeer moeilijk om zulke ontwikkelingen uit te voeren. Omwille van lokale protesten wordt een groot deel van de lijn als ondergrondse kabel gebouwd (met een veel hogere kostprijs). Momenteel heeft bovendien een rechter beslist de bouw stil te leggen omwille van juridische problemen. (Technisch reglementen: http://www.vreg.be/technische-reglementen, 2014)
Voor Smart meters zijn er in Vlaanderen twee proefprojecten (één van Eandis en één van Infrax). De Vlaamse regering besliste om, in het kader van het project Vlaanderen in Actie (ViA), te investeren in slimme energie zodat Vlaanderen zich zal kunnen profileren als een groen netwerk van steden: een groen stedengewest. Bevoegd minister Van den Bossche heeft te kennen gegeven dat een beslissing over de invoering van slimme meters pas na de proefprojecten zal worden genomen.

<u>Europese elektriciteitsrichtlijn:</u>
De lidstaten waarborgen dat er slimme metersystemen worden ingevoerd die de actieve participatie van de consumenten aan de elektriciteitsvoorzieningsmarkt ondersteunen.
De invoering van dergelijke metersystemen kan worden onderworpen aan een economische evaluatie van de kosten en baten voor de markt en de individuele consument op lange termijn of aan een onderzoek dat aantoont welke vorm van slim meten economisch haalbaar en kosteneffectief is en welke termijn haalbaar is voor de distributie ervan. Wanneer de ingebruikname van slimme meters positief wordt beoordeeld, wordt tegen 2020 minstens 80% van de consumenten voorzien van deze slimme meetsystemen.
De lidstaten of de bevoegde autoriteit die zij aanwijzen waarborgen de interoperabiliteit van dergelijke metersystemen die op hun grondgebied worden ingevoerd en houden rekening met de toepassing van adequate normen en beste praktijken en het belang van de ontwikkeling van de interne elektriciteitsmarkt.

Voor het infofiche netwerken zijn de volgende bronnen geraadpleegd:
http://www.vreg.be/stand-van-zaken-slimme-meters
http://www.vreg.be/technische-reglementen

Appendix 8 Infofiche warmtenetten

Een warmtenet bestaat uit grotendeels ondergrondse infrastructuur om een warmtevoerend medium, in de meeste gevallen warm water, te transporteren en te distribueren voor afname door een aantal warmteafnemers. Het bestaat veelal uit twee te onderscheiden systemen, beiden bestaande uit een aanvoer- en retourleiding:

- Transportnet (primair systeem): Dit systeem transporteert de geleverde warmte vanaf de producent(en) naar de zones waar de warmteafnemers zich bevinden, of naar grote afnemers zelf.
- Distributienet (secundair systeem) : Dit deel staat in voor de verdere distributie van de warmte in een gebied waarlangs het hoofdtransportnet loopt, bijvoorbeeld een (deel van een) woonzone.

Leidingsysteem

Een leidingsysteem voor gebruik in een warmtenet bestaat standaard uit de mediumvoerende leiding, een isolerende schil en een beschermende buitenmantel.

De conventionele configuratie bestaat uit een afzonderlijke aanvoer- en retourleiding. In het twinpipe-concept worden beide leidingen in éénzelfde mantelbuis aangebracht. Voor twinpipes volstaat een smallere sleufbreedte en bijgevolg ook een smallere werkstrook, wat een gunstig effect kan hebben op de aanlegsnelheid en –kosten. De installatie van onderstations en andere aftakkingen wordt echter aanzienlijk complexer. Dit maakt dat de conventionele configuratie nog steeds de meeste toepassing kent.

Inzake leidingmateriaal zijn diverse hoofdsystemen courant verkrijgbaar. Staal / PUR / PE

- Flexibele leidingen
- PEX / PUR / PE
- Koper / PUR / PE
- PB / PE / PE
- Staal in staal

Elk systeem heeft specifieke voor- en nadelen.

Onderstations

De warmteoverdrachtstations of onderstations in het net kunnen verschillende functies hebben, wat ook hun locatie bepaalt:

- Overdracht van uitgekoppelde warmte van een bedrijf aan een warmtenet
- Overdracht van de warmte van het transportnet naar een distributienet of rechtstreeks naar een grote afnemer

Ze kunnen dan ook zeer verschillende afmetingen hebben.

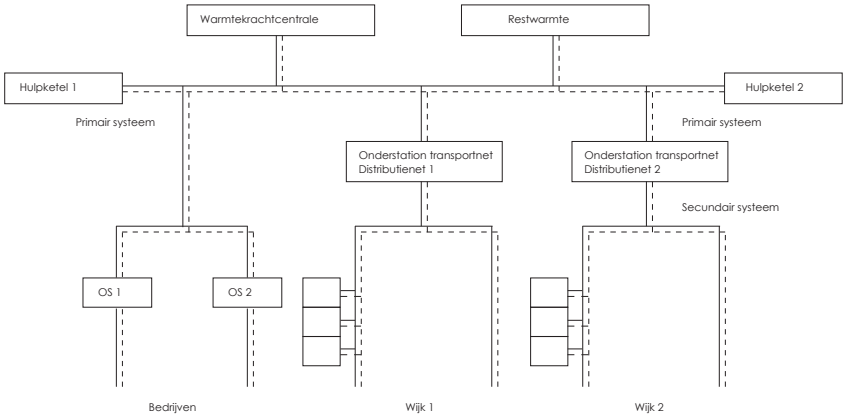
Voor- en nadelen

De positieve punten van een warmtenet systeem zijn:

- Toepassing ambitieuze energieconcepten
- Centraal gebruik van duurzame energiebronnen
- Integratie industrie – bebouwde omgeving door valorisatie van restwarmte
- Flexibiliteit door de mogelijkheid om brandstoffen te substitueren
- Centraal beheer en onderhoud
- Comfortabel en ruimtebesparend voor eindgebruiker

De nadelige punten van een warmtenet zijn:

- Warmteverliezen bij distributie
- Aandeel pompenergie
- Uitbating warmtenet en verkoop warmte
- Steeds piekketel / back-up nodig
- Hoge investeringskost infrastructuur



Schematische weergave van een grootschalig warmtenet.
OS: onderstation transportnet / individuele afnemer
Volle lijn: aanvoerleiding
Stippellijn: retourleiding

Ruimtelijke impact

De ruimtelijke impact van warmtenetten is eerder beperkt. Voor de warmteopwekkingsinstallatie (in geval geen restwarmte), de hulpketels en bijhorende componenten moet echter een gebouw voorzien worden. Dit gebouw kan uiteraard in een modern kleedje gestoken worden.
De leidingen van het warmtenet bevinden zich doorgaans ondergronds, en bij voorkeur onder wegen, fietspaden, etc wat de aanleg ervan en onderhoud nadien vergemakkelijkt.

