

ENERGIETRANSITIE REGIO U16

EEN VERKENNING VAN
ENERGIEVERBRUIK EN POTENTIES

GENERATION .ENERGY

- DEFINITIEF RAPPORT -
21 DECEMBER 2018

QUINTEL INTELLIGENCE

Titel
Energietransitie RES-Regio U16
Een verkenning van energieverbruik en potenties

Status
Definitief

Datum
21 december 2018

Team
Generation.Energy
Machiel Bakx
Klasien Visser
Jaap Witte
Maarten Vermeer

Quintel intelligence
Dorine van der Vlies,
Chael Kruip

INHOUDSOPGAVE

H1. SAMENVATTING - 7

H2. INLEIDING - 15

H3. ANALYSE - 19
- ENERGIEVERBRUIK NU EN IN DE TOEKOMST - 20
- POTENTIE BESPAREN EN VERDUURZAMEN - 23
- POTENTIE OPWEKKING - 31
- INZICHTEN - 53

BIJLAGEN - 59
- METHODE - 60
- UITGANGSPUNTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN - 65
- UITGANGSPUNTEN OPWEKKEN - 73
- ENERGIEPASPOORTEN - 89

VOORWOORD

De energietransitie. Misschien wel de grootste opgave van de komende decennia. Zo blijkt ook uit de verkenning van de energietransitie in RES-regio U16 die voor u ligt. Linksom of rechtsom, de energietransitie heeft invloed op ons dagelijks leven. De lat ligt hoog. We willen een klimaatneutrale samenleving in het jaar 2050 en dat lukt alleen als we energie besparen en alle kansen benutten om duurzame energie op te wekken.

In 2015 maakten bijna alle landen van de wereld in Parijs afspraken om klimaatverandering te stoppen. Ook Nederland ondertekende dit akkoord. Onze regering maakt in het nationaal klimaatakkoord afspraken over hoe we de doelen van Parijs in Nederland kunnen halen. Het Rijk gaf gemeenten de opdracht op regionaal niveau een energiestrategie te maken. Alle Nederlandse gemeenten werken in regio's aan zo'n regionale energiestrategie. De provincie Utrecht is verdeeld in drie regio's en één daarvan is RES-regio U16. In deze regio werken wij al jaren samen aan gezond stedelijk leven. Nu dus ook aan een regionale energiestrategie.

We lieten onderzoeken hoeveel energie we in onze regio nu en in de toekomst gebruiken, hoe we energie kunnen besparen en hoe we zoveel mogelijk duurzame energie kunnen opwekken. Het resultaat van deze analyse staat in dit rapport. Let op: in dit rapport staan geen keuzes. Het laat alle denkbare mogelijkheden naast elkaar zien. Zo leest u bijvoorbeeld waar ruimte is om zonnevelden of windmolens te plaatsen. Dit betekent niet dat ze op deze plekken moeten komen. Toch zijn getallen en kaarten uit het onderzoeksrapport nodig om gevoel te krijgen bij de mogelijkheden. We weten immers dat de opgave hoe dan ook gevolgen heeft voor ons dagelijks leven. Duurzame energievoorziening heeft gevolgen voor onze buitenruimte, is vaak zichtbaar en vraagt meer ruimte dan fossiele energie. We moeten ervoor zorgen dat het goed past binnen de ruimte die we hebben. Daarnaast moeten we onze woningen zonder aardgas verwarmen. Ook dat gaan we merken.

Wij willen graag benadrukken dat we de energietransitie als kans zien. Energie besparen en duurzame energie opwekken levert veel op. Economisch en maatschappelijk. Hier kunnen we allemaal van profiteren. Uitgangspunt voor de regionale energiestrategie is dat alle gemeenten in onze regio hier beter van worden. Op allerlei plekken in onze samenleving zien we al succesvolle initiatieven. Al deze successen hebben één ding gemeen: ze ontstaan doordat mensen zorgen hebben over het klimaat en bereid zijn met elkaar aan oplossingen te werken.

De volgende stap na de analyse in dit rapport is dat we met elkaar in gesprek gaan over wat we wel en niet acceptabel vinden. Dat gesprek moet vooral in de samenleving gevoerd worden. Tussen inwoners, ondernemers, maatschappelijke organisaties en overheden. Dit rapport helpt bij het voeren van het goede gesprek. Het geeft een beeld van waar we mee te maken hebben als we onze regio energieneutraal maken.

Wij nemen graag het initiatief om dit gesprek op gang te brengen. Als bestuurders zijn we ervan overtuigd dat we in onze regio veel kunnen bereiken. Niet voor niets zijn we een aantrekkelijke en economisch sterke topregio. Dat hebben we te danken aan onze gedisciplineerde, doelgerichte mentaliteit. Die mentaliteit kunnen we ook nu in onszelf aanspreken. We zijn het aan onszelf en volgende generaties verplicht dat we serieus werk maken van de energietransitie. Als we openstaan om van elkaar te leren en elkaar te helpen, kunnen we deze opgave tot een succes maken.

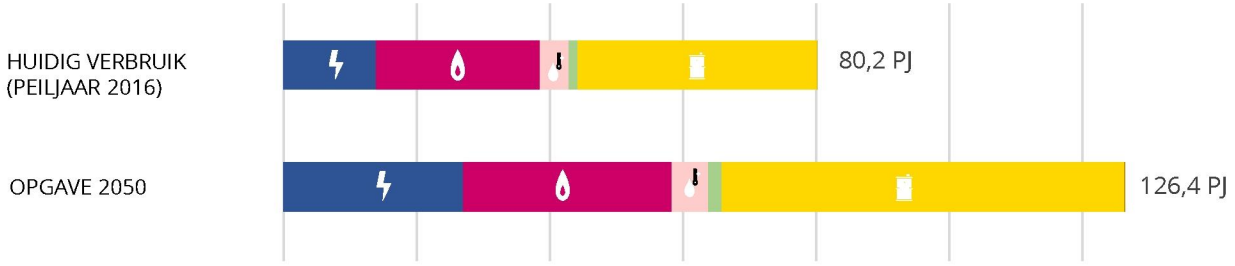
Namens:

Erika Spil, gemeente Bunnik
Let van Hooijdonk, gemeente Utrecht
Bas Lont, gemeente Oudewater
Anne Brommersma, gemeente De Bilt
Rob Jorg, gemeente Utrechtse Heuvelrug
Kiki Hagen, gemeente de Ronde Venen
Hilde de Groot, gemeente Houten
Cees Taal, gemeente Leerdam
Gerrit Spelt, gemeente Lopik,
Peter Bekker, gemeente IJsselstein,
Jocko Rensen, gemeente Montfoort
Marieke Schouten, gemeente Nieuwegein
Tymon de Weger, gemeente Woerden
Frank Meurs, gemeente Vianen
Linda van Dort, Stichtse Vecht
Hans Marchal, gemeente Wijk bij Duurstede
Maks van Middelkoop, gemeente Zederik
Wouter Catsburg, gemeente Zeist
Pim van den Berg, provincie Utrecht
Constantijn Jansen op de Haar, HDSR

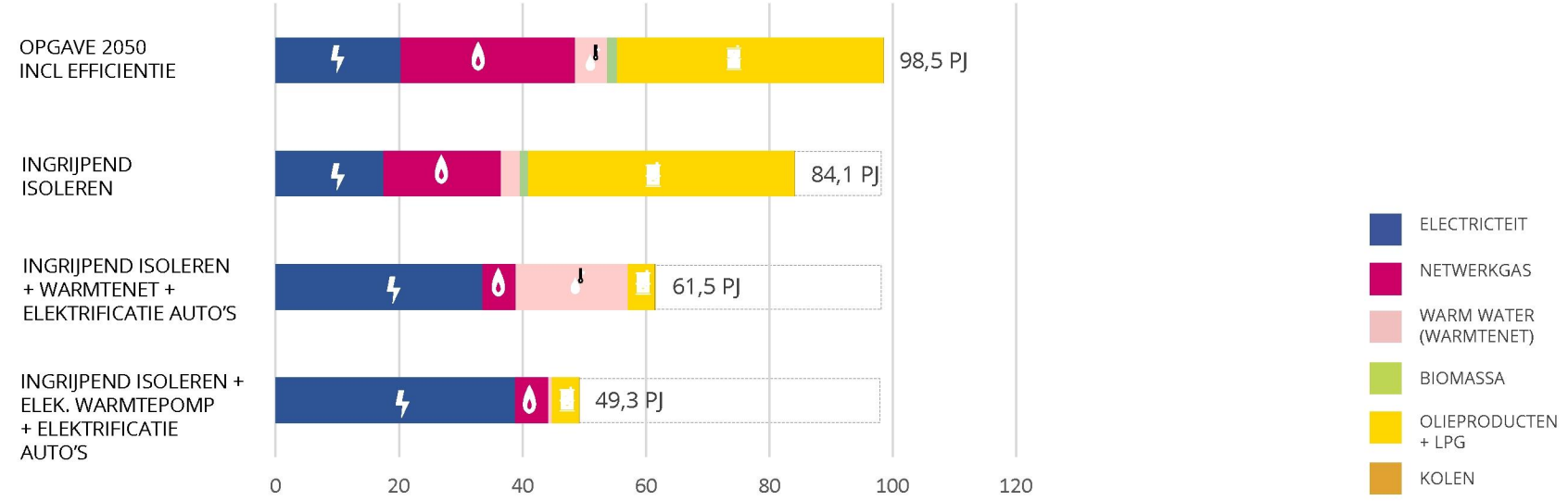
SAMENVATTING

SAMENVATTING

ENERGIEVERBRUIK NU EN IN DE TOEKOMST
HUIDIGE VERBRUIK, OPGAVE 2050 IN- EN EXCLUSIEF EFFICIENTIE



BESPAREN EN VERDUURZAMEN
EFFECTEN VAN COMBINATIES VAN INGRIJPENDE MAATREGELEN BESPAREN EN VERDUURZAMEN



SAMENVATTING

Hoe staat het met het energieverbruik in de U16, nu en in de toekomst? Op de voorgaande pagina schetsen we een beeld van nu en wat we kunnen verwachten. Wat betekenen deze cijfers en welke duurzame opwekking kan hier tegenover staan?

Huidig energieverbruik
Het energieverbruik van de U16-gemeenten samen is 80,2 Petajoule (PJ, peiljaar 2016). Dit is alle energie bij elkaar opgeteld; van elektriciteit tot gas en motorbrandstoffen. Bijna de helft van de energievraag komt voor rekening van de sector verkeer (46%). Op volgorde van grootte volgen woningbouw (25%), utiliteit (18%), industrie (9%) en landbouw (2%). Verder bestaat 17% van het verbruik uit elektriciteit, 31% uit gas en 5% uit warm water (warmtenet).

Energieverbruik in de toekomst
Dit verbruik groeit tot 2050 met circa 23% naar 98,5 PJ. In dit getal is de groei van de bevolking en mobiliteit meegenomen plus de autonome efficiëntieverbeteringen van apparaten, huizen en voertuigen. Hierbij zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de overige analyses van de U16.

De karakteristieken van de gemeenten in U16 lopen uiteen: veel of weinig huishoudens, industrie of verkeer. Dat zorgt ervoor dat de ontwikkeling van de energievraag bij de 16 gemeenten onderling verschillen.

Benadering van potenties: 'draaiknoppen'
Hoeveel energie kan in de U16 duurzaam worden opgewekt? Dit wordt bepaald door de beschikbaarheid van techniek, bronnen en ruimte. Daarbij is de beschikbaarheid van ruimte is een relatief begrip; dit hangt immers af van ruimtelijk beleid. Ook economische afwegingen maken inherent deel uit van een potentiebenadering. Denk aan de economisch optimale onderlinge afstand van windmolens of de beperkte benutting van zonnedaken op het noorden.

We spreken daarom in deze verkenning niet van maximale opwekpotentie, maar benaderen de potentie per bron via verschillende invalshoeken. Daarbij werken we als het ware met een 'draaiknop' per bron, met verschillende 'standen'. Door het effect van verschillende standen te berekenen ontstaat grip op oplossingen. Bijvoorbeeld bij windenergie hebben we gekeken naar het aantal turbines dat geplaatst kan worden, uitgaande van de beschikbare ruimte:

- Rekening houdend met landelijke normen voor veiligheid en milieu
- Rekening houdend met landelijke normen en provinciaal ruimtelijk beleid
- Bij enkele ruimtelijke plaatsingsprincipes: Langs infrastructuur, op of bij bedrijventerreinen, per woonkern

Deze benadering sluit aan op methodes en uitgangspunten waar ook in andere regio's en op nationaal niveau mee wordt gerekend.

Maatregelen besparen en verduurzamen
We hanteren bij de potentie van besparen en verduurzamen een soortgelijke benadering. In theorie kunnen alle woningen worden omgebouwd tot 'nul-op-de-meter' of kan al het personenvervoer per OV en fiets plaatsvinden. Maar ook hier benaderen we de potentie vanuit meerdere invalshoeken.

Voor deze verkenning hebben we gekeken naar het effect van verschillende maatregelen in de sectoren woningen, utiliteit en mobiliteit. Ook in de sectoren industrie en landbouw zijn besparende maatregelen denkbaar. Deze maatregelen zijn echter minder generiek van aard en daarom niet meegenomen in deze regionale verkenning.

De volgende maatregelen hebben we onderzocht:
- Isoleren: laag of hoog
- Verduurzaming van het warmteaanbod: vervangen van gas door elektriciteit, hybride of warmtenet
- Modal shift: verdubbeling van het OV- en fietsgebruik
- Elektrificatie: 100% elektrificatie van autoverkeer

SAMENVATTING

Door maatregelen met elkaar te combineren ontstaat een beeld van de potentie van besparen en verduurzamen. In de verkenning zien we bijvoorbeeld dat ingrijpend isoleren van woningen en kantoren kan leiden tot 15% besparing op het totale energieverbruik. In de meest vergaande combinatie kan het energieverbruik met circa 50% worden teruggedrongen. Die grootste besparing in PJ kan worden bereikt wanneer:

- *alle* bebouwing ingrijpend wordt geïsoleerd en met warmtepompen verwarmd,
- twee keer zoveel mensen laten de auto staan ten faveure van OV en fiets, en
- *alle* personenauto's elektrisch rijden

Let wel, bij deze combinatie van maatregelen neemt het totale verbruik weliswaar met de helft af, maar verdubbelt de elektriciteitsvraag ten opzichte van de energievraag in 2050 inclusief efficiëntie. Bij deze combinatie is er dus meer opwek via wind- en zonne-energie nodig dan bijvoorbeeld bij de keuze voor een duurzaam warmte-aanbod via een warmtenet. Belangrijke voorwaarde voor een warmte-aanbod via een warmtenet is op zijn beurt weer dat er voldoende warmte beschikbaar dient te zijn.
Welke combinatie van maatregelen passend is en in hoeverre deze haalbaar zijn, hangt, net als bij opwekpotentie af, van beschikbare techniek, bronnen en ruimte per gebied.

Inzicht potentie duurzame opwekking
Voor een aantal bronnen is de opwekpotentie benaderd door een aantal 'standen van de draaiknop' te beschouwen. Deze variabelen vormen de eerder benoemde bandbreedte van opwekpotentie per bron.

Windturbines Potentie 0,5 – 20,6 PJ
Elektriciteit. Uitgaande van 3MW turbines, met optimale onderlinge afstanden, en verschillende ruimtelijke configuraties
- Overal waar het kan, binnen landelijke normen
- Idem, maar inclusief provinciaal beleid
- Alleen in zones langs infrastructuur
- Alleen op of nabij bedrijventerreinen
- Elk dorp een 'eigen' windmolen

Zonnevelden Potentie 3,8 – 20,4 PJ
Elektriciteit. Uitgaande van:
- Volleggen van 10% van de agrarische gronden
- In zones langs infrastructuur
- Rondom of bij woonkernen

NB: indien alle agrarische gronden in de U16 worden vol gelegd met PV panelen, is de potentie (20,4 x 10/100%) 204 PJ.

Zon op daken Potentie 7,4 PJ elektriciteit en 1,3 PJ warm water
Uitgaande van een benutbaarheid van *alle* daken van 25-30%, en een optimale mix van PV-panelen en zonnecollectoren.

Biomassa Potentie 6,5 – 9,2 PJ biogas
Uitgaande van:
- Benutting van huidige reststromen
- Optimale verdeling agrarisch gebied ten gunste van biomassa (50% mest, 50% organisch)

Restwarmte Potentie: tot 8,7 PJ lage temperatuur water en 2,0 PJ hoge temperatuur water
Uitgaande van:
- Volledige benutting van alle bekende restwarmtebronnen

Oppervlaktewater en gemalen Potentie: 7,9 – 25 PJ warm water
Uitgaande van:
- Benutting van warmte bij voldoende afname binnen één kilometer afstand.
- Benutting van alle warmte zonder beperking afzetgebied.

Geothermie Potentie: 1,0 – 3,3 PJ warm water
Uitgaande van:
- De potentie met de beperking van kans van tenminste 30% op benutting van de bron
- Potentie als alle bronnen 100% te benutten zijn.

NB Voor de potentie van geothermie geldt dat er slechts voor een deel van de U16 informatie beschikbaar is.

SAMENVATTING

De balans in de RES-regio U16
In het 'energiepaspoort' (blz. 12) en de 'balans per gemeente' (blz. 13) vatten we de resultaten van de verkenning beeldend samen.

In het 'energiepaspoort' van de U16 geven we het verwachte verbruik in 2050 inclusief de bandbreedte van besparen weer. En dit zetten we af tegen de onderzochte opwekpotenties per bron.
Bij de balans per gemeente presenteren we de onderlinge verschillen van vraag- en opwek in warmte en elektriciteit.

Deze twee beelden geven een aantal inzichten.

- In theorie kan de toekomstige elektriciteitsvraag (blz. 10, kolom '2050 met efficiëntie') worden afgedekt met opwekking uit zon en wind op het grondgebied in de eigen regio, bijvoorbeeld door de combinatie van zonnevelden op 5% van de agrarische gronden en windturbines overal waar landelijke normen en provinciaal (natuur-) beleid dit toestaan.

- Wanneer in de bebouwde omgeving ingrijpend wordt geïsoleerd en maximaal wordt ingezet op verwarming met hernieuwbare warmte via een warmtenet, kan het regionale warmte-aanbod in theorie voldoende zijn (NB: restwarmte is evenwel nog niet per definitie duurzame warmte).

- Bij de combinatie met de grootste besparing - ingrijpend isoleren, elektrisch verwarmen met warmtepompen en 100% elektrisch rijden – hoeft in *totaal* de minste aantal PJ te worden opgewekt, maar van die energie is veel meer elektriciteit nodig dan bij andere combinaties. Dit heeft op zijn beurt zijn ruimtelijke weerslag. Om de totale elektriciteitsvraag namelijk op te wekken, is zon op alle daken en zonne-velden op fors meer dan 10% van het agrarisch gebied nodig. Of windturbines staan overal in de regio, ook daar waar volgens het huidig provinciaal beleid niet kan.

- Elke gemeente heeft een mismatch tussen vraag en aanbod. Daarnaast is in de balans per gemeente te zien dat de onderlinge verschillen tussen gemeenten groot is. Het potentiële overschot van de één kan het tekort van de ander dekken. Samenwerking is essentieel om als U16 de energietransitie te laten slagen.

Netwerk en opslag
Ongeacht welke besparings- of potentiestrategie wordt gekozen, het energieverbruik gaat dan wel in omvang dan wel in type energiedragers veranderen. Met het oog op deze verandering is het onontkoombaar dat het huidige netwerk om energie te transporteren, dient te worden opgeschaald of aangepast.

Hierbij is ook energieopslag een belangrijk aspect. Te meer omdat energie uit hernieuwbare bronnen veel meer tijdsafhankelijk zijn, en de perioden van opwekking niet gelijk lopen met de perioden van (piek)gebruik. Dit vraagt om uitbreiding van vormen van opslag, al dan niet op woning, buurt of wijkniveau. Welke vormen van opslag geschikt zijn, hangt af van de strategie per gebied.

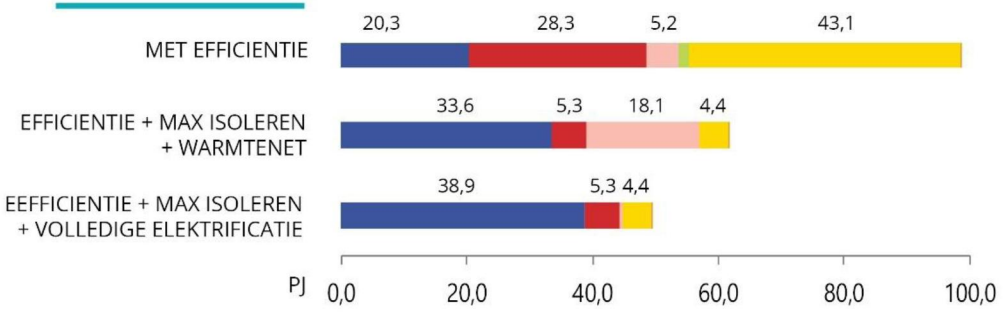
SAMENVATTING

PASPOORT RES-REGIO U16

REGIO: U10



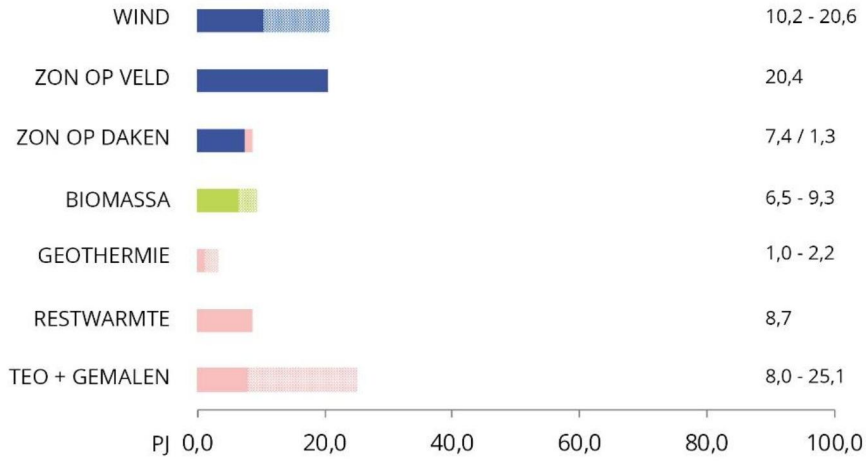
OPGAVE 2050



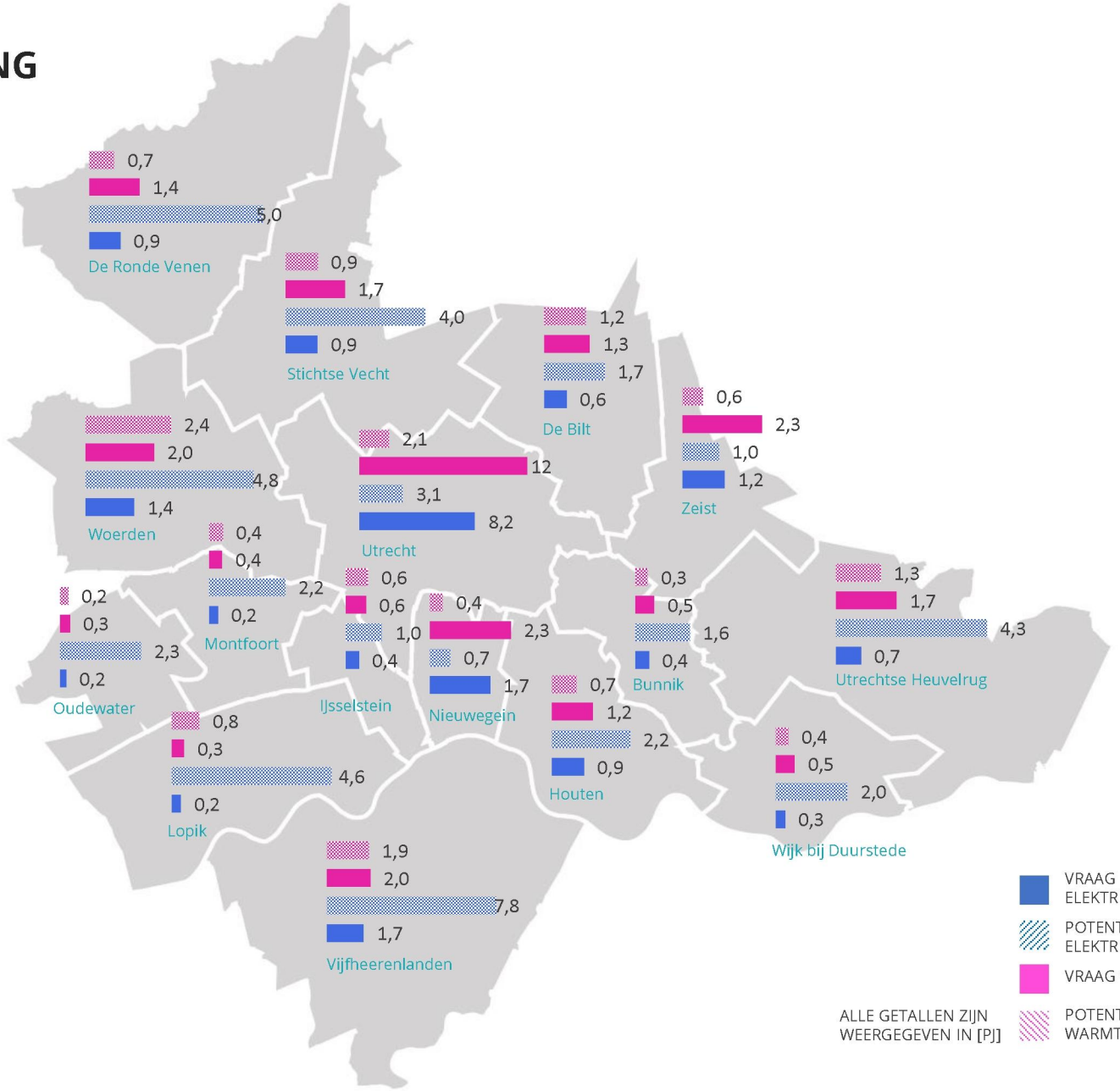
LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



SAMENVATTING



INLEIDING

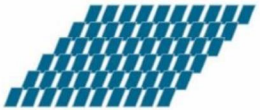
DOEL VAN DEZE VERKENNING

ENERGIE = RUIMTE

1 PJ =



29-40
WINDTURBINES
(3,0 MW)



300-500
HA ZONNEVELD



100.000
WONINGEN MET
ZONNEDAKEN

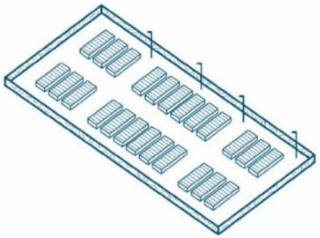


4.750
HA
BIOMASSATEELT



30
VLOEIBARE OPSLAG

capaciteit: 228 ton vloeibaar H_2
(opslag bij -252,87 °C - voor opslag
raketbrandstof bij Kennedy Space Center USA)

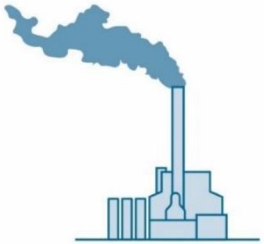


3.500
~2000 HA
BATTERIJ NUTSVOORZIENINGEN

capaciteit: 80 MWh
afmeting: 95x60 m (0,57 ha)



28.500.000
M³
AARDGAS



ca. 20 dagen
HEMWEG-8*

* 50 kilo steenkool per seconde

INLEIDING

Klimaatakkoord
Nederland voorziet op dit moment in 5,6% duurzame energie. Dat moet naar 14% in 2020, zoals is afgesproken in het energieakkoord in 2013. Daarnaast wil het kabinet de uitstoot van broeikasgassen terugdringen om te voldoen aan de internationale afspraken van Parijs.; in 2030 met 49% en in 2050 met 80-95%. Het realiseren van duurzame energieopwekking speelt hierbij een belangrijk rol. Op dit moment wordt op nationaal niveau gewerkt aan een Klimaatakkoord, waarin deze ambitie wordt uitgewerkt naar praktische doelstellingen.
In 5 verschillende overlegtafels werken rijk, decentrale overheden, bedrijven en belangenorganisaties samen aan doelstellingen en acties per sector, voor 2030 en 2050. Op dit moment is een Klimaatakkoord op hoofdlijnen gereed. De verwachting is dat het finale akkoord eind 2018 zal worden gepresenteerd.

Energie = ruimte
De energietransitie is niet in de laatste plaats een enorme ruimtelijke opgave, op verschillende schaalniveaus. Het ruimtebeslag van duurzame opwekking is inherent groter dan dat van fossiele bronnen; zo zijn er vele windturbines of zonnevelden nodig ter vervanging van een enkele gascentrale. Een verschuiving van bijvoorbeeld gas naar duurzaam gewonnen elektriciteit of warmte leidt tot nieuwe netwerken en ruimte voor (seizoens-)opslag. Besparingen zullen leiden tot een zichtbaar andere bebouwde omgeving, met 'make-overs' voor onzuinige woningen en laadinfrastructuur voor elektrisch vervoer. De energietransitie wordt daarmee voor iedereen zichtbaar en voelbaar. In het traject van het klimaatakkoord wordt dit onderkend, door de ruimtelijke consequenties van meet af aan mee te nemen in de beschouwing van oplossingen.

Regionale Energiestrategie (RES)
De U16 gemeenten willen samenwerken aan het realiseren van de klimaatdoelen. Dit valt samen met de ideeën vanuit het Rijk en de VNG om delen van de klimaatopgaven uit het Klimaatakkoord te beleggen bij de regio's. In termen van het Klimaatakkoord gaat het om (de sectortafels) elektriciteit, gebouwde omgeving en mogelijk ook mobiliteit.

Deze verkenning is een eerste stap richting het opstellen van een Regionale Energie Strategie (RES). In een RES formuleren de regio's hun doelstellingen voor duurzame warmte en duurzame elektriciteit. De RES is een instrument om de ruimtelijke inpassing van hernieuwbare energieopwekking en de benodigde infrastructuur met maatschappelijk draagvlak te organiseren. Om tot een RES te komen is in de eerste plaats inzicht nodig, inzicht in de eigen energiebehoefte en ook in de potenties voor besparen en duurzaam opwekken. Hoever kan de ambitie reiken? Waar liggen de grote kansen? En waar dienen keuzes te worden gemaakt? Zijn er grote lokale verschillen in vraag en potentie voor besparen en opwekken?

In de verkenning maken we als het ware een 'foto' van de regio U16 die op grote lijnen antwoorden geeft op deze vragen. Dit doen we zowel op schaal van de regio als per gemeente.

Inzicht in de opgave voor U16
In opdracht van de 16 samenwerkende gemeenten in de regio, de Provincie Utrecht en de 4 in het gebied werkzame waterschappen heeft heeft Generation.Energy samen met Quintel Intelligence de energievraag- en de potenties voor besparen en duurzaam opwekken in kaart gebracht. We beogen in hoofdlijnen inzicht in de opgave te bieden. Dit doen we door op basis van bandbreedtes van opwek- en bespaarpotenties het gesprek over de RES te voeden. We geven inzicht in de keuzemogelijkheden, maar maken in deze verkenning expliciet nog geen keuzes. Alle relevante opties staan naast elkaar, en keuzes daartussen of combinaties daarvan zijn nog geheel vrij.

