

OFF-GRID WONEN TE DOEZUM

Maatregelen voor off-grid wonen in landelijk gebied



**Hanzehogeschool
Groningen**
University of Applied Sciences

27 augustus '23

Naam:	B.S. Koopmans
Studentnummer:	371453
Opleiding:	Built Environment
Onderwijsinstelling:	Hanzehogeschool
Begeleider:	Sonja van der Wal
Tweede lezer:	Henk Haagsma

VOORWOORD

In dit document wordt het onderzoek "OFF-GRID WONEN TE DOEZUM" gepresenteerd. Dit onderzoek is het resultaat van zeven maanden werken.

Allereerst wil ik mijn dank uitspreken aan de mensen die hebben bijgedragen aan het welslagen van dit onderzoek. Ten eerste mijn begeleider, Ron de Vrieze, die ik wil bedanken voor zijn voortdurende inspanningen en coaching om mij in de juiste richting te houden tijdens het onderzoeksproces. Zijn advies en ondersteuning speelden een cruciale rol bij het verfijnen van de onderzoeksmethodiek en het op de route blijven die bij het onderzoek past.

Ook wil ik de studenten in de learning community bedanken. De bereidheid om elke keer waardevolle inzichten te delen, geeft elke keer weer nieuwe inzichten door de kennis die gedeeld werd.

Tot slot wil ik mijn dank uitspreken aan de instelling waar dit onderzoek is uitgevoerd, namelijk EnTranCe. De kennis en middelen die zij bieden, heeft mij in staat gesteld dit onderzoek naar een hoog niveau van uitmuntendheid te tillen.

Ik hoop dat dit onderzoek een waardevolle bijdrage zal leveren aan het begrip van duurzaamheidsmaatregelen in ons ruimtelijk domein en hun potentiële impact op het milieu. Ik hoop van harte dat dit onderzoek als inspiratiebron en richting zal dienen voor toekomstig onderzoek en initiatieven op dit gebied.

Nogmaals mijn oprechte dank aan iedereen die heeft bijgedragen aan dit onderzoek. Uw inzet en medewerking hebben tot dit resultaat geleid.

[Britt Koopmans]

SAMENVATTING

Het onderzoek heeft zich gericht op het ontwikkelen systeem ontwerp en een indelingsplan voor het perceel om off-grid te kunnen wonen in Doezum. Echter, obstakels met de provincie betreffende de locatie bemoeilijkten de volledige realisatie van het plan. Het doel is geweest om een inzicht te geven in de mogelijkheden en hierop een aanbeveling te maken voor het perceel te Doezum

De resultaten omvatten het bepalen van de energie-, warmte-, en watervraag van een gezin en een identificatie van knelpunten. Daarnaast zijn de eigenschappen van de omgeving geïdentificeerd en de variabelen in weersomstandigheden die een invloed kunnen uitoefenen op maatregelen. Zelfvoorzienendheid in energie, warmte en water werd nagestreefd via zonnepanelen, windturbines en waterzuiveringssystemen.

De aanbeveling is gebaseerd op een maatregelanalyse waarin vele maatregelen die off-grid wonen mogelijk zouden maken benoemd worden. De maatregelen die potentie hadden zijn in drie varianten uitgewerkt waarop een beoordeling is losgelaten.

Voor een aantal maatregelen is ook een kostenplaatje uitgewerkt om een beeld te geven over de kosten die bij off-grid wonen komen kijken. Hierin wordt ook iets gezegd over vergunningen die aangevraagd moeten worden.

Off-grid wonen lijkt mogelijk, wanneer systemen op een juiste manier op elkaar afgesteld worden. De hoeveelheid maatregelen die op de markt te verkrijgen zijn is oneindig. Maatregelen zijn allen niet makkelijk op elkaar af te stemmen zonder professionele kennis en vormt dus een obstakel.

INHOUD

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inhoud	4
Inleiding.....	6
Aanleiding.....	6
Probleemstelling.....	7
Off-grid wonen, wat is dat.....	7
Hoofd- en deelvragen	7
Doelstelling en eindproduct	8
Leeswijzer	8
Theoretisch kader	9
Methodologie.....	11
Onderzoek typering	11
Afbakening.....	12
Wat is de energie-, warmte- en watervraag van een startend gezin met twee kinderen?	13
Elektriciteit.....	13
Warmte.....	13
Water	14
Afval	15
Eigenschappen VAN HET PERCEEL.....	16
Weersinvloeden.....	17
Welke maatregelen zijn beschikbaar waarmee off-grid wonen mogelijk wordt gemaakt?	18
Welke knelpunten zijn er vanuit de wetgeving omtrent off-grid wonen?	19
Hoe kun je zelfvoorzienend wonen op het perceel te Doezum?	20
Varianten	20
Beoordeling.....	23
Aanbeveling	23
Welke kosten zijn verbonden aan off-grid maatregelen?.....	26
Hoe deel je het perceel te Doezum in met de zelfvoorzieningsmaatregelen?	28
Discussie.....	31
Conclusie	32
Bibliografie	33

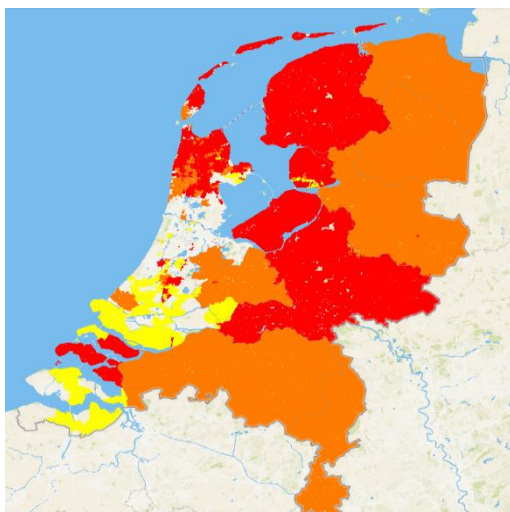
INLEIDING

AANLEIDING

Nederland kampt al geruime tijd met een nijpend woningtekort door de groeiende bevolking en de wens om comfortabel en luxe te leven. Dit heeft geleid tot een groot ruimtegebrek in ons kleine land. Het streven naar stedelijk wonen, waar alle voorzieningen binnen handbereik zijn, heeft echter ook negatieve gevolgen gehad. Het energieverbruik neemt toe doordat mensen groter en comfortabeler willen wonen in dichtbevolkte stedelijke gebieden met een hoge energievraag.

Gemiddeld wonen er in Nederland 416 mensen per vierkante kilometer, wat aanzienlijk hoger is dan in buurlanden als België (383,9/km²), Duitsland (224,5/km²) en het Verenigd Koninkrijk (271,2/km²) (Wikipedia, sd). Het gebrek aan ruimte en de overbevolking hebben negatieve gevolgen voor verschillende aspecten van het dagelijks leven. Tegelijkertijd is een groeiende trend te zien waarbij steeds meer mensen verlangen naar een kleinere woning in een natuurlijke omgeving. Deze verschuiving kan mogelijk worden toegeschreven aan het woningtekort en de behoefte om buiten het stedelijke gebied een oplossing te vinden. Het lijkt erop dat er een keerpunt is bereikt in de voortdurende drang naar groter en comfortabeler wonen. Ecologische gemeenschappen, tiny houses en microwoningen worden steeds populairder (van Baren, 2021).

Verduurzaming heeft ook geleid tot overbelasting van het elektriciteitsnet. Door de toenemende vraag naar duurzame energieopwekking maar lage concentratie mensen en woningen op een klein oppervlak zetten het net onder enorme druk. Hoewel veel mensen duurzame energie willen gebruiken (rvo, 2022), en streven om hun



eigen energie op te wekken, heeft dit echter geleid tot overbelasting van het net (fig. 1), met name tijdens piekmomenten waardoor terug levering vaak wordt stopgezet (EnergyProof, 2021). Hierdoor is het op veel locaties niet langer mogelijk om nieuwe aansluitingen, zoals zonnepanelen, te realiseren.

Betekenis van de kleurcodes

- Transparant: (nog) geen transportschaarste
- Geel: transportschaarste dreigt, er kan een aangepast offerteregime gelden
- Oranje: vooraankondiging structurele congestie bij ACM
- Rood: structureel congestie, congestiemanagement kan niet worden toegepast, nieuwe aanvragen voor transport worden niet gehonoreerd

Met congestiemanagement:

- Oranje, gearceerd: congestiemanagement wordt toegepast, er is nog beperkt transportcapaciteit te vergeven
- Rood, gearceerd: congestiemanagement wordt toegepast. De grenzen van congestiemanagement zijn bereikt en nieuwe aanvragen voor transport worden niet gehonoreerd.

Figuur 1 Capaciteitskaart netbeheer Nederland (Netbeheer Nederland, sd)

Daarnaast heeft de verstedelijking ook geleid tot aantasting van de natuurlijke omgeving. De voortdurende uitbreiding van steden laat steeds minder ruimte voor de natuur over om zich vrij te ontwikkelen. Hoewel Nederland beschikt over beschermde gebieden, gaat er buiten deze gebieden veel natuur verloren. Het wordt steeds moeilijker om hoogwaardige natuur in stedelijke omgevingen te integreren wanneer er steeds hoger en dichter op elkaar gebouwd wordt. Het behouden van de natuur door uitbreiding aan de randen van steden is geen haalbare optie meer.

Deze problemen, gecombineerd met de urgentie van klimaatverandering, hebben geleid tot de zoektocht naar nieuwe vormen van wonen. Off-grid wonen is naar voren gekomen als een mogelijke oplossing om zonder grote impact op meer locaties in Nederland te kunnen bouwen. Door een blik te werpen op hoe mensen vroeger woonden (bijlage 1), kan er inspiratie opgedaan worden voor een duurzame manier van wonen, waarbij zelfvoorzienendheid in energie, warmte en water centraal staat.

Echter, bij het realiseren van off-grid woningen komen er knelpunten aan het zicht in de wetgeving. De huidige regelgeving is nog niet volledig afgestemd op off-grid wonen waarbinnen een vereiste is om aangesloten te zijn op nutsvoorzieningen, wat in strijd is met het concept van zelfvoorzienendheid. Deze discrepantie tussen de wens om duurzaam en onafhankelijk te bouwen en de geldende wetgeving vormt een uitdaging voor de realisatie van off-grid woningen.

Om deze knelpunten te overwinnen en off-grid wonen op een juridisch correcte en duurzame manier mogelijk te maken, is een diepgaand inzicht in de bestaande wetgeving essentieel. Het doel van dit onderzoek is het inventariseren van maatregelen die off-grid wonen mogelijk maken, het maken van systeemontwerp varianten en een indeling ontwerp voor het perceel Doezum.

PROBLEEMSTELLING

Het streven naar groter, comfortabeler en stedelijk wonen in Nederland heeft geleid tot een nijpend woningtekort, overbelasting van het elektriciteitsnet en aantasting van de natuurlijke omgeving. Als reactie op deze problemen en de urgentie die klimaatverandering teweegbrengt, is off-grid wonen een mogelijke oplossing om duurzaam en zelfvoorzienend te kunnen bouwen. Echter, de huidige wetgeving omtrent off-grid wonen is niet afgestemd op de concepten van zelfvoorzienendheid en duurzaamheid, waardoor er knelpunten ontstaan voor de realisatie van off-grid woningen.

Het probleem is dat er geen standaardpakket is om een off-grid woning te realiseren, een deel van de wetgeving loopt achter en het bouwbesluit is niet ingericht op off-grid woningen.

OFF-GRID WONEN, WAT IS DAT

Off-grid wonen verwijst naar het concept waarbij een woning zelfvoorzienend is en niet afhankelijk is van openbare nutsvoorzieningen zoals elektriciteit, water en riolering.

In een off-grid woning wordt meestal gebruik gemaakt van duurzame en hernieuwbare energiebronnen, zoals zonnepanelen, windturbines of biogasinstallaties, om elektriciteit op te wekken. Water kan afkomstig zijn van regenwateropvangsystemen of bronnen op het terrein, en afvalwater wordt vaak op een wijze behandeld en hergebruikt.

HOOFD- EN DEELVRAGEN

HOOFDVRAAG

Welke maatregelen zijn off-grid bestendig en kun je in het landelijk gebied te Doezum inpassen?

DEELVRAGEN

1. Wat is de energie-, warmte- en watervraag van een startend gezin met twee kinderen?
2. Welke maatregelen zijn beschikbaar waarmee off-grid wonen mogelijk wordt gemaakt?
3. Welke knelpunten zijn er vanuit de wetgeving omtrent off-grid wonen?
4. Hoe kun je zelfvoorzienend wonen op het perceel te Doezum?
5. Welke kosten zijn verbonden aan off-grid maatregelen?
6. Hoe deel je het perceel te Doezum in met de zelfvoorzieningsmaatregelen?

DOELSTELLING EN EINDPRODUCT

DOELSTELLING

Het doel is het ontwerpen van een off-grid concept voor het perceel te Doezum dat past in het landelijke gebied. Hierbij gaat het voornamelijk om de ruimtelijke inpassing en het systeem ontwerp.