Naast de productieinstallaties kunnen de netten zelf in heel wat variërende patronen voorkomen. Het tracé dat voor de aanleg van de leidingen gevolgd wordt is meestal een zuiver technisch-economische logica. In bestaande omgevingen volgen de leidingen quasi altijd het stratenpatroon om tot alle aan te sluiten gebouwen te komen. Bij nieuw aan te leggen wijken, kunnen verschillende patronen gevolgd worden, afhankelijk van de gewenste ruimtelijke inplanting van de wijk. Dit kan cirkelvormig zijn, rechtlijnig, een sneeuwvlokstructuur, een recht grid voor het typische stedenbouwkundige patroon van bijvoorbeeld Noord-Amerikaanse steden, etc.

Rentabiliteitsgradatie

De rentabiliteit van een warmtenet is steeds afhankelijk van 3 parameters:

- Warmtedichtheid (> 1.5MWh/lm als ultieme ondergrens): hoe meer warmte er nodig is op een korte afstand, hoe beter.
- Hoe duur is de warmte die geproduceerd wordt? Dit is afhankelijk van de bron waarbij bijvoorbeeld diepe geothermie heel wat duurder is als er tot op enkele kilometer geboord moet worden dan de restwarmte van een afvalcentrale of een WKK.
- Wat betalen de toekomstige afnemers vandaag voor hun warmte? Deze zullen nooit meer willen betalen dan ze vandaag aan gas betalen dus de geproduceerde en verdeelde warmte moet aan gelijke prijs of goedkoper aangeboden kunnen worden.

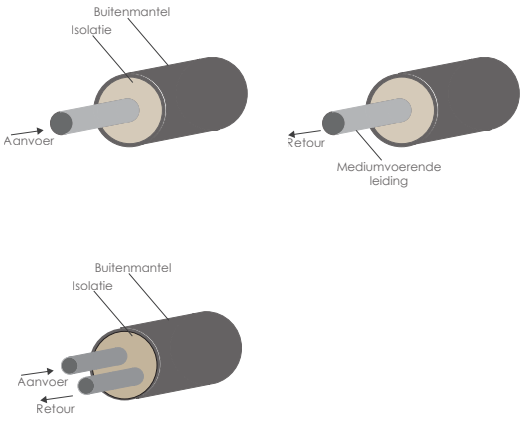
De rentabiliteit van een warmtenet is steeds een evenwicht tussen deze 3 parameters.

Cascade in warmtenetten

Het is ook mogelijk om warmtenetten op verschillende temperaturen in cascade aan elkaar te koppelen om tot een grotere delta T te komen bij de bron wat de rentabiliteit meestal ten goede komt. Dit is mogelijk maar is een zeer complex verhaal waarbij alle netten hydraulisch in evenwicht gehouden moeten worden en er dus een soort constante communicatie en sturing tussen de verschillende netten en hun afnemers noodzakelijk is. Dit cascadeprincipe wordt momenteel in landen als Zweden en Denemarken uitgetest. Gezien hun jarenlange ervaring met warmtenetten zijn zij goed geplaatst om deze pilootprojecten op te zetten.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden

De temperatuur van het warm waternet bepaalt de mogelijke toepassing. Indien het praktisch mogelijk is dienen eerst de afnemers die de hoogste temperatuur vereisen bediend te worden. Uiteraard enkel wanneer de temperatuur van het warmtenet voldoet aan de vereiste temperatuur van de afnemer. Op deze manier kan volgende ruwe 'rangorde' opgesteld worden: industrie, bestaande gebouwen, nieuwbouw, glastuinbouw (op lage temperatuur).



Figuur: Leidingsysteem met aparte aanvoer en retour, en twinpipe

Relevant toepasbare schaal

Toepassing van een warmtenet kan voor een kleine wijk van slechts enkele woningen tot een volledige stad. Cruciale parameter die de rentabiliteit van het warmtenet bepaalt, is de warmtedichtheid. Deze parameter wordt uitgedrukt als de hoeveelheid afgenomen warmte per meter sleuf van het warmtenet, in MWh/lm sleuf. Een zekere hoeveelheid warmte is nodig, maar nog belangrijker is de afstand waarover de warmte verspreid wordt. Hierbij dient een onderscheid gemaakt te worden tussen het transportnet en het distributienet. Via een transportnet kan warmte over grote afstanden getransporteerd worden (zeker 30 tot 40 km). Het distributienet is best zo compact mogelijk en wordt bepaald door de inplanting van de warmte-afnemers.

Overzicht van de beleidsvisie in Vlaanderen

In Vlaanderen bestaat er momenteel geen wetgeving betreffende warmtenetten.
De Vlaamse regering besliste in de zomer van 2013 om ondersteuning van restwarmte te voorzien in de vorm van een investeringssteun. Het aanwenden van restwarmte om een warmtenet te voeden komt in aanmerking voor deze ondersteuning. De steun bedraagt maximaal 40% van de in aanmerking komende kosten. Deze kosten zijn de extra investeringskosten van de installatie ten opzichte van de investeringskosten van een referentieinstallatie zonder de exploitatiekosten en -baten in rekening te nemen.

<u>Toekomstperspectieven, visie nota 2050</u>

Er is geen concrete doelstelling betreffende warmtenetten. Echter, in de lopende studie voor het bepalen van de doelstellingen voor 2030 maken warmtenetten ook deel uit van de opdracht. Hieruit zal blijken wat een potentiële haalbare doelstelling is voor de toepassing van warmtenetten in Vlaanderen.

<u>Innovatietrajecten, subsidiemechanismen</u>

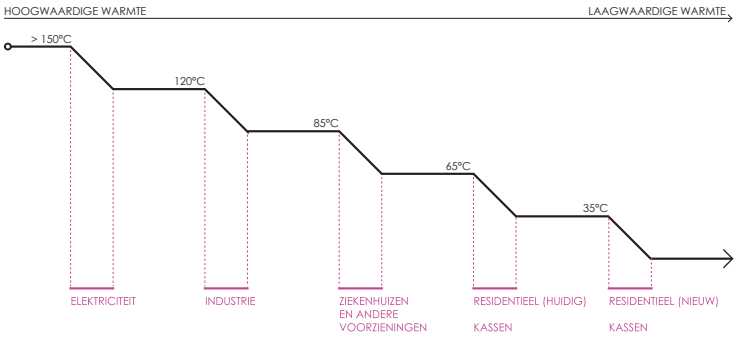
De Vlaamse Regering stelde in 2013 het Actieplan Groene Warmte voor. Dit plan bevat diverse maatregelen om de productie van warmte op basis van hernieuwbare energiebronnen stimuleren. Naast (de reeds bestaande) premies voor kleine installaties (zonneboilers) komt er onder meer een steunmechanisme voor grote industriële installaties voor de productie van groene warmte en restwarmterecuperatie.

