Ruimtelijke verkenning naar Duurzame Energie in Oss

Mogelijkheden voor het realiseren van de ambitie energieneutraal Oss in 2050

projectnummer 411007
definitief
7 april 2017

Understanding today.
Improving tomorrow.

Ruimtelijke verkenning naar Duurzame Energie in Oss

Mogelijkheden voor het realiseren van de ambitie energieneutraal Oss in 2050

projectnummer 411007

definitief
7 april 2017

Auteurs
Wilco Wolfs
Maarten de Vlugt
Luc Pellis

Opdrachtgever
Gemeente Oss
Postbus 5
5340 BA Oss

datum vrijgave	beschrijving revisie	goedkeuring	vrijgave
7/4/2017	definitief	drs. J.A.A. van de Heijning	ir. H.A.M. van de Wetering

Inhoudsopgave

		Blz.
Samenvatting		**3**
1	**Inleiding**	**5**
1.1	Leeswijzer	5
2	**Windenergie**	**6**
2.1	Wat verstaan we onder windenergie?	6
2.2	Wat levert windenergie op?	6
2.3	Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?	7
2.4	Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?	7
2.5	Mogelijke locaties voor windenergie in Oss	9
2.6	De rol van windenergie in de Osse energietransitie	12
2.7	Innovaties & kleinschalige vormen van windenergie	12
2.8	Samenvatting windenergie	13
3	**Zonne-energie**	**14**
3.1	Wat verstaan we onder zonne-energie?	14
3.2	Wat levert zonne-energie op?	14
3.3	Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?	15
3.4	Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het we en waar niet?	16
3.5	Mogelijke locaties voor zonne-energie in Oss	16
3.6	De rol van zonne-energie in de Osse energietransitie	17
3.7	Innovaties & kleinschalige vormen van zonne-energie	18
3.8	Samenvatting zonne-energie	18
4	**Waterkracht**	**19**
4.1	Wat verstaan we onder waterkracht?	19
4.2	Wat levert waterkracht op?	19
4.3	Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?	19
4.4	Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?	20
4.5	Potentiële locaties voor waterkracht in Oss	20
4.6	De rol van waterkracht in de Osse energietransitie	21
4.7	Innovaties & kleinschalige vormen van waterkracht	21
4.8	Samenvatting waterkracht	21
5	**Bodemenergie**	**22**
5.1	Wat verstaan we onder bodemenergie?	22
5.2	Wat levert bodemenergie op?	23
5.3	Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?	23
5.4	Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?	24
5.5	Mogelijke locaties voor bodemenergie in Oss	25

5.6 De rol van bodemenergie in de Osse energietransitie 26
5.7 Innovaties & kleinschalige vormen van bodemenergie 27
5.8 Samenvatting bodemenergie 28

6 **Bio-energie** **29**
6.1 Wat verstaan we onder bio-energie? 29
6.2 Wat levert bio-energie op? 29
6.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet? 30
6.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet? 30
6.5 Potentiele locaties voor bio-energie in Oss 31
6.6 De rol van bio-energie in de Osse energietransitie 32
6.7 Innovaties & kleinschalige vormen van bio-energie 33
6.8 Samenvatting bio-energie 34

Samenvatting

Gemeente Oss heeft de ambitie om in 2050 energieneutraal te zijn. Dat kan deels door op het huidige energieverbruik te besparen. Anderzijds kan dat doel worden gehaald door duurzaam opgewekte energie te gebruiken. Oss zet in op 50% besparing van de energieconsumptie in 2050, ten opzichte van nu. Daarnaast is Gemeente Oss van plan van de resterende energiebehoefte ongeveer de helft van buiten de gemeente te betrekken en wil men het resterende deel op eigen grondgebied opwekken. Onderzoek van CE Delft heeft inzichtelijk gemaakt dat het noodzakelijk is om in dat geval 1.910 Terajoule (TJ) binnen de gemeentegrenzen op te wekken.

Dit rapport bevat een verkenning naar vijf hoofdvormen van duurzame energie en de mogelijkheden daarvan voor Oss. Het is in de basis een ruimtelijke verkenning. Een verkenning gestoeld op randvoorwaarden die door de huidige wet- en regelgeving aan de diverse vormen van duurzame energie wordt gesteld. *Waar mag het?* Daarnaast wordt er aandacht aan randvoorwaarden die nodig zijn om de energievormen toe te kunnen passen. *Waar kan het?* Ook daar wordt in voorliggend rapport aandacht aan besteed. Hieruit volgt inzicht in de mogelijkheden van toepassing van de energievormen voor Oss en de rol die de energievormen kunnen spelen in de Osse energietransitie. *Wat kan het bijdragen aan duurzame energie voor Oss?* Per energievorm is dit vertaald in een kansenkaart met toelichting.

Windenergie vraagt veel ruimte en heeft een impact in een wijde omtrek. Bij de inpassing van windenergie is diverse regelgeving van toepassing. Windenergie kan dus niet overal. Het Osse grondgebied is omvangrijk en kent grote open gebieden. Er is ruimte voor windenergie. Op enkele plekken is plaats voor kleine lijn- of clusteropstellingen. Een aantal gebieden binnen de gemeente biedt goede potentie voor de inpassing van grotere opstellingen van windturbines:

- ✓ het open agrarisch gebied aan de westzijde van de gemeente, tegen de grens met gemeente ’s-Hertogenbosch;
- ✓ een gebied aan de noordoostzijde van de gemeente, aan de Maas;
- ✓ het gebied ten noordoosten van Oss, grofweg gelegen ten zuidoosten van het dorp Haren en ten noorden van de spoorlijn Oss-Nijmegen;
- ✓ het open gebied direct ten noordoosten van de kern Oss dat aansluit op bedrijventerrein Elzeburg-de Geer, met als mogelijkheid een directe verbinding met aanwezige bedrijfs- en industriële activiteiten als gebruikers.

Windenergie vraagt veel ruimte, maar is ook effectief. De grote windmolens wekken veel energie op. Met circa 90 grote windmolens kan worden voorzien in de hele Osse energiebehoefte in 2050.

Zonne-energie is flexibel, vraagt weinig van zijn omgeving en kan daardoor beperkte impact op de omgeving worden ingepast. Zonne-energie kan dus op veel plekken. Anders dan bij windenergie, kan uit veel meer locaties worden gekozen voor de toepassing van zonne-energie. Keuzes voor de landschappelijk en technisch meest optimale locaties liggen dan ook voor de hand. Zonne-energie biedt kansen voor dubbelgebruik van locaties, wanneer er een slimme koppeling met andere functies wordt gemaakt. Bijvoorbeeld dak opstellingen van grote bedrijfspanden of nabij windmolens. Zonne-energie biedt mogelijkheden om een substantiële bijdrage te leveren aan de Osse energiebehoefte in 2050. Er is wel een omvangrijk oppervlak met zonnepanelen voor nodig. Het exacte oppervlak is van allerlei factoren afhankelijk, met indicatief 6 - 9,5 km^2 kan in de volledige Osse ambitie van 1.900TJ worden voorzien.

Waterkracht biedt beperkte, nog onzekere, mogelijkheden voor een bijdrage aan de Osse energietransitie. Oss ligt niet aan of nabij zee, getijdenenergie of Osmose zijn daarmee geen

mogelijkheid. Wel zijn er waterstromen die de gemeente passeren of doorkruisen. Hierdoor bestaan mogelijkheden voor de productie van elektriciteit met stromend water, door een stuw of sluis. In de Maas wordt waterkracht al benut bij het Prinses Maximasluizencomplex. Een bestaand kunstwerk in een waterloop dat nog niet wordt benut voor het opwekken van energie zijn de schutsluizen bij Macharen in het burgemeester Delenkanaal. In aanleg is het mogelijkheid om daar elektriciteit uit waterkracht te winnen. De technische, economische en praktische haalbaarheid zal nader onderzocht moeten worden, net als de feitelijke omvang van de energie die kan worden gewonnen op de locatie.

Bodemenergie biedt goede mogelijkheden om de warmtevraag duurzaam in te vullen en wordt daardoor voor de toekomst beschouwd als een belangrijke vervanger aardgas. Warmte- en koudeopslag (WKO), waarbij temperatuurverschillen tussen lucht en de ondiepe ondergrond (tot 500 meter) worden benut, kan en mag op veel plekken. De techniek wordt al toegepast in (kantoor)panden en woonwijken van recente datum en leent zich voor verdere uitrol. Geothermie is grootschaliger, het gaat om het winnen van aardwarmte van grotere diepte (500 tot 3.500 meter). Geothermie kan niet overal en heeft impact op zijn omgeving. De opsporing en winning van aardwarmte dieper dan 500 meter valt onder de strenge Mijnbouwwet. Onderzoeksinstituut TNO heeft de potentie voor geothermie, gebaseerd op geschiktheid van de ondergrond, voor Nederland in beeld gebracht. Hieruit blijkt enkele locaties, vooral in het westelijk deel van het Osse grondgebied, potentie hebben voor het winnen van energie met geothermie.

Voor de haalbaarheid van bodemenergie is de combinatie van passende *vraag* en *aanbod* op een locatie maatgevend. Het distribueren van warmte over grotere afstand is technisch erg lastig, vanwege de omvangrijke infrastructuur die nodig is voor aan- en afvoer van water tussen de bron en gebruiker. De verwachting is dat technisch gezien een groot deel van de Osse warmtevraag in 2050 (ruim 1.020 TJ) ingevuld kan worden met bodem warmte-installaties. Er zijn specifieke installaties, radiatoren en/of vloerverwarming nodig voor bodemenergie. Daarnaast vraagt het om grootschalige aanleg van distributie netten. Voor het op grote schaal benutten van bodemenergie zijn dus grote technische en economische inspanning nodig.

Bio-energie toont de meeste vergelijking met conventionele (kolen of gas) energie.
Simpel gezegd, is enkel de brandstof verschillend. Bio-energie is er gebaseerd op uiteenlopende reststromen bijvoorbeeld vanuit mest, hout- en gft afval, rioolslib en akkerbouw. Deze worden tot in verschillende processen tot verschillende producten verwerkt, zoals biogas, groengas en elektriciteit.

Een voordeel ten opzichte van andere duurzame energievormen is dat bio-energie installaties regelbaar zijn. Ze kunnen productie en vraag op elkaar afstemmen. Daarnaast is bio-energie geconcentreerd; met één installatie kan veel energie worden opgewekt. De locatie van installatie die werken op verplaatsbare reststromen (hout, gft, landbouwresidu) kan worden gekozen. De vragen *waar kan het en waar mag het* zijn daarom niet van primair belang om de bijdrage van bio-energie aan de Osse energietransitie te bepalen. De bijdrage van bio-energie is sterk afhankelijk van de omvang van beschikbare reststromen. De gemeente Oss levert momenteel 25.000 ton biomassa aan een bio-energiecentrale buiten de gemeente. Wanneer deze biomassa Hiermee kan, in een gunstig geval, in circa 10% van de energiebehoefte worden voorzien. Door een intensiever gebruik van beschikbare reststromen, bijvoorbeeld op de RWZI Oijen, kan het aandeel mogelijk worden verhoogd. Bio-energie projecten zijn technisch en daardoor economisch complex vergeleken met zon- on windenergie.

1 Inleiding

Gemeente Oss heeft als ambitie om in 2050 energieneutraal te zijn. Dat kan deels door op het huidige energieverbruik te besparen. Anderzijds kan dat doel worden gehaald door duurzame energie te gebruiken. Deels door duurzame energie op te wekken binnen de gemeentegrenzen van Oss en deels door duurzame energie van elders te gebruiken, bijvoorbeeld van windmolens op de Noordzee. Gemeente Oss kiest er voor om globaal 25% van de totale energiebehoefte in 2050 binnen de eigen gemeentegrenzen op te wekken. Die keuze betekent dat er veel energie lokaal opgewekt gaat worden. Grootschalig vormen van duurzame energie binnen de gemeentegrenzen van Oss zijn daarvoor noodzakelijk.

Een ruimtelijke verkenning naar alle duurzame energiesoorten is nodig om de verschillende mogelijkheden voor Oss in beeld te brengen. Dit rapport bevat deze verkenning. Een verkenning gebaseerd op randvoorwaarden die door de huidige wet- en regelgeving aan de diverse vormen van duurzame energie wordt gesteld. Omgekeerd stellen duurzame vormen van energie randvoorwaarden aan de omgeving en aan een optimaal gebruik. Ook daar wordt in voorliggend rapport aandacht aan besteed.

1.1 Leeswijzer

Dit rapport is opgebouwd langs vijf hoofdvormen van duurzame energie. Van elk van deze vormen wordt een beschrijving gegeven van de mogelijkheden van toepassing er van in Oss. Per energievorm is dit vertaald in een kansenkaart met toelichting. De hierna volgende hoofdstukken zijn als volgt opgebouwd:

1. Een omschrijving van de duurzame energievorm: *Waar praten we nu eigenlijk over?*
2. De randvoorwaarden die de energievorm aan de omgeving stelt. *Wat is er nodig om de betreffende technologie te kunnen toepassen, waar kan het*?
3. De mogelijke opbrengst van de energievorm. *Wat levert het op aan duurzame energie?*
4. Welke voorwaarden stelt de energievorm aan de omgeving. *Waar kan het?*
5. Welke voorwaarden stelt de omgeving[1] aan de energievorm. *Waar mag het?*
6. Als resultaat van de verkenning: welke mogelijkheden, vanuit ruimtelijk oogpunt, bieden de verschillende energievormen voor Oss?
7. Inzicht in kansen en kansrijke locaties van de betreffende energievorm voor Oss en een doorkijkje naar het aandeel die de duurzame energievorm kan gaan spelen in de Osse energietransitie.
8. Afsluiting met een korte inkijk in kleinschalig gebruik, (verwachte) ontwikkelingen en een samenvatting per energievorm.