EINDPRODUCTEN

- Maatregel verzameldocument
- Off-grid systeemontwerp varianten in een flowchart
- Perceel ontwerp

LEESWIJZER

Het onderzoek is onderverdeeld in meerdere fases. De eerste fase die aan bod komt is de inventarisering, hierin wordt de casus verder onderbouwd en specifieke variabelen nader onderzocht. Daarnaast is een inventarisatie van maatregelen gemaakt waarop de voor- en nadelen uitgewerkt zijn (terug te vinden in de bijlages). Vervolgens is er gekeken naar knelpunten waar het off-grid wonen mee te maken kan krijgen in de wetgeving.

De tweede fase bestaat uit het opstellen van varianten, deze zijn gebaseerd op de eerder geïnventariseerde maatregelen. Op deze varianten is een beoordeling gemaakt die tot een aantal aanbevelingen heeft geleid.

De laatste fase is een visualisatie in de omgeving waarin, dit is geeft een blik op hoe een deel van het perceel eruit kan zien en ingedeeld kan worden. Om het onderzoek af te sluiten is er in de discussie opeen aantal keuzes terug gebikt en is in de conclusie het antwoord op de hoofdvraag gegeven.

THEORETISCH KADER

In de bouw wordt het trias-energetica-concept gebruikt om duurzaam huizen te bouwen. Trias energetica is het model waaraan men zich kan houden om een zo efficiënt mogelijk concept op te bouwen.

De drie stappen van het concept zijn (op volgorde van toepassing):

1. Beperk de energievraag
2. Gebruik energie uit hernieuwbare (duurzame) bronnen
3. Gebruik eindige (fossiele) energiebronnen efficiënt

Is dit model echter nog wel van deze tijd? Het trias-energetica-concept is ontstaan in 1979 en in 1996 uitgewerkt door de Nederlandse Onderneming voor Energie en Milieu (Duurzaam Gebouwd, 2013; Ringelberg, 2019). Hiernaast is er een kleine toevoeging gedaan op het model en is het trias energetica 2.0 ontstaan. Hierbij is het gebruik van energie uit reststromen toegevoegd (Duurzaam Gebouwd, 2013; Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, 2013).

Intussen hebben technologische ontwikkelingen en woonontwikkelingen niet stilgestaan. Individuele gebouwen produceren ondertussen veel energie en een nieuw probleem is gecreëerd: een overvloed aan energie die nergens heen kan. Dit zorgt voor netcongestie. Het trias-energetica-model is achterhaald en zal verder gereviseerd moeten worden om bij de tijd te blijven. In onderstaande toelichting wordt een voorstel voor revisie gepresenteerd, waarbij een blik richting het afbakenen van toekomstige veranderingen vooraan staat.

Het is tijd voor een nieuw concept dat zich beter leent voor het behalen van onze klimaatdoelen en maatschappelijke behoeften. Dit nieuwe concept ziet er als volgt uit:

1. Gebruik de meest duurzame materialen
2. Focus niet op één hernieuwbare bron
3. Maak gebruik van flexibele oplossingen en waarbij *smart systems* geïntegreerd worden.

Gebruik de meest duurzame materialen

Waarom wordt het beperken van de energievraag vervangen door het toepassen van de meest duurzame materialen? Tegenwoordig wordt het beperken van de energievraag opgelegd door de wetgeving: de schil van bebouwing moet minimaal een lambda-waarde hebben van wat voorgeschreven staat in het bouwbesluit voor de soort functie van een bouwwerk. Hierdoor zou dit redelijkerwijs niet een extra stap zijn om richting een beter presterend gebouw te ontwerpen.

Waarom moeten dan de meest duurzame materialen worden gebruikt? Er wordt binnen het trias energetica model alleen naar het energiegebruik binnen de woning gekeken. Telt de energie die verbruikt wordt om de woning daar naar te zetten niet mee, heeft die geen impact op onze wereld? Natuurlijk telt dit mee; de productie van bouwmaterialen heeft in 2018 elf procent van alle energie- en proces gerelateerde emissies wereldwijd gegenereerd. Wanneer dit niet aangepakt wordt, zal dit alleen maar verder uitlopen, de wereldbevolking blijft groeien en de woningbehoefte dus ook (Benda, 2021).

Focus niet op één hernieuwbare bron

Deze stap verandert niet veel: het gaat van 'gebruik hernieuwbare bronnen' naar 'gebruik meerdere hernieuwbare bronnen'. Waarom is één bron niet genoeg? Duurzame energie klinkt mooi in de oren, maar toch weet iedereen wel dat zonne-energie alleen wordt gegenereerd als de zon schijnt, wat voornamelijk in de zomer is. Bovendien komt hierbij dat windenergie niet opgewekt wordt als de wind niet waait. Hydropower werkt daarentegen wel bijna altijd, maar als de aarde verder blijft opdrogen door klimaatverandering, zal er op een gegeven moment niet genoeg stromend water zijn om op deze manier stroom op te kunnen wekken. Door te diversifiëren, wordt het energiesysteem veerkrachtig en verkleint de afhankelijkheid van één bron, waardoor de algehele betrouwbaarheid van het systeem vergroot. Dit is waarom het van belang is niet alle focus te leggen op één hernieuwbare bron.

Maak gebruik van flexibele oplossingen en waarbij *smart systems* geïntegreerd worden

Waarom wordt “gebruik van eindige energiebronnen zo efficiënt mogelijk” vervangen? Het gebruik van fossiele brandstoffen is niet meer nodig binnen woningen. Het is al gebleken dat het mogelijk is om geheel van de fossiele brandstoffen

af te stappen (Nationale Duurzame Huizen Route). Waarom is flexibiliteit en het toevoegen van *smart systems* nu van belang? Naast het zelf opwekken van energie, is een eigen balans creëren door flexibel te zijn binnen een energiesysteem een *must*. Dit geldt voor een woning zelf, maar ook voor netwerken op alle niveaus: van wijkniveau tot regionaal, provinciaal en nationaal niveau.

Verdere toelichting is in bijlage 2 te vinden

METHODOLOGIE

ONDERZOEK TYPERING

Dit onderzoek is een combinatie van kwantitatieve en kwalitatieve onderzoeksmethoden. Allereerst is er deskresearch uitgevoerd om relevante literatuur, wetgeving en best practices met betrekking tot off-grid wonen te verzamelen. Vervolgens zijn er een

aantal interviews/gesprekken geweest. De verzamelde gegevens zijn geanalyseerd en geïnterpreteerd om tot de resultaten en aanbevelingen te komen.

DATAVERZAMELINGSMETHODEN

Tabel 1 Onderzoeksmethoden

Onderzoeksmethode	Wat
Literatuur/Deskresearch	Data
Casestudie	Kavel te Doezum
Literatuur/Deskresearch	Wetgeving
Literatuur/Deskresearch	Geografie van het landschap
Literatuur/Deskresearch	KNMI (Zon/Wind/Regen)
Literatuur/Deskresearch	Installatie gegevens
Referentieonderzoek	Wat doen anderen
Literatuur/Deskresearch	Kosten installaties + bouwprocessen

LITERATUUR/DESKRESEARCH

De methoden deskresearch en literatuuronderzoek zijn gebruikt om data voor onder andere het theoretisch kader te verzamelen. Verder is dit gebruikt om gegevens die vrij te vinden zijn op te halen van het internet en uit de literatuur. Belangrijk hierbij was om bronnen te verifiëren en te zoeken naar peerreviewed onderzoeken.

REFERENTIE ONDERZOEK

Het referentieonderzoek gebaseerd op het bestaand netwerk van off-grid woningen en eco-dorpen. Door te kijken naar wat al bestaat en wat daar succesvol was, kon een keuze worden gemaakt met hogere zekerheid. Het referentieonderzoek

omvatte documentaires kijken, het vinden van foto's, het lezen van krantenartikelen en het bestuderen van interviews. De eisen van de opdrachtgever zijn doormiddel van een interview omschreven.

CASESTUDIE

De casestudie is in dit onderzoek de kavel te Doezum, hierbij wordt een diepgaand inzicht verkregen op de specifieke context en omstandigheden. De casus richt zich op een gezin dat bewuste levensstijl heeft aangenomen. Hierbij zijn de gezinsleden 2 ouders tussen de 25 en 45 jaar oud en 2 kinderen onder de 15 jaar. Binnen deze bewuste levensstijl is geen plaats voor opzettelijke vervuiling of aantasting van de natuurlijke

omgeving. Hierom wordt ook gekozen voor een woning op basis van het passief bouwen principe, hierin kost het verwarmen van een woning niet meer dan 15 kWh/m² (Groener Wonen, sd).

Daarnaast proberen ze zichzelf te voorzien in eten door zelf voedsel te verbouwen en dieren te houden, de dieren die ze houden zijn:

2 Koeien 4 Geiten 10 Kippen

AFBAKENING

De focus van dit onderzoek ligt op het ontwikkelen van een inrichtingsplan waarmee het perceel te Doezum, van een halve hectare, off-grid opgebouwd kan worden. Hierbij is het doel dit perceel aantrekkelijk te maken voor mensen die natuur inclusief willen wonen en onafhankelijk willen zijn van een netbeheerder. Het onderzoek valt binnen de afdeling ruimtelijke ontwikkeling, energietransitie, natuur inclusief bouwen en verantwoord watergebruik.

De focus ligt hier op de verschillende variabelen op elkaar afstemmen en de beste optie in vinden voor deze locatie. Daarin zal voor de energiebalans een berekening opgesteld worden en voor de overige maatregelen wordt er voornamelijk gekeken naar voor- en nadelen.

Er zal geen gebruik worden gemaakt van maatregelen die:

- Alleen op grote schaal uit te voeren zijn;
- Schade of verstoring in de omgeving aanbrengen;
- Niet in lijn zijn met menselijke behoeften;
- Een hoge mate van onderhoud vereisen.

Binnen het onderzoek is het van belang een case op te bouwen waarop het ontwerp gebaseerd kan

worden. Binnen dit onderzoek er gekeken naar de benodigdheden binnen een huishouden van de doelgroep starters met kinderen (zie casus).

Voor de afvalstromen wordt in dit geval alleen organisch afval meegenomen. Plastic zal bijvoorbeeld niet aan bod komen, het aanschaffen hiervan is ook een bewuste keuze en zal dus voorkomen kunnen worden door op een verantwoorde manier inkopen te doen.

Het ontwerp zal aan eisen omtrent energie labels, bouwfysische eigenschappen, hygiëne, veiligheid en milieu voldoen. Hierbij zal voor technische aspecten en de woning waar niet op de reguliere manier die binnen het bouwbesluit als standaard genomen wordt toespraak gemaakt worden op de gelijkwaardigheidsbepaling waarbij “aangetoond zal moeten worden dat het bouwwerk of het gebruik hiervan ten minste eenzelfde mate van veiligheid, bescherming van de gezondheid, bruikbaarheid, energiezuinigheid of milieu biedt als is beoogd met het betrokken voorschrift” (Bouwbesluit 2012, 2023). Eisen met betrekking tot verbinding aan het net vallen weg door het onvolledig of niet aanwezig zijn binnen de huidige wet- en regelgeving.

BEOORDELING

Om vast te kunnen stellen welke variant het best past op deze locatie zal een beoordeling worden uitgevoerd. Wanneer er gekeken wordt naar wat de opdrachtgever als eisen stelt, factoren die het wooncomfort kunnen belemmeren of de omgeving kunnen verstoren, komen de onderstaande criteria naar voren als significant. In de beoordeling worden de volgende punten besproken, onder elk punt staat een voorbeeld dat binnen deze categorie past.

-

- Energiebalans
 - Capaciteit
- Verstoring ecosysteem
 - Habitat
- Comfort
 - Geluid
- Milieu
 - Uitstoot
- Landschap
 - Ruimte gebruik
- Kosten
 - Levensduur

WAT IS DE ENERGIE-, WARMTE- EN WATERVRAAG VAN EEN STARTEND GEZIN MET TWEE KINDEREN?

De casus waarop dit onderzoek gericht is wordt binnen dit hoofdstuk verder uitgetrokken naar behoeften in energie en water maar ook naar wat er aan afval geproduceerd wordt. Hiernaast is

het van belang om te weten wat het gebied zelf te bieden heeft en is er een analyse gedaan van de omgeving en het energie potentieel dat het gebied heeft.

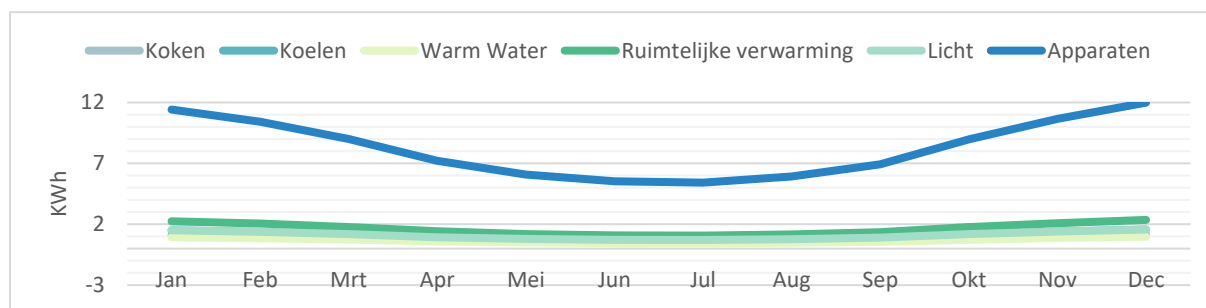
ELEKTRICITEIT

VERDERE TOELICHTING: BIJLAGE 3

Voor de elektriciteitsvraag is een gemiddeld verbruik genomen van één gezin om de vraag op te baseren, dit ligt rond de 2479 kWh (milieucentraal)

per jaar. Het volgende beeld (tabel 2) komt naar voren wanneer de verzamelde data verdeeld wordt over een jaar.