Locaties met het grootste bronpotentieel

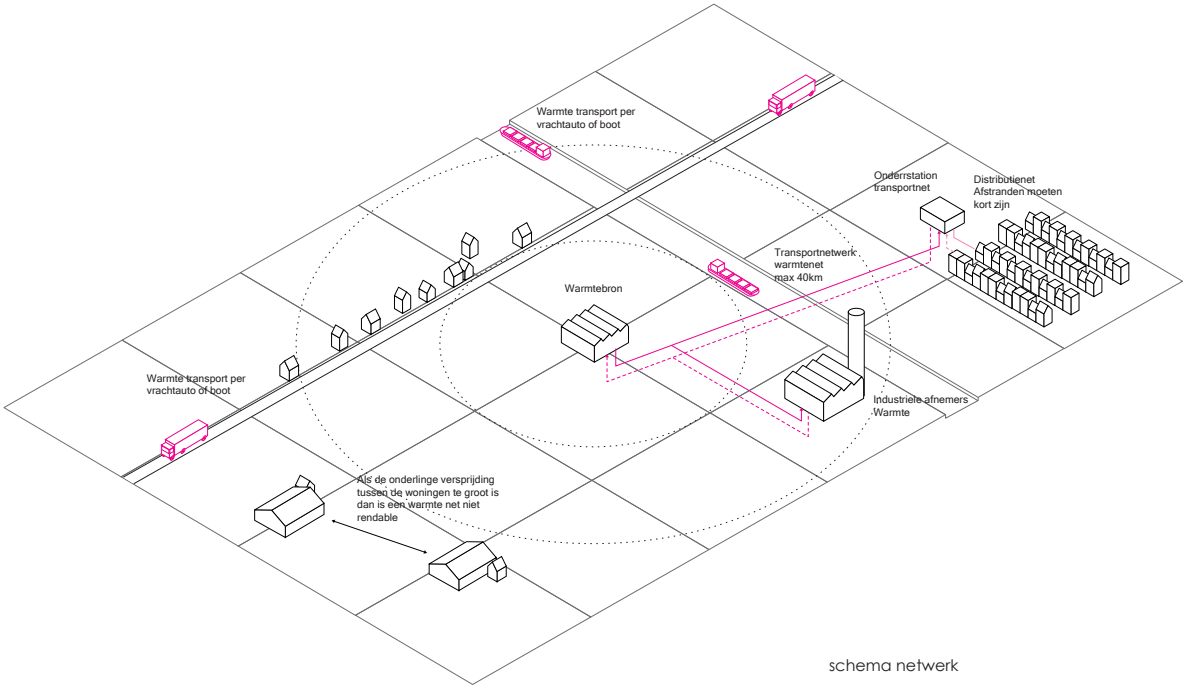
Voor de aanleg van een warmtenet is een bepaalde hoeveelheid warmte nodig. Deze warmte kan bijvoorbeeld een restproduct zijn van:

- Industrieterreinen
- Afvalverbrandingsinstallaties
- Elektriciteitsproductie

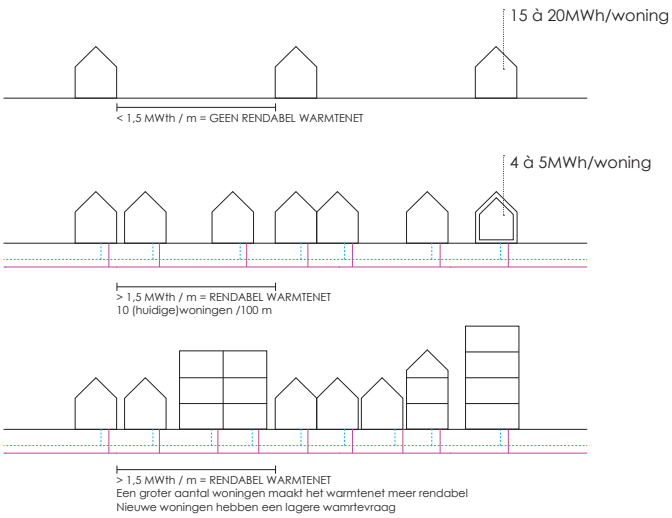
De warmte kan eveneens afkomstig zijn van diepe geothermie.
Hierbij is belangrijk te vermelden dat er ook warmte vragers in relatieve nabijheid moeten zijn.



Figuur: Warmtecascade



schema netwerk



Warmtenetten
Een reguliere bestaande woning heeft ongeveer een warmtevraag van 15 à 20 MWh/ woning. Een nieuwe, zuinige woning heeft een warmte vraag van 4 à 5 MWh/woning. Warmtenetten hebben een bepaalde warmtevraag nodig om rendabel te zijn. De ondergrens van een warmtenet is een warmte afname van1,5MWh per strekkende meter. Er moeten dus minimaal 10 (bestaande) woningen per 100 meter staan om een net rendabel te maken. Op het moment dat er nieuwe woningen worden gebouwd is het aantal woningen per 100 meter veel groter. Dit maakt het warmtenet meer rendabel. Nieuwe woningen hebben een lagere warmtevraag.

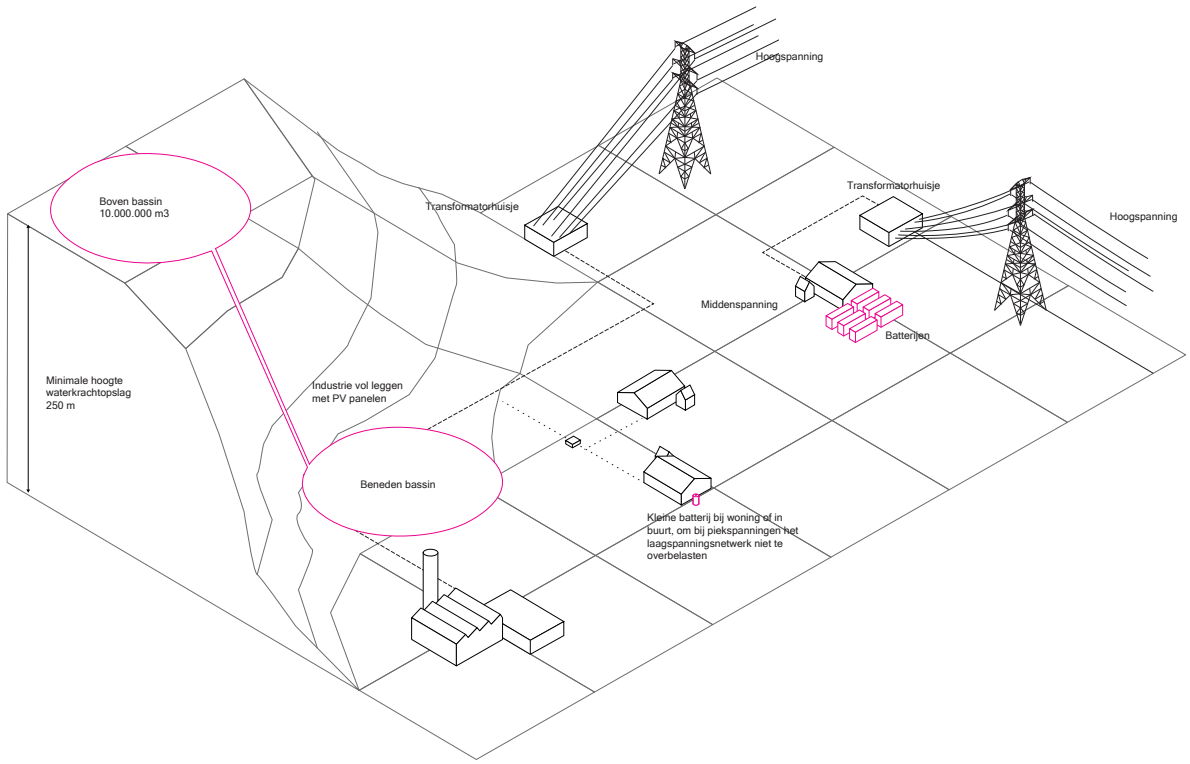
Vlaanderen heeft een vrij verspreide bebouwing. Hierdoor is in grote delen van Vlaanderen een warmtenet geen rendabele optie voor woningen. Voor stedelijk gebied zou een warmtenet wel geschikt kunnen zijn. Voor functies die een grote warmte vraag hebben kan een warmtenet ook een goede optie zijn.