De ruimtelijke toepassing van duurzame energievormen in Oss kunnen afzonderlijk en gezamenlijk in een digitale kansenkaart worden beoordeeld. Een interactieve digitale dashboard toepassing geeft daarvoor de kansen voor een mix van energievormen ruimtelijk weer. Hierdoor wordt de kwantitatieve opgave (25% van het energieverbruik) verbonden met de ruimtelijke mogelijkheden van een mix van duurzame energievormen.

[1] Nabij de gemeentegrens moet vanzelfsprekend rekening met beperkingen aan de andere kant van de grens worden gehouden. Daarom is voor de mogelijkheden voor duurzame energie in Oss ook een gebied van 3 km rondom de gemeentegrens van Oss betrokken.

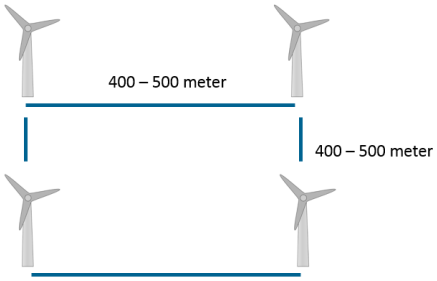
2 Windenergie

2.1 Wat verstaan we onder windenergie?

Windenergie is energie die opgewekt wordt door de bewegingsenergie van stromende lucht, wind, te benutten. Die energie wordt door het aandrijven van een generator in een windmolen omgezet in elektriciteit. Windmolens zijn er van klein, voor op het dak van een woning of op een erf, tot groot, met een tiphoogte van meer dan 200 meter. Met windenergie wordt hier het benutten van windkracht met grondgebonden windmolens van grote omvang en vermogen bedoeld.

Windturbine
Een windturbine met een tiphoogte tussen circa 150 meter en circa 210 meter en een geïnstalleerd vermogen van meer dan 2MW.

Windpark
Een opstelling van drie of meer windturbines met een tiphoogte tussen circa 150 meter en circa 210 meter en een geïnstalleerd vermogen van meer dan 2MW per stuk. De opstelling kan op verschillende manieren worden vorm gegeven. In de praktijk komen naast lijnopstellingen ook raster- en wolkopstellingen voor. Een rasteropstelling geeft het grootste aantal windturbines per km² en dus ook de meeste opbrengst van elektriciteit per km². In figuur 2.1 is een voorbeeld van een kleine rasteropstelling te zien.



Figuur 2.1: raster als mogelijke parkopstelling windturbines

2.2 Wat levert windenergie op?

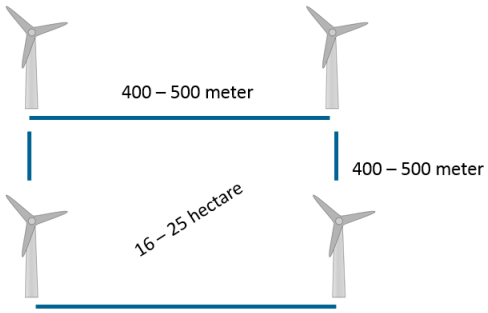
- ***Energieopbrengst per windturbine***

Een moderne windturbine met een ashoogte van circa 120 meter en rotordiameter van circa 120 meter produceert op een locatie in het binnenland indicatief circa 7.500 -10.000 MWh per jaar. De exacte productie is afhankelijk van verschillende factoren, zoals het windaanbod op locatie, opstelling van de turbine (alleen of in een park) en de exacte hoogte en rotordiameter. Maar ook van duur van de stilstand vanwege onderhoud of om hindereffecten op bijvoorbeeld vogels te beperken.

- ***Energieopbrengst per hectare***

Windturbines worden om uiteenlopende redenen veelal in *parkopstelling,* dat wil zeggen met meerdere windmolens in slimme samenhang met elkaar, geplaatst. Een windpark in een rasteropstelling van vier turbines met een onderlinge afstand van 400-500 meter claimt een

gebied met een oppervlakte van 0,16 - 0,25km^2 (16 - 25 hectare). Dit is schematisch weergegeven in figuur 2.2. De opbrengst per hectare is daarmee gemiddeld op circa 1,5 GWh per hectare per jaar. Het gebied tussen de windturbines blijft bruikbaar voor andere functies. Agrarische, recreatieve, en een beperkt aantal bedrijfsmatige functies zijn goed verenigbaar met een windpark.



Figuur 2.2: oppervlakte gebruik windmolenpark

2.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?

Voor windenergie is ten eerste windaanbod van belang. Het windaanbod varieert, ook binnen Nederland, per locatie, in de tijd en met hoogte. Daarnaast hebben windmolens relatief veel ruimte nodig. Ruimte ten opzichte van andere infrastructuur en ruimte vanwege een minimale onderlinge plaatsingsafstand.

- ***Onderlinge afstand: plaatsingsruimte***

Het feitelijke grondgebruik van een individuele windturbine en bijbehorende infrastructuur, zoals kabels, transformator en schakelstation, is beperkt. De omvang en het ontwerp van de infrastructuur van het gehele park is afhankelijk van type windmolen, locatie en situering. Ook de bodemgesteldheid ter plaatse is van belang. De bekabeling voor de afvoer van de geproduceerde elektriciteit wordt ondergronds aangelegd. Daarnaast is er een ronde fundatie van de turbine met een gemiddelde diameter van 15 à 20 meter, een toegangsweg en een kraanopstelplaats van gemiddeld circa 30 bij 40 meter. Het grondgebruik van een individuele turbine inclusief alle bijbehoren zal in de regel maximaal 10.000M^2 (1 hectare) beslaan.

Windturbines dienen op een onderlinge afstand van circa viermaal de rotordiameter te worden geplaatst. Deze tussenafstand is nodig vanwege turbulentie van de luchtstroom die de wieken veroorzaken. Wanneer de windturbines op een te korte afstand van elkaar worden geplaatst heeft dit een negatief effect op de omvang van de elektriciteitsproductie, waarmee de opbrengst als totaal vermindert. Daarnaast leidt te veel turbulentie tot te hoge dynamische krachten op de constructie waardoor de levensduur beperkt wordt. Bij windturbines met een rotordiameter in de range van 100-120 meter is er daarom een onderlinge afstand van 400-500 meter gebruikelijk.

2.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?

Naast beleid is er ook wet- en regelgeving van invloed op de keuze van de locaties waar windturbines kunnen worden geplaatst. Door regelgeving voor geluid, slagschaduw, veiligheid en radarverstoring gelden minimale afstanden voor windturbines tot bepaalde objecten of zelfs uitsluiting van bepaalde gebieden. De gehanteerde vuistregel afstanden voor de kansenkaart windenergie zijn in tabel 2.1 samengevat weergegeven. De feitelijke afstanden zijn project specifiek en afhankelijk van locatie, type en omvang van turbine. Daarom zijn hier gemiddelde

vuistregel waarden gehanteerd. Overigens neemt de omvang van de gehanteerde afstanden niet evenredig toe met de grootte van de windturbine.

Tabel 2.1: gehanteerde vuistregelafstanden windturbines t.b.v. kansenkaarten

	minimaal	maximaal
gevoelige objecten	350	500
Hoogspanning- en buisleidingen	130 meter	180 meter
auto-, spoor-, en waterwegen	-	60 meter
kwetsbare objecten	130 meter	180 meter
beperkt kwetsbare objecten	40 meter	60 meter

- ***Afstand tot geluid gevoelige objecten***

Woningen, scholen en ziekenhuizen zijn door het gebruik gevoelige objecten voor geluid- en slagschaduwhinder. In het Activiteitenbesluit zijn normen gesteld aan de emissie die een windturbine mag hebben van geluid[2] en slagschaduw[3]. Geluidemissie is maatgevend voor de afstand van windturbines tot gevoelige objecten, slagschaduw is relatief eenvoudig en tegen beperkte productieverliezen te beperken. De geluidemissie van een windturbine of een windpark is van diverse factoren afhankelijk, zoals de ruwheid van de omgeving, de lokale windcondities, de parkopstelling, het turbinetype en eventuele getroffen beperkende maatregelen. Op basis van ervaring stellen wij dat het niet reëel is een windturbine met de afmeting als genoemd in paragraaf 2.1 op kortere afstand dan 350 meter van een gevoelig object te plaatsen. Eventuele geluid beperkende maatregelen hebben dan zodanig effect op de productie van de turbine, dat deze niet meer economisch interessant is. Op een afstand van meer dan 500 meter zijn geen, of zeer beperkt, beperkende maatregelen nodig. Geluidsemissie is turbine afhankelijk, onder andere van het toerental en van de aerodynamica. Grotere turbines hebben een lager toerental en moderne turbines een steeds betere aerodynamica, waardoor grotere turbines dus niet evenredig meer geluid produceren.

- ***Afstand tot hoogspanning- en buisleidingen***

Tennet, de beheerder van het hoogspanning(elektriciteit)netwerk in Nederland, hanteert voor de minimale afstand van windturbines tot de leidingen in haar beheer de werpafstand bij nominaal toerental (WAnom) om de leveringszekerheid te garanderen. De werpafstand bij nominaal toerental is de maximale afstand waarop een windmolen wiek terecht kan komen wanneer deze wordt afgeworpen bij maximaal toerental. Plaatsing binnen deze afstand is alleen mogelijk na instemming van Tennet. Ook Gasunie hanteert voor haar ondergrondse gasleidingen een werpafstand bij nominaal toerental (WAnom) als minimale plaatsingsafstand voor windturbines. Plaatsing binnen deze afstand is alleen mogelijk na overleg met Gasunie. Op basis van ervaring stellen wij dat maximale werpafstand tot elektriciteit- en gasleidingen bij nominaal toerental van een windturbine met de afmeting als genoemd in paragraaf 2.1 varieert tussen 130-180 meter.

- ***Afstand tot auto-, spoor-, en waterwegen***

Zonder vergunning van de betreffende beheerder van de infrastructuur mogen de bladen van een windturbine niet over auto, spoor- en waterweg draaien. Voor een windturbine met de afmeting als genoemd in paragraaf 2.1 varieert de overdraai tussen circa 40 en 60 meter. Deze

[2] Artikel 3.14[a] Activiteitenbesluit: ten hoogste 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} op de gevel van gevoelige gebouwen

3 Artikel 3.12 Activiteitenregeling: niet meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw op licht doorlatende delen van de gevel.

afstand is gelijk aan de afstand van de mast van de windmolen tot de rand van de weg. We hanteren daarom een afstand van 60 meter tot weg, spoor- en waterwegen als zachte belemmering. Wegen vormen een zachte belemmering omdat het 'nee tenzij' principe van toepassing is. De wegbeheerder kan toestemming verlenen voor het overdraaien van turbinebladen over zijn weg, indien voldoende is aangetoond dat de veiligheidssituatie daardoor niet onaanvaardbaar verslechterd.

- ***Afstand tot kwetsbare objecten***

Kwetsbare objecten zijn woningen (bedrijfswoningen uitgezonderd), kantoren > 1.500m^2 vloeroppervlak en *"objecten bestemd voor meer dan 50 personen gedurende langere aaneengesloten tijd*. Binnen de PR 10^{-6} contour[4] van de windturbines zijn geen kwetsbare objecten toegestaan. Deze contour is de straal van een denkbeeldige cirkel rondom de windturbine, gemeten vanaf de mast. Op basis van ervaring stellen wij dat voor een windturbine met de afmeting als genoemd in paragraaf 2.1 de PR 10^{-6} contour ligt tussen 130 en 180 meter. Vanwege veiligheidsregelgeving moet deze minimale afstand tot kwetsbare objecten worden aangehouden. Door het lagere toerental van grotere windturbines is de werpafstand bij nominaal toerental en de PR 10^{-6} contour niet of nauwelijks groter dan van kleinere turbines.

- ***Afstand tot beperkt kwetsbare objecten***

Beperkt kwetsbare objecten zijn nagenoeg alle objecten die bestemd zijn voor menselijk verblijf, voor zover niet als kwetsbaar aangemerkt. Beperkt kewetsbare objecten zijn bijvoorbeeld kleine bedrijfskantoren, -loodsen en bedrijfswoningen. Binnen de PR 10^{-5} contour[5] van de windturbines zijn geen beperkt kwetsbare objecten toegestaan. Voor een windturbine met de afmeting als genoemd in paragraaf 2.1 varieert de PR 10^{-5} contour tussen 40 en 60 meter. De omvang van de PR 10^{-5} contour is gelijk aan de lengte van de turbinebladen en neemt dus evenredig toe met de omvang daarvan.

- ***Afstand tot radarinstallaties van defensie en luchtvaart***

Om het goed functioneren van defensie- en luchtvaartradar installaties te waarborgen zijn in de landelijke Regeling algemene regels ruimtelijke ordening (Rarro) toetsingsgebieden rond deze installaties vastgelegd. Bij voorgenomen ontwikkelingen, zoals het plaatsen van windturbines, dient door defensie te worden getoetst of deze de werking van de systemen niet onacceptabel nadelig beïnvloeden. Het zuidoostelijk deel van de gemeente Oss valt in de Controlled Traffic Region (CTR) zone van de MASS verkeersleidingradar op vliegveld Volkel. Voor de CTR-zone gelden voor radarverstoring strengere normen dan voor gebieden buiten deze zone. In de CTR-zone worden de plaatsingsmogelijkheden in aantal en omvang van windturbines aanzienlijk beperkt. Boven een bepaalde, locatiespecifieke, bouwhoogte is het laten uitvoeren van een toetsingsberekening op radar verstoring voor alle bouwwerken verplicht. Omdat de bouwhoogte in veel gebieden net boven de 100 meter ligt, krijgen bijna alle windparken in Nederland met deze toetsingsplicht te maken.