Tabel 2 Elektriciteit vraag verdeling



*hierbij is op te merken dat het percentage van afzonderlijke delen over het jaar heen verschillen, zo zal het aandeel koelen in de winter op 0% liggen en het percentage van licht lager in de zomer en ruimtelijk verwarmen dan op 0%. Dit is niet meegenomen omdat er geen bronnen gevonden zijn om deze percentages op die manier verder te specificeren.

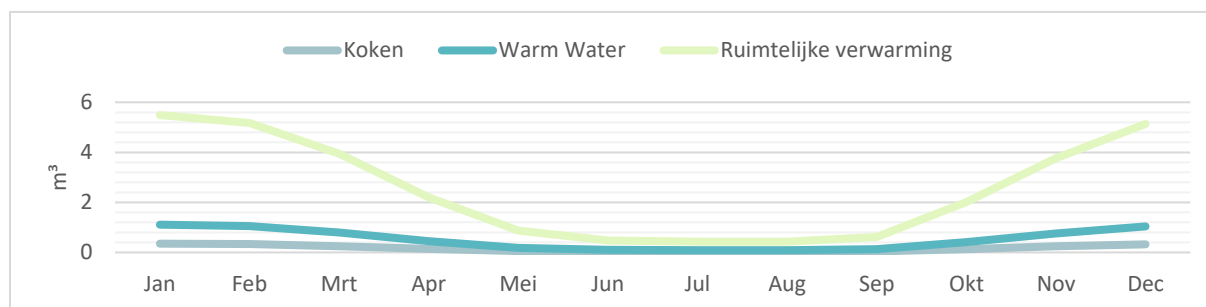
WARMTE

VERDERE TOELICHTING: BIJLAGE 3

Voor de warmtevraag is een gemiddeld gasverbruik genomen, gas wordt binnen huishoudens voornamelijk gebruikt om ruimtes te verwarmen, hierom wordt dit de warmtevraag genoemd. De warmtevraag ligt rond de 1169 m³ (milieucentraal) per jaar. Het volgende beeld (tabel 3) komt naar voren wanneer de verzamelde data verdeeld wordt over een jaar.

Opmerking: In de balans berekening later in het rapport is gerekend met 720 m³, dit is gebaseerd een passieve woning. Hierbinnen wordt ervan uitgegaan dat er maximaal 15 kWh/m² nodig is om de woning te verwarmen (Groener Wonen, sd).

Tabel 3 Warmte vraag



*hierbij is op te merken dat het percentage van afzonderlijke delen over het jaar heen verschillen, zo zal het aandeel koelen in de winter op 0% liggen en het percentage van ruimtelijk verwarmen op 0% in de zomer. Dit is niet meegenomen omdat er geen bronnen gevonden zijn om deze percentages op die manier verder te specificeren.

WATER

VERDERE TOELICHTING: BIJLAGE 4

De watervraag voor een startend gezin met twee kinderen is bepaald op basis van een onderzoek van het CBS. Volgens dit onderzoek verbruikt een gezin met kinderen gemiddeld 425 liter water per dag. (Bakker, Mooren, & Boonstra, Watergebruik Thuis (WGT) 2021, 2022). Op basis van dit onderzoek is

- Bad
- Douche
- Toilet
- Afwassen
- Wasmachine
- Consumptie
- Buitengebruik
- Wastafel
- Overig gebruik

specificering gemaakt om een beter inzicht te geven waarvoor het water wordt gebruikt en waar mogelijk minder verbruikt wordt. De verbruikcomponenten die hierbinnen aan te pas zijn gekomen zijn;

RESULTATEN SPECIFICERING

Het totaal verbruik van water is 162.409 liter per jaar, wat neerkomt op 446 liter per dag.

Tabel 4 Totaal waterverbruik

	I/dag p.p.	I/dag.	Casus (I/jaar)
Totaal	112	446	162.409

Binnen de watervraag is een onderverdeling te maken tussen verschillen in kwaliteit die nodig is om het water voor de gewenste activiteit te gebruiken. Zo kan voor het doorspoelen van de wc en het

gebruiken van de wasmachine wel regenwater gebruikt worden maar voor douchen, koken, afwassen niet (Milieucentraal, sd).

Tabel 5 Benodigde waterkwaliteit

	Benodigde kwaliteit	I/dag p.p.	I/jaar p.p.	I/jaar
Bad	Drinkbaar	13,5	4.938	19.751
Douche	Drinkbaar	26,0	9.486	37.941
Toilet	Grijswater	28,6	10.425	41.697
Afwas	Drinkbaar	1,1	384	1.533
Was	Grijswater	16,1	5.891	23.561
Consumptie	Drinkbaar	2,6	949	3.796
Buitengebruik	Grijswater	1,3	466	1.863
Wastafel	Drinkbaar	8,7	3.176	12.702
Overig watergebruik	Grijswater	3,6	1.306	5.226
<i>Handen wassen</i>	Drinkbaar	9,2	3.350	13.398
Totaal Drinkbaar		61,0	22.280	89.121
Totaal Grijswater		49,6	18.086	72.344

GEBRUIKSPATRONEN

De gebruikspatronen, kunnen een beter beeld geven over de omvang van de maatregelen met betrekking tot regenopvang. De verbruikspatronen variëren gedurende het jaar op verschillende punten. Zo is er een verschil in de ochtendpiek tussen werkdagen, weekenddagen, feestdagen en vakantiedagen. Dit verschil heeft niet te maken met het weer, maar eerder met het type dag. Ook de

avondpiek varieert tussen werkdagen en weekenddagen en wordt dus weinig beïnvloed door het weer. Het waterverbruik in de avond- en nachturen is echter wel gekoppeld aan de verschillen in weersomstandigheden en ligt tijdens de zomerperiode hoger. (Vertommen, Blokker, & Urbanus, 2016)

Voor het off-grid wonen is het belangrijk om te weten wat een mens aan afval produceert en welke soorten afval dit zijn zodat er geanticipeerd kan worden op welke manieren van verwerking er aanwezig moeten zijn.

Wat produceert een mens aan afval, om dit te bepalen zal er gekeken moeten worden naar de

verschillende afvalstromen. Niet elke stroom wordt meegenomen omdat voor sommige stromen een professionele verwerking nodig is. Naast huishoudelijke afvalstromen is er ook afvalwater, dit bestaat uit een mix van afwaswater, organisch materiaal, urine, fecaliën, bad-, douche- en spoelwater. En zit dus vol met bacteriën, nutriënten en mogelijk medicijnen maar ook energie.

AFVALSTROMEN

Tabel 6 Gewicht per afvalstroom (MilieuCentraal, sd)

Categorie	Gewicht p.p./jaar (2019)	Gewicht casus	Gewicht/dag
	<i>kg</i>		
Gft	140	560	1,534
Papier en karton	59	236	0,647
Drinkpakken	4,6	18,4	0,050
Glas	27	108	0,296
Plastic verpakkingen	24	96	0,263
Metalen verpakkingen (blik)	6,9	27,6	0,076
Apparaten, lampen	11	44	0,121
Textiel	18	72	0,197
Klein chemisch afval	1,6	6,4	0,018

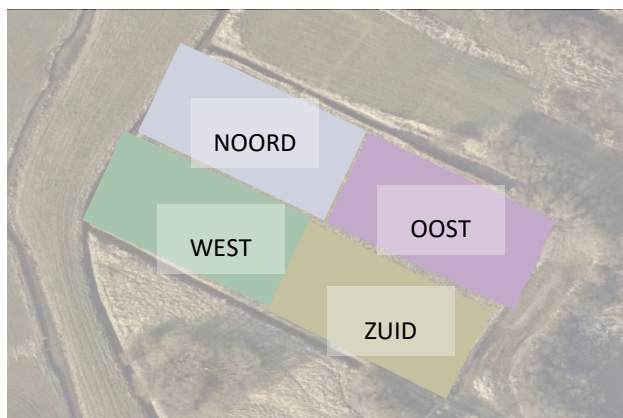
AFVALWATER

Tabel 7 Menselijk afvalwater

	Urine	Fecaliën	Zwartwater	Grijswater
	ml	kg	liter	liter
Menselijk totaal	5000	0,51	114,2	307,1
Bron	Ongeldige bron opgegeven.	(Temmink, 2018)	(Bakker, van der Mooren, & Boonstra, Watergebruik Thuis (WGT) 2021, 2022)	(Bakker, van der Mooren, & Boonstra, Watergebruik Thuis (WGT) 2021, 2022)

Tabel 8 Dierlijk afvalwater

	Aantal		Mest totaal	Bron
		<i>m³</i>	<i>kg</i>	
Koeien	2	0,0723	73,70	(RVO, 2023; van Baal, 2011)
Geiten	4	0,0151	12,07	(RVO, 2021)
Kippen	10	0,0006	0,66	(RVO, 2021)



Figuur 2 Referentie voor de aanbevelingen

ONDERGROND

De ondergrond op het gehele perceel is hetzelfde dus een specifieke plek aanwijzen zal geen voordeel opleveren.

Tabel 9 Ondergrond

	Noord	Oost	Zuid	West
Woning	+/-	+/-	+/-	+/-
Zonnepanelen				
Windturbine				
Agrarisch				

HOOGTEBESTAND/ GRONDWATERPEIL

Het perceel heeft hoogteverschillen, waarbij de lageregelegen kant minder gunstig is voor een woning. Voor agrarische doeleinden is het ook belangrijk om niet te laag te liggen, de grond kan dan mogelijk te vochtig zijn voor gewassen. Het gebruik van moestuinbakken kan een oplossing bieden om groeiomstandigheden te verbeteren.

Tabel 10 Hoogtebestand advisering

	Noord	Oost	Zuid	West
Woning	+	-	+/-	+
Zonnepanelen				
Windturbine				
Agrarisch	+	+/-	+	+

ZONINVAL

Om ervoor te zorgen dat in de winter zo min mogelijk warmte opgewekt hoeft te worden is het gebruik van passieve zonne-energie noodzakelijk. Glas op het zuiden is een goede maatregel. Goed regelbare zonwering is dan belangrijk om de warmte in de zomer buiten te houden. Daarnaast wil profiteren zonnepanelen van de gehele dag in de zon liggen.

Tabel 11 Zoninval advisering

	Noord	Oost	Zuid	West
Woning	+	-	+/-	+
Zonnepanelen	+	-	+	+
Agrarisch	+/-	+	+	+/-
Windturbine				

WINDRICHTING

De wind zal voornamelijk uit het zuidwesten komen, hierdoor zal het gehele perceel vaak wind ontvangen. Wanneer het gewenst is om minder wind op een aantal locaties te hebben kan er gespeeld worden met begroeiing.

Tabel 12 Windrichting advisering

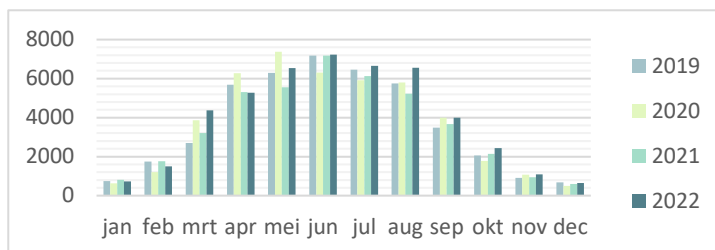
	Noord	Oost	Zuid	West
Woning	+/-	+/-	+/-	+/-
Zonnepanelen				
Windturbine	+	-	+/-	+
Agrarisch				

De weersinvloeden zijn van belang voor het maken van berekeningen met installaties. Zonder deze

gegevens is het niet mogelijk de installaties af te stellen op de casus.

ZON

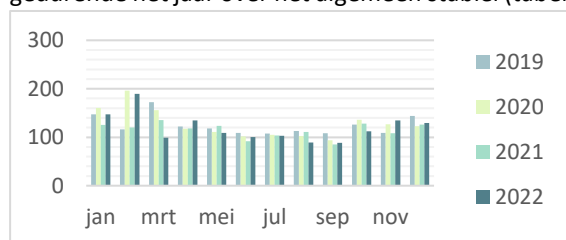
De seizoensgebonden variatie in stralingsintensiteit op aarde wordt waargenomen in de zomer, met maandelijkse waarden van 5500-7500 W/m² (KNMI, sd), en in de winter, met waarden van ongeveer 600-750 W/m² (KNMI, sd), zoals geïllustreerd in tabel 13.