Appendix 9 Infofiche opslag en buffering

Met buffering en opslag verstaan we in deze infofiche de mogelijkheid om energieproductie en –vraag beter op elkaar af te stemmen. Dit kan op twee manieren:

- Na de productie kan elektriciteit of warmte worden opgeslagen (bijvoorbeeld in batterijen, in stuwmeren enz.) om deze te verbruiken op een ander moment.
- De vraag naar (of productie van) elektriciteit of warmte kan worden verschoven in de tijd door de 'flexibiliteit'. Voorbeelden zijn de koeling bij diepvriesgroenten waar de temperatuur tijdelijk – en binnen bepaalde grenzen – kan variëren, of een industrieel proces waarvan de opstart met een bepaalde tijd kan worden uitgesteld.

Hieronder is een overzicht gemaakt van de belangrijkste technologieën die momenteel voorhanden zijn om energie op te slaan of te bufferen. In de tabel wordt een ruwe indicatie gegeven van de maturiteit van elke technologie.

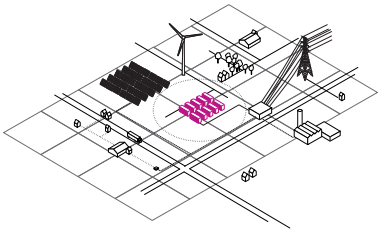


Schema ruimtelijke inpassing verschillende buffersystemen

Mogelijke technologieën

Batterij

Vanadium Redox Flow batterij: Een Vanadium Redox Flow batterij werkt met twee polen zoals aan een gewone batterij. Het systeem bestaat uit twee vaten met vloeibaar elektrolyt (vanadium). Het ene vat is positief geladen, het andere vat negatief. De vloeistof wordt door elektrochemische cellen gepompt. Daarbij kan het lading afstaan of lading opnemen. Op deze wijze wordt de batterij opgeladen, of levert het stroom voor diverse toepassingen. De extreem grote capaciteit, die mogelijk is met vanadium-redox-accumulatoren, maakt ze uitermate geschikt voor grote energieopslagtoepassingen zoals voor het uitmiddelen van de productie van opwekkingsbronnen met een grote variatie zoals wind- of zonne-energie, of om generatoren te helpen bij grote sprongen in de vraag. Hun extreem snelle responstijd maakt ze ook uitermate geschikt voor noodstroomtoepassingen.



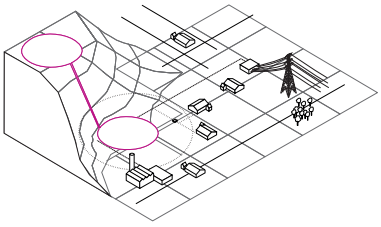
Schema ruimtelijke inpassing batterij

Kleine batterijen (zoals in huishoudtoestellen): Een batterij is een combinatie van een of meerdere elektrochemische cellen, die worden gebruikt voor de omzetting van opgeslagen chemische energie in elektrische energie. Met kleine batterijen worden batterijen op het niveau van de toestellen bij de residentiële gebruiker bedoeld. Afhankelijke van het ogenblikkelijk tarief kan gekozen worden om de batterij op te laden of te ontladen.

Vehicle-to-grid (V2G): Elektrische voertuigen worden ingezet voor de opslag van energie in batterijen. Wanneer de voertuigen stil staan worden ze aangesloten aan het elektriciteitsnet. Dit geeft een zekere opslagcapaciteit gekoppeld aan het net die nuttig kan ingezet worden voor de opslag van energie. In functie van vraag en aanbod op het net kan elektriciteit worden opgeslagen of aangewend worden.

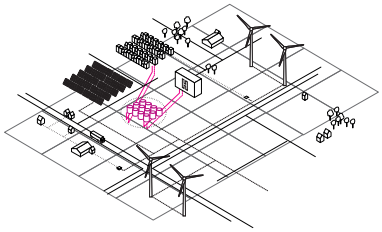
Hydro opslag

Pompcentrale: Een waterkrachtcentrale pompt tijdens de daluren water naar een hoger gelegen spaarbekken. Tijdens de piekuren worden de sluizen opengezet en zal het water over een turbine naar een lager gelegen reservoir stromen. De turbine zal daarbij elektriciteit opwekken. Onderstaande figuur illustreert het principe. De zogenaamde energie-eilanden op zee werken volgens een gelijkaardig principe. Er wordt een eiland gebouwd in de zee, met daarin een groot meer. Bij een overschot aan elektriciteit wordt zeewater uit het meer in de omringende zee gepompt, bij een tekort stroomt zeewater het meer in terwijl een generator wordt aangedreven.



Schema ruimtelijke inpassing hydro opslag

Debietvariatie: Een waterloop tijdelijk blokkeren zodat het water verzameld wordt in een reservoir en later op een gekozen tijdstip terug laten wegstromen met een zeker debiet. Het water stroomt over een turbine die elektriciteit opwekt. Het gecreëerde debiet bepaalt wanneer en hoeveel elektriciteit er opgewekt wordt.



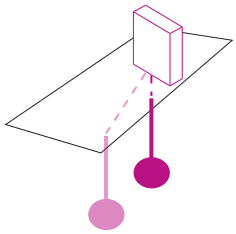
Thermische energie opslag

Diepkoelen: Tijdens de daluren kan een koelcel gekoeld worden tot een lagere temperatuur dan het standaard setpoint. Dit laat een tijdelijke temperatuursvariatie toe, tot aan de kritische temperatuur, zodat het koelen kan uitgesteld worden tijdens piekuren.

Thermische buffer: In daluren wordt de buffer opgewarmd of afgekoeld, zodat deze warmte of koude kan vrijgegeven worden wanneer de vraag hoog is en het aanbod laag is. De buffering kan gebeuren met of zonder Phase Changing Materials (PCM's):

Met PCM's: door verandering van aggregatietoestand kan energie opgeslagen of vrijgegeven worden. Het PCM wordt gekozen in functie van de werkingstemperatuur van de buffer, de soortelijke warmte en smeltwarmte.

Zonder PCM's: warmte of koude wordt opgeslaan in materialen zonder dat deze van aggregatietoestand veranderen. De thermische massa van gebouwen kan ook in deze categorie beschouwd worden.

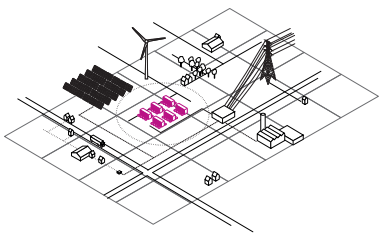


Koude-warmteopslag (KWO) of seizoensopslag: Gedurende een lange periode wordt een zeer grote hoeveelheid van een bufferend medium gebruikt voor de opslag van koude of warmte. Watervoerende lagen in de bodem laten zich uitstekend gebruiken om warmte en koude in op te slaan. In de zomer gebruikt men het koele grondwater om gebouwen te koelen, het opgewarmde water slaat men op in de bodem totdat het in de winter wordt gebruikt om gebouwen te verwarmen.