2.5 Mogelijke locaties voor windenergie in Oss

De gemeente Oss heeft een omvangrijk buitengebied dat intensief wordt benut voor agrarische activiteiten. De dichtheid van (agrarische bedrijfs-)woningen is in een groot deel van deze gebieden beperkt. Omdat afstand tot woningen, vanwege geluidregelgeving, een bepalende factor is voor de kansrijkheid van inpassing van windturbines bieden deze agrarische gebieden goede kansen voor het inpassen van windturbines.

[4] Contour waarbinnen het risico te komen te overlijden als gevolg van de windturbine minimaal 10^{-6}/jaar is.

[5] Contour waarbinnen het risico te komen te overlijden als gevolg van de windturbine minimaal 10^{-5}/jaar is.

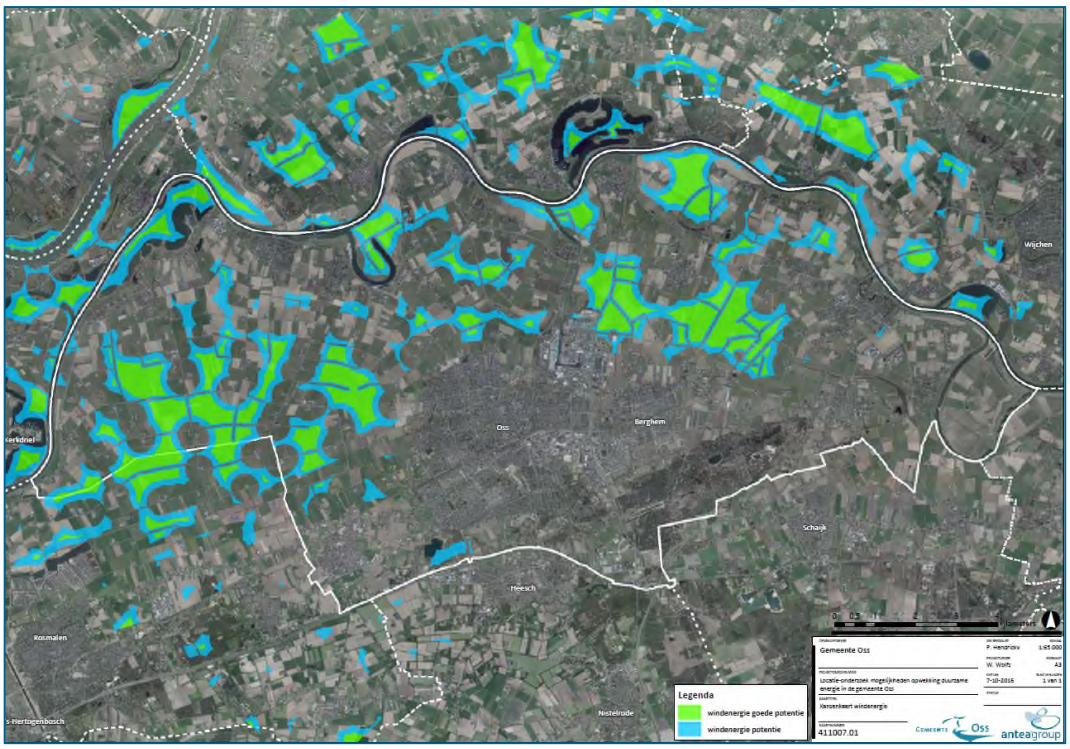
Zoals te zien in figuur 2.3 is op enkele plekken plaats voor kleine lijn- of clusteropstellingen. Een aantal gebieden binnen de gemeente biedt goede potentie voor de inpassing van grotere opstellingen van windturbines:

1. het open agrarisch gebied aan de westzijde van de gemeente, tegen de grens met gemeente ’s-Hertogenbosch;
2. een gebied aan de noordoostzijde van de gemeente, aan de Maas;
3. het gebied ten noordoosten van Oss, grofweg gelegen ten zuidoosten van het dorp Haren en ten noorden van de spoorlijn Oss-Nijmegen;
4. het open gebied direct ten noordoosten van de kern Oss dat aansluit op bedrijventerrein Elzeburg-de Geer, met als mogelijkheid een directe verbinding met aanwezige bedrijfs- en industriële activiteiten als gebruikers.

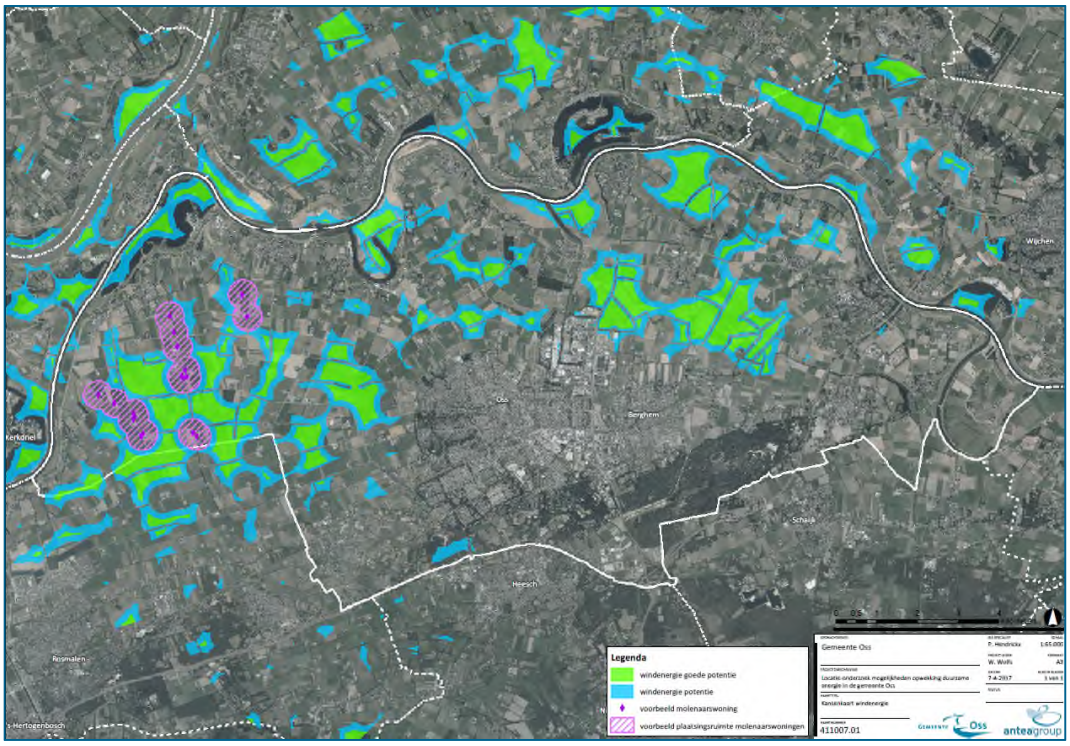
Mogelijkheden voor vergroten van de plaatsingsgebieden: molenaarswoning en uitkoop

Samenwerking door en met agrarische ondernemers biedt de mogelijkheid voor het vergroten van de plaatsingsgebieden van windturbines. Bedrijfsmatige koppeling van de aanwezige agrarische bedrijven in het gebied met toekomstige windparken biedt kansen om activiteiten in het gebied te integreren en zo meer plaatsingsruimte te creëren voor windturbines. De woningen worden op deze wijze zogeheten ‘**molenaarswoningen**’; bedrijfswoningen van het windpark.
In figuur 2.4 is hiervan een voorbeeld opgenomen. Figuur 2.4 illustreert in paars de extra plaatsingsruimte die ontstaat als bewoners van achttien verspreid liggende agrarische bedrijfswoningen als ‘molenaars’ fungeren.
Daarnaast kan door het **uitkopen** van woningen op strategische plekken de plaatsingsgebieden worden verruimd.

Nabij de gemeentegrens moet vanzelfsprekend rekening met beperkingen in de andere gemeente worden gehouden. Daarom is voor de mogelijkheden voor duurzame energie in Oss ook een gebied van drie kilometer rondom gemeente Oss onderzocht op mogelijke beperkingen.



Figuur 2.3: Kansenkaart windenergie gemeente Oss



Figuur 2.4: Kansenkaart windenergie inclusief extra plaatsingsruimte door molenaarswoningen (voorbeeld)

2.6 De rol van windenergie in de Osse energietransitie

In 2014 was windenergie de belangrijkste bron van hernieuwbare elektriciteit in Nederland, gevolgd door biomassa[6]. Dat komt vooral doordat windturbines een effectieve manier van het opwekken van duurzame energie zijn. Eén windturbine wekt ongeveer de energie van 30.000 zonnepanelen op (vergelijkbaar met 3.000 woningen, met elk 10 panelen). Zoals eerder aangegeven, is de milieu-ruimteclaim maatgevend voor de mogelijkheden van windenergie. In de gemeente Oss is er ruimte veel ruimte voor het plaatsen van windturbines. Het is dan ook te verwachten dat windenergie een significant deel kan bijdragen aan het opwekken van duurzame energie in Oss. Uit rapport van CE Delft[7] blijkt een verwachte jaarlijkse energiebehoefte in Oss van 3.820 Terajoule (TJ) in 2050. De ambitie is daarvan binnen de eigen gemeentegrenzen 50% duurzaam op te wekken. Hiervoor moet er jaarlijks 1.910TJ worden opgewekt op eigen grondgebied. Voor een dergelijke productie zijn ongeveer 80 windturbines van de in paragraaf 2.1 gedefinieerde omvang nodig.

2.7 Innovaties & kleinschalige vormen van windenergie

- ***Innovatie & ontwikkeling***

De ontwikkeling van windenergie technologie staat niet stil. De afgelopen jaren worden er steeds hogere turbines geplaatst met een groter rotoroppervlak. Hierdoor neemt de elektriciteitsproductie per windturbine toe. Anderzijds neemt de kostprijs van windenergie daarmee af. Tegenwoordig zijn turbines met een tiphoogte van minimaal 150 meter en meer gangbaar. De verwachting is dat deze trend naar grotere windturbines de toekomst doorzet. Bij windenergie op land zijn de investeringskosten de afgelopen jaren niet substantieel gewijzigd. Op het gebied van fundering, elektrische infrastructuur, netaansluiting, civiele infrastructuur en ontwikkelkosten waren de afgelopen jaren weinig veranderingen in de markt zichtbaar. Financiering kan in de huidige markt tegen gunstige voorwaarden worden aangetrokken. Ook is er een kleine daling in de vaste exploitatiekosten bij windenergie, voornamelijk op het gebied van goedkopere verzekeringen. Door de aangehaalde schaalvergroting van windturbines is er wel een dalende kostprijs per geproduceerde eenheid elektriciteit waarneembaar. Onder druk van recente kostprijsverlagingen voor windenergie op zee is de verwachting dat ook voor windenergie op land de komende jaren technische verbeteringen en kostprijs verlagingen gerealiseerd zullen worden. Als dat het geval is, zullen investeringskosten voor windenergie op land verder afnemen.

- ***Mini windturbines***

Mini windturbines, ook wel stadsturbines genoemd, zijn kleine turbines die speciaal ontwikkeld zijn voor gebruik in de gebouwde omgeving. Een voordeel is dat deze turbines kunnen worden toegepast op en nabij gebouwen. Deze windturbines hebben een omvang variërend van circa 2 (wanneer geïnstalleerd op een gebouw) tot 15 meter. Door de kleine omvang iss de techniek toegankelijk voor bedrijven en particuliere huishoudens. Mini windturbines produceren erg weinig elektriciteit, in vergelijking met normale windturbines. Hierdoor vraagt de techniek een aanzienlijk hogere investering per geproduceerde dan normale windturbines en zijn deze vanuit economisch oogpunt niet (voldoende) interessant.

[6] Bron: CBS: Hernieuwbare energie in Nederland 2014

[7] Rapportage CE Delft: Oss energieneutraal in 2050, januari 2017

2.8 Samenvatting windenergie

Windenergie vraagt veel ruimte en heeft een impact in een wijde omtrek. Bij de inpassing van windenergie is diverse regelgeving van toepassing. Windenergie kan dus niet overal.

De milieu-ruimteclaim *('waar mag het')* is maatgevend voor geschikte gebieden voor windenergie.

Met windenergie kan worden voorzien in een substantieel deel van de Osse elektriciteitsbehoefte in 2050.

3 Zonne-energie

3.1 Wat verstaan we onder zonne-energie?

De meeste vormen van energieopwekking op aarde zijn afgeleide vormen van zonne-energie. Denk hierbij aan windenergie, waterkracht en biomassa. De zon is verantwoordelijk voor de temperatuurverschillen op aarde. Door deze temperatuurverschillen ontstaat de wind. Ook zorgt zonnewarmte ervoor dat water verdampt waardoor neerslag ontstaat. Neerslag zorgt er in combinatie met zonlicht op de cellen van planten voor dat ze groeien. Wanneer planten sterven, zorgt neerslag en warmte voor een rottingsproces waardoor organisch, energie houdend, residu ontstaat. Naast deze afgeleide vormen van zonne-energie is er een aantal manieren om energie op te wekken direct vanuit zonnestraling. De meest gebruikte toepassing is door middel van zonnepanelen met **fotovoltaïsche cellen**. Deze zonnepanelen zetten licht direct om in elektriciteit. Dit hoofdstuk gaat over zonne-energie, en daarmee wordt het rechtstreeks opwekken van elektriciteit met zonnepanelen met fotovoltaïsche (PV) cellen bedoeld. Zonnepanelen kunnen in theorie overal geplaatst worden, maar worden vaak onderverdeeld in veldopstellingen en gebouw gebonden dakopstellingen.

Veldopstelling
Ook wel bekend als een zonneweide of zonneveld. De veldopstelling bestaat uit in serie geïnstalleerde en op één gedeelde netaansluiting verbonden zonnepanelen met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen in de range van 500 kWpiek (±2.000 panelen). Het grootste zonneveld in Nederland levert 6 MWpiek, maar in het buitenland zijn er voorbeelden van grotere zonnevelden tot wel 120 MWpiek (±450.000 panelen). Vaak wordt alle opgewekte elektriciteit aan het openbare net geleverd.