Tabel 13 Globale straling Q (W/m²)

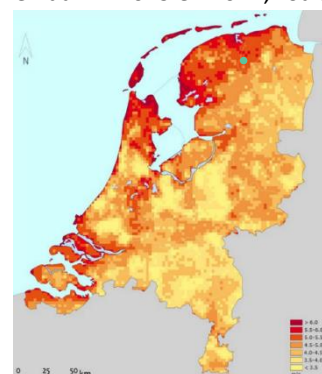
WIND

De invloed van de wind op het perceel en dus de potentiële energieopwekking, wordt gekenmerkt door een hogere gemiddelde jaarlijkse windsnelheid in vergelijking met veel andere locaties in Nederland (figuur 3). In tegenstelling tot de invloed van de zon, blijft de hoeveelheid wind gedurende het jaar over het algemeen stabiel (tabel



Tabel 14 Windsnelheid m/s (gegevens van: (KNMI, sd))

14). Niettemin zijn er enkele uitschieters in bepaalde jaren, zoals in februari 2020 en 2022, waarbij opvallend is dat deze maanden ook aanzienlijk kouder waren dan in 2019 en 2021, zoals blijkt uit tabel 14 van de hoeveelheid zonnestraling die op aarde terecht komt.



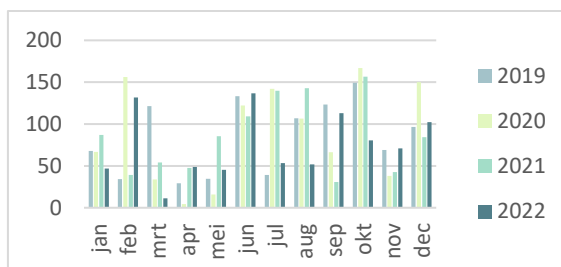
Figuur 3 Gem. jaarlijkse (1981-2010) windsnelheid op 10 m boven grondniveau (Stepek & Wijnant, 2011) (groene stip is Doezum)

REGEN

Gemiddeld valt er in de zomer meer dan 200 mm neerslag per bui. Gemiddeld is er een afname van neerslag in de zomer waar te nemen naarmate de aarde opwarmt. (KNMI, 2022)

Tabel 15 illustreert duidelijk het verschil tussen jaren. De enige maanden die gedurende de afgelopen vier jaar relatief stabiel zijn gebleven qua neerslag zijn juni en november. De maanden januari, april, mei en november lijken consistent minder neerslag te ervaren over de jaren heen. Juni

en oktober hebben doorgaans de meeste neerslag te verwerken. (KNMI, 2022)



Tabel 15 Perspiratie (gegevens bron: (KNMI, sd))

WELKE MAATREGELEN ZIJN BESCHIKBAAR WAARMEE OFF-GRID WONEN MOGELIJK WORDT GEMAAKT?

De lijst maatregelen die beschikbaar zijn op de markt om off-grid te kunnen wonen wordt steeds langer. Het geldt wel dat niet elke maatregel toepasbaar is op kleine schaal, duurzaam is, laag in

onderhoud is of een betaalbare prijs heeft voor een jong gezin. In de volgende tabellen zijn maatregelen die nader onderzocht zijn weergegeven.

Tabel 16 Elektriciteit

Elektriciteit opwekken	Elektriciteit opslag
Zonne-energie	Batterij opslag
Windenergie	Hydro-opslag
(micro-)Waterkracht/waterturbine	Perslucht
	Vliegwiel
	Waterstof opslag

Tabel 17 Warmte

Warmte genereren	Warmte opslag
Houtkachel/pellet kachel	Thermische opslag (WKO)
Zonnecollectoren	Boiler
Warmtepomp (full-electric)	Warmte in steen
Geothermische warmtepomp.	
Propaan- of aardgaskachels	
Rocket mass heaters	
Warmtemolen	

Tabel 18 Water

Wateropvang	Afvalwater/Zuivering
Regenwater opvangen	Composttoilet
Bronwater	Grijswater systemen
Oppervlaktewater	Bio behandeling/Helofytenfilter
Atmosferische water	Chemische toiletten
Zonne still	Septische tanks
Handpomp met diepe put	Droge spoel- of verbrand toilet
Wadi	Lagune systemen
	Biomassa to biogas
Wateropslag	Filtratiesystemen
Tank	

Tabel 19 Afval

Afval
Composteren
Verbranding (kleinschalig)
Biomassa to biogas
Recycleren van afval
Waste-to-energy (WTE) systemen
Begraven van afval
Handmatige sortering en verwijdering

Bovenstaande maatregelen worden niet allemaal meegenomen in het verdere verloop van dit onderzoek, de toelichting hierop is in bijlage 8 te lezen. De volgende maatregelen worden wel meegenomen:

Tabel 20 Maatregelen

Elektriciteit opwekken	Elektriciteit opslag	Warmte genereren	Warmte opslag
Zonnepanelen	Batterijopslag	Zonnecollectoren	Thermische opslag
Windturbine		Warmtepomp	Boiler
		Rocket mass heaters	Warmte in steen

Wateropvang	Afvalwater/ Waterzuivering	Wateropslag	Afval
Regenwater opvangen	Composttoilet	Tank	Composteren
Atmosferische water	Grijswatersysteem		Biogas
Wadi	Bio- /Helofytenfilter		
	Septische tank		
	Biogas		
	Filtersysteem		

WELKE KNELPUNTEN ZIJN ER VANUIT DE WETGEVING OMTRENT OFF-GRID WONEN?

Als het gaat om off-grid wonen in Nederland zijn er enkele knelpunten met betrekking tot de wet- en regelgeving. Hoewel er geen specifieke wetgeving is die off-grid wonen verbiedt, zijn er verschillende regels en voorschriften die het moeilijk kunnen maken om volledig zelfvoorzienend te leven.

Bouwvoorschriften spelen een belangrijke rol bij het realiseren van een off-grid woning. In Nederland gelden er specifieke eisen met betrekking tot de bouwkwaliteit, veiligheid, gezondheid, energiezuinigheid en bruikbaarheid van gebouwen. Het Bouwbesluit 2012 stelt bijvoorbeeld voorschriften voor minimale afmetingen van ruimtes, hoogte van plafonds, ventilatievoorzieningen en brandveiligheid voor. Deze voorschriften kunnen conflicteren met de wensen en behoeften die van toepassing zijn op off-grid woningen, die vaak kleinschaliger en energie-efficiënter toebedeeld zijn dan traditionele woningen. Zo kan een off-grid woning mogelijk niet voldoen aan de minimale afmetingen die worden vereist voor specifieke ruimtes zoals slaapkamers of badkamers. (Bouwbesluit 2012, 2023; Regeling Bouwbesluit 2012, 2022)

Een belangrijk aspect om te overwegen bij off-grid wonen is het onderscheid tussen wonen en tijdelijk wonen. In Nederland wordt er onderscheid gemaakt tussen permanente woningen en tijdelijke verblijfslocaties, zoals vakantiehuisen, recreatiewoningen en andere verblijfsaccommodaties. Voor permanente woningen gelden striktere bouwvoorschriften, terwijl tijdelijke verblijfslocaties meer flexibiliteit hebben. Hier kunnen off-grid woningen van profiteren. Het biedt namelijk alternatieven voor bepaalde voorschriften, echter de keerzijde daarvan is dat er niet permanent gewoond kan worden op dergelijke locaties. (Bouwbesluit 2012, 2023)

Een ander facet dat in strijd kan zijn met off-grid wonen is de aansluitverplichting voor nutsvoorzieningen. Volgens de Elektriciteitswet en de Gaswet hebben netbeheerder in Nederland een aansluitplicht, wat betekent dat ze verplicht zijn om

een aansluiting op het elektriciteits- en gasnetwerk aan te bieden, mits er aan bepaalde voorwaarden wordt voldaan. Dit heeft tot gevolg dat zelfs als ervoor gekozen wordt om off-grid te wonen en het toepassen van duurzame energiebronnen, zoals zonne-energie of windenergie, er nog steeds een verplichting geldt om aangesloten te zijn op het reguliere netwerk. Dit is niet in lijn met het off-grid principe waarbij juist onafhankelijkheid van de nutsvoorzieningen wordt nagestreefd. (Elektriciteitswet 1998, 2022; Gaswet, 2022)

Voor het realiseren van een off-grid woning zijn verschillende vergunningen en toestemmingen vereist. Een omgevingsvergunning, ook wel bekend als bouwvergunning, is vaak vereist voor het bouwen van een woning. Deze vergunning is bedoeld om ervoor te zorgen dat de gebouwde omgeving voldoet aan de geldende regelgeving op het gebied van veiligheid, gezondheid en milieu. Het verkrijgen van een omgevingsvergunning kan een uitdaging zijn, vooral als de bouwplannen van een off-grid woning afwijken van de gangbare normen en voorschriften. Bijvoorbeeld, het gebruik van alternatieve bouwmaterialen, afwijkende bouwmethoden of innovatieve voorzieningen kunnen aanvullende eisen met zich meebrengen, wat het verkrijgen van de vergunning kan vertragen of bemoeilijken. (Rijksoverheid, 2009)

Daarnaast kunnen off-grid woningen beperkingen opgelegd krijgen op het gebied van ruimtelijke ordening. In Nederland zijn er bestemmingsplannen en regels die bepalen waar en hoe gebouwd mag worden. Deze regels zijn bedoeld om het gebruik van de ruimte te reguleren en bijvoorbeeld te waarborgen dat er voldoende groen en openbare ruimte is, of dat natuurgebieden worden beschermd. Off-grid woningen kunnen beperkingen ondervinden, met name in landelijke gebieden of natuurgebieden waar de bescherming van het landschap een rol speelt. (Ruimtelijkeplannen, 2023)

Er zijn obstakels, deze zijn in goed overleg met de gemeente en andere stakeholders te overkomen.

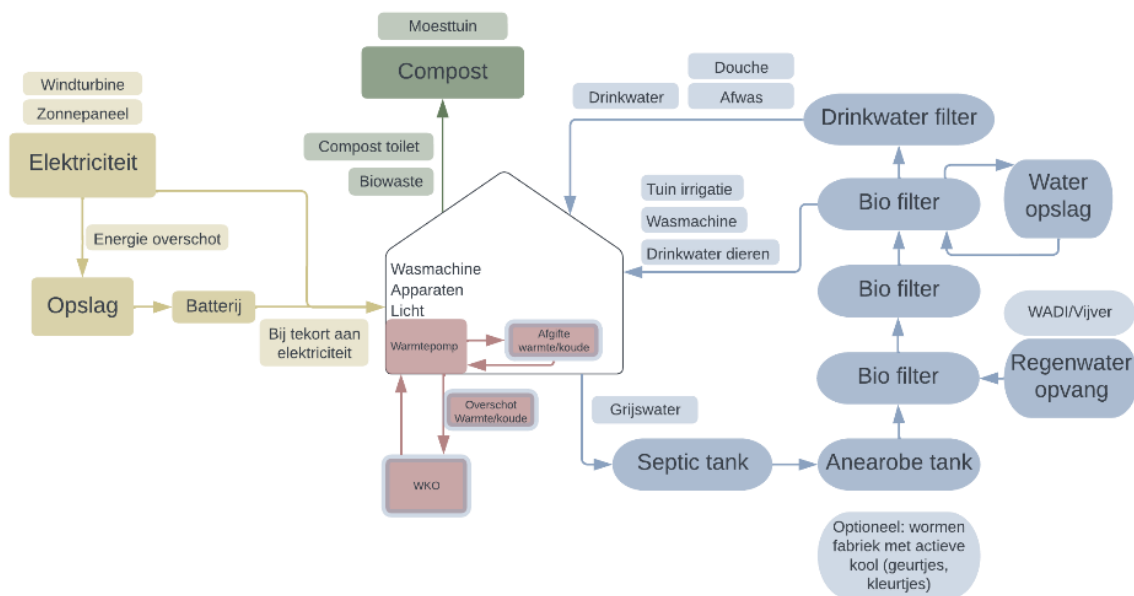
HOE KUN JE ZELFVOORZIENEND WONEN OP HET PERCEEL TE DOEZUM?

Hoe kun je zelfvoorzienend wonen op het perceel te Doezum, om tot een antwoord op deze vraag te komen is er een varianten studie opgezet, hierbinnen is rekening gehouden met de eisen vanuit de opdrachtgever en het potentieel dat maatregelen hebben. Na het vergelijken van de varianten is er een aanbeveling op basis van de varianten gemaakt, daarnaast is een aanbeveling over losse maatregelen en een verbeterde variant voorgelegd.

De volledige toelichting en beoordeling zijn te vinden in bijlage 8, 10, 11, 12 en 13.

VARIANTEN

VARIANT |



Figuur 4 Variant |

De keuze van maatregelen voor variant één met zonne-energie, windenergie, warmtepomp en een warmte- en koudeopslag (WKO) is gebaseerd op de samen speling van de maatregelen.

Zonne-energie is gekozen in elke variant omdat dit een bewezen efficiënte manier is voor het opwekken van energie, hierbij heeft deze maatregelen een lage impact op de omgeving. Als aanvulling op de energieopwekking voor momenten dat de straling van de zon minder sterk is, is er gekozen voor windenergie. Hier is wel een invloed op de omgeving door de geluid emissie die uitgestraald wordt, deze zou te vergelijken zijn met het geluid dat een koelkast uitstraalt.

Naast het opwekken van energie is het van belang energie op te slaan, dit wordt gedaan door een lithium-ion batterij, deze komt ook in elke variant

terug. Deze zijn momenteel de meest efficiënte opslagsystemen die op de markt te krijgen zijn.