Beoogd resultaat
We geven met deze rapportage inzicht in:

- De energievraag van nu en in 2050
- De bandbreedte waarbinnen de energievraag kan worden verlaagd en verlegd (van gas en brandstoffen naar duurzame alternatieven)
- De bandbreedte waarbinnen de energie kan worden opgewekt, met de beschikbare ruimte als vertrekpunt
- De verschillen tussen vraag en potentie met een totaalbeeld van de regio + per gemeente

Naast dit rapport stellen we ook een basismodel van de U16 en de individuele gemeenten ter beschikking in de omgeving van het online Energietransitiemodel (ETM) van Quintel. Hiermee kunnen alle gemeentes zelf aan de slag, door hun eigen voorkeuren in te stellen. Dit kan zowel voor de individuele gemeente als voor de regio als geheel. Door middel van het ETM kan elke gemeente nader onderzoeken wat de effecten zijn van (combinaties van) besparings-maatregelen versus keuzes voor bepaalde bronnen van opwekking op de totale energieopgave.

Proces met ambtelijk en bestuurlijke afstemming
Om tot deze verkenning te komen, is een aantal stappen doorlopen.

Ten eerste is het kader bepaald waar vanuit de verkenning is gedaan: welke type bronnen worden in kaart gebracht, welke uitgangspunten daarbij zijn gekozen en in welke vorm worden de resultaten gepresenteerd. Dit kader is ter goedkeuring aan de ambtelijke projectgroep voorgelegd.

Vervolgens is berekend wat het huidige energieverbruik is en wat we in de toekomst kunnen verwachten.

Daarna zijn de effecten van besparen en verduurzamen berekend en is de opwekpotentie van de hernieuwbare bronnen in beeld gebracht. De eindresultaten zijn in concept gepresenteerd aan de ambtelijke projectgroep. Na aanscherping zijn de eindresultaten aan de bestuurders voorgelegd.

Tot slot zijn de resultaten met toelichting samengevat in voorliggende rapportage.

Leeswijzer
De verkenning bestaat uit drie delen. We starten met een analyse van het huidige verbruik en de autonome groei en ontwikkeling hiervan naar de toekomst.

Daarna geven we inzicht in de potentie. Allereerst door te kijken de vraagzijde: op welke manier kan het toekomstig energieverbruik per sector worden verminderd, en hoeveel impact heeft een bepaalde ingreep of combinatie van ingrepen. We beschouwden een aantal meer en minder extreme opties in de woningbouw, utiliteit en mobiliteit, om gevoel te geven bij de impact daarvan.

Vervolgens is naar de potentie voor de opwekking van hernieuwbare energie gekeken: hoeveel kan in het gebied U16 potentieel worden opgewekt, en waar? Met de beschikbare ruimte als vertrekpunt, en de eventuele restricties die al dan niet op die ruimte liggen.

Tot slot geven we inzicht in de samenhang tussen de uitkomsten, en vatten we gegevens samen in een 'energiepaspoort' voor de regio: de balans van het (toekomstige) verbruik versus de onderzochte potenties. We zoomen in op enkele opvallende verschillen en overeenkomsten tussen de gemeentes binnen de regio U16.

De bijlage bevat een overzicht van de methode en uitgangspunten voor de analyses van besparen & verduurzamen en potentieanalyses per bron. Daarnaast is hier voor elke gemeente een energiepaspoort opgenomen.

ANALYSE: ENERGIEVRAAG

ENERGIEVRAAG NU EN IN DE TOEKOMST

KENMERKEN GEBIED

OPPERVLAK
1.170 KM²

INWONERS
941.510 (2018)

HUISHOUDENS
432.522



DEELNEMENDE GEMEENTEN:
BUNNIK, DE BILT, HOUTEN, IJSSELSTEIN, LOPIK, MONTFOORT, NIEUWEGEIN, OUDEWATER, DE RONDE VENEN, STICHTSE VECHT, UTRECHT. UTRECHTSE HEUVELRUG, VIJFHEERENLANDEN, WIJK BIIJ DUURSTEDE, WOERDEN, ZEIST

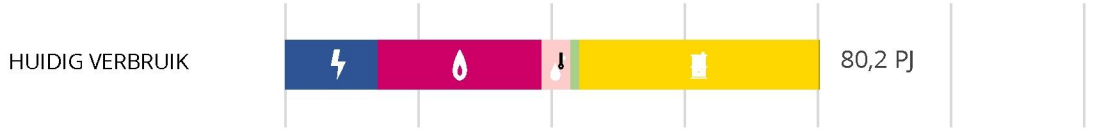
BESPAREN EN VERDUURZAMEN TOTAALBEELD

Het huidige energieverbruik (2016) van de regio U16 bedraagt 80,2 PJ. Dit energieverbruik is opgesplitst in een zestal energiedragers: elektriciteit, netwerkgas, warm water, biomassa, olieproducten en kolen.

Opvallend is het aandeel ten behoeve van brandstof voor mobiliteit ('olieproducten + LPG'). Dit is 46% van het totale energieverbruik. Onderzoek[1] heeft uitgewezen dat bij benadering 66% van dit aandeel toe te schrijven is aan de regio zelf. Een groot deel van het regionale vervoer maakt namelijk gebruik van rijkswegen. Denk bijvoorbeeld aan de route van Houten naar Utrecht, die voor een groot deel over de A27 gaat.

Voor de berekening van het huidige verbruik baseren we ons op de uitgangspunten uit klimaatmonitor, emissieregistratie, CBS en de door Eneco opgegeven warmteverbruiks-gegevens. De uitkomsten zijn vergeleken met die van de eigen lokale analyses van gemeenten.

HUIDIG ENERGIEVERBRUIK
OP BASIS VAN 2016





1: RLI 2018 : 'Van B, naar Anders', blz. 51, RLI 2018' en CBS 'Personenmobiliteit in Nederland; reiskenmerken en vervoerwijzen, regio's'

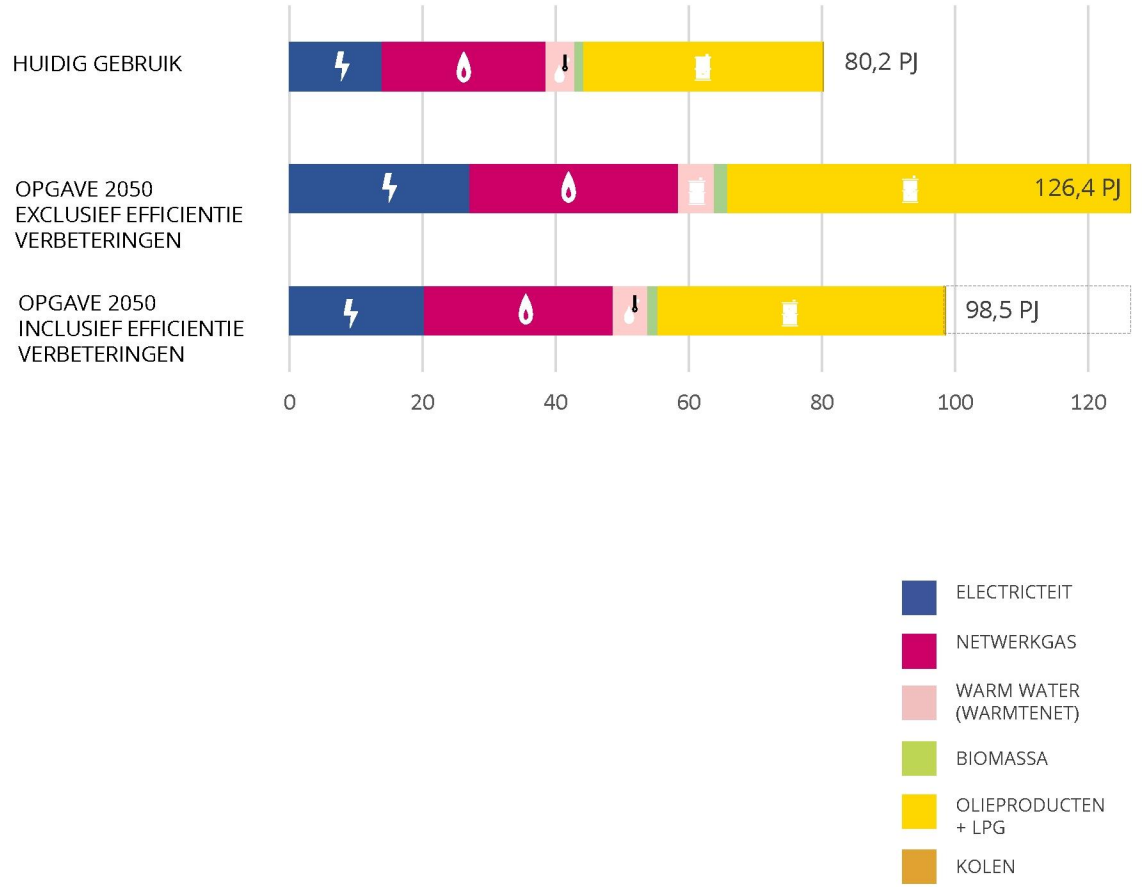
BESPAREN EN VERDUURZAMEN TOTAALBEELD

Om een beeld te krijgen van de hoeveelheid energie die de regio in 2050 nodig heeft, is het noodzakelijk om aannames te doen over de toekomstige productie- en consumptieniveaus. De verwachting is dat als er op dezelfde manier wordt doorgegaan, het energieverbruik in 2050 stijgt naar 126,4 PJ. Daarbij is nog geen rekening gehouden met de efficiëntie-verbeteringen die de komende 30 jaar te verwachten zijn.

Als we wel rekening houden met deze efficiëntieverbeteringen komt de energievraag in 2050 neer op 98,5 PJ. Denk aan de inzet van zuinige apparaten in huishoudens of het gebruik van zuinige auto's. Ten opzichte van 2016 betekent dit een groei van het verbruik met 23%.

In deze rapportage bouwen we voort op laatstgenoemde: het energieverbruik inclusief de efficiëntieverbeteringen. Dit betekent dat we zowel rekening houden met een toename van energiegebruik door economische groei (demografie, meer mobiliteit) als met een afname van energiegebruik door efficiëntieverbeteringen en reeds ingezet beleid.

ENERGIEVERBRUIK NU EN IN DE TOEKOMST
HUIDIGE VERBRUIK, OPGAVE 2050 IN- EN EXCLUSIEF EFFICIENTIE



POTENTIE BESPAREN EN VERDUURZAMEN

MOGELIJKE MAATREGELEN AAN DE VRAAGZIJDE



BESPAREN EN VERDUURZAMEN MAATREGELEN IN BEELD

De eerste stap: hoe kan het energieverbruik verminderen?
De energieopgave voor 2050 kan aanzienlijk lager zijn als er wordt ingezet op energie-besparende maatregelen. Om gevoel te krijgen bij de potentie hebben we de effecten van enkele ingrijpende scenario's onder-zocht: Wat zijn de effecten als we *alle* bebouwing goed isoleren of wat als twee keer zoveel personen hun auto inruilen voor het openbaar vervoer of de fiets? Hierbij hebben we zowel gekeken naar de effecten op de gehele regio U16 als de effecten per gemeente.

Besparingsmaatregelen voor woningbouw, utiliteit en mobiliteit onderzocht
De invloed van extra besparen en verduurzamen is voor drie sectoren in beeld gebracht: woningbouw, utiliteit en mobiliteit. Specifieke besparingsmaatregelen in de sectoren landbouw en industrie hebben we, afgezien van de verwachte efficiëntie-verbeteringen, buiten beschouwing gelaten. Voor woningbouw, utiliteit en mobiliteit is het effect van een twintigtal besparings-maatregelen of combinatie van besparingsmaatregelen berekend. De maatregelen die we hebben onderzocht:

Maatregelen bij woningbouw en utiliteit:
- Mate van isoleren: Laag of hoog isoleren
- Type verwarming met hernieuwbare bronnen: warm water via warmtenet, elektrische of hybride warmtepompen.

Maatregelen bij mobiliteit:
- Wel/niet verdubbeling van het OV- en fietsgebruik ('modal shift')
- Wel/niet eelektrificatie van personenauto's

Per maatregel is berekend wat technisch haalbaar is qua energiebesparing, en welke *verschuiving* van gas en brandstoffen naar duurzame alternatieven optreedt. Door te kijken naar wat een maatregel of combinatie van maatregelen maximaal kan opleveren aan besparing, ontstaat inzicht in een bandbreedte van besparingen voor de regio of individuele gemeenten.

De effecten van de besparende maatregelen voor de U16 worden op de volgende pagina's in beeld gebracht. In het ETM staan de scenario's *per gemeente.* In dit model is het mogelijk om andere 'standen' te kiezen voor bijvoorbeeld het isolatieniveau of het OV-gebruik.

NB De uitgangspunten voor de verschillende maatregelen zijn in de bijlage opgenomen.

Ter illustratie: Bij de combinatie 'isolatie hoog + warmtenet' hebben we gekeken naar wat de impact is op het totale energieverbruik is als we 100% van de bebouwing in de regio naar een gemiddeld energielabel A brengen en de gebouwde omgeving wordt verwarmd met duurzame warmte via een warmtenet.

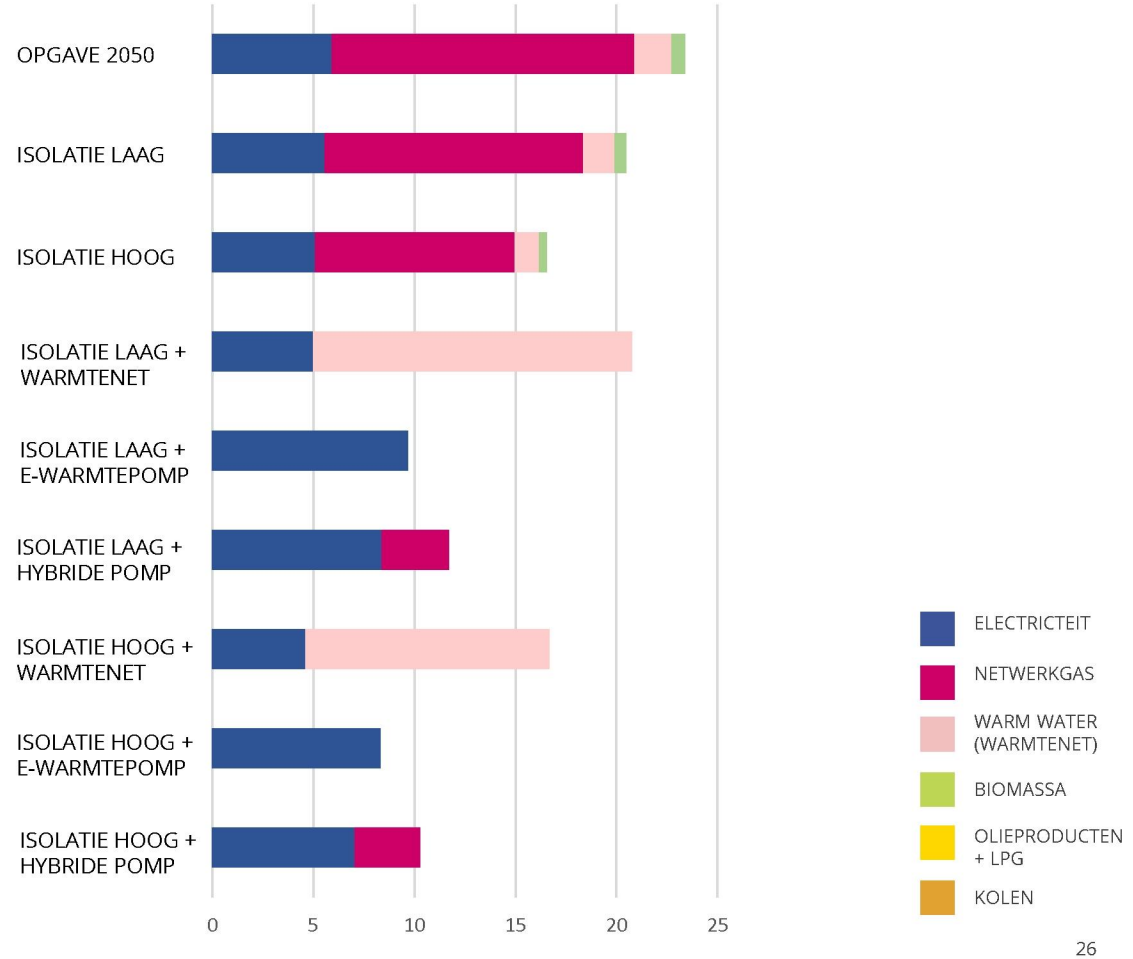
BESPAREN EN VERDUURZAMEN WONINGBOUW

Hiernaast zijn de effecten van de verschillende besparings- en verduurzamingsmaatregelen voor de sector woningbouw te zien. Zoals hiervoor beschreven, gaan de maatregelen over de mate van isoleren in combinatie met een respectievelijk het verwarmen via een warmtenet, elektrische warmtepomp of hybride warmtepomp (combinatie gas/elektriciteit).

In de tabel is te zien dat ten opzichte van de opgave in 2050 de maatregelen niet alleen een effect hebben op het totale energieverbruik, maar ook op de verdeling van energiedragers. Zo fluctueert het aandeel van elektriciteit (blauw) en netwerkgas (roze) sterk bij de verschillende combinatie van maatregelen.

Wat verder opvalt is dat de besparingsmaatregel 'isolatie hoog' een forse reductie van circa 25% kan opleveren op het totale energieverbruik in deze sector. Deze besparingsmaatregel houdt in dat 100% van de bebouwde omgeving zodanig wordt geïsoleerd (gemiddeld label A) dat de totale ruimteverwarmingsvraag tot ongeveer de helft kan afnemen. Bij een nog hoger isolatieniveau, denk aan nul-op-de-meter of een zogeheten passief huis, neemt de warmtevraag nog verder af. Al wordt de relatieve besparing steeds kleiner bij zeer hoge isolatieniveaus.

WONINGBOUW
EFFECTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN



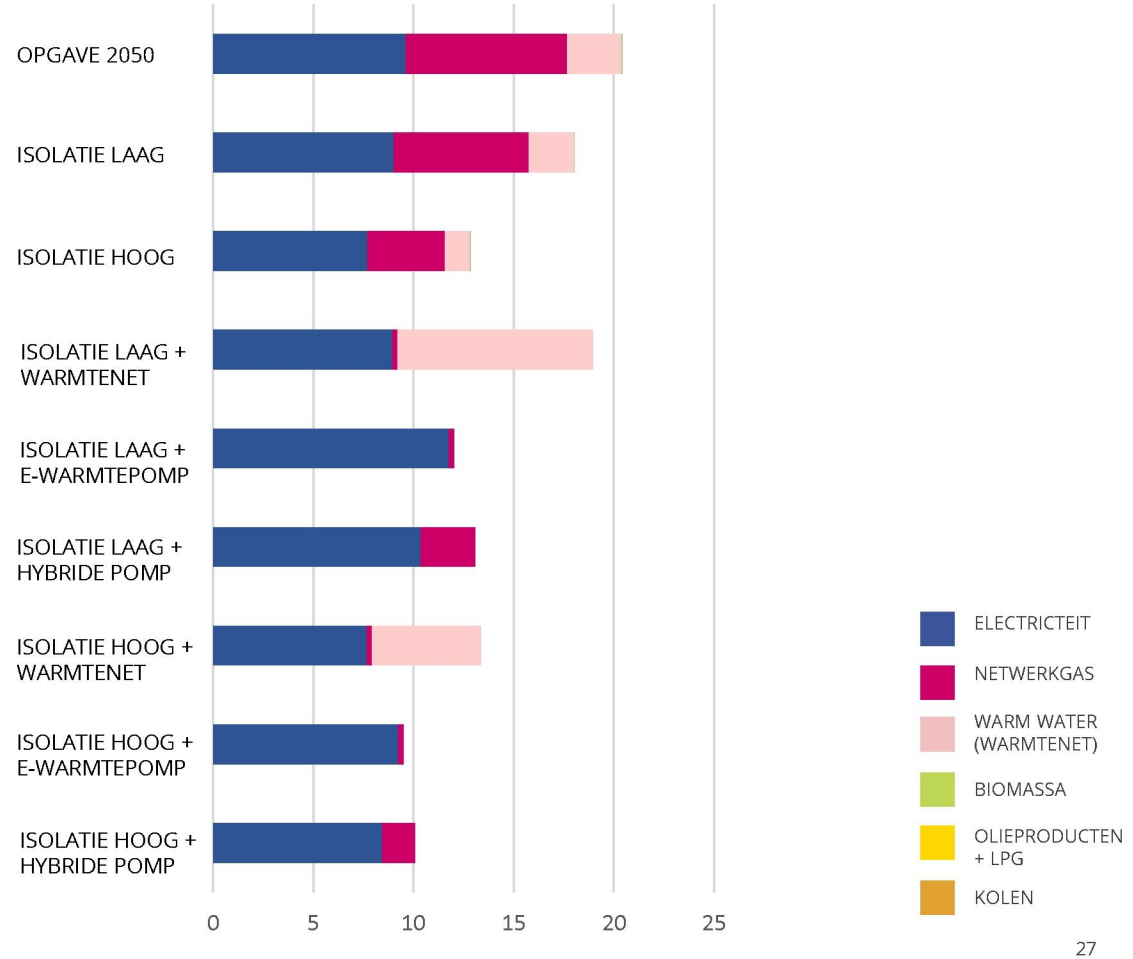
BESPAREN EN VERDUURZAMEN UTILITEIT

Hiernaast zijn de effecten van de verschillende besparingsmaatregelen voor de sector utiliteit te zien. De mate van impact per besparingsmaatregel of combinatie van maatregelen is vergelijkbaar met de sector woningbouw, zowel op het aandeel van de totale energievraag als op de verdeling over de verschillende energiedragers.

Zo is ook bij de sector utiliteit de impact van de besparingsmaatregel 'isolatie hoog' fors. Met een reductie van meer dan 30% zelfs meer dan bij de woningbouw, zoals dat op de voorgaande pagina is weergegeven.

Wat verder opvalt is dat zelfs bij elektrificatie van verwarming (combinatie van 'isolatie hoog' met elektrische warmtepomp) , de verwachting is dat er voor bepaalde bedrijfsprocessen altijd nog een bescheiden aandeel netwerkgas nodig zal zijn.

UTILITEIT
EFFECTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN



BESPAREN EN VERDUURZAMEN MOBILITEIT

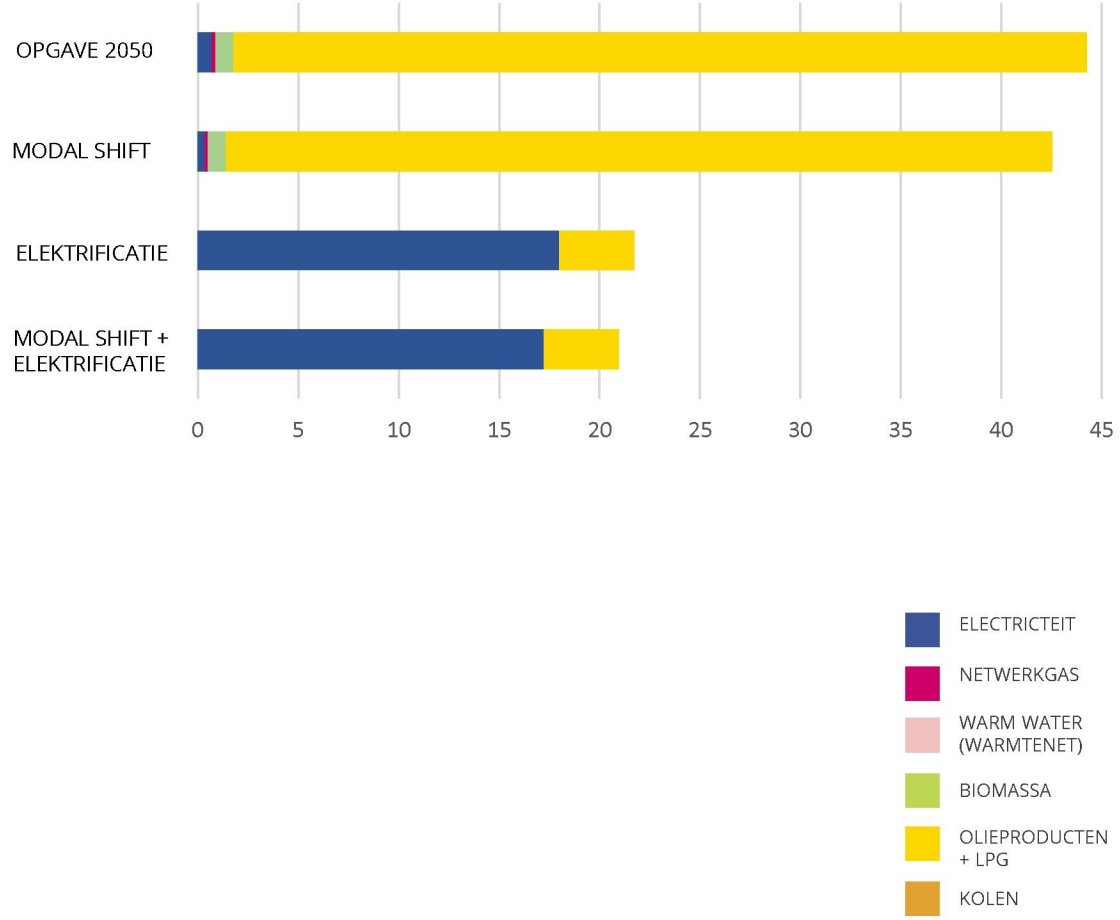
Hiernaast zijn de effecten van de verschillende maatregelen voor de sector mobiliteit te zien. In de tabel is te zien dat bij een scenario zonder besparen en verduurzamen (opgave 2050) de vraag naar fossiele brandstoffen groot blijft (geel).

Zoals bij de introductie van dit hoofdstuk beschreven, gaan de maatregelen over een verschuiving van het autogebruik naar OV en fiets (modal shift), en wel of geen elektrificatie van de personenauto's. Het vrachtverkeer hebben we in deze verkenning buiten beschouwing gelaten.

Het aandeel van gebruik van OV en fiets in vergelijking met de auto is bescheiden; ongeveer 85% van het personenvervoer gaat vandaag de dag per auto. Bij een verdubbeling van het OV- en fietsgebruik ter vervanging van de auto, is een besparing van 5% te verwachten. In het ETM kan worden beproefd wat het effect is van veel grotere verschuivingen naar OV en fiets.

De impact van 100% elektrisch rijden is groot. Omdat elektrische auto's efficiënter rijden, halveert de energievraag bijna. Een kleiner aandeel elektrisch vervoer heeft een navenant kleiner besparingseffect.

MOBILITEIT
EFFECTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN



BESPAREN EN VERDUURZAMEN TOTAALBEELD

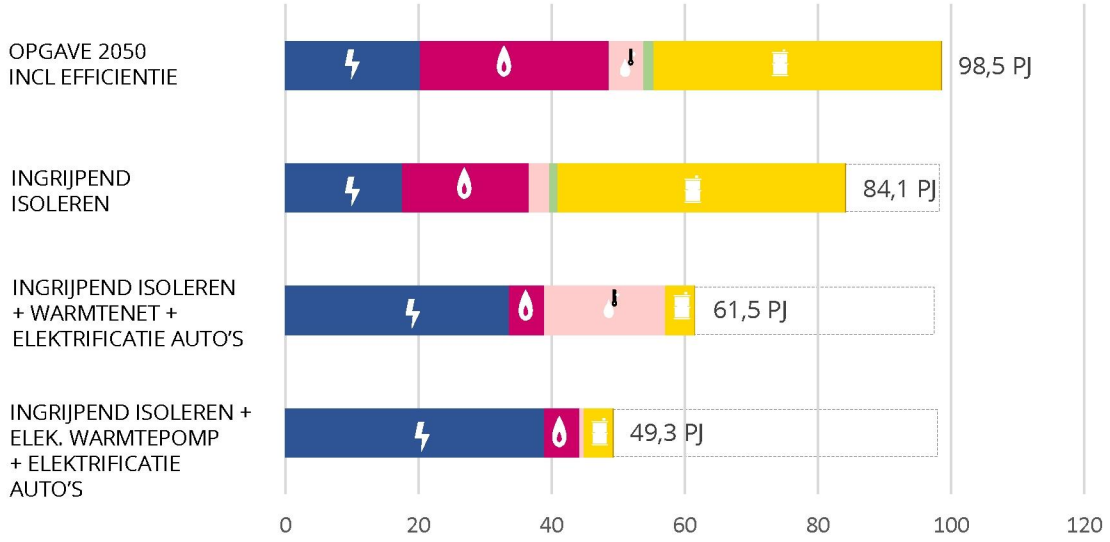
Totaalbeeld
Als we bij elke sector de combinatie van besparingsmaatregelen met de grootste impact bij elkaar optellen, kunnen we een bandbreedte schetsen in welke mate er in de U16 kan worden bespaard en verduurzaamd (blz. 27).

De grootste besparing in PJ kan worden behaald wanneer *alle* bebouwing gemiddeld naar een energielabel A is gebracht en voorzien is van een elektrische warmtepomp ('isolatie hoog + warmtepomp') . Daarnaast rijden in dit scenario *alle* personenauto's elektrisch. In dat geval neemt de vraag met circa 50% af tot ruim 49PJ. Vervanging van gas door elektriciteit kan met een warmte-pomp zeer efficiënt worden ingevuld. En als in plaats van een elektrische warmtepomp voor warmte uit hernieuwbare bronnen via een warmtenet wordt gekozen, is een reductie van circa 40% te behalen.

Let wel, bovenstaande afnames van de energievraag zijn alleen te behalen als de besparingsmaatregelen *overal* worden toegepast. Dit vereist forse investeringen van alle gebouweigenaren. Daarnaast vormt de aanpak van bestaande gebouwen een technische en een organisatorische uitdaging.

Desalniettemin is de inzet op het vermin-deren van het energieverbruik van groot >>

TOTALEN
EFFECTEN VAN COMBINATIES VAN INGRIJPENDE MAATREGELEN BESPAREN EN VERDUURZAMEN



BESPAREN EN VERDUURZAMEN TOTAALBEELD

belang om de opgave beheersbaar te maken. Besparen en verduurzamen vormt dan ook een integraal onderdeel van een regionale energiestrategie.

Effect op ruimte
Zoals al bij de tabellen van woningbouw en utiliteit geschetst, hebben de maatregelen niet alleen een effect op de energievraag, maar ook op de samenstelling van de energiedragers die nodig zijn. De verschillende energiedragers (elektriciteit, netwerkgas, etc.) hebben elk hun invloed hebben op de beschikbare ruimte. D keuze van de maatregelen is dan ook van invloed op de ruimtelijke impact van de energietransitie.