Dak opstelling bedrijfsmatig
Is een ruim aantal panelen geïnstalleerd op grote dakoppervlakten in bedrijfsmatig gebruik. In serie geïnstalleerde en op één gedeelde netaansluiting verbonden zonnepanelen met een gezamenlijk geïnstalleerd vermogen in de range van 15 kWpiek (±60 panelen) tot enkele MWpiek (±15.000 panelen). Vaak wordt een deel van de elektriciteit benut voor direct gebruik door het bedrijf in het pand waar de panelen op geplaatst zijn. Het overige deel wordt aan het openbare net geleverd.

Dak opstelling woning
Is een beperkt aantal panelen geïnstalleerd op dakoppervlakten van woningen. De panelen voorzien in de huishoudelijke behoefte. De elektriciteit wordt door het huishouden zelf gebruikt. Er zijn ongeveer 14 zonnepanelen nodig (3,7kWpiek) om het elektriciteitsverbruik van een gemiddeld huishouden op te wekken. In veel gevallen worden zonnepanelen in een serie van 10 stuks geïnstalleerd op woningen. Hiermee voorziet een gemiddeld huishouden in ongeveer 70% van haar elektriciteitsgebruik. Het saldo wordt in dat geval afgenomen van een energieleverancier via de reguliere aansluiting. Wanneer er op een bepaald moment meer wordt opgewekt dan verbruikt, wordt de elektriciteit aan het openbare net geleverd.

3.2 Wat levert zonne-energie op?

- **Energieopbrengst per paneel**

Een zonnepaneel is ongeveer 1,6 m^2 groot en heeft een vermogen van 280 Wattpiek. Dat betekent dat een zonnepaneel onder standaardomstandigheden een vermogen heeft van 280

watt. In Nederland levert een zonnepaneel ongeveer 250 kWh aan elektriciteit per jaar. Productie is afhankelijk van de plaats, zowel binnen Nederland als op het perceel, van het zonnepaneel. Het aantal zonne-uren in de kustgebieden is hoger dan in het binnenland. Daarnaast, als panelen op een plek liggen waar gedurende de dag een periode schaduw is door bijvoorbeeld bomen, beïnvloed dit ook de opbrengst. Ook de oriëntatie en hellingshoek van het zonnepaneel ten opzichte van het zuiden en de horizon, en de mate van vervuiling die op het zonnepaneel een mat laagje vormt, beïnvloeden de elektriciteitsproductie.

- **Energieopbrengst per hectare**

De energieopbrengst per km^2 (hectare) is voornamelijk afhankelijk van de oriëntatie van de zonnepanelen. Wanneer de energieopbrengst per km^2 wordt geoptimaliseerd, worden de zonnepanelen in oost-westopstelling geplaatst. De jaarlijkse opbrengst per kWpiek geïnstalleerd vermogen is in deze opstelling ongeveer 800 kWh. Doordat de zonnepanelen onder een lage hoek van 10 graden geplaatst kunnen worden, is er nauwelijks schaduwvorming door de panelen. Daardoor kunnen de zonnepanelen dicht op elkaar geplaatst worden. In een oost-westopstelling kan er 130 MWpiek per km^2 (1.300 kWpiek per hectare) geïnstalleerd worden. Dit komt neer op een productie van ongeveer 100 GWh per km^2 (1.000 MWh per hectare) per jaar.

Wanneer de productie per zonnepaneel geoptimaliseerd wordt, dan worden de zonnepanelen in zuidelijke richting geplaatst onder een hoek van ongeveer 35 graden. In dit geval worden de zonnepanelen verder uit elkaar geplaatst, waardoor er minder zonnepanelen op een oppervlakte geplaatst kunnen worden. De zonnepanelen wekken per paneel wel meer elektriciteit op, namelijk gemiddeld 900 kWh per kWpiek geïnstalleerd vermogen. Door schaduwvorming moeten de zonnepanelen verder uit elkaar worden geplaatst. Er kan circa 70 MWpiek per km^2 (700 kWpiek per hectare) geïnstalleerd worden. Dit komt neer op een productie van ongeveer 65GWh per km^2 (650 MWh per hectare) per jaar.

3.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?

In tegenstelling tot de onderlinge afstand voor windturbines kunnen zonnepanelen direct naast elkaar geplaatst worden. Een belangrijke voorwaarde voor het plaatsen van zonnepanelen in veldopstelling is de beschikbaarheid van een aaneengesloten open gebied; er is voldoende ruimte nodig om de gevraagde schaalgrootte zoals beschreven in de voorgaande paragraaf te kunnen realiseren. Daarnaast is het zoveel mogelijk vermijden van schaduw belangrijk.

- ***Veldopstelling***

Het minimale vermogen van een veldopstelling (zonneweide) is vanwege benodigd schaalgrootte voor investeringen in de infrastructuur (bijvoorbeeld de aansluiting op het elektriciteitsnet), ongeveer 500 kWpiek. Wanneer de zonnepanelen in zuidelijke richting geplaatst worden, betekent dit dat er minimaal 0,65 hectare grond beschikbaar moet zijn. Door zonnepanelen in een oost-westopstelling te plaatsen, kunnen er meer panelen en dus meer vermogen geplaatst worden op een veld. De panelen produceren per stuk echter minder dan in een zuid opstelling, waardoor de opbrengst per MWpiek geïnstalleerd vermogen lager is.

- ***Dak opstelling bedrijfsmatig***

Voor dakopstellingen op bedrijfspanden zijn zonnepanelen interessant vanaf circa 15 kWpiek geïnstalleerd vermogen. Dit vanwege de benodigde investering in infrastructuur en de mogelijkheid om SDE+ subsidie te krijgen. Het benodigde dakoppervlak is minimaal 125 m^2 voor het plaatsen van de zonnepanelen.

- ***Dak opstelling woning***

Bij woningen zijn installaties vanaf zes zonnepanelen interessant. Met minder zonnepanelen wordt onvoldoende spanning opgewekt om de omvormer goed te laten werken. Hiervoor is er een dakoppervlak nodig van minimaal 13 m^2. In veel gevallen worden zonnepanelen in een serie van 10 stuks geïnstalleerd op woningen. Hiermee voorziet een gemiddeld huishouden in ongeveer 70% van haar elektriciteitsgebruik.

3.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het we en waar niet?

Aan het plaatsen van zonnepanelen zijn, afgezien van voorschriften vanuit gemeentelijk- en provinciaal beleid, geen wettelijke voorschriften verbonden. Belangrijk voor constructies waarbij verankering van de opstellingen (dieper) de bodem in gaat zijn bijvoorbeeld grondwaterkwaliteit of verwachte archeologische waarden. Voor het plaatsen op daken kunnen monumentale waarden van het gebouw een belemmering zijn.

3.5 Mogelijke locaties voor zonne-energie in Oss

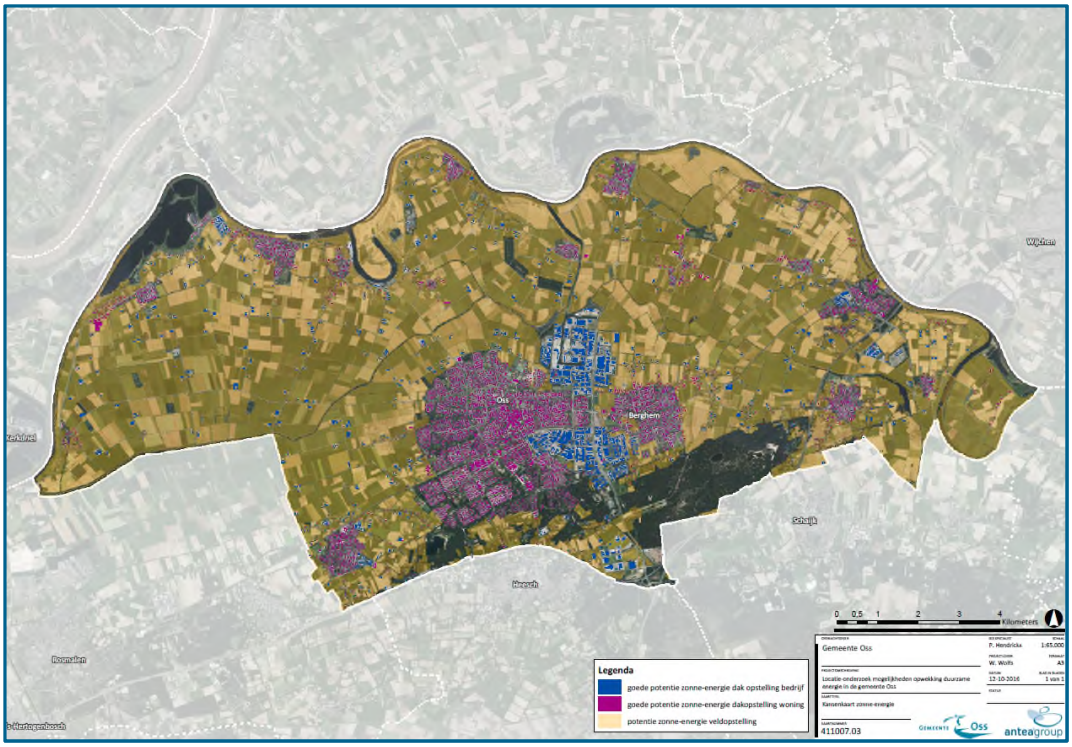
Installaties voor de productie van zonne-energie kunnen relatief goed worden ingepast. Een enkel zonnepaneel vergt slechts beperkte fysieke ruimte, circa 1,6-1,8m^2. Het opwekken van zonne-energie vraagt weinig, afgezien van lichtinstraling en heeft beperkt invloed op de directe omgeving. Anders dan bij windenergie, waarvoor slechts beperkt locaties geschikt zijn, kan voor zonne-energie uit veel locaties een keuze worden gemaakt.

Omdat zonne-energie op veel plekken kan, ligt het voor de hand te kiezen voor locaties waar installaties meest optimaal kunnen worden ingepast. Optimaal kent in deze context twee perspectieven. Ten eerste ‘landschappelijk optimaal’, waarbij wordt gekozen voor locaties waar zonne-energie past bij reeds aanwezige activiteiten en begroeing in de omgeving. Ten tweede ‘technisch- en economisch optimaal’, waarbij geschiktheid van locaties wordt bepaald door koppelkansen met aanwezige activiteiten of gebruiksdoelen, zoals een windmolenpark, van een locatie. Beide benaderingen kunnen goed worden gecombineerd. Zo kan in een kleinschalige omgeving met veeteelt, akkerbouw en bos op percelen een zonneveldopstelling goed worden ingepast. Dit kan een passende aanvulling vormen op lopende bedrijfsactiviteiten van agrariërs.

Dit leidt tot een aantal locaties met goede potentie voor de inpassing van zonne-energie in Oss. Om te beginnen het benutten van dakoppervlak in de gemeente. Daken van woningen bieden de ruimte voor het toepassen van kleinschalige installaties. Bij een gemiddelde woning kan hiermee in een deel van de energiebehoefte van het huishouden worden voorzien. Gebouwen voor bedrijfsmatig gebruik bieden ruimte voor grotere installaties. Afhankelijk van omvang en gebruik kan hiermee in de eigen behoefte worden voorzien of zelfs worden geleverd aan het openbare net. Het benutten van dakoppervlak heeft goede mogelijkheden omdat het zowel vanuit stedelijk oogpunt (*panelen passen relatief goed in de gebouwde omgeving*) als technisch-economisch oogpunt (*benutten van tot nu toe ongebruikt oppervlak en nabijheid van grote gebruikers en het elektriciteitsnet*) optimaal is.

Locaties waar een passende aansluiting, met voldoende capaciteit voor extra invoeding, op het elektriciteitsnet aanwezig is bieden extra kansen voor het realiseren voor een veldopstelling. Hierdoor zijn de investeringen in de aansluiting op het elektriciteitsnet, een aanzienlijk deel van de totale investering, het meest optimaal. Mede om deze reden, bieden de locaties in de gemeente Oss met potentie voor windenergie ook goede potentie voor de inpassing van veldopstellingen van zonne-energie. De koppeling aan dezelfde infrastructuur tussen deze twee vormen van duurzame energieproductie ligt voor de hand. Plaatsing van windturbines heeft een

aanzienlijke impact op het landschap. Windturbines moeten daarnaast om technische reden op enkele honderden meters onderlinge afstand worden geplaatst. Door het inpassen van zonnevelden tussen de windturbines wordt het gebied optimaal benut voor de productie van duurzame energie en ontstaat er een specifiek en herkenbaar 'energielandschap'. De clustering van energievormen biedt de mogelijkheid om (elektrische) infrastructuur te combineren en zo optimaal te benutten. Echter ook zonder aanwezigheid van windturbines hebben agrarische gebieden mogelijkheden voor de plaatsing van veldopstellingen voor zonne-energie.



Figuur 3.1: Kansenkaart zonne-energie gemeente Oss

3.6 De rol van zonne-energie in de Osse energietransitie

Zonne-energie kan op grote schaal bijdragen aan de duurzame energiewinning in de gemeente Oss. Uit rapport van CE Delft[8] blijkt een verwachte jaarlijkse energievraag in Oss van 3.820TJ in 2050. De ambitie is daarvan binnen de eigen gemeentegrenzen 50% duurzaam op te wekken. Hiervoor moet er jaarlijks 1.910TJ aan energie worden opgewekt op eigen grondgebied. Om deze hoeveelheid elektriciteit op te wekken is, afhankelijk van de toegepaste opstellingen, tussen circa 6,1 km^2 en 9,5 km^2 grond of dakoppervlak aan zonnepanelen nodig. Uit een eerste analyse van ECONNETIC blijkt dat er alleen al op de daken van bedrijventerreinen een potentieel is van 140 MWp. Dit komt overeen met circa 18-25% van de voor 2050 voorspelde energiebehoefte. Het is, onder andere vanwege het productieprofiel, niet realistisch om te verwachten dat de volledige vraag naar elektriciteit binnen de gemeente Oss met zonnepanelen wordt opgewekt. Er zit in zonne-energie echter wel potentie om een groot deel op te wekken. Vooral op plekken waar zonne-energie kan worden gecombineerd met een ander gebruik van de grond of ruimte, het zogeheten dubbel gebruik.