Gesmolten zout: Er zijn een beperkt aantal realisaties van zonnetorens waarbij gesmolten zout aangewend wordt als primair warmtetransportmedium. Gesmolten zout heeft als voordeel dat het zich tot meer dan 500°C laat verwarmen tegenover max 250°C voor water. Het zout wordt gebruikt om stoom te produceren die dan weer een turbine aandrijft. Gesmolten zout laat zich tevens gemakkelijk opslaan in reservoirs zodat een zonloze periode van ettelijke uren overbrugd kan worden.

Load shifting

Industriële processen of huishoudelijke activiteiten (droogkast, (af) wasmachine, etc.) worden verschoven in de tijd zodat het net op andere momenten (tijdens de daluren) belast zal worden. De vraag wordt hierbij aangepast aan het aanbod van energie op het net. Diepkoelen, zoals hiervoor reeds toegelicht, kan tevens als load shifting beschouwd worden.

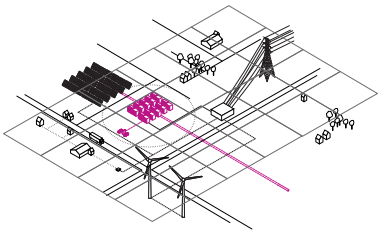


Vliegwiel

Een zware roterende schijf wordt versneld door een elektromotor. Elektriciteit wordt opgeslagen als de kinetische energie van het wiel. Wanneer energie nodig is, fungeert de elektromotor als een generator waardoor het wiel vertraagt en elektriciteit geproduceerd wordt. Wrijving moet tot een minimum beperkt blijven voor de verlenging van de opslagduur. Dit wordt vaak bereikt door het plaatsen van het vliegwiel in een vacuüm en het gebruik van magnetische lagers.

Waterstof
Water wordt door elektrolyse opgesplitst in waterstof- en zuurstofmoleculen. Dit vraagt elektriciteit. Het waterstof kan met behulp van een brandstofcel weer omgezet worden in elektrische energie.

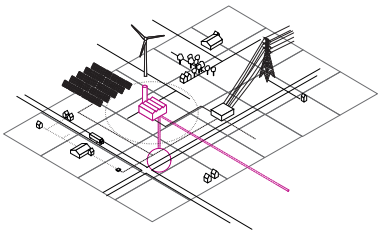
Power to gas
Dit is een technologie om van elektriciteit gas te maken. De eerste methode is elektriciteit gebruiken om water dmv elektrolyse te splitsen in waterstof en dit in het aardgasnet te injecteren (power to gas – hydrogen). Een tweede methode converteert koolstofdioxide en water in synthetisch methaan. De opslag van dit methaan kan gebeuren in de de bestaande infrastructuur voor aardgas.



Schema ruimtelijke inpassing power to gas

Gecomprimeerde lucht
Tijdens de daluren wordt lucht door middel van compressoren omgezet in perslucht en opgeslagen in persluchtvaten of grootschalige structuren (oude mijn of andere soortgelijke geologische structuur). Bij de compressie van lucht wordt deze warm. Dit kan weggekoeld worden of deze thermische energie kan opgeslagen worden. Tijdens de piekuren kan deze energie aangewend worden door:

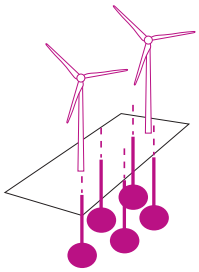
1. Vanuit hoge druk te expanderen, al dan niet over een expansieturbine, naar een verbrandingsinstallatie. Vooraleer deze lucht energetisch kan gevaloriseerd worden, moet deze terug opgewarmd worden met de voorheen opgeslagen thermische energie. Verder kan ook de restwarmte afkomstig van de gasturbine gebruikt worden als extra warmtebron voor de aangevoerde lucht. Door de toename in temperatuur zal deze lucht verder expanderen waardoor de druk kan toenemen.
2. De lucht wordt met gas gemengd in een verbrandingsinstallatie om hierna een gasturbine aan te drijven. Bij luchttoevoer aan hogere drukken kan eenzelfde energie opgewekt worden in eenzelfde gasturbine met slechts 1/3de van het gasverbruik.



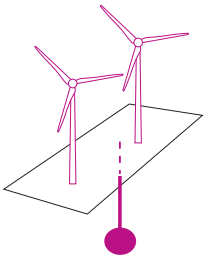
Schema ruimtelijke inpassing compressed air

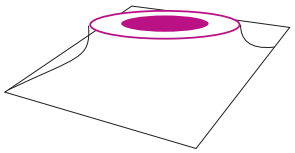
Overige technieken

Onderzee energie zakken
Een overschot aan energie wordt gebruikt om samengeperste lucht te pompen in opblaasbare zakken, waardoor deze zakken uitzetten. Als er energie nodig is perst de druk onder water de lucht naar boven door een turbine die er elektriciteit van maakt.
(deze technologie is nog in ontwikkeling)

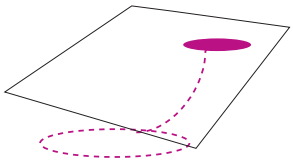


Onderwater opslag centrale
Dit systeem gebruikt de waterdruk op de zeebodem om mechanische energie om te zetten in een pompcentrale. Het water stroomt in de turbine die energie produceert. Het aantal verbonden reservoirs bepaalt het vermogen van de centrale. Hoe dieper de reservoirs zijn, des te groter de druk en hiermee ook de energie die opgeslagen kan worden in een tank.

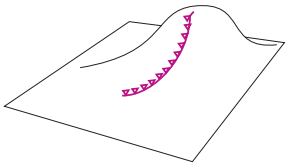




Ringwand
De ringmuur is een plan voor een opslag centrale van een diameter van 11.4 km en een hoogte van 215m. Het systeem bestaat uit een laag basin en een hoog basin. De zijkanten van het basin zijn bedekt met PV panelen. en op de ringmuur staan windtubines. De opslag centrale werkt op een vergelijkbare manier als de pompcentrale.



Ondergrondse pompcentrale
Er wordt onderzoek gedaan naar hydropomp centrale die gebruik maken van bestaande ondergrondse reservoirs, zoals bijvoorbeeld oude mijnen (kool/zout).
Bij deze techniek bestaat het gevaar dat dit scheuren en instortingen veroorzaakt.



Mijn-centrale
In plaats van het gebruiken van water om energie op te slaan in de vorm van zwaarte-energie, kan ook grind worden gebruikt.
De ruimtelijke impact van dit systeem is veel minder ingrijpend dan de waterkrachtcentrale.
Dit systeem is nog in de concepetfase.