Ter illustratie: Stel alle gebouwen in de regio U16 worden ingrijpend geïsoleerd en verwarmd met een elektrische warmtepomp. De som van de energiedragers in zowel de sector huishoudens als utiliteit laat zien dat met dit scenario de totale energievraag fors vermindert ten opzichte van de opgave van 2050 – en dus ook fors minder energie hoeft te worden opgewekt. Met de inzet van de elektrische warmtepompen wordt de vraag naar netwerkgas zeer klein. Daar staat echter een toename van de elektriciteitsvraag – en transport tegenover. Om aan deze extra elektriciteitsvraag te voldoen zijn er vervolgens weer meer windmolens of zonnevelden nodig. De keuze voor een bepaalde verduurzamings-maatregel kan dus vergaande gevolgen hebben voor het landschap en de inzet van het energienetwerk en –opslagsysteem.

Lokale verschillen
Welke maatregel of combinatie van maatregelen het meest passend is, hangt af van meerdere factoren. Naast de financiële of organisatorische factoren, kan de keuze voor een bepaalde maatregel afhangen van de lokale context. In hoeverre is duurzame warmte in nabijheid? Of wat is de samenstelling van de woningvoorraad?

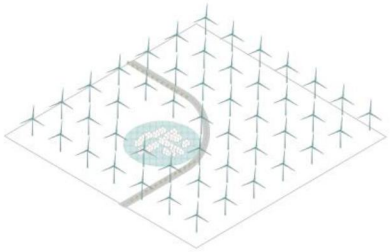
Door de verschillen in karakteristieken in U16 – van stedelijk tot poldergebied – kan de impact van een besparingsmaatregel per gemeente anders uitpakken. Bij een stedelijk gebied als de gemeente Utrecht en Nieuwegein heeft een verdubbeling van het aantal OV-gebruikers bijvoorbeeld een grotere impact op de vermindering van de energievraag dan in een landelijk gebied als de gemeente Montfoort.

Daarnaast kunnen de besparings- en verduurzamingsmaatregelen van de ene gemeente van invloed zijn op de mogelijkheden van de andere gemeente. De distributie en opslag van warmte of elektriciteit kent vaak een gemeenteoverstijgende schaal.

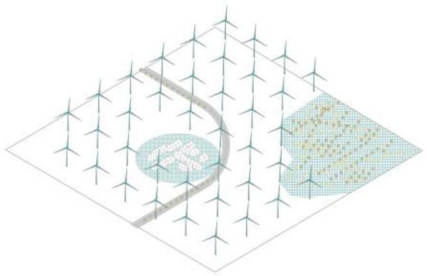
DUURZAME OPWEKKING

'DRAAIKNOPPEN' AAN DE AANBODZIJDE

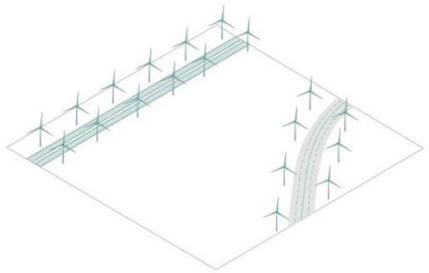
POTENTIE AANBODZIJDE: MOGELIJKHEDEN PER BRON



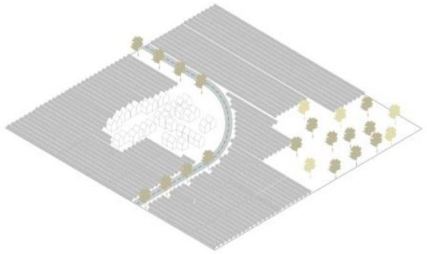
POTENTIE BIJ
LANDELIJKE NORMEN



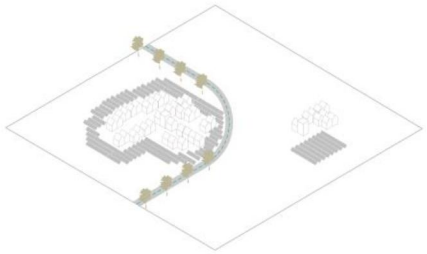
POTENTIE BIJ PROVINCIALE
RESTRICTIES



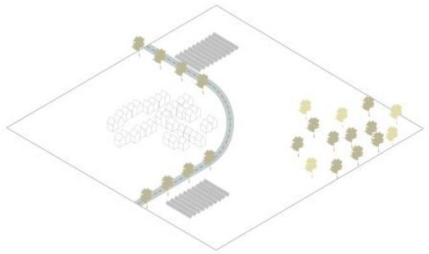
POTENTIE WIND ALLEEN LANGS
INFRASTRUCTUUR



POTENTIE BIJ 100% VAN
HET AGRARISCH GEBIED



POTENTIE BIJ ZON PER WOONKERN
((VELD BIJ KLEINERE KERNEN, ZONE
RONDOM BIJ GROTERE KERNEN)



POTENTIE ZON ALLEEN LANGS
INFRASTRUCTUUR

POTENTIE AANBODZIJDE: MOGELIJKHEDEN PER BRON

Benadering van potenties: 'draaiknoppen'
Hoeveel energie kan in de U16 duurzaam worden opgewekt? Dit wordt bepaald door de beschikbaarheid van techniek, bronnen en ruimte. Beschikbaarheid van ruimte is bepalend voor de potentie van bijvoorbeeld zon en wind, maar 'beschikbaarheid' is een relatief begrip want dit hangt immers af van ruimtelijk beleid. Ook economische afwegingen maken inherent deel uit van een potentiebenadering. Denk aan de economisch optimale onderlinge afstand van windmolens of de beperkte benutting van zonnedaken op het noorden. Het begrip 'maximum opwekpotentie' is daarmee niet toereikend. We bieden in plaats daarvan een benadering van de potentie via verschillende invalshoeken.

We werken als het ware met een 'draaiknop' per bron, met verschillende 'standen'. Door daarvan het effect te berekenen ontstaat grip op oplossingen. Deze benadering sluit aan op methodes en uitgangspunten waar ook in andere regio's en op nationaal niveau mee wordt gerekend.

Bronnen
Voor de potentieberekeningen zijn we in overleg met de ambtelijke projectgroep U16 uitgegaan van de volgende energiebronnen:
- Wind (op land)
- Zon (op daken en op velden)
- Biomassa
- Restwarmte
- Geothermie
- Warmte uit oppervlaktewater en gemalen

Mix van bronnen?
In deze verkenning is de potentie per bron inzichtelijk gemaakt, en welk indicatief ruimtebeslag daarbij hoort. Hoewel in de praktijk technieken en energiebronnen vaak gemixt ingezet worden, geven we in deze verkenning separaat inzicht per type bron. De meest optimale mix van bronnen is een afweging van technische, ruimtelijke, economisch en sociaal-culturele factoren.

Ter illustratie, 'draaiknoppen en standen':
Bij de warmte uit oppervlaktewater kent de knop 2 standen:
- De maximale potentie op basis van aanwezigheid oppervlaktewater in combinatie met de opslagcapaciteit.
- De maximale potentie met de beperking van een afzetgebied van 1,0 kilometer en een minimale afzet van 1000 GJ/jr. (IF Technology).

Bij de energie uit wind beschouwden we meerdere invalshoeken:
- Plaatsing overal waar het kan, binnen de landelijke normen voor veiligheid en milieu (ook voor andere type windmolens).
- Plaatsing overal waar het kan, indien ook provinciaal beleid wordt meegenomen, bijvoorbeeld voor natuur
- Plaatsing volgens een ruimtelijk ordeningsprincipe, bijvoorbeeld 'overal waar het kan langs infrastructuur'.

Meervoudig landgebruik?
De benodigde hoeveelheid ruimte verschilt sterk per techniek. Zo hebben windturbines een groot ruimtebeslag door hun onderlinge afstand. Deze ruimte is echter nog wel voor meerdere functies als landbouw of recreatie te gebruiken. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld plaatsing van PV-panelen op het land of teelt voor biomassa, waarbij het landgebruik niet of slechts in beperkte mate met andere doeleinden te combineren is. De mogelijkheid voor zogeheten enkelvoudig of meervoudig landgebruik is niet op kaart aangegeven, maar speelt in de vervolgfase een rol bij de afweging van in te zetten bronnen.



POTENTIE AANBODZIJDE: WIND

Draaiknop 'wind'
De opwekpotentie van windenergie berekenen we op basis van de ruimte die onder bepaalde (ruimtelijke) voorwaarden beschikbaar is. Op die beschikbare ruimte projecteren we een grid van windturbines van 3,0MW, rekening houden met onderlinge afstanden (zie bijlage I, uitgangspunten per bron). Er is bij deze verkenning gekeken naar:

- Windturbines overal waar het kan, rekening houdende met landelijke normen voor veiligheid en milieu
- Windturbines overal waar het kan, rekening houdende met landelijke normen + provinciaal ruimtelijk beleid
- Enkele plaatsingsprincipes ter illustratie: (A) Langs infrastructuur, (B) op of bij bedrijventerreinen en (C) per woonkern.

Resultaten
Binnen de kaders van de landelijke normen is het mogelijk om 20,6 PJ op te wekken. Dat komt overeen met 758 turbines. Daarmee kan circa 20% van de toekomstige vraag bij autonome ontwikkeling worden gedekt, en zo'n 50% van de elektriciteitsvraag. Indien ook provinciale restricties worden meegenomen, halveert de potentie tot 10,2 PJ. Het ruimtelijk beleid heeft dus een grote impact op de maximaal te behalen potentie.
Als we windturbines ongeacht restricties langs infrastructuur (A- en N-wegen, vaarwegen) neerzetten, levert dat 9,3 PJ op.

En een plaatsingsprincipe van één windturbine per bedrijventerrein of woonkern (5.000-20.000 inwoners) levert respectievelijk 1,6 PJ en 0,5 PJ op.

Bij toepassing van kleinere (0,9 MW) en grotere (4,2 MW) windturbines verandert de potentie. Enerzijds doordat afstandsnormen voor veiligheid en geluid gekoppeld zijn aan de omvang van de turbine. Anderzijds omdat de turbines een andere opbrengst hebben. In het scenario met de meeste beschikbare ruimte (landelijke normen), leveren de windturbines van 0,9 MW en 4,2 MW respectievelijk 24,0 PJ en 17,8 PJ op.

Restricties op beschikbare ruimte
Landelijke normen veiligheid en milieu
Geen plaatsingsmogelijkheden in de buurt van:

- Wegen
- Spoor
- Hoogspanningsleidingen,
- Gasleidingen
- Geluidsbescherming rondom woonkernen, bescherming rondom kwetsbare objecten,
- Invloed luchthaven
- Bestaande turbines,
- Vaarwegen
- Waterkeringen

Provinciaal beleid
Geen plaatsingsmogelijkheden in de buurt van:

- Stiltegebied
- Beschermd stadsgezicht
- Natuur Netwerk Nederland,
- Werelderfgoed

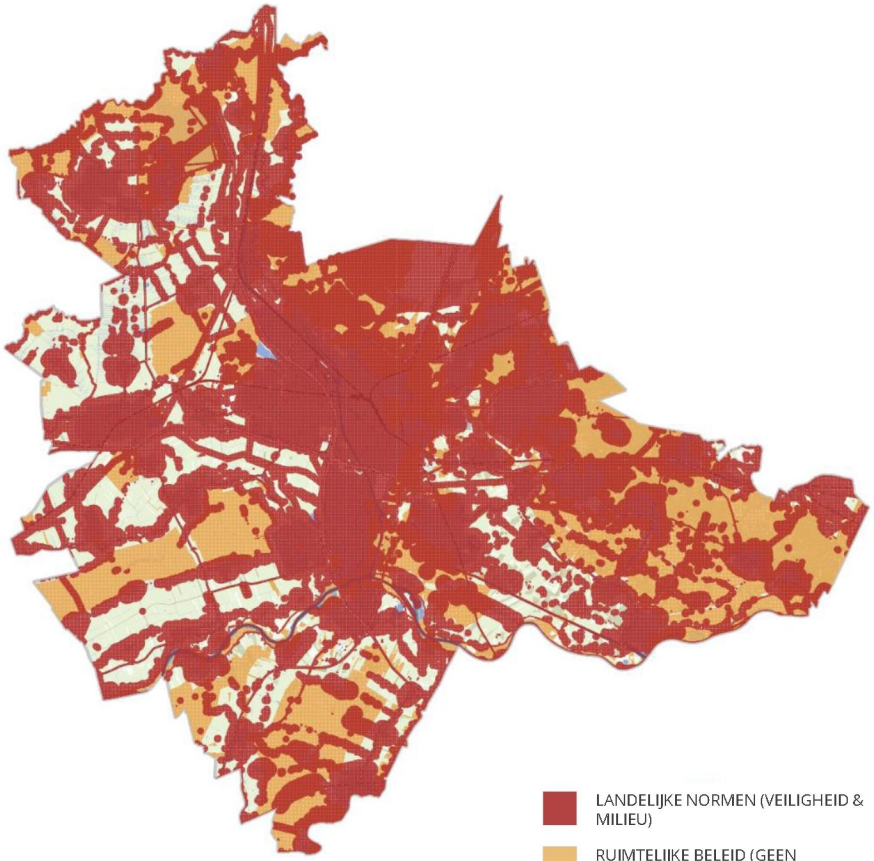
potentie wind op land: 758 windturbines van 3MW/20,6 PJ

Landelijke normen veiligheid en milieu + provinciaal beleid

potentie variabelen:	
potentie bij provincial beleid	10,2 PJ
windturbines alleen langs infrastructuur	9,3 PJ
een windturbine per bedrijventerrein	1,6 PJ
een windturbine per woonkern	0,5 PJ

POTENTIE AANBODZIJDE: WIND

WIND OP LAND
IMPACT VAN LANDELIJKE NORMEN EN RUIMTELIJK BELEID
OP DE BESCHIKBARE RUIMTE

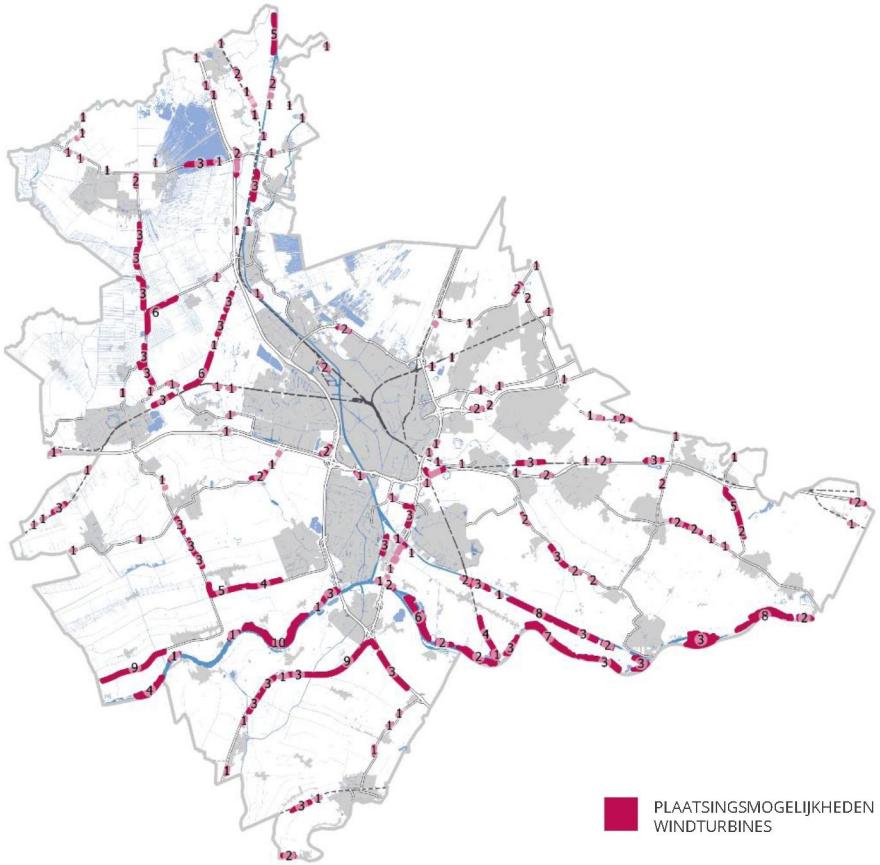


LANDELIJKE NORMEN (VEILIGHEID & MILIEU)

RUIMTELIJKE BELEID (GEEN STILTEGEBIEDEN ETC.)

PLAATSINGSMOGELIJKHEDEN WINDTURBINES

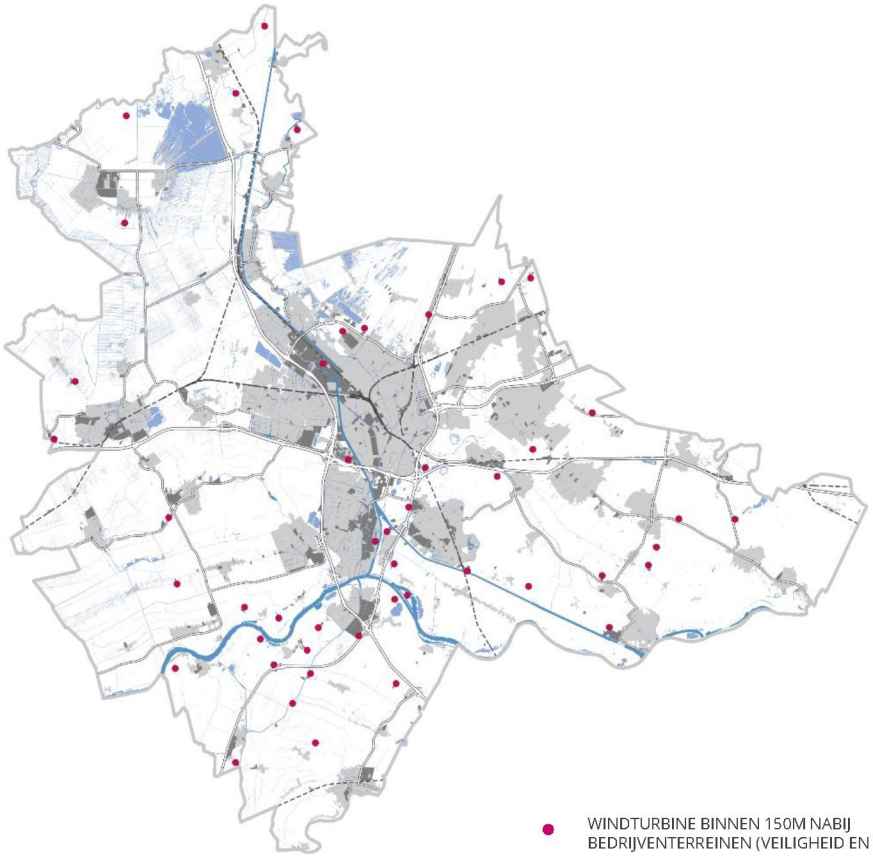
WIND LANGS INFRASTRUCTUUR



PLAATSINGSMOGELIJKHEDEN WINDTURBINES

POTENTIE AANBODZIJDE: WIND

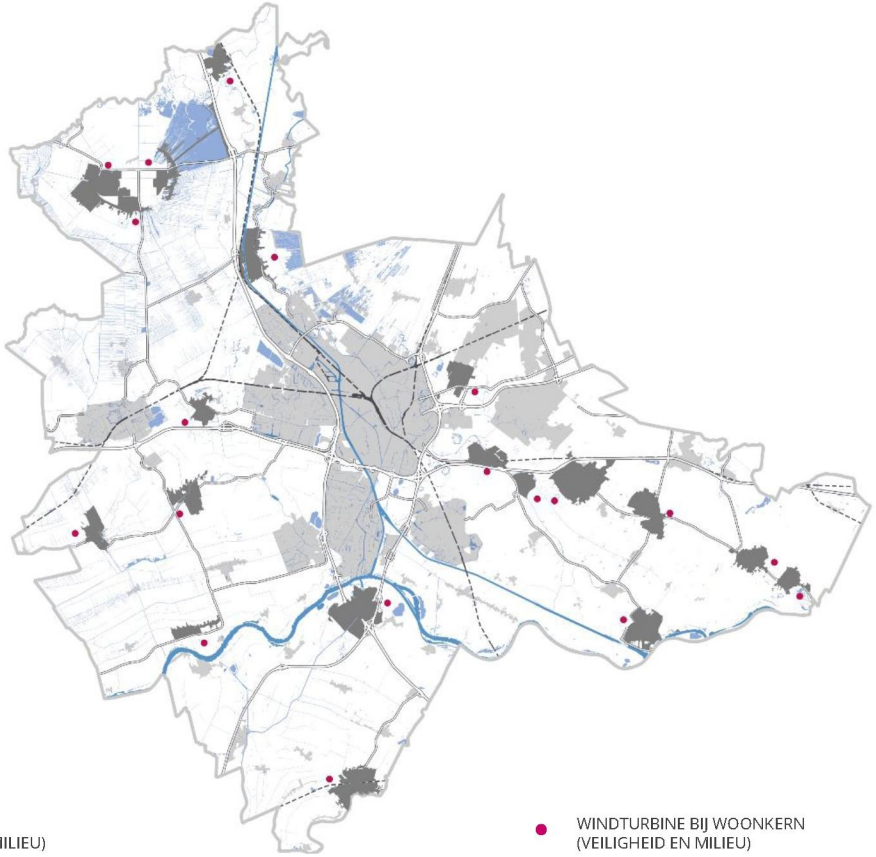
WIND BIJ BEDRIJVENTERREIN
PLAATSING ILLUSTRATIEF



WINDTURBINE BINNEN 150M NABIJ BEDRIJVENTERREINEN (VEILIGHEID EN MILIEU)

BEDRIJVENTERREIN (> 1ha)

WIND BIJ DORP
PLAATSING ILLUSTRATIEF



WINDTURBINE BIJ WOONKERN (VEILIGHEID EN MILIEU)

KERN 5.000 – 20.000 INWONERS



POTENTIE AANBODZIJDE: ZON

Draaiknop 'zon'
Net als bij wind berekenen we de potentie voor zonne-energie op basis van de ruimte die onder bepaalde (ruimtelijke) voorwaarden beschikbaar is.

Zon op daken
Bij zon op daken verstaan we onder beschikbare ruimte de benutting van het al dakoppervlak in de regio. In deze verkenning houden we rekening met een benuttingspercentage van respectievelijk 25% van de schuine daken en 30% voor platte daken. Hierbij houden we enerzijds rekening met de schaduwvorming en obstakels als schoorstenen. Daarnaast houden we rekening met een minimaal rendement bepaald door oriëntatie. De opbrengst onder deze voorwaarden is 8,7PJ, waarvan 1,3PJ warmte. Indien de kostprijs verder daalt, kan het economisch rendement – en daarmee potentie- toenemen.

Zon op velden
Bij zon op velden perken we de beschikbare ruimte in tot benutting van de agrarische gronden. Anders dan bij windenergie waar dubbel grondgebruik mogelijk is, vervangt een zonneveld de agrarische functie. We vergelijken verschillende vormen van benutting van het agrarisch gebied, te noemen:

- 10% van het agrarisch gebied; het aandeel dat nu dat boeren nu al kunnen inzetten voor groen-blauwe diensten
- Enkele plaatsingsprincipes ter illustratie:
  - Langs infrastructuur
  - Rondom of bij woonkernen

10% van al het agrarisch gebied komt neer op ruim 6.000 hectare. Hierop kan 20,4 PJ aan elektriciteit worden opgewekt middels zonnevelden. In theorie kan er vanzelfsprekend 100% worden benut; de potentie neemt navenant toe.
Net als bij wind is ook gekeken naar de potentie van plaatsing op agrarische gronden langs infrastructuur en bij woonkernen. Van zonnevelden alleen in de zone langs infrastructuur is de opwekpotentie 3,8 PJ. Een enkel zonneveld per kleine woonkern (5.000-20.000 inwoners) en een zone van zonnevelden bij grotere woonkernen (> 20.000) levert samen 7,1 PJ op.

potentie variabelen:	
10% agrarische gronden	20,4 PJ
zonnevelden op 10% agrarische gronden langs infrastructuur	3,8 PJ
zonnevelden rondom of bij woonkernen	7,1 PJ

potentie zon op veld:
6.154 hectare/ 20,4 PJ

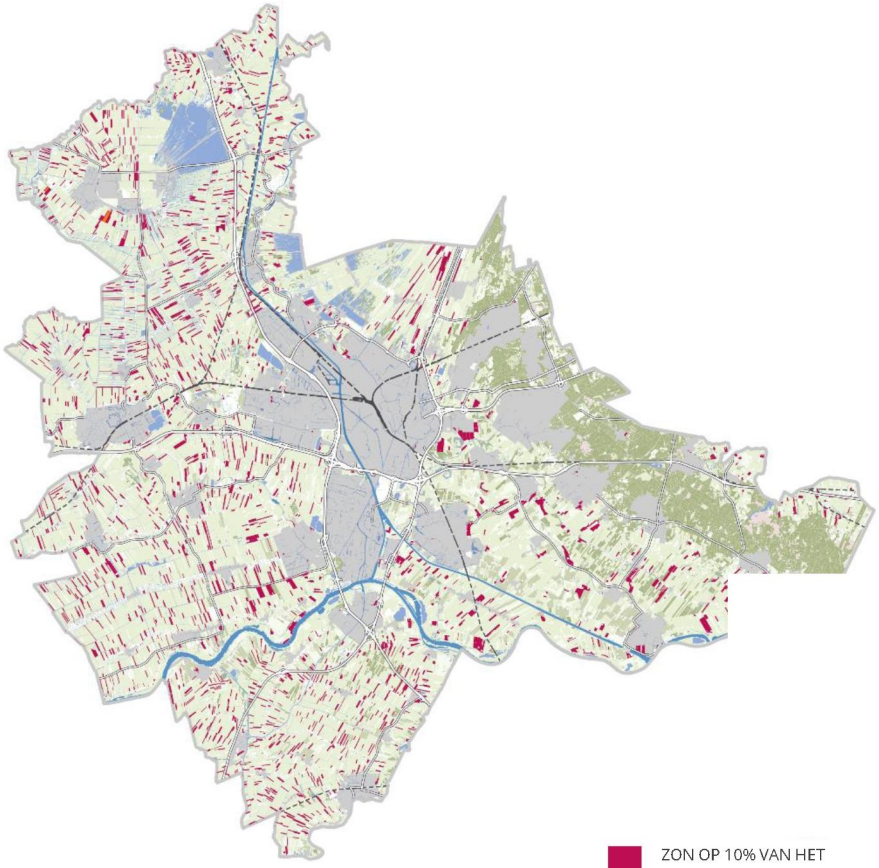
bij benutting van 10% van het agrarisch gebied

potentie zon op daken:
8,7 PJ waarvan 1,3 PJ thermisch

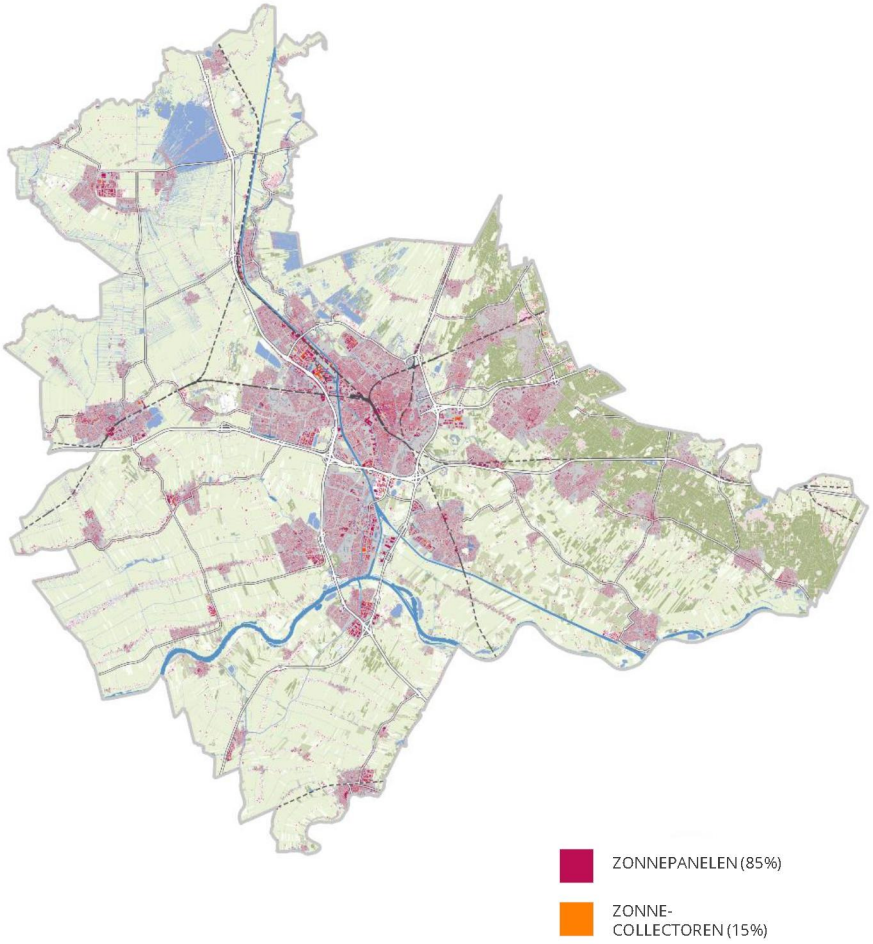
op basis van benutting van 25% van de schuine daken en 30% van de platte daken

POTENTIE AANBODZIJDE: ZON

ZON OP VELD
10% VAN HET AGRARISCH GEBIED (LOCATIES ILLUSTRATIEF)

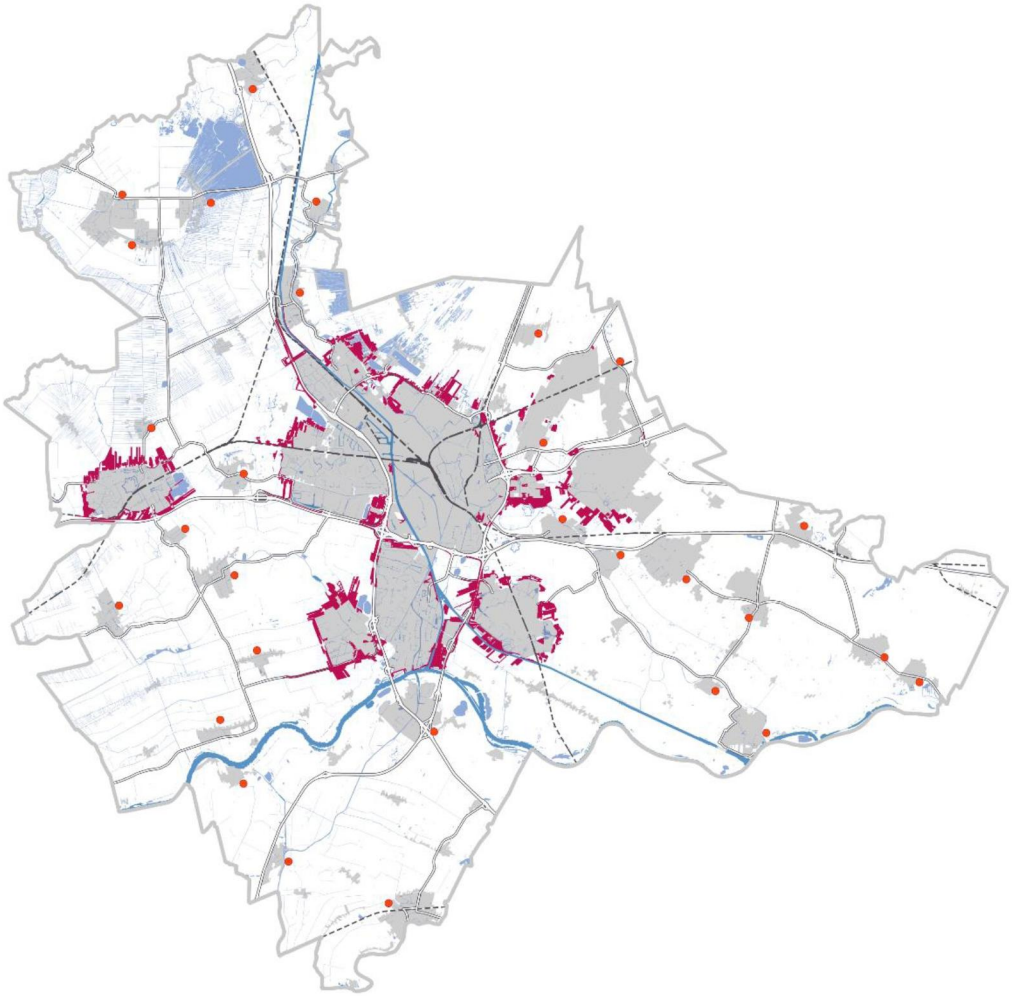


ZON OP DAKEN
85% ELEKTRICITEIT, 15% THERMISCH



POTENTIE AANBODZIJDE: ZON

ZON BIJ WOONKERN
PER WOONKERN (5000-20.000 INWONERS) EEN ZONNEVELD + DE GROTERE WOONKERNEN (> 20.000) RONDOM EEN ZONE VAN ZONNEVELDEN
LOCATIES ILLUSTRATIEF



VELD PER KERN (2.500 – 20.000 INW)

ZONE RONDOM GROTE KERNEN
ZONN- ENERGIE (> 20.000 INW)


BIOGAS

POTENTIE AANBODZIJDE: BIOMASSA

Draaiknop 'biomassa'
Het grootste aandeel in de potentie voor biomassa is co-vergisting, de techniek met de meeste opbrengst per installatie in Nederland. Bij co-vergisting wordt mest samen met ander organisch materiaal (snoeiafval, bermgras etc.) vergist. Het gas dat vrij komt, kan opgewerkt worden tot ruw biogas. Vervolgens kan dit biogas in elektriciteit, warmte of groen gas worden omgezet. De beschikbare hoeveelheid mest, droge stof en plaatsingsruimte voor digestaat (vergiste mest) bepaalt de mogelijke energiepotentie.