[8] Rapportage CE Delft: Oss energieneutraal in 2050, augustus 2016

3.7 Innovaties & kleinschalige vormen van zonne-energie

- ***Ontwikkeling***

De prijzen van PV-systemen zijn de afgelopen jaren sterk gedaald. Vooral in 2011 en 2012 was er sprake van sterke prijsdaling in PV-modules. In de afgelopen twee jaar is de daling gematigder geweest, maar heeft de daling zich wel doorgezet. Door uitbreiding van wereldwijde productie van PV-panelen is de verwachting dat ook de komende jaren de modules langzaam verder in prijs zullen dalen. Naast de prijs van de panelen zelf, is ook de prijzen van andere componenten, zoals omvormers, de afgelopen jaren gedaald. Zonnepanelen worden bovendien efficiënter, waardoor ze meer elektriciteit opwekken bij gelijkblijvend oppervlak. Op het gebied van zonne-energie zijn innovatieve ontwikkelingen gaande en komen er alternatieve vormen op de markt. Onderstaande zijn drie van deze innovaties kort uitgelicht.

- ***Dunne-filmzonnecellen***

Dunne-filmzonnecellen zijn zonnecellen gemaakt van een alternatief materiaal dan de gangbare kristallijne zonnecellen. Een voordeel van de techniek is dat het minder temperatuurgevoelig is met een hogere schaduwtolerantie. Een ander voordeel is dat de zonnecellen in verschillende elementen te verwerken (kleding, zeilen etc.) is. Een nadeel zijn de (huidige) hoge investeringskosten in vergelijking met de gangbare zonnepanelen. De techniek heeft vooralsnog een lagere rendement per oppervlak en daardoor een hogere kostprijs.

- ***Tweezijdige zonnepanelen***

Tweezijdige zonnepanelen hebben aan de achterkant geen witte of zwarte folie maar een glasplaat. Hierdoor worden de zonnecellen aan beide kanten blootgesteld aan zonlicht. Een voordeel is dat de panelen opstaand kunnen worden toegepast zoals in geluidswallen bij snelwegen. De reflectie van licht aan de achterzijde geeft het paneel een hoger rendement wat. Een nadeel vooralsnog zijn de hogere kosten vanwege de specifieke toepassingen.

- ***Gebruik van 'concentrators'***

Hoog rendement zonnecellen met 'concentrators' zijn zonnecellen die een hoger rendement hebben dan de huidige gangbare zonnecellen. Met de 'concentrators' wordt het zonlicht opgevangen en gebundeld naar een relatief klein oppervlakte hoog rendement zonnecellen. Een voordeel is dat de 'concentrator' zorgt voor een hoger rendement van het oppervlakte dat wordt gebruikt voor het opvangen van zonlicht. Door gebruik van 'concentrators' wordt er meer energie uit een oppervlakte gehaald. Een nadeel is dat voor het produceren van ervan gebruik gemaakt wordt van schaarse materialen. De techniek is in ontwikkeling en nog niet marktrijp.

3.8 Samenvatting zonne-energie

Zonne-energie kan op veel plekken. Keuze voor de landschappelijk en technisch meest optimale locaties ligt voor de hand.

Zonne-energie kent zowel een beperkte milieu-ruimte claim (*waar mag het*) als randvoorwaarden (*waar kan het*).

Zonne-energie biedt kansen voor dubbelgebruik van locaties, wanneer er een slimme koppeling met andere functies (dak opstelling of nabij windmolens) wordt gemaakt.

Zonne-energie biedt kansen voor een substantiële bijdrage aan de Osse elektriciteitsbehoefte in 2050.

4 Waterkracht

4.1 Wat verstaan we onder waterkracht?

Oss ligt niet aan of nabij zee, getijdenenergie is daarmee geen mogelijkheid. Waterstromen zoals de Maas, de Hertogswetering en het burgemeester Delenkanaal passeren of doorkruisen wel de gemeente. Hierdoor bestaan mogelijkheden voor de productie van elektriciteit met stromend water, door een stuw of sluis. Waterkracht is voor het Osse grondgebied de productie van elektriciteit met stromend water door een turbine in een kunstwerk van beton in een rivier, kanaal of andere waterloop.

4.2 Wat levert waterkracht op?

In Nederland zijn drie middelgrote waterkrachtcentrales operationeel met een totaal vermogen van bijna 36 MW. De grootste hiervan is de centrale in het Prinses Maxima sluizencomplex in de Maas met een capaciteit van 14MW. Deze voorziet volgens opgave van exploitant NUON in de elektriciteitsbehoefte van circa 15.000 huishoudens (circa 50 GWh per jaar). Dit complex ligt tussen Lith op de zuidoever en Alphen op de noordoever, juist ten noorden van de Osse gemeentegrens in de gemeente West Maas en Waal. Volgens het CBS werd er in 2015 in Nederland 93.000 MWh opgewekt door waterkrachtcentrales. De productie van een waterkrachtcentrale is afhankelijk van het verval en het volume aan water. Een vergelijking naar ruimtegebruik in oppervlakte zoals voor wind- en zonne-energie is niet goed mogelijk. De sluizen en turbines nemen relatief beperkt ruimte in beslag. Er dient wel voldoende verval tussen de waterkrachtcentrales te zitten, waardoor er een beperking is in het aantal te plaatsen installaties in een waterloop. Minimale onderlinge afstanden tussen waterkrachtinstallaties kunnen, afhankelijk van het plaatselijke verval en massa, daarom groot zijn.

4.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?

Een waterloop moet om te beginnen voldoende verval (stroming) en volume en daarmee energiepotentieel bezitten. Energie in stromend rivierwater is verspreid over een groot oppervlak en groot volume. Bij kunstwerken in de rivier die leiden tot vernauwingen en stroomversnelling is de energie geconcentreerder en beter winbaar. Een voorwaarde aan het winnen van energie uit stromend water is dat de benodigde constructies andere functies van de watergang niet onacceptabel verstoren. De meest voor de hand liggende locaties voor het opwekken van energie met stromend water zijn daarom bestaande kunstwerken of nieuwe locaties waar dit met andere ontwikkelingen gecombineerd kan worden. De voorwaarden verbonden aan het opwekken van elektriciteit met waterkracht kunnen als volgt worden samengevat:

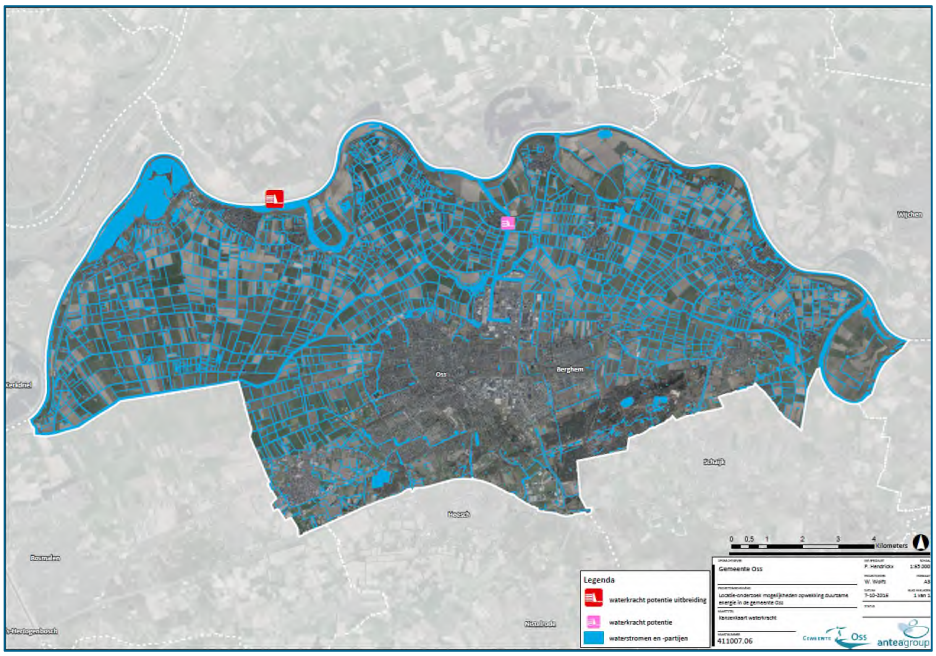
- Een (locatie aan een) waterloop met voldoende energiepotentieel: verval van hoogte en volume aan water
- Aanwezigheid van een kunstwerk (stuw en/of sluiscomplex)
- Fysieke ruimte voor installatie van een kunstwerk en waterkrachtcentrale aan de waterloop

4.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?

Aan het winnen van energie uit waterkracht zijn geen directe wettelijke voorschriften verbonden. Een algemene voorwaarde aan het winnen van energie uit stromend water is dat de benodigde constructies andere functies van de watergang niet onacceptabel verstoren. De scheepvaart zal geen onacceptabele hinder mogen ondervinden van de installatie. Vooral in de grote rivieren waar de scheepvaart intensief is vormt dit een beperking. Daarnaast is vissterfte een bekend nadelig gevolg bij het winnen van energie uit stromend rivierwater. Het voorkomen daarvan is een belangrijke voorwaarde en een uitdaging. Daarnaast zal bij de uitwerking van concrete projecten met locatie specifieke voorwaarden rekening moeten worden gehouden.

4.5 Potentiële locaties voor waterkracht in Oss

Voor de toepassing van waterkracht in Oss gaat het om productie van elektriciteit met stromend water door een turbine in een kunstwerk in een rivier, kanaal of andere waterloop. Aan het opwekken van waterkracht zijn uiteenlopende randvoorwaarden verbonden, geschikte locaties zijn dan ook slechts beperkt te vinden. Het grondgebied van Oss grenst aan of wordt doorsneden door diverse waterlopen met hierin op enkele locaties geschikte kunstwerken. Juist ten noorden van de gemeentegrens van Oss wordt zo'n locatie al benut voor het opwekken van waterkracht. De installatie in het Prinses Maxima sluizencomplex bij Lith in de Maas is de grootste waterkrachtcentrale van Nederland en produceert circa 45GWh per jaar. Een bestaand kunstwerk in een waterloop met enige omvang dat nog niet wordt benut voor het opwekken van energie zijn de schutsluizen bij Macharen in het burgemeester Delenkanaal. Deze locatie voldoet aan de belangrijkste voorwaarden voor het opwekken van waterkracht. Er is stromend water aanwezig in en rond een bestaand kunstwerk (sluizencomplex). Daarmee biedt het in potentie de mogelijkheid om elektriciteit uit waterkracht te winnen. De technische, economische en praktische haalbaarheid zal nader onderzocht moeten worden, net als de feitelijke omvang van de energie die er mogelijk kan worden gewonnen met een installatie op de locatie. De omvang bepaalt grotendeels het rendement van de investering.



Figuur 4: Kansenkaart waterkracht gemeente Oss

4.6 De rol van waterkracht in de Osse energietransitie

De rol en potentie van waterkracht in de gemeente Oss lijkt beperkt. Dit komt doordat er al een grote waterkrachtcentrale is gebouwd net buiten de grenzen van de gemeente en doordat er binnen de gemeenten zeer beperkt plekken zijn met enig energiepotentieel. Het is waarschijnlijk wel mogelijk om kleinere installaties te plaatsen. Deze installaties kunnen voor een beperkt deel een bijdrage leveren aan het verduurzamen van de energievoorziening in Oss. Ter vergelijking, de grootste waterkrachtcentrale in een rivier in Nederland levert jaarlijks minder dan 10% van de verwachte Osse elektriciteitsvraag in 2050. De verwachting is dat de kleinere waterkrachtinstallaties maximaal een paar procent van de duurzame elektriciteitsproductie kunnen invullen.

4.7 Innovaties & kleinschalige vormen van waterkracht

- ***Ontwikkelingen***

De ontwikkeling op het gebied van waterkrachtcentrales is de laatste jaren vooral toegespitst op het visvriendelijker maken van de turbines. Dit heeft niet per definitie een positief effect op de productie en rendement van de centrales. De kostprijs voor elektriciteit uit waterkrachtcentrales was de afgelopen jaren stabiel.

Op het gebied van waterkracht vinden innovaties plaats. Onderstaande omvat puntsgewijs een aantal van deze interessante innovaties en alternatieve vormen:

- ***Waterkracht bij kribben***

Het bedrijf Deepwater Energy is bezig om de waterkracht bij kribben van rivieren te benutten. Net buiten de vaarweg wordt een gedeelte van de kripkop verwijderd waar de installatie wordt geplaatst. Een voordeel is dat de installatie ongewenste turbulentie bij de kribben weghaalt wat aanzanding of erosie van de krib tegengaat. De techniek bevindt zich in de testfase en is nog niet marktrijp.

- ***Waterkracht bij kanaalsluizen***

Rijkswaterstaat (RWS) heeft voor enkele van haar sluizen gekeken of er tijdens schutten energie opgewerkt kan worden. RWS werkt aan plannen om in Tilburg in het Wilhelminakanaal een sluis met vijzelgemaal te realiseren dat niet alleen water oppompt, maar ook energie opwerkt. Voordeel van de techniek is dat het energie terug kan leveren. Het plan bevindt zich in de haalbaarheidsfase.

4.8 Samenvatting waterkracht

De potentiele bijdrage van waterkracht aan de Osse elektriciteitsbehoefte is zeer beperkt.