Voor- en nadelen
Energieopslag en flexibiliteit kunnen de volgende economische, energetische en ecologische voordelen bieden:
- Laten toe de waarde van elektriciteit te verhogen en kunnen hiermee hernieuwbare energie meer rendabel maken
- Laten toe de energiefactuur van verbruikers te verminderen
- Zorgen voor een afvlakking van de elektriciteitsprijzen (en verlagen prijspieken) waardoor risico's beperkt worden
- Kunnen de huidige piekproductie vervangen
- Kunnen de stabiliteit en betrouwbaarheid van het net versterken

Kortom, ze dragen bij tot de bevoorradingszekerheid en tot de betaalbaarheid van het energiesysteem. In samenwerking met een doorgedreven ontwikkeling van hernieuwbare energie maken ze het energiesysteem bovendien duurzamer

De nadelen van energie opslag zijn de volgende.
Opslag van elektriciteit is moeilijk en duur. Bovendien treden er telkens energieverliezen op, die bij sommige technologieën belangrijk kunnen zijn. Afhankelijk van de technologie, kan het soms meer een financieel verhaal zijn dan een energetisch of ecologisch verhaal. Zo kunnen sommige opslagtechnologieën een niet te onderschatten impact hebben op het milieu (umped hydro-storage vraagt veel plaats, batterijen bevatten chemische stoffen)
Bij flexibiliteit speelt dit minder een rol. Met behulp van de huidige beschikbare technologieën kan soms al veel flexibiliteit worden gevaloriseerd zonder milieu-impact, grote energieverliezen of kwaliteits/ comfortverliezen tot gevolg.

Compatibiliteit en uitwisselingsmogelijkheden
Momenteel beschikt Elia over de mogelijkheid om de stabiliteit en de bevoorradingszekerheid van het net te garanderen door middel van :
Selectieve afschakeling: er zijn wettelijke voorschriften die bepalen welke klanten als eerste kunnen worden afgeschakeld (landelijke gebieden) en welke klanten prioritair bevoorraad moeten worden (Seveso-bedrijven, militaire gebieden, luchthavens enz.). Dit wordt gedaan indien de productiecapaciteit niet langer kan voldoen aan de vraag;
Regeling productiecapaciteit: Bijvoorbeeld Electrabel heeft samen met BASF (50/50), een STEG-centrale van 395 MWe op het terrein van BASF. Deze kan door Elia gebruikt worden om het hoogspanningsnet te stabiliseren en de productie af te stemmen op de vraag.
Naar analogie met bovenstaande principes zouden (grote) elektrische opslagsystemen van bedrijven ingeschakeld kunnen worden in het net om dit te stabiliseren bij een tekort of overaanbod van de productiecapaciteit.

Relevant toepasbare schaal
De toepasbare schaal is afhankelijk van de technologie. Er kan een ruwe opdeling gemaakt worden in grote (tiental MW tot GW) versus kleine (enkele kW) schaal:
Grote schaal:
- Vanadium Redox Flow batterij
- Pompcentrale
- Thermische opslag (zonder PCM's)
- Gecomprimeerde lucht
- Power-to-gas
- Waterstof

Kleine schaal:
- V2G
- Kleine batterijen
- Load shifting
- Thermische opslag
- Vliegwiel

Locaties met het grootste bronpotentieel
Het merendeel van de technieken kan op eender welke locatie toegepast worden. Voor volgende technieken bieden specifieke locaties toch meer potentieel:
- Debietvariatie: de aanwezigheid van een waterloop en plaats om water tijdelijk te 'stockeren'
- Pompcentrale: plaats voor twee reservoirs met voldoende hoogteverschil tussen beide
- Koude-warmteopslag: de aanwezigheid van watervoerende lagen in de bodem
- Gecomprimeerde lucht: aanwezigheid van oude mijnen of soortgelijke geologische structuren

- De positie van de opslag ten opzichten van de bron en het net is belangrijk.
- Indien de opslag zich tussen de bron en het net bevindt, wordt de opslag niet optimaal gebruikt omdat het enkel de pieken van de bron opvangt en niet de pieken van het hele systeem. (systeem 1)
- Indien de opslag zich elders bevindt, zorgt dit er voor dat de opslag optimaal gebruikt kan worden. (systeem 2)
- Het voordeel van opslag tussen de bron en het net is dat het net minder snel overbelast raakt. Hierdoor zijn minder investeringen in het elektriciteitsnet nodig.
- Uitbreiding van het hoogspanningsnet heeft een grote ruimtelijke impact.

- Systeem centrale productie: Een woning krijgt stroom vanaf het net.

- Paticulieren produceren: Doordat particulieren gaan produceren, door middel van PV panelen op woningen, gaan deze ook leveren aan het net.

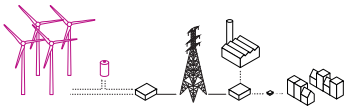
- Doordat de opslag bij de particulier is ondergebracht, vermindert de belasting van het net.

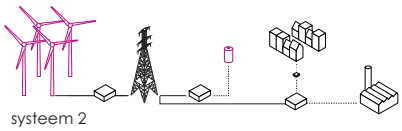
- Als er op een laagspanningsnet te veel woningen zijn die pv-panelen hebben, dan kan bij piek productie van stroom het laagspanningsnet overbelast raken.
- Het laagspanningsnet heeft een relatief kleine capaciteit waardoor dit al snel kan gebeuren. Hierdoor kan de geproduceerde stroom niet worden terug geleverd aan het net.

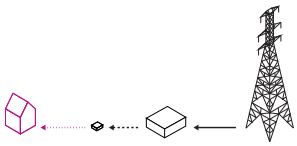
- Om de overbelasting van het laagspanningsnet te voorkomen kan er opslag op straat (of aansluitings) niveau een oplossing bieden. Hierdoor wordt het net niet overbelast en kan geproduceerde stroom op een later moment gebruikt worden.
- Dit ontlast tevens het midden- en hoogspanningsnet (als er op grote schaal geproduceerd wordt).
- Elektrische auto's: Bij overproductie op straat (of aansluitings) niveau, kan de stroom eveneens gebruikt worden voor het opladen van elektrische auto's. De accus werken als buffer. Dit kan eveneens een overbelasting voorkomen.

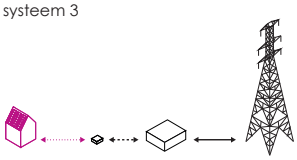
- Buffering kan net als opslag op verschillende manieren. Het kan op een willekeurige plaats in het netwerk, maar het kan ook in de buurt van de opwekking.

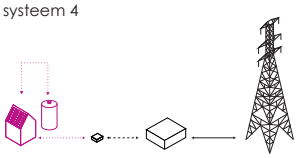
- Het voordeel van buffering (in de vorm van koelcellen) is dat dit geen extra ruimtegebruik vergt. Door de koelcellen te gebruiken als buffering hebben ze een dubbel gebruik.