De potentie van biomassa berekenen we op twee manieren: de potentie op basis van de benutting van de reststromen - uitgaande van de huidige indeling agrarisch gebied - en de potentie op basis van optimalisatie van het gebruik van het agrarisch gebied.

Op basis van reststromen
De potentie voor biomassa op basis van benutting van 100% van de reststromen is 6,5 PJ. Dit is een optelling van de maximale potentie van co-vergisting, mono-vergisting en organisch materiaal op basis van de huidige reststromen uit de regio.

Op basis van optimale verdeling
In theorie is deze potentie nog met 40% op te schalen. In plaats van te rekenen met de huidige reststromen, kunnen we ook uitgaan van een optimale verdeling van teelt van organisch materiaal (50%) en mestproductie (50%) over het agrarisch gebied. Dat betekent dat extra organisch materiaal moet worden geteeld. Dan komt de totale potentie uit op 9,2 PJ.

Bij het berekenen van de potenties houden we geen rekening met de reststromen die al benut worden of biowarmtecentrale (zie ook methodiek 'cleansheet', blz. 58). Het is voor te stellen dat veel restproducten reeds voor andere doeleinden worden gebruikt. Denk aan snoeiafval uit bossen en restproducten van boerderijen. De energieproductie uit biomassa kan daarom in de praktijk lager uitvallen dan de genoemde potenties.

potentie biomassa: 6,5 PJ

bij benutting van 100% van de huidige reststromen

waarvan:

co-vergisting	2,9 PJ
mono-vergisting	3,3 PJ
organisch restafval	0,3 PJ

potentie variabelen:	
optimalisatie gebruik agrarisch gebied ten gunste van biomassa (50% mest, 50% organisch)	9,2 PJ



POTENTIE AANBODZIJDE: WARMTEBRONNEN

Restwarmte
De restwarmte is gebaseerd op de reststromen van nu, de warmte die de huidige supermarkten, ziekenhuizen, rioolzuiveringsinstallaties produceren.

De potentie van restwarmte voor lage temperatuur (warmte voor voornamelijk woningbouw en bedrijven) is 8,7 PJ. Voor hoge temperaturen is dit 2,0 PJ. Dit is de warmte voor voornamelijk industrie (zie inzet hiernaast).

Vanzelfsprekend kan het zijn dat de bedrijfsprocessen van deze producenten in de komende jaren efficiënter worden of dat bedrijven verplaatsen. Dit betekent dat op bepaalde plekken de potentie dus lager kan uitvallen of zelfs wegvalt.

Hoge temperatuurwarmte
Onder hoge temperatuurwarmte verstaan we restwarmte hoger dan 100 graden Celsius. Deze warmte wordt met name in de industriële sectoren gebruikt, maar kan ook voor gebouwverwarming worden ingezet.

Lage temperatuurwarmte
Lage temperatuurwarmte is restwarmte lager dan 100 graden Celsius. Om de potentie van restwarmte te bepalen, focussen we ons op de verwarming en tapwater van woningen, kantoren, ziekenhuizen, scholen, veehouderijen, bedrijfsgebouwen en tuinbouwkassen.

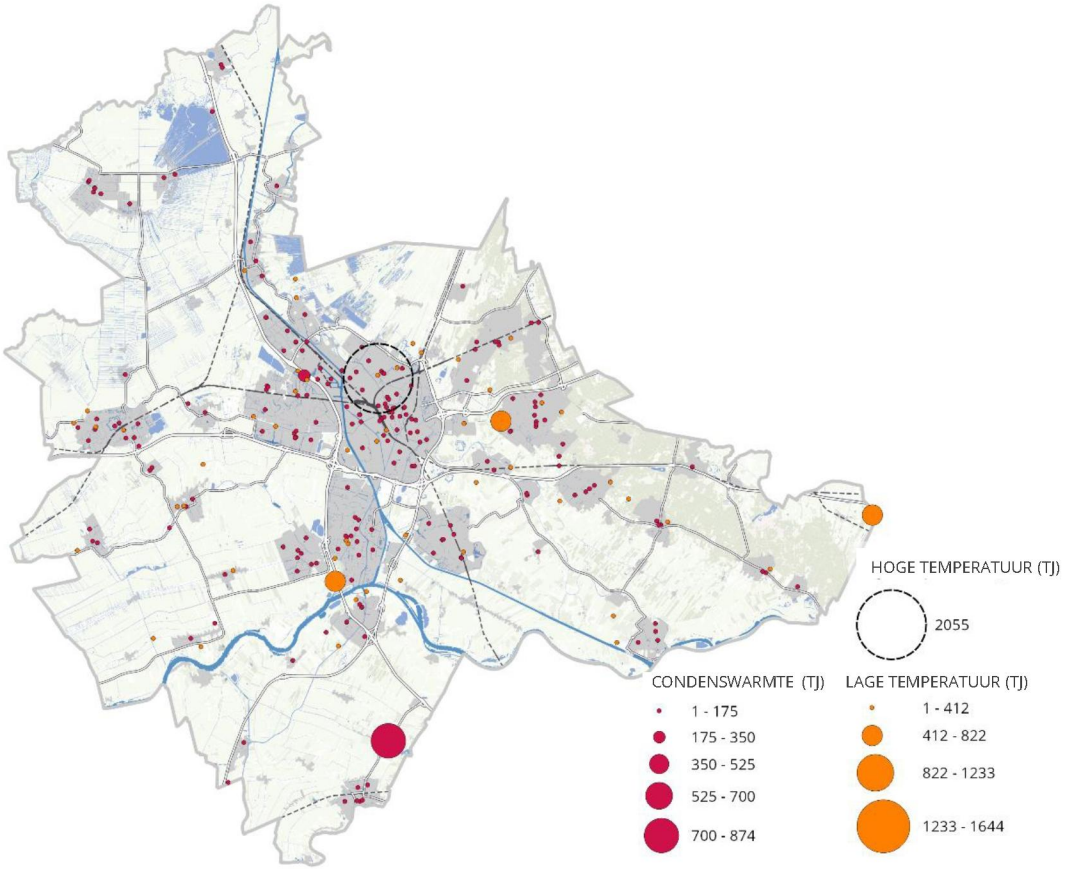
De temperatuur de restwarmte van bovengenoemde bronnen is vaak lager dan de temperatuur die nodig is voor gebouwverwarming. Het water dient dan ook vaak te worden na verwarmd, bijvoorbeeld met behulp van een warmtepomp.

potentie restwarmte: 8,7 PJ en 2,0 PJ voor respectievelijk lage en hoge temperatuur

bij 100% benutting van de huidige reststromen

POTENTIE AANBODZIJDE: WARMTEBRONNEN

RESTWARMTE
HOGE EN LAGE TEMPERATUREN + CONDENS



POTENTIE AANBODZIJDE: WARMTEBRONNEN

Oppervlaktewater en gemalen
Voor de warmte uit oppervlaktewater berekenen we de potentie in- en exclusief de beperking van een afzetgebied.

Met de beperking van afzetgebied
Uitgaande van de potentie binnen een afzetgebied tot 1,0 kilometer en een minimale afname van 1000 GJ/jaar is de potentie voor energie uit oppervlakte-water en gemalen samen 7,9 PJ.
Om de warmte te benutten is een koppeling met een opslagtechniek nodig, denk aan warmtekoude opslag (WKO) en is na ver-warming nodig (bijvoorbeeld elektrisch) om de warmte in te zetten voor gebouwverwarming.*

Zonder beperking afzetgebied
De beperking van een afzetgebied is een economische afweging. Als er geen rekening wordt gehouden met economische beper-kingen van transport en de bijhorende infrastructuur, is in theorie de potentie dus veel hoger. Bij warmte uit oppervlaktewater en gemalen kan de potentie zelfs met 300% toenemen (van 7,9 naar 25,0 PJ). Met de technieken van nu is het transport en energieverlies dusdanig kostbaar, dat een berekening met een ondergrens van het aantal afnemers dichtbij de bron een meer realistische weergave geeft dan de theoretische potentie.

* Bron: IF Technology

potentie warmte uit oppervlakte-water en gemalen: 7,9 PJ

binnen een afzetgebied van 1,0 kilometer

potentie variabelen:	
zonder beperking afzetgebied	25,0 PJ

POTENTIE AANBODZIJDE: WARMTEBRONNEN

Draaiknop geothermie
De potentie voor geothermie hangt af van de beschikbaarheid van warmte in de diepe bodem. Van veel gebieden wordt de beschikbare warmte nog in kaart gebracht (zie inzet). Zoals op de kaart te zien is (zie blz. 46), bevinden de kansrijke gebieden met name in de gemeente Vijfherenlanden.

We berekenen de potentie van geothermie in- en exclusief de beperking van de kans dat een bron kan worden benut.

Inclusief kans op benutting
De potentie met de beperking van kans op benutting van de bron komt neer op 1,0PJ. Hierbij gaan we uit van de potentie binnen een gebied waarvan ingeschat wordt dat de aardlagen geschikt zijn. De warmte kan binnen een straal van 1,5 km van dit gebied 100% ingezet kan worden. Boringsvrije zones worden uitgesloten van het wingebied. We nemen gebieden in aanmerking waarvan de kans >30% is dat de warmte daadwerkelijk gewonnen kan worden.

Exclusief kans op benutting
Zonder kansenbeperking is de potentie van geothermie 3,3 PJ. Dit is dus de potentie als *alle* bronnen voor geothermie 100% te benutten zijn.

Voor de stad Utrecht is reeds een zoekgebied voor geothermie aangewezen (zie zoekgebied op de kaart).

De mogelijkheden van de ondergronden in de andere gemeenten dienen grotendeels nog worden onderzocht. Het is waarschijnlijk dat de potentie van deze energiebron dan ook hoger zal uitvallen.

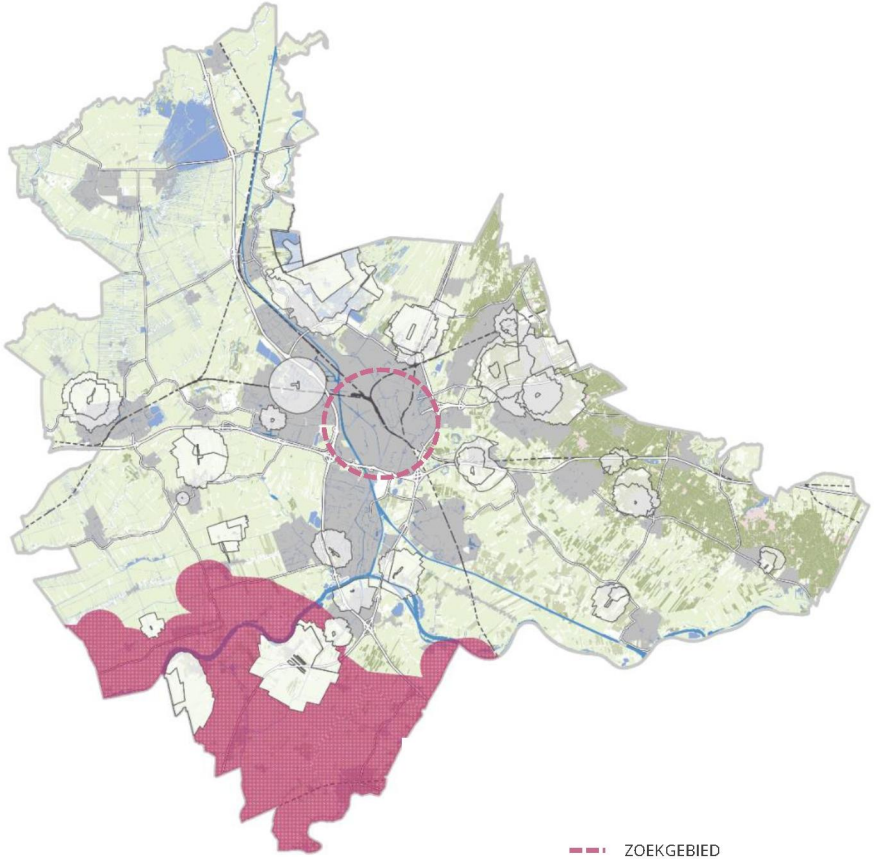
potentie geothermie: 1,0 PJ

bij tenminste (> 30%) kans op benutting van bron

potentie variabelen:	
als *alle* bronnen 100% te benutten zijn	3,3 PJ

POTENTIE AANBODZIJDE: WARMTEBRONNEN

GEOTHERMIE
POTENTIE BINNEN EEN STRAAL VAN 1,5 KM




TEREX
CONRAD

POTENTIE OPSLAG: WARMTE KOUDE OPSLAG (WKO)

Opslag als randvoorwaarde
Naast ruimtelijke randvoorwaarden spelen bij hernieuwbare energie ook technische fluctuaties mee. Fluctuaties in vraag en aanbod door het verschil door het jaar heen, dag en nacht en bewolkte of zonnige dagen.

In de huidige situatie met de inzet van fossiele brandstoffen wordt het verschil tussen vraag en aanbod opgevangen door de productie aan te passen. Gascentrales kunnen bijvoorbeeld dynamisch geschakeld worden. Bovendien is energieopslag en buffering kostbaar en ligt niet altijd voor de hand. Bij een energienetwerk op basis van hernieuwbare energiebronnen is energieopslag en buffering echter essentieel. Zon en wind zijn immers niet altijd voorhanden, maar kunnen in potentie over het hele jaar door wel voldoende energie opleveren. En voor warmtebron als restwarmte of geothermie geldt het juist andersom: Er wordt constant warmte geleverd, maar pas in de winter hebben we behoefte aan verwarming. Het bufferen van energie is dan ook één van de grotere uitdagingen van de toekomst.

Potentie warmte koude opslag (WKO)
Voor de U16 hebben we gekeken naar de potentie van warmte koude opslag (WKO). WKO is geen energiebron maar een methode om warmte op te slaan. Deze opslagtechniek is met name interessant nabij het dichtstedelijke gebied, waar de warmtevraag hoog is. Op de kaart is aangegeven in welke mate de ondergrond kansrijk is voor WKO.

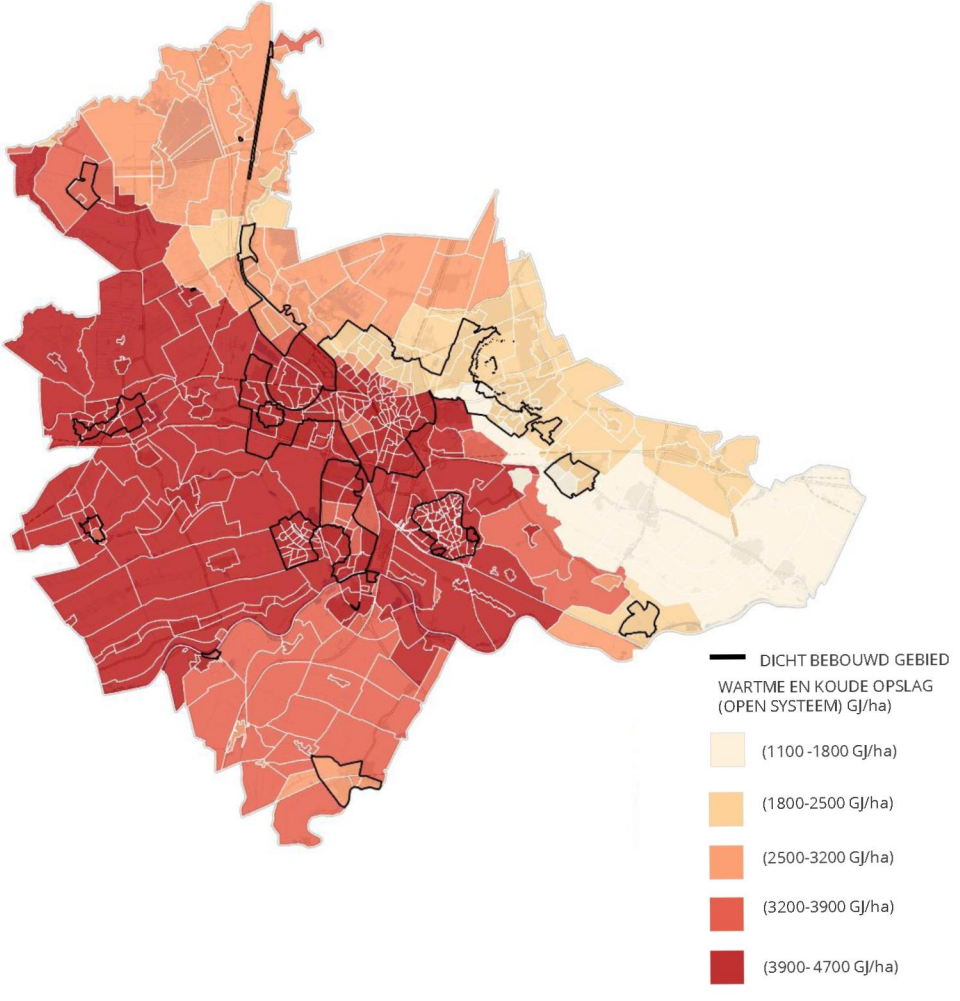
Voor de WKO zijn er twee soorten systemen: het open en gesloten systeem. De potentie voor WKO-opslag binnen het dichtstedelijk gebied (zie kaart: zwart omlijnd gebied) voor het open systeem is totaal 241 PJ. De potentie voor het gesloten is 117 PJ.

potentie opslag via WKO: 117 PJ / 241 PJ voor respectievelijk gesloten en open systeem

binnen een afzet-gebied van 1,0 kilometer

POTENTIE: WARMTE-KOUDE OPSLAG

WARMTE KOUDE OPSLAG (OPEN SYSTEEM)
POTENTIE BINNEN EEN STRAAL VAN 1,5 KM



INZICHTEN

DE BALANS IN DE REGIO

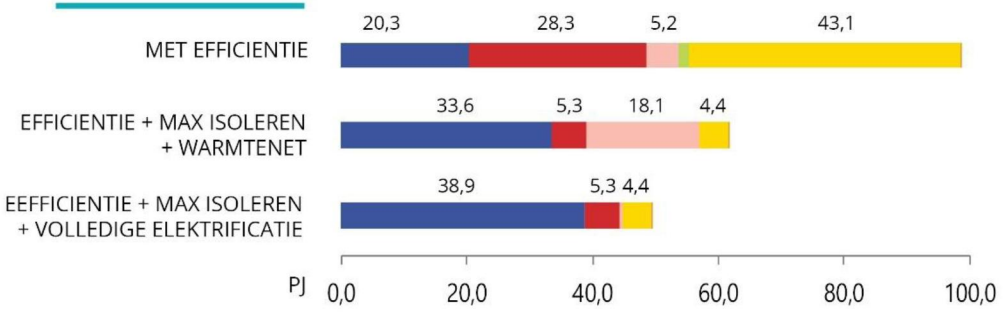
DE BALANS VAN DE U16

PASPOORT RES-REGIO U16

REGIO: U10



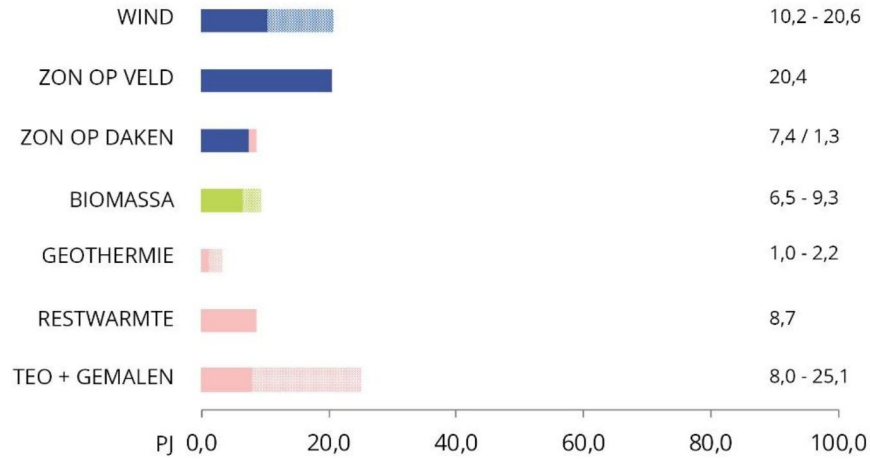
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



DE BALANS VAN DE U16

Het energiepaspoort
De vraag- en aanbodzijde zoals in de voorgaande hoofdstukken beschreven, hebben we samengevat in een energiepaspoort (zie blz. 54). In het energiepaspoort geven we het verwachte verbruik in 2050 inclusief de bandbreedte van besparen weer. Dit verbruik zetten we af tegen de onderzochte opwekpotenties per bron. Het paspoort geeft een aantal inzichten.

- In theorie kan de toekomstige elektriciteitsvraag (blz. 54, kolom '2050 met efficiëntie') worden afgedekt met opwekking uit zon en wind op het grondgebied in de eigen regio, bijvoorbeeld door de combinatie van zonnevelden op 5% van de agrarische gronden en windturbines overal waar landelijke normen en provinciaal (natuur-) beleid dit toestaan.

- Wanneer in de bebouwde omgeving ingrijpend wordt geïsoleerd en maximaal wordt ingezet op verwarming met hernieuwbare warmte via een warmtenet, kan het regionale warmte-aanbod in theorie voldoende zijn (NB: restwarmte is evenwel nog niet per definitie duurzame warmte).

- Bij de combinatie met de grootste besparing - ingrijpend isoleren, elektrisch verwarmen met warmtepompen en 100% elektrisch rijden – hoeft in *totaal* de minste aantal PJ te worden opgewekt, maar van die energie is veel meer elektriciteit nodig dan bij andere combinaties. Dit heeft op zijn beurt zijn ruimtelijke weerslag. Om de totale elektriciteitsvraag namelijk op te wekken, is zon op alle daken en zonne-velden op fors meer dan 10% van het agrarisch gebied nodig. Of windturbines staan overal in de regio, ook daar waar volgens het huidig provinciaal beleid niet kan.

Verschillen tussen gemeentes: Mismatch vraag en aanbod
Naast een paspoort voor de totale regio hebben we ook de energiebalans per gemeente in kaart gebracht (zie bijlage, energiepaspoorten vanaf blz.84).
De potenties van de hernieuwbare bronnen kunnen per gemeente sterk verschillen. Het is dus raadzaam om goed naar de kansen en beperkingen op schaal van een gemeente of combinatie van (omringende) gemeentes te kijken.

Om op hoofdlijnen een indruk te krijgen van vraag- en aanbodzijde per gemeente, hebben we de balans van warmte en elektriciteit per gemeente in één beeld geschetst (zie blz. 53). Bij deze vergelijking gaan we ervan uit dat de warmtevraag of mobiliteit nog niet door elektrificatie wordt ingevuld.

Wat direct opvalt als we de energievraag en de -potentie naast elkaar zetten, is dat alle gemeenten een mismatch hebben tussen de gevraagde en de opgewekte energiemix. Bij een groot deel van de gemeentes is de mismatch vergelijkbaar op schaal van U16. Zo is in veel gemeenten meer potentie voor het produceren van elektriciteit dan de geschatte vraag in 2050. Het potentiele aanbod van warmte uit warmtebronnen is in veel gemeenten juist kleiner ten opzichte van de vraag.

Er zijn onderling ook wat opvallende verschillen, met name tussen het stedelijk gebied en de meer landelijke gemeentes. Zo hebben de gemeentes Utrecht en Nieuwegein een veel grotere warmte- en elektriciteitsvraag dan de gemeentes in potentie zelf kunnen opwekken. Naastgelegen gemeente Woerden kan daarentegen technisch gezien zowel meer warmte als elektriciteit opwekken dan er vraag is. En ook omliggende gemeentes als Montfoort en Stichtse Vecht kunnen aanzienlijk meer elektriciteit opwekken dan nodig is om in de eigen vraag te voorzien.

Uit bovenstaande kunnen we dus stellen dat niet alleen de mismatch in de eigen gemeente, maar ook de mismatch in die van naastgelegen gemeenten er toe doet: Een appèl om samen te werken en strategische keuzes op elkaar af te stemmen.

DE BALANS VAN DE U16

De balans in de U16
In het 'energiepaspoort' (blz. 54) en de 'balans per gemeente' (blz. 57) vatten we de resultaten van de verkenning beeldend samen. In het 'energiepaspoort' van de U16 geven we het verwachte verbruik in 2050 inclusief de bandbreedte van besparen weer. En dit zetten we af tegen de onderzochte opwekpotenties per bron. Bij de balans per gemeente presenteren we de onderlinge verschillen van vraag- en opwek in warmte en elektriciteit.

Deze twee beelden geven een aantal inzichten.

- In theorie kan de toekomstige elektriciteitsvraag (blz. 10, kolom '2050 met efficiëntie') worden afgedekt met opwekking uit zon en wind op het grondgebied in de eigen regio, bijvoorbeeld door de combinatie van zonnevelden op 5% van de agrarische gronden en windturbines overal waar landelijke normen en provinciaal (natuur-) beleid dit toestaan.

- Wanneer in de bebouwde omgeving ingrijpend wordt geïsoleerd en maximaal wordt ingezet op verwarming met hernieuwbare warmte via een warmtenet, kan het regionale warmte-aanbod in theorie voldoende zijn (NB: restwarmte is nog niet per definitie duurzame warmte).

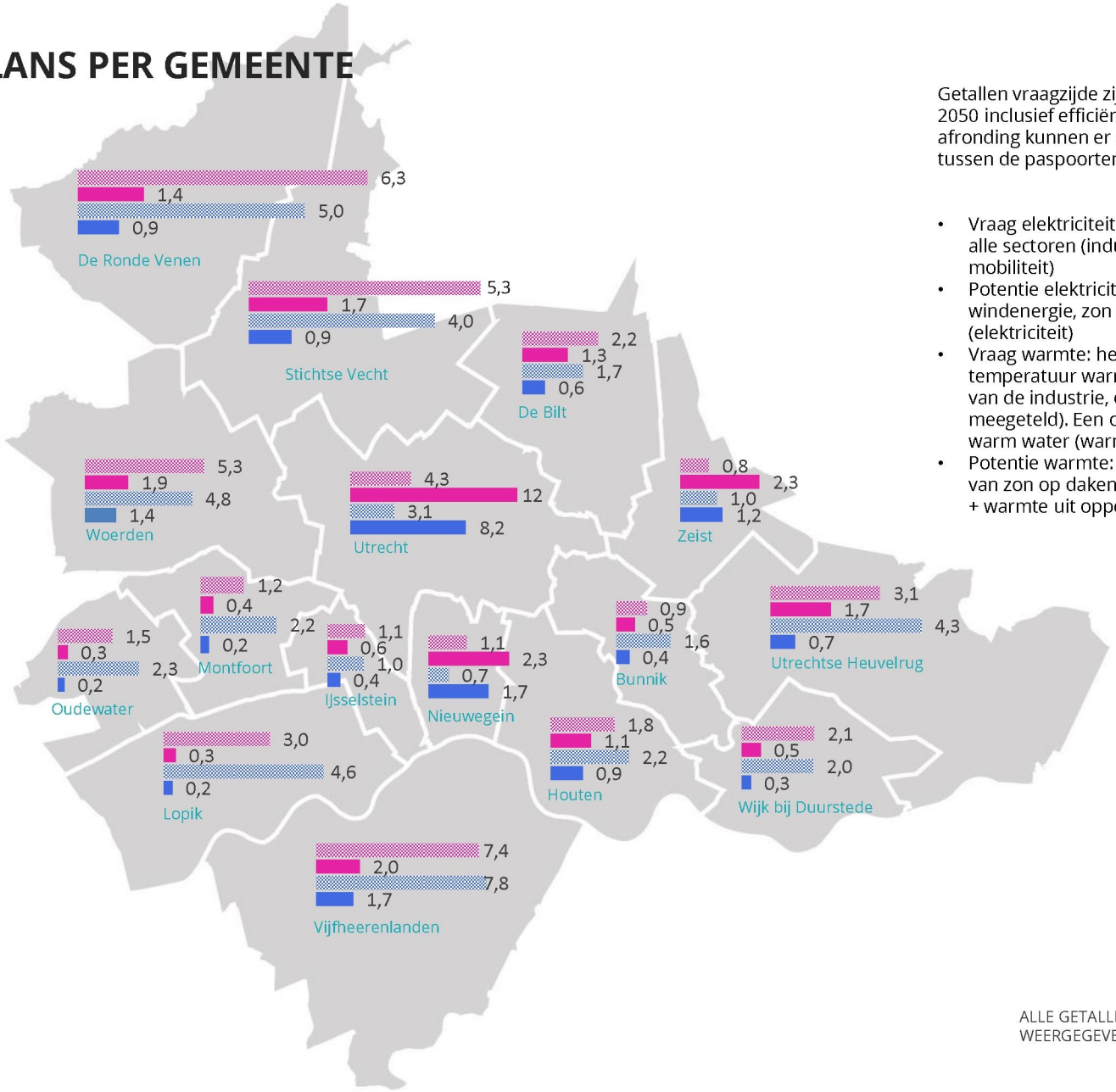
- Bij de combinatie met de grootste besparing - ingrijpend isoleren, elektrisch verwarmen met warmtepompen en 100% elektrisch rijden – hoeft in *totaal* de minste aantal PJ te worden opgewekt, maar van die energie is veel meer elektriciteit nodig dan bij andere combinaties. Dit heeft op zijn beurt zijn ruimtelijke weerslag. Om de totale elektriciteitsvraag namelijk op te wekken, is zon op alle daken en zonne-velden op fors meer dan 10% van het agrarisch gebied nodig. Of windturbines staan overal in de regio, ook daar waar volgens het huidig provinciaal beleid niet kan.