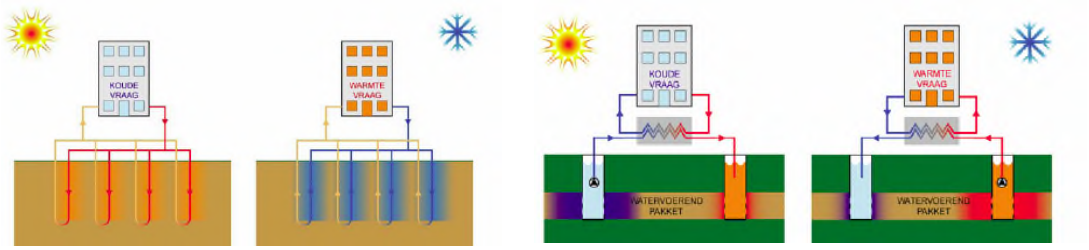
Randvoorwaarden (*'waar kan het'*) aan waterkracht zijn maatgevend. Slechts specifieke locaties zijn geschikt voor het opwekken van energie met waterkracht.

5 Bodemenergie

5.1 Wat verstaan we onder bodemenergie?

Met bodemenergie wordt het winnen van energie door gebruik te maken van temperatuurverschillen die in de bodem en de diepere ondergrond aanwezig zijn aangeduid. Bodemenergie levert duurzame warmte en is daarmee een potentiële vervanging van aardgas.

Warmte- en koudeopslag (WKO)
Het benutten van temperatuurverschillen tussen lucht en de ondiepe ondergrond wordt aangeduid met de term warmte en koudeopslag. Het gaat hierbij om het benutten van aardlagen tot maximaal 500 meter diepte. WKO-systemen vallen uiteen in twee groepen: systemen met open en gesloten bodemwarmtewisselaars.



Gesloten WKO-systeem Open WKO-systeem

Figuur 5.1: Schematische weergave van een gesloten- en open WKO-systeem

- **Gesloten WKO-systemen**

Systemen met gesloten bodemwarmtewisselaars bestaan uit één of meerdere lussen in de bodem met daarin een circulatievloeistof (koelvloeistof) die door de lus circuleert. De werking is vergelijkbaar met die van een koelkast. Er is geen direct contact, en dus ook geen interactie, tussen het grondwater en de koelvloeistof. Een dergelijk systeem heeft geen invloed op de grondwaterkwaliteit tenzij lekkage optreedt. Gesloten WKO-systemen kunnen al voor één woning op rendabele wijze worden toegepast. In figuur 5.1 is een schematische weergave van een gesloten WKO-systeem opgenomen.

- **Open WKO-systemen**

Open WKO-systemen staan in direct contact met het grondwater. In een watervoerend pakket worden minimaal twee bronnen geslagen. Uit de ene bron wordt water opgepompt waarmee in de winter het gebouw wordt verwarmd. In de andere bron wordt het water weer in de bodem geïnfiltreerd. Het onttrekken en infiltreren van grondwater kan invloed hebben op de grondwaterkwaliteit, bijvoorbeeld als grondwaterverontreinigingen zich in dezelfde watervoerende laag bevinden. Open WKO-systemen zijn rendabel vanaf grotere aantallen woningen of voor de utiliteitsbouw c.q. bedrijfspanden. In figuur 5.1 is een schematische weergave van een open WKO-systeem opgenomen.

Geothermie (500 - 3.500 meter diepte)
Bij het opwekken van energie met geothermie gaat het om het benutten van warmte aanwezig in aardlagen op een diepte van meer dan 500 meter. Om die warmte te kunnen winnen moet er geboord worden in de watervoerende lagen. In onze ondergrond liggen die op minimaal 500 meter diepte. Op 500 tot 3.500 meter diepte is het grondwater tussen de 70 en 100 graden

Celsius. Om dit water op te kunnen pompen worden er twee putten geboord. Het warme water komt naar boven via een productieput en gaat door een warmtewisselaar, deze brengt het koude water uit de bovengrondse verwarmingsbuizen op temperatuur. Dit warm geworden water gaat via het leidingennetwerk naar de afnemer. Het afgekoelde grondwater gaat via een injectieput weer terug de ondergrond in zodat de grondwaterdruk gelijk blijft. Afhankelijk van de warmtevraag wordt de diepte van het boren bepaald.

Diepe geothermie (> 3.500 meter diepte)
Bij diepe geothermie wordt er gebruik gemaakt van warmte in zeer diepe aardlagen die zich meer dan 3.500 meter onder het aardoppervlak bevinden. De temperaturen die diepe geothermie levert zijn mogelijk toepasbaar voor industriële processen of het opwekken van elektriciteit. Het toepassen van diepe geothermie is technisch zeer complex en kapitaalsintensief. In Nederland wordt diepe geothermie nog niet toegepast.

5.2 Wat levert bodemenergie op?

Bodemenergie vindt tot nu toe zijn toepassing in de warmte- en koude voorziening. Hiermee is het een duurzaam alternatief van vooral het gasverbruik voor verwarming. Bodemenergie levert, door de besparing van het gasverbruik die het vervangt, een aanmerkelijke CO^2-reductie op. Bodemenergie wordt onder andere in de utiliteitsbouw ingezet om de energieprestatienorm te halen.

Warmte- en koudeopslag
De minimale omvang voor warmte- en koudeopslag is een systeem geschikt is voor circa 1.000m^2 bruto-vloeroppervlakte. Dit komt neer op ongeveer 5 kW koelvermogen en 50 kW verwarmingsvermogen. WKO-installaties kunnen ook voor grote gebouwen of zelfs woonwijken gebouwd worden. De maximale capaciteit van WKO-installaties ligt in de praktijk op ongeveer 10 MW, waarbij er gebruik wordt gemaakt van meerdere bronnen (doubletten). WKO-installaties kunnen in theorie voor 100% voorzien in warmte- en koude behoefte, maar door economische optimalisatie wordt er vaak gekozen voor een dimensionering waarbij 60%-70% van de warmtevraag door de WKO-installatie wordt geleverd.

Geothermie
Geothermiecentrales zijn vaak relatief grote installaties, aangezien de investering voor het boren een groot deel van de totale investering is. De capaciteit van geothermiecentrales in Nederland ligt tussen de 5 MW en 30 MW. Met gemiddeld 5.500 vollasturen levert dit tussen 100.000 en 600.000 GJ per jaar aan warmte op. Op dit moment zijn er in Nederland alleen geothermiecentrales die *warmte* leveren. Het is in theorie mogelijk om (een deel van) de warmte om te zetten in *elektriciteit*. Een vereiste is om een hoge temperatuur aanvoer te hebben. Door de diepe ligging van aardlagen met voldoende hoge temperatuur is dat in Nederland (nog) niet rendabel.

5.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?

Warmte- en koudeopslag kan op veel plaatsen in Nederland, afhankelijk van de diepte van het geschikte watervoerend pakket. Belangrijk is dat de systemen ver genoeg uit elkaar geplaatst worden om interferentie tussen de bronnen te voorkomen. Daarnaast is een lokale warmtevraag nodig, omdat het lastig en niet rendabel is om de warmte te verplaatsen. Geothermie is in Nederland minder algemeen toepasbaar dan WKO. Om de locatiespecifieke (on)mogelijkheden voor geothermie in kaart te brengen is (bodem)onderzoek nodig. De bepalende factoren voor de mogelijkheden van WKO en geothermie zijn:

- **Bodemgesteldheid**

Een belangrijke voorwaarde voor de kansen van bodemenergie is de lokale bodemgesteldheid. Gesloten WKO-systemen kunnen in vrijwel alle bodemtypen worden toegepast en in Oss vormt de bodem geen beperking voor deze vorm van WKO. Voor open WKO-systemen en geothermie moeten watervoerende lagen in de bodem aanwezig zijn waaruit water kan worden onttrokken en waarin het weer kan worden teruggebracht.
De potentie voor geothermie is afhankelijk van de mate waarin er watervoerende lagen binnen één of twee kilometer diepte aanwezig zijn, omdat anders de aanlegkosten van de winputten te hoog worden. Op de Geothermie potentiekaart van TNO is de geothermiepotentie voor Nederland weergegeven.

- **Interferentie van systemen**

Bodemenergiesystemen kunnen elkaar beïnvloeden als ze te dicht bij elkaar worden geplaatst. Dit wordt interferentie genoemd. Dit is vooral belangrijk in gebieden met veel ruimtelijke ontwikkelingen, zoals uitbreiding en vernieuwing van stedelijk gebied. Interferentie zorgt voor een lager rendement van het systeem. Nu speelt interferentie op de meeste plaatsen geen rol van betekenis omdat er nog maar weinig bodemenergiesystemen zijn gerealiseerd. Als het gebruik van bodemenergie toeneemt, kan interferentie een punt van aandacht worden. De gemeente kan beleid opstellen om interferentie te voorkomen. In de Beleidsvisie ondergrond geeft de Provincie op hoofdlijn richtlijnen over het optimaal benutten van potenties in de ondergrond.

- **Grondwaterverontreiniging**

Voor open WKO-systemen geldt als extra aandachtspunt dat er interferentie met grondwaterverontreinigingen kan optreden.

5.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?

Aan het benutten van warmte- en koudeopslag en geothermie worden voorwaarden gesteld. De opsporing en winning van aardwarmte dieper dan 500 m vallen onder de Mijnbouwwet waarvoor het Ministerie van Economische Zaken het bevoegd gezag is. Voorwaarden en voorschriften voor ‘WKO’ (open) en ‘Bodemwarmtewisselaars’ (gesloten) systemen zijn vastgelegd in het Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen. Grondwaterkwaliteit en voorkomen van interferentie van systemen zijn hierin speerpunten.

- **Verbodsgebieden**

Niet overal mag bodemenergie worden gewonnen. Binnen grondwaterbeschermingsgebieden ten behoeve van drinkwater geldt een verbod. Daarnaast heeft een aantal provincies, waaronder Noord-Brabant specifiek beleid opgesteld. Hierin zijn bepaalde locaties vanwege natuurwaarden uitgesloten voor open WKO-systemen dieper dan 80 meter onder maaiveld.

- **Aandachtsgebieden**

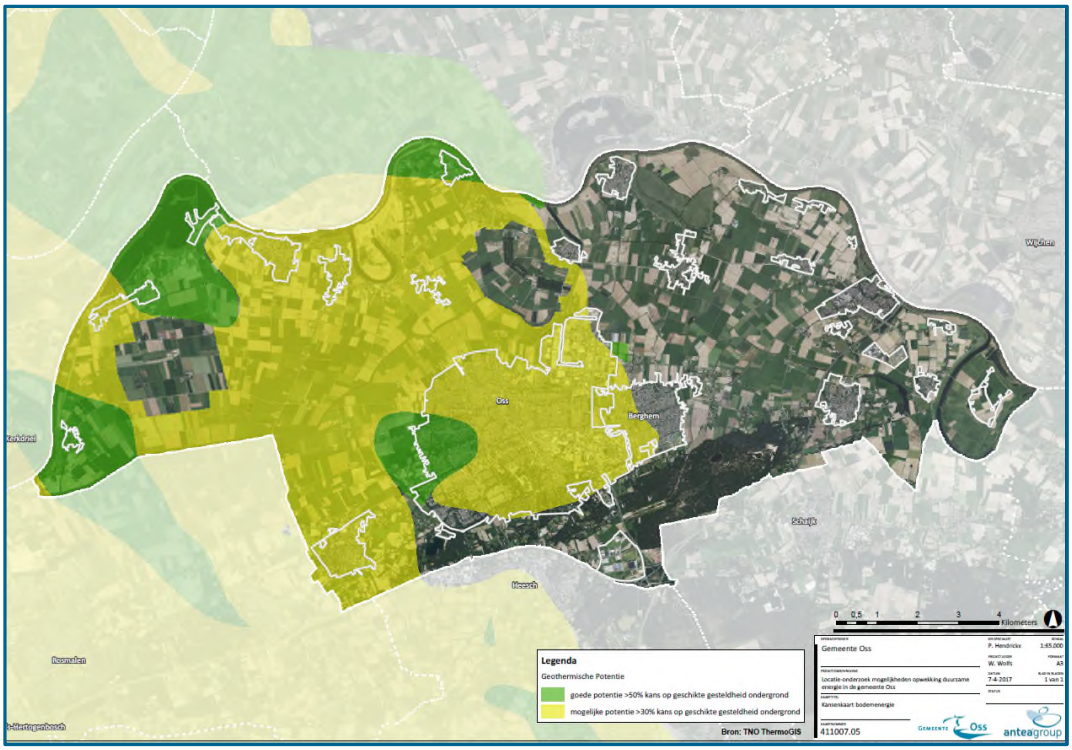
Naast de verbodsgebieden zijn er locatiespecifieke eigenschappen mogelijk, die beschermd zijn zoals natuur-, aardkundige- of archeologische waarden en bodemsaneringslocaties.

5.5 Mogelijke locaties voor bodemenergie in Oss

Voor de kansen van het winnen van bodemenergie is de lokale bodemgesteldheid van belang. De ondergrond moet watervoerende lagen bevatten en geschikt zijn om warmte of koude te winnen. Dit is op veel plekken het geval, vooral voor de WKO- techniek waarbij van de ondiepe ondergrond gebruik wordt gemaakt. Bodemenergie wordt benut voor het winnen van warmte en koude. De warmte of koude wordt aangewend voor het warmen en koelen van gebouwen of ingezet in industriële processen. Anders dan bij elektriciteit of hoogwaardige warmte is het transporteren over langer afstanden niet haalbaar bij de warmte of koude die met bodemenergie wordt gewonnen. Om deze reden hebben enkel locaties waar een geschikte bodemgesteldheid wordt gecombineerd met de aanwezigheid van afnemers goede potentie hebben voor het plaatsen van installaties voor bodemenergie. Zo zijn in de glastuinbouw gebieden in het Westland bodemenergie installaties in gebruik voor het verwarmen van kassen.