Voor de warmte is gekozen voor een warmtepomp, deze heeft een hoge efficiëntie als het om het omzetten van elektriciteit in warmte. Deze zou in de zomer ook voor verkoeling in huis kunnen zorgen. Het opslaan van warmte wordt gedaan door een warmte- en koudeopslag, deze is goed te combineren met een warmtepomp. Zeker wanneer in de zomer veel energie opgewekt wordt, die in warmte omgezet kan worden en in deze WKO opgeslagen kan worden voor de winter en andersom met koude in de winter opslaan voor in de zomer.

Dit systeem wordt verder ondersteund met het opvangen van regenwater in een WADI om de water vraag te kunnen volbrengen. Dit kan in combinatie

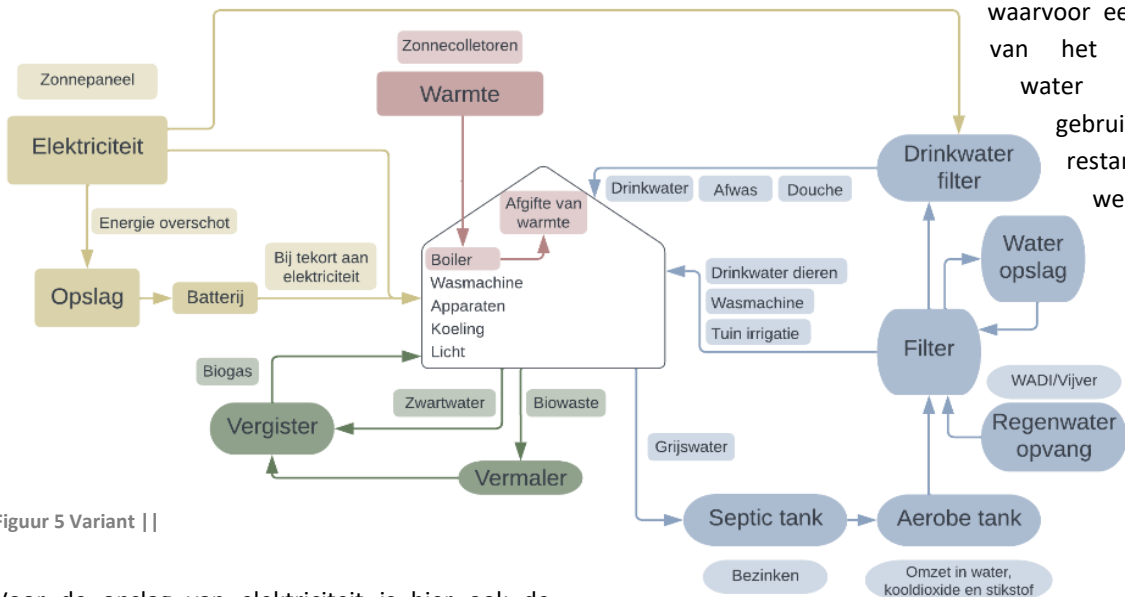
met een helofytenfilter waar het water een voor filtering krijgt en al zuiver genoeg is voor een aantal gebruiken binnenshuis. Hier zal nog een filtersysteem achteraan zitten om water op drinkwaterkwaliteit niveau te krijgen. De WADI en het helofytenfilter hebben hiernaast ook een positieve invloed op de omgeving.

Voor afval is het composttoilet in combinatie met composteren en benadering die ervoor zorgt dat energie in de vorm van nutriënten niet verloren gaat. Hiermee kan ervoor gezorgd worden dat de groei van planten in de moestuin wordt bevorderd. Daarnaast is een septic tank nodig voor afvalwater dat nog te verontreinigd is om door het helofytenfilter te gaan. Hierbinnen kunnen deze verontreinigen geëlimineerd worden.

VARIANT II

Net als in variant één is een deel van de maatregelen gebaseerd op de samenwerking ten opzichte van de andere maatregelen. Hierin is gekozen voor zonne-energie, waterenergie en zonnewarmte met een boiler voor opslag.

Zonne-energie is gekozen op basis van efficiëntie en de lage impact op de omgeving. Er is geen aanvulling gedaan op de elektriciteit opwekking om te zien welk invloed dit heeft op de energiebalans.



Figuur 5 Variant II

Voor de opslag van elektriciteit is hier ook de lithium-ion batterij in het systeem toegevoegd.

Voor de warmte is gekozen voor zonnecollectoren, hier wordt de zonnestraling direct in warmte omgezet in plaats van eerst naar elektriciteit en dan pas naar warmte wat het energieverlies vermindert. De zonneboiler is hier de opslag keuze omdat deze samen in een systeem horen voor optimaal gebruik.

Dit systeem wordt verder ondersteund worden met het opvangen van regenwater in een WADI. Dit wordt gecombineerd met een grijswatersysteem voor terugwinning van water. Hier komt een filtersysteem achter voor drinkwaterkwaliteit. De WADI en het helofytenfilter hebben hiernaast een positieve invloed op de omgeving.

Door klimaatverandering en droogte wordt de nadruk gelegd op het hergebruik van water,

waarvoor een deel van het zwarte water wordt gebruikt. Het restant ook wel de

uitwerpselen van mensen en dieren samen met het organische afval wordt voor de productie van biogas gebruikt dit zorgt ervoor dat biogas gebruikt kan worden voor koken of bij verwarmen. Hiermee worden ook een aantal afvalstromen verwerkt.

Voor het hergebruiken van water wordt er gebruik gemaakt van de septic tank waar de eerste grote vervuilingen verwerkt worden, hierna een aerobe tank en als laatste een filtersysteem waarmee water op drinkwaterkwaliteit gebracht wordt.

VARIANT |||

De keuze van maatregelen voor variant één met zonne-energie, windenergie, rocket mass heater en warmte in steen is gebaseerd op de samen speling van de maatregelen.

Zonne-energie met als aanvulling windenergie voor op momenten dat de straling van de zon minder sterk is. Hier is wel een invloed op de omgeving door de geluid emissie die uitgestraald wordt, deze zou te vergelijken zijn met het geluid dat een koelkast uitstraalt.

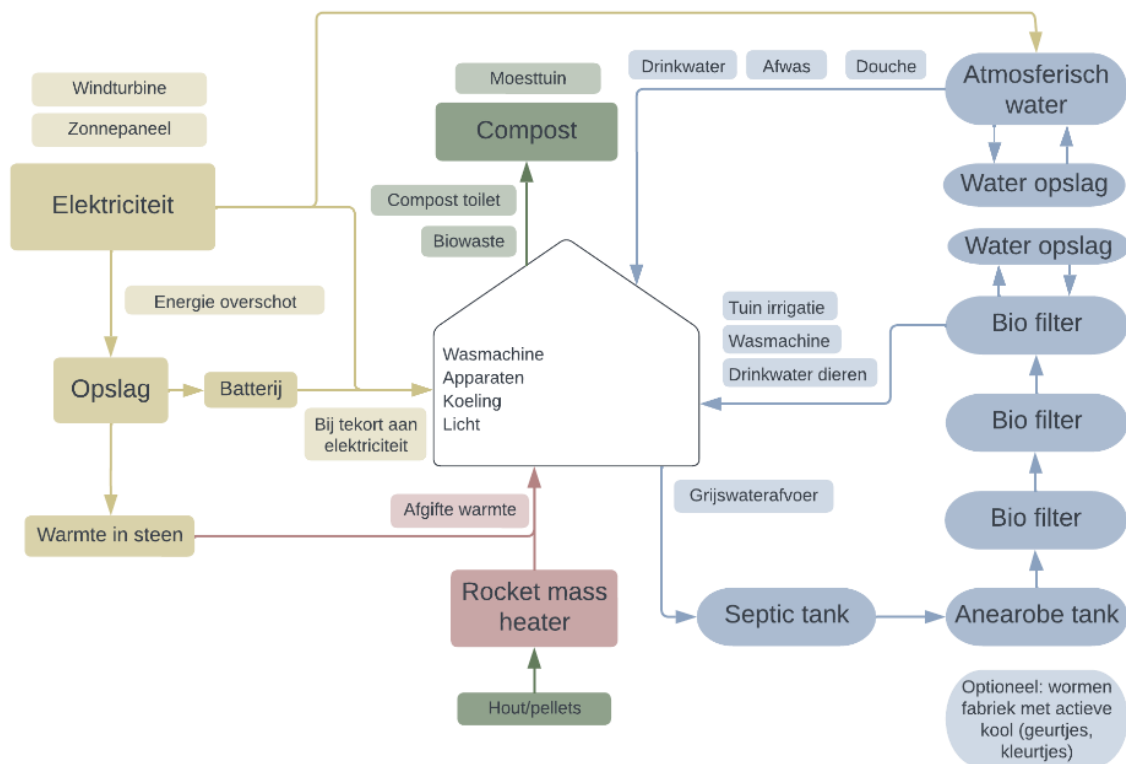
Naast het opwekken van energie is het van belang energie op te slaan, dit wordt gedaan door een lithium-ion batterij. Deze zijn momenteel de meest efficiënte opslagsystemen die op de markt te krijgen zijn.

Warmte wordt hier gegenereerd door een iets traditionelere manier van verwarmen met een twist die ervoor zorgt dat de warmtelevering efficiënter gaat, de rocket mass heater. Dit is een variant op de hout/pellet kachel waarbij gebruik wordt gemaakt

van warmte accumulatie. De warmte wordt over een langere periode afgegeven en blijft langer hangen in een ruimte waardoor er minder lang brandstof verbrand hoeft te worden.

Voor de opslag van warmte is een methode die nog nieuw is gekozen, warmte in steen. Deze maatregel is ook toegepast in Ecodorp Boekel en heeft een grote potentie. Hier wordt elektriciteit omgezet in warmte die lang opgeslagen kan worden. Dit zorgt ervoor dat het teveel aan stroom in de zomer omgezet kan worden in warmte voor de winter.

Voor het opvangen van water is hier het oppompen van oppervlaktewater gekozen, om het perceel zijn genoeg sloten waar water uitgehaald kan worden. Hier komt wel het één en ander bij kijken omdat hiermee de waterstroming verstoord, dit kan invloed hebben verderop in de watergang. In combinatie hiermee is er weer gekozen voor een helofytenfilter door de voordelen die deze met zich meebrengt.



Figuur 6 Variant |||

BEOORDELING

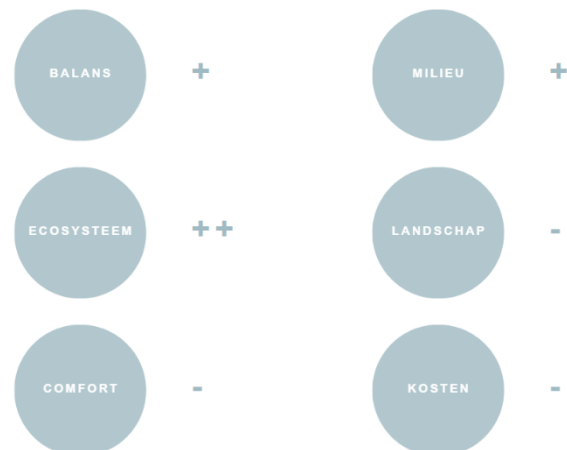
VERDERE TOELICHTING: BIJLAGE 8, 10, 11, 12 & 13

VARIANT |

Tabel 21 Beoordeling: Variant |

Beoordeling		
<i>Energiebalans</i>	Voor variant één geldt dat de winter de minste tekorten zijn, dit is interessant omdat hier minder hard gewerkt hoeft te worden om deze tekorten aan te vullen. hier zou dus minder geld geïnvesteerd te hoeven worden in opslag.	
<i>Passend in de omgeving</i>	Windturbines	Visuele verstoring
<i>Verstoring van de omgeving</i>	Windturbine	Geluidsbelasting
	Warmtepomp	Geluidsbelasting
	Compost	Geur emissie
	WKO	Graven in de bodem
	Septic tank	Graven in de bodem
<i>Water</i>	WADI	Toevoeging biodiversiteit Betere water infiltratie
	Helofytenfilter	Toevoeging biodiversiteit
<i>Afval</i>	Groenafval	Hergebruik nutriënten

Kosten Hoog, door de vele verschillende componenten zijn er veel installatie uitgaven.