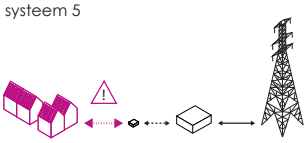

systeem 1

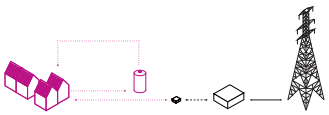

systeem 2

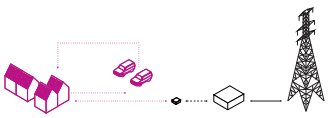

systeem 3

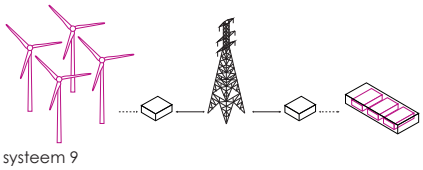

systeem 4

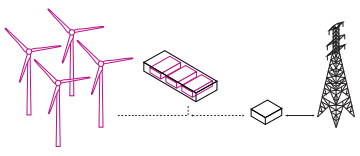

systeem 5


systeem 6


systeem 7

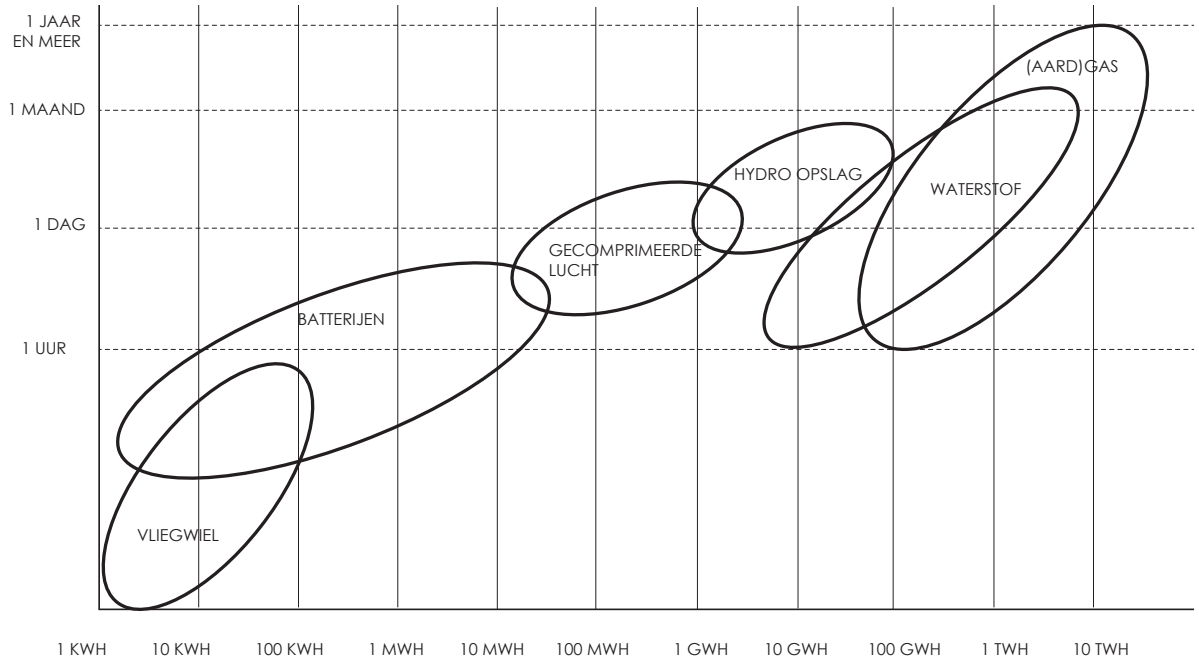

systeem 8


systeem 9


systeem 10

Toepassingsniveau van opslagtechnieken

TECHNOLOGIE	TOEPASSINGSNIVEAU
◦ Batterij	
- Redox flow batterij	stadsdeel
- kleine batterij	woning
◦ Hydro opslag	
- waterkrahctcentrale	provincie
◦ Thermische opslag	
- diepkoelen	bedrijf
- thermische buffer PCM	gebouw
- thermische buffer	stadswijk
- koude-warmte opslag	stadswijk
◦ Anderen	
- vliegwiel	straat
- waterstof	wijk
- elektriciteit naar gas	wijk
- gecomprimeerde lucht	provincie



Opslag capaciteit en duur per opslagtechnieken

Appendix 10 Opbouw datamodel landschapstypes

De verschillende themalagen - bodembedekking, bodemtextuur en -drainage en digital hoogtemodel - die de differentiërende attributen visualiseren, zijn geëxporteerd als een '.tiff' bestand. Deze verschillende beelden zijn gecombineerd in een RGB-kleurenbeeld, waarbij elk beeld van een themalaag werd beschouwd als een individuele band in het RGB-kleurenbeeld. In de tweede stap wordt dit RGB-kleurenbeeld gesegmenteerd, gebruik makend van het beeldverwerkingspakket Definiens Professional (het voormalige eCognition). Dit is een beeldverwerkingssoftware, waarmee het mogelijk is om beelden, zoals luchtfoto's en satellietbeelden, te analyseren, classificeren en interpreteren. De vier '.tiff' bestanden worden ingeladen als een RGB-kleurenbeeld waarna gebruik wordt gemaakt van de 'automatische segmentatie-tool' die polygonen afbakent op basis van de kleurverschillen in het RGB-kleurenbeeld. Het resultaat zijn allemaal kleine polygonen die overeenkomen met de afbakening van de landschappelijke eenheden.
Alvorens via statistische analyses de landschapstypes te bepalen werden de gebieden (die kleine polygonen) met een oppervlakte < 10.000 m² samengevoegd met het aanliggende gebied met de grootste gemeenschappelijke zijde (aangezien gebieden kleiner dan 10.000m² niet beschouwd worden als individueel landschapstype wegens te kleine oppervlakte). Na het uitvoeren van een clusteranalyse voor Vlaanderen kon een onderscheid tussen 70 clusters gevonden worden. De 70 originele landschapstypes, die voor dit onderzoek zijn verdeeld in zeven complexen van landschapstype.
In de tabel hieronder zijn een aantal van deze landschapstypes beschouwd. Zo hebben alle polygonen aangeduid als cluster 1, een bodemgebruik (BG) waarvan minimum 50% wordt ingenomen door de landgebruikscategorie gesloten urbaan (C) (deze categorie omvat residentiële, commerciële, overheidsgebouwen, culturele gebouwen en sportcomplexen).

Cluster	Legend code	Legend description	BG > 50	20 < BG < 50	20 < BG < 50	10 < BG < 20	10 < BG < 20	10 < BG < 20
1	Cai.PM.b	Closed Urban	C			a	i	
2	Oc.X.b	Landscapes	O			c		
3	Oca.BD.d		O			c	a	
4	Oiin.PS.a	Open Urban		O		i	in	
5	Oa.SDw.b	Landscapes		O	a			
6	Oinci.X.b			O		in	c	i
7	Oa.SD.b			O	a			
8	Odi.DU.a			O		d	i	
9	Oai.SLD.b			O	a	i		
10	Oa.SW.b			O	a			
11	Oa.SLWd.b			O	a			
12	Oa.LD.d			O	a			
13	Iin.PS.a	Industrial	I			in		
14	Io.B.b	Landscapes	I			o		
15	Iao.PM.a		I			a	o	
16	Ioa.PO.a			I		o	a	
17	Io.SD.b			I		o		
18	Idoa.SW.b			I		d	o	a