- Elke gemeente heeft een mismatch tussen vraag en aanbod. Daarnaast is in de balans per gemeente te zien dat de onderlinge verschillen tussen gemeenten groot is. Het potentiële overschot van de één kan het tekort van de ander dekken. Samenwerking is essentieel om als U16 de energietransitie te laten slagen.

Netwerk en opslag
Ongeacht welke besparings- of potentiestrategie wordt gekozen, gaat het energieverbruik veranderen. Met het oog op deze verandering is het onontkoombaar dat het huidige netwerk om energie te transporteren, dient te worden opgeschaald of aangepast.

Hierbij is ook energieopslag een belangrijk aspect. Te meer omdat energie uit hernieuwbare bronnen veel meer tijdsafhankelijk zijn, en de perioden van opwekking niet gelijk lopen met de perioden van (piek)gebruik. Dit vraagt om uitbreiding van vormen van opslag, al dan niet op woning, buurt of wijkniveau. Welke vormen van opslag geschikt zijn, hangt af van de strategie per gebied.

BALANS PER GEMEENTE



Getallen vraagzijde zijn op basis van de opgave 2050 inclusief efficiëntie. NB Door nuances in afronding kunnen er subtiele verschillen zijn tussen de paspoorten en het totaal overzicht.

- Vraag elektriciteit: het geschatte verbruik van alle sectoren (industrie, woningen, utiliteit, mobiliteit)
- Potentie elektriciteit: de potentie van windenergie, zon op veld en zon op daken (elektriciteit)
- Vraag warmte: het geschatte verbruik van lage temperatuur warmte van alle sectoren (10% van de industrie, overige sectoren 100% meegeteld). Een optelling van netwerkgas, warm water (warmtenet) en biomassa
- Potentie warmte: de optelling van de potentie van zon op daken + geothermie + restwarmte + warmte uit oppervlaktewater

VRAAG ELEKTRICTEIT
POTENTIE ELEKTRICITEIT
VRAAG WARMTE
POTENTIE WARMTE

ALLE GETALLEN ZIJN WEERGEGEVEN IN [PJ]

BIJLAGE 1

UITGANGSPUNTEN VRAAG VAN ENERGIE

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ALGEMEEN

Zoals bij de inleiding geschetst, is in deze verkenning gekeken naar het energie-verbruik nu en in de toekomst. Daarnaast is de impact van besparen en verduur-zamen en de potentie van hernieuwbare energiebronnen berekend en in kaart gebracht. In dit hoofdstuk lichten we de methodiek en uitgangspunten voor de berekeningen van bovenstaande onderdelen toe.

CO2 versus PJ
De centrale doelstelling in het Klimaat-akkoord heeft betrekking op het verlagen van de totale CO2-uitstoot. Deze doelstelling wordt op nationaal niveau vertaald naar sub-doel-stellingen voor onder andere te realiseren hoeveelheden duurzame elek-tricitеitsopwekking en warmtewinning uit bijvoorbeeld geothermie. Deze hoeveel-heden worden uitgedrukt in Peta Joules (PJ) of TerraWattuur (TWh)

In de voorliggende verkenning zijn de opgave en mogelijkheden energetisch (in petajoules, ofwel PJ) in kaart gebracht. Om de daad-werkelijke CO2-besparing te bepalen is een koppeling tussen vraag en aanbod nodig. Dit kan dus pas bij het 'bouwen' van scenario's, wat in het vervolgtraject na deze verkenning kan plaatsvinden. Zo heeft elektrificeren meer effect op CO2-uitstoot als er op het juiste moment CO2-vrije elektriciteit beschikbaar is. Of een warmtenet resulteert in vermindering van CO2-uitstoot is afhankelijk van de bron van die warmte. Een vervolg op deze verkenning kan zijn dat scenario's worden opgesteld waarbij vraag en aanbod aan elkaar gekoppeld worden. Dit kan bijvoorbeeld met het Energietransitiemodel. Bij het opstellen van de scenario's kan worden uitgewerkt dat welke opwekking inclusief opslagmethodes zorgen dat de gevraagde energie op het juiste moment in de juiste vorm aanwezig kan zijn. Ook omzettings- en transportverliezen worden uitgerekend in de scenario's.

Wat is 1 PJ?
Om een gevoel te geven voor de maat en schaal van deze energie-eenheid is het goed om te bedenken dat 1 Petajoule ongeveer gelijk staat aan de jaarlijkse energieproductie van 29-40 windturbines van 3 MW, 300-500 hectare aan zonnevelden of het elektrisch energiegebruik van 100.000 woningen.

Bruto eindverbruik
Er bestaan drie verschillende methoden om energieverbruik en – opwekking te meten.

1. *Primaire energiemethode*
Hierbij wordt gerekend met de hoeveelheid energie die het systeem ingaat voordat deze wordt omgezet in bruikbare energie. Dit is de energie die direct aan de bron geproduceerd wordt.

2. Bruto eindgebruik/finaal energiegebruik
Hierbij wordt gerekend met de energie die bij de eindgebruiker terecht komt, inclusief verliezen door omzetting naar bruikbare energie en transportverliezen. Hierin is 'niet-energetisch gebruik' zoals energie die in aardolie zit voor plastics, niet meegenomen. Het bruto eindgebruik kan soms 40% minder zijn dan de primaire input.

3. Substitutiemethode/vermeden fossiel
Bij de substitutiemethode wordt de hoeveelheid primaire energie omgerekend naar de hoeveelheid energie die nodig zou zijn als benodigde energie van conventionele fossiele bronnen afkomstig zou zijn. Hierdoor is het eenvoudiger om verschillende energiedragers en – bronnen met elkaar te vergelijken.

In deze verkenning rekenen we met het bruto eindverbruik, methode 2. Deze methode sluit het best aan bij de EU-richtlijnen en de beschikbare bronnen per gemeente. Bovendien is deze methode voor een eventuele vervolgfase met belanghebbenden in de regio het meest tastbaar.

Huidig energieverbruik
Om inzicht te geven in het huidige verbruik baseren we ons op de uitgangspunten uit klimaatmonitor, emissieregistratie, CBS en de door Eneco opgegeven warmteverbruiks-

.

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ALGEMEEN

gegevens. De uitkomsten zijn vergeleken met die van de eigen lokale analyses van gemeenten. De gegevens zijn voor elke gemeente ingevoerd in het ETM, waarbij de verbruiken zijn verfijnd en gekoppeld aan de sectoren per gemeente. Zo ligt er voor elke gemeente als ook voor de U16 als geheel een basis om met behulp van het ETM verschillende scenario's te toetsen op hun effect.

Toekomstig energieverbruik
Het is onmogelijk om een exacte voorspelling te maken van langetermijnontwikkelingen.

Om toch een benadering te kunnen geven van het verbruik in 2050, zijn er twee ontwikkelscenario's op het huidige gebruik geprojecteerd. Ten eerste is er gekeken naar de opgave bij autonome *groei*. In dit scenario wordt gekeken naar de ontwikkeling van het energieverbruik ten gevolge van demografische en economische ontwikkelingen. Deze benadering toont sec de groei van de vraag, zonder rekening te houden met efficiëntieverbeteringen van apparaten, voertuigen en huizen en eventuele gedragsveranderingen. Deze projectie is gebaseerd op landelijke groeitrends van het CBS, en op regionale studies naar de ontwikkelingen van de mobiliteit en van de woningmarkt.

Vervolgens is op dit autonome groeiscenario een inschatting van efficiëntieverbeteringen geprojecteerd. De bovenregionale trend is dat huizen, apparaten en auto's steeds zuiniger worden. Hierbij baseren we ons op dezelfde aannames die in onder andere in de klimaatmonitor worden gedaan (zie blz. 61 en 62 voor toelichting). Het effect hebben we berekend met het ETM.

Impact van besparen en verduurzamen?
Hoeveel energie kan worden bespaard? Het scenario 'autonome ontwikkeling' is het vertrekpunt voor de verkenning van (extra) besparingsmaatregelen en hun potentie. We hebben ervoor gekozen om het effect van een aantal extreme besparingsmaatregelen door te rekenen. Door deze met elkaar te combineren kunnen we een bandbreedte van de besparingspotentie schetsen.

De invloed van extra besparen en verduurzamen is voor drie sectoren in beeld gebracht: woningbouw, utiliteit en mobiliteit. De effecten op landbouw en industrie hebben we, afgezien van de efficiëntieverbeteringen, vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Voor deze drie sectoren is een twintigtal besparingsmaatregelen of combinatie van besparingsmaatregelen berekend. De maatregelen variëren van laag tot hoog isoleren, het inzetten van vervangende verwarmingsbronnen als elektriciteit en warm water (warmtenet), tot aan de verdubbeling van het OV-gebruik. Per besparingsmaatregel is berekend wat technisch maximaal haalbaar is qua energiebesparing. Neem bijvoorbeeld de

besparingsmaatregel 'isolatie hoog'. Hierbij hebben we berekend wat de impact is op het totale energieverbruik is als we 100% van de bebouwing in de regio naar een energielabel van tenminste A brengen. Door te kijken naar wat een maatregel of combinatie van maatregelen maximaal zou kunnen opleveren aan besparing, ontstaat inzicht in de bandbreedte van besparingen voor een gemeente of regio.

Duurzame opwekpotentie
Ook met een maximale inzet op besparen en verduurzamen staat de regio een forse transitie te wachten.

Om aan de nationale en gemeentelijke doelstellingen te voldoen, dient de regio veel meer energie uit hernieuwbare bronnen op te wekken. Daartoe hebben we in beeld gebracht wat welke bron aan energie oplevert en hoeveel ruimte er in de regio is om deze bronnen toe te passen.

Net als bij de besparingsmaatregelen schetsen we bij de potentieberekening een bandbreedte van potenties. Dit is een berekening op basis van de beschikbare bron, techniek of ruimte onder bepaalde (ruimtelijke) voorwaarden.

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ALGEMEEN

Ter illustratie: de potentie voor windenergie berekenen we op verschillende manieren:

- Plaatsing overal waar het kan, binnen de landelijke normen voor veiligheid en milieu
- Plaatsing overal waar het kan, indien ook provinciaal beleid wordt meegenomen, bijvoorbeeld voor natuur
- Plaatsing volgens een ruimtelijk ordenings-principe, bijvoorbeeld 'overal waar het kan langs infrastructuur'.

(Zie blz. 69 voor gedetailleerde uitganspunten)

Voor de potentieberekeningen zijn we in overleg met de ambtelijke projectgroep U16 uitgegaan van de energiebronnen die op dit moment het meest gangbaar zijn:

- Wind (op land)
- Zon (op daken en op het veld)
- Biomassa
- Restwarmte
- Geothermie
- Warmte uit oppervlakte water en gemalen

Zon op water hebben we voor deze verkenning vooralsnog buiten beschouwing gelaten. Met 2% wateroppervlak ten opzichte van het totale oppervlak is voor te stellen dat de meeste winst op het land te behalen is. Ook zijn er meerdere technieken die nu nog in het begin van hun ontwikkelfase zitten of nu nog niet economisch winbaar zijn, zoals BIPV (building integrated PV) en energie-producerende wegen niet meegenomen in deze verkenning. In de strategie en of realisatiefase van de regionale energie-strategie kan worden overwogen deze bronnen alsnog mee te nemen. Wellicht dat de techniek dan verder ontwikkeld is of dat door de ruimtelijke impact van andere bronnen een andere economische afweging gewenst is.

Vaak wordt ook waterstof genoemd als potentiele energiebron. Echter waterstof is geen energiebron, maar een energiedrager. Om aan de waterstof te komen, moet deze eerst worden gemaakt. Dat kan door water om te zetten in waterstof met behulp van elektriciteit (elektrolyse). Als energiedrager wordt waterstof als kansrijke vervanger van bijvoorbeeld aardgas genoemd. Voor deze verkenning focussen we ons op de potentie van hernieuwbare energiebronnen. Uiteindelijk kunnen bij strategische afwegingen (nieuwe) energiedragers zoals waterstof vanzelfsprekend ook een rol spelen.

Ruimtelijke cleansheet en begrenzing
In de ruimtelijke scenario's werken we met een zogeheten Cleansheet benadering. Dit houdt in dat we veronderstellen dat er nog geen duurzame opwekking is gerealiseerd. Bij het berekenen van de potentie voor windenergie houden we dus geen rekening met bestaande windparken zoals de 'Grote Geus' bij Vianen.

Ontwikkelingen 2050
Er is in de bepaling van de autonome groei en ontwikkeling rekening gehouden met de in U10-verband geraamde groei van het aantal woningen en huishoudens. Deze groei is in deze verkenning nog niet verbijzonderd naar gemeenten, omdat de bouwopgave voor een belangrijk deel nog niet vertaald is naar concrete locaties. Wanneer lokale energiestrategieën of bouwplannen concreter worden gemaakt, zijn de uitbreidingsplannen zowel qua extra verbruik als locatie vanzelfsprekend wel van belang.

Transport en opslag
Ongeacht welke besparings- of potentie-strategie wordt wordt gekozen, is de verwachting dat het energieverbruik toeneemt. Met het oog op deze groei is het onontkoombaar dat het huidige netwerk om energie te transporteren, dient te worden opgeschaald of aangepast. In het verlengde hiervan is tevens energieopslag een belangrijk aspect. Te meer omdat energie uit hernieuwbare bronnen veel meer tijdsafhankelijk zijn, en de perioden van opwekking niet gelijk lopen met de perioden van (piek-) gebruik.

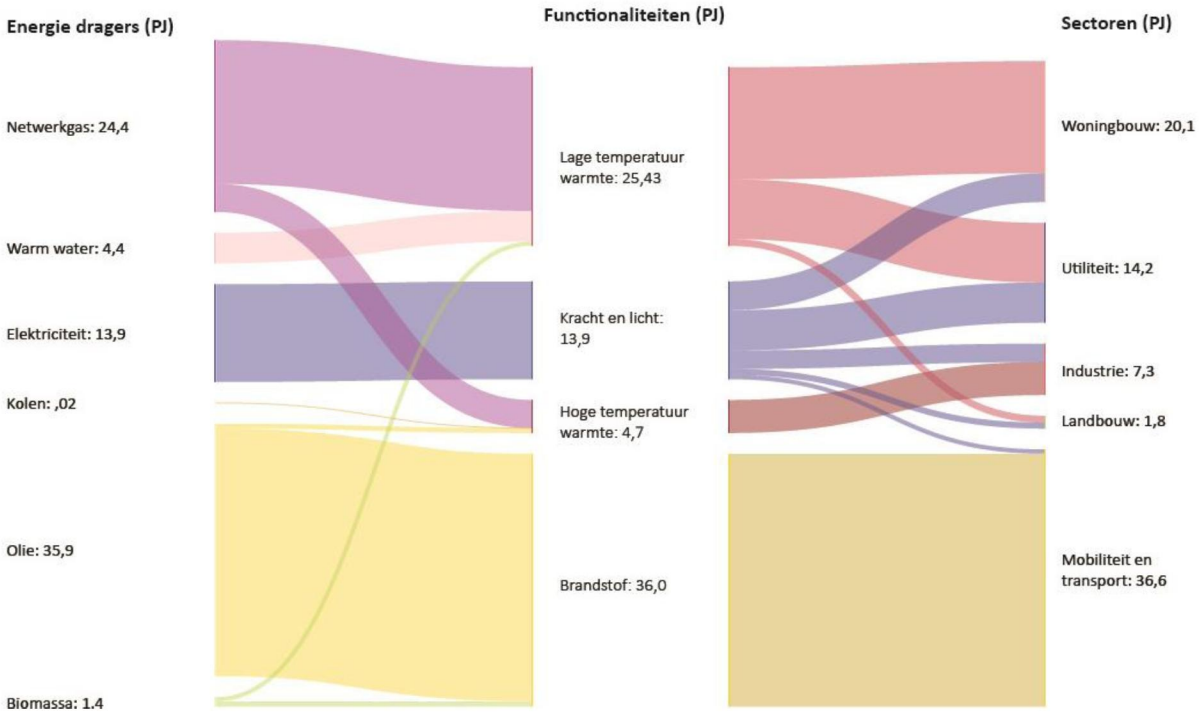
In deze verkenning is gekeken naar de potentie voor warmte-koude opslag (WKO), vooralsnog de meeste gangbare manier van opslag. Andere vormen van opslag zijn waterstof en centrale of decentrale batterijopslag en nog niet meegenomen.

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ALGEMEEN

Energie kan in meerdere onderdelen worden uitgedrukt: van dragers tot finaal uitgebruik. De stroomdiagram die hiernaast staat afgebeeld, geeft de omvang van het huidige energieverbruik weer vertaald in energiedragers en de overgang naar functionaliteiten tot aan sectoren.

Bij de diagram gaan we ervan uit dat alles wat wordt opgewekt op energetisch gebied uiteindelijk weer kan worden doorberekend naar verschillende vormen van eindgebruik. De diagram is een weergave van het huidige gebruik.

Onderweg zijn er vanzelfsprekend verliezen. Denk aan lekverliezen, opwekking- en transportverliezen, omzetting- en conversie-verliezen en transmissie- en ventilatieverliezen. Deels zijn die verliezen onvermijdelijk door natuurkundige wetten, maar voor een deel is hier nog een wereld te winnen. Dit laat dan ook het belang van besparen en verduurzamen zien: Elke MW die wordt bespaard, scheelt meer MW aan opwekking. In het stroom-schema zijn de verliezen uiteindelijk daarom allemaal toegerekend aan het eindverbruik; een zuivere bruto doorrekening waarin het besparen op verliezen meteen een effect op energiedragers heeft.



BIJLAGE 2

UITGANGSPUNTEN VERBRUIK, BESPAREN EN VERDUURZAMEN

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ENERGIEVERBRUIK 2050

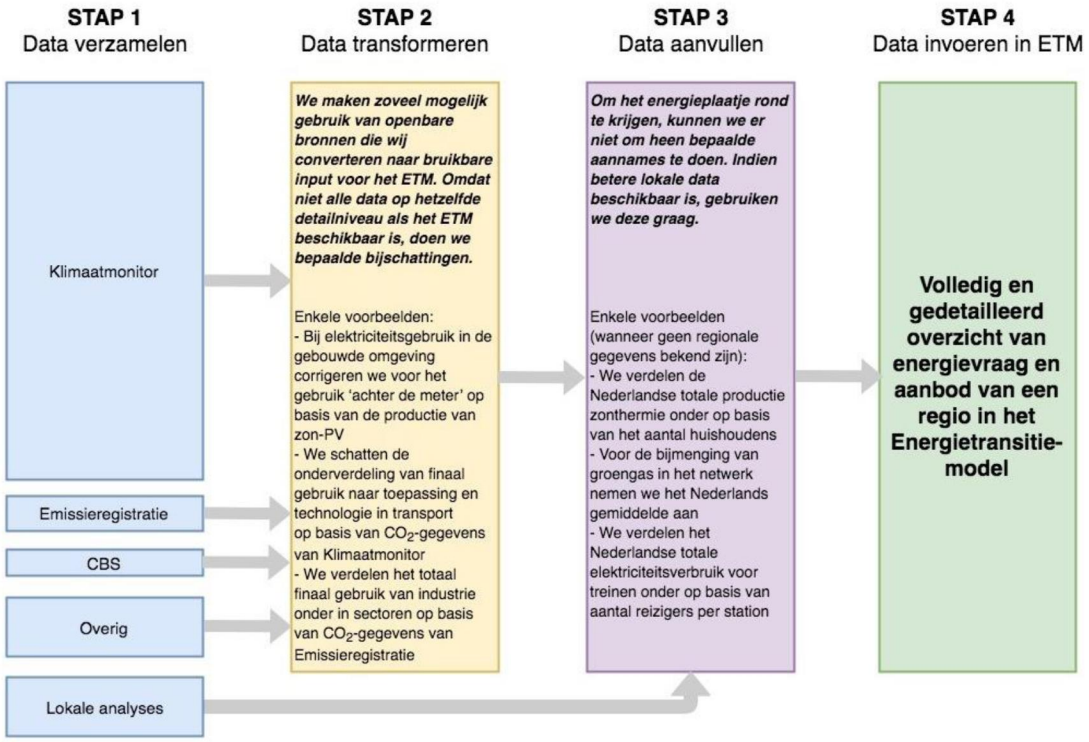
Opgave 2050 versus ETM

Op basis van aangeleverde data en aanvullend onderzoek hebben we scenario's opgesteld voor autonome groei en ontwikkeling. Dit hebben we zowel op schaal van de regio als per gemeente gedaan.

Belangrijk is om te vermelden dat aannames voor de autonome groei per definitie nooit correct zijn. Wij hebben de aangeleverde documentatie gebruikt en indien nodig aangevuld met openbare bronnen**.**

Het ETM biedt altijd de mogelijkheid om zelf de impact van andere aannames te verkennen.

In de figuur hiernaast is te zien op welke manier het ETM is opgebouwd.



METHODE EN UITGANGSPUNTEN ENERGIEVERBRUIK 2050

SECTOR WONINGBOUW

CATEGORIE	ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
per individu	warmwater vraag	%/jaar	warmwatervraag groeit mee met het aantal inwoners, maar is niet afhankelijk van economische groei (CBS)
	apparaten	%/jaar	de totale vraag naar verlichting groeit wel mee met de economische groei (CBS), rekening houdend met een prijselasticiteit
	verlichting	%/jaar	de totale vraag naar apparaten groeit wel mee met de economische groei (CBS), rekening houdend met een prijselasticiteit
	koken	%/jaar	koken groeit mee met het aantal huishoudens, maar is niet afhankelijk van economische groei
per huishouden	per huishouden: warmtevraag	%/jaar	warmtevraag groeit mee met het aantal huishoudens, maar is niet afhankelijk van economische groei (CBS)
	koudevraag	%/jaar	de totale koudevraag groeit mee met de hoeveelheid huishoudens en de economische groei (CBS), rekening houdend met een prijselasticiteit
populatie	populatie in totalen	totalen	bevolkingsgroei, gemeentelijke prognoses (CBS)
woningvoorraad	oude huizen	totalen	gebaseerd op trend landelijke onttrekkingen
	nieuwe huizen	totalen	gebaseerd op gemeentelijke bevolkingsgroei, met gelijk houden van huishoudgrootte van 2,2. gevalideerd met cijfers gemeente Utrecht
	isolatiegraad		isolatiegraad nieuwe huizen is hoger dan die van oude huizen

METHODE EN UITGANGSPUNTEN ENERGIEVERBRUIK 2050

SECTOR UTILITEIT

ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
aantal gebouwen	%/jaar	gebaseerd op: werklocaties bedrijven en kantoren provincie Utrecht (2017); gemeenten u10 (2018); vastgoedmonitor Utrecht 2018; Rienstra/repro
warmte, koeling, elektriciteitsvraag	%/jaar	gebaseerd op het aantal gebouwen
isolatiegraad		isolatiegraad nieuwe gebouwen hoger dan oude gebouwen, volgens zelfde methodiek als huishoudens

SECTOR MOBILITEIT

ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
ontwikkeling passagierskilometers	%/jaar	gebaseerd op regionale ontwikkelingen NMCA 2017
ontwikkeling ladingtonkilometers	%/jaar	gebaseerd op landelijk ontwikkelingen NMCA 2017

SECTOR INDUSTRIE

ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
omvang overige metalen, chemie, ict, voedsel, papier en de overige sector	%	gebaseerd op gemeentelijke aanwezigheid & regionale ontwikkelingen economische groei (CBS) en prijselasticiteit (CE delft)

SECTOR LANDBOUW

ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
elektriciteit	%/jaar	gebaseerd op regionale ontwikkelingen economische groei en een prijselasticiteit
warmte	%/jaar	gebaseerd op regionale ontwikkelingen economische groei en een prijselasticiteit

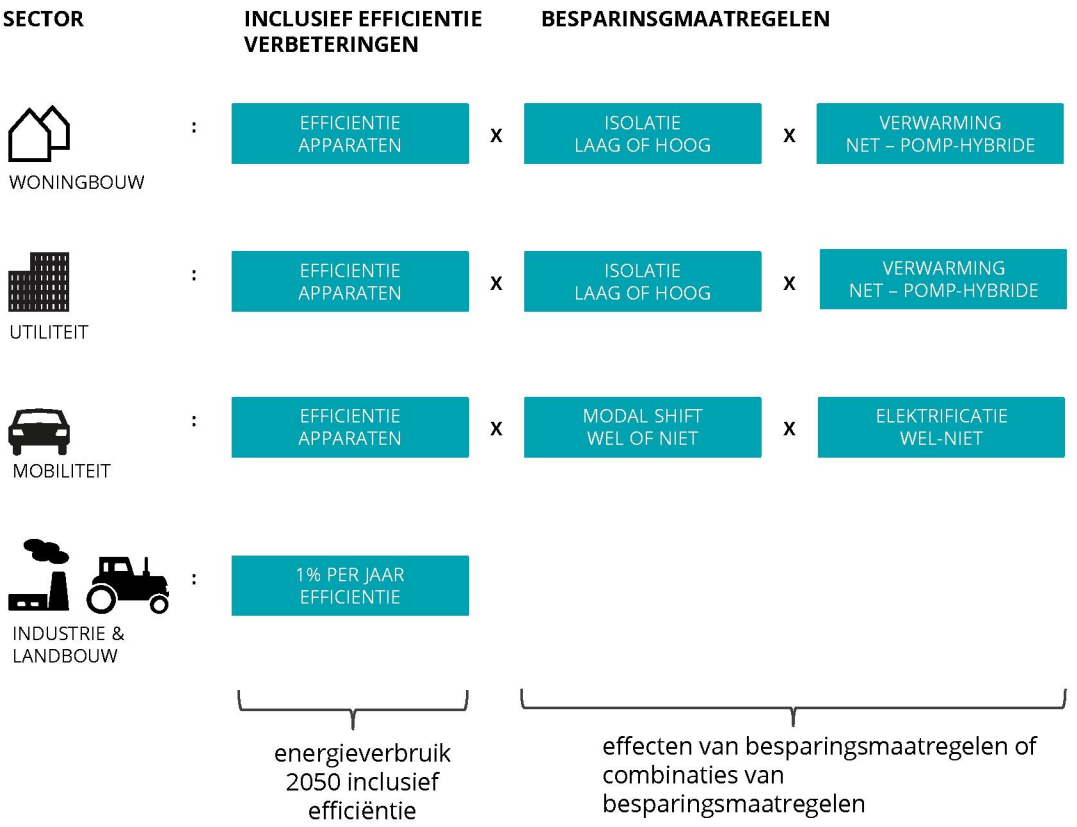
KLIMAAT

ONDERDEEL	EENHEID	AANNAMES + BRONNEN
gemiddelde temperatuur stijging	graden	gebaseerd op prognoses van het KNMI, voor de bilt

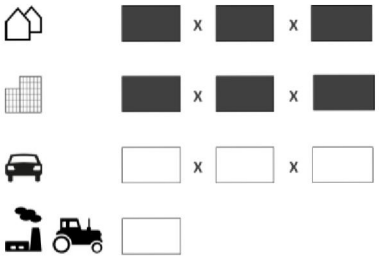
UITGANGSPUNTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN

Zoals beschreven, kan de energieopgave voor 2050 kan aanzienlijk lager zijn als er wordt ingezet op energiebesparende maatregelen. Om gevoel te krijgen bij de potentie hebben we de effecten van enkele extreme maatregelen onderzocht. Dat hebben we gedaan door middel van hiernaast weergegeven methode: Per sector – woningbouw, utiliteit, mobiliteit en landbouw & industrie – is het effect per besparingsmaatregel en combinaties van besparingsmaatregelen onderzocht. De effecten zijn zowel op de schaal van gehele regio U16 als de effecten per gemeente berekend.

Op de volgende pagina's lichten we per besparingsmaatregel de uitganspunten toe.



UITGANGSPUNTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN



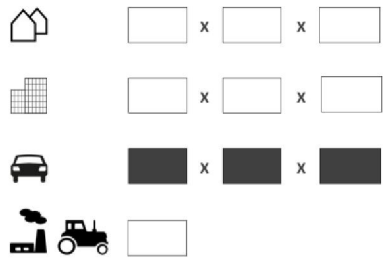
WONINGBOUW

UTILITEIT

:

EFFICIENTIE APPARATEN	x	ISOLATIE HOOG-LAAG	x	VERWARMING WARMTENET – WARMTE POMP-HYBRIDE
Efficiënte apparaten Apparaten en verlichting worden efficiënter, koken gasloos		**Isolatie laag** Ruimteverwarmingsvraag neemt af met ongeveer 20%, bebouwing wordt geïsoleerd tot label B.		**Warmtenet** Alle ruimte- en tapwaterverwarming met een warmtenet (met warmte uit hernieuwbare bron), de 30% gasketel is de backup-ketel die in de winter bijspringt
		Isolatie hoog Ruimteverwarmingsvraag neemt af met ongeveer 50%, bebouwing wordt maximaal geïsoleerd.		**Elektrische warmtepomp** Alle ruimte- en tapwaterverwarming met een elektrische warmtepomp
				Hybride warmtepomp Alle ruimte- en tapwaterverwarming met een hybride warmtepomp

UITGANGSPUNTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN

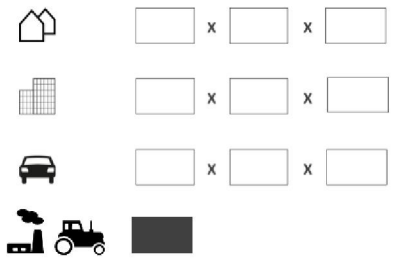


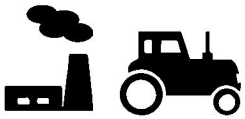
MOBILITEIT

:

EFFICIENTIE APPARATEN	x	MODAL SHIFT WEL-NIET	x	ELEKTRIFICATIE WEL-NIET
Efficiënte apparaten Voertuigen worden 1% per jaar efficiënter		**Modal shift** Al het niet-autoverkeer verdubbeld (met uitzondering van motorfietsen), geen modal shift voor vrachtverkeer		**Elektrificatie** Alle vervoerstypes elektrisch, binnenvaartschepen kunnen in het model (nog) niet elektrisch varen
		Geen modal shift Het aandeel van niet-autoverkeer blijft gelijk		**Geen elektrificatie** Het aandeel van elektrische auto's blijft gelijk.