Voor WKO, waarbij van lagere temperatuurverschillen in de bodem gebruik wordt gemaakt, is de aanwezigheid van een passende afnemer maatgevend voor de haalbaarheid. Grotere panden waar veel mensen gebruik van maken (kantoorpanden, ziekenhuizen, scholen, etc.) zijn bij uitstek geschikt voor het toepassen van een WKO installatie voor warmen en koelen. Omdat hier een geconcentreerde vraag met omvang is naar gematigde temperaturen bieden deze locaties goede mogelijkheden voor WKO. Ook voor levering van warmte aan de glastuinbouw is WKO een geschikte optie. Ondanks dat de vraag minder geconcentreerd is hebben ook woonomgevingen potentie voor het toepassen van WKO. In het geval van bedrijven is de potentie afhankelijk van de aard van de bedrijvigheid. Geothermie kan bij behoefte aan hogere temperaturen in grote hoeveelheden een alternatief zijn voor WKO.

Onderzoeksinstituut TNO heeft de potentie voor geothermie, gebaseerd op geschiktheid van de ondergrond, voor Nederland in beeld gebracht. Zoals te zien aan de geel gekleurde gebieden op de kansenkaart in figuur 4 biedt het westelijk deel van het grondgebied van Oss potentie voor het winnen van energie met geothermie. In deze gebieden is de kans dat de eigenschappen van de ondergrond dermate zijn dat er geothermie kan worden gewonnen meer dan 30%. Een aantal gebieden biedt zelfs goede potentie; deze zijn in groen opgenomen. In deze gebieden is de kans dat de ondergrond geschikt is om geothermie te benutten meer dan 50%. Naast de technische winbaarheid is het voor bodemenergie van belang dat er een lokale afnemer van de te winnen warmte is. Voor geothermie geldt dat de aanwezigheid van en de afstand tot afnemers uiteindelijk bepalend is voor de feitelijke haalbaarheid. In het grondwaterbeschermingsgebied is het toepassen van geothermie bij voorbaat uitgesloten.



Figuur 5.2: Kansenkaart bodemenergie gemeente Oss (wit omlijnd het stedelijk gebied en woonkernen)

5.6 De rol van bodemenergie in de Osse energietransitie

Bodemenergie wordt onderverdeeld in WKO-installaties, geothermie en diepe geothermie. Bodemenergie levert vooral warmte op, en daarnaast koeling in de zomer. Bodemenergie kan daarom een belangrijke rol spelen in het verduurzamen van de warmte (en koude) voorziening in Oss, en daarmee het verbruik van aardgas voor warmte voorziening vervangen. De technisch- en economische haalbaarheid van toepassing van diepe geothermie worden in Nederland niet hoog ingeschat. Om die reden is de verwachting dat bodemenergie een substantiële bijdrage zal leveren aan de productie van elektriciteit niet reëel. In Oss zijn tien panden voorzien van een WKO-installatie, maar er zijn nog veel gebouwen met potentie waar nog geen gebruik wordt gemaakt van WKO. Uit rapport van CE Delft[9] blijkt dat de huidige warmte vraag in Oss 1.937 TJ bedraagt. Rekening houdend met energiebesparingsmogelijkheden, voorziet CE Delft een totale jaarlijkse warmtevraag in Oss van 1.325 TJ in 2050. De verwachting is dat technisch gezien een groot deel hiervan (ruim 1.020 TJ) ingevuld kan worden met bodem warmte-installaties op Oss grondgebied. Aangezien er vaak specifieke installaties, radiatoren of vloerverwarming moet worden geplaatst, is WKO economische gezien vooral aantrekkelijk voor toepassing in nieuwbouw.

Voor verwarming van bestaande woningen of gebouwen is, vanwege de temperatuurvraag tot maximaal 100 graden, geothermie een mogelijkheid. Geothermieprojecten zijn vaak groter van omvang (door de hogere investering) en er moet dus voldoende warmtevraag aanwezig zijn op de locatie van de warmtebron. Een gemiddelde geothermiecentrale levert jaarlijks 300TJ aan warmte. Voor de volledige Osse warmtevraag in 2050 zijn er twee a drie moderne geothermiecentrales nodig. Dit is praktisch gezien echter geen realistisch scenario, omdat de

[9] Rapportage CE Delft: Oss energieneutraal in 2050, januari 2017

warmtevraag verspreid is over de gemeente en erg verschilt per afnemer. Het distribueren van warmte over grotere afstand is technisch erg lastig, vanwege de omvangrijke infrastructuur die nodig is voor aan- en afvoer van water tussen de bron en gebruiker. Ook zijn de warmteverliezen bij transport over grotere afstand, zowel verticaal als horizontaal aanzienlijk. Het realiseren van één of twee geothermieprojecten kan wel een significante bijdrage leveren aan de warmtevraag in Oss. Of dit haalbaar is, is afhankelijk van een groot aantal factoren. Geothermie is nog een relatief nieuwe vorm van energiewinning, om die reden zijn er rond de toepassing nog een aantal onderzoeksvragen. Bijvoorbeeld over de effecten van warmteputten in elkaars nabijheid op het warmteleverend vermogen.

5.7 Innovaties & kleinschalige vormen van bodemenergie

- ***Ontwikkelingen***

Er wordt steeds meer ervaring opgedaan met geothermie in Nederland. Op dit moment zijn er tien centrales operationeel, die allemaal opereren op een diepte tussen 1.500 en 3.500 onder het aardoppervlak. Door deze ervaring is het investeringsbedrag afgelopen jaren licht gezakt en wordt er steeds meer ervaring opgedaan met de operationele kosten. Afgelopen jaar zijn er flink wat projecten in ontwikkeling gegaan, dus het is de verwachting dat het aantal geothermie projecten de komende jaren zal stijgen. De vooruitzichten van toepassing van diepe geothermie voor de opwek van elektriciteit zijn in Nederland zeer beperkt. Door onder andere de onzekerheid in de ontwikkelfase en de technische complexiteit van de installaties zijn de investeringen dermate dat deze momenteel niet concurrerend zijn met alternatieve duurzame technologieën. Op andere plekken in de wereld wordt wel gebruik gemaakt van diepe geothermie. Dit kan op die locatie omdat de aardlagen daar minder dik zijn. Technisch gezien zou het in Nederland ook toegepast kunnen worden, maar praktische en financiële haalbaarheid is twijfelachtig en in elk geval voor de nabije toekomst onwaarschijnlijk.

Ook op het gebied van bodemenergie vinden innovaties. Onderstaand zijn enkele van deze innovaties en alternatieve vormen kort uitgewerkt.

- ***Aardwarmtesystemen in één boorgat***

De huidige aardwarmteprojecten in Nederland zijn doubletsystemen. Dit bestaand uit een productie – en injectiepunt in dezelfde watervoerende aardlaag waar de warmte aan wordt onttrokken. Een nieuwe ontwikkeling zijn systemen met één boorgat. Een voordeel is dat deze systemen in potentie goedkoper zijn, omdat er slechts gebruik wordt gemaakt van één boorgat. De techniek is nog niet volwassen en wordt momenteel nader onderzocht.

- ***Innovatieve boortechnieken 'Geothermal directional drilling GDD'***

Warmte uit aardlagen worden normaal gewonnen op een diepte van 1.800 tot 2.500 meter. Er wordt gewerkt aan innovatieve technieken waarmee al warmte kan worden gewonnen op een beperktere diepte van 500 tot 1.500 meter. Een voordeel is dat minder diep boren aanzienlijk scheelt in de (aanleg)kosten. Ook zijn er door deze techniek in potentie meer boorlocaties beschikbaar.

5.8 Samenvatting bodemenergie

Bodemenergie biedt goede mogelijkheden om de warmtevraag in Oss duurzaam in te vullen. Echter, de kansrijkheid van het benutten van diepe geothermie voor de Osse elektriciteitsbehoefte is zeer beperkt.

WKO is kleinschalig, het *'mag op veel plekken'* en *'kan op veel plekken'.*

Geothermie is grootschalig, *het kan niet overal* en heeft impact op zijn omgeving *('waar mag het')*.

Voor de potentie van het benutten van bodemenergie is de combinatie van passende vraag en aanbod op een locatie maatgevend.

6 Bio-energie

6.1 Wat verstaan we onder bio-energie?

Met bio-energie wordt het winnen van energie uit organische of plantaardig materiaal aangeduid.

Energie uit reststromen
Bij het opwekken van energie uit reststromen worden natuurlijke reststromen zoals slib-, gft-, agrarisch- en biologisch productie afval nuttig gebruikt voor het opwekken van energie.

Energie uit de teelt van biobrandstofgewassen
Bij het opwekken van energie met biobrandstofgewassen zijn ook natuurlijke grondstoffen de basis om gas of elektriciteit te produceren. Het verschil met energie uit reststromen is dat biobrandstofgewassen worden verbouwd met het specifieke doel om er energie mee op te wekken.

Energie kan worden opgewekt uit biomassa door middel van verbranding, vergassing of vergisting. Er zijn verschillende vormen van biomassa die in aanmerking komen voor ***verbranding*** of ***vergassing***. De meest voor de hand liggende vormen van biomassa zijn snoei- en dunningshout, B-hout, houtpellets, plantaardige oliën en dierlijke vetten. De biomassa wordt verbrand waarbij de warmte rechtstreeks aan gebruikers geleverd wordt of (deels) wordt gebruikt voor het opwekken van elektriciteit. Bij ***vergisting*** wordt biomassa in een vergistingsinstallatie omgezet in biogas. Dit biogas kan worden gebruikt om elektriciteit en warmte van te maken. Ook kan het biogas worden opgewaardeerd tot groen gas.
Bij opwaardering van biogas naar groen gas wordt de energie-inhoud verhoogd tot die gelijk is aan de energie-inhoud van aardgas. Daarnaast wordt het biogas gereinigd om lucht- en watervervuiling en beschadiging aan installaties die met het groengas worden gestookt te voorkomen. Veel vormen van biomassa zijn geschikt voor vergisting, zoals reststromen uit de industrie, rioolslib, gft, mest en mais. Biogas kan op verschillende manieren worden geproduceerd: monovergisting en co-vergisting. Bij monovergisting wordt een enkele reststroom uit de industrie of rioolslib, gft, mest of mais vergist. Bij co-vergisting wordt de installatie gevoed met minimaal 50% dierlijke mest en maximaal 50% andere reststromen (co-substraten).

6.2 Wat levert bio-energie op?

Energie uit reststromen

- **Verbranden & vergassen**

Hout is de meest voorkomende biomassa welke gebruikt wordt voor verbranding. De energie-inhoud van hout ligt tussen de 9 GJ/ton en 17 GJ/ton. Als hout verbrand wordt en er vervolgens elektriciteit mee opgewekt wordt, gebeurt dit met een rendement van ongeveer 20-25%. Dit betekent dat er per ton hout ongeveer 1 MWh elektriciteit kan worden opgewekt. Om de installaties verder te verduurzamen, kunnen technieken die worden toegepast voor CO^2 afvang bij conventionele energiecentrales worden toegepast.

- **Vergisten**

Bij vergisting komen meerdere reststromen van biomassa kijken. De hoeveelheid biomassa die nodig is om 1 m^3 biogas op te wekken of 1 kWh elektriciteit op te wekken, is sterk afhankelijk van het type biomassa, het vochtigheidsgehalte en de kwaliteit van de biomassa. Vergisters hebben

in Nederland een elektrisch vermogen van 0,4 MWelektrisch tot 6 MWelektrisch. Naast elektriciteit kan het biogas ook opgewaardeerd worden naar groen gas. Gemiddeld levert 1 ton biomassa 100 m^2 groen gas op.

Energie uit de teelt van biobrandstof gewassen
Bij het gebruik van specifiek verbouwde gewassen voor gebruik in en bio-energieinstallatie zijn de groeitijd, beschikbaar oppervlak en energiewaarde van het gewas factoren die de energie opbrengst mede bepalen. In Nederland heeft het verbouwen van biobrandstoffen een geschatte potentie voor het opwekken van circa 1 watt per m^2 per jaar (dus 10kW per hectare). Energie opwekken uit biomassa met speciaal voor dat doel verbouwde gewassen wordt beschouwd als een laagwaardige toepassing van het gebruik van landbouwgrond omdat de gewassen beperkte energetisch rendement hebben. In Nederland komt het verbouwen van gewassen met als primair doel er energie mee op te wekken niet of nauwelijks voor maar wordt landbouwgrond meestal gebruikt voor het verbouwen van voedsel voor consumptie door mens of dier.

6.3 Voorwaarden aan de omgeving: waar kan het wel en waar niet?

Logistiek is in een bepalende factor om de mogelijke locaties te bepalen voor het vestigen van een installatie voor bio-energie. Dit geldt zowel voor de levering van geproduceerde warmte of gas als voor de aanvoer van de biobrandstof. Bij het verbranden van biomassa komt warmte vrij, bij het vergassen en vergisten van biomassa komt gas vrij. De meest kansrijke locaties voor bio-energie zijn locaties nabij afnemers van warmte- of gas, zodat de warmte of het gas op efficiënte manier kan worden geleverd. Daarnaast is de aanvoer van biomassastromen een factor die de potentie van een locatie bepaalt. Bij grote installaties gaat dit al snel om tientallen vrachtwagens per week. Plekken waarbij biomassastromen voornamelijk vrij- of samenkomen liggen voor de hand voor vestiging van installaties. Dit zijn bijvoorbeeld verzamelpunten binnen de gemeente voor snoeiafval (hout), bij RWZI's (slib) en bermgras. Maar ook nabij bedrijfslocaties met natuurlijke reststromen uit het productieproces en in agrarisch gebied bij veehouderijen (mest) en akkerbouw (reststromen gewassen). Voor het benutten van reststromen door en bij agrarische bedrijven zijn door provincie Noord-Brabant voorwaarden opgesteld. In het geval van het benutten van specifiek voor het opwekken van bio-energie verbouwde gewassen is er voldoende beschikbare landbouwgrond nodig. Deze vorm wordt hier buiten beschouwing gelaten, de gemeente Oss kiest voor verkenning van de mogelijkheden van biologische reststomen dat vrijkomt als afval binnen de eigen gemeentegrenzen.