Landcover	Closed Urban	C	**Soil_Texture**	Building area and waterways	B	**DTM**	0-10m
	Open Urban	O		Artificial Ground	A		10-30m
	Industry	I		Peat	P		30-60m
	Forest	F		Coastal Dunes	DU		60-100m
	Agriculture	A		Moervaart	M		> 100m
	Dry Natural Vegetation	D		Landdunes	LU		
	Wet Natural Vegetation	WV		Sand	S		
	Infrastructure	IN		Sandy Loam	SL		
	Water	W		Loam	L		
				Clay	C		
			Soil_Drainage	Dry	D		
				Wet	W		
				Very Wet	VW		
			Poldergrounds	Polders Oudland	PO		
				Polders Middelland	PM		
				Polders Nieuwland	PN		
				Polders Nieuwland van het Zwin	PZ		
				Moeren	MO		
				Historische Polders van Oostende	HO		
				Scheldepolders	PS		

Capital letter	Dominant
No Capital letter	Not dominant

Cai.PM.b

Vereenvoudigde landschapstype:

Gesloten urbaan landschap: Kernstad, stedelijke agglomeratie met industrie en infrastructuur, overheidsgebouwen en culturele gebouwen, sportcomplexen, commerciële bebouwing

Open urbaan landschap: Randstad, open en gesloten bebouwing met infrastructuur, verkavelingen, lintbebouwing en parken

Industrielandschap: Industrie en haven

Boslandschap: Naaldbos, loofbos, populierenbos

Landbouwlandschap: serres, boomkwekerij, boomgaard, weiland en akkerland

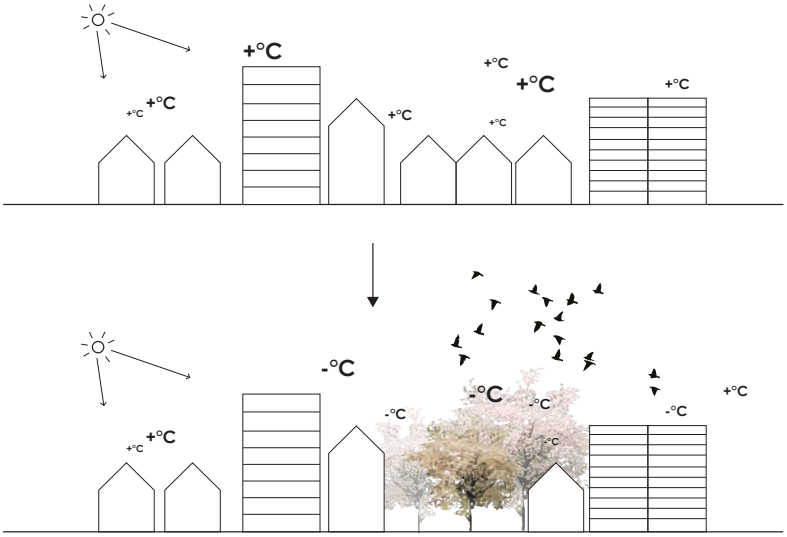
Natuurlijke vegetatie: heide, kruidachtige begroeiing, rietland, drasland en moeras, slikke en schorre

Waterlandschap: waterlopen en watervlakken

Apendix 11 Hittestress

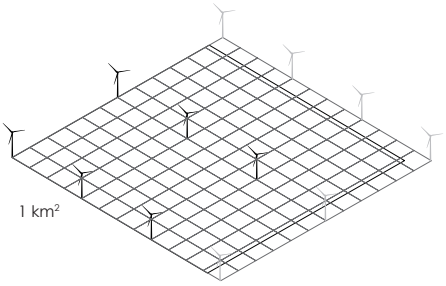
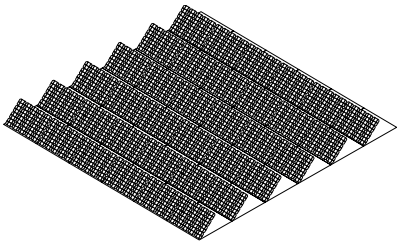
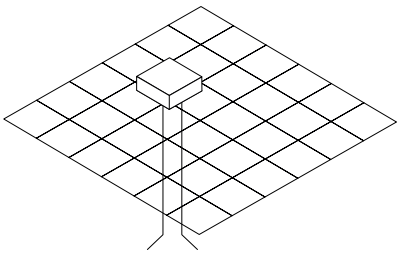
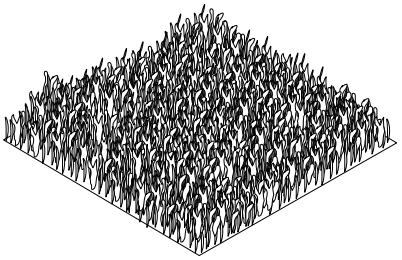
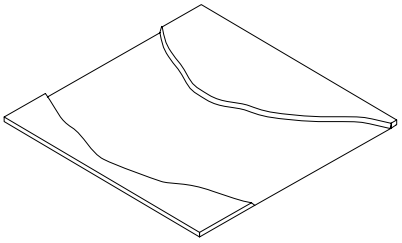
Dichtbebouwd stedelijk gebied met veel verhard oppervlakte kan te maken krijgen met hittestress. De temperaturen stijgen dan omdat er veel massa is die door de zon opgewarmd wordt en waarin de warmte vastgehouden kan worden. Op een warme dag kan het temperatuurverschil tussen de stad en het gebied daar omheen flink oplopen.
Deze warmte zorgt er voor dat er extra gekoeld zal moeten worden waardoor er meer energie verbruikt wordt voor bijvoorbeeld koeling.
Groen, bomen en water zorgen voor een afname van temperatuur.
De ruimtelijk indeling van een stad, de dichtheid en de aanwezigheid van groen gebied, bomen en water zijn dus van belang voor de warmte huishouding van bebouwd gebied.

Meer groen in stedelijk gebied draagt eveneens bij aan een aangenaam leefklimaat en recreatie gebied.



Figuur: hittestress principes

Appendix 12 Opbrengst per km² per energiebron

Bron	Theoretische inpassing km²	Theoretische opbrengst km²
Wind		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 m². 1.000.000 / 153.600= 6,5 turbines in een km². Bij een gemiddeld aantal vollasturen van 2.000 geeft dit een totaal van 2MW x 6,5 x 2.000 =**26.000 MWh/km²/jaar.**
Zon		Opbrengst van pv-panelen per 10m² is ca. 1kWp. voor PV . Een paneel heeft ongeveer 900 vollasturen/jaar. De opbrengst is dan ca. **90.000 MWh/km²/jaar** Opbrengst thermische zonne-collectoren is ca. **400.000 MWh/km²/jaar**
Geothermie		De gemiddelde temperatuur die kunnen worden ophaald in Vlaanderen liggen tussen de 30°C en de 85°C ligt 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 werkelijke potentie voor opbrengst Geothermie is op het moment van deze studie nog niet gekend.
Biomassa		MIscanthus. Opbrengst per km² is voor het energiegewas **6.100 MWh/j.**
Water		De opbrengst van energie uit waterkracht is moeilijk in km² uit te drukken. Bovendien is er in Vlaanderen geen noemenswaardige potentie voor waterkracht.