UITGANGSPUNTEN BESPAREN & VERDUURZAMEN





INDUSTRIE &
LANDBOUW

:

EFFICIENTIE APPARATEN

Landbouw:
Voor landbouw zijn apparaten in het ETM niet efficiënter te maken. Dit wordt gesimuleerd door de jaarlijkse % groei van 1,1% te verlagen naar 0,1%

Industrie:
Apparaten worden 1%/jaar efficiënter

BIJLAGE 3

UITGANGSPUNTEN AANBOD VAN ENERGIE

UITGANGSPUNTEN POTENTIE ENERGIEOPWEKKING

METHODEN POTENTIE ANALYSE

De potentie van een hernieuwbare bron kan worden bepaald door vanuit verschillende invalshoeken naar de beschikbaarheid en de toepasbaarheid van de bron te kijken. De potentie kan theoretisch worden bepaald door te bepalen hoeveel energie in de vorm van elektriciteit of warmte er zou kunnen worden opgewekt door een bepaalde techniek toe te passen. De mogelijkheden en reikwijdte van de techniek zijn gebaseerd op de huidige bewezen mogelijkheden. (Waar met een grote waarschijnlijkheid gesteld kan worden dat een techniek zich verbeterd, dan is deze ontwikkeling meegenomen). De toepassing van een techniek kan worden gelimiteerd door ruimtelijke, beleidsmatige, economische, maatschappelijke en/of landschappelijke argumenten.

'Maximaal potentie'
In deze studie maken wij inzichtelijk wat het ruimtelijk technisch maximale potentieel is, vervolgens bekijken welke beleidsmatige beperkingen dit potentieel beïnvloed. Dit geldt met name voor de opwekmethode voor elektriciteit. Voor de warmtebronnen wordt waar het bekend is ook een economische winbaarheid weergegeven.

2050 – CLEAN SHEET

Het doeljaar van de potenties is 2050. Voor de maximum berekening geldt dat ingetekende hernieuwbare bronnen zijn ingetekend volgens het clean sheet principe, tenzij anders vermeld. Dat wil zeggen dat bijvoorbeeld windturbines allemaal in het meetjaar – vaak 2050 - geplaatst worden en dat nu bestaande windturbines dan allemaal komen te vervallen.

GRENSREGIO

Voor alle potentieberekeningen geldt dat deze zich volledig binnen de grens van de regiogemeentes bevinden. Dit betekent bijvoorbeeld dat alleen biomassastromen uit de gemeenten benut kunnen worden.

HERNIEUWBARE ENERGIE

Hernieuwbare energie is energie uit hernieuwbare niet-fossiele bronnen zoals beschreven in artikel 1 van de Europese richtlijn Energie uit Hernieuwbare bronnen. (Protocol monitoring hernieuwbare energie, 2011).

ENERGIENEUTRAAL

Bij energieneutraliteit (in tegenstelling tot klimaatneutraal) wordt ervan uit gegaan dat de productie van duurzame energie gelijk staat aan het totale verbruik.

ENERGIEVERBRUIK EN OPWEKKING – FINAAL GEBRUIK

Voor het ontwikkelen van de denkrichtingen is het van belang om te weten wat het energieverbruik in de regio is. Er bestaan 3 verschillende methoden om energieverbruik en -opwekking te meten:

1. ***Primaire energiemethode/ input methode***: Hierbij wordt gerekend met de hoeveelheid energie die het systeem ingaat voordat deze wordt omgezet in bruikbare energie. Dit is de energie die direct aan de bron geproduceerd wordt.
2. ***Bruto eindgebruik/finaal energetisch gebruik:*** Hierbij wordt gerekend met de energie die bij de eindgebruiker terecht komt, inclusief verliezen door omzetting naar bruikbare energie en transportverliezen. Hierin is 'niet-energetisch gebruik' zoals energie die in aardolie zit voor plastics, niet meegenomen. Het bruto eindgebruik kan soms 40% minder zijn dan de primaire input.
3. ***Substitutiemethode/vermeden fossiel:*** Bij deze methode wordt de hoeveelheid finale energie omgerekend naar de hoeveelheid energie die nodig zou zijn als de benodigde energie van conventionele fossiele bronnen afkomstig zou zijn. Hierdoor is het gemakkelijker om verschillende energiedragers en -bronnen met elkaar te vergelijken.

In dit onderzoek wordt gerekend met het bruto eindverbruik, methode 2. Deze methode is gekozen omdat ze het beste aansluit bij EU-richtlijnen en de beschikbare bronnen per gemeente. Bovendien is deze voor stakeholders in de regio het meest tastbaar. Indien op onderdelen een andere methode wordt gebruikt, is dit expliciet aangegeven.

GIS-ANALYSES EN DATA

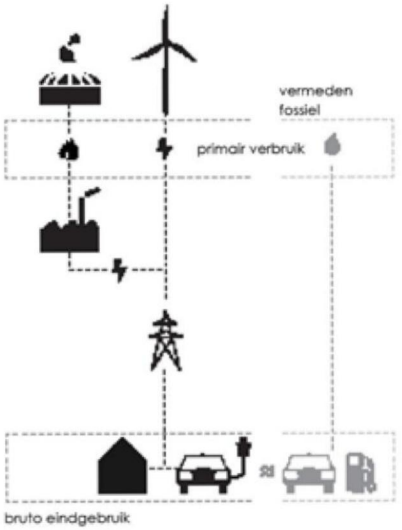
De potentieberekeningen worden berekend aan de hand van GIS-analyses. Voor de analyses worden zoveel mogelijk de meest actuele datasets uit de basisregistraties zoals de Top 10 en BAG, data uit de nationale warmteatlas, en provinciale datasets gebruikt. Op specifieke onderwerpen zijn data gebruikt van derden. Dit wordt dan ook specifiek vermeld.

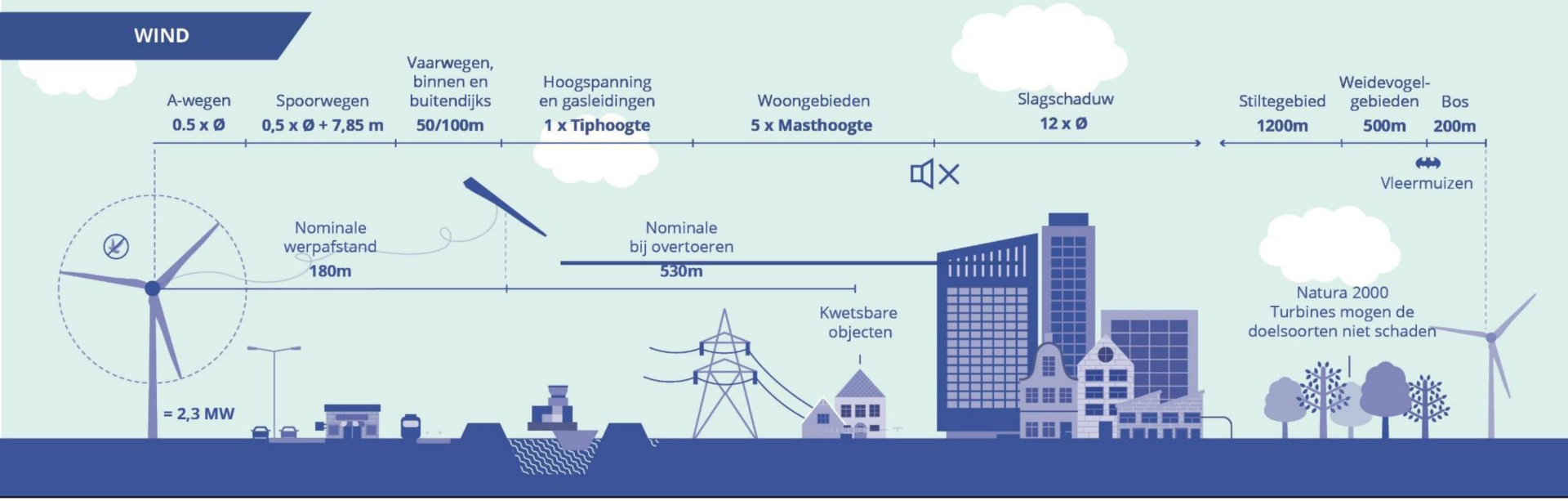
EENHEDEN EN UITGANGSPUNTEN

In deze studie wordt gesproken over Petajoule (PJ) of Terrajoule (TJ). Alle energie hoeveelheden worden voor dit onderzoek uitgedrukt in Petajoule (PJ) of Terrajoule (TJ) tenzij anders vermeld. De uitkomsten van de potenties worden uit gedrukt in jaarhoeveelheden (PJ/jr of TJ/jr). Voor sommige bronnen en gebruik geldt dat er sprake is van een verschil per seizoen. In deze studie wordt dit gegeven niet meegenomen.

kilo (k)	* 10^3
mega (M)	*10^6
giga (G)	*10^9
tera (T)	*10^12
peta (P)	*10^15

J/sec	Watt (W)
3.600.000 J	kilowattuur (Wh)
31,65MJ/m3	Aardgas equivalent (a.e.)
MWth	Megawatt thermisch vermogen
MWe	Megawatt elektrisch vermogen





TECHNIEK

Windenergie is de energie die besloten ligt in een bewegende luchtstroom. Hoe sneller de lucht stroomt, hoe meer energie deze bevat. Met molenwieken die een turbine aandrijven kan deze energie worden gewonnen. Windturbines zijn er in verschillende vermogens in deze studie is de potentie van drie types berekend. Voor deze berekening maken wij gebruik van drie referentie turbines: 900 KW (EWT 54), 3 MW (Enercon E101) en 4,2 MW (Enercon E126).

POTENTIE BEREKENING

Onder het begrip maximaal verstaan we de hoeveelheid windenergie die kan worden opgewekt in de ruimte die overblijft na het uitsluiten van alle gebieden die in strijd zijn met de toepassing van wind-energie. De mogelijkheden voor het plaatsen van windturbines is onderhevig aan wet- en regelgeving die betrekking heeft op de bescherming van milieu of personen. Rondom bebouwing en infrastructuur zijn veiligheidsbuffers vastgesteld op basis van nationale richtlijnen. Ook vanuit de milieu- en natuurre-gelgeving worden beperkingen opgelegd. Deze restricties gelden in dit onderzoek als 'harde' rand-voorwaarden. Deze buffers worden vastgesteld aan de hand van de afmetingen van de turbine. Een kleinere turbine heeft meer plaatsingsmogelijkheden dan een grote turbine, maar kan echter weer minder energie produceren.

In deze verkenning zijn de volgende restricties als harde restrictie meegenomen:

- geluidszones rondom woonkernen
- veiligheidszones rondom kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
- veiligheidszones rondom A-, N- en S-wegen
- veiligheidszones rondom spoorwegen
- veiligheidszones rondom hoogspannings-, gas- en buisleidingen
- invloedzones rondom vaarroutes
- veiligheidszones of hoogtebeperking rondom luchthavens en laagvlieggebieden
- beschermingszones rondom primaire waterkering
- veiligheidscontour rondom categoriale industrie

**Het effect van slagschaduw die wordt veroorzaakt door het ronddraaien van de wieken is in deze studie niet meegenomen. Voor dit probleem bestaan technische*

oplossingen als het automatisch tijdelijk stopzetten van de turbine bij een bepaalde stand van de zon.

Provinciaal beleid

Naast de hardere restricties, bestaan er restricties met een meer subjectief karakter die door de lokale autoriteiten bepaald kunnen worden. Deze randvoorwaarden kunnen per locatie verschillen. Veelal is er wel een mogelijkheid voor windenergie, mits deze geen schade aanricht aan doelsoorten of de daarvoor benodigde condities. In de Provinciale Ruimtelijke Structuurvisie wordt omschreven dat aspecten als landschapselementen, cultuurhistorie, archeologische waarden, natuur, geluid en stilte, duisternis en lichthinder, externe veiligheid en nabij gelegenheid van woningen dienen te worden onderzocht. In de verordening ruimte staat beschreven dat in de gebieden die zijn aangewezen als cultuurhistorische hoofdstructuur, Natuur Netwerk Nederland (NNN) en stiltegebieden ontwikkelingen onder voorwaarden mogelijk zijn. In de verkenning is gekeken wat het betekent voor de potentie van windenergie wanneer de volgende gebieden zijn uitgesloten voor de plaatsing van windturbines: Natuur Netwerk Nederland, Werelderfgoed, stiltegebieden en beschermd stads en dorpsgezicht.

PLAATSINGSPRINCIPE EN WINDSNELHEDEN

De gebruikte turbines in deze studie zijn, inclusief de rotorbladen, tussen de 100 en 200 meter hoog. Windturbines halen energie uit de luchtstroom, en zijn daarmee van invloed op de kracht van de doorstromende lucht. Dit betekent dat bij achter elkaar geplaatste turbines, de opbrengst afneemt. Voor een maximale opbrengst moeten daarom de volgende regels in acht worden genomen.

Afstand tot andere windturbines:

- 4 keer de rotordiameter haaks op de overheersende windrichting en 6 keer de rotordiameter in de overheersende windrichting
- Turbines worden in lijnopstellingen geplaatst.
- Maximaal 3 lijnen achter elkaar, daarna minimaal 1,5 km buffer i.v.m. regeneratie van de luchtstroom.

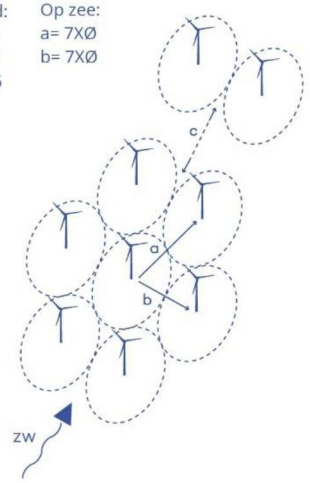
De gemiddelde windsnelheid Nederland is onder te verdelen in vier categorieën. In het gebied van de U10 komen de windsnelheden tot 7m/s en 7 tot 7,5 m/s voor.

OPSTELLING OP LAND

c= buffer ivm regeneratie van de luchtstroom

Op land:
a= 6XØ
b= 4XØ
c= 1/1,5

Op zee:
a= 7XØ
b= 7XØ





VOLLAST UREN

< 7 m/s	2240
7-7,5 m/s	2620
7,5-8 m/s	2850
> 8 m/s	3200

EIGENSCHAPPEN EN OPBRENGSTEN

Referentietypes: 900 KW (EWT 54), 3 MW (Enercon E101) en 4,2 MW (Enercon E126)

BRONNEN

- Handboek risicozonering windturbines (RWS, 2014)
- Provinciale Ruimtelijke Verordening 2013 (herijking 2016)
- Provinciale Ruimtelijke Structuurvisie 2013-2018 (herijking 2016)
- RVO gemiddelde windsnelheden in Nederland

ZON



ALGEMENE TECHNIEK

Zonne-energie kan worden opgewekt door zonlicht om te zetten in elektriciteit door middel van PV-cellen of warmte door thermische collectoren. De plaatsing van thermische collectoren en PV-cellen kan op ieder geschikt oppervlak. PV-panelen worden aangesloten op het elektriciteitsnet via de meterkast in huis of via transformatorstations bij een veldopstelling. Thermische panelen zijn in huis aangesloten op een warmteboiler. Wij nemen in deze studie de aanname dat op 85% van het beschikbaar dakoppervlak PV-cellen worden toegepast voor het opwekken van elektriciteit. De andere 15% van het dakoppervlak wordt gebruikt voor de opwekking van lage temperatuur warmte door middel van thermische collectoren. PV-cellen worden ook toegepast op velden in het agrarisch gebied.

POTENTIE 'MAXIMAAL' BEREKENING PV DAKEN

De potentie voor zonne-energie is bepaald door een inschatting te maken hoeveel oppervlak benut kan worden met standaard panelen en dit te vertalen naar opbrengst. Doordat in de open data BAG geen onderscheid wordt gemaakt tussen het dakoppervlak en het grondoppervlak, wordt gesteld dat het dakoppervlak gelijk is aan het grondoppervlak.

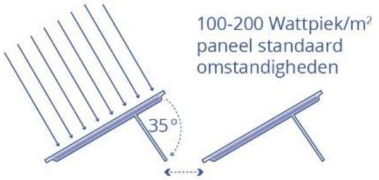
Beperkingen

Voor rijksmonumenten en panden binnen een rijksbeschermd stads- of dorpsgezicht geldt dat deze te maken hebben met extra randvoorwaarden bij het plaatsen van PV-cellen. Binnen deze verkenning wordt met deze restrictie rekening gehouden door de potentiële opbrengst ten opzichte van een normaal dak te halveren.

PLAATSING EN TECHNIEK

PV-panelen en collectoren zijn te plaatsen op daken van gebouwen of op open gronden. De optimale plaatsingshoek in Nederland is 35° met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest. Panelen kunnen zowel op platte als op schuine daken geplaatst worden. Op basis van de hoogtes van gebouwen is er een inschatting gemaakt welke gebouwen een schuin dak hebben en welke een plat dak. Om de ongunstige oriëntatie bij schuine daken uit te sluiten is uitgegaan van een beschikbaarheid van 50% van het oppervlak. Daarvan is verondersteld dat de helft zuidgeoriënteerd is en de andere helft oost georiënteerd. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met obstakels op de daken zelf of in de directe omgeving. Het effect hiervan wordt ingeschat op 50% benutting voor schuine daken zodat uiteindelijk een effectieve benutting

van 25% van het beschikbare dakoppervlak voor schuine daken geldt. Voor platte daken gaan we uit van opgestelde rijen achter elkaar. Er is sprake van eigen schaduwwerking waardoor er ruimte tussen twee rijen ontstaat. Ook hierbij geldt dat obstakels op het dak zelf en in de directe omgeving effect hebben op de benutting van het oppervlak. De effectieve benutting van het beschikbare dakoppervlak voor platte daken is ingeschat op 30%. Deze benutting afgestemd met schattingen van ECN.



Voldoende onderlinge afstand i.v.m. schaduw

INSTRALING EN VERMOGEN

Het vermogen van een PV-paneel wordt aangeduid in Wattpiek (Wp) onder standaardomstandigheden. De huidige techniek heeft een rendement van 15% waardoor de wattpiek voor een standaardpaneel (1,64 m2) uitkomt op 246 WP. De verwachtte rendementsverbetering richting 2050 is groot waardoor wij uitgaan van een rendement van 26% voor alle panelen in 2050. Voor Nederlandse daken wordt uitgegaan van een gemiddelde instralingsfactor van 875 kwh/kwp.

Voor de opbrengst per m2 is uitgegaan van een paneel met hetzelfde rendement op daken van 1,3 GJ/m2. Dit is gebaseerd op een gemiddelde prestatie die door Holland Solar is bepaald. De efficiëntie van de huidige techniek voor collectoren is 35%. De verwachting is dat door efficiëntieverbetering collectoren in 2050 een opbrengst van 1,5 GJ/m2 hebben.

PV-VELDEN

Zonnevelden of zonneweides zijn grote stukken grond die worden gebruikt voor opwekking van energie met stellages waarop zonnepanelen worden geplaatst. Deze gronden zijn veelal te vinden in het buitengebied. Het stuk grond wordt dan getransformeerd tot een nieuwe bestemming. Afhankelijk van de omvang van het perceel wordt een perceel aangesloten op een midden of hoofdstation station van de netbeheerder.

POTENTIE 'MAXIMAAL' BEREKENING PV VELDEN

In het agrarisch gebied is de meeste ruimte beschikbaar voor zonne-velden of zonneweides. In de praktijk betekent dit dat er bouwland of grasland beschikbaar wordt gesteld om voor een periode van 20 tot 25 jaar zonne-energie op te wekken. In onze maximale berekening gaan we uit van een maximale transformatie van 10% van het agrarisch areaal. Aan de landelijke klimaat tafels wordt gesproken over 4% van het agrarisch areaal voor heel Nederland.

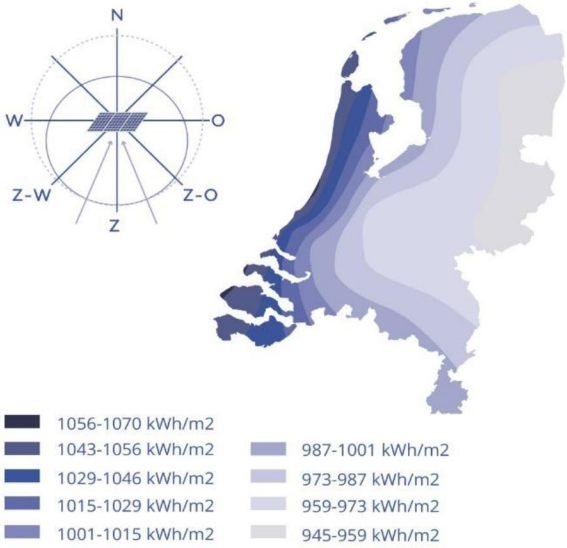
Provinciaal beleid
Het huidige provinciale beleid geeft de voorkeur aan zon op daken en op pauzelandschappen. In het veld worden geen voorkeuren aangewezen omdat de inpassing nauw komt en maatwerk vraagt. Net als bij wind zijn in de ruimtelijke verordening gebieden (Natuurnetwerk Nederland en Unesco werelderfgoed) aangeduid waar het plaatsen van zonnevelden of zonneweides, alleen mogelijk is onder bepaalde voorwaarde.

In de potentieberekening is ook gekeken wat de opbrengst is als er 100% transformatie is en welke invloed het provinciaal beleid heeft.

PLAATSINGSPRINCIPE

De optimale plaatsingshoek in Nederland is 30-34° met een oriëntatie tussen zuidoost en zuidwest. Bij plaatsing op velden worden er vaak meerdere panelen van ca. 1,6 m² boven- en naast elkaar geplaatst op beweegbare stellages waarbij de hoogte tussen de 1,5 tot ca 1,8 m bedraagt en de stellages ver genoeg uit elkaar moeten staan zodat ze elkaar niet beschaduwen. Bij plaatsing in het open veld moet rekening gehouden worden met omringende objecten die schaduw kunnen werpen, zoals bebouwing of bomenrijen. Daarnaast dient enige afstand te bewaard te worden tot infrastructuur of activiteiten die schade kunnen opleveren.

Doordat de panelen op maaiveldniveau geplaatst worden, kunnen relatief lage objecten ze al grotendeels aan het zicht onttrekken. Hierbij kan gedacht worden aan dijkjes, bosschages die vaak langs wegen aangeplant worden, bebouwing of bestaande heggen rond de velden.



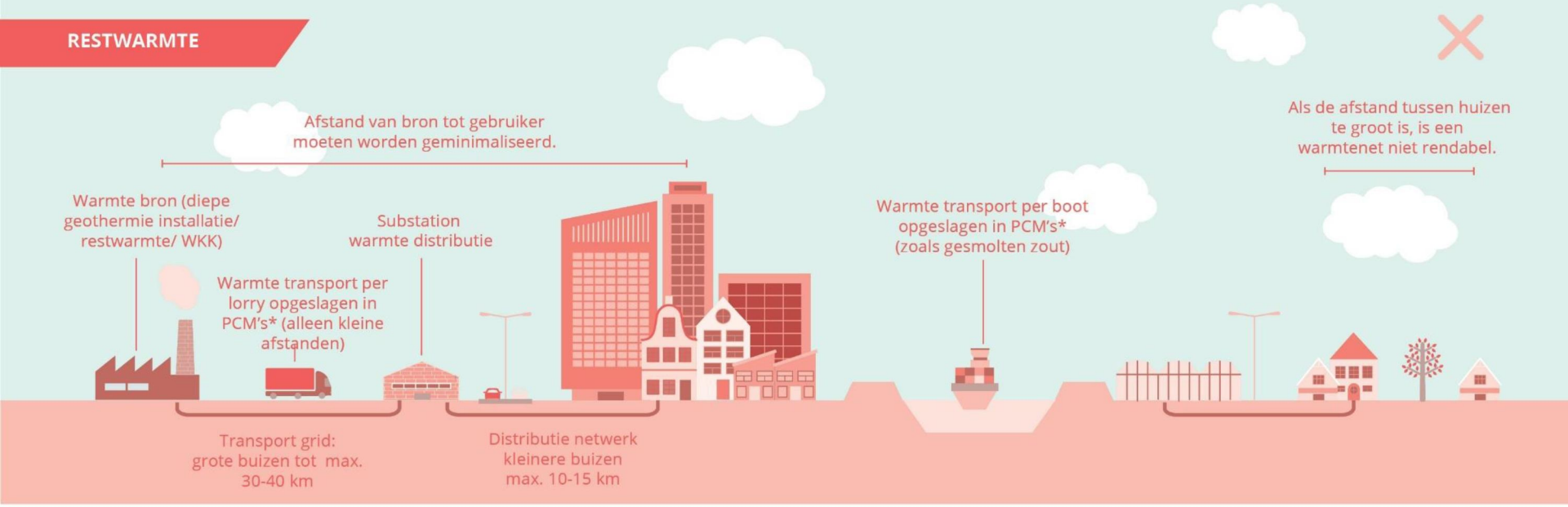
INSTRALING EN VERMOGEN

Voor de panelen voor het veld wordt uitgegaan van hetzelfde paneel als bij daken met hetzelfde rendement in 2050. De instraling op het veld gaan we uit van een hogere gemiddelde instraling in Nederland van 1000 kwh/kwp.

BRONNEN

- Ruimtelijk effecten van de transitie in Noord-Holland (ECN, 2015)
- Opbrengst van zonnestroomsystemen in Nederland (RVO, 2014)
- Wat levert een Zonneweide per ha op? (WUR, 2015)
- Spatial transition analysis: Spatially explicit and evidence-based targets for sustainable energy transition at the local and regional scale (Oudes, Stremke, 2018)
- Rumte voor zone-energie in Nederland 2020-2050 (2015, Holland Solar)

RESTWARMTE



TECHNIEK

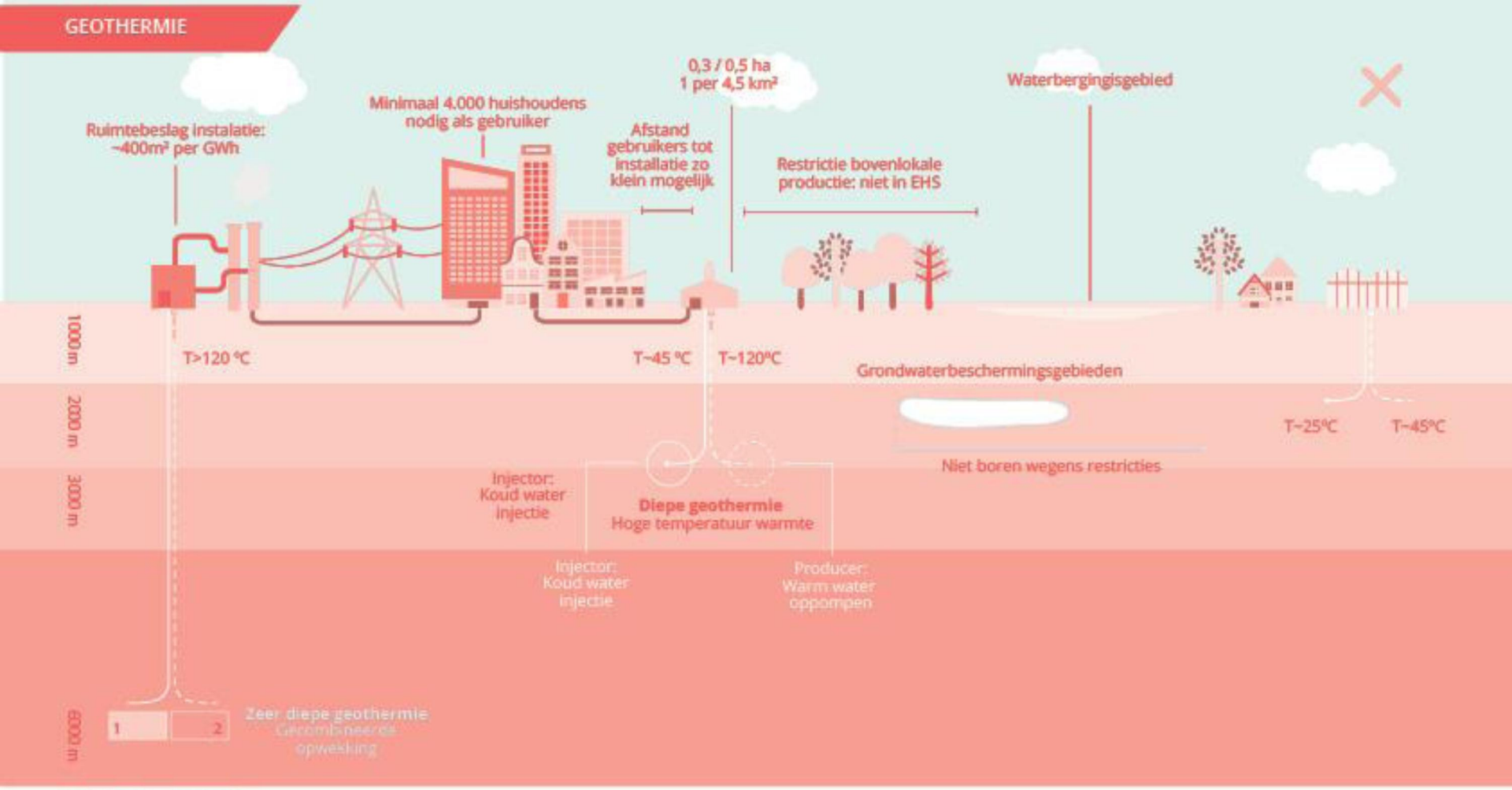
De warmte die er vrijkomt uit bestaande processen in de industrie, uit datacenters of uit koelprocessen in de utiliteit kunnen worden opgevangen en dienen als een voedingsbron voor warmtenetten. In dit onderzoek is in beeld gebracht welke potentiele bronnen voor restwarmte er aanwezig zijn. In deze inventarisatie baseren we ons op de kansenkaart warmte van Greenvis (2016) en de recente inventarisatie van condenswarmte (30°C -45°C) uit de warmteatlas van RVO. De afstand die kan worden afgelegd met hoge temperatuur is groter dan met lage temperatuur.

POTENTIE 'MAXIMAAL'

De warmte kan worden geclassificeerd in lage temperatuurwarmte en hoge temperatuurwarmte. Het maximale geschatte potentieel is in kaart gebracht. Uit de inventarisatie van Greenvis zijn RWZi's, datacenters, drinkwaterputten, industriële restwarmte en ziekenhuizen meegenomen in het onderzoek. Uit de invertarisatie van condenswarmte zijn o.a. koelhuizen, slachterijen, webhostingbedrijven, supermarkten en voedselproductie bedrijven.

BRONNEN:

- Kansenkaart warmte provincie Utrecht (Greenvis, 2016)
- Condenswarmte (RVO Warmteatlas, 2018)



DIEPE GEOTHERMIE

Bij geothermie wordt de warmte die in diepere aardlagen aanwezig is benut. Via een geothermische installatie wordt warm water getransporteerd in een warmtenet. Er zijn grofweg drie dieptes waaruit aardwarmte gewonnen kan worden. Bij ultradiepe geothermie wordt er gekeken naar een diepte van meer dan 4 km, welke een temperatuur heeft van boven de 100°C. Diepe geothermie gaat over de dieptes van 1,5 km tot 4 km met een temperatuur van ongeveer 60°C tot 100°C. Bij ondiepe geothermie gaat het om de laag tot 1,5 km en is de temperatuur ongeveer 20°C tot 40°C. In deze studie wordt gekeken naar de diepe geothermie. Dit warme water is direct, zonder voorverwarming of koeling, toepasbaar voor woningen of kassen.