6.4 Voorwaarden die gebieden uitsluiten: waar mag het wel en waar niet?

Naast beleid is ook wet- en regelgeving van invloed op de locaties waar bio-energie installaties kunnen worden geplaatst. Voor normen gesteld vanuit geur en veiligheid oogpunt gelden minimale afstanden voor installaties tot woningen. De gehanteerde afstanden voor de kansenkaart bio-energie zijn in tabel 2 samengevat weergegeven. Exacte afstanden zijn afhankelijk van de soort en omvang van de installatie.

- **Geur & stof: afstand tot gevoelige objecten**

Geur- en stofwetgeving is op provinciaal niveau belegd en leidt tot installatie-specifieke normen en afstanden. In de omgevingsvergunning worden toegestane geur- en stof emissie en voorwaarden aan de te volgen werkwijze en procedures bij het bedienen van de (co-) vergistingsinstallatie gesteld om geur- en stofemissie en -hinder te beperken.

De stappen in het vergistingsproces om biogas te creëren worden in een gesloten systeem uitgevoerd. Exacte processtappen zijn afhankelijk van het soort installatie en eindproduct dat

wordt vervaardigd. Tot processtappen kunnen onder andere behoren de opslag van grondstoffen en digestaat. Digestaat is het restproduct dat overblijft na vergisting. Andere processtappen zijn de biogas opwerkunit en vergister, opslag en invoeding van biogas in het net en een warmtekrachtinstallatie. Maatgevende activiteit voor geuremissie is de aanvoer van mest en het via een pompput inbrengen in de vergister. De 'handreiking (co-)vergisting van mest' adviseert een voor de afstand tot geurgevoelige objecten aan te sluiten bij afstanden voor de opslag tot drijfmest. Dit betekent een afstand van de vergistingsinstallatie tot geurgevoelige objecten gelegen van 100 meter en 50 meter, respectievelijk binnen en buiten de bebouwde kom. De 'Handreiking bedrijven en milieuzonering' hanteert voor de co-vergisting, vergassing of verbranding van mest, slib, gft of reststromen uit de voedingsindustrie eveneens een richtafstand van 100 meter voor geluid. Voor stof wordt een richtafstand van 50 meter aanbevolen.

- **Veiligheid: Afstand tot kwetsbare objecten**

Kwetsbare objecten zijn woningen (bedrijfswoningen uitgezonderd), kantoren > 1.500m^2 vloeroppervlak en *"objecten bestemd voor meer dan 50 personen gedurende langere aaneengesloten tijd*. Vanwege veiligheidsregelgeving dient vanaf de vergistingsinstallatie tot kwetsbare objecten een minimale afstand worden aangehouden. Voor installaties met een compressor voor invoeding op het gasnet hanteert het (ontwerp)besluit kwaliteit leefomgeving een vuistregel een afstand van 100 meter. Voor installaties waarbij met bio-energie elektriciteit wordt geproduceerd en geen compressor nodig is hanteert het besluit een vuistregel afstand van 50 meter.

- **Geluid: afstand tot gevoelige objecten**

Een bio-energie installatie kent meerdere potentiële geluidsbronnen. Afhankelijk van de uitvoering kunnen dit onder andere een pomp- en aandrijf, warmtekracht- en een fakkelinstallatie zijn. Ook transportbewegingen dragen bij aan de geluidsbelasting en moeten in de beoordeling daarvan worden meegenomen. Er dient een locatie en installatiespecifieke geluidsnorm te worden vastgesteld. De 'Handreiking bedrijven en milieuzonering' hanteert voor de co-vergisting, vergassing of verbranding van mest, slib, gft of reststromen uit de voedingsindustrie een richtafstand van 100 meter tot woonconcentraties met een huidig beperkt geluidsniveau.

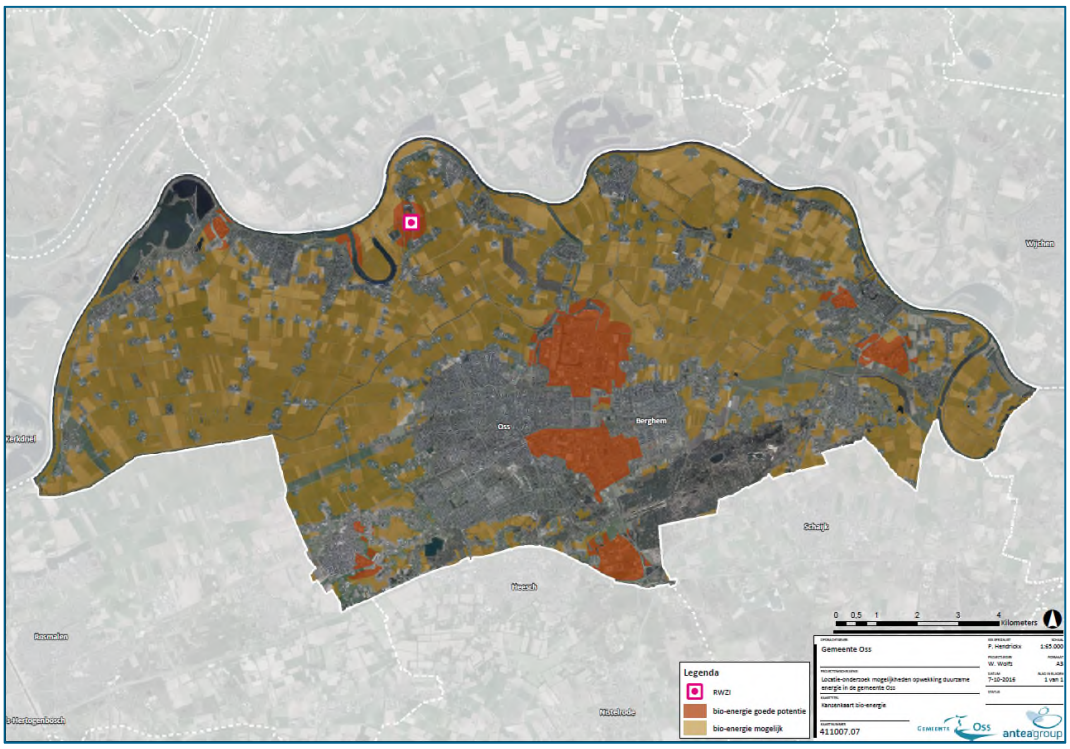
Tabel 2: gehanteerde vuistregelafstanden bio-energie t.b.v. kansenkaarten

	minimaal	maximaal
gevoelige objecten (buitengebied)	50 meter	100 meter
gevoelige objecten (bebouwde kom)	100 meter	-
Kwetsbare objecten (inc. hoogspanning- en buisleidingen)	50 meter	100 meter

6.5 Potentiele locaties voor bio-energie in Oss

Installaties voor het opwekken van bio-energie kunnen op veel locaties worden ingepast, waarbij enige afstand tot gevoelige en kwetsbare objecten moet worden aangehouden. Op locaties waar de fysieke ruimte aanwezig is om deze afstanden te respecteren is inpassing in principe mogelijk. De potentie van een bepaalde locatie voor het realiseren van een bio-energie installatie wordt in belangrijke mate bepaald door de aanwezigheid van brandstof (reststromen) op de locatie. In Oss zijn om deze reden de bedrijventerreinen locaties met goede potentie voor het opwekken van bio-energie. Op bedrijventerreinen zijn mogelijk bruikbare reststromen uit de voedselindustrie beschikbaar. Oss beschikt over een aanzienlijke voedselindustrie die mogelijk geschikte

reststromen oplevert. Daarnaast bevinden zich op bedrijventerreinen verzamelpunten voor huishoudelijk en gemeentelijk snoei- en groenafval. Voor installaties waarmee elektriciteit én warmte wordt geproduceerd is de kans op aanwezigheid van passende afnemers van de warmte op en rond bedrijventerreinen groter. Op bedrijventerreinen is doorgaans infrastructuur in de nabijheid aanwezig om de bio-installatie op aan te sluiten: in het geval van de productie van biogas een gasleidingnet van passende druk en in geval van de productie van elektriciteit een midden-spanningsnet. Om redenen van netaansluiting en afnemers hebben zones in landelijk gebied aansluitend op bedrijventerreinen betere potentie voor vergisting van agrarische reststromen (zoals mest) dan verder weg in het buitengebied. Een specifieke locatie waar een geschikte reststroom vrijkomt, is de RWZI Ooijen. Deze locatie biedt daarom een goede potentie voor het opwekken van bio-energie ter plaatse.



Figuur 6: Kansenkaart bio-energie gemeente Oss

6.6 De rol van bio-energie in de Osse energietransitie

Bio-energie kan worden gebruikt voor de productie van elektriciteit en de productie van warmte. Bio-energie is daarom, op locaties waar warmte- en elektriciteitsbehoefte samenkomen, een zeer efficiënte manier van energieproductie. Voor de productie van warmte is biomassa vooral geschikt bij grote warmtenetten en industriële productie. De warmte is van hoge temperatuur en is daardoor bruikbaar voor industriële processen of transport over enige afstand. Bij elektriciteitsproductie met biomassa wordt deze mogelijk na eerste vergist te zijn, verbrand, waarbij de restwarmte ook nuttig gebruikt kan worden.

De bepalende factor voor de omvang waarin bio-energie kan worden toegepast is de hoeveelheid beschikbare reststromen in de gemeente. Om deze reden is het van belang inzicht te krijgen in beschikbare reststromen binnen de gemeente en de bijbehorende energiepotentie daarvan in de energieneutrale situatie.

Uit rapport van CE Delft[10] blijkt een verwachte jaarlijkse energiebehoefte in Oss van 3.820TJ in 2050. De ambitie is daarvan binnen de eigen gemeentegrenzen 50% duurzaam op te wekken. Hiervoor moet er jaarlijks 1.910TJ aan energie worden opgewekt op eigen grondgebied. Hiervoor is indicatief 200.000ton hout nodig wanneer dit verbrand wordt. Bij vergisting is er indicatief een 1.000.000ton biomassa nodig. De exacte benodigde omvang van reststromen is afhankelijk van de samenstelling en de energiewaarde van de betreffende stromen. Voorgaande genoemde omvang van benodigde reststromen zijn grove, indicatieve schattingen. De gemeente Oss levert momenteel 25.000[11] ton biomassa per jaar (5.000 ton houtachtig, 9.000 ton GFT en 11.000 ton overige). Deze biomassa wordt verwerkt in een bio-energiecentrale in Odiliapeel. Wanneer deze biomassa wordt ingezet voor energieproductie binnen de eigen gemeente kan hiermee, in een gunstig geval, in circa 10% van de energiebehoefte worden voorzien.

Naast de beschikbaarheid van reststromen, moet er worden voldaan aan de technische- en logistieke randvoorwaarden voor warmte- of groengasdistributie. Een voorwaarde is een geschikt netwerk om de warmte te distribueren naar de eindgebruiker. In het geval van de productie van groengas gaat het om installaties om het geproduceerde gas in het gasleidingnet te injecteren. Afhankelijk van de situatie vergt de aanleg daarvan aanzienlijke investeringen. Een voldoende schaalgrootte, grote aantallen aangesloten gebruikers, is belangrijk om distributie van warmte of groengas economisch interessant te maken. Net als bij bodemenergie is toepassing hiervan in nieuwbouw situaties voor de hand liggend, omdat infrastructuur voor warmte distributie ineens mee kan worden aangelegd.

6.7 Innovaties & kleinschalige vormen van bio-energie

Op het gebied van bio-energie vinden innovaties plaats en wordt er gewerkt aan alternatieve vormen. Onderstaande zijn een drietal van deze innovaties en ontwikkelingen samengevat beschreven.

- ***Micro bio-vergisting***

Bij micro bio-vergisting wordt gebruik gemaakt van een kleine installatie die in of nabij een gebouw geplaatst kan worden. Hierbij wordt organisch huis,- tuin-, en keukenafval direct in de eigen omgeving ingezet om gas te produceren. De micro bio-vergister combineert afvalverwerking met biogas productie dat gebruikt wordt voor het koken. De techniek is in ontwikkeling en nog niet kosten effectief.

- ***Biogas uit decentrale afvalwaterzuivering 'New Sanitation'***

Decentrale afvalwaterzuivering 'New Sanitation' is een concept uitgevonden door Wageningen Universiteit. Afvalwaterzuivering vindt bij de bron plaats doormiddel van scheiding van de afvalstromen, terugwinning van grondstoffen en zuivering van het afvalwater. Een voordeel is dat tijdens het zuiveren van het afvalwater biogas wordt geproduceerd en grondstoffen (zoals fosfaat) wordt teruggewonnen. Een nadeel is dat de techniek in een vroeg stadium van ontwikkeling is en, in vergelijking met de huidige centrale afvalwaterzuivering, aanzienlijk hogere kosten met zich mee brengt.

[10] Rapportage CE Delft: Oss energieneutraal in 2050, augustus 2016

[11] Opgave gemeente Oss, oktober 2016

6.8 Samenvatting bio-energie

Het aandeel van bio-energie in het voorzien in de Osse energiebehoefte in 2050 is sterk afhankelijk van de omvang van beschikbare reststromen.

Bio-energie kent beperkte randvoorwaarden *('waar kan het')* en een beperkte milieu-ruimte claim *('waar mag het')*.

Logistiek (aanwezigheid- en aanvoer van grondstof en aanwezigheid afnemers) is maatgevend voor de potentie van een locatie.

Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

Contactgegevens

Beneluxweg 125
4904 SJ OOSTERHOUT
Postbus 40
4900 AA OOSTERHOUT

E. info@anteagroup.com

www.anteagroup.nl

Copyright © 2016
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.