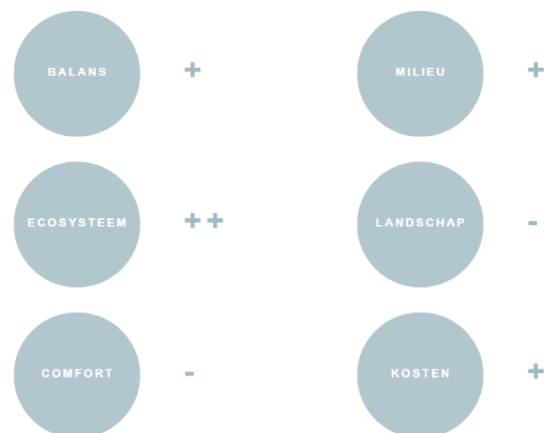
Figuur 7 Beoordeling visueel: Variant |

VARIANT ||

Tabel 22 Beoordeling: Variant ||

Beoordeling		
<i>Energiebalans</i>	Het over grote deel van het jaar heeft variant twee de grootste overschotten aan energie. Hier staat tegenover dat in de winter de tekorten het hoogste zijn. Met het opslaan van deze overschotten zou hier een gehele balans in komen.	
<i>Passend in de omgeving</i>	Vergister	Visuele verstoring
<i>Verstoring van de omgeving</i>	Septic tank	Graven in de bodem
<i>Water</i>	WADI	Toevoeging biodiversiteit Betere water infiltratie
	Groenafval Zwartwater Vergister	Verwerkt en omgezet in energie Verwerkt en omgezet in energie Restproduct mest

Kosten Redelijk hoog, door de vele verschillende componenten zijn er veel installatie uitgaven



Figuur 8 Beoordeling visueel: Variant ||

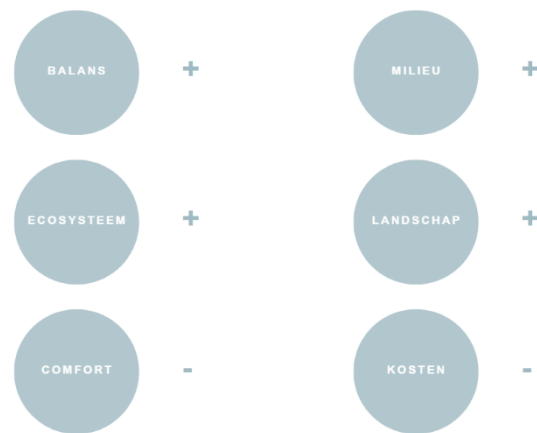
VARIANT |||

Tabel 23 Beoordeling: Variant |||

Beoordeling		
<i>Energiebalans</i>	Variant drie is hier niet de variant die het beste scoort, deze is voor een deel hetzelfde als variant één maar dan zonder warmtepomp. De gehele balans heeft in deze variant een minder groot verschil tussen zomer en winter.	
<i>Passend in de omgeving</i>	Windturbines	Visuele verstoring
<i>Verstoring van de omgeving</i>	Windturbine	Geluidsbelasting
	Compost	Geur emissie
	Septic tank	Graven in de bodem
	Verbranden biomassa	Uitstoot
<i>Water</i>	Atmosferisch water	Langzaam proces
	Helofytenfilter	Toevoeging biodiversiteit
<i>Afval</i>	Groenafval	Hergebruik nutriënten

Kosten

Duur, water uit de lucht vangen is duur en zal niet interessant zijn voor de hele energievraag. Daarnaast zal er voortdurend biomassa (hout, pellets) gekocht moeten worden om de woning te kunnen verwarmen



Figuur 9 Beoordeling visueel: Variant |||

CONCLUSIE

De variant die op basis van het geheel naar voren komt als aanbeveling is variant twee. Variant twee is op basis van de beoordeling op alle punten behalve landschap bovenaan uitgekomen, variant één gaat hier ook vaak in mee maar scoort toch op het ecosysteem minder omdat hier meer verstoringen worden veroorzaakt. Daarmee is op basis van de gehele varianten variant twee de beste optie.

Tabel 24 losse maatregelen beste keuze

Categorie	Maatregel	Voordelen	Opmerkingen
Elektriciteit	Zonnepaneel	<ul style="list-style-type: none"> Laagste kosten Hoge efficiëntie Laag onderhoud Minimale impact 	
Opslag	Lithium-ion Batterij	<ul style="list-style-type: none"> Mobiel Schaalbaar 	Andere opties zijn niet genoeg ontwikkeld of alleen op grote schaal efficiënt. Alleen ideaal voor kortere termijn, daarna grote energieverliezen
Warmte	Warmtepomp	<ul style="list-style-type: none"> Efficiëntste keuze voor warmtelevering Minimale impact op de lokale omgeving 	Wanneer er naar de energiebalans gekeken wordt is het zo dat de warmte pomp de grootste hoeveelheid warmte kan leveren met de minste stroom.
Warmteopslag	Boiler	<ul style="list-style-type: none"> Past goed in een systeem met meerdere installaties 	In vergelijking met de andere twee opslag soorten is dit de optie die de minste kosten en impact op de omgeving mee brengt.
Wateropvang	Regenwateropvang in WADI	<ul style="list-style-type: none"> Zuivert goed Onderhoud kan door iedereen gedaan worden Meerwaarde voor het landschap 	

		<ul style="list-style-type: none"> • Verbeterd irrigatie • Toevoeging van biodiversiteit
Wateropslag	Tank	Geen specifiek systeem voor opslag
Waterzuivering	Bio behandeling/ helofytenfilter	<ul style="list-style-type: none"> • Natuurlijke behandeling • Laag energieverbruik • Geschikt voor kleinschalig gebruik • Voorzuivering • Laag energieverbruik • Lokale waterkwaliteit kan worden verbeterd • Leefgebied voor lokale fauna
	SafeWater System	Dit is een vereiste om water op drinkwater niveau te krijgen
Afval	Biogas	Het levert weinig biogas op maar zorgt wel voor een meerwaarde van anders weg gegooid energie.

WELKE KOSTEN ZIJN VERBONDEN AAN OFF-GRID MAATREGELEN?

Kosten voor een off-grid systeem kunnen al gauw hoog uitlopen, maar wat zijn nu enkele van deze kosten? Hieronder zijn een aantal categorieën toegelicht.

WONING

De kosten van een off-grid woning kunnen sterk variëren, afhankelijk van verschillende factoren, waaronder het ontwerp, de locatie en de gebruikte materialen. Door rekening te houden met duurzame materialen zoals hout voor de constructie, wol voor isolatie en grote ramen voor daglichttoetreding, kunnen we een iets beter beeld geven van de kosten die hieraan te pas komen.

Door het gebruik van duurzame materialen zal er altijd iets hoger uitgevallen worden dan met het gebruik van de standaard aangeboden keuzes. De kosten zullen hierdoor rond de €625 en €1.666 per vierkante meter liggen. Dit betekent dat de kosten voor de woning van +/- 48 m² kunnen variëren tussen ongeveer €30.000 tot €80.000. (Lykke, 2023)

ZONNEPANELEN

Als voorbeeld is het IBEX 132MHC-EiGER paneel van Swiss solar genomen, deze heeft een aanschafprijs van € 220,00, hier zullen ook nog installatiekosten bij komen, deze liggen zijn enigszins afhankelijk van de installateur en zijn dus variabel. De kosten per

opgewekte kWh zullen hierbij jaarlijks iets verschillen i.v.m. fluctuaties in zonnestraling per jaar en komt gemiddeld, over de jaren 2019 tot 2022, uit op €0,89.

Tabel 25 kosten zonnepanelen

	IBEX 132MHC-EIGER
AANSCHAFKOSTEN	€ 220*
€/ KWH – 2019	€ 0,90
€/ KWH – 2020	€ 0,88
€/ KWH – 2021	€ 0,93
€/ KWH - 2022	€ 0,84

* (solarsolutions, sd)

WINDENERGIE

De kosten voor het aanschaffen van een windmolen verschillen enorm en kunnen hoog uitlopen. De kosten per opgewekte kWh zullen hierbij jaarlijks

iets verschillen i.v.m. fluctuaties in windsnelheid en hoe lang de wind jaarlijks waait. De kosten voor de verschillende type windmolens zijn:

Tabel 26 Kosten windturbines

	AMPAIR PACIFIC HAWK	D400 WIND GENERATOR	PRIMUS WINDPOWER AIR 40/AIR BREEZE
AANSCHAFKOSTEN	€ 700* - € 1000*	€ 1.948,06*1/ € 2.989,99*2	€ 1.715,00*3
€/ KWH – 2019	€ 13,83 - € 19,75	€ 40,11 - € 61,57	€ 198,28
€/ KWH – 2020	€ 11,79 - € 16,84	€ 35,57 - € 54,59	€ 172,37
€/ KWH – 2021	€ 19,50 - € 27,85	€ 56,36 - € 86,50	€ 276,75
€/ KWH - 2022	€ 14,37 - € 20,53	€ 42,19- € 64,76	€ 206,25

WADI AANLEGGEN

De kosten die bij het aanleggen van een WADI komen kijken zijn de volgende:

- Ontwerp en technisch ontwerp
- Grond- en graafwerk
- Waterdicht folie en filtermateriaal
- Beplanting en vegetatie
- Projectmanagement

Als al deze kosten bij elkaar neemt, zal het ongeveer op €122,50 per m³ (GROENBLAUW, sd) uitkomen. Hierbij komen dan nog de jaarlijkse onderhoudskosten die rond de € 0,37 (GROENBLAUW, sd) per m² liggen.

FILTERSYSTEEM

Het filtersysteem HOME SafeWater heeft een richtprijs tussen de € 8.500,- tot € 10.000,-. De prijs is afhankelijk van de uitvoering en precieze grootte.

Daarnaast zijn er nog kosten voor het plaatsen en het installeren van het filter, dit ligt meestal tussen de € 1.500,- en € 3.000,-. (MijnWaterfabriek, sd)

HELOFYTFILTER

De kosten van een helofytenfilter kunnen aanzienlijk variëren. Een verticaal doorstromen helofytenfilter vereist doorgaans een oppervlakte tussen 6000 euro en 11.000 euro per huishouden van 5 personen. Als er meer huishoudens worden aangesloten, kan de prijs per huishouden dalen. De

onderhoudskosten bedragen ongeveer 40 euro per persoon per jaar (Spoelstra & Truijten, 2010; Teeuw, Luisig, Tjallingii, & Gommans, 2005). De maximale prijs van een helofytenfilter per huishouden kan oplopen tot 20.000 euro (Roest).

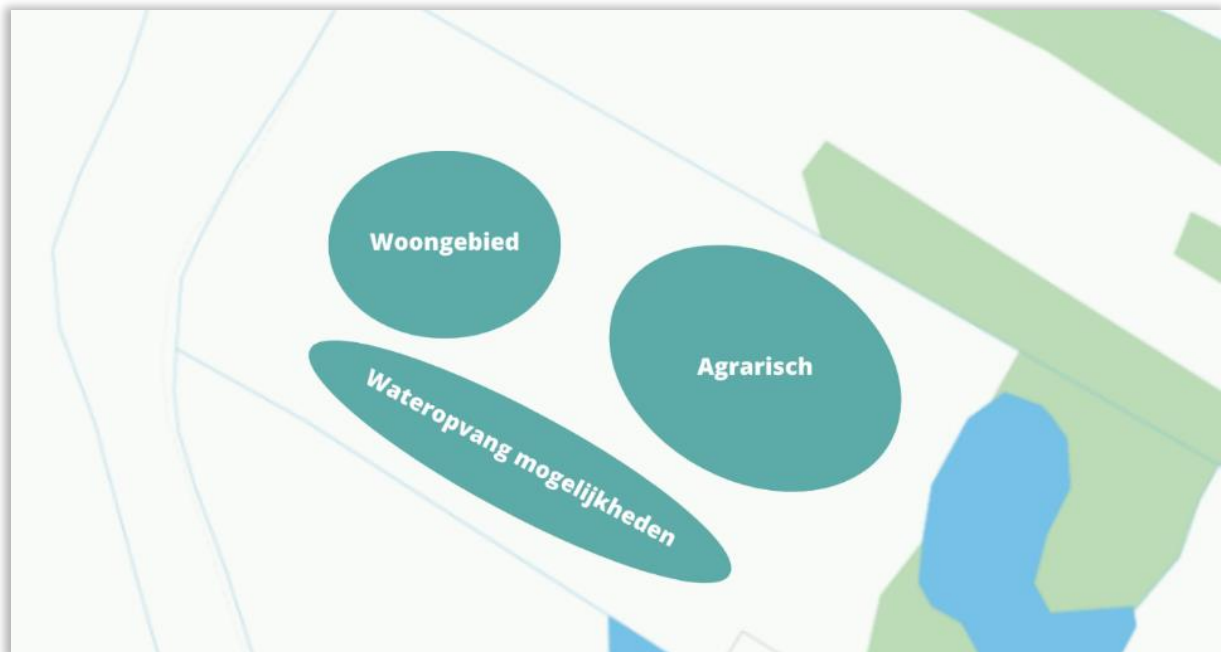
VERGUNNINGEN

De kosten voor een omgevingsvergunning verschillen per gemeente, de gemeentelijke kosten hiervoor zijn gemiddeld €375,- in Nederland (Vastgoed vergunningen, 2022). Deze kosten bedragen doorgaans 2 à 3% (Viveen, 2023) van de totale bouwkosten, exclusief btw, en zal dus variëren op basis van de grote van het project.

Daarnaast komen zijn er ook kosten voor het wijzigen van een bestemmingsplan, deze kosten kunnen ver uiteenlopen. Zo ben kost een eenvoudig project € 4.000,- tot € 6.000,- maar een complex project > € 10.000,- (Kubiek, sd). Gelukkig valt de complexiteit van dit project mee, maar het zal het geen goedkoop project zijn.

HOE DEEL JE HET PERCEEL TE DOEZUM IN MET DE ZELFVOORZIENINGSMaatregelen?

Op basis van voorliggend onderzoek is er een indeling gemaakt van het perceel. Het perceel is ingedeeld in drie zones; woongebied, agrarisch en wateropvang mogelijkheden, dit is te zien in figuur 10. Deze keuze qua indeling is gemaakt op basis van de hoogteverschillen op het perceel. Het woongebied is bestemd voor de woning, hier zullen ook de zonepanelen, een schuurtje en de warmtepomp geplaatst worden. In figuur 11 t/m 14 is een driedimensionale visualisatie weergegeven waar de WADI, de moestuin en zonnepanelen te zien zijn. De WADI is hier weergegeven met water dat hoger staat, dit water loopt in realiteit weg door de WADI richting de filtering en overtollig water loopt richting het grondwater.