POTENTIE 'MAXIMAAL' BEREKENING

Trias-laag

De potenties zoals die in dit onderzoek naar voren komen, zijn gebaseerd op gegevens voor heel Nederland van TNO Thermogis (2012). De temperatuur van water op 1.200m (voor kassen) en 2.000m (voor woningen) onder maaiveld is bepaald. De putten die nodig zijn voor geothermie hebben minstens deze diepte. Vanaf een bepaalde watertemperatuur is een laag in potentie geschikt voor geothermie. De data van TNO geeft inzicht in de te verwachten temperatuur van het grondwater op een bepaalde diepte, maar geeft geen inzicht in de bruikbaarheid van de betreffende aardlagen op specifieke locaties voor geothermie-doeleinden Of de laag ook daadwerkelijk geschikt is, is onder meer afhankelijk van de compactheid/doorlatendheid van deze laag. Dit zal gericht onderzoek desgewenst verder uit moet wijzen.

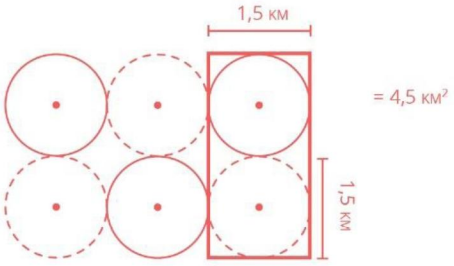
Restricticties

Restricties voor het toepassen van geothermie worden bepaald door beperkingen die gelden voor het boren in de ondergrond. In deze verkenning zijn de boringsvrije zones uitgesloten bij de bepaling van de potentie. De waterwingebieden en beschermingszones voor grondwaterwinning worden aangeduid als mogelijke restricties. Afhankelijk van de boortechnieken en randvoorwaarden kunnen deze gebieden later nog worden uitgesloten.

PLAATSING EN TECHNIEK

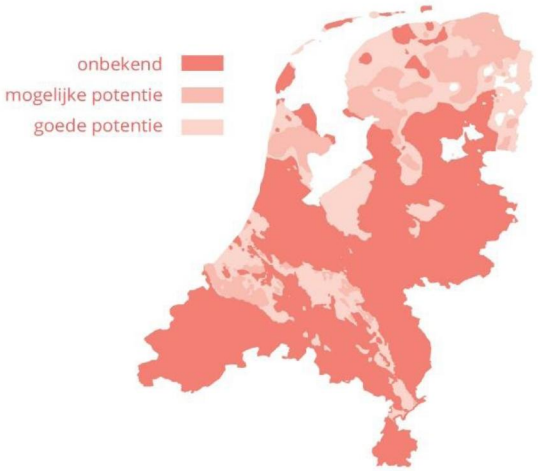
Bij geothermie wordt gebruik gemaakt van aardwarmte. In deze verkenning is uitgegaan van installaties die een relatief lage productietemperatuur leveren van minimaal 65 °C voor woningen en minimaal 45°C voor kassen en waarbij enkel warmte wordt gewonnen en geen omzetting naar elektriciteit plaatsvindt. Voor dat laatste is een veel hogere productietemperatuur nodig. De hier gekozen installaties zijn gebaseerd op de referentie-installatie uit de SDE+ 2015 en draaien 5.500 uur per jaar. Een geothermische installatie is het meest zinvol in gebieden waar de warmte in de directe omgeving gebruikt kan worden, zodat bij het transport van warmte zo min mogelijk verliezen optreden. Wij gaan uit van een maximale afstand van 1,5 km. Gebieden met een hoge warmtevraag zijn stedelijk gebied, bedrijventerreinen en glastuinbouwgebieden. Als de installatie is afgebouwd, kan hij goed worden ingepast in de bebouwde omgeving. Inpassing lijkt daarmee met name in nieuw te ontwikkelen gebied interessant, of in gebieden die getransformeerd gaan worden.

Bij een aangenomen ondergrondse afstand van 1,5 km tussen injector (pompt koude naar reservoir) en producer (haalt warmte naar de oppervlakte) is het ruimtebeslag 1,5 km x 3 km = 4,5 km2. Uiteraard is dit een vereenvoudiging en kan ook onder een hoek geboord worden zodat de installatie niet exact in het midden van de 4,5 km² hoeft te staan. Tijdens de boring is de benodigde ruimte minimaal 0,06 en maximaal 1 hectare. De bovengrondse ruimte die benodigd is voor de centrale is 0,3 tot 0,5 hectare.



GESCHIKTHEID EN VERMOGEN

In het model Thermogis wordt een maakt een onderscheid in drie verschillende vermogens die per doublet winbaar zijn 5 MWth, 7.5 MWth en 10 MWth. Daarnaast wordt er een indicatie gegeven van de kans dat deze ondergrond goed genoeg is voor het gestelde vermogen. Deze worden gesteld op meer dan 30% en minimaal 50%. Voor een groot deel van Nederland geldt dat er nog onvoldoende kennis aanwezig is over een mogelijke geschiktheid.

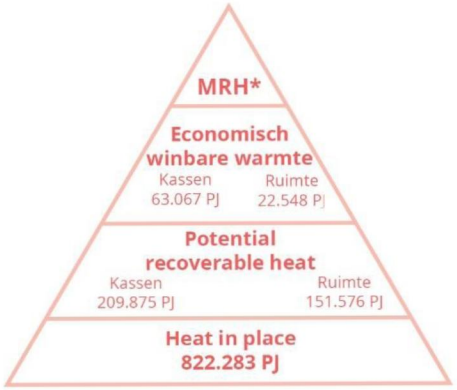


In de berekening is rekening gehouden met deze indicaties.

Per installatie is 4,5 km² aan ondergrondse ruimte nodig zoals is te lezen in 'techniek en plaatsing'. Als minimale grootte van een woonkern als afzetgebied, is een omvang van ca. 4.500 huishoudens genomen.

Door het oppervlak van de verschillende potentiegebieden binnen 1,5 km van de voornaamste afzetgebieden te vermenigvuldigen

met de kans dat het genoemde vermogen te bereiken is en te delen door de benodigde ruimte per installatie, kan het aantal installaties per woonkern of kassencomplex berekend worden. Er is altijd sprake van een potentie die aanwezig is in de ondergrond en een potentiële vraag, die wordt bepaald door de aanwezigheid van woningen of van kassen. De laagste waarde is bepalend voor het aantal installaties dat toepasbaar is en bepaald daarmee de potentiële opwekking.



* gekoppeld aan warmte afnemer

BRONNEN

Thermogis v1.0 (TNO, 2012)

THERMISCHE ENERGIE UIT OPPERVLAKTE WATER EN WARMTE UIT GEMALEN

TECHNIEK

Het oppervlaktewater is een warmtebron die benut kan worden voor het verwarmen van de gebouwde omgeving. De warmte is seizoensafhankelijk en gaat daarom in combinatie met een WKO-systeem. Hierdoor zit er een overlap in deze potentie met de potentie van het WKO-systeem. IF Technologie (2016) heeft samen met Unie van Waterschappen de potentie voor Nederland in kaart gebracht.

MAXIMALE POTENTIE

De maximale potentie van TEO is de potentie die door het onttrekken van warmte (3-6°C) met een pompinstallatie uit het oppervlaktewater van alle waterlopen en plassen uit de regio kan worden gewonnen. De hoeveelheid energie die in het water zit is afhankelijk van de stroming van water, de temperatuur van het water en de opslagcapaciteit van de ondergrond. Naast de totaalpotentie heeft IF Technology (2016) het economisch winbaar potentieel berekend. Om dit te kunnen bepalen gaan ze uit van een minimum vraag en aanbod van 1000 GJ en een maximale afstand van 1 km. Beide warmtepotenties zijn afgeleid van deze studie.

BRONNEN

- Handreiking aquathermie, (Stowa, 2018)
- Landelijke verkenning warmte en koude uit het watersysteem. (IF Technologie, 2016)

TECHNIEK

Warmte-koudeopslag (WKO) is een systeem waarbij warmte en koude in de grond kan worden opgeslagen tot een maximale diepte van 250. Het grondwater heeft een constante temperatuur van 11°C. In de zomer wordt warm water opgeslagen in de grond en koud water opgepompt en in de winter andersom. Over het jaar heen dient de energie in de bodem in balans te zijn, de hoeveelheid die wordt onttrokken dient gelijk te zijn aan de hoeveelheid die wordt opgeslagen. Het opgepompte water wordt dan opgewarmd zodat het gebruikt kan worden voor verwarming van het huis. Deze techniek kan in een open of een gesloten systeem worden toegepast.

POTENTIE BEREKENING

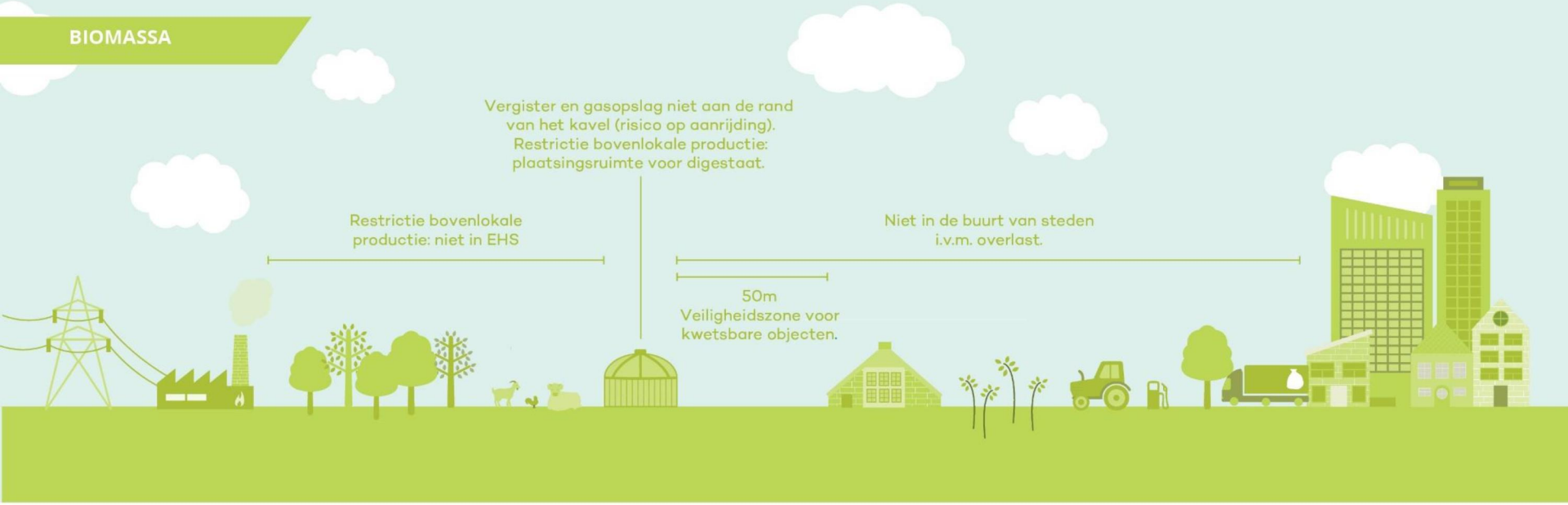
RVO(2014) heeft in kaart laten brengen wat de potentie is van de ondergrond voor een WKO systeem per buurt (GJ/ha/jaar). Dit hebben zij gedaan voor open systemen en voor gesloten systemen. Niet overal is het toegestaan om in de grond te boren, boringsvrije zones en grondwaterbeschermingsgebieden worden uitgesloten van het potentiegebied.
Om een maximale potentie te kunnen aangeven wordt er aangenomen dat er een zekere mate van bebouwingsdichtheid nodig is om de lagetemperatuurwarmte collectief te benutten; daarom is alleen de potentie van de CBS-buurten met een stedelijkheidsgraad van 3 of lager meegenomen. Deze limitering correspondeert met een eerdere RES-studie voor de Regio Rotterdam-Den Haag. (Generation Energy en CE-Delft).

In de praktijk is de potentie ook nog gelimiteerd door de afstand tot de warmtevragers. Omdat het een lagetemperatuurbron betreft, kan de warmte niet over grote afstanden getransporteerd worden.

Om de opslagcapaciteit maximaal te benutten moet de warmte ook daadwerkelijk worden opgewekt. Op dit moment worden WKO-bronnen vooral 's zomers geladen om in de koelbehoefte te voldoen. Een van deze bronnen kan komen uit TEO. De warmtebehoefte in de winter is echter groter dan de koude behoefte in de zomer. Daarnaast moet de WKO-warmte van 20°C meestal nog worden opgewaardeerd naar boven de 30°C, bijvoorbeeld met behulp van elektrische warmtepompen.

BRONNEN

- Omgevingswarmte (RVO warmteatlas, 2014)



ALGEMENE TECHNIEK

Biomassa kan omgezet worden in biobrandstof in biogas of het kan ingezet worden voor verbranding. In deze studie wordt gekeken naar de potentie die behaald kan worden als de reststromen uit het gebied worden omgezet in gas door middel van co-vergisting, monovergisting of kan worden ingezet voor verbranding. Echter hebben veel van deze reststromen al een bestemming in de huidige situatie.

POTENTIE 'MAXIMAAL' BEREKENING

Het is onmogelijk om te voorspellen hoeveel reststromen er in 2050 in het gebied beschikbaar zijn. Om toch een beeld te schetsen van de omvang van de hoeveelheid energie die uit biomassa gewonnen kan worden wordt de situatie van 2015 (meest actuele informatie) geprojecteerd op het jaar 2050. In geval van reststromen betekent dat dit niet uitgaat van transformatie van agrarisch land of kap van bossen. Bij telen voor biomassa is dit wel het geval, dan wordt er gezocht naar een gewas met een groot productievolume dat kan worden vergist.

Bij co-vergisting wordt mest samen met ander organisch materiaal (snoeiafval, bermgras etc.) vergist. Het gas dat vrijkomt kan opgewerkt worden tot ruw biogas. Vervolgens kan dit biogas door middel van een warmtekracht koppeling (WKK) in elektriciteit en (rest)warmte worden omgezet, of opgewerkt worden tot groen gas. Het restproduct wordt gezien als mest en kan op het omringende land worden uitgereden. Het rendement van het opwerken naar groen gas is ongeveer 62%. Bij het omzetten van biogas middels een WKK is het elektrisch rendement laag, maar als zowel de vrijkomende mest als de (rest) warmte kan worden gebruikt, is een vergister toch aantrekkelijk.

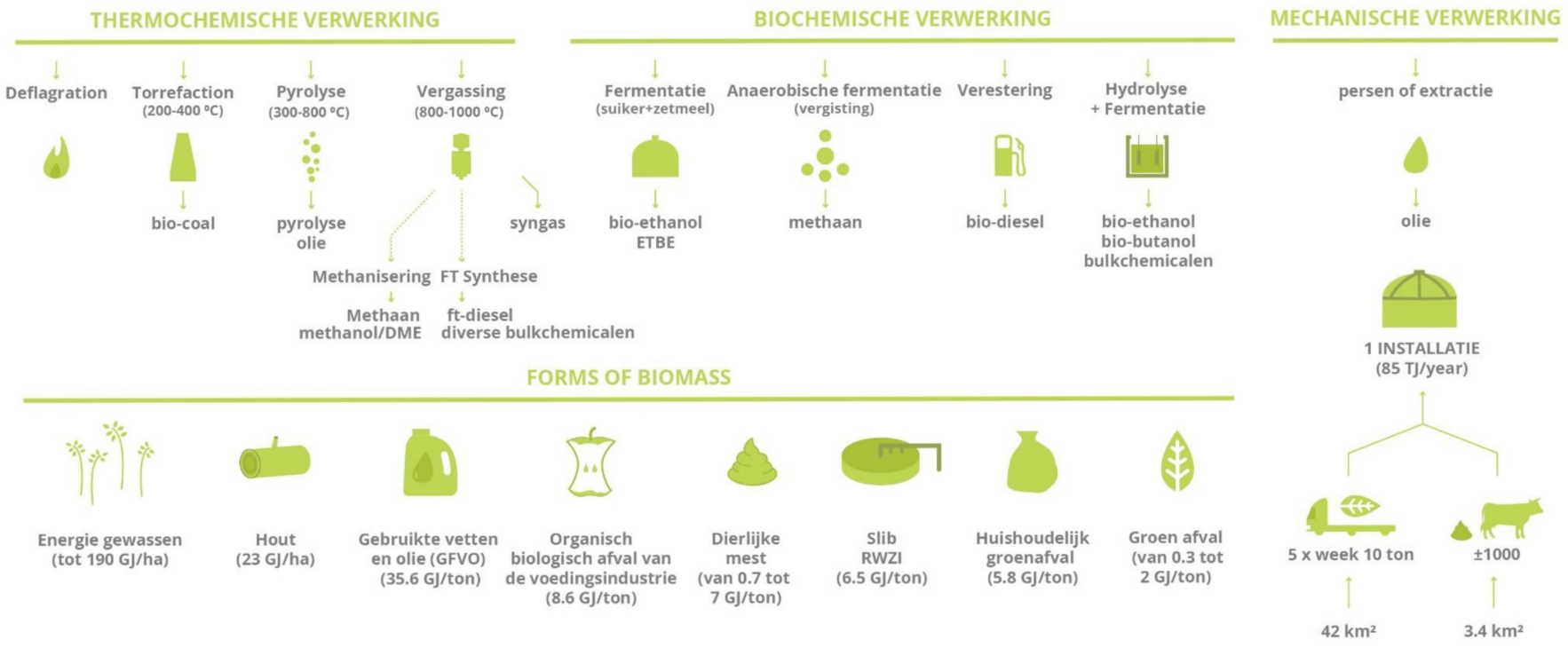
Binnen deze studie is allereerst de potentie berekend voor co-vergisting, waarbij de reststoffen van gft-afval, gras en akkerland worden samengevoegd met rundermest. Voor de resterende potentiële reststromen van rundermest, varkensmest, pluimveemest en slib uit RWZI is de potentie voor biogas berekend aan de hand van monovergisting. De reststromen zijn gebaseerd op de CBS-gegevens.

OPBRENGST PER INSTALLATIE

Een co-vergistingsinstallatie is theoretisch simpel op te schalen door vergisters en bijbehorende voorzieningen bij te plaatsen. De schaal van een vergistingsinstallatie wordt voornamelijk bepaald door de beschikbare hoeveelheid mest, droge stof en de plaatsingsruimte voor digestaat. Daarnaast is een installatie die gekoppeld is aan de WKK enkel aantrekkelijk als de restwarmte nuttig kan worden gebruikt in de directe omgeving. In dit voorbeeld wordt gerekend met een standaardtype vergister die 505 Nm3/h ruw biogas produceert (of 315 Nm3/h groen gas). Dit is qua afmetingen te vergelijken met een bio-WKK installatie van 1,1 MWe. Dit is het type installatie dat nog kan worden toegepast onder de MER-grens. Één installatie die 8000 vollasturen draait levert daarmee per jaar 84,84 TJ/jaar.

BRONNEN

- Reststromen per gemeente (CBS statline, 2015)
- Routekaart hernieuwbaar gas (Groengas, 2014)



BIJLAGE 4

BALANS IN BEELD: ENERGIEPASPOORTEN

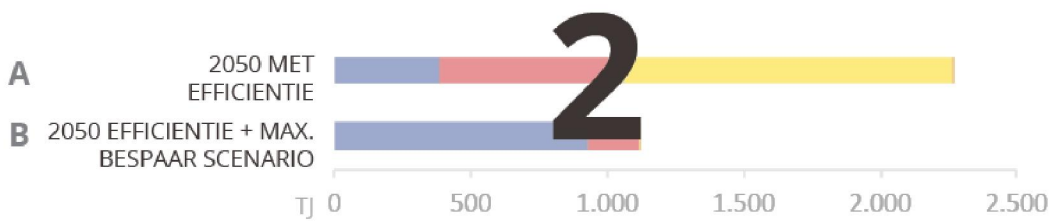
ENERGIEPASPOORT TOELICHTING

PASPOORT

REGIO



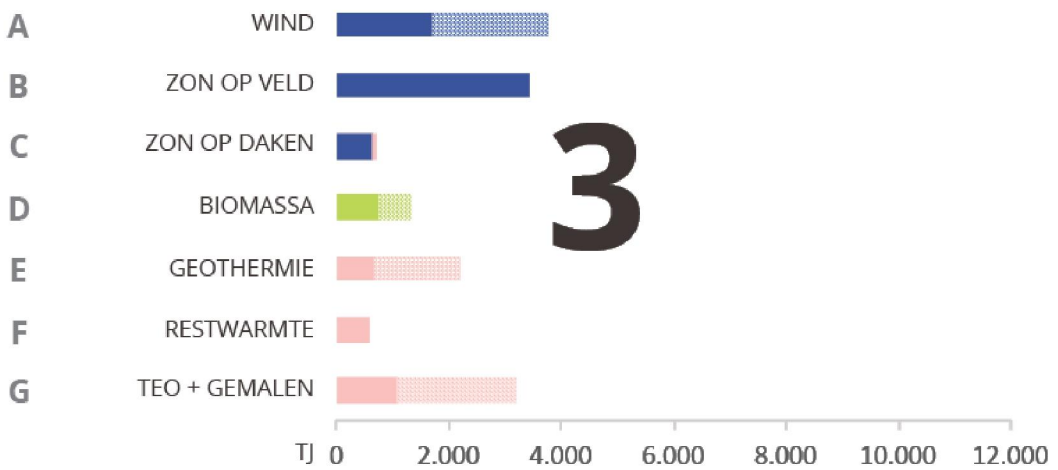
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN + LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



ENERGIEPASPOORT TOELICHTING

1. De betreffende gemeente.

2. De energievraag in 2050 uitgedrukt in de verschillende energiedragers inclusief de bandbreedte van besparen en verduurzamen.

A. De energievraag in 2050, waarbij efficiëntiemaatregelen zijn meegenomen.

B. De energievraag in 2050 inclusief efficiëntie maatregelen en de combinatie besparingsmaatregelen die het minste energieverbruik oplevert: ingrijpend isoleren, warmtepompen, modal shift en elektrificatie van het vervoer.

3. De potentie van de verschillende energiebronnen die zijn meegenomen in deze verkenning. De uitgangspunten van de verschillende potentieberekeningen zijn te vinden in de bijlage 2.

A. De potentie van windenergie wanneer de veiligheid en milieu restricties zijn meegenomen (blauw + arcering) en de potentie wanneer naast de veiligheid- en milieurestricties ook de provinciale restricties zijn meegenomen (blauw).

B. De potentie van zon op veld, wanneer 10% van het agrarisch land wordt benut voor het plaatsen van PV- panelen.

C. Potentie van het dakoppervlak, wanneer 85% wordt gebruikt voor het opwekken van elektriciteit en 15% voor het opwekken van warmte.

D. De potentie voor biomassa is de bandbreedte op basis van de huidige reststromen als optelling van de potentie van covergisting, monovergisting en organisch materiaal (groen) versus een optimale verdeling van teelt van organisch materiaal en mestproductie over het agrarisch gebied (50%-50%) (groen + arcering).

E. De potentie voor geothermie is de bandbreedte met de beperking van kans op benutting van de bron (roze) en zonder de beperking, oftewel dat alle bronnen alle bronnen voor geothermie 100% te benutten zijn (roze en arcering).

F. Het maximaal geschatte potentieel van restwarmte.

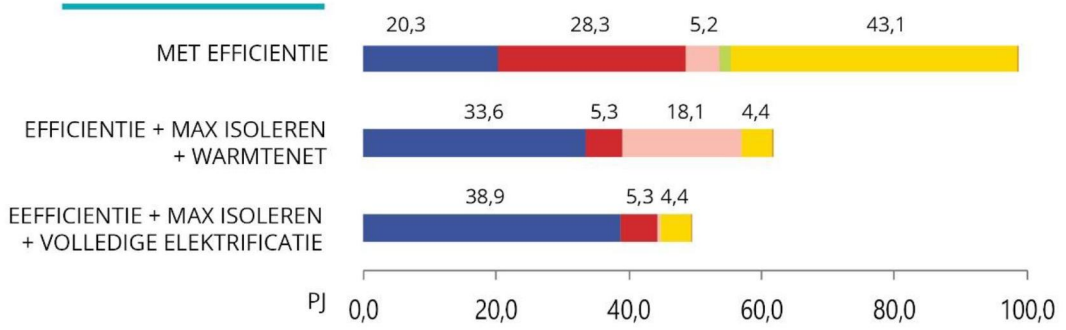
G. Voor de potentie zijn Thermische Energie uit Oppervlakte water (TEO) en warmte uit gemalen bij elkaar opgeteld. Hierbij bestaat de bandbreedte uit met (roze)en zonder (roze + arcering) de beperking van een afzetgebied tot 1,0 kilometer en een minimale afname van 1000 GJ/jaar.

PASPOORT RES-REGIO U16

REGIO: U10



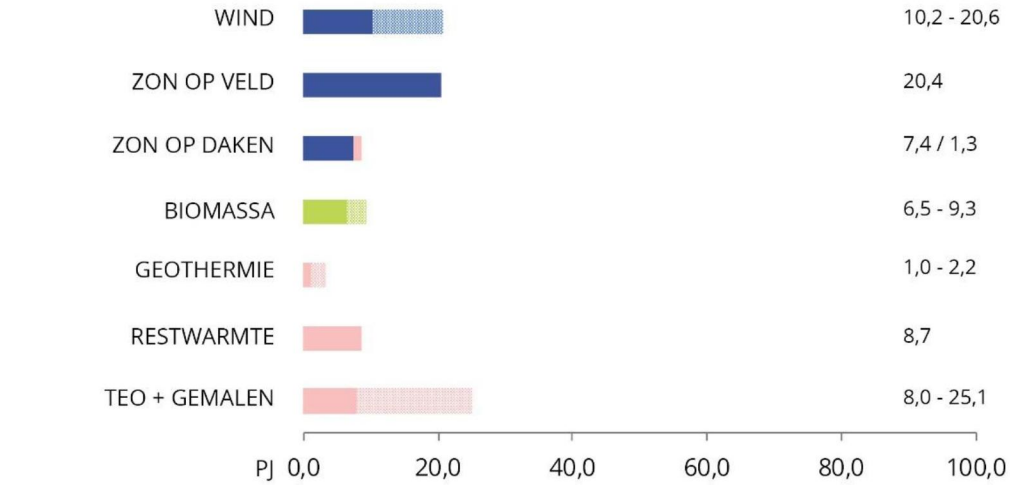
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

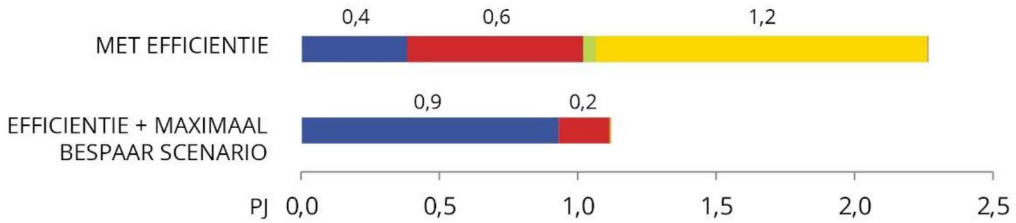


PASPOORT BUNNIK

BUNNIK



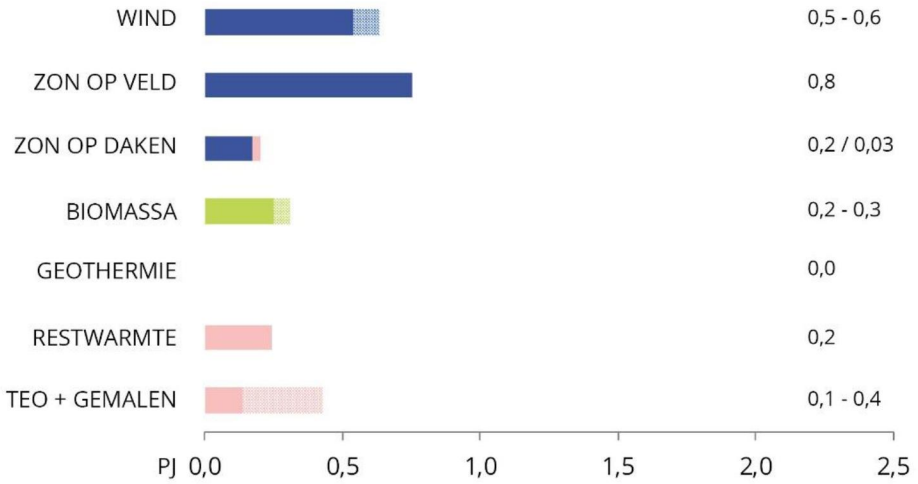
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

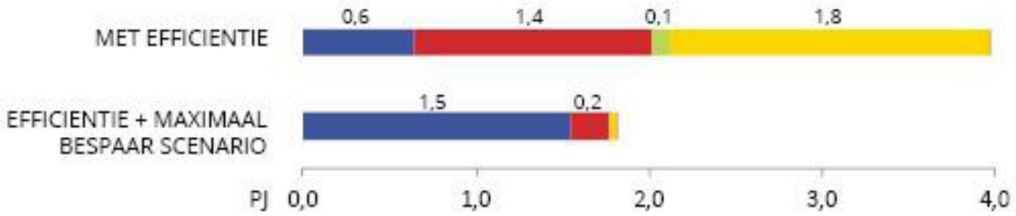


PASPOORT DE BILT

DE BILT



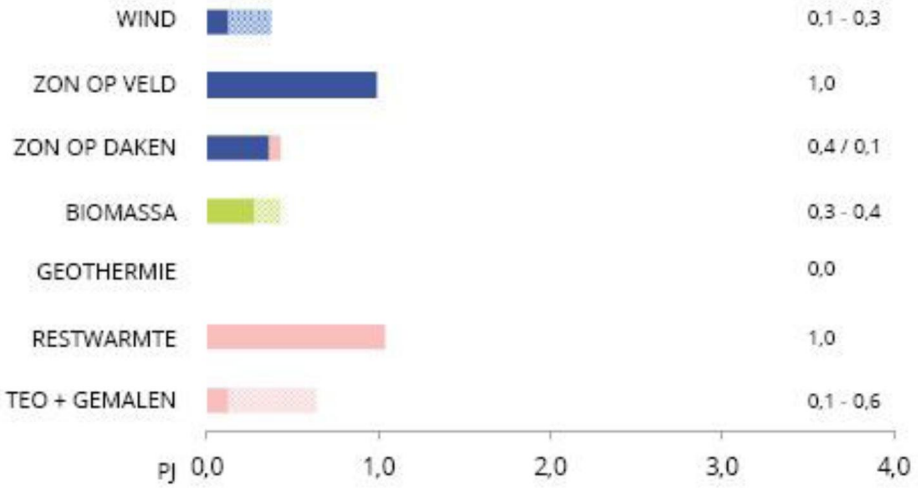
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