Figuur 10 Grove zonering



Figuur 11 Vogelvlucht aanzicht

De WADI ligt hier op een deel van het perceel waar het afloopt, hierdoor zal er met het aanleggen minder grond verplaatst hoeven worden dan wanneer er gekozen wordt voor een vlak deel van het perceel.



Figuur 12 Aanzicht WADI



Figuur 13 Aanzicht woning

De woning heeft grote raampartijen die ervoor zorgen dat er veel zonlicht naar binnen kan schijnen. Hierdoor kan er in de winter op een passieve manier meer warmte gegeneerd wordt.



Figuur 14 Aanzicht landelijk

DISCUSSIE

Binnen dit onderzoeksproces zijn een aantal keuzes ter discussie te stellen, deze zijn hieronder toegelicht.

Binnen het onderzoek is uiteindelijk de focus weggevallen van het kostenplaatje en is het grootste werk gaan zitten in het uitwerken van de maatregel analyse en onderbouwing. De deelvraag welke kosten “welke kosten zijn verbonden aan het bouwen van de off-grid woningen te Doezum?” is hierdoor veranderd in “welke kosten zijn verbonden aan off-grid maatregelen?”. Hierbinnen zijn een aantal maatregelen uitgewerkt waarvan een aantal op kleiner detail niveau dan andere, dit zou verder gelijkgetrokken kunnen worden. Binnen analyse en onderbouwing is de terugverdientijd ook op grof niveau meegenomen, hier kan ook een indicatie qua prijsniveau uit gehaald worden (geen specifieke nummers).

Voor dit onderzoek is in het geheel een te grote opzet gekozen waardoor in het proces te vaak een specificering mistte. In deze versie is dit wel verder uitgewerkt maar de opzet had kleiner moeten zijn, dit is ook meerdere malen benoemd eerder in het proces door externen, hier is te lang gewacht met handelen.

De vraag “Welke knelpunten zijn er vanuit de wetgeving omtrent off-grid wonen?”, had een eigen onderzoek moeten zijn. Dit had gespecificeerd kunnen worden richting de gemeente westerkwartier om het een richting te geven waardoor er bijvoorbeeld diepte-interviews gehouden hadden kunnen worden met werknemers bij de gemeente. Dit had een beter beeld gegeven over de behoeftes om dit project ook richting uitvoering te sturen.

Een aanpassing waar een groot voordeel uit gehaald is, is de keuze om het energieverbruik aan te passen. Eerst werd er uitgegaan van een gemiddeld gezin dat 2479 kWh en 1169 m³ in een jaar verbruikt. Dit is een gemiddeld gezin, in de casus wordt uitgegaan van een gezin bewuste levensstijl die off-grid willen wonen. Dit houdt in dat de woning ook niet zoals een woning van een gemiddeld gezin wordt opgebouwd. Daarom is er van het principe van passief bouwen uit gegaan, waarbij er maximaal 15 kWh/m³ verbruikt wordt om een woning te verwarmen. Dit levert 569 kWh aan warmte en 669 kWh voor verder elektriciteit verbruik op. Hierdoor wordt het zonder een te groot aantal eenheden van installaties een redelijke balans te creëren.

CONCLUSIE

Het voorliggende onderzoek bevat een antwoord op de hoofdvraag “Welke maatregelen zijn off-grid bestendig en kun je in het landelijk gebied te Doezum inpassen?” waarnaast varianten tegen elkaar afgewogen zijn en een visualisatie is gemaakt.

Het antwoord op de hoofdvraag is niet in eenvoud maar in meervoud, hieronder in tabel... zijn deze antwoorden weergegeven.

Tabel 27 Maatregelen

Categorie	Maatregel
Elektriciteit	Zonnepaneel
Opslag	Lithium-ion Batterij
Warmte	Warmtepomp
Warmteopslag	Boiler
Wateropvang	Regenwateropvang in WADI
Wateropslag	Tank
Waterzuivering	Bio behandeling/ helofytenfilter SafeWater System
Afval	Biogas

De hoofdvraag heeft daarnaast geleid tot inzichten en antwoorden op de verschillende deelvragen. Hieruit blijkt dat een succesvol systeemontwerp voor off-grid wonen in Doezum vele factoren heeft die een invloed uitoefenen. Zo moet er rekening gehouden worden met de energie- warmte-, en watervraag van een startend gezin, wetgevingsknelpunten, omgevingsfactoren, weersomstandigheden, zelfvoorzienendheid in energie, warmte en water, fundamentele behoeften in het eindontwerp en kosten.

Het resultaat is dat het mogelijk is om off-grid te wonen maar er zal voor de legale kant een goed samenwerkingsverband aangegaan moeten worden met de gemeente. Wanneer vanaf het begin samengewerkt wordt zal er op alle vlakken nagedacht zijn over de invulling van zo een project en weet de gemeente ook waar ze mee te maken hebben en welke invloed dit kan hebben op de omgeving.

Voor het systeemontwerp is te concluderen dat er veel kennis nodig is om balansen op te stellen die rekening houden met alle installaties. Binnen dit onderzoek is niet genoeg kennis aanwezig geweest om dit goed uit te werken wat laat zien hoe belangrijk het is om genoeg vakmensen op te leiden in de energietransitie.

De varianten schetsen een beeld met maatregelen die op de markt zijn, voor goede installatie afstellingen en systeem groottes zal een professional ingeschakeld moeten worden om een juiste berekening te kunnen geven.

BIBLIOGRAFIE

- AEG. (sd). *Premium_AS-M1082B-BH(M10)-HV_EN.pdf*. Opgeroepen op maart 2023, van aeg-industrialsolar: [https://www.aeg-industrialsolar.de/wp-content/uploads/downloads/solar-modules/datasheets/premium/glass-glass/AS-M1082B-BH\(M10\)/Premium_AS-M1082B-BH\(M10\)-HV_EN.pdf](https://www.aeg-industrialsolar.de/wp-content/uploads/downloads/solar-modules/datasheets/premium/glass-glass/AS-M1082B-BH(M10)/Premium_AS-M1082B-BH(M10)-HV_EN.pdf)
- Alles verduurzamen. (sd). *IS EEN MINI-WINDMOLEN EEN GOED AANVULLING OP ZONNEPANELEN?* Opgeroepen op maart 2023, van allesverduurzamen.nl: <https://www.allesverduurzamen.nl/duurzaam-opwekken/windmolens/>
- Atlas Leefomgeving. (2017). *Gebieden met kwetsbare fundering door droogte*. Opgeroepen op mei 11, 2023, van Atlasleefomgeving.nl: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&gm-z=3&gm-x=186180.80000000005&gm-y=462580.4800000002&gm-b=1544180834512,true,1;1654156951121,true,1;1621594153213,true,1;1621594153185,true,1;1654260132617,true,1;165426>
- Atlas Leefomgeving. (2017). *Ruimte voor water in de grond*. Opgeroepen op mei 11, 2023, van atlasleefomgeving.nl: <https://www.atlasleefomgeving.nl/kaarten?config=3ef897de-127f-471a-959b-93b7597de188&gm-z=3&gm-x=186180.80000000005&gm-y=462580.4800000002&gm-b=1544180834512,true,1;1654156951121,true,1;1621594153213,true,1;1621594153185,true,1;1654260132617,true,1;165426>
- Bakker, J., Mooren, F., & Boonstra, H. (2022, september 12). *Watergebruik Thuis (WGT) 2021*. Opgehaald van cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2022/watergebruik-thuis--wgt---2021/4-totaal-watergebruik#:~:text=In%20aanvulling%20op%20het%20gemiddelde,huishouden%20bestaat%20uit%20meer%20personen.>
- Bakker, J., van der Mooren, F., & Boonstra, H. (2022, september 12). *Watergebruik Thuis (WGT) 2021*. Opgehaald van cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/longread/aanvullende-statistische-diensten/2022/watergebruik-thuis--wgt---2021?onepage=true#c-4--Totaal-watergebruik>
- Benda, B. (2021, oktober 21). *Bouwmaterialen hebben flink aandeel in CO2-uitstoot (en dat aandeel groeit)*. Opgehaald van universiteitleiden.nl: <https://www.universiteitleiden.nl/nieuws/2021/10/bouwmaterialen-hebben-flink-aandeel-in-co2-uitstoot-en-dat-aandeel-groeit>
- Blauwevinvis. (2017, november 22). *De luchtdruk bepalen met de barometrische hoogteformule*. Opgehaald van <https://wetenschap.infonu.nl/>: <https://wetenschap.infonu.nl/weer/184498-de-luchtdruk-bepalen-met-de-barometrische-hoogteformule.html#:~:text=Hoogte%20zeeniveau%3A%20luchtdruk%20100%25%201013,km%3A%20luchtdruk%2069%25%20699%20mbar>
- Bouwbesluit 2012. (2023, april 19). Opgehaald van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0030461/2023-04-19>
- Bree, S. (2022, juli 12). *Ruimte-voor-ruimte op de schop*. Opgehaald van [omgevingsweb.nl](https://www.omgevingsweb.nl/): <https://www.omgevingsweb.nl/nieuws/ruimte-voor-ruimte-op-de-schop/>
- Conrad. (sd). *Mini-windturbines*. Opgeroepen op maart 2023, van Conrad.nl: <https://www.conrad.nl/nl/p/primus-windpower-air40-12-air-40-mini-windturbine-vermogen-bij-10-m-s-128-w-12-v-110642.html>

- de Chassy, A., ten Brinke, B., Chen, J., Hunt, J., Peeters, R., & Gerardu, P. (2019). *Opportunities for Small-Scale Wind Turbines in the municipality Utrechtse Heuvelrug*. Utrecht: Utrecht University. Opgehaald van https://www.heuvelrug.nl/_flysystem/media/2019-2b_dzhr_-_report_uu_potentials_small_windmills_in_utrechtse_heuvelrug_0.pdf
- de Vrieze, R. (2019). *Understanding Dutch primary school building design complexity*. University of Groningen. Groningen: University of Groningen. doi:<https://doi.org/10.33612/diss.98862175>
- DINOloket. (2021). *BRO Grondwaterspiegeldiepte 2021*. Opgehaald van DINOloket: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen/kaart>
- Duurzaam Gebouwd. (2013, mei 15). *Trias Energetica 2.0 voor energieneutrale woningen (deel 1)*. Opgehaald van duurzaamgebouwd.nl: <https://www.duurzaamgebouwd.nl/artikel/20130515-trias-energetica-20-voor-energieneutrale-woningen-deel-1>
- Eclectic energy. (sd). *D400 Wind Generator*. Opgeroepen op maart 2023, van Eclectic-energy.co.uk: <https://eclectic-energy.co.uk/product/d400/>
- Elektriciteitswet 1998. (2022, oktober 1). Opgehaald van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0009755/2022-10-01>
- energiesoorten.be. (sd). *biogas*. Opgeroepen op juni 2023, van energiesoorten.be: <https://www.energiesoorten.be/alternatieve-energie/biogas/>
- EnergyProof. (2021, oktober 29). *Onderzoek: 'Netcongestie zet klimaatdoelen Nederland onder druk'*. Opgeroepen op februari 7, 2023, van Energyproof: <https://energyproof.nl/onderzoek-netcongestie-zet-klimaatdoelen-nederland-onder-druk/#:~:text=De%20zogenaamde%20netcongestie%2C%20waar%20de%20media%20steeds%20vaker,is%20de%20vraag%20groter%20dan%20het%20net%20aankan.>
- ensol. (sd). *Eclectic Energy D400 Complete With Original Controller*. Opgeroepen op maart 2023, van ensol.es: <https://ensol.es/en/eclectic-energy-d400-windturbine.html>
- Floor, K. (2009, januari 3). *4straling.htm*. Opgehaald van keesfloor.nl: <https://www.keesfloor.nl/weerkunde/4straling/4straling.htm>
- Gaswet. (2022, oktober 1). Opgehaald van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0011440/2022-10-01>
- Gemeente Westerkwartier. (sd). *ANALYSE- EN WAARDEN DOCUMENT GEMEENTE WESTERKWARTIER*. Opgeroepen op maart 13, 2023, van <https://www.bugelhajema.nl/bestanden/westerkwartier/20210520-Analyse-%20en%20Waardendocument%20def.pdf>
- GROENBLAUW. (sd). *WADI*. Opgeroepen op mei 2023, van nl.urbangreenbluegrids.com/: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/kennisbank/effecten/wadi/#:~:text=De%20infographic%20van%20ORVO%20laat,per%20jaar%20onderhouden%20te%20worden>
- Groener Wonen. (sd). *Wat is een passiefhuis?* Opgeroepen op augustus 2023, van Groenerwonen.com: <https://groenerwonen.com/wat-een-passiefhuis/#:~:text=Je%20mag%20jouw%20huis%20pas,door%20de%20nationale%20Passiefhuis%20Stichting.>

- Hendriks, M. (2021, maart 18). *De bouwwereld zal een renovatiesector worden*. Opgehaald van rijnboutt.nl:
<https://rijnboutt.nl/actueel/nieuws/de-bouwwereld-zal-een-renovatiesector-worden/>
- Janssen, W. (2021, januari 20). *Wind in Nederland*. Opgehaald van weerplaza.nl:
<https://www.weerplaza.nl/weerinhethetnieuws/klimaat/wind-in-nederland/6820/>
- Klimaatgek. (2019, juli 2). *Nederland en de zon*. Opgehaald van Klimaatgek.nl:
<https://klimaatgek.nl/wordpress/2019/07/02/nederland-en-de-zon/#:~:text=Dat%20is%20een%20opvallend%20grote,seconden%20dat%20een%20etmaal%20telt.>
- KNMI. (2022, september 13). *Droger én natter in Nederland, hoe kan dat?* Opgehaald van KNMI:
<https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/droger-en-natter-in-nederland>
- KNMI. (sd). *Daggegevens van het weer in Nederland*. Opgeroepen op 2023, van KNMI.nl:
<https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>
- Kubiek. (sd). *Bestemmingsplanwijziging*. Opgeroepen op juni 2023, van kubiek.nu/: <https://kubiek.nu/onze-diensten/omgevingsvergunningen/bestemmingsplanwijziging>
- kvemagazine. (sd). *Met elkaar de oorlog winnen*. Opgeroepen op juli 11, 2023, van kvemagazine.nl:
<https://kvemagazine.nl/2017/12/15/met-elkaar-de-oorlog-winnen/>
- Lykke, C. (2023, mei 30). *Wat Kost Een Tiny House Gemiddeld?* Opgehaald van Lykkes Liv:
<https://lykkesliv.net/blog/nl/wat-kost-een-tiny-house-gemiddeld.html#:~:text=Dit%20is%20de%20prijs%20exclusief,en%20luxere%20huizen%20duurder%20zijn>
- Miedema, J. H. (2022). *Energy Forever (LMK224 dictaat)*. Van Hall Larenstein.
- MijnWaterfabriek. (sd). *Hoe groot moet mijn regenwatertank zijn?* Opgeroepen op april 2023, van MijnWaterfabriek.nl: <https://www.mijnwaterfabriek.nl/kennisbank/hoe-groot-moet-mijn-regenwatertank-zijn#:~:text=Er%20is%20een%20eenvoudige%20vuistregel,aan%20regenwater%20opvangen%20voor%20gebruik.>
- MijnWaterfabriek. (sd). *Kun je regenwater drinken?* Opgeroepen op april 2023, van mijnwaterfabriek.nl/:
<https://www.mijnwaterfabriek.nl/kennisbank/kun-je-regenwater-drinken>
- MijnWaterfabriek. (sd). *Regenwatersysteem HOME SafeWater*. Opgeroepen op april 2023, van mijnwaterfabriek.nl: <https://www.mijnwaterfabriek.nl/regenwatersysteem-home-safewater>
- MijnWaterfabriek. (sd). *wat-kost-een-regenwatersysteem-1*. Opgeroepen op april 2023, van mijnwaterfabriek.nl: <https://www.mijnwaterfabriek.nl/kennisbank/wat-kost-een-regenwatersysteem-1>
- MilieuCentraal. (sd). */minder-afval/afval-scheiden/afval-scheiden-cijfers-en-kilo-s/*. Opgeroepen op augustus 2023, van milieucentraal.nl: <https://www.milieucentraal.nl/minder-afval/afval-scheiden/afval-scheiden-cijfers-en-kilo-s/>
- Milieucentraal. (sd). *Drinkwater*. Opgeroepen op juli 31, 2023, van Milieucentraal.nl:
<https://www.milieucentraal.nl/huis-en-tuin/gezonde-leefomgeving/drinkwater/>

- milieucentraal. (sd). *Gemiddeld energieverbruik*. Opgeroepen op maart 2023, van milieucentraal.nl:
<https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/inzicht-in-je-energierekening/gemiddeld-energieverbruik/>
- Minister voor Klimaat en Energie. (2022, december 14). Regeling van de Minister voor Klimaat en Energie van 12 december 2022, nr. WJZ/ 22493242, houdende regels inzake een subsidie voor leveranciers ter bekostiging van een plafond voor energietarieven voor kleinverbruikers in 2023. *Staatscourant*, 2022, pp. 16-22.
- Minnema, F. (2023, februari 13). Zonner energie Bellevue.
- Nationale Duurzame Huizen Route. (sd). *locaties*. Opgeroepen op juli 11, 2023, van duurzamehuizenroute.nl:
<https://duurzamehuizenroute.nl/locaties>
- Netbeheer Nederland. (sd). *Capaciteitskaart elektriciteitsnet*. Opgeroepen op februari 7, 2023, van capaciteitskaart.netbeheernederland.nl: <https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/>
- pdok. (2023). *viewer*. Opgeroepen op februari 3, 2023, van pdok: <https://app.pdok.nl/viewer/>
- Pluto. (sd). *windroos*. Opgeroepen op april 2023, van Pluto: <https://www.pluto.lu/windroos/>
- Regeling Bouwbesluit 2012. (2022, juni 1). Opgehaald van
https://rijksoverheid.bouwbesluit.com/Inhoud/docs/wet/bb2012_reg
- renewi. (sd). */nl-nl/zakelijk/soorten-afval*. Opgeroepen op augustus 2023, van renewi.com:
<https://www.renewi.com/nl-nl/zakelijk/soorten-afval>
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. (2013). *Infoblad Trias Energetica en energieneutraal bouwen*.
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.
- Rijksoverheid. (2009, juli). *Overzicht reikwijdte omgevingsvergunning*. Opgehaald van open.overheid:
<https://open.overheid.nl/documenten/ronl-a843d2be1b05ccab067f4e7e4107e1bb59c25bf9/pdf>
- Ringelberg, S. (2019, maart 13). *Waarom de Trias Energetica toe is aan een revisie*. Opgehaald van
stadszaken.nl/: <https://stadszaken.nl/artikel/2083/waarom-de-trias-energetica-toe-is-aan-een-revisie>
- RIVM. (2019, mei 1). *Biogas*. Opgehaald van RIVM.nl: <https://www.rivm.nl/duurzaamheid/natuurlijk-kapitaal/biogas#:~:text=Biogas%20is%20een%20vernieuwbare%20bron,het%20als%20meststof%20wordt%20gebruikt.>
- Roest, d. K. (sd). *Fact sheet: Helofytenfilter*. Opgeroepen op mei 2023, van edepot.wur.nl:
<https://edepot.wur.nl/458979>
- Ruimtelijkeplannen. (2023). *view*. Opgehaald van ruimtelijkeplannen.nl:
<https://www.ruimtelijkeplannen.nl/view>
- RVO. (2021, januari). *Mestbeleid 2019-2021 Tabellen*. Opgehaald van <https://www.rvo.nl/>:
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/03/Tabel-4-Diergebonden-normen-2019_2021.pdf
- rvo. (2022, december 15). *netcapaciteit*. Opgeroepen op februari 7, 2023, van rvo.nl:
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/zonne-energie/netcapaciteit>
- RVO. (2023, januari). *Tabel-6-Stikstof-en-fosfaat-per-melkkoe-2023.pdf*. Opgehaald van rvo.nl:
<https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-12/Tabel-6-Stikstof-en-fosfaat-per-melkkoe-2023.pdf>

- Saniwijzer. (sd). */algemeen/wat-is-afvalwater*. Opgeroepen op augustus 2023, van saniwijzer.nl:
<https://www.saniwijzer.nl/algemeen/wat-is-afvalwater>
- Saniwijzer. (sd). *Natuurlijke systemen*. Opgeroepen op april 2023, van saniwijzer.nl:
<https://www.saniwijzer.nl/technieken/verwerking-afvalwater/natuurlijke-systemen>
- SECONDSOL. (sd). *pe-260-m-black-edition*. Opgeroepen op maart 2023, van secondsol.com:
<https://www.secondsol.com/nl/anzeige/18347/conergy/conergy/pe-260-m-black-edition>
- solarsolutions. (sd). *swiss-solar-ibex132mhc-eiger-black-500w-67A7ACB0.html*. Opgeroepen op maart 2023, van solarsolutions.nl: <https://www.solarsolutions.nl/productenlijst/swiss-solar-ibex132mhc-eiger-black-500w-67A7ACB0.html>
- Spoelstra, J., & Truijen, G. (2010). *HANDBOEK GROENE WATERZUIVERING*. Velp/Leeuwarden: van Hall-Larenstein.
- Stepek, A., & Wijnant, I. L. (2011). *Interpolating wind speed normals from the sparse Dutch network to a high resolution grid using local roughness from land use maps*. De Bilt: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. Opgehaald van <https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR321.pdf>
- Stonekick. (2023). App-"Positie van de zon".
- Stralendgroen. (sd). *Rendement zonnepanelen*. Opgeroepen op februari 2023, van Stralendgroen.nl:
<https://www.stralendgroen.nl/doe-het-zelf-zonnepanelen-wijzer/zonnepanelen-rendement-berekenen/>
- Szyk, B. (2022, december 10). *Wind Turbine Calculator*. Opgehaald van omni calculator:
<https://www.omnicalculator.com/ecology/wind-turbine>
- Teeuw, P., Luisig, A., Tjallingii, S., & Gommans, L. (2005). *Water duurzaam in het ontwerp*. Bostel [etc.] : Aeneas [etc.].
- Temink, H. (2018, juni 12). *Ons dagelijks (afval)water*. Opgehaald van nemokennislink.nl:
<https://www.nemokennislink.nl/publicaties/ons-dagelijks-afval-water/>
- van Baal, M. (2011, juli 12). *Kunnen we overschakelen op duurzame energie?* Opgeroepen op juni 2023, van <https://www.weerman.nu/>:
https://www.weerman.nu/energie/duurzame_energie_deel8.html#:~:text=Een%20ton%20mest%20levert%20ongeveer,op%3B%200%2C025%20m3%20per%20kg.
- van Baren, R. (2021, juli 25). *Wonen kan anders. Deze woonpioniers laten zien hoe*. Opgehaald van maatschapwij.nu: <https://maatschapwij.nu/blogs/alternatief-wonen/>
- van Rotterdam, M. (sd). *Down to Earth: Nieuwetijdswonen op boerengrond*. Opgeroepen op maart 10, 2023, van buitenleven: <https://buitenleven.nl/down-to-earth-2021-7/>
- van Toorn, N. (2020, september 30). *Meeste huishoudelijk afval in minst stedelijke gemeenten*. Opgehaald van cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/40/meeste-huishoudelijk-afval-in-minst-stedelijke-gemeenten#:~:text=Meeste%20gft%20afval%20in%20niet%20stedelijke%20gemeenten&text=In%20niet%20stedelijke%20gemeenten%20werd,in%20een%20beperkt%20aantal%20wijken.>
- Vastgoed vergunningen. (2022, februari 7). *Kosten omgevingsvergunning -welke zijn er?* Opgehaald van [vastgoedvergunningen.nl: https://www.vastgoedvergunningen.nl/kosten-](https://www.vastgoedvergunningen.nl/kosten-)

omgevingsvergunning/#~:text=De%20gemiddelde%20legeskosten%20van%20een,opzichte%20van%20de%20geschatte%20projectkosten

Vertommen, I., Blokker, M., & Urbanus, J. (2016, december 15). Weers- en seizoensinvloeden op huishoudelijk waterverbruik in DMA's. Opgehaald van <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/weers-en-seizoensinvloeden-op-huishoudelijk-waterverbruik-in-dma-s>

Verver, G. (1986). *Terrein classificatie voor regionale verspreidingsmodellen*. De Bilt: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut. Opgehaald van <https://cdn.knmi.nl/knmi/pdf/bibliotheek/knmipubTR/TR81.pdf>

Viveen, d. (2023, mei 25). *Kosten omgevingsvergunning*. Opgehaald van <https://www.verbouwkosten.com/>: <https://www.verbouwkosten.com/kosten-omgevingsvergunning/>

Westerkwartier, G. (2023, mei 16). Presentatie concept. (B. Koopmans, Interviewer)

wetlantec. (sd). *Helofytenfilter*. Opgeroepen op april 2023, van wetlantec.com/: <https://wetlantec.com/diensten/helofytenfilter/>

Wikipedia. (2023, maart 11). *Lucht*. Opgehaald van wikipedia: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Lucht#:~:text=Luchtdruk%20is%20het%20gewicht%20van,%2C%20bij%2000%20%C2%BC>.

Wikipedia. (sd). *Biogas*. Opgeroepen op mei 2023, van [nl.wikipedia.org](https://nl.wikipedia.org/wiki/Biogas): <https://nl.wikipedia.org/wiki/Biogas>

Wikipedia. (sd). *Lijst_van_landen_naar_bevolkingsdichtheid*. Opgeroepen op februari 7, 2023, van Wikipedia: https://nl.wikipedia.org/wiki/Lijst_van_landen_naar_bevolkingsdichtheid

Zonnepanelen discounter. (sd). *mono 290 Wp Full Black (D6M290E3A)*. Opgeroepen op maart 2023, van <https://zonnepanelendiscounter.net>: <https://zonnepanelendiscounter.net/nsp-mono-290-wp-full-black-d6m290e3a-549.html>