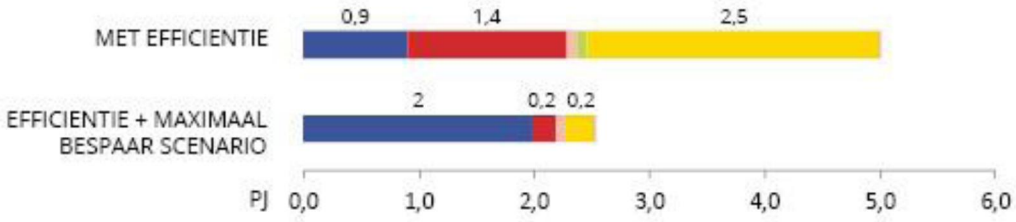


PASPOORT DE RONDE VENEN

DE RONDE VENEN



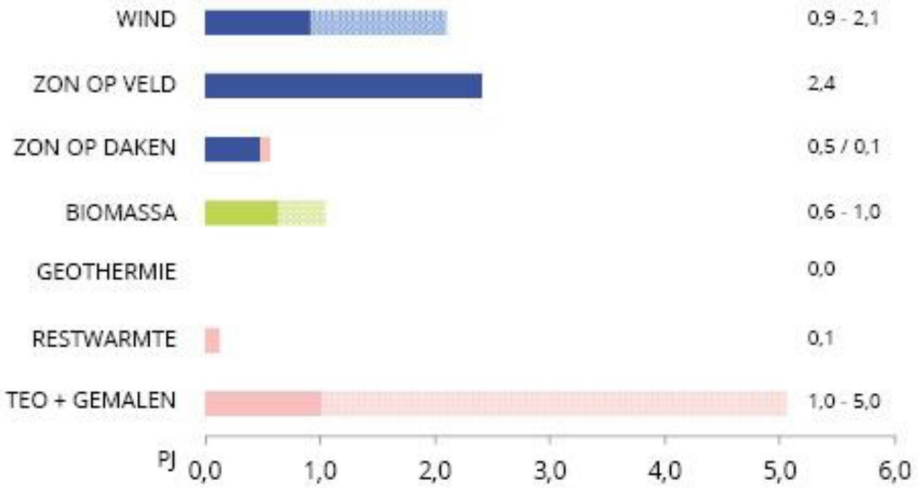
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



PASPOORT HOUTEN

HOUTEN



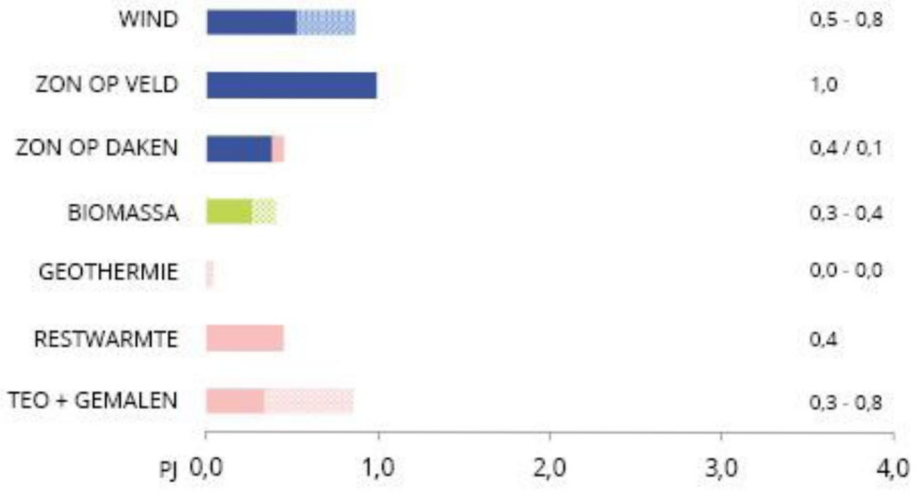
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

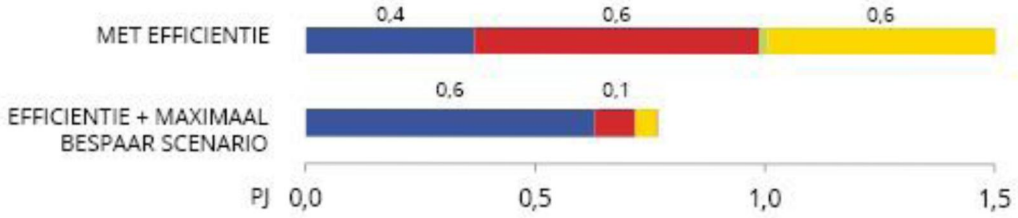


PASPOORT IJSSELSTEIN

IJSSELSTEIN



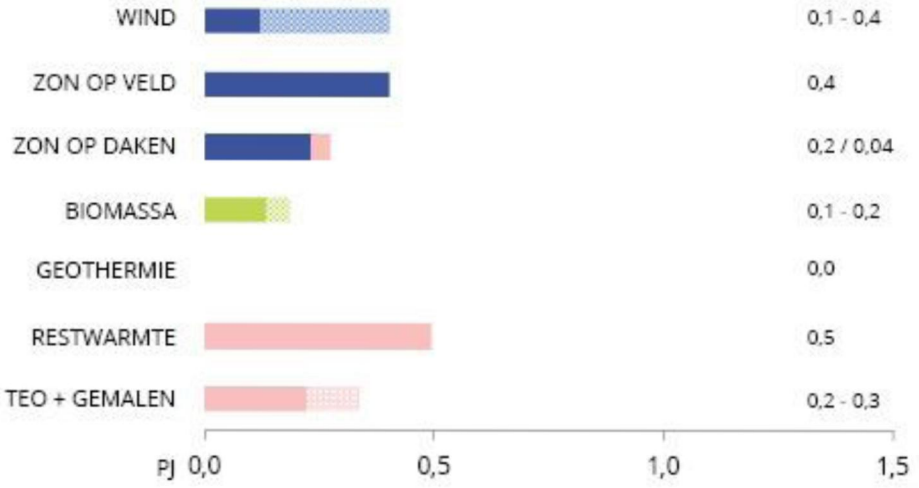
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

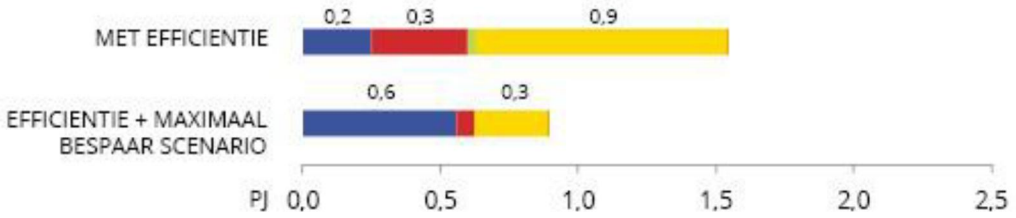


PASPOORT LOPIK

LOPIK



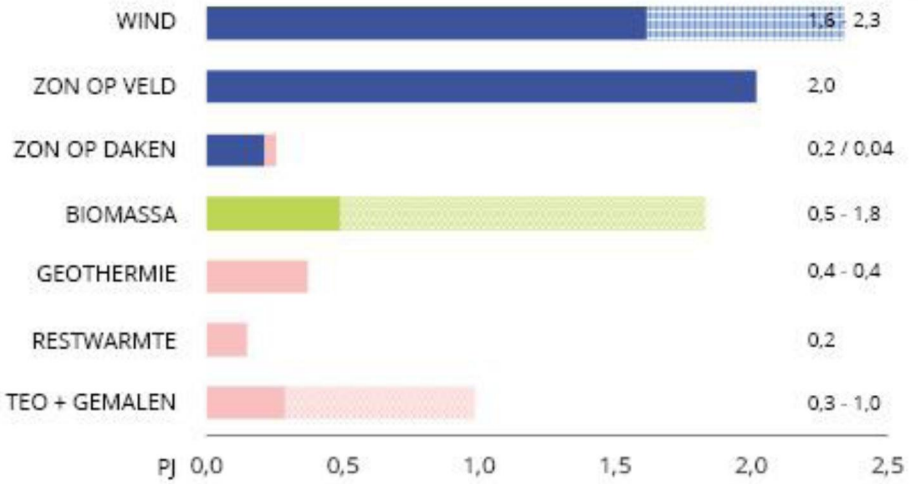
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

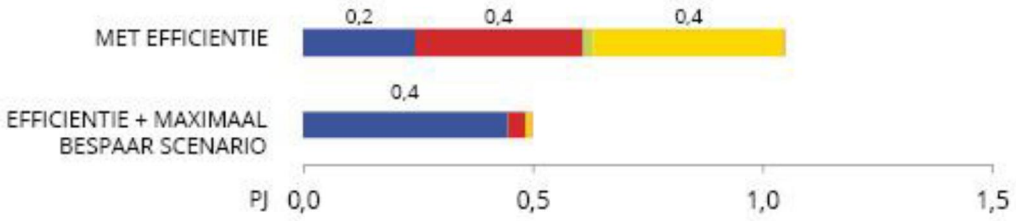


PASPOORT MONTFOORT

MONTFOORT



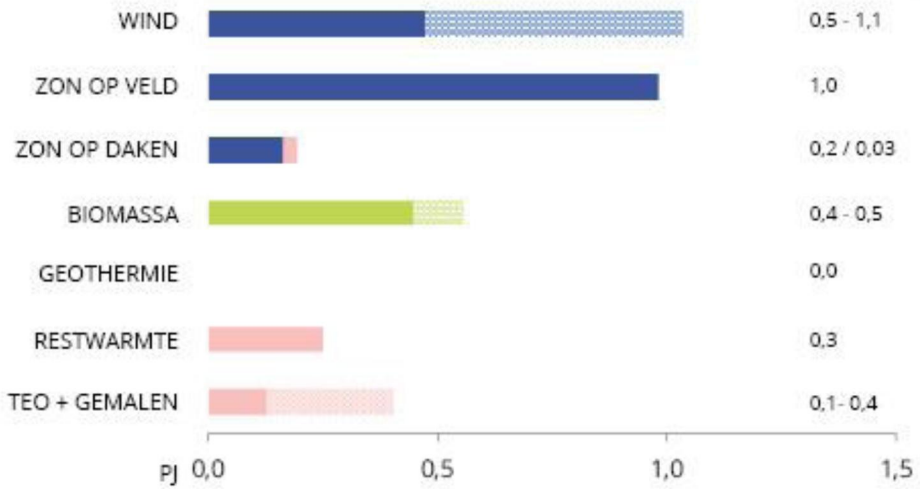
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

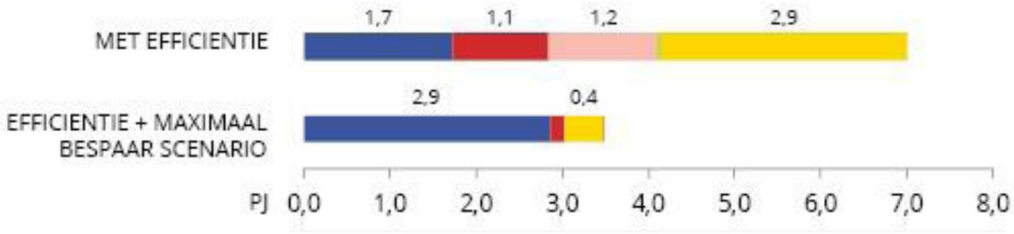


PASPOORT NIEUWEGEIN

NIEUWEGEIN



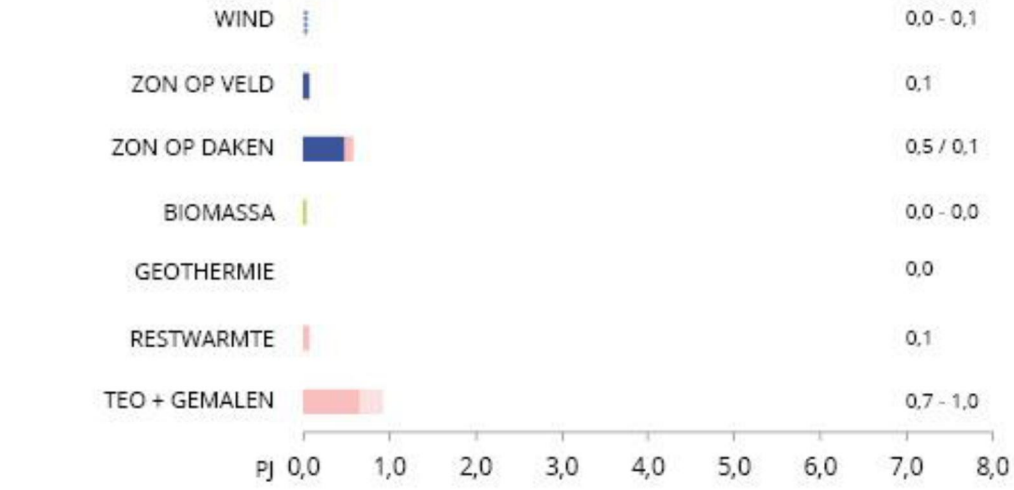
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

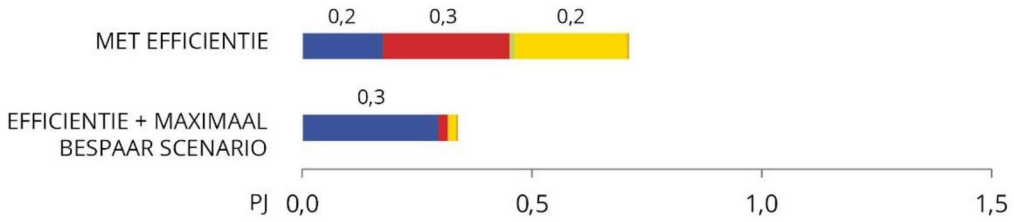


PASPOORT OUDEWATER

OUDEWATER



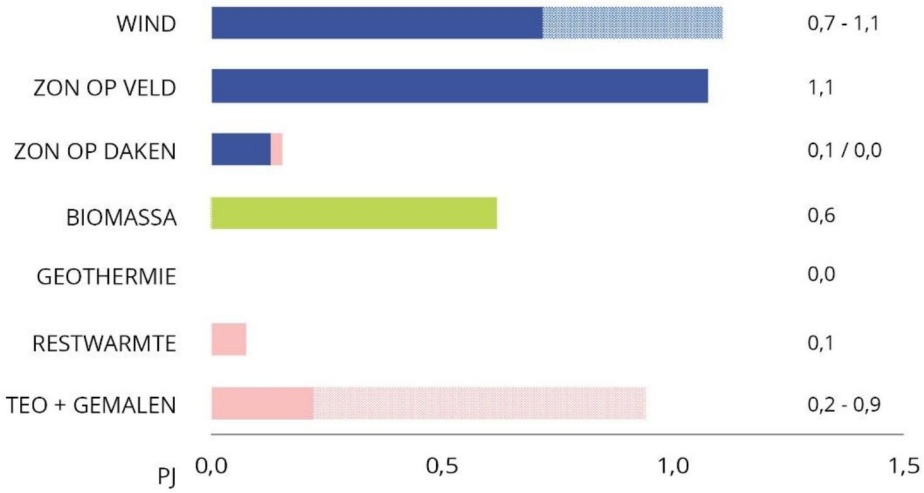
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

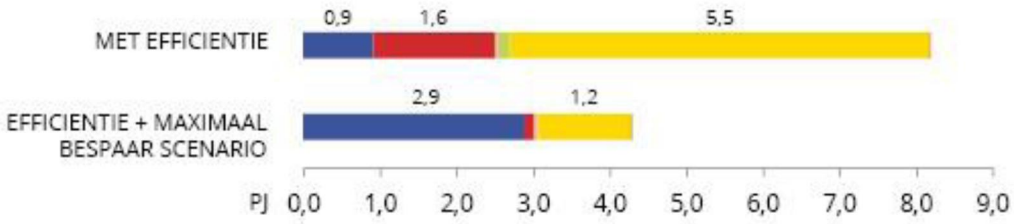


PASPOORT STICHTSE VECHT

STICHTSE VECHT



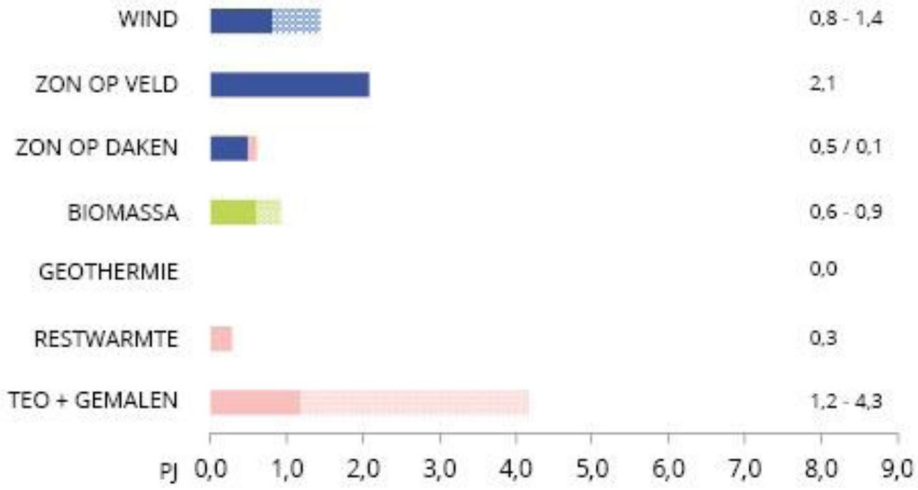
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

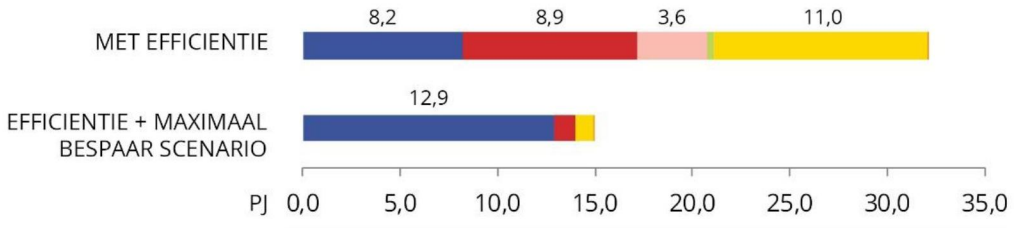


PASPOORT UTRECHT

UTRECHT



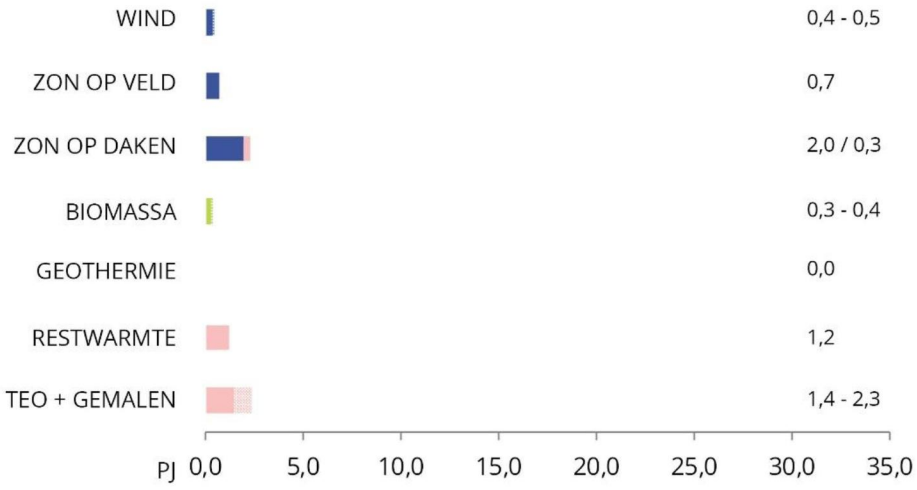
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

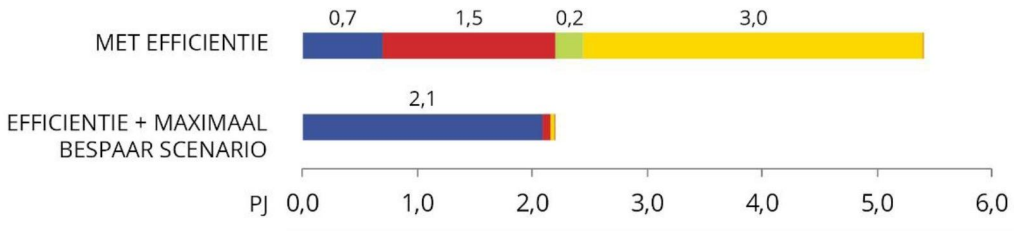


PASPOORT UTRECHTSE HEUVELRUG

UTRECHTSE HEUVELRUG



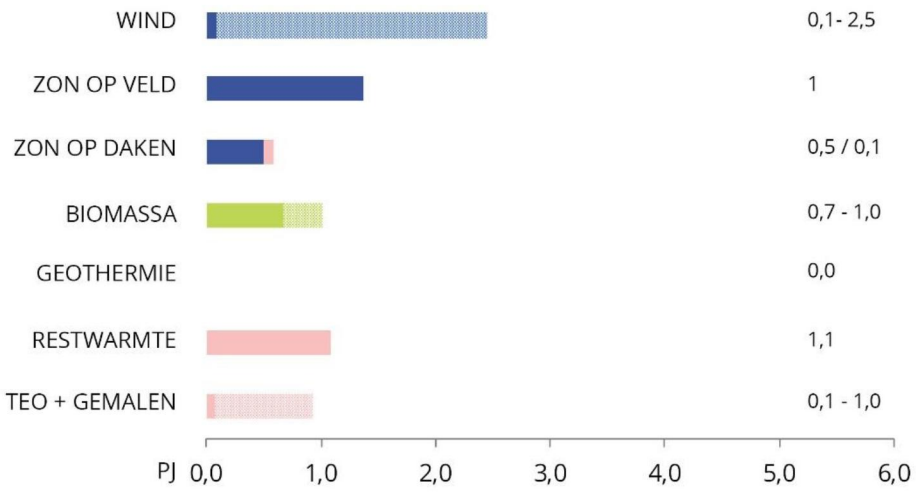
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

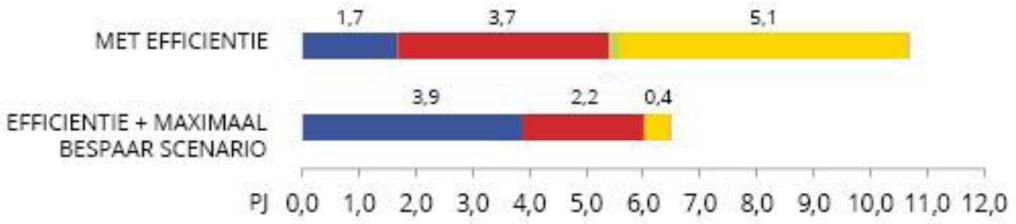


PASPOORT VIJFHEERENLAND

VIJFHEERENLAND



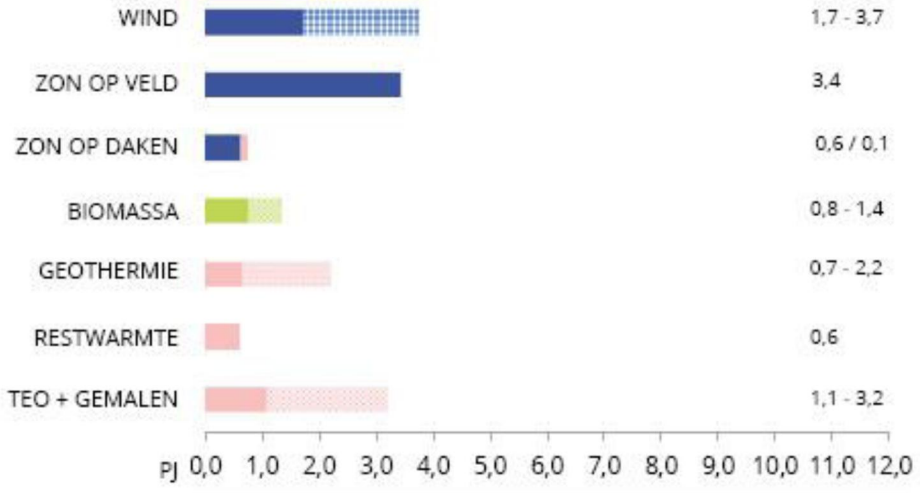
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



PASPOORT WIJK BIJ DUURSTEDE

WIJK BIJ DUURSTEDE



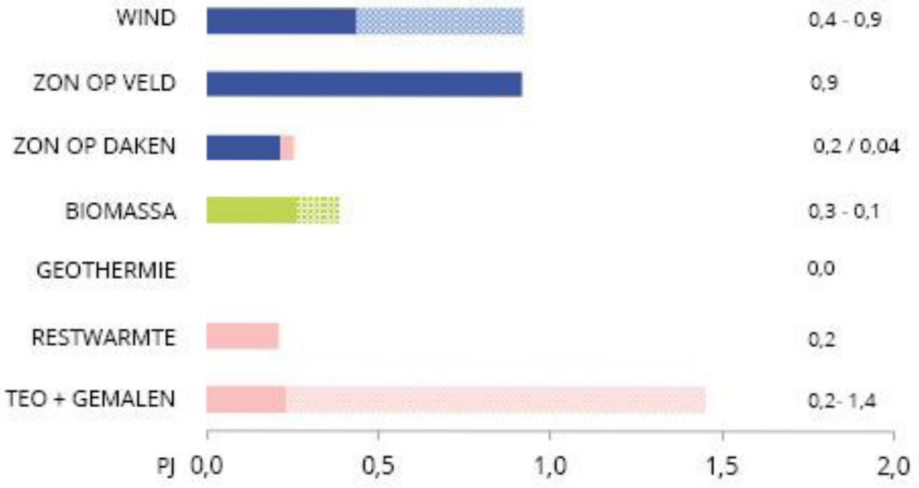
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

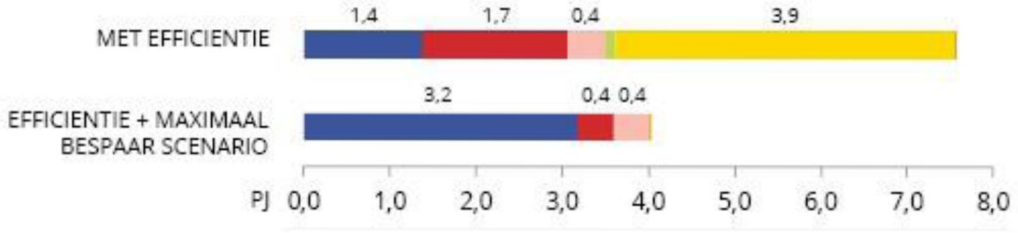


PASPOORT WOERDEN

WOERDEN



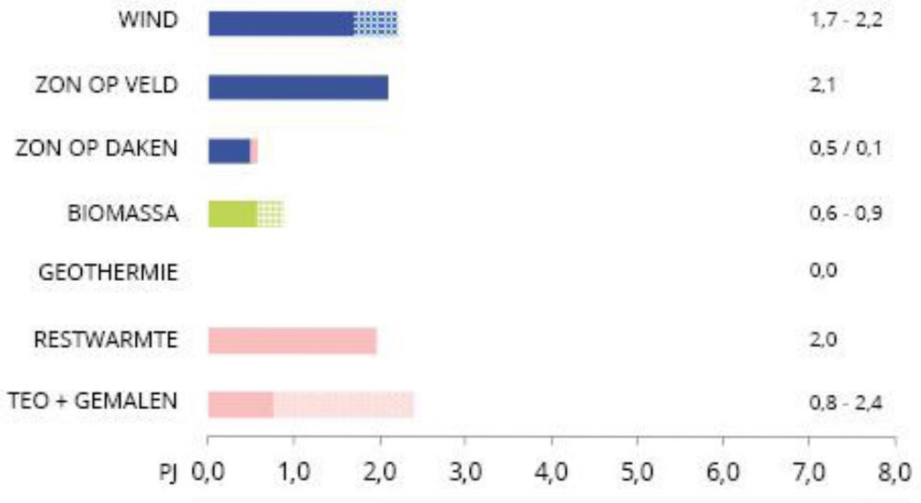
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON

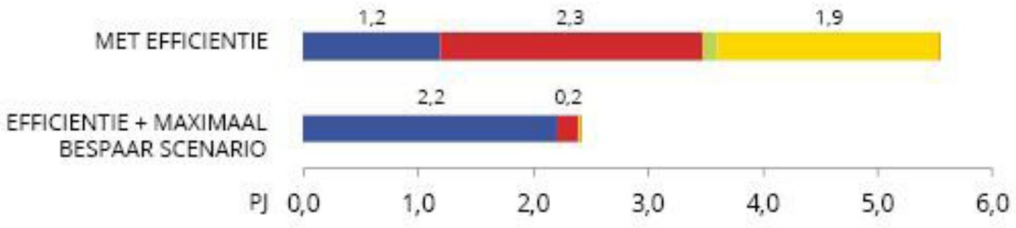


PASPOORT ZEIST

ZEIST



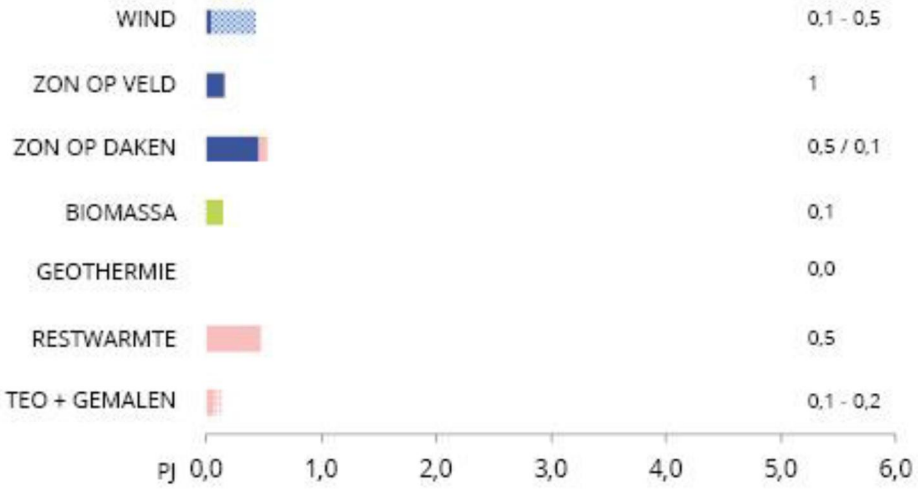
OPGAVE 2050



LEGENDA

- ELEKTRICITEIT
- NETWERKGAS
- WARM WATER
- BIOMASSA
- OLIEPRODUCTEN +LPG
- KOLEN
- MAXIMALE POTENTIE

POTENTIE PER BRON



BRONVERMELDING ILLUSTRATIES

Blz. 4 Opening windmolens Vianen
https://www.schiphol.nl/en/schiphol-group/news/welkom-windmolens-flying-electric-en-greentower/

Blz. 24. Ingrijpend isoleren
https://www.bjmgerard.nl/wp-content/uploads/2016/11/nul-op-de-meter-woningen.jpg

Blz. 34 Windmolens langs infrastructuur
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Windmolens_bij_Herkingen,_langs_het_Greveling enmeer_-_Herkingen_-_20535647_-_RCE.jpg

Blz. 38 Zon op dak

Blz. 42 Biomassa
http://tiposdebiodigestor.blogspot.com/

Blz. 44 Warmtebronnen
https://demijnraad.nl/file/view/44214202/doublet-geothermie

Blz. 50 WKO
https://skbodem.nl/wp-content/uploads/Kwantitatieve-potentie-warte-en-koudelevering-middels-bodemenergie.jpg

GENERATION .ENERGY



QUINTEL
INTELLIGENCE

Binckhorstlaan 36
2516 BE Den Haag
The Netherlands

+31 70 2197240
info@generation.energy
http://generation.